

Energie, Entropie, Leben

Der Triumph der chemischen Elemente

Für Ulli, Nicci, Steffen,

Jesper, Richel und Iva

Die folgende Darstellung ist eine widersprüchliche Animation, die in einer blütenartigen Grafik die gesamten, im folgenden beschriebenen Phänomene unseres Seins zusammenfasst. Was ich im Text aufwändig verbal versuche, die Abläufe von 13,6 Milliarden Jahre zu vermitteln, erreicht dieses Bild auf einen Blick.

Man kann die Animation als einen Versuch sehen, das Wesen unserer Vierdimensionalität zu vermitteln. Aus dem Blütenboden – dem Urknall - entfaltet sich nach oben die stringente Achse des unaufhaltsamen Voranschreitens von Zeit und Raum.

Es stellt die Expansionsgeschichte des Universums, vom heißen Urknall zum kalten Kosmos dar. Allerdings ist die Darstellung irritierend, da man sich sofort fragt: Was ist außerhalb der „Blüte“ ? Schwärze, Leere, Nichts?

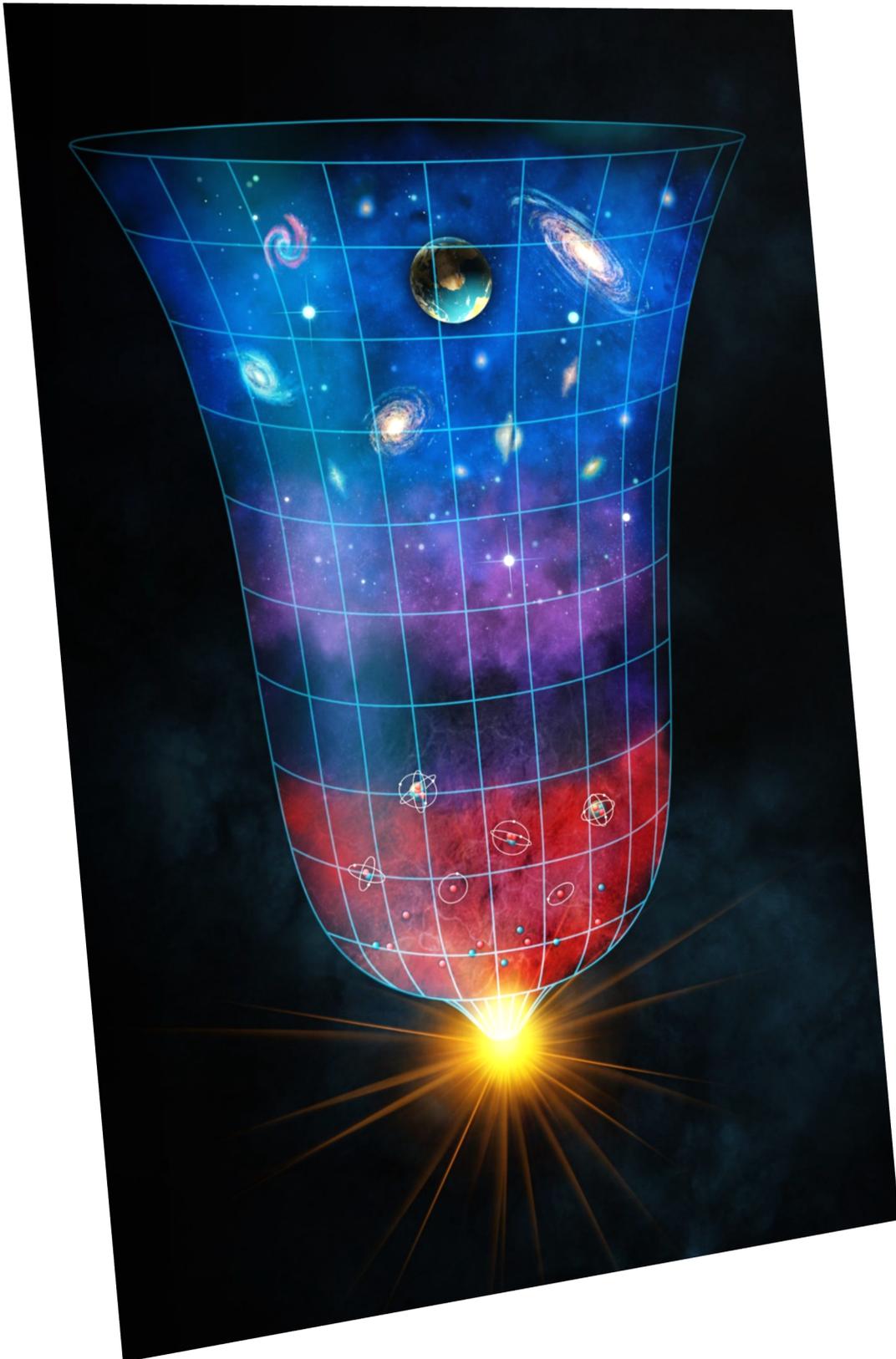
Ein Physiker hat mir diese Fragen mit dem Begriff, des Ereignis- bzw. Beobachtungshorizonts zu erklären versucht.

WIKIPEDIA

Ein Ereignishorizont ist in der allgemeinen Relativitätstheorie eine Grenzfläche in der Raumzeit, für die gilt, dass Ereignisse jenseits dieser Grenzfläche prinzipiell nicht sichtbar für Beobachter sind, die sich diesseits der Grenzfläche befinden. Mit „Ereignissen“ sind Punkte in der Raumzeit gemeint, die durch Ort und Zeit festgelegt sind. Der Ereignishorizont bildet eine Grenze für Informationen und kausale Zusammenhänge, die sich aus der Struktur der Raumzeit und den Gesetzen der Physik, insbesondere in Bezug auf die Lichtgeschwindigkeit, ergeben.

Der Beobachtungshorizont oder auch Partikelhorizont begrenzt den Teil des Universums, von dem die Erde seit dem Urknall Informationen erreicht haben können.

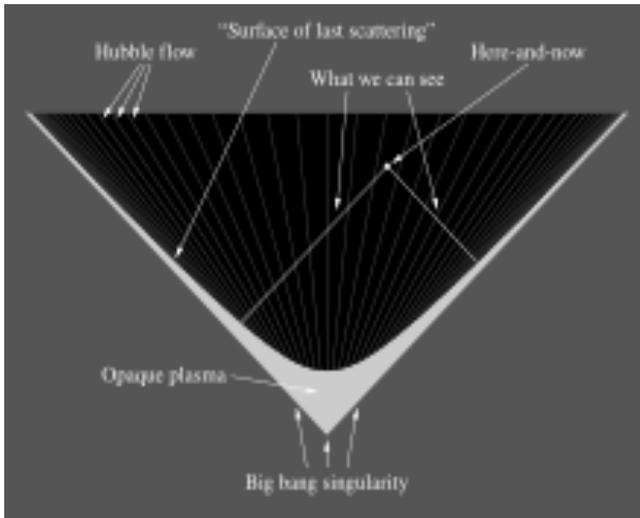
Das Problem ist für mich, dass dieses Animation uns sozusagen zu unmöglichen, sozusagen göttlichen Beobachtern macht, was ja aus o.a. Zitaten erhellt. Dieser Verlauf ist nicht beobachtbar, erhellt aber trotzdem einige Abläufe.



:

Folgende vergleichbare Darstellung ist als Anhaltspunkt gedacht, wie Kosmologen diese Zusammenhänge mathematisch erfassen.

WIKIPEDIA:



Vereinfachte Darstellung des beobachtbaren Universums: Zeitachse nach oben, Raumdimensionen waagrecht nach außen; theoretischer Beobachtungshorizont als äußerer und kosmische Hintergrundstrahlung bzw. tatsächlicher Beobachtungshorizont als innerer Kegel, zwischen beiden – hellgrau dargestellt – das undurchsichtige Plasma.

„Alles ist Energie“

Eine Studie zur Vielgestaltigkeit von Energie

„Die Energie ist tatsächlich der Stoff, aus dem alle Elementarteilchen, alle Atome und daher überhaupt alle Dinge gemacht sind, und gleichzeitig ist die Energie auch das Bewegende“.

Werner Heisenberg¹, Physik und Philosophie:

Die Frage, was ist Energie, wird in diesem Buch nicht beantwortet. Mir ist niemand bekannt, der die Antwort wüsste. Dass Energie ein besonderes Phänomen ist, wurde mir immer nachhaltiger bewusst, als ich den einführenden Ausspruch des großen, deutschen Physikers Werner Heisenbergs in seinem ganzen Umfang erfasste. Seine Worte erwecken zwar so manche Assoziation, lassen die Antwort letztlich aber im Dunkeln. Wer denkt in diesem Dilemma nicht an Platons Schattenwelt?

Die vorliegende, polymorph orientierte Studie will zeigen, dass „*das Bewegende*“ leider nur an vielen Rockschoßen seiner Metamorphose greifbar ist. Lassen Sie uns Ordnung in das Mysterium bringen.

Unübersehbar ist m.E. die geheimnisvoll anmutende Vakuumenergie der Hort des Rätsels, in welchem wir auf die Energie des Urknalls, die Energie-Transformation in Materie treffen, gefolgt von den energetischen Emergenzen der physikalischen, der chemischen und der biologischen Revolutionen. Schließlich landen wir bei der - terra-chauvinistisch bewertet - Krönung: Leben, einer höchst unwahrscheinlichen und dennoch existierenden Energienische.

Aber wie gesagt sind das nur die Rockschoße in der energetischen Metamorphose.

Es ist der Versuch sich der Antwort zum Wesen der Energie zu nähern, deren geradezu erschreckende Vielgestaltigkeit untrennbar verbunden ist mit dem ebenso vielschichtigen Begriff Entropie.

Lieber Leser !

Kognitionspsychologen wie Daniel Kahneman, Nobelpreisträger für Wirtschaftswissenschaften, haben herausgefunden, dass bestimmte Wort-Triaden, wie z.B. „Energie, Entropie,

Leben“, aus dem mentalen Unbewussten schnelle Assoziationen abrufen können. Solche Assoziationen sind aufkeimende heuristische Konstruktionen, besser vielleicht Abstraktionen, unserer ureigensten subjektiven Gewissheit.

Der Buchtitel „Energie, Entropie, Leben- „, wird voraussichtlich nicht jeden Leser zu der von mir beabsichtigten Gedankenverknüpfung animieren. Sicher auch deshalb, weil der Begriff „Entropie“ einer breiten Öffentlichkeit nicht unmittelbar geläufig ist. Ich habe deshalb versucht, durch die Beifügung des Untertitels „Eine morphologische Studie der Energie“, diesen assoziativen Vorgang einzugrenzen.

Die angestrebte Assoziation, dass Leben auf der Basis von Energie – transformiert in Materie, verkörpert von chemischen Elementen - entstand, wird dem einen oder anderen sicher Probleme bereiten: ist die Emergenz von Leben doch bisher unerklärlich. Natürlich wird auch in diesem Buch keine Lösung dieser Frage geboten. Mein Bestreben war es einen großen Bogen zu schlagen, beginnend mit dem hypothetischen Urknall, endend in einem ungewissen kosmischen Finale. Dazwischen befindet sich unser Universum in einer vergänglichen, instabilen Phase, in der Materie in einem seltsamen Zustand von Ordnung also niedriger Entropie, terrestrische Beobachter hervorbrachte. Menschen, die über sich, das Leben und den Tod und nicht zu vergessen Gott nachdenken. Menschen, die sich mit Phänomenen befassen, aber auch Menschen, die in religiöser, Fragenloser Unmündigkeit verharren. Letzteren hoffe ich eine alternative Sicht unseres Seins zu eröffnen.

Gleich zu Anfang seien aber auch die Grenzen, der in diesem Buch versuchten Weltanschauung angedeutet. Diese Schranken - Anfang und Ende - sind für mich, treffend durch folgenden, dem französischen Moralisten François VI. de La Rochefoucauld² zugeschriebenen Ausspruch, unübersehbar.

Le soleil ni la mort ne se peuvent regarder en face.
(Die Sonne und der Tod können sich nicht ins Gesicht blicken.)
Maxime 26

März 2025

Inhaltsverzeichnis

Energie, Entropie, Leben	1
Der Triumph der chemischen Elemente.....	1
2	
„Alles ist Energie“	4
Eine Studie zur Vielgestaltigkeit von Energie	4
Vorwort	13
Einleitung.....	15
<u>Prolog.....</u>	<u>15</u>
<u>Europas Weg in die Naturwissenschaften.....</u>	<u>18</u>
<u>Paradigmenwechsel: Von Warum zu Wie.....</u>	<u>31</u>
<u>Die „Erfindung“ der Energie.....</u>	<u>40</u>
<u>Was soll die Botschaft dieses Buches sein?.....</u>	<u>45</u>
Teil 1: Kosmologische (physikalische) Evolution.....	54
Eine Theorie der Materieentstehung	54
<u>1.1 Der Urknall.....</u>	<u>64</u>
<u>1.1.1 Die Rotverschiebung.....</u>	<u>72</u>
<u>1.1.2 Kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung CMB.....</u>	<u>79</u>
<u>1.1.3 Das COBE-Projekt.....</u>	<u>85</u>
<u>1.1.4 Die Nukleosynthese von Wasserstoff und Helium.....</u>	<u>89</u>
<u>1.1.5 Materie-Antimaterie</u>	<u>90</u>
<u>1.1.6 Die Entropie strebt einem Maximum zu.....</u>	<u>92</u>
<u>1.2 Eingrenzungen zum Begriff Entropie.....</u>	<u>105</u>
<u>1.2.1 Ordnung.....</u>	<u>105</u>
<u>1.2.2 Symmetrie</u>	<u>123</u>
<u>1.2.3 Isotropie</u>	<u>127</u>
<u>1.2.4 Homogenität</u>	<u>128</u>
<u>1.2.5 Information</u>	<u>129</u>
<u>1.2.6 Zufall.....</u>	<u>132</u>
<u>1.2.7 Wahrscheinlichkeit</u>	<u>139</u>
<u>1.2.8 Sind Ordnung, Symmetrie, Homogenität und Isotropie identisch?</u>	<u>143</u>
<u>1.3 Kosmischer Entropie-Verlauf und Thermodynamik.....</u>	<u>146</u>

1.3.1 Kosmischer Entropie-Verlauf und Boltzmann Statistik.....	153
1.3.2 Interpretationen zur kosmischen Entropie-Entfaltung aus der Literatur	159
1.3.3 Entropie-Anstieg aus einem Minimum nach dem Urknall	166
1.3.4 Energie-Materie-Energie-Transformation und synchroner Entropie-Anstieg	170
1.3.5 Hypothese: Anfang und Ende des Kosmos sind Symmetrie beherrscht.....	173
1.3.5.1 Urknall als Potential.....	177
1.3.5.2 Antipoden des Urknalls.....	182
Zusammenfassung.....	184
1.4 Urknall und Materieentstehung	185
1.4.1 Urknallszenario	185
1.4.2 Gedankenexperimente: Ein „Zauberofen“ wird zum Materiegenerator	187
Zusammenfassung.....	193
1.5 Der Urknall formt den Mikrokosmos.....	194
1.5.1 Ein „Zauberofen“ wird aufgeheizt. Simulation einer Singularität	194
1.5.2 Quantenvakuum, Quantenfluktuation, Nullpunkts-(Vakuum-) energie	206
1.5.2.1 Könnte Δt die gesamte Kosmos Existenz umfassen?	216
1.5.2.2 Wenn Δt die gesamte Weltexistenz umfassen würde.....	224
1.5.3 Vom Urknall zur Agnostik.....	228
1.5.4 Der abkühlende „Zauberofen“. Simulation des Urknalls.....	231
1.5.5 Endlich eine plausible Theorie: Alles kommt aus dem Vakuum.....	235
1.5.5.1 Der Zündfunke der Singularität.....	236
1.5.5.2 Kosmische, exponentielle Inflation.....	237
1.5.5.3 Baryogenese	245
1.5.6 Die chemischen Elemente Wasserstoff und Helium entstehen (Primordiale Nukleosynthese)	262
1.5.7 Zurück zu 1.1 und o.a. Graphiken Tabelle 5.....	275
Zusammenfassung.....	292
1.6 Urknall und Makrokosmos.....	293
1.6.1 Sterne der ersten Generation entstehen.....	294
1.6.2 Energiegewinnung und Neutronenbildung in Sternen durch Kernfusion.....	305
1.6.3 Neutronenbildung.....	311
1.6.4 Kernfusion und primordiale Elementsynthese	311
1.6.5 Sternenwind und Supernovae	319
1.6.6 Sterne der zweiten Generation entstehen.....	324
1.6.7 Beobachten und Messen - anthropisches Prinzip	330
Zusammenfassung.....	343

1.7 Unser Sonnensystem entsteht.....	344
Zusammenfassung.....	360
1.8 Unsere Erde entsteht.....	360
1.8.1 Kurzfassung der Erdgeschichte im Überblick.....	363
1.8.2 Regen und Ur-Ozeane	370
Zusammenfassung des ersten Teils.....	374
Teil 2: Chemische und biologische Evolution.....	375
2.1 Die Entfaltung des Erdenlebens.....	376
2.1.1 Erdenleben aus chemischer Sicht.....	376
2.1.2 Erdenleben aus biochemischer Sicht	378
2.1.3 Leben aus Sicht der Thermodynamik	380
2.1.4 Leben aus Sicht eines Chaostheoretikers	383
2.1.5 Leben aus religiöser Sicht	389
2.1.6 Voraussetzungen zur Entfaltung des Erdenlebens.....	391
2.1.7 Reaktionsdiversität - Biodiversität-Komplexität.....	393
2.1.8 Wasser und Biochemie.....	400
2.1.9 Leben und Kosmos.....	411
2.2 Chemische Elemente und Moleküle als Bausteine des Lebens	412
2.2.1 Erklärung für die hohe Komplexität der Elektronen in den Elementen	416
2.2.2 Drei Bindungstypen bei der Molekülbildung.....	420
2.2.3 Ich suche Elektronen nur unter Atomen meiner Sorte oder die metallische Bindung (Metalle)	421
2.2.4 Elektronen zweier verschiedener Atome zu mir oder die Ionenbindung (Salzbildung).....	421
2.2.5 Lasst uns die Elektronen von zwei verschiedenen Atomen gerecht aufteilen, oder die kovalente Bindung	422
2.2.6 Einfachbindungen (σ-Bindung) des Kohlenstoffs.....	424
2.2.7 Doppelbindungen (π-Bindung) des Kohlenstoffs	425
2.2.8 Dreifachbindungen des Kohlenstoffs	426
2.2.9 Es gibt noch einen vierten Bindungstyp, die Wasserstoffbrückenbindung.....	427
2.2.10 Die erkannten chemischen Lebens Elemente	429
2.2.11 Stoffkreisläufe von chemischen Elementen und Molekülen.....	432
2.2.12 Selbstorganisation	435
2.2.13 Urzeugung des Lebens	444
2.2.13.1 Von der Chemischen- zur Biologische Evolution.....	445
2.2.13.2 Evolution.....	451
Zusammenfassung.....	463

2.3 Theorien zur Entfaltung des Lebens	463
2.3.1 Kreationismus.....	464
2.3.2 Intelligent Design	465
2.3.3 Vier Theorien.....	471
2.3.3.1 Der Ursprung liegt im Weltall	476
2.3.3.2 Das Leben entstand in den Tiefen von Ozeanen	482
2.3.3.3 Leben als inhärentes Potential komplexer chemischer Systeme.....	485
2.3.3.4 Oparin - Haldan -Theorie zum Ursprung des Lebens.....	489
Zusammenfassung.....	495
2.4 Ein möglicher Weg ins Leben.....	496
2.4.1 Bildung der Haldane-Suppe in einer reduzierenden Atmosphäre.....	497
2.4.2 Terrestrische Beweise in der Erdgeschichte	499
2.4.2.1 Millers Versuch.....	504
2.4.2.2 Biologischer Symmetriebruch	512
2.4.3 In Membran-Systemen entstehen Protobionten- Zellen	533
2.4.4 Steuerung (RNA, DNA, Proteine).....	550
2.4.5 Mutation, Selektion und Variation	553
2.4.6 Regression zur Mitte	558
2.4.7 Nukleinsäuren, DNA und RNA.....	565
2.4.8 Molekulare Proteinsynthese.....	584
2.4.8.1 Transkription von DNA im messenger-RNA (mRNA).....	585
2.4.8.2 Translation von messenger-RNA (mRNA) in transfer-RNA (tRNA = Anticodon) zur Steuerung des Peptidaufbaus	588
2.4.9 Wie könnte der genetische Code entstanden sein?	599
2.4.10 Anmerkungen zu den beschriebenen Theorien zur Entfaltung des Lebens.....	621
2.4.11 Vermehrung und Geschlecht	622
2.4.11.1 Mitose (Wachstumsteilung von Körperzellen, Klonbildung).....	627
2.4.11.2 Meiose (Geschlechtliche Vermehrung durch Keimzellen).....	630
2.4.11.3 Crossing-over.....	636
2.4.11.4 Epigenetik.....	642
2.4.11.5 Zelltod contra Krebs	653
2.4.11.6 Evolution und Vermehrung	654
Zusammenfassung.....	659
2.5 Die biochemische Energiefrage	659
2.5.1 Energiespeicherung und Energietransformation in der Biochemie	662
2.5.1.1 Determiniertheit von Oxidation und Reduktion	662

2.5.1.2 Oxidation – Reduktion, anorganisch	663
2.5.1.3 Oxidation – Reduktion, organisch	664
2.5.1.4 Elektronegativität, Verlagerung von Bindungselektronen	665
2.5.1.5 Energietransformation durch Phosphateinbau (ATP, GTB)	668
2.5.1.6 Energietransport über Oxidations-Reduktionskopplung	676
2.5.1.7 Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid (NAD⁺/NADH)	676
2.5.1.8 Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid-Phosphat (NADP⁺/NADPH)	682
2.5.1.9 Vergleich von NAD⁺ und NADP⁺	683
2.5.1.10 Flavin-adenin-dinukleotid (FAD/FADH₂)	687
2.5.1.11 Evolutionäre Entstehung der Energie-Carrier	689
2.5.2 Aktivierungsmechanismen der Biochemie	689
2.5.2.1 Phosphorylierung als biochemischer, energetische Motor	689
2.5.2.1.1 Substratkettenphosphorylierung	693
2.5.2.1.2 Photophosphorylierung (Lichtreaktion, Flora)	694
2.5.2.1.3 Oxidative Phosphorylierung (Atmung, Fauna)	695
2.5.3 Irdischer Energiezufluss durch die Sonne	703
2.5.4 Biochemische Reaktionen	704
2.5.5 Vergleich von Biochemie mit technischer Chemie	708
2.5.6 Energiefluss im biochemischen Metabolismus	716
2.5.6.1 Verbrauch chemischer Speicherenergie aus Glukose	724
2.5.6.1.1 Glykolyse	725
2.5.6.1.2 Zitronensäurezyklus (ZSZ)	736
2.5.6.1.3 Atmung, (Oxidative Phosphorylierung)	742
2.5.7 Bereitstellung chemischer Speicherenergie durch Glukose	753
2.5.7.1 Ressourcenaufbau in Form von Glukose	757
2.5.7.2 Etappen der biochemischen Glukose-Entstehung	759
2.5.7.3 Frühe anoxygene (anaerobe) Photosynthese	773
2.5.7.4 Frühe anoxygene (anaerobe) Atmung	776
2.5.7.5 Anoxygene (anaerobe) Photosynthese	780
2.5.7.6 Oxygene (aerobe) Photosynthese	781
2.5.7.7 Die Dunkelreaktion (Calvin-Zyklus)	782
2.5.7.8 Die Lichtreaktion in Bakterien	793
2.5.7.9 Die Lichtreaktion in Pflanzen	798
2.5.7.10 Wasserspaltende Photosynthese dominiert, Ozon-Bildung, Sauerstoff atmende Bakterien bilden sich	804
Zusammenfassung	813

2.6 Aus Prokaryoten entwickeln sich Eukaryoten	814
2.7 Aus Einzellern werden Mehrzeller	816
Zusammenfassung	824
Teil 3: Das Ende von allem.....	825
3.1 Menschliches Zwischenspiel im Universum	828
3.1.1 Zukunft des Homo sapiens.....	829
3.1.2 Amerika	830
3.1.3 Europäer, Russland, Inder, Chinesen	831
3.1.4 Afrika.....	831
3.1.5 Frauen	831
3.1.6 Ethnien wie die Hebräer	832
3.1.7 Fragwürdige neue Kosmologie Theorien.....	834
3.2 Das Ende der Sonne, der Erde und des Sonnensystems	835
3.2.1 Kurzer Rückblick auf Entstehung und Vergehen der Sonne	835
3.2.2 Sterne vergehen durch Kernfusion.....	841
3.2.2.1 Massearme Sterne unter unserer Sonnenmasse	842
3.2.2.2 Sonnen unserer Sonnenmasse und Sonnen unter 8 Sonnenmassen	842
3.2.2.3 Mehr als acht Sonnenmassen - Supernova - Neutronensterne - Pulsare.....	845
3.2.2.4 Mehr als zehn Sonnenmassen - Neutronensterne - Schwarze Löcher- Quasare - AGNs.....	846
3.3 Welche außerplanetarische Perspektiven gibt es für die Lebenschemie	849
3.4 Gibt es eine Alternative zum Entropie-Tod	851
3.5 Zwei populäre kosmische Ungereimtheiten	852
3.5.1 Dunkle Materie und dunkle Energie.....	852
3.5.2 Expansion des Universums	860
3.6 Was wird aus „meinen“ chemischen Elementen?	863
3.7 Mentale Energie	866
3.8 Warum.....	870
4. Mein Weltbild nach 10 Jahren Arbeit an diesem Buch	887
5. Ergänzungen	891
Ergänzung 1: Singularität.....	891
Ergänzung 2: Entropie.....	904
Ergänzung 3: Das Planck'sche Wirkungsquantum	935
Ergänzung 4: Zusammenstellung der Elementarteilchen und ihren Wechselwirkungskräften	938
Ergänzung 5: Die Welt der Atome	946
Ergänzung 6: Wasser	958

<u>Ergänzung 7: Das Chemische Periodensystem (PSE)</u>	967
<u>Ergänzung 8: Heutige Betrachtung der Kohlenstoffbindungen</u>	979
<u>Ergänzung 9: Optische Aktivität - Chiralität - Händigkeit</u>	987
<u>Ergänzung 10: Das Zusammenspiel von CO₂, Wasser, Glukose, Sauerstoff und Sonnenlicht mit den Energie-Carriern NADP-NADPH, NAD-NADH, FAD-FADH₂ sowie ATP</u>	999
6. Buchempfehlungen:	1002
7. Literaturquellen:	1004
8. Namen- und Faktensammlung	1009

Vorwort

Die im Folgenden angesprochenen Zusammenhänge - Phänomene - haben mich Zeit meines Erwachsenen-Lebens fasziniert. Lange standen sie für mich isoliert nebeneinander und haben sich erst mit fortschreitender Beschäftigung in groben Zügen erschlossen. In vielen Gesprächen ist mir immer klarer geworden, dass auch für die meisten Mitmenschen eben diese Zusammenhänge immer schwerer zu erkennen sind. Dazu trägt entscheidend die ständige Wissenserweiterung bei, die meist nur noch für die Kundigen durchschaubar ist. Das weltweite Wuchern von Religionen, Sekten und unüberprüfbar Postulaten macht es zusätzlich schwerer aus dieser Unmündigkeit zu entkommen. In diesem Sinn sollen die kosmologischen, aber auch erdgeschichtlichen Entwicklungen, soweit sie mir zugänglich sind, dargestellt werden. Viele Leser werden erkennen, dass es sich im Wesentlichen um eine Sammlung von einigermaßen gesicherten Ansichten, Hypothesen und Theorien handelt. Nebenbei möchte ich eine jederzeit nachlesbare Faktensammlung schaffen und habe deshalb eine Reihe von Zitaten einbezogen.

Ursprünglich bestand die Absicht einen Artikel zum lebensbeherrschenden Wirken von Kohlendioxid zu verfassen. Während des Schreibens schlichen sich, sozusagen assoziativ, immer mehr Fragen zur Entstehung der chemischen Elemente, deren Bedeutung für die Lebensentfaltung und der wahrscheinlichen Endlichkeit aller Materie ein. Die frühe Ahnung und im Gefolge die Gewissheit, dass Energie der Schlüssel zu allem sein könnte, festigte sich schon während der Recherche.

Man liest, besucht Vorträge, recherchiert im Internet, sieht Fernsehbeiträge, die sich mit der Physikalische Evolution (ein von mir etwas willkürlich gewählter Begriff; üblich ist eher die Bezeichnung Kosmologie), der Chemische Evolution und der Biologische Evolution auseinandersetzen und vergisst aber leider sehr schnell wieder die Zusammenhänge da man sich über Lesen oder Zuhören nur passiv einbringt. Es ist wie in der Schule oder in einer Vorlesung. Erst über Gespräche und Diskussionen, das Lösen von Aufgaben oder durch kognitive Problembearbeitung festigt man den eigenen Wissensstand: mentales Training. Menschen sind zudem Mitteilern bzw. Kommunikatoren und Rezipienten. Wir suchen den Austausch, da Information sonst sinnentleert ist. Fehlt Kommunikation, landet man mit dieser vorwiegend mentalen Betätigung sehr bald in Einbahnstraßen oder Sackgassen. Man überlegt, ob man mit dem Thema in irgendeiner Form an die Öffentlichkeit gehen soll. Da gibt es zahllose Internetforen, die aber oft von anonymer Selbstdarstellung und Oberflächlichkeit geprägt sind. Also denkt man daran, seine Arbeit in Artikel- oder Buchform zu kleiden, und sofort befindet man sich in einer neuen Dimension. Entscheidet man sich für die Öffentlichkeit,

muss man sich wesentlich engagierter einbringen, um vor dem kritischen Leser zu bestehen. Gegenüber jedem Publikum entsteht eine Art Verantwortung: man sollte nur über Dinge reden und schreiben, die man zumindest glaubt verstanden zu haben.

In diesem Sinn ist diese Zusammenstellung aus den mir zugänglichen Vorträgen, Büchern und Artikeln, einschließlich ernsthafter Beiträge aus dem Fernsehen, Zeitschriften und Internet (vor allem WIKIPEDIA. Ich kann nur hoffen, dass es diese Informationsquelle zu den bekannten Konditionen weiterhin gibt und, dass alles getan wird, sie ständig zu aktualisieren), entstanden. Wo es sich anbot, habe ich eigene Interpretationen, Ansichten und Fragen eingebracht und versucht, Prinzipien herauszufiltern. Eine alleinige Faktenanhäufung ist nur Fleißarbeit. Das Bestreben, hinter vielen Fakten ein evolutionäres Prinzip zu erkennen, war mein Antrieb.

Ich werde im Folgenden auf bestimmte Redewendungen verzichten, die mich in ihrer manchmal überheblichen Arroganz bzw. aufgesetzten Lässigkeit, schon als Schüler und Student geärgert haben. Es sind die Phrasen wie: „Wie leicht einzusehen ist folgt...“, „Es erhellt von selbst, dass...“ oder „Wie sich einfach ergibt...“, usw. Vielleicht kommt diese Abneigung aus meinen schmerzlichen Erfahrungen in Schule, Studium und Beruf, dass es wenig gibt, das „einfach“ ist, wenn man ins Detail geht bzw. das übergeordnete Ganze einbezieht.

Schmerzlich ist mir das vor allem auch im ersten und dritten Teil meiner Darstellung bewusst geworden: Es ist mir leider unmöglich, die mathematischen Zusammenhänge der zugrundeliegenden Theorien auch nur ansatzweise nachvollziehen zu können. Einstein'sche Feldgleichungen, Standardtheorie der Teilchen, Schrödingers Wellengleichung oder Heisenbergs Matrizendarstellung der Quantentheorie usw. bleiben unerreichbare Berggipfel. Damit befindet man sich als Schreiberling von vornherein in einer schwachen Position. Viele Menschen sind aufgrund ihrer Jugend, ihrer Auffassungsgabe oder ihres Ausbildungsstandes in der komfortablen Position der Wissenden. Sie beherrschen den notwendigen mathematischen Unterbau und können über die im Folgenden dargelegten Zusammenhänge mehr als nur philosophische Gedankengänge ausbreiten. Sie können Fakten schaffen oder bestätigen, indem sie mathematische und physikalische Gesetze anwenden, also konkrete Berechnungen ausführen.

Ich beneide sie und kann lediglich versuchen dieses Manko durch die Darstellung von Wissenshistorie zu kompensieren.

Aschaffenburg 2009 bis 2025

Einleitung

Prolog

Es darf wohl angenommen werden, dass mit dem Erwachen von Bewusstsein des Homo sapiens vor 100 000 bis 200 000 Jahren, auch Fragen nach terrestrischen und kosmischen Zusammenhängen begannen. Vor allem die Suche nach dem Quell und dem Sinn allen Seins, ist wohl so alt wie die menschliche Erkenntnisfähigkeit. Evolutionär entwickelten wir Menschen uns, im Gegensatz zu Pflanzen oder Tieren zu Beobachtern. Wir registrieren u.a. unvermeidlich zyklisches Kommen und Gehen von Leben, Krankheit, Glück und Tod, vor allem aber zyklische kosmische Abläufe am Firmament oder auf unserer Erde.

Zunächst unbewusst, wurde allmählich eine Beziehung zwischen Ursache und Wirkung im terrestrischen und kosmischen Umfeld gesucht, da viele Abläufe sich erkennbar so ordnen lassen.

Erste strukturierte und kausal beschriebene Zusammenhänge finden wir z.B. in der Genesis (Bereschit, Buch Moses), in einer vor über 2500 Jahren entstandenen Vision einer Siebentageschöpfung. Diese teleologische (zweckgerichtete) Konstruktion basiert wiederum auf noch älteren Überlieferungen aus ägyptischen und sumerischen Quellen. Deren Ursprung verliert sich im Nebel der Epen und Mythen, die z.B. im alten Persien bis zu 10 000 Jahre zurückreichen können. Sie stellen das Weltbild der damaligen Zeit, in einer Mischung aus zunächst pantheistischen, später poly- und dann monotheistischen, philosophischen und phänomenologischen Elementen dar.

Mancher mag diese frühen Ansätze belächeln. Zweifellos ist aber der Drang zur Hinterfragung der durchschaubaren Wirklichkeit durchaus vergleichbar mit heute. Allerdings haben die Alten das ihnen verfügbare Wissen in ein rezent archaisch anmutendes Weltbild, beherrscht von scheinbar Unerklärbarem eingebracht. Undurchschaubares wurde zu „Wundern“, für deren Akzeptanz es nicht weit zum Glauben ist. Das assoziiert holistische Vorstellungen. Holismus ist bekanntlich die Ansicht, dass Systeme als "Ganzes" zu sehen sind und die mechanistischen Erklärungen aus der Zusammensetzung der Teile dem nicht gerecht wird. Wenn aber postulierte Wunder durch konsequente Forschung erklärbar werden, ist diese Ansicht zumindest auf lange Sicht nur haltbar, solange es Phänomene gibt, die uns mental noch nicht zugänglich sind. Wer aber will wissen, ob Klärung künftigen Generationen nicht doch gelingt?

Hierzu muss man aber einschränkend bedenken, dass alles Seiende in letzter Konsequenz von einer chaotischen Tendenz beherrscht wird. Das bedeutet, dass tatsächlich alles, was materiell gegeben ist, mit allem energetisch verknüpft ist. Z.B. wird die Störung unseres Planetensystems durch einen Asteroiden dieses System langfristig beeinflussen. Die Auswirkungen können u.U. erst Millionen Jahre später messbar werden. Auf der Erde ist das bekannt als der Schmetterlingseffekt, der

sich als eine von zahllosen in Resonanz stehenden Ursachen meteorologisch auswirken kann. Alles ist mit allem auf eine deterministische Weise verkoppelt. Die Effekte sind aber nicht offensichtlich einsehbar, da es zahllose Kopplung gibt, die zudem weder in ihrer Anzahl noch in ihrer minimalen Wirkung bekannt sind. Aber sie können sich, vor allem in Kreisläufen (z.B. den o.a. Planetenbahnen oder meteorologischen Kreisläufen) zu gewaltigen Effekten aufschaukeln, da sie sich exponentiell entfalten. Obwohl also ein deterministischer Zusammenhang besteht (s.a. 1.2.6), ist eine vollständige Erfassung aller Ursachen praktisch unmöglich.

Mit diesen Gedanken im Gepäck, möchte ich im Fortgang dieses Buches u.a. die Frage stellen, welche Auswirkung chaotische Tendenzen und ihre Brüche auf die Entwicklung von Leben entwickelt haben. Schließlich sind gerade stark gekoppelte Kreisläufe das Prinzip von irdischem Leben.

Seit etwa 300 Jahren bemühen wir uns wissenschaftlich, auf dem mechanistischen Wissens- und Technikstand der rezenten Erfahrung, experimentell- und theoriefundiert zu argumentieren. Wir glauben nicht nur; wir hinterfragen und reden darüber miteinander.

Das heutige Streben nach naturwissenschaftlicher Erkenntniserweiterung mit technisch-physikalischen Mitteln dürfte einer breiten Öffentlichkeit bekannt sein. Entsprechende Vorzeigeobjekte gibt es in Fülle: Denken Sie nur an den LHC-Beschleuniger der CERN in Genf³, an das Hubble Raumteleskop⁴, an die Anlagen der Radioastronomie oder den in Darmstadt geplanten Antiprotonen-Teilchenbeschleuniger „FAIR“⁵, mit dessen Hilfe u.a. das Universum erforscht bzw. erschlossen werden soll, wie es entstanden ist. Die Gemeinschaft der Industrienationen ist, stimuliert durch die technischen Erfolge der Naturwissenschaften, zu großen finanziellen Opfern für diese Forschungsobjekte bereit. Dass im Hintergrund manchmal konkrete wirtschaftliche bzw. militärische Interessen stehen, sollte nicht übersehen werden.

Grundsätzlich handelt es sich übrigens keineswegs um erstmaliges, neuzeitliches Erkenntnisbemühen.

Die aktuellen physikalischen Forschungsaufwendungen, vor allem in der Kosmologie, verbunden mit enormen Kosten, sind in diesem Kontext zu relativieren, denn ein vergleichbarer aufwändiger Erkenntnisdrang war offensichtlich schon vor tausenden von Jahren vorhanden, allerdings auf anderem Niveau. Schon damals wurde Himmelerkundung mit einfachen technisch-physikalischen Mitteln versucht. Beispiele sind komplexe Bauwerke wie, Stonehenge, die Pyramiden und Tempel der Ägypter und Babylonier, oder die Bauten der Mayas, deren Gestaltung nicht nur repräsentativer Entfaltung von autoritärer Macht bzw. als Grabstätten diente, sondern auch der astronomischen bzw. astrologischen Erschließung des Sternenhimmels durch bereits empirisch orientierte Denk-Eliten. Diese Bauwerke haben den alten Gesellschaften sicherlich vergleichbare, allerdings mehr körperliche Opfer abverlangt.

Für Marc Aurel⁶, Stoiker⁷ und römischer Kaiser von 161 bis 180, war die *„Welt entweder das Ergebnis einer Ursache (Kausalität) oder eines Zufalls. Im zweiten Fall ist sie trotz allem eine Welt, das heißt, sie ist von regelmäßiger und schöner Beschaffenheit“*.

Eine zweifellos nette, aber nicht tiefere Erkenntnis liefernde Ansicht: so mein ursprünglicher Eindruck von diesem Aurel-Zitat beim Schreiben der ersten Seiten dieses Buchs. Heute, nach vielen Überarbeitung und um manche Einsicht älter, muss ich gestehen, dass dieses Statement durchaus den Kern trifft und der Wettstreit zwischen Ursache und Zufall offen ist.

Bereits Ludwig Boltzmann⁸ hat sich im Rahmen der statistischen Mechanik mit der Möglichkeit der Kosmos-Entstehung durch Zufall beschäftigt (Davies, Am Ende ein neuer Anfang, S. 195). Natürlich war Boltzmann die erst im 20. Jhd. erschlossene, nahezu unendliche kosmische Ausdehnung nicht bekannt. Trotzdem kam er bereits für den kleinen, ihm sichtbare Kosmos zu dem Ergebnis der hochgradigen Unwahrscheinlichkeit einer zufälligen, mechanistischen Entstehung. Diese Aussage ist heute, wenn wir die Quantenfluktuation⁹ des Vakuums (s.a. 1.5.4) einbeziehen, zu überdenken soweit wir den Zufall und anstelle der Mechanik Energieentfaltung einbeziehen.

Eine neue Dimension erfährt der Zufallsgedanke auch, wenn man annimmt, dass sich unsere kosmische Vergangenheit ganz anders hätte entwickeln können. So könnte sich die Urknallhypothese, gemäß der aktuellen mathematischen Interpretationen von String-Theorien als obsolet erweisen. Es sollte dann eine nahezu unendliche Zahl von unterschiedlichen Universen mit unterschiedlicher Überlebenswahrscheinlichkeit gegeben haben. Wahrscheinlichkeit und Zufall sind dann ganz anders zu bewerten.

Hinsichtlich der Emergenz von Leben ist die Wahrscheinlichkeit, dass die 92 chemischen Elemente unserer materiellen Seins-Basis rein zufällig und irgendwie miteinander reagierend in Leben einmünden könnten, verschwindend gering. Berücksichtigt man jedoch immanente physikalische Gesetzmäßigkeiten - z.B. Selbstorganisation (s.a. 2.2.12) und vor allem Evolution (s.a. 2.2.13.2) - stehen Basis (Materie) und Wirkung (Leben) nicht mehr so zufällig und wesensfremd nebeneinander.

Im Kontext dieses Buches werde ich das Prinzip der Kausalität nicht dem Fatalismus der Einstellung „Der liebe Gott hat halt alles so gerichtet“ opfern, das wäre Selbstentmündigung. Eine solche schicksalsorientierte Weltanschauung muss einem bewusstseinsfähigen, Antwort suchenden Anspruch zu wenig sein. Eine Ursachenerwägung bewertet synergistisch Mosaiksteine wie Materie, Evolution, Entropie, Quantenmechanik, Selbstorganisation u.v.a.m., Denkkonzepte also, die erkennen lassen, dass bloßes Zusammentreffen von chemischen Elementen

zwar eine Ausgangssituation ist, dass dann aber latente selbstordnende Effekte sehr maßgeblich zu konkreten, strukturierten Ergebnisse führen können. Natürlich weiß dieser mechanistische bzw. materialistische Ansatz keine Antwort auf die Frage: "was ist die Ursache von Materie, Evolution, Selbstorganisation, Quantenmechanik, Entropie usw.", womit wir uns schon ganz nahe am Rand des Abgrundes der „Warum-Fragen“ befinden.

Der Gedanke der Kausalität darf aber nicht unkritisch ausgelebt werden. Es ist dokumentiert, dass immer wieder Regressionseffekte oder vordergründige Korrelationen mit Kausalität verwechselt werden und damit zu falschen Schlussfolgerungen führen. Lesen Sie hierzu das Kapitel "Regression verstehen" von Daniel Kahneman (Kahneman, 2012, S. 229). Zu den widersprüchlichen Aussagen bezüglich Kausalität in deterministischen und nicht-deterministischen (subjektiver und objektiver Zufall: Quantenmechanik) Betrachtungen komme ich noch.

Wir sehen: Nach wie vor faszinieren uns diese beiden Kriterien Marc Aurels, Zufall oder Ursache, von der das eine zu Gott, das andere zu immer grundlegenden Fragen führt.

"Upgedatete" Überlegungen zu uralten Hypothesen wie die Entelechie¹⁰ des Aristoteles, des Vitalismus und Panpsychismus¹¹ z.B. in Rupert Sheldrakes, "Der Wissenschaftswahn" (Sheldrake), liefern scheinbare ganzheitliche Erklärungen und stellen rezente, mechanistisch orientierte Theorien infrage. Meist bedienen sie sich aber schwammiger, omnipotenter, vor allem aber schwer beweisbarer Hypothesen.

Leider kann nicht übersehen werden, dass das weitere erkenntnistheoretische Voranschreiten der Wissenschaft es immer schwieriger für den Laien macht, diese Erkenntnisse zu verstehen oder gar nachvollziehen zu können. Dazu kommt der Vertrauensverlust, besonders in die Naturwissenschaft, durch deren vermuteten oder tatsächlichen Missbrauch in turbokapitalistischen oder militärischen Kreisen (siehe Kernkraft); Verschwörungstheorien gären. Damit wächst das unbewusste Sehnen dieser Frustration zu entkommen indem bequeme holistische, oft aber nur vermeintlich einfache Ansichten, unbewiesen heuristisch favorisiert werden; Kreationismus (s.a. 2.3.1) und postfaktische "Argumente" blühen auf.

Europas Weg in die Naturwissenschaften

Wie kam es zu der naturwissenschaftlich technologisch geprägten Entwicklung, die sich erst spät, etwa seit dem 15. Jahrhundert, mit der Renaissance in Oberitalien überwiegend im Abendland entfaltete? Bis zu diesem Zeitpunkt findet sich vorwissenschaftlich orientiertes Denken und Arbeiten bereits seit Jahrtausenden in Ägypten, in China, im Vorderen und Hinteren Orient, in Griechenland, in Italien

aber auch in Südamerika und Europa, vor allem in der astronomischen und maritimen Erkenntnissuche. Die gewonnenen Einsichten dieser frühen Kulturen waren die Wegbereiter in die heutige naturwissenschaftlich denkende Welt. Bereits das hellenistisch orientierte Altertum profitierte aus diesen frühen Quellen.

Dieses europäische Altertum ist in hohem Maße zunächst mit seiner römischen Vergangenheit und in deren Gefolge mit den Wirren der Völkerwanderung verknüpft. Ausgelöst wurde diese Migration nach dem Einfall der Hunnen in Ost- und Westgotien um 370 n.Chr. Immenser militärischer Druck führte zu kriegerischen Auseinandersetzungen mit Ostrom, das den flüchtenden gotischen Völkern zunächst Aufnahme zugesagt hatte. 378 kam es zu einer Entscheidungsschlacht mit einer vernichtenden Niederlage Ostroms unter Kaiser Valens. Über 200 Jahre dauerte danach die Suche der Goten, Vandalen, Langobarden, Burgunder, Sachsen, Angeln, Jüten und Franken nach einer neuen Ordnung als Ersatz für den ehemals römischen Verwaltungsapparat. Im Verlauf dieser Stabilisierung, heraus aus dem Chaos, wurde Ersatz nicht in alten römischen Rechts- und Verwaltungsstrukturen gesucht. Vielmehr war es die zu dieser Zeit bereits institutionalisierte Autorität des Verwaltungsapparats der katholischen Kirchenorganisation, die heraus aus den unendlichen Wirren der Völkerwanderung führte.

Für das mittelalterliche Abendland galt lange Zeit: "Ex oriente lux"- "Aus dem Osten kommt das Licht". Dieses geflügelte lateinische Schlagwort trifft die Entwicklung, wenn auch im Orient, Nordafrika und Europa zunächst Eroberungskriege dominierten. Seit dem Jahr 632, nach dem Tod Mohammeds, erfuhren u.a. die südlichen europäischen Kulturzentren durch die „Heiligen Kriege“ (Dschihad) des Islams entscheidende Veränderungen.

Die Bezeichnung "Heiliger Krieg", wenn auch mit einem anderen Hintergrund, benutzten übrigens schon das antike Griechenland und später das Christentum der 10 Kreuzzüge, um ihre Weltanschauungskämpfe moralisch zu überhöhen.

Die Islamisierung (*WIKIPEDIA: "Islam leitet sich von „übergeben, sich ergeben, sich hingeben“ ab und bedeutet „Unterwerfung [unter Gott]“*) des Vorderen und Hinteren Orients, Nordafrikas und Spaniens wurden bis nach Südfrankreich vorangetrieben und das Wissen der Besiegten durch die muslimischen Eroberer assimiliert. Man muss sogar konstatieren, dass infolgedessen die damalige islamisch, arabische Welt dem römisch-katholisch orientierten Abendland auf vielen Wissensgebieten deutlich überlegen wurde.

Erst um 732 konnte Karl Martell die arabischen Heere bei Poitiers zurückdrängen. Die langsame Beseitigung der muslimischen Bedrohung des mittelalterlichen Europas gelang unter Karl dem Großen.

722 wird üblicherweise als der Beginn der Reconquista, der Rückeroberung der Iberischen Halbinsel bezeichnet. Diese Rückeroberung war 1492 mit der Eroberung Granadas durch katholische Könige abgeschlossen. Bekanntlich ist dieses Datum auch das Datum der Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus. Zwischen beiden Ereignissen liegt der schwindende Zugang Spaniens zu dem äußerst lukrativen Gewürzschätzen des Orients. So erklärt sich die Bereitschaft Spaniens Kolumbus bei seiner geplanten Ost Route zu diesen Quellen zu unterstützen, um den Zugriff zu diesen Handelsgütern wieder zu erlangen. Die auf Kolumbus folgenden gnadenlosen Eroberer, wie z.B. Cortez, zog vor allem die Aussicht auf unermesslichen Reichtum durch Ausbeutung der Goldvorräte an. Dieses Gold, nach Spanien transportiert, hat es dem Habsburger Karl V ermöglicht, endlose Kriege zu führen, um den Katholizismus und letztlich seine hierdurch getragene Herrschaft in Europa zu stabilisieren. Im Gefolge wurde Spanien die Macht, die Europas Einstieg in eine weltweite Dominanz vorgab. Die katholischen Spanier kamen, ebenso wie die etwa 100 Jahre später Nordamerika prägenden protestantischen Pilgrim Father, nicht nur als Händler, sondern vor allem als Eroberer. Ohne Rücksicht auf die indigenen Völker wurde unter dem Deckmantel des Christentums Land in Besitz genommen, die Eingeborenen dezimiert, der Sklavenhandel aus Afrika begonnen und absolute Herrschaft bzw. Ausbeutung ausgeübt, wie sie später im britischen Empire perfektioniert wurde. Was in Süd- und Nordamerika erfolgreich begann, dehnte sich unaufhaltsam über die ganze Welt aus: Die Dominanz Europas. Interessant ist die Frage was geschehen wäre, wenn nicht Europa, sondern z.B. China die Welt erobert hätte. Natürlich sind diese Überlegungen müßig. Sie lassen aber erkennen, dass Europa und seine geistigen Werte immer fragwürdiger werden, wenn man das Ergebnis für die Welt heute betrachtet. Andere Eroberer wie China hätten vielleicht weniger die Glaubensdominanz zu vermitteln gesucht, sondern den Indigenen eine eigenständige Entwicklung ermöglicht. Die Bereitschaft nur Handel und Gewerbe zu betreiben hätte ihnen weniger Unterdrückung gebracht.

Aber nicht nur Tod und Verderben waren die Botschaft, auch viele vom Islam annektierte Erkenntnisse aus den eroberten Gebieten fanden in der Folge über Spanien und Frankreich nach Europa Eingang. Allerdings blieb eine abendländische, aufklärerische, impulsgebende Auswirkung, gebannt durch christliche Vorurteile gegenüber „heidnischem“ Wissen, zunächst weitgehend aus. Trotzdem darf nicht übersehen werden, dass es gerade die hohe Kunst der christlich abendländischen Schreibschulen in der Karolingischen Epoche war, durch die die Schriften der Antike kopiert, weitergereicht und so der lateinisch sprachigen Gelehrtenwelt des Mittelalters, der Scholastik, zugänglich wurden. In diesem Sinn ging der klassischen Wiedergeburt des 15. Jahrhunderts, die Karolingische Renaissance des 8. und 9. Jahrhunderts voraus. Letztlich eskalierten aber die Gegensätze zwischen Abend- und Morgenland und führten ab 1095 bis ins 13. Jahrhundert, zu vorübergehenden „christlichen“ Rückeroberungen Jerusalems im Gefolge dieser strategisch, religiös und wirtschaftlich motivierten Auseinandersetzungen. Auslöser waren machtpolitische, egomane Gegensätze von Kaiser-

und Papsttum im damaligen Zentraleuropa, letztlich getrieben von handelswirtschaftlichen abendländischen Interessen.

Die Osmanen (Gründer: Osman I. Osmanisches Reich von 1299 bis 1922) rissen das Erbe des Morgenlandes an sich. Aber bereits während und nach diesen langen kriegerischen Auseinandersetzungen, zwischen dem 11. und dem 13. Jahrhundert, setzte ein weiterer Wissensaustausch zwischen Okzident und Orient ein. Beschleunigt durch den Untergang des Oströmischen Reichs um 1453, als Folge des Sieges der Osmanen über Byzanz, entfaltete sich eine zweite Renaissance und damit ein entscheidender Wissenstransfer aus dem arabisch, islamischen Raum in den Westen, über Venedig nach Norditalien. Dort war nun endgültig der Boden für eine wirkliche Wiedergeburt, die klassische Renaissance von 1300 bis 1600, bereit.

Parallel dazu, wurde die alte, 1000 Jahre lange um ihre Eigenständigkeit kämpfende christlich oströmische Welt, das Byzantinische Reich, islamisch. Der gesamte, ehemals römisch griechisch orientierte Osten, vom Balkan über Vorderasien, die arabische Halbinsel einschließlich Nordafrika, außer Zentraleuropa, war bereits ab 1403 allmählich unter die islamische Herrschaft des Osmanischen Reichs gefallen, soweit diese Länder nicht schon im Gefolge des Dschihad annektiert waren.

Die Folgen dieses Zugangs zu geistigem Kapital aus dem Morgenland durch die damaligen semitischen Völker, waren für das Abendland weltbewegend. Nun flossen die im Orient verwalteten Wissensschätze der alten Völker, vor allem der Griechen, in neue europäische Denkansätze ein. Logik ersetzte unaufhaltsam Mystik.

Die Erfindung des Buchdrucks unter Verwendung von beweglichen Lettern, um 1450 durch den Mainzer Goldschmied Johannes Gutenberg und damit die mediale Verbreitungsmöglichkeit dieses zugeflossenen Wissens in ganz Europe, wirkten als Multiplikatoren. Vergleichbare Drucktechniken wurden übrigens bereits um 868 in China verwendet.

Bei aller Hochachtung für dieses sicher meist kritiklos übernommene Wissen, muss man aber konstatieren, dass es teils sehr alte Lehren waren, die in einem neuen wissenschaftlich orientierten Umfeld und unter veränderten gesellschaftlichen Gegebenheiten, ihren Anspruch auf Allgemeingültigkeit oft nicht mehr aufrecht erhalten konnten. Das Zeitalter der Aufklärung des 17. und 18. Jahrhunderts leitete dann in Europa die Überwindung der Unmündigkeit der Epigonen (Nachgeborene), verursacht durch tausend Jahre Religionsdiktat, ein:

– IMMANUEL KANT¹²: *Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung?* (1784)

„Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbst verschuldeten Unmündigkeit. Unmündigkeit ist das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen.“

Langsam lösten sich die nachgeborenen Wissenssuchenden aus den Vorgaben der alten Schriften der Griechen. Bis zu dieser Zeit wurden z.B. die Werke von Aristoteles¹³ und anderer griechischer Vordenker wie Dogmen behandelt, wie Denkvorschriften, die unkritisch übernommen immer wieder neue Denkansätze behinderten. Halten Sie mich bitte nicht für kleinlich, wenn ich in diesem Zusammenhang erwähne, dass z.B. manche Annahmen von Aristoteles falsch sein mussten, und zwar vorwiegend deshalb, weil er kaum Beweis-Experimente anstellte und bevorzugt durch logisches Denken argumentierte. Diese Vorgehensweise muss fragwürdig werden, wenn man von scheinbaren Fakten ausgeht, keine Überprüfung durch Experimente vornimmt, um somit einer möglichen Falsifikation vorzubeugen.

Bereits Leonardo Da Vinci¹⁴ hat diesen naturwissenschaftlichen Prüfstein früh erkannt. In seinem Denken spielte die Erfahrung eine wesentliche Rolle. Seine Arbeiten sind u.a. durch den Gebrauch von Messgeräten, sowie die Verknüpfung der Phänomene mit Mathematik getragen.

Aristoteles hatte postuliert, schwere Körper würden fallen, leichte dagegen aufsteigen.

Galilei¹⁵, der sich nicht auf dieses mehr phänomenologische, vordergründige Konstrukt einließ, sondern Experimente durch empirische Untersuchung einführte, konnte diesen Ansatz eindeutig widerlegen. Er wies experimentell nach, dass die Erde auf alle Objekte, unabhängig von ihrer Masse, die gleiche Anziehungskraft ausübt und beschreibt den freien Fall eines Körpers als gleichmäßig beschleunigte Bewegung, die unabhängig von seiner Masse ist. Ein Ergebnis, das Einstein 1905, in der Formulierung seiner speziellen Relativitätstheorie bestätigte.

Andererseits wurden erste wegweisende, auf Logik basierende Vorstellungen vom Aufbau der Materie von den Griechen entwickelt. Sicher ist manchem Leser das Atom Bild des Demokrit¹⁶ aus dem Schulunterricht geläufig. Es resultierte wohl aus seiner Ablehnung der Idee einer unendlichen Teilbarkeit der Materie und der Ahnung dieses Naturphilosophen, dass die Vielgestaltigkeit unserer Welt auf einfache Bausteine – er nannte sie lateinisch sprachig "Elemente" (nicht zu verstehen in dem heutigen, physikalisch chemischen Sinn) – zurückzuführen sein könnte. Und damit sind wir schon im Dunstkreis dieses Buchs. Es hat jedoch noch weit über 2000 Jahre gedauert, bis aus dieser Modellvorstellung gesichertes Wissen wurde. Gründe dafür sind m.E. vorwiegend in den obsessiven endlosen

kriegerischen Exzessen und deren Auslösern, den vordergründig religiösen, in Wirklichkeit aber wirtschaftlichen, machtpolitischen Auseinandersetzungen unserer europäischen, adelig-feudalistisch und klerikal beherrschten Vergangenheit zu suchen.

Die o.a. überaus kreative hellenistische Kognitionsphase, die aber überraschenderweise auch zu einem sehr praktischen, technisch orientierten, noch zu besprechenden Wunderwerk, dem Mechanismus von Antikythera¹⁷ führte, wurde abrupt beendet nach den römischen Unterwerfungskriegen ab 200 v.Chr. Wer weiß, wie die Wissenschaftsentwicklung verlaufen wäre, wenn Rom die Eroberung des östlichen Mittelmeerraums nicht gelungen wäre.

So wurde bereits um 300 v. Chr. von Eratosthenes¹⁸ der Erdumfang und damit der Erddurchmesser berechnet. Ist gilt als gesichert, dass bereits Pythagoras¹⁹ von einer Kugelgestalt der Erde ausging. Dieses Wissen ging allerdings für viele Jahrhunderte für die Allgemeinheit wieder unter. Die Wiederbelebung dieses Erdkugel-Modells, wohl am nachhaltigsten durch die weltweite Seefahrt, sorgte aber bei der Realitätserkennung für ganz neue Impulse. Unaufhaltsam setzte sich die Erkenntnis durch, dass die Welt in all ihren Ausprägungen nicht ein unendlicher Teppich von Ereignissen ist; wie z.B. Ereignisse, die nur für kurze Zeiträume aufbewahrt wurden; etwa durch Erzählungen der Alten oder eine mythische Sagenwelt, ohne eine systematische Einordnung in einen zeitlichen Rahmen.

Die Erkenntnis, dass die Erde eine Kugel ist und damit endliche Ausmaße besitzt, schuf eine völlig neue kulturelle Ordnung und das Erkennen der Begrenztheit des Stofflichen. Diese stetig steigende Gewissheit, wird vielen Menschen den Boden unter den Füßen weggezogen haben. Dabei war der religiöse Aspekt noch nachgeordnet.

Ein vergleichbarer Schock war in den 1920iger Jahren das Erkennen, dass die Erde, unser Planetensystem, ja sogar unsere Galaxie nur ein Tropfen im Meer der kosmischen Galaxien des Universums sind.

Es überrascht, dass die naturwissenschaftlich-technische Ausrichtung Europas nicht durch die unbestrittenen Geistesgrößen des Islams stattfand. Warum hat sie nicht in Mekka, Medina oder sonst wo in Arabien oder später im Osmanischen Reich stattgefunden?

Zunächst im 7. und 8. Jahrhundert, dann 1453 nach dem Fall Ostroms, schwappte wie erwähnt eine zweite Enzyklopädie von in Jahrtausenden zusammengetragenen Aufzeichnungen in das wissenschaftliche Entwicklungsland Europa. Der Islam hielt den Schlüssel dieser Wissensmacht für eine utilitaristische Nutzung, wie sie später Europa betrieb, Jahrhunderte lang in Händen, hat es aber bis in die jüngste Zeit in keinen technischen Fortschritt im abendländischen Sinn umgesetzt. Es war im Wesentlichen der Handel, der in der islamisch dominierten Sphäre bis heute regiert. Nur die Handelsobjekte haben sich geändert. Früher waren es Gewürze, Duftstoffe, Tuche usw. heute sind es Erdöl und Tourismus.

Warum kam es zu diesem Ignorieren der technischen Anwendungsmöglichkeit von Wissen? Ist dieser Verlauf in der Geisteshaltung des Islam begründet? Kann z.B. die islamische Ablehnung bildlicher Darstellungen einen lähmenden Einfluss auf die mentale Aktivität der Gläubigen ausgeübt haben?

Ein Bilderverbot ist übrigens nicht aus dem Koran abzuleiten, sondern aus der islamischen Traditionsliteratur (Hadith-Literatur im späten 8. Jahrhundert) und der Jurisprudenz. Vielleicht handelt es sich aber auch um eine bewusst verfälschte Interpretation eines Textes aus 2. Mose 34, 13-17: "Du sollst dir keine gegossenen Götterbilder machen".

Bildliche Darstellungen sind mental leichter zugängliche, plakativere Botschaften als Schriften; sie fungieren anschaulich wie Wegweiser, vor allem für Leseunkundige. Denken Sie nur an all die ICONS (Piktogramme) in der heutigen Computeranwendung.

Dass in unserer abendländischen Geschichte vergleichbare Strömungen (Reformation: Bilderstürmer. Heute: fundamentalistische Alternativen) überwunden werden konnten, ist m.E. von erheblicher Bedeutung als Wegweiser zur friedlichen Demokratisierung der unaufhaltsam steigende Weltbevölkerung.

Es ist wohl so, dass Wissen im Islam, heute wie damals, nur einer kleinen privilegierten Kleriker Kaste vorbehalten ist bzw., dass Wissenserwerb den unteren Schichten systematisch vorenthalten wurde. Selbstblockade! M.E. handelt es sich um bewussten Ausschluss der Massen um Machtstrukturen zu stabilisieren. Darüber hinaus wurde die geistige Enge in alttestamentarischen, stammesorientierten Organisationen, durch effektiven Informationsaustausch in städtischen Gemeinschaften überwunden. Matthias Horx behandelt dieses Phänomen unter dem Begriff der "Connecivity" in seinem Buch "Das Megatrend Prinzip" (Horx, 2014, S. 167).

Oder hemmte die islamische Lehre von der Prädestination (Vorherbestimmung) den schöpferischen Gedankenflug und das bis heute? So lässt der Renaissance-Philosoph Giovanni Pico della Mirandola (1463 -1494), in seiner „dignitas hominis“ (Würde des Menschen) Gott zu Adam sagen: „*Du wirst von allen Einschränkungen frei nach deinem eigenen freien Willen, dem ich dich überlassen habe, dir selbst deine Natur bestimmen*“. Während sich nämlich in der katholischen Kirche die Auffassung von einer bleibenden Entscheidungsfreiheit des Menschen gegenüber den Gnadengaben Gottes (Charisma) durchsetzte, ist der Islam grundsätzlich in seinen sechs Glaubensgrundsätzen von der Vorherbestimmung der Gläubigen durch Allah geprägt. Man beachte vor allem den 6. Grundsatz: „*Das Schicksal, ob gut oder schlecht, ist von Allah alleinbestimmt*“²⁰. Wenn die Hirten (Imame) des Islam zusätzlich noch der Hälfte ihrer „Schafe“ (Frauen) bis in die

Neuzeit die Interpretationsfähigkeit der Glaubensgrundlage, dem Koran, absprechen werden die Folgen solcher Grundsätze als Entmündigung transparent <http://de.qantara.de/Der-Islam-ist-fuer-alle-Glaebigen/20705c22892i0p366/> Wie soll unter dieser religiösen Bevormundung Kreativität entstehen?

Wenn zusätzlich Frauen - Huris - im Islamismus als Belohnungsobjekt für männliche Glaubenskämpfer und Selbstmordattentäter gehandelt werden, muss man sich fragen, wie diese Religion noch in eine aufgeklärte Welt passt. (Die Huris [die Zahl 72 ist nicht im Koran beschrieben] sind nach islamischem Glauben Jungfrauen im Paradies, die den Seligen beigegeben werden).

Allerdings darf eine vergleichbare, latente Frauenfeindlichkeit der abendländischen, vorwiegend der katholischen Kirchen, zumindest im Hierarchie- und Verwaltungsbereich, nicht übersehen werden. Als reine monotheistische Männerreligion ist das aber systemimmanent. Darüber kann auch die absonderliche Marienverehrung nicht hinwegtäuschen, die m.E. einem schlaun Kalkül folgend, heute noch gepflegt wird. Die männerdominierte Christenwelt soll so auch den Frauen emotional leichter zugänglich werden. Mythologisch ist sie wohl ein altägyptisches, über das späte Rom eingeflossenes Isis-Relikt.

Oder war der Islam zu sehr mit der Eroberung und Unterjochung der Ungläubigen und der Arrondierung der Beute beschäftigt obwohl bekannt ist, dass die im 7. Jahrhundert in Spanien lebenden Araber durchaus nicht nur den Krieg verherrlichten? Eine gewisse Verweichlichung durch Pflegen angenehmer Lebensumstände, wird den Eroberungswillen nicht ständig am Lodern gehalten haben. Der Krieg und seine technischen Potentiale sind wohl doch nicht allein der Vater allen Fortschritts, obwohl Byzanz durch das hohe Niveau der Geschützbaukunst der Araber, der damals effektivsten Artillerie der Welt, besiegt wurde. Nun, 1683 fanden diese vordergründig religiös begründeten islamischen Eroberungszüge vor den Toren Wiens ihr jähes Ende. Nur Krieg als Bindeglied ist eben nicht nachhaltig da Gewalt keine relativierende Reflexion zulässt und langfristig mentalen Widerstand der "Schäflein" aufbaut. Erst über Kommunikation und Gedankenaustausch ergeben sich neue Denkansätze und synergistische Effekte.

Bekanntlich hat die Entfaltung der naturwissenschaftlich orientierten abendländisch-europäischen Welt entscheidende Impulse aus dem früh demokratisch agierenden englischen Inselreich erfahren. In seinen wechselvollen, vorwiegend kriegerischen Einigungskämpfen zu einem staatlichen Gebilde, hat frühzeitig der Gedanke eines Verfassungsvertrags der Untertanen, zunächst allerdings nur des Adels, mit einem Alleinherrscher stattgefunden. Es war das die Magna Charta Libertatum, die der englische Adel, Johann ohne Land, am 15. Juni 1215, unter großen Opfern abrang.

WIKIPEDIA: *Die Magna Charta, die weithin als eines der wichtigsten rechtlichen Dokumente bei der Entwicklung der modernen Demokratie angesehen wird, war ein entscheidender Wendepunkt in der Bemühung, Freiheit zu etablieren*".

Diese demokratisch-freiheitliche Idee hat naturwissenschaftlichem Denken und Querdenken die Wege geebnet.

Ein weiterer mitentscheidender Faktor für die europäische wissenschaftsgeprägte Gesellschaftsentwicklung dürften aber auch Säkularisierungswellen gewesen sein, die sich als Folge der verheerenden Pestwellen der großen europäischen Pandemie von 1347 bis 1353 einstellten. Etwa ein Drittel der europäischen Bevölkerung wurde damals vernichtet. Im Gefolge dieser auch von den kirchlichen Institutionen in keinerlei Weise beeinflussbaren Katastrophen, wird mit Sicherheit vielen Menschen der Glaube an die Allmacht der katholischen Instanzen abhandengekommen sein. Ohnmächtig musste das gesamte Kirchenvolk, trotz verzweifelter Gebetsorgien, einer unerklärlichen Heimsuchung hilflos zusehen. Glaube allein reichte nicht mehr aus, die Menschen ruhig zu stellen. Zweifel erwachte, Fragen mussten nachvollziehbar beantwortet werden.

Es gibt übrigens eine interessante, innereuropäische Parallele zur Fortschrittsunfähigkeit, wie wir sie speziell im Islam und heute fortwirkend sehen. Wenn man sich mit englischer Geschichte und den nicht enden wollenden Auseinandersetzungen der Seemächte Spanien und England beschäftigt, findet man um 1598 (Tod Philipps des II. von Spanien, Ende der Bedeutung Spaniens als Seemacht gegen England) einen entscheidenden Wendepunkt: Spanien, das seit Columbus, sediert durch die unaufhörlich fließenden, geraubten Gold- und Silberströme aus Südamerika, nahezu ausschließlich Glaubenskriege geführt hatte, war am Ende. Kein mit England vergleichbaren Handelsinitiativen oder seefahrerischen Aktivitäten wurden entwickelt und damit die von England betriebene weltweite Entfaltung versäumt (Kluxen, 1985, S. 235). M.E. war es auch in Spanien religiöse Engstirnigkeit bzw. eine, wie im Islam gewollte Unmündigkeit. Verwaltet durch katholische Glaubenswächter, wurde jede Veränderung, vor allem jeder Neuerungsansatz blockiert. Vielleicht hat der Islam, zumindest in Südspanien, den Katholizismus mitgeprägt.

Die Erkenntnis, dass es außer der Biologischen Evolution und ihren Fitnesshürden, eine vergleichbare Situation innerhalb des menschlichen Agierens gibt, ist unübersehbar.

Sicher ist ein historisch relevanter Schritt aber auch in einer Methoden-Annexion des Abendlandes zu suchen, die auf griechische Philosophen wie Demokrit und vor allem Aristoteles zurück geht: „*Es gibt keine Wirkung ohne Grund*“. Es ist das die bereits angesprochene deterministische, subjektiv gesehene Kausalität: eine naturwissenschaftliche Sichtweise, die in den Gesetzen Newtons²¹ gipfelte, heute aber durch grundlegend neue Betrachtung im Rahmen der Quantenphysik

und der Relativitätstheorie Einsteins²² zu ergänzen ist. Darauf kommen wir noch zurück (Siehe: Abschnitt 1.2.6). Dieser fundamentale Kausalitäts-Ansatz zur Erklärung und Beschreibung der Phänomene um uns und in uns, war und ist ein ständiger Ansporn, lähmende esoterische Mysterien zu überwinden. Im Grunde ist es, trivial ausgedrückt, Befriedigung von Neugier. Unstillbar, ständig auf der Suche, rastlos und nie endend. Alle Ursachen immer nur in einem allmächtigen Gott zu suchen, entmündigt da Allmacht sich wie ein Leichentuch über das Streben nach Erkenntnis legt. Warum Gründen und Ursachen erforschen, wenn Allmacht die Lösung für alles zu sein scheint?

Die religiöse Sichtweise einer göttlichen Allmacht bleibt Glaubensfähigen vorbehalten. Hier ist Toleranz angesagt, die unseren Mitmenschen gilt, die in einem religiösen Glauben ihren Seelenfrieden finden. Die Toleranz muss aber natürlich auch gegenüber den Naturwissenschaften gelten. Sie muss auch für alle sozialen Glaubensrichtungen angemahnt werden, solange sie keine faschistoide oder andere menschenverachtende Ziele verfolgt. Es gibt keine guten Argumente Glauben zu diskreditieren; es darf aber für dessen Missbrauch durch undemokratische, autoritäre Glaubensapparate - in viele Religionen latente Realität - kein Platz sein. Es gibt allerdings Gläubige, die letztlich allein mit ihrem Glauben nicht glücklich zu sein scheinen. Sie suchen nach Glaubens-Sicherheit, was in sich selbst ein Widerspruch ist.

Man muss sich heute andererseits die selbstkritische Frage stellen, ob unser Weg in die Technik und unsere Fortschrittssituation nicht zu teuer erkaufte wurden. Die Naturwissenschaften haben ihre Neugierde mit dem Verlust des Vertrauens der Unkundigen und dem Eingeständnis der Verantwortung der Wissenschaftler für ihre Ergebnisse bezahlen müssen. Verantwortungsfreies Forschen um das Forschen willen, in Elfenbeintürmen, wird unter unseren heutigen politischen und sozialen Verhältnissen kritisch hinterfragt. Alle Erkenntnisse, die eine unvermeidliche Bi-Polarität beinhalten, werden von uns Menschen immer mit positiver und negativer, aktiver und passiver Interpretation benutzt (Yin und Yang²³). Sie wurden und werden oft instrumentalisiert, indem vorwiegend die machtgibende, negative Komponente favorisiert wird. Natürlich ist das ein vermenschlichter Akt des Bewusstseins, denn die Dinge an sich haben keine moralischen Werte. Wir bedienen uns ihrer nur nach diesen beiden Kriterien und leiten daraus Regeln ab. Oder würden Sie sagen, dass eine Atombombe mit ihrem ausgeklügelten, diffizilen Mechanismus an sich böse ist? Wir benutzen sie, um Macht auszuüben oder um uns zu verteidigen. So ist es z.B. denkbar, dass eines Tages eine Atombombe, mithilfe einer Trägerrakete in die Nähe eines Kometen befördert wird, um ihn aus einer erdbedrohenden Bahn zu werfen.

Die Kognitionspsychologen begründen diese menschliche Eigenheit der Neigung zur dunklen Seite mit unserer Entwicklungsgeschichte: Es scheint so zu sein, dass

es in unserer evolutionären Vergangenheit von besonderer Überlebens-Bedeutung war, negative, bedrohliche Elemente vorrangig zu erkennen um ihnen ausweichen oder sie rechtzeitig bekämpfen zu können. Daran hat sich nach den 5-6 Millionen Jahren der evolutionären Menschwerdung offensichtlich wenig geändert.

Es sieht so aus, als ob unser Fortschritt irgendwann seine Kinder fressen wird. Vor allem dann, wenn es, wie es momentan der Fall ist, zusätzlich zu einem völlig ungehemmten Bevölkerungszuwachs kommt.

Ganz unverkennbar zeigt sich heute ein entschiedener Wandel im Weltbild der aufgeklärten Menschheit. Gab bis ins ausklingende Mittelalter scheinbar unverrückbar Werte als Säulen der Gesellschaft, so müssen wir heute erkennen, dass es mit einem "in sich Ruhen" vorbei ist. Diese Werte waren vor allem der Glaube an eine abgeschlossene Welterkenntnis, die sich beispielsweise in den drei christlichen Weltreligionen manifestieren. Alle Phänomene ließen sich entweder in diesem Glaubens-Paradigma erschließen oder als Wunder einordnen. Es gab eine ruhende Ordnung, die sich schon viel früher auch im Wissenschaftsbild eines Aristoteles manifestieren. Es gab eine Zeit, in der Erkenntnis-Fragen eine weit geringere Rolle spielten, als das heute der Fall ist.

Dann begann das Zeitalter der religiösen und wissenschaftlichen Säkularisation, deren Ursachen darzustellen ich versucht habe. Dieser Vorgang verläuft offensichtlich, zeitlich gesehen, exponentiell, zumal er durch die Erschließung neuer technischer Hilfsmittel (Fernrohr, Mikroskop) ganz neue, unvorhersehbare Dimensionen eröffnet.

Unsere Jetztzeit wird von dieser Entfaltung dominiert; mit nicht nur positiven Begleiterscheinungen. Trivial ausgedrückt erkennen wir, dass es vorbei ist mit der Ruhe. Permanente Suche nach grundlegenden Erklärungen und im Gefolge Stress und Ängste beherrschen uns. Wir sind Getriebene geworden, die ständig von Frage zu Frage taumeln, im sicheren Wissen, dass es keine Aussicht gibt, diesem Zwang zu entkommen. Es sei denn, wir entschließen uns zu einer Art Ausstieg aus dieser Lebenseinstellung durch Glauben, z.B. an Entelechie oder der Flucht in Realitätsverweigerung, wie wir sie im Kreationismus oder im Intelligent Design erleben.

Auf der anderen Seite dieser Entwicklung ist zu befürchten, dass wir zum Spielball von Wissenschaftseliten werden ohne deren Paradigmen auch nur ansatzweise verstehen. Ein Zurück zur alten Unmündigkeit? Wollen wird das?

Sehr deutlich wird dieser Aspekt am Beispiel der Geschichte der Atombombe: Der deutsche Chemiker Otto Hahn²⁴, Nobelpreisträger, findet zusammen mit Fritz Strassmann²⁵ 1938 die ²³⁵Uran-Spaltung. Ein ungeheures Potential zur Energieerzeugung, 1939 erkannt durch die Hahn Mitarbeiterin, Lise Meitner²⁶ und ihrem Neffen, O.A. Frisch²⁷, Physiker, wird der Menschheit zugänglich. Bis heute

kommt parallel zur friedlichen thermischen Nutzung die zerstörerische Kehrseite der Medaille zum Tragen. Mit der technischen Umsetzung der „Erfindung“ anektiert das amerikanische Militär den Zugang zur verheerendsten Waffe der menschlichen Geschichte; weltweite Beherrschung schien verwirklichtbar.

Ein befürwortender Brief Einsteins an Präsident Roosevelt vom 2. August 1939 hatte das Manhattan Projekt²⁸ der Atombombenentwicklung ausgelöst. Der Sündenfall der Physik! Im Manhattan-Projekt schusterte Amerika von 1939 bis 1945, unter ungeheurem finanziellem, technischem und personellem Aufwand, innerhalb von wenigen Jahren die Uran- und die Plutoniumbomben für Hiroshima (August 1945) und Nagasaki (August 1945) zusammen. Oppenheimer²⁹ war der technisch wissenschaftliche Kopf, der aber von den militärischen Nutzern an die Wand gedrängt wurde als ihm und vielen seiner Mitarbeiter die Tragweite dieser Entwicklung bewusst wurde. Fast alle großen Physiker der Epoche, von Einstein bis Teller³⁰, leisteten entscheidende Schützenhilfe, wobei die Angst, Deutschland könnte die Bombe schneller bereitstellen, immer wieder, als Motivator benutzt wurde. Eine Angst, die sich allerdings bereits 1941 als unbegründet erwies: (Jungk, 1956, S. 126) und Manfred Popp, "Hitlers Atombombe, Störfall der Wissenschaftsgeschichte" (Popp, 2016). Die meisten der Wissenschaftler, vielleicht außer Teller und Leo Szilard³¹, wollten zwar das Rad vor Hiroshima noch einmal zurückdrehen. Da aber war es zu spät. Sie waren bewunderte Größen, die fasziniert von den wissenschaftlichen Potentialen vergaßen, dass sie ihr explosives Wissen einer machtgerigen Welt verfügbar gemacht haben.

Bemerkenswert: Es waren fast durchgehend Männer! Wie wäre diese Entwicklung verlaufen, wenn Frauen den entscheidenden Einfluss gehabt hätten?

Allerdings muss auch beachtet werden, dass die USA im August 1945 von einer äußerst bedrohlichen Lage im Krieg gegen Japan ausgingen. Zum einen waren die japanischen Militärs nicht bereit zu kapitulieren; sie favorisierten den „ehrenhaften Heldentod“ bis zum letzten Mann. Zum andern war die Gefahr, dass die russischen Ostarmeen an den westlichen Grenzen Japans, in der Mandschurei, alles daransetzten, Japan zu besiegen. Stalin wollte eine möglichst große Gebietserweiterung, bevor sich Japan geschlagen gab. Damit sollte den USA der weitere Zugang in Ostasien verwehrt werden. Tatsächlich hat die zweite Atombombe (Fat-Man, Plutoniumbombe) wesentlich zur Kapitulation von Japan beigetragen. Stalin stellte danach weitere Ost-Eroberungen ein. Ansonsten wäre nicht nur der Norden von Korea heute kommunistisch.

Was Amerikas Militärs, Turbokapitalisten und Industriebossen in die Hände gefallen war, hatte alles, was diese Welt an viriler Machtentfaltung zuvor erlebt hatte, bei weitem übertroffen. In einer anderen politischen Weltsituation als 1933 - 1945 wäre diese Entwicklung vielleicht vorrangig in die friedliche

energetische Nutzung der Kernkraft verlaufen. Es war zu spät. Die weitere Entwicklung führt aus der Verteidigung in die unkontrollierbare Machtentfaltung:

Die Wasserstoffbombe (Teller)
Die Neutronenbombe (Cohen³²)

Wie weit sich die „reine Wissenschaft“ von der Verantwortung lösen kann, mag aus folgender Anmerkung hervorgehen: Bei der Überlegung zur Optimierung der Wasserstoffbombe kam man in den 60iger Jahren von dem Plan, eine 100 Megatonnen Bombe zu bauen ab. Warum: Weil sie eine so verheerende Wirkung erreichen würde, dass ihr fall out weit über die Stratosphäre sozusagen "ungenutzt" hinaus geblasen und so einen militärischen Nutzen verringern würde. Zuviel Uran zur Primärzündung würde vergeudet. Man baut daher nur 50 Megatonnen Bomben.

Ein wichtiger Protagonist in diesem verheerenden Szenario hat einmal geäußert, dass die Entwicklung der Atombombe, aufgrund von enormen Fehlleistungen, mindestens ein Jahr zu lange gedauert habe. Es bedarf keiner allzu ausufernden Fantasie sich auszumalen, was Deutschland geblüht hätte, wenn es gelungen wäre, bereits 1944 diese Bomben bereitzustellen. Wäre es den Gläubigen des Alten Testaments gelungen die "alttestamentarisch verbrieften" Rachedgedanken hintanzustellen?

Russland zieht später nach. Die Entwicklung der Wasserstoffbombe, unermüdlich forciert von Teller ab 1951 in Amerika, ist der endgültige Sieg von Militär und Macht-Technokraten über die „reine Naturwissenschaft“. Zigtausend Bomben hat die Rüstungstechnik den Militärs inzwischen bereitgestellt, getragen von dem wahnwitzigen Gedanken auf jeden Fall über ein größeres Abschreckungspotential als der Gegner zu verfügen. Eine Patt-Situation tritt ein, die aber heute durch die Verfügbarkeit dieser Waffe auch für Staaten, wie z.B. Israel, Indien, Pakistan, Iran (?) England und Frankreich mehr als fraglich geworden ist. Wer diese verhängnisvolle, aber symptomatische Tragödie näher kennenlernen möchte, sollte „*Kettenreaktion. Das Drama der Atomphysiker*“ (Herbig, 1976) bzw. „*Heller als tausend Sonnen*“ (Jungk, 1956) lesen.

Mir ist als Naturwissenschaftler allerdings das mentale Dilemma der Protagonisten der Atombombe sehr bewusst: „Funktioniert die Kettenreaktion für die Bombe überhaupt?“ dürfte das alles bewegende Motiv gewesen sein. Dieser bohrende Antrieb, auch durch Vernunft nicht abzuwürgen, wird immer wieder grundsätzliche Bedenken verdrängt haben. Sehr transparent wird das aus einem Gespräch, das Von Neumann³³ mit seiner Frau Klaris geführt haben soll.: "*Was wir gerade schaffen ist ein Ungeheuer, das den Lauf der Geschichte ändern wird, vorausgesetzt es bleibt uns noch eine Geschichte....Aber es wäre undenkbar, es nicht zu Ende zu bringen, nicht nur aus militärischen Gründen; es wäre auch*

vom wissenschaftlichen Standpunkt aus unethisch, etwas, von dem wir wissen, dass es machbar ist, nicht zu machen, ungeachtet der furchtbaren Folgen, die es nach sich ziehen mag. Und das ist nur der Anfang!" (Dyson, 2016, S. 97)

Was für eine "wissenschaftliche" Hybris"! Die Los Alamos Wissenschaftler glaubten noch an ihr Veto-Recht. Als durch Amerikas Politiker und Militärs im August 1945 in Hiroshima und Nagasaki der Beweis erbracht war, dass die Bombe funktioniert, waren diese traurige Elite bereits kaltgestellt.

Dass die Bombe funktioniert, war allerdings schon am 16. Juli 1945 um 5: 29 Uhr bewiesen worden. Der "Trinity Test" entfesselte die Gewalt von 21 000 Tonnen TNT - und war der Auftakt für Hiroshima und Nagasaki einen Monat später.

Paradigmenwechsel: Von Warum zu Wie

Die Wissensverlagerung aus dem griechischen, später oströmischen und wahrscheinlich früher auch aus den persischen, indischen und sogar chinesischen Kulturbereichen in den abendländischen Kreis, hat zu einer grundlegenden Neuaufrichtung des Wissensbetriebs geführt. Die Verlagerung von der Warum-Frage: "Warum gibt es alles", hin zur Frage, „Wie funktioniert alles?“, hin zum Funktionalen bzw. Mechanistischen, weg vom Mystischen, hat die Weichen völlig neu gestellt und die Denkweise grundsätzlich verändert. Aus den alten, ganzheitlichen Vorstellungen von einer in allen Teilen beseelten Natur, bevölkert von Geistern, aber auch von Materie in Form von Strukturen, wurden zunächst die Geister vertrieben.

Es sei schon jetzt darauf hingewiesen, dass der Begriff „alles“, der Antagonismus zu dem genauso schillernden Begriff „nichts“ ist. Auf beide werden wir später zurückkommen. Dass sich die astronomische Bezeichnung „All“ im Sinne eines sich unendlich erstreckenden Kontinuums daraus ableitet, sei am Rande erwähnt.

Man könnte sagen, es fand eine Trennung von Religion (Glaube) und Physik (Mechanistik) statt, die sich schon im vorchristlichen Griechenland abzeichnete und sich heute, nach einer Stagnation im christlich mittelalterlichen Dunkel, im abendländischen Bereich evolutionär herausbildete. Sozusagen zementiert wurde diese Entwicklung in der Säkularisierung (Verweltlichung) Europas, unter der Herrschaft Napoleon Bonapartes, Kaiser von Frankreich, zu Beginn des 19. Jhdt.

Unser heutiges Bild vom Sinn und der Realität unseres Seins ist vielschichtiger geworden wobei für den pantheistischen Geist, im Sinn von Seele, nur noch wenig Raum bleibt. Viele unbequeme Ansichten durften in der westlichen Welt, ohne Repressalien fürchten zu müssen, aber erst in den letzten Jahrzehnten artikuliert werden.

Auf der einen Seite gibt es die philosophisch, theologisch geprägte Fassung mit Antwortversuchen zu den Ur-Fragen: "Warum leben wir? Gibt es einen tiefsten Sinn und ein oberstes Prinzip unseres Daseins? Was ist Seele?" usw. Diesen Ur-Fragestellungen versuchen Theologen und Philosophen gerecht zu werden. Man darf sich in diesem Kontext allerdings die Frage stellen, welche Erkenntnisse, Einsichten bzw. welches vermeintliche Wissen, Religionen gegenüber einem Naturwissenschaftler zur Beantwortung dieser Fragen prädestinieren (Dawkins, 2016). In ihrem Werdegang sind zumindest die Theologen, im Gegensatz zu Naturwissenschaftlern, in weitaus höherem Maße von Glauben, Meinung und Mystik indoktriniert. Ihr Werdegang ist geprägt von fantasievollen, unkritischen Interpretationen uralter mündlicher Überlieferungen und Abschriften von Abschriften von Schriften. Theologen sind m.E. Semantiker, genauer Linguistiker, oder einfach Wortbedeutungslehrer und beziehen ihre sittliche Wertschätzung aus ihrer Interpretation von Zeichen, die vor über 2000 Jahren, in einem völlig anderen Umfeld erstellt worden sein sollen. Was soll aus dieser perfekten Verkörperung der "stillen Post" (Verfälschung von Nachrichten durch die mehrfache informelle Weitergabe) Weiterführendes resultieren? Wie soll aus diesen archaischen, beschränkten Ressourcen die Ur-Antwort erwachsen? Seit 2000 Jahren wird immer tiefer und aussichtsloser an Quellen gebohrt, die nie das Wasser der Erkenntnis geführt haben. Alle biblischen und koranbelegten Offenbarungen als Gotteswort zu verbrämen, Widerspruch oder auch nur kritisches Fragen zu vermeintlichen Gottesziten mit Sünde zu belegen, ist ein primitiver Reflex, der nicht mehr in unsere Zeit passt. Diese Tatsache wird sehr amüsant von Bertrand Russell mit dem Beispiel einer Teekanne, die im All kreist, dargestellt.

WIKIPEDIA: Es handelt sich um eine Analogie, die Bertrand Russell (1872–1970) in einem Artikel mit dem Titel "Is There a God?" als Reductio ad absurdum diente. Sie sollte veranschaulichen, dass die Beweislast einer Behauptung bei dem liegt, der sie aufstellt, und keinesfalls eine Widerlegungspflicht bei anderen besteht ... Russell beschrieb eine hypothetische Teekanne, die im Weltraum zwischen Erde und Mars um die Sonne kreise und so klein sei, dass sie mit Teleskopen nicht gefunden werden könne. Falls er ohne weitere Beweise behaupten würde, dass eine solche Teekanne existiere, könne man nicht erwarten, dass ihm jemand glaubt, bloß weil es unmöglich sei, das Gegenteil zu beweisen. Russell wandte die Analogie logisch-philosophisch direkt auf Religionen an, indem er den Glauben an die Teekanne mit dem Glauben an Gott verglich.

Brennende biblische Büsche, wortgewaltige Rücksprachen mit Gott, sich teilende Meere, unbefleckte Empfängnis Marias, 4-jährige Schwangerschaft der Mutter Mohammeds, Wiederauferstehung, Wunder aller Art, Dreifaltigkeit, Engel und weiteres himmlisches Personal, usw. sind ebenso unbeweisbare Behauptungen wie Russells Teekanne. Wer das so sieht, ist aber nicht

verpflichtet das Unbeweisbare zu glauben oder dessen Gegenteil zu belegen. Das ist die Aufgabe des Urhebers. Genau das aber erwarten Religionen von uns: kritiklose Akzeptanz von unbeweisbaren Behauptungen. Es gibt kein authentisches Gotteswort, alles ist Menschenwort bzw. Konstrukt. Das ist für mich kein Atheismus, sondern ein Ausloten des Agnostizismus.

WIKIPEDIA: "Als Agnostizismus bezeichnet man die philosophische Ansicht, dass bestimmte Annahmen – insbesondere solche theologischer Art, welche die Existenz oder Nichtexistenz einer höheren Instanz, beispielsweise eines Gottes, betreffen – entweder ungeklärt oder grundsätzlich nicht zu klären sind".

Kein Wunder, dass sich in diesem Minenfeld heute Kreationisten³⁴ (Anti-Evolutionisten) und in ihrem Gefolge ID-Anhänger (Intelligent Design³⁵), aber auch Futurologen in Stellung bringen. Auf den ersten Blick erscheinen ihre Interpretationen interessant, beruhen aber letztlich auf subjektiven, gefühlten oder ersehnten, gedanklichen Konstruktionen, die, mangels Befähigung ihrer Konstrukteure, grundsätzlich oder bewusst auf Beweisfähigkeit verzichten und denen oft eine Art erzieherische Wortklauberei anhaftet.

Auf der anderen Seite finden wir das mechanistisch-technische von der Suche nach Ursache und Wirkung geprägte Wesen Europas, als Erbe der Renaissance, erarbeitet und getragen von Naturwissenschaftlern, die versuchen, die Fragen nach dem funktionalen „Wie“ zu beantworten. Damit geht bewusst eine Einschränkung des Erkenntnisanspruchs einher. Grundlegende "Warum"-Fragen sind allumfassend und damit letztlich nicht zu beantworten.

Sie können diese Erfahrung in einer Unterhaltung mit Kindern nachvollziehen, die unentwegt nach jeder Ihrer Antwort, immer wieder fragen: "Warum". Sie werden unweigerlich an die Grenze des Beschreibbaren gelangen und damit in die Unerklärbarkeit.

Oder wir ziehen uns auf den nicht kausal fassbaren Aspekt des objektiven Zufalls zurück (s. a. 1.2.6, Zufall).

"Wie"-Fragen begnügen sich schon mit der Beschreibung von auffindbaren, kausalen Zusammenhängen. Einen "Wie"-Fragenden stellen z.B. die aktuellen Erkenntnisse der DNA-Forschung vorübergehend zufrieden. Die Frage: „Warum gibt es DNA?“ führt unausweichlich weiter: „Warum gibt es Leben“ und damit zur Philosophie bzw. Theologie; eine Suche nach dem Sinn des Seins.

Lange Zeit wurde das Abendland von einem letztlich aussichtslos vor und zurück, hinauf und hinunter Diskutieren von rational Unbeweisbarem beherrscht. Die Antwort, dass es eine Welt des Glaubens und eine Welt des Wissens gibt, mit

ganz unterschiedlichen Voraussetzungen und Ansprüchen, wird in vielen Kreisen nach wie vor nur widerstrebend oder gar nicht akzeptiert.

Metaphysische Sinn-, Glaubens- und Wunschvorstellungen, von religiös beflügelt Heilsbringern, werden heute durch die Schlagzeilen der Medien in den profanen Alltag projiziert. Verherrlichung dieser Konstrukte zu göttlichen Offenbarungen, zu fragwürdigen Geboten, deren Verletzung mit Sanktionen geahndet wird, dient der Bewusstseinsunterwerfung. So z.B. durch die Höllenstrafe, eine dogmatische Strafe, die kirchliche Apparate wohl als Antwort auf die Nichtbefolgung des Guten, was immer das auch ist, eingeführt hat. Da gibt es z.B. den nebulösen Begriff der Sünde, also einer Handlung, die gegen religiöse Gesetze oder Gebote verstößt. Die Kleriker hatten sich die Philosophie des Altertums (Platons³⁶ Primats des Guten) erschlossen und in ihrem Sinn benutzt. Lange Zeit galt: wer sich nicht für das Christentum entscheidet, ist gegen das Gute an sich, und gehört in die Hölle. Die Islamisten haben dieses Prinzip zu einem zentralen Dogma gemacht (s.a. Namen und Faktensammlung: Zitat 19)

Dass sich die Mehrzahl der Gläubigen inzwischen mental von dieser Höllen-Lehre befreit hat, ist als wichtiger Schritt in das Mündigwerden des Abendlandes zu sehen.

Die funktionale „Wie“-Frage sucht messbare Antworten auf kausale, logisch durchschaubare, mit Mathematik berechenbare, physikalische, chemische und technische Abläufe, also mechanistische Aspekte.

So sehe ich abendländische bzw. europäische Mathematik, als die Wissenschaft, die Formeln bzw. Algorithmen³⁷ gefunden hat, die sich benutzen lassen wie eine „Rechen-Maschine“. Das Prinzip eines Algorithmus besteht in der Unterteilung einer Fragestellung in ihre elementaren Operationen und sukzessive Aufarbeitung. Ein einleuchtendes Muster für einen Algorithmus ist z.B. die Vorgehensweise, wie wir schrittweise eine Telefonnummer in einem Telefonbuch suchen. Dazu dient uns bekanntlich die Ordnung des Alphabets (Stiller, 2015). Man steckt eine Zahl oder einen Messwert in eine mathematische Formel, um einen Ablauf, einen funktionalen Zusammenhang in der zeitlichen oder räumlichen Entfaltung beurteilen zu können und erhält u.U. eine konkrete Lösung oder ein Lösungsfeld.

Zahlen sind die Grundlage der Mathematik. Heute, wie schon in alten Kulturen, wird Zahlen eine besondere Bedeutung zugemessen, wie es sich z.B. aus der heute noch anzutreffenden bänglichen Einschätzung der Zahl "13" ableiten lässt. Es gibt aktuelle Überlegungen, die von einem Code der Natur, basierend auf Zahlen, ausgehen. Siehe: <https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/faszination-universum-der-kosmische-code-mit-harald-lesch-100.html>. Z.B. wird in diesem Zusammenhang das Sechseck als Strukturelement der Bienenwabe (ein Energie-minimierungseffekt), oder das Wachstumsprinzip von Pflanzen mit der stetigen Ausbildung von sich verdoppelten Abzweigungen angeführt. Benoit

Mandelbrot³⁸ hat dieses stetige Verzweigen in immer feinere Strukturen in mathematische Formeln gekleidet. Die Visualisierung gelang über absolut verblüffend anmutende Computeranimationen sich ständig ins Analoge aufspaltender Elemente der Selbstähnlichkeit. Verblüffend insofern, als Leben vergleichbare morphologische Strukturen z.B. in Pflanzen produziert. In der unbelebten Natur sind das u.a. Küstenformationen oder Flussläufe, die sich wie Strukturen des Blutkreislaufs oder unseres Bronchialsystems darstellen. Bereits Fibonacci³⁹ hat im 12. Jhdt. aus griechischen und indischen Quellen stammende Zahlenfolgen (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13 ...) wiederentdeckt, die Wachstumsstrukturen beschreiben. Oswald Spengler⁴⁰ hat diese abendländische Entwicklung einmal sinngemäß mit den Worten: *„Der mathematische Begriff der Funktion ist die faustische, die abendländische Zahl“*, beschrieben. *„Es gibt also“*, wie er es in dem überaus lesenswerten Kapitel seines Buches, *„Der Untergang des Abendlandes“*, *„Vom Sinn der Zahlen“*, ausdrückt: *„mehr als nur eine Mathematik..... deren Stil davon abhängt, in welcher Kultur sie wurzelt, was für Menschen über sie nachdenken“* (Spengler, 1979, S. 79).

Es ist bekannt, dass Mathematik außerordentlich kreative griechische, indische und arabische Phasen durchlebte, in der sie die Welt veränderte. Ebenso unbestritten hat sie das Abendland in neue Dimensionen katapultiert und umgekehrt genauso. Mathematische Erkenntnis ist im Kern wissenschaftlich, mechanistisch und damit potenziell materiebeherrschend angelegt. Hier findet sich m.E. auch ein Hebel warum sich Europa, zunächst in Italien, später England, Frankreich und auch Deutschland, eine technikorientierte, erfolgreiche Ökonomie durch Maschinen erarbeitete und eine dominante Stellung in der neuzeitlichen Welt aufbauen konnte.

Allerdings liefern unsere mathematisch physikalischen Denkmodelle und deren Zahlenergebnisse oft nur scheinbare Präzision. Die Realität zeigt, dass es sich meist um Näherungen handelt, die wir der im Kern chaotischen Erlebniswelt abringen können.

Mathematik war und ist aber dessen ungeachtet der bisher erfolgreichste Zugang zu unserer Welt, in der unendlich viele Phänomene nebeneinander, oft synergistisch, existieren. Sie bringt Struktur in dieses Panoptikum und ermöglicht integrative Erfassung von mechanisiert, besser programmiert erscheinenden Abläufen. Diese mechanistische und damit deterministische Sicht der Dinge, war ein wichtiger Schritt in der abendländischen Entwicklung.

Erst im letzten Jahrhundert wurde aber durch die Erkenntnisse der Quantenmechanik offenbar, dass Determinismus nur die Oberfläche einer weitaus komplizierteren und vor allem durchgängig unbestimmten Welt darstellt. Sie ist wesentlich unplanbarer, als es sich die alten Deterministen, wie z.B. Descartes⁴¹ jemals vorstellten. Und das ist nur der rezente Stand. Die Teilchen- und

Grundlagenforschung wird neue verschlossene Türen finden, die nicht die letzten sein werden.

Auf dieser Bühne war es also nur eine Frage der Zeit, Erklärungen für weitere uns umgebende Phänomene auf naturwissenschaftlicher Ebene zu suchen und zu finden. Die Ergebnisse dieser Suche, die in den letzten drei Jahrhunderten geradezu in eine Wissensexplosion führten, haben zu immer tieferen, in vielen Punkten grundsätzlichen Erkenntnissen geführt. Ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen.

Man kann sich nun die Frage stellen, ob es andere Zugänge zur Erfassung und Lenkung der Realität gibt. Da wäre z.B. die Arena des christlichen Glaubens, die zumindest vom Sendungsbewusstsein her, ein hohes Maß an Altruismus propagiert. In einer Welt, die einer Überbevölkerung zustrebt, ist das eine willkommene Einstellung. Gerade diese Bereitschaft, nur mit dem Glauben an das Gute zu agieren, setzt umfassende Selbstverleugnung voraus. M.E. wird diese menschliche Haltung grundsätzlich durch evolutionär bewährte Ausprägung von Egoismus konterkariert. Opferbereitschaft als politisches Mittel, wird auf absehbare Zeit nicht funktionieren; das ist schon in den entstandenen hierarchischen Machtstrukturen der Religionen als solche begründet. Religionen werden ihre immanenten Automatismen, entmündigende, undemokratische Strukturen zu entwickeln, nicht abstreifen.

Hilft Esoterik Im Sinne von "*inneren, spirituellen Erkenntniswegen, etwa synonym mit Mystik, oder höheres, absolutes und arkanes, althergebrachtes Wissen*" (WIKIPEDIA) weiter? Zu subjektiv und positivistisch erscheint mir dieser Ansatz. Ganz im Gegenteil gelingt es seherisch veranlagten Menschen, oder solchen, die glauben es zu sein, als vermeintlich auserwählte Gurus demokratische Gesellschaften zu verhindern.

Naturwissenschaftler können und werden nicht versuchen der religiös orientierten „Warum“-Frage und die „Sinn“-Frage wissenschaftlich zu beantworten, und auch den meisten wissenschaftlichen Fragen können sie sich letztlich nur nähern. Allerdings darf nicht übersehen werden, dass es ein gemeinsames Suchen von Naturwissenschaft und Philosophie bzw. Religion bezüglich des Woher und Wohin gibt. Prinzipien wie Energie, Entropie, Evolution oder grundlegende Ansätze wie die Quantentheorie und die Relativitätstheorien, werden heute interdisziplinär zwischen Naturwissenschaftlern und Philosophen diskutiert.

(S.a. Persönliches Statement 3: Glaube und Amtskirche)

Vielleicht ist die buddhistische Weisheit, dass rationale, analytische Ansätze zur Sinnfindung aussichtslos sind, die beruhigende, vielleicht auch nur resignierende Antwort. Warum etwas analysieren, was sich einer rationalen Denkweise permanent entzieht, da nicht der Verstand, sondern Glaube gefragt ist? Der wahre

Zen-Buddhist⁴² ist überzeugt davon, dass man aufhören muss zu fragen, und dass der erkannte Verzicht die Antwort selbst ist. Dieser Geisteshaltung wird m.E. auch eine agnostische Sicht⁴³ der Dinge gerecht, die da sagt, dass *„bestimmte Annahmen – insbesondere solche theologischer Art, welche die Existenz oder Nichtexistenz einer höheren Instanz, beispielsweise eines Gottes, betreffen – entweder ungeklärt oder grundsätzlich nicht zu klären sind“* (WIKIPEDIA)
(S.a. Persönliches Statement 4: Atheismus)

Weshalb es in der Renaissance des Abendlandes letztlich zu diesem Paradigmenwechsel in einem durch Kirche und damit Mystik, Scholastik und Dogmen Jahrhunderte lang stark reglementierten Wissenschaftsbetrieb kam, müssen Wissenschafts- und Kulturhistoriker beantworten.

Vielleicht waren es ganz alltägliche Gründe, wie die krassen Witterungs- und Temperaturunterschiede, der jahreszeitlichen Wechsel und die harten Lebensbedingungen in Nordeuropa mit einem Nebeneinander von See- und Binnenklima: Bedingungen, die Vorausplanung nötig machten. Diese klimatischen Umstände wirkten wie eine Art genetische Pumpe, die den Überlebenswillen einer vor etwa 200 000 Jahren aus Nordafrika eingewanderten und ständig um ihre Existenz kämpfenden menschlichen Population beflügelten. Europa, das auf Landkarten fast schon wie ein Wurmfortsatz des riesigen asiatischen Kontinents wirkt, war sicher schon seit seiner Entstehung durch sein Warmklima, bedingt durch den Golfstrom, ein Ziel von Einwanderung und das nicht nur für Hominiden. Die von Geologen erforschte noch wesentlich ältere und sehr abwechslungsreiche Vergangenheit dieser Landmassen geht zurück auf den Superkontinent Pangäa (ca. 325 bis 150 Millionen Jahre).

Ständige voreuropäische Verteidigungsbereitschaft gegenüber dem Expansionsdruck des kriegerischen Ostens war unerlässlich und ein Motor für Überlebenskreativität. So gab es ab 375 n.Chr. im großen Rahmen der Völkerwanderungen germanischer Stämme und in der spätantiken Geschichte noch bis ins späte 5. Jahrhundert, verheerende Einfälle von östlichen Reitervölkern, die allgemein als Hunnen-Kämpfe bekannt sind. Eine vorübergehendes Ende fanden diese Unterjochungsfeldzüge in der Schlacht auf den Katalanischen Feldern im Jahre 451 n. Chr. zwischen Römern und Hunnen. In das Machtvakuum des sich nach Italien zurückziehenden Römischen Reichs, stießen neue Völkerwanderung, u.a. die Einwanderung von Angeln, Jüten und Sachsen nach England. Ihnen folgten die dänischen Wikinger im 8. Jhdt. und 1066 die Normannen unter Wilhelm den Eroberer. Auf dem Kontinent etablierten sich im Zug der gleichen Völkerwanderung, mehr oder weniger parallel, fränkische Reiche und vor allem das Christentum mit dem päpstlichen Machtzentrum in Rom.

Im ausklingenden Mittelalter waren es die Angriffe der omanischen Krieger auf Wien als strategischem Brückenkopf: erfolglos um 1529 und zum zweiten Mal, nunmehr endgültig erfolglos, 1683. Allerdings war zu dieser Zeit Europa bereits eine überlebensfähige Macht mit naturwissenschaftlichen Ansätzen, kultureller Gemeinsamkeit, einig im völkerverbindenden christlichen Glauben als Ordnungsgarant.

Sicher haben zum Aufbruch in die Neuzeit auch die äußerst verwickelte und ereignisreiche Neugestaltung des römischen Erbes 400 nach Christus, durch die weltlichen Mächte und die verweltlichten Ansprüche der Kirche in Europa mit ihren vielen Brüchen beigetragen. Oder waren es die Herausforderungen, die die Verwirklichung komplexer Sakralanlagen, wie eines Doms, oder die Klosterlogistik stellten. Vielleicht war es das überfällige individuelle Aufbegehren eines lange Zeit unterdrückten kollektiv gehaltenen Geistes, der sich durch Denkschriften nicht länger reglementieren lassen wollte. Letztlich waren es sinnsuchende Denker, die den Wandel einleiteten.

Auch die bereits angeführten Auswirkungen der europäischen Pestwellen von 1347 bis 1353 haben einiges beigetragen. Diese verheerende Eliminierung eines Großteils der Bevölkerung hat mit Sicherheit schwerste Lücken in den genetischen Pool geschlagen aber auch den Weg für evolutionäres genetisches Crossing (s.u.) geöffnet, indem zunft- und geschlechtergebundene Einbahnstraßen nicht mehr aufrecht zu halten waren. Ganz allgemein ist ja die europäische Geschichte seit der Auflösung des römischen Reiches um 400 n.Chr., von einer durchgehenden, leider meist kriegerisch initiierten genetischen Durchmischung geprägt, die ihren Teil zu unserem Heute beigetragen hat.

Ständig mussten aber auch zukunftsfähige Wege für die durch Bevölkerungsdruck entstandenen Probleme gesucht werden. So bildeten sich neue Formen des Zusammenlebens heraus: nicht mehr das feudale Lehnswesen war tonangebend. Mehr und mehr wurden die selbstsüchtigen und im Wesen völlig unberechtigten macht- und besitzorientierten Adelsansprüche abgelöst durch Verstädterung: denken Sie nur an die Entwicklung des englischen Parlamentarismus⁴⁴ seit dem 13. Jahrhundert, auf die ich bereits im Zusammenhang mit der Magna Charta hingewiesen habe. Vielmehr ergaben sich durch nahezu globale Handelsausweitungen, Geldverkehr und Bevölkerungsverlagerung in die Städte, flexiblere Denkansätze, Informations-Kommunikation und Bereitschaft für Wandel. Die Wissensbasis wurde durch Bücher, wie die in die Landessprachen übersetzte Bibel, immer breiter. Das Geheimnis der geschriebenen Sprache, das Alphabet, war nicht länger nur den Eliten zugänglich.

Diese zunehmende Informationsverdichtung, katalysiert durch die Verstädterung Europas, hat eine interessante Komponente, die weit über einen "makroskopischen" Effekt hinaus geht. Unvermeidliche Kontaktnähe erzwang regelrecht Gedankenaustausch und im Gefolge synergistische Effekte, die m.E. an

elementare Abläufe auf mikroskopischer Ebene erinnern. Darunter verstehe ich die mikrobiologischen Abläufe in Zellen, deren biochemische Organisation nicht auf numerischen Adressierverfahren, wie wir sie aus der Computerwelt kennen, beruht. Vielmehr dominiert in Zellen ein stochastisches Nebeneinander von gleichzeitigen Schritten. *Es kommt zu einem organisierten Nutzen aus planlos ablaufenden Prozessen* (Dyson, 2016, S. 404). Aus planlos verlaufenden Kontakten kann m.E. neues Ideengut erwachsen. Auf die angesprochenen mikrobiologischen Zusammenhänge komme ich im 2. Teil etwas detaillierter zurück.

Auch die nautischen Herausforderungen einer atlantischen, später pazifischen Seeschiffahrt mit ihren planerischen und logistischen Aspekten, sind sicher Treiber gewesen. Ein entscheidender Impuls vor diesem Hintergrund war mit Sicherheit die Entdeckung Amerikas 1492 durch Christoph Columbus und die daraus resultierenden handels- und machtpolitischen Folgen. Ein Reglement sollte z.B. der Vertrag von Tordesillas schaffen.

WIKIPEDIA: Der Vertrag von Tordesillas wurde 1494 zwischen den damals vorherrschenden Seemächten Portugal und Spanien in Tordesillas geschlossen. Er sollte eine bewaffnete Konfrontation zwischen diesen beiden Mächten verhindern, indem er die Welt in eine portugiesische und eine spanische Hälfte aufteilte. Bereits 1493 hatte Papst Alexander VI. in einer päpstlichen Bulle eine Grenzlinie zur Einteilung der beiden Hoheitsgebiete gezogen, die vom Nordpol zum Südpol durch den Atlantischen Ozean verlief. Im Vertrag von Tordesillas wurde diese Grenzlinie weiter nach Westen verschoben.

Die so willkürlich festgelegte Aufteilung der westlichen Welt im Sinne der ersten See Beherrscher Spanien und Portugal, legten zunächst ungeheure Gold- und später Rohstoffmonopole fest, die naturgemäß gierige Konkurrenten wie Frankreich und vor allem England auf den Plan riefen. Auf den Weltmeeren entwickelte sich daraufhin ein gnadenloser Kampf. Zu gewinnen war er nur durch bessere, schnellere und zielsichere Schiffe - frühe Technik. Der langfristige Sieger war bekanntlich England.

Ein weiterer europäischer Impulsgeber war der sich im England des 15. Jhdt. ausbreitende Antiklerikalismus, trotz intensiven religiösen Lebens der Bevölkerung. Er führte zur Entfaltung eines sozialkritischen englischen Humanismus im 16. Jhdt. (Kluxen, 1985, S. 163)

WIKIPEDIA: Englischer Humanismus ist die Bezeichnung für den Renaissance-Humanismus in England. Er entstand im 15. Jahrhundert unter französischem und italienischem Einfluss. Bedeutende humanistische Gelehrte von europäischem Rang traten in England erst im späten 15. und frühen 16. Jahrhundert auf.

Eine humanistische Bildungsreform, und die Abwendung des von der spätmittelalterlichen Scholastik geprägten Bildungswesens vollzogen sich.

Unaufhaltsam entwickelte sich mit dem Beginn der Neuzeit das erwachende Abendland durch angewandte Wissenschaften hin zur Technik.

Ein interessanter Aspekt zur Auswirkung von christlichen Glaubensrichtungen auf unsere Gegenwart findet sich heute in der doch deutlich ausgeprägten unterschiedlich erfolgreichen Ökonomie von Nord und Südeuropa. Der wirtschaftlich effektivere Norden (Deutschland, Niederlande, Frankreich, Belgien, Schweden, Norwegen) hat sich im europäischen, EURO-definierten Wirtschaftsbetrieb als stabiler und letztlich produktiver erwiesen als der Süden (Griechenland, Italien, Spanien, Portugal). Ein nicht von der Hand zu weisender Grund könnte die religiöse Vergangenheit sein. Die Nordstaaten gingen durch Mühlen der pietistischen Bewegung (*WIKIPEDIA: ...die reine Lehre sowie die kirchliche Einheit geraten dabei in den Hintergrund. So findet sich einerseits in der pietistischen Bewegung ein moderner, „frühaufklärerischer“ Zug, da sie der Persönlichkeit des Einzelnen, zu dessen frommer Pflicht die Selbstbeobachtung gehören sollte, einen hohen Stellenwert gibt...*)

Den Norden haben diese „frühaufklärerischen Züge“, beflügelt sich von den Initiative dämpfenden Dogmen des Katholizismus zu distanzieren: weniger Vorbestimmung, mehr Eigeninitiative. Das scheint sich heute noch bemerkbar zu machen, wenn man bedenkt, dass der Katholizismus den Süden noch immer dominiert.

Die „Erfindung“ der Energie

M.E. ist ein Ereignis für diese Weichenstellung im alten Europa von weltverändernder Bedeutung, wenn auch erst lange nach dem Paradigmenwechsel der Renaissance.

1712, im England des 18. Jahrhunderts, wurde von Thomas Newcomen⁴⁵ die erste funktionsfähige und kommerziell nutzbare Dampfmaschine konstruiert. Die technologische Revolution begann.

Im Prinzip handelte es sich um eine Weiterentwicklung der von Thomas Savery⁴⁶ um 1698 erfundenen Wärmekraftmaschine zum Betrieb einer Wasserpumpe. Verbessert und damit im Alltag einsatzfähig wurde Newcomens Gerät durch James Watt⁴⁷; sie diente zunächst zum Abpumpen des Grundwassers in Bergwerken; vor allem in Kohleminen. Bei einem indiskutablen Wirkungsgrad von etwa 1 % der eingesetzten Heizkohle in einem gewinnorientierten, frühkapitalistischen Umfeld, ließ Optimierungsbestreben nicht lange auf sich warten. Ingenieurverstand war gefragt und trieb die wissenschaftlich technische Entwicklung vor sich her. U.a. führten die daraus resultierenden Erkenntnisse in die Thermodynamik, also die Lehre von der Bewegung der Wärme und deren ersten und zweiten Hauptsatz⁴⁸, auf die wir noch zurückkommen. Diese theoretischen

Ergebnisse wiederum ebneten synergistisch den Weg in weitere berechenbare Technik und zu komplexen Konzepten, wie z.B. der Entropie.

Erstmals wurden fossile Energieträger für die Welt des Fortschritts aber auch der Gewinnmaximierung erschlossen. In all den vergangenen Äonen der menschlichen Entfaltung war diese Energiequelle unentdeckt geblieben. Europa und der Rest der Welt nutzten ausschließlich Holz. Nun wurden die scheinbar unerschöpflichen Reservoirs an Kohle und später die des Erdöls und des Gases erschlossen.

Diese Erkenntnisse ergaben sich in einer politisch, wirtschaftlich und geographisch herausgehobenen Umgebung, im aufblühenden England des 17. und 18. Jhdt. Die später treffend als „splendid Isolation“ bezeichnete Inselsituation Englands, hatte große Selbstständigkeit, Wege in demokratische Strukturen, den Bruch mit der päpstlichen Diktatur Roms, aber auch große wirtschaftliche und imperiale Machtfülle gefördert. Unter Heinrich VIII hatte sich England vom Papsttum abgenabelt und seinen eigenen Weg der Religionsgestaltung gewählt. Sicher ist es in diesem Zusammenhang nicht ohne Bedeutung, dass um 1538 durch Heinrichs Kettenhund, Cromwell, mehr oder weniger alle Klöster enteignet bzw. geschlossen wurden; Heinrich brauchte Geld. (Kluxen, 1985, S. 191). Die durch das Klosterleben wie in Deutschland geförderte Mystifizierung von Phänomenen wurde in England relativiert und die Wege in kausales, dogmenfreies Denken gefördert. Infolge der klösterlichen Enteignungen wurde Mystik endgültig und rücksichtslos abgelöst. Francis Bacon, Newcomen, Watt, Newton, Maxwell, Darwin, Crick u.v.a.m. mögen davon profitiert haben.

In diesem Umfeld entwickelte sich der englische Imperialismus, der sich unaufhaltsam über dem gesamten Globus ausbreitete. Enormer Reichtum wurde in England, in Form von Handels- und Finanzkapital angehäuft, das nach weiteren Investitionen suchte, was aber für Engländer nur im England erlaubt war. Dies gab den Anstoß zum europäischen Industrialismus (Kluxen, 1985, S. 415). Wegbereiter für diese Entwicklung war auch die Abwendung von einem "metallischen" Währungssystem, also z.B. Gold oder Silber, deren geologische Verfügbarkeit naturgemäß begrenzt ist (Schieritz, 2013, S. 23). Banknoten traten langsam die Nachfolge an: Goldersatz durch beliebige Mengen an bedruckbarem Papier. Vertrauen in substanzuell wertloses Papiergeld musste stoffliche Münzwährung ersetzen.

Oswald Spengler (Spengler, 1979, S. 1145) erklärt: *Die sich formende Nationalökonomie resultierte aus spezifisch englischen Voraussetzungen. Die allen anderen Kulturen völlig unbekannte Maschinenindustrie entwickelte sich....Das Kreditgeld in der besonderen Gestalt, welche sich aus dem englischen Verhältnis von Welthandel und Exportindustrie in einem bauernlosen Land ergeben hat, dient als Unterlage von Definitionen der Worte Kapital, Wert, Preis, Vermögen, die*

dann ohne weiteres auf andere Kulturstufen und Lebenskreise angewandt werden.

Das Ergebnis ist die besagte Maschinenindustrie, die den industriellen Wandel begründete und im Prinzip die weltweite Volkswirtschaft bis heute kennzeichnet.

Neue Anbaumethoden hatten in England durch Freisetzung von bäuerlichen Kräften zur Bereitstellung von Industrieproletariat geführt (Kluxen, 1985, S. 478). In der Folge dieser Verarmung kam es zu dem bis heute weltweit anhaltenden Megatrend der Urbanisierung. Die Menschen suchten und suchen weiterhin ihr Heil in den Städten. Sie rückten näher zusammen. Kurze städtische Kommunikationswege aber auch soziale Herausforderungen regten Ideenfindungen, Ideenaustausch und Entdeckergeist an. Wiegesagt: Die geistige Beschränkung von stammesorientierten, dörflichen Verbänden, wird durch effektiven Informationsaustausch überwunden (Horx, 2014, S. 167). Kreativität wurde potenziert. Der Weg in die technikorientierte Zukunft Europas hat hier m.E. seinen Ursprung und fand zunächst, in vergleichbarer Form, in keinem anderen Land der Erde statt. Auch nicht im durchaus technisch kompetenten, ebenfalls seefahrenden China, dessen Geschichte keine Demokratiesuche erkennen lässt, und das kein breites, kreatives Denken förderte.

Warum ist diese Erfindung der Maschine so wichtig? Nun, erstmals in der Geschichte der Menschheit wurde ein „Mittel“, eine „künstliche Vorrichtung“ geschaffen Arbeit (= Energie) nicht von Menschen, oder Tieren oder einer passiven Wind-, oder Wassermaschine verrichten zu lassen, sondern aktiv durch Erzeugung von Wärme (= Energie) und deren Umwandlung in Arbeit. Es war möglich brennbare Stoffe wie Holz, Kohle oder später Erdöl, als kompakte chemische Energiereservoir mobil zu nutzen, um nahezu beliebig viel Wärme und damit beliebig viel Arbeit (beides Energien) zu gewinnen. Die Weichen stellten sich für eine technisch orientierte Welt, unsere heutige Welt, die Welt der Maschinen. Es war die Geburt arbeitsfähiger, standortveränderbarer, technische Geräte zu bauen, die sich mit eigener Kraft auch selbst fortbewegen konnten.

Im Gefolge wurden aber auch das Phänomen Energie und deren Wandlungsmöglichkeit quantifiziert. Vor allem aber wurde Wärme-Energie nicht länger blind benutzt, ohne ihre fundamentalen Prinzipien zu verstehen, sondern naturwissenschaftliche Theorien zum Wirken und Wandel in Form von Arbeit erschlossen. Man ging daran, das Wesen der Energie zu suchen. Denken Sie nur an die etwa 100 Jahre später entwickelten, grundsätzlichen Betrachtungen der Wärmelehre (s.u. Thermodynamik = Wärmebewegung). In diesem Kontext wurden für Gase phänomenologisch Erkenntnisse des Zusammenhangs von Temperatur mit Wärme (=Energie) gewonnen. Man erkannte darüber hinaus funktionale Abhängigkeiten von Wärme, einer Art Mengenbewegung von Energie, mit Zustandsgrößen wie Druck, Volumen und Temperatur.

M. W. hat es bis zu diesem Zeitpunkt in allen bekannten Kulturen keine vergleichbare Grundlagensuche gegeben. Ich bin davon überzeugt, dass diese Entwicklung aus heutiger Sicht aber auch kritisch zu sehen ist. Denken sie nur an unsere weltweiten Probleme mit der Verfügbarkeit von Energie, Besitzanspruch über fossile Energievorräte, Bevölkerungszuwachs und Zukunftsfähigkeit aber auch an die bereits dargestellte Dualität der Kernenergie.

Auf der einen Seite hat die Nutzarmachung von Energie dazu geführt im Abendland den Unbilden der harten nördlichen Witterung erfolgreich trotzen zu können; die breite Verfügbarkeit hat viel menschliche Arbeitskraft von primitiven Tätigkeiten entbunden und Raum geschaffen für Kontemplation. Sie hat aber auch Bevölkerungszuwachs und damit Expansionsdruck eingeleitet, was im weltweiten europäischen Imperialismus, getrieben von England, den Niederlanden, Frankreich, Russland, Italien und nicht zuletzt auch Deutschland, aber auch Amerika (z.B. Philippinen und Nordamerika), fragwürdig triumphierte. Fast auf dem gesamten Globus wurde eine snobistische und gewissenlose Enteignung der indigenen Völker (Indios, Indianer, Afrikaner und Inder) und danach die stoffliche Ausbeutung in Form von Nahrungsmittel- und Rohstofftransfer hin nach Europa forciert, ohne die Ausgebeuteten zu beteiligen und ohne die Folgen zu hinterfragen. Joseph Stieglitz, Nobelpreisträger für Wirtschaft 2001 schreibt hierzu: *„Wir im Westen vergessen es zwar gerne, aber vor 190 Jahren steuerte Asien fast 60 Prozent der damaligen Weltwirtschaftsleistung bei. Doch koloniale Ausbeutung und unfaire Handelsabkommen haben dann in Verbindung mit einer technologischen Revolution in Europa und Amerika dazu geführt, dass die Entwicklungsländer in sehr kurzer Zeit deutlich ins Hintertreffen gerieten, und zwar so sehr, dass die asiatischen Volkswirtschaften im Jahre 1950 weniger als 18 Prozent zur Weltwirtschaft beisteuerten“* (Stieglitz, 2010, S. 282). Das hat sich erst in den letzten Jahren ins Gegenteil verkehrt. China, Korea und Indien sind in der Weltwirtschaft zu „global Playern“ aufgestiegen und der „Untergang des Abendlandes“ (Spengler, 1979) erscheint nicht mehr zu unwahrscheinlich.

Auf der anderen Seite führt die technische Entwicklung, auf der Basis von fossilen Rohstoffquellen, in eine immer gefährlicher werdende Energiefalle. Im Grund genommen stehen wir heute vor dem fast unlösbaren Problem der zukunfts-fähigen Energiegewinnung durch Nutzung fossiler Brennstoffe, bei ungebremstem Zuwachs an Mobilität, ohne langfristig verfügbare fossile Quellen. Da gleichzeitig die Weltbevölkerung von derzeit 7 Milliarden auf etwa 10 Milliarden im Jahr 2050 steigen wird, stehen wir, 300 Jahre nach der Erfindung von Newcomen, vor bedrückenden Perspektiven. Zusätzlich ergeben sich immer mehr Widerstände von Umweltorganisationen, veranlasst durch die weltweite Erwärmung, verursacht durch die mit dem Verbrennen von fossilen Energieträgern untrennbar verbundene Kohlendioxidemission. So ändern sich die Zeiten!

Die bisher beschriebene, humanrelevante Energieszene handelt allerdings „nur“ von chemischer Energie; genutzt durch Prozesse, die sich aus der Sicht des Chemikers, ausschließlich in der äußeren Elektronenhülle von Atomen abspielen. Sie können seit der Erfindung des Feuers beherrschbar gehandhabt werden. Ebenso verlaufen alle biochemischen Prozesse z.B. die Energiegewinnung der Zelle, auf diesem niedrigen, lebensermöglichenden Energieniveau von Elektronen in Atomen.

1932 betrat die Menschheit eine neue Bühne:

James Chadwick⁴⁹ entdeckte in Cambridge das Neutron!

Neutronen sind ladungslose Elementarteilchen und Bestandteil von allen Atomkernen außer Wasserstoff. Isoliert freigesetzt, können sie problemlos in das Innere des positiv gepolten Atomkerns aus Protonen und Neutronen eindringen und diesen, unter Gewinnung ungeheurer Energiemengen in kleinere Atomkerne, ebenfalls aus Protonen und Neutronen bestehend, spalten.

Was ist des Pudels Kern? Bereits 1935 deuteten das Ehepaar Joliot-Curie⁵⁰ die sich abzeichnende neue Dimension an: *„Sollte man es fertigbringen, dass solche Umwandlungen sich in der Materie fortpflanzen (d.h. Kettenreaktion. Anm. d. Verf.), so wird vermutlich die Befreiung enorm großer nutzbarer Energie sattfinden“* (Jungk, 1956, S. 63). Wie bereits eingangs erwähnt, findet Otto Hahn 1938 die Kernspaltung von Uran₂₃₅. Das Potential der Kernenergie ist unumkehrbar erkannt. Die Atom- und Wasserstoffbombe stehen am Horizont.

Die nächste Dimension wäre wohl die Erschließung der Quarks-Energie von Protonen oder Neutronen, die ja aus Quarks bestehen. Bleibt zu hoffen, dass dies entweder nicht möglich ist, was an sich zu erwarten ist, oder die Menschheit sich einer solchen neuen Herausforderung der Energieherrschaft würdiger erweist als sie es im Fall der Erschließung der Kernenergie an den Tag gelegt hat.

Bei aller Euphorie für unsere erkenntnisorientierte Zeit muss man aber auch festhalten: Absolute Erkenntnis ist nicht erreichbar, wie August Comte⁵¹, Begründer des Positivismus⁵², schon in den Anfängen des 18. Jahrhunderts in seinem Drei-Stadien-Gesetz formuliert hat: Was wir über die Welt zu wissen glauben, ist kein objektives Wissen an sich. Wir reden in diesem Zusammenhang nur über unser erworbenes, untereinander abgestimmtes, aber damit auch subjektiv beschränktes Wissen über die Welt. Jeder Beweis, den wir führen, ist letztlich eine Folge von logischen Schlüssen. Wir tun nichts anderes, als die Wahrheit einer Erkenntnis auf Annahmen zurückzuführen, die wir als wahr voraussetzen. Nur in der Negation können wir sicher sein eine Sache bewiesen zu haben:

Die „Theorie“, die Erde sei eine Scheibe, kann durch nichts bewiesen werden, alle vorhandenen Fakten sprechen dagegen. Diese Negation ist beweisbar: Alle Folgerungen, die sich aus dieser Theorie ergeben, müssten wahr sein, was aber nicht der Fall ist: z.B. müsste es einen Rand geben. Das aber ist bekanntlich nach aller Erfahrung nicht so, vielmehr gelingt es ohne Probleme die Erde in jeder Richtung zu umrunden und ohne jeglichen Bruch zum Ausgangspunkt zurückzukommen. Dies ist der Beweis einer Negation. Die Scheibentheorie hält keiner Falsifikation stand.

In Bezug auf Auguste Comte muss man übrigens, zumindest was den Umfang seiner Erkenntnisvorhersage betrifft, Einschränkungen machen. So war Comte zu seiner Zeit felsenfest davon überzeugt, dass es unmöglich sei, eine Bestimmung der chemischen Struktur der Sterne vorzunehmen. Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts war dieser Ansatz aber durch die Arbeiten von Gustav Kirchhoff⁵³, William Huggins⁵⁴ und Angelo Secchi⁵⁵, durch die Anwendung der Spektroskopie auf das Licht der Sterne, die Spektralanalyse, unwiderruflich widerlegt.

Was soll die Botschaft dieses Buches sein?

Im Laufe der Entwicklung dieses Buches stand für mich die naturwissenschaftliche Vorstellung der Kosmischen, Chemischen und Biologischen Evolution im Vordergrund.

Parallel zu dieser Suche wurde mir immer klarer, wie wichtig es ist, diese Zusammenhänge sich selbst und Anderen zu beweisen. Leider wuchert, parallel zu dieser wissenschaftlich orientierten Sichtweise, eine aktuelle religiös orientierte, deprimierend rückschrittliche Strömung, hin zu christlichem Kreationismus (s.a. 2.3.1) und Intelligent Design (s.a. 2.3.2), die von Glauben anstelle von Wissen getragen wird. Dazu kommt der noch manipulativere, machtgerige Weg, den der zweigesichtige Islam in Form des Islamismus einnimmt, sowie diverse weitere sektiererische Auswüchse.

Ich halte es für elementar wichtig, sich gegen solche Strömungen zu wehren, die letztlich als Antwort nur Glaube an eine Religion für Sinn-Suchende propagiert. Die Antwort kann nur Wissen sein. Religionen, vor allem die drei monotheistischen Männerreligion, pervertieren ihre Glaubensideen (z.B.: Christliche Nächstenliebe zu Inquisition, islamische Ideale zum Dschihad und Jahve der Rachegott, der nur sein auserwähltes Volk sieht) auf dem Weg des Ausbaus und der Festigung ihrer hierarchischen Strukturen. Religion wird dabei zu verbrämtem Machtanspruch von selbsternannten Weisen, zur Beherrschung der schon in der Kindheit konditionierten Gläubigen (s.a. Epigenetik, 2.4.11.4) durch Gebete, Wunder und Heiligenverehrung. Bestrafung von Sünden durch Fegefeuer und Hölle, aber auch ein Belohnungssystem für unbeirrte Gläubige sind vorgesehen, vor allem

wenn sie lebenslang unterdrückt und ausgebeutet waren: die ewige Seligkeit in einem Himmel.

Am gefährlichsten ist aber die Entmündigung.

Uralte Schriften "Zeugnisse des Wort Gottes", entstanden unter fragwürdigen Bedingungen, mit Überlieferungsketten nach dem Prinzip der "Stillen Post", unter verklärter Berufung auf Auserwählte, die mit ihrem Gott Vereinbarungen getroffen haben wollen, sind die mehr als fragwürdige Basis. Warum werden gesellschaftspolitische Religionsgrundlagen, die tausende von Jahren hinter uns liegen, so unkritisch gesehen? Hinter allen steht der Erhalt der Macht einiger Gurus über Menschen, und alles, was mit dieser Stellung verbunden ist.

Um es einmal ganz primitiv und trendmäßig, entsprechend dem Zeitgeist auszudrücken und in Anlehnung an Marx und Lenin: Religion ist wie eine Droge.

Leitgedanke dieses Buches

Folgender Satz, der mir bereits vor vielen Jahren zur Beschreibung der Energieomnipotenz in der wissenschaftlichen Literatur begegnete, soll in seiner wechselvollen Gestalt im Ablauf der kosmischen Zeit in diesem Buch als Leitlinie dargestellt werden:

„Alles ist Energie auf verschiedenen Stufen“

Meine persönliche Vorstellung, was Energie sein könnte, habe ich im 4. Abschnitt (Mein Weltbild nach 12 Jahren Arbeit an diesem Buch) formuliert.

Mein Ansatz geht von folgendem Gedanken aus:

„Die Energie ist tatsächlich der Stoff, aus dem alle Elementarteilchen, alle Atome und daher überhaupt alle Dinge gemacht sind, und gleichzeitig ist die Energie auch das Bewegende“.

Werner Heisenberg⁵⁶, Physik und Philosophie:

Was verstehe ich unter dem Begriff Energie?

Ich möchte auf die Aufzählung, der den Naturwissenschaften vertrauten Energiedefinitionen verzichten. Sie sind in jedem einschlägigen Lehrbuch nachlesbar. Meine Betrachtungen wollen auch nicht den in der Esoterik mit leichter Hand und dafür oft umso missverständlicher verwendeten Energiebegriff erörtern. Sie werden also im Folgenden keine Versuche für einen Beweis von Lebenskraft, morphischen Feldern, geistiger oder universeller Energie, Beseelung usw. finden. Energie ist für mich im physikalischen Sinn die fundamentalste, rechnerisch quantifizierbare und vor allem messbare Antriebs-Größe, die hinter allem Veränderlichen steht. Sie ist sowohl im Mikrokosmos als auch im Makrokosmos das

alles Bewegende. Sie ist unvergänglich, allgegenwärtig und von absoluter Dominanz.

Energie kann grundsätzlich, sozusagen dualistisch, in Form von Energiefeldern, oder transformiert in Materie, in Erscheinung treten. Diesem Umstand wird die von Einstein formulierte Beziehung der speziellen Relativitätstheorie gerecht

$$E = m \times c^2$$

Hier dürfte aber der folgende Grundsatz nicht vernachlässigbar sein: *"Gewiss verleiht uns die Logik dieser Gleichung nicht das Recht, Masse beliebig in Energie umzurechnen"* (Cox, 2009, S. 175). Allerdings ist mir offen gestanden nicht klar, warum Cox das so sieht.

Makroskopisch bzw. phänomenologisch vertraut, bewirkt sie z.B. Kraftentwicklung, Arbeitsverrichtung, Ablauf chemischer Reaktionen, thermische Entfaltung, Stromfluss usw. und bleibt in dem abgeschlossenen System unseres Kosmos aus Gründen der Energieerhaltung, einer Erfahrungstatsache, konstant. D.h. sie kann nicht vermehrt oder vermindert werden.

Mikroskopisch gesehen, transformiert in Materie, ist sie mit den vier Kernkräften, einem zweiten Aspekt, den man das elementarste gestaltende Prinzip auf unterster Ebene nennen könnte, verknüpft. Beschreibbar ist das seit etwa 100 Jahren mit der Quantenmechanik, einer Theorie zur energetischen Erfassung der Materie im atomaren und subatomaren Bereich. Hier dominiert Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation, auf die wir im Folgenden noch oft stoßen werden. Dieses fundamentale Prinzip sagt aus, dass es nicht möglich ist, ein System in seiner mikroskopischen Entfaltung energetisch und zeitlich völlig eindeutig festzulegen. Damit lassen wir den Determinismus hinter uns und begegnen Umständen, die von Wahrscheinlichkeit bestimmt sind.

Quantenmechanische Effekte zeigen sich auf vielen energie- und materiebestimmten Ebenen als nicht vorhersehbare, objektive Zufalls-Variationen der uns umgebenden Phänomene.

Zwei konträre Beispiele:

- Auf kosmischer Ebene entfaltete sich eine Quantenfluktuation, die zum Urknall, zur Materiebildung und damit zur Kosmischen und Chemischen Evolution geführt haben könnte.
- Auf der mikroskopischen Ebene finden wir die zufallsgesteuerte Variation der Basen von DNA⁵⁷ in der Zelle, die über Punktmutation und Selektion die Biologische Evolution antreibt.

Quantenobjekte werden durch quantenmechanische Effekte zu zufälligen Spielbällen.

Hochsymmetrische Systeme sind nicht stabil, da sie aus quantenmechanischen Gründen der völligen Gleichschaltung durch Symmetriebrüche ausweichen. (Siehe aber auch Rüdiger Vaas⁵⁸).

Am Ende dieses Buches komme ich auf das Phänomen Energie nochmals zurück. Vor allem auch deshalb, weil ich annehme, dass in meiner Energiebeschreibung der eine oder der Andere darüberhinausgehende Transzendenz vermuten möchte. (Siehe Kapitel 4. Nullpunktsenergie und Baruch de Spinoza)

Richard Feynman⁵⁹ soll gesagt haben: *„Es ist wichtig, einzusehen, dass wir in der heutigen Physik nicht wissen, was Energie ist. Wir haben kein Bild davon, dass Energie in kleinen Klumpen definierter Größe vorkommt.“*

(Er wird mit den „kleinen Klumpen“ Quanten gemeint haben. (Anm. d. Verf.))

Zeitlicher Rahmen:

- Den Beginn beschreibt, in guter Übereinstimmung mit der Allgemeinen Relativitätstheorie, das Standardmodell, bekannt auch als Modell des Urknalls, der sich vor etwa 13,8 Milliarden Jahren abspielte.
- Ein mögliches Ende könnte der Entropie-Tod (Kälte-Tod), in vielleicht 10^{160} Jahren (Fritzsche, 1983, S. 295) sein. Dieses Ende wird allerdings von manchen Theoretikern erst in 10^{32000} (<https://www.sci-nexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/>) Jahren erwartet.

Alternative kosmische Szenarien wie die Steady-State Theorie, werden angesprochen. Eine Vielzahl anderer, allerdings recht spekulativer und grundsätzlich andere Erklärungen, finden Sie bei Brian Clegg, (Clegg) in seinem Buch: "Vor dem Urknall".

Beginnen möchte ich wie gesagt mit dem schöpferisch anmutenden Impetus in Gestalt der Urknall-Hypothese und der Transformation der gigantischen Energie des Urknalls in die chemischen Elemente. Aus diesen formte sich auf sehr hohem energetischem Niveau der tote Makrokosmos in Form von Galaxien, Sternen und Planeten.

Danach steigen die Betrachtungen hinab, auf das vergleichsweise winzige Energieniveau des Mikrokosmos und letztlich zu dem Phänomen Biologische Evolution und ihrer Krönung – Leben. Allerdings gilt diese Feststellung bislang ausschließlich für unsere Erde: ein Tropfen im Meer der Galaxien des Universums. Parallel zu dieser kosmischen Entwicklung entfaltete sich aus menschlicher Sicht eine ständige Ordnungszunahme im strukturellen Bereich und eine ebenso

permanente Ordnungsabnahme der Erde bzw. des Gesamtkosmos. Das zugrundeliegende Ordnungsphänomen beschreibt die Naturwissenschaft mit dem Begriff Entropie.

Das Ende des Urknall-Kosmos könnte das völlige Verschwinden allen stofflichen Seins in einem erkalteten Vakuum sein.

Völlig andere Wege werden in dem bereits erwähnten Buch von Brian Clegg (Clegg) diskutiert. Sie resultieren aus Versuchen Erklärungen zu finden, die den spekulativen Sprung des Urknalls in die Raum-Zeit umgehen und damit auch die ungelöste Frage nach dem Wesen der Singularität, die sich aus Einsteins Spezieller Relativitätstheorie ergibt. Es sind das die vorwiegend aus der Mathematik geborenen String-Theorien und die Schleifenquantengravitation und weitere darauf aufbauende Hypothesen, deren Beginn aber weitgehend ungeklärt zu sein scheint.

Dieser zeitliche Rahmen bot eine Gliederung des Buchs in drei Abschnitte an:

Der erste Teil beschreibt u.a. Recherchen und eigene Spekulationen zur Urknall-Hypothese. Wie könnte Materie, also chemische Elemente aus Energie entstanden sein? Materie verkörpert aber auch ein instabiles, transformiertes Energie-Stadium. Instabil, da gravitative Kräfte sie langfristig wieder in Energie zurück wandeln werden.

Inhaltlich geht es um die Basis der Physikalischen Evolution. Viele Leser wird die Ausführlichkeit der Abschnitte „Der Urknall“, „Urknall und mögliche Materieentstehung“ oder „Der Urknall formt den Mikrokosmos“, ermüden, vielleicht auch das spekulative Niveau. Es handelt sich aber um den Part, der die Materiebildung aus dem abstrakten "Nichts" zum Thema hat. Da galt es zumindest den Versuch zu wagen, etwas in die Tiefe zu mutmaßen. Wenn die chemischen Elemente erst einmal vorhanden sind, ist der Rest, salopp gesagt, mehr oder weniger Lehrbuchweisheit. Das gilt natürlich nicht für den Weg der Elemente in das Leben.

Der zweite Teil versucht darzustellen, wie die chemischen Elemente, z.B. beflügelt durch Prinzipien wie Selbstorganisation, Immanenz und Eigendynamik, in der kosmischen Struktureinheit unseres Sonnensystems und der Erde evolutionäre Systeme entfalteteten; Entwicklungen infolge der immanenten, durch Quantenmechanik beschreibbaren energetischen Ausstattung der chemischen Elemente. Voraussetzung dazu war der Absturz des Kosmos auf ein vergleichsweise bedeutungsloses Energieniveau. Nur auf dieser niedrigen Energiestufe waren die Entfaltung der Chemischen Evolution, der Übergang in die Biologische Evolution und die Evolution des Lebens überhaupt möglich. Oberhalb ist diese Immanenz sozusagen nur latent vorhanden wie etwa Wasser, das erst unter 0 Grad eine neue, kristalline Gestalt in Form kristallinen Eises entfalten kann.

Denkbare, noch tiefer liegende, messtechnisch bisher nicht ausgelotete Energiestufen lassen sich vielleicht mit unterschwelligen energetischen Komponenten des menschlichen Bewusstseins in Verbindung bringen: *"Die Idee einer mentalen Energie ist mehr als eine Metapher"*. Daniel Kahneman (Kahneman, 2012, S. 59): ein siebter Sinn? Grundsätzlich ist eine solche Hypothese aber nur akzeptabel soweit sie messtechnisch belegbar ist.

Der dritte Teil erörtert, wie sich der über sehr lange Zeiträume gesehen, labile materielle Zustand des gesamten Kosmos wieder auflöst; instabil, da durch Gravitation und inneren Zusammenbruch (noch unbewiesen: die des Protons als Elementarteilchen) eine Rücktransformation von Materie zu Energie zu erwarten ist. Alle Erden-Elemente und damit das Erden-Leben verschwinden mit der Aufblähung der Sonne zum Roten Riesen. Die Chemische und die Biologische Evolution auf der Erde werden ausgelöscht. Unser Sonnensystem geht unter. Energetisch entfalten sich erneut, zunächst punktuell, ungeheure galaktische Kräfte, die Leben keine Chance mehr geben. Struktur und Information verschwinden.

Mittelfristig könnten sich Erdbewohner in einer fernen Zukunft jedoch auf andere, noch zukunftsfähige Galaxien retten und die weitere Entwicklung noch sehr lange als Lebewesen mitgestalten. Daher soll auch dieses Thema über das Ende unseres Sonnensystems hinaus angesprochen werden. Langfristig müssen aber alle Planetensysteme und darüber hinaus alle Galaxien dem Gesetz der Gravitation folgen. Sie werden vermutlich in Schwarzen Löchern verschwinden, die die letzten Strukturen vor der Transformation in Energie sein könnten. Wahrscheinlich bleiben nur noch kalte Energiefelder der Nullpunktsenergie. Auch hier bietet Brian Cleggs o.a. Buch Alternativen an.

Reduktionistisch⁶⁰ gesehen, soll damit folgende kausale Erkenntniskette dargestellt werden:

Leben ist Ausfluss von Biologie, die u.a. durch Mikrobiologie beschrieben werden kann. Mikrobiologie ist Teil der Biochemie, deren Basis wiederum Chemie, die Physik bzw. die Naturwissenschaften sind. In all diesen Bereichen spielt die Energie die ausschlaggebende Rolle. Dass eine holistische Sicht der Dinge dieses Gerüst ergänzen kann, ist selbstverständlich.

Erkenntnissuche ist im Rahmen großartiger, grundlegender Arbeiten schon seit dem 15. Jahrhundert mit naturwissenschaftlichen Methoden in Angriff genommen worden. Erste Ansätze erhellen durch Überlieferungen tiefgründiger Reflexionen aus frühgeschichtlicher Zeit. Viele Ergebnisse liegen vor, die aber immer

zu weiteren Ästen oder Wurzeln eines kosmischen, biologischen, letztlich aber energetischen Zusammenhangs führen.

Ähnlich wie in Fraktalen⁶¹ stoßen wir mit jedem gefundenen Erklärungsschritt auf sich weiter aufspaltende Strukturen. Hier tangieren wir bereits das allgegenwärtige Prinzip der zunehmenden Komplexität - zunehmende Information und Ordnung - um und in uns. Damit sind wir schon mitten in Kriterien zur Beschreibung des seltsamen Begriffs der Entropie.

Die Erkenntnissuche erinnert an die Unmöglichkeit, durch Vermessen die Länge einer Küste genau zu bestimmen. Je höher man die Genauigkeit zur Bestimmung des Küstenverlaufes treibt, umso größer wird die ermittelte Länge. Neue Fragen, neue Antworten - eine wohl nie endende Suche. Uns allen ist die etwas plakative, aber zutreffende Formulierung geläufig: Immer finden wir hinter geöffneten Türen neue verschlossene Türen.

In diesem Sinn erscheint mir die rasante Entwicklung einer immer mehr internetgetragenen Wissenslandschaft langsam bedrohlich: Wir häufen ungeheure Datenmengen an, jedermann zugänglich durch komplexe Datenverarbeitungssysteme. Informationserwerb ist nahezu ohne Zeitverlust über Cloud Computing möglich, ohne langwierige Lern- und Suchaktionen im Rahmen der bisherigen Lernmethodik. Begriffe stehen komprimiert aber oft ohne Zusammenhang bzw. nicht aktualisiert auf unseren Bildschirmen. Die Möglichkeit der Wissensvertiefung ist in diesem System zwar durch anklickbare Unterbegriffe gegeben, wird aber oft nicht wahrgenommen. So ist vielen von uns nur noch die schnell verwertbare Information wichtig, ohne ein Eingebettetsein zu hinterfragen oder gar wahrzunehmen. Damit geht der Aspekt der Relativität, der Wertigkeit einer Information verloren, was im Textzusammenhang eines Buches nicht so leicht möglich ist. Hinzu kommt, dass man sich fragen kann, inwieweit sich in diesem komplexen und vernetzten elektronischen Informationskonglomerat nicht irgendwann ein Zustand einstellen wird, der wie ein unberechenbarer Einsturz eines Sandhaufens zu einer völlig neuen chaotischen Situation führt oder *"über Selbstregulation zur inneren Harmonisierung und in inneres Gleichgewicht mündet"*. WIKIPEDIA.

Problematisch sind auch die Authentizität bzw. Aktualität also der Gehalt der Wiedergabe. Wer qualifiziert sie oder sich nachhaltig? Wer sorgt dauerhaft für eine "Echtheit" im aktuellen Zeitalter der "Fake News"? Die Internet-Anhäufung von Informationen, ist wie die Schaffung eines Mosaiks durch viele Beteiligte, von dem der Einzelne nur seine Steinchen, nicht aber die Gesamtdarstellung im Blick hat.

In diesem Sinn versuche ich Wissens-Mosaiksteine zu meinem Gesamtbild der Energieomnipotenz zu verdichten.

Ein deprimierender Gedanke soll nicht unerwähnt bleiben. In der aktuellen politischen Situation in Deutschland (November 2016), aber auch darüber hinaus in Europa, um nicht zu sagen weltweit, ist eine allgemeine, breite Verunsicherung zu spüren. Es findet ein Auseinanderdriften nicht nur in wirtschaftlicher, sozialer, religiöser und territorialer Hinsicht statt. Vielmehr sehe ich dieses sich Ausgrenzen in mehr oder weniger jeder menschlichen Gruppe, ob Familie, Gemeinde, Land oder Kontinent. Es ist eine Trennung eingetreten in Menschen, die mehrheitlich einfache Schwarz-Weiß-Lösungen favorisieren und eine Minderheit, die darüber hinaus die Komplexität unseres Daseins akzeptieren und nach Erkenntnis streben. Das soll keine moralische Bewertung sein; Grund ist meist die mangelnde Gelegenheit, oft aber auch die geringe Bereitschaft aus diesem zu einfachen Ja-Nein-Gefängnis auszubrechen. Das Leben in einem Echobunker ist bequemer. Diese Trennung ist zukunftsbedrohend.

Wenn es nicht gelingt den breiten Wunsch nach Bildung zu wecken und zu befriedigen und die gefühlte Isolation der "Unwissenden" zu beenden, kann das zu bedrohlichen Auseinandersetzungen führen.

Ein weiterer bedrohlicher Aspekt ist eine gewisse Schamlosigkeit, mit der in den letzten Jahren, vor allem in politischen Kreisen schlicht und einfach gelogen wird, um Einfluss zu gewinnen. Wissenschaftliche Fakten werden nicht zur Kenntnis genommen und populistisch in "vereinfachte", aber falsche Schwarz-Weiß-Aussagen umgeformt. Wissenschaft wird an den Rand gedrängt und durch unzureichenden Humbug ersetzt. Es hat sich für diese Entwicklung bereits ein Begriff etabliert: "Postfaktische Ära". Es scheint das eine gesamteuropäische, vor allem aber amerikanische Entwicklung zu sein, die sich kaum deutlicher als 2016 im Trump-Wahlkampf zeigte.

Inzwischen gewinnt man auch für Europa den Eindruck, dass das Interesse an erstrebenswerten und ethischen Wertvorstellungen immer mehr durch konformistische, materialisierte, sinnenleerte Verbrauchsorgien und Dauerparty-Stimmung verdrängt werden und die unbequemen, schwierigen Fragen einfach entfallen. Und so erlebt der schon 1899 von Thorstein Veblen definierte Begriff des "Geltungskonsums" ungeahnte Blüten (Dyson, 2016).

Natürlich tragen die Wissenschaftler zu diesen Problemen bei, wenn sie nicht beginnen den "einfachen" Menschen wieder Vertrauen in ihre Arbeit zu geben und ihnen ihre Wissenschaft zumindest in Grundzügen zu vermitteln bzw. neugierig zu machen.

Es muss aber auch akzeptiert werden, dass es nicht ausreicht, ein populärwissenschaftliches Buch zu einem wissenschaftlichen Thema zu lesen und zu erwarten damit auf dem gleichen Wissenstand zu stehen, wie Menschen, die bestrebt

waren, sich diesem Thema in einem jahrelangen Studium zu nähern. Das berühmte Beispiel der meist nicht möglichen Vereinfachung von Wissen bis es verständlich auf einem Bierdeckel Platz findet, ist sicher jedermann bekannt.

Es ist daher mein Motto mit diesem Buch, auch wenn nur die Zusammenfassungen gelesen werden sollten, den "Unwissenden" ein Wegweiser in ein neues Land des Wissens vorzugeben.

Um wichtig erscheinenden Aspekte, die ich in den folgenden Seiten anspreche, etwas deutlicher hervorzuheben, möchte ich zunächst auf einige willkürlich herausgegriffene Fragestellungen hinweisen, die sich im Laufe des Schreibens ergeben haben. Vielleicht gelingt es mit diesem Fragenkatalog Neugier auf mehr zu erwecken.

Ist meine Vorstellung von der Entwicklung der europäischen technologischen Evolution anstelle einer islamischen oder chinesischen nachvollziehbar?

Ist meine Vorstellung vom Verlauf der Entropie-Entwicklung seit dem Urknall richtig? D.h. kann man davon ausgehen, dass sie nach einem Maximum über ein Minimum nach dem Urknall immer unentwegt ansteigt und sie so ein weiterer Beleg für den Urknall ist?

Sind der Ablauf von radioaktiver Entfaltung und damit die Schwache Wechselwirkung ein ausschließlich in die Zukunft orientiertes Phänomen, das dem Ablauf der permanenten Entropie-Erhöhung folgt und für das die Mikroreversibilität nicht gilt?

Kann dunkle Energie mit den Energieverlusten durch die Symmetriebrüche während des Urknalls in Verbindung gebracht werden?

Kann es eine bisher noch nicht ausreichend erkannte niedrigste Ebene von energetischen Wechselwirkungen geben: eine mentale Energie, die Interaktionen wie z.B. telepathisches Empfinden stützen?

Die Molekularbiologie funktioniert ganz überwiegend mit nichtracemischen Molekülen. So wird z.B. von zwei Enantiomeren chiraler Moleküle nur die D- oder die L-Form genutzt. Ist dieser biologische Symmetriebruch ein entscheidender Schritt ins Leben?

Kann die ungebremste Aktivität von Polymerase (DNA bzw. RNA⁶²) eine Erklärung für die urtümlichen Schritte in die Zellteilung sein?

Das Raum-Zeit-Kontinuum ist eine 4-dimensionale Welt, die ohne Materie nicht existieren könnte. Ist es denkbar, dass diese Welt als Antipoden Materie und Antimaterie bzw. Teilchen und Antiteilchen enthalten muss?

Weiter Ansatzpunkte finden Sie im Text.

Soweit es angebracht erschien, habe ich zentrale Begriffe, die für eine Erläuterung im Text zu differenziert waren, in Form von „Ergänzungen“ dargestellt, die Sie im Anhang finden.

Die gesamte Betrachtung legt den Schwerpunkt auf den Gedanken, dass alles Sein von Energie getragen ist. Sie ist die Ursache für die chemischen Elemente und deren strukturbildenden und biologischen Bedeutung. Geologische Zusammenhänge werden nur gestreift.

Da inzwischen durch die vielen Überarbeitungen etwa 1000 Seiten zusammengekommen sind, ist anzunehmen, dass dieses Buch nicht im Zusammenhang gelesen wird. Dem kommt entgegen, dass ich viele, mir wichtig erscheinende Fakten, immer wieder im entsprechenden Kontext, aufgreife.

Teil 1: Kosmologische (physikalische) Evolution

Eine Theorie der Materieentstehung

Stichpunkte: Urknall, Standardmodell der Kosmologie, Quantenfeldtheorie, Standardmodell der Elementarteilchenphysik, Relativitätstheorie. Alle Materie wird aus Energie in Form von 92+x chemischen Elementen kreiert. Der Wegweiser durch die Phasen der Kosmos-Entstehung ist die Temperatur. Höchste Energiedichte und Temperatur im Urknall, werden in kürzester Zeit als Raum-Zeit ausgebreitet, durchlaufen Symmetriebrüche sowie Stadien der Materiebildung und kühlen sich um viele, viele Größenordnungen ab. Durch die sich formierenden Sternengebilde, auf einem niedrigen Energie- und Temperaturniveau, entsteht eine grundsätzlich neue, strukturelle und hochgeordnete Dimension von materialisierter Energie (= Materie), mit dem latenten Potential aller uns bekannten Seins-Erscheinungen.

Vorauszuschicken ist, dass den im Folgenden beschriebenen Erkenntnissen aktuelle wissenschaftliche und vor allem experimentelle Ergebnisse zugrunde liegen. Auf wissenschaftlichem Arbeiten aufbauende Hypothesen unterliegen aber der ständigen Herausforderung durch Fragen und Zweifel. Wenn sie diesen Anfechtungen nachhaltig standhalten, können aus Hypothesen Theorien werden. Aber auch Theorien unterliegen den gleichen Kriterien. Wenn bei der Anwendung einer Theorie Rückschlüsse oder Experimente widersprüchliche Ergebnisse liefern und die Falsifikation (Widerlegung) bewiesen werden kann, ist der Theorie der Boden entzogen. Wer die naturwissenschaftliche Historie in diesem Sinn untersucht, wird feststellen, dass klassische Theorien durchgehend auf experimentelle Belege aufbauen.

1.3 Kosmischer Entropie-Verlauf und

Um die heute weitgehend akzeptierte Theorie der Materieentstehung zugänglich zu machen, möchte ich zur Einführung drei wissenschaftlich anerkannte Erscheinungen zur Orientierung anbieten. Sie sollen helfen, die Denkweise der Naturwissenschaft nachvollziehbar zu machen. Ihre Verknüpfung führte zur Urknall-Theorie.

1. Leere - "Nichts"

Unsere materielle Welt baut sich aus 118 chemischen Elementen bzw. Atomen auf, von denen 80 stabil sind (Stand 2015). Ihr noch zu beschreibender Aufbau ist durch eine geradezu unfassbare, innere Leere gekennzeichnet: Quarks und Elektronen in einem Ozean von materieller Gehaltlosigkeit. Diese so völlig verborgene Dominanz des "Nichts" in der uns so vertrauten, stabilen und greifbaren Umwelt, sollte den Urknall-Gedanke einer ursprünglich punktförmigen Konzentration von "Allem" erleichtern.

2. Stufen der Energie

a) Zunahme von Energie (Siehe u.a. Gegenüberstellung)

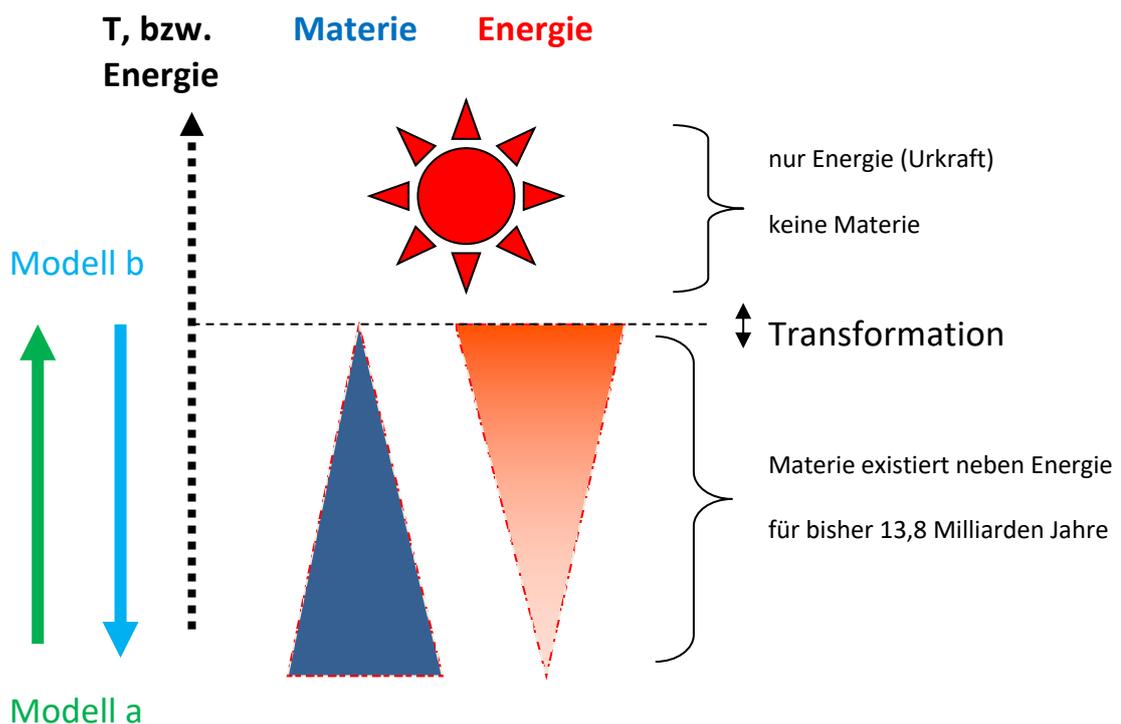
Heizt man einen Hohlkörper (Schwarzer Strahler) auf, führt ihm also Energie zu, so geschieht etwas wissenschaftlich gut Beschreibbares, aber letztlich unerklärliches: die aufgenommene Energie, wird im Hohlkörper ab einer sehr hohen Temperatur, zu gleichen Teilen in Materie und Antimaterie (z.B. Elektron und Positron) transformiert. Aus Energie wird Masse. Warum wir für die vergangenen 13,8 Milliarden Jahre bisher aber nur Materie und keine Antimaterie registrieren können, wird im Folgenden angesprochen.

Bei einer Temperatur bzw. Energie unterhalb dieser begrenzenden Transformations-Phase bleibt die Masse in Form von Elementarteilchen, wie Quarks, Antiquarks und Elektronen erhalten.

Bei Temperaturen bzw. Energie oberhalb dieser begrenzenden Transformations-Phase hat Masse keinen Bestand und wandelt sich wieder zu Energie; letztlich bleibt nur noch höchste Energie in der ganz besonderen Form der vier Urkräfte.

b) Abnahme von Energie (Siehe u.a. Gegenüberstellung)

Wenn also Masse nur unterhalb einer definierten Temperatur existiert, spricht nichts gegen eine sehr hohe Stufe von Energie als Seins-Zustand vor der Materialisierung. Diese Hypothese korreliert mit dem Urknall-Gedanken.



Vor 13,8 Milliarden Jahren bis heute

Ich werde diese Gegenüberstellung im Abschnitt 1.5: "Der Urknall formt den Mikrokosmos", vor allem unter dem Aspekt "Zauberofen", noch vertiefen.

3. Woher kommt die Energie?

Sie ist eine besondere Eigenschaft des "Nichts". Dieses scheinbar gehaltlose "Nichts" enthält nach den Erkenntnissen der Quantenmechanik immer Nullpunkts-Energie, die sich in Quantenfluktuationen (s.a. 1.5.4) äußern kann. Das Ausmaß hängt von dem Zeitraum ihrer Existenz ab. Je kürzer, umso mehr Energie repräsentiert sie.

Gemäß der Kosmologie sollen auf eine zufällige Quantenfluktuation im Quantenvakuum in der sich entfaltenden Raum-Zeit durch Abkühlung Symmetriebrüche erfolgt sein. Hierdurch spaltete sich die Energie der hochsymmetrischen Urkraft in einem ersten Symmetriebruch in positive Energie, verkörpert durch die GUT-Kraft und negative Gravitationskraft auf. Diese beiden Energie-Antipoden verkörpern Entstehung und Vergehen von Materie. Die strukturierende (materialisierende) GUT-Kraft ist die Basis für Bildung und Zusammenhalt von Materie - unser sichtbares Universum. Die strukturvernichtende, Materie zerstörende Gravitationskraft, ist das Menetekel der Materie-Vergänglichkeit.

Aus positiver Energie entstanden, nicht völlig symmetrisch, Materie und Antimaterie durch einen weiteren Symmetriebruch. Ein winziger Bruchteil an Materie blieb durch diese unvollständige Symmetrie erhalten. Dieses Phänomen ist, so die Hypothese vieler Wissenschaftler, der Beginn unseres Kosmos.

Andere Universen mit spezifischen eigenen Eigenschaften sind denkbar.

Grundsätzlich ist zur Eingrenzung des Begriffs Materie festzustellen, dass Materie bzw. die sie formierenden Masseteilchen, Ruhemasse haben. Die allgemeingültige Eingrenzung ergibt sich durch eine relativistische Sichtweise. Gemäß der Speziellen Einstein'schen Relativitätstheorie (SRT) erfahren bewegte Masseteilchen einen Massezuwachs; sie verfügen dann über eine dynamische Masse.

Im Gegensatz dazu hat elektromagnetische Strahlung, die ja gemäß

$$E = m \times c^2$$

auch als Masse angesehen werden kann, keine Ruhemasse, sondern nur dynamische Masse.

Die Beweisbarkeit gilt für die in den nächsten Abschnitten beschriebenen Standardtheorien der Elementarteilchen und der Kosmologie leider nur begrenzt, da sich die Hürden für eine experimentelle Überprüfung, was den Hochenergiebereich der Teilchenphysik betrifft, immer höher aufbauen.

Welcher technische Aufwand heute zur Theorienfindung betrieben wird, ist sehr anschaulich bei den Higgs-Experimenten im LHC-Beschleuniger in Genf zu sehen. (Zu Higgs-Teilchen, -Feld usw. wird im Folgenden noch häufig Stellung genommen). Ist die Aufrüstung des energetischen Beschleunigungs-Potentials, sind noch tiefer schürfende Experimente volkswirtschaftlich und energetisch vertretbar? Wird noch aufwändigere, komplexere, um nicht zu sagen undurchschaubarere Forschung wirtschaftlich von einer unkundigen, aber finanziell eingebundenen Öffentlichkeit noch akzeptiert werden? So sind zzt. ca. 10 000 Spezialisten weltweit hauptamtlich für den LHC tätig, dessen Bau offiziell ca. 3 Milliarden Euro gekostet haben soll. Wenn man sich den ungeheuren Geräteaufwand und vor allem die hochspezielle Analyse-Methodik in den Detektorsystemen vor Augen führt, wird einem klar, dass Vertrauen in die Kompetenz der Auswerter und unterstellte Sinnuche, Voraussetzungen zur Fortführung sind. "Findet man vielleicht doch Lösungsansätze für die Ur-Fragen?"

Letztlich besteht der dokumentierte Nachweis des Higgs-Teilchens am 4. Juli 2012, nur in einer unstetigen, winzigen Ausbuchtung einer stetigen Grafik: Die Verdichtung von gigantisch vielen Messpunkten resultiert in einer grafischen Darstellung von „Gewichteten Ereignissen“ als Ordinate, gegen „Energie“ als Abszisse, die bei 126 GeV eine ausgebuchtete Abweichung von der Stetigkeit aufweist, (Lesch, 2013, S. 130). Für das Jahr 2015 erwartete man, nach entsprechendem Ausbau, eine „noch genauere Massenbestimmung des Higgs-Teilchens“.

Wie es in dieser Wissensdisziplin in den nächsten Jahrzehnten weitergeht soll finden sie in einer komprimierten Darstellung: „Das Higgs-Boson - und dann?“ Scinexx das Wissensmagazin 2.7.2022, <https://www.sinexx.de/dossier/das-higgs-boson-und-seine-folgen/>

Modellvorstellungen zur Kosmos Entstehung

Zwei erste Eckpfeiler sind:

- die Standardmodelle der Kosmologie (*WIKIPEDIA: Das Λ CDM-Modell bzw. Lambda-CDM-Modell ist ein kosmologisches Modell, das mit wenigen – in der Grundform sechs – Parametern die Entwicklung des Universums seit dem Urknall beschreibt. Da es das einfachste Modell ist, das in guter Übereinstimmung mit kosmologischen Messungen ist, wird es auch als Standardmodell der Kosmologie bezeichnet*).
- das Standardmodell der Elementarteilchenphysik (SM). Bei letzterer handelt es sich um eine Quantenfeldtheorie⁶³ (siehe Ergänzung 4), „eine physikalische Theorie, welche die bekannten Elementarteilchen und die Wechselwirkungen zwischen ihnen beschreibt“. WIKIPEDIA.

-

Ein dritter Eckpfeiler ist:

- die allgemeine Relativitätstheorie (ART), die dem o.a. Standardmodell der Kosmologie zugrunde liegt. Sie formuliert das Raum-Zeit-Kontinuum im Rahmen der Einstein'schen Feldgleichungen, unter Erfassung der vierten Urkraft, der Gravitation. Feldgleichungen ergeben sich aus der klassischen Feldtheorie (Potential- und Vektorfelder) und Quantenfeldtheorie. Allerdings liefern sie keine Aussagen für den Zeitraum von $< 10^{-43}$ Sekunden nach dem Urknall. Lösungen von ART-Feldgleichungen führen zu kosmologischen Modellen, die u.a. den theoretischen Urknall als Antwort enthalten (siehe im Folgenden z.B. Friedmann-Lösungen).

Einander bedingend, sind die Standardmodelle der Kosmologie und der Elementarteilchenphysik sowie die Relativitätstheorie, die derzeitigen weitgehend akzeptierten Antworten auf Seins-Fragen in Bezug auf Materie, Raum und Zeit. Meine Übersicht des Theorien-Baums finden Sie in Ergänzung 4.

Aller Anfang – das Bewegende des Urknalls - ist ein äußerst kurzfristiger, instabiler Zustand von vier, zunächst vereinigten, Ur-Kräften auf höchstem Energieniveau. Wir kommen unter dem Begriff 1.5.4 Quantenfluktuation detaillierter zurück.

Die starke Ur-Kraft (ST),
die elektromagnetische Ur-Kraft (EM),
die schwache Ur-Kraft (SW) und
die Gravitation Ur-Kraft (GR)

Diese energetische Instabilität teilstabilisiert sich durch den Urknall nach 10^{-43} Sekunden, der Planck-Zeit (Max Planck⁶⁴), unter Abkopplung der Gravitationskraft

Planck-Zeit⁶⁵: die Planck-Zeit ist der frühestmöglich physikalisch erfassbare Zeitpunkt. Sie ist eine Planck-Einheit und beschreibt das kleinstmögliche Zeitintervall, für das die bekannten Gesetze der Physik gültig sind.

Es beginnt die die GUT-Ära (Grand Unifikation Theory). Die zugrundeliegende Theorie versucht das Wirken von drei der vier Urkräfte, also der starken, der elektromagnetischen und der schwachen Wechselwirkung zu beschreiben. Da es bisher ist noch nicht gelungen ist die vierte Urkraft, die Gravitationskraft in diese Quantenfeldtheorie einzubeziehen (dies wäre die Theorie der

Quantengravitation⁶⁶), stößt das Standardmodell an Grenzen. Allerdings ermöglicht es Erkenntnisse im Rahmen der Quantenmechanik, der Quantenelektrodynamik⁶⁷ und der Quantenchromodynamik⁶⁸. Dunkle Materie und Dunkle Energie werden von den Standardmodellen nicht beschrieben und deuten die Unvollständigkeit der Theorie an. In den letzten Jahren scheinen sich aber in der Fachwelt leise Zweifel an den Überlegungen zur dunklen Materie und dunklen Energie zu regen. Resultiert ihre Erwägung ev. aus Messfehlern?

Die kosmologische Vergangenheit begann, gemäß der Urknall-Theorie vor 13,8 Milliarden Jahren, mit sehr schnellen Energieabstürzen aus einer kurzfristigen, extremen energetischen und symmetrischer Ausgangssituation. Sozusagen ganz nebenbei, führte sie zu einer winzigen, materiellen und energetischen Nische: unsere belebte Erde. Ich bin mir allerdings ziemlich sicher, dass unsere irdische Nische keine Ausnahme im Universum ist. Mit hoher Wahrscheinlichkeit haben im All vergleichbare Entwicklungen, hin zu einer Lebensgestaltung, stattgefunden. Sie finden im Universum heute statt und werden sich auch in Zukunft ereignen. Evolutionen in solchen Nischen sind allerdings von sehr definierten und notwendigerweise langfristig stabilen Umgebungsbedingungen abhängig.

Mit dieser Lebensentfaltung – Biologie - ging und geht ein an sich sehr unwahrscheinlicher Akt von selektiver Ordnungsfindung und Informationsanhäufung einher, den man mit der thermodynamischen Zustandsgröße Entropie zu erfassen sucht. Der Begriff Entropie ist ja bereits im Titel dieses Buches angekündigt worden; ich versuche damit u.a. einen grundlegenden kosmischen Antrieb einzukreisen. Entropie stellt eine Relation von zeitlichem Voranschreiten und der Wahrscheinlichkeit von damit verbundenen Phänomenen her. In einem belebten System stehen sich prinzipiell zwei gegenläufige Entropie Entfaltungen gegenüber. Da ist die komplexe, ordnungserhöhende, Entropie erniedrigende Biologische Evolution. Auf der anderen Seite steht die permanente Ordnungsvernichtung also Entropie-Erhöhung der restlichen Welt. Beide sind von elementarer Natur.

Um das zugrundeliegende Prinzip anzusprechen sei vorab gesagt, dass irreversible Abläufe, Unordnung steigernde also Entropie erhöhende Prozesse allgegenwärtig sind. Sie finden mit sehr großer Wahrscheinlichkeit ständig statt. Diese so trivial wirkende Feststellung ist aber nicht immer leicht durchschaubar, da sie von gegenläufigen Effekten überdeckt werden kann. Im Gegensatz dazu ist unübersehbar, dass die Formation von Leben aus dem Urknall-Chaos, punktuell von sehr hoher Ordnungsbildung und Informationsanhäufung also Entropie-Erniedrigung begleitet wurde, somit also als sehr unwahrscheinlich einzustufen ist. Trotzdem hat Lebensbildung stattgefunden. Gründe für diese Tatsache werden später diskutiert.

Einige Ausführungen zum Begriff Entropie finden in der Ergänzung 2.

Der stoffliche Aufbau des Universum erregt zunächst ungläubiges Erstaunen. Er besteht „nur“ aus 92 chemischen Elementen, dem Stoff unseres materiellen Seins und der inneren Leere dieser atomaren Bausteine. Ich hebe diese wissenschaftliche Wahrnehmung deshalb hervor, da sich mir oft der Eindruck aufdrängt, dass Esoteriker in diesem Zusammenhang mystisch Zusammenhänge, ominöse Felder und übernatürliche Kräfte vermuten, die mir aber nicht zugänglich sind.

Es kann aber darüber hinaus aber keinen Zweifel geben, dass unsere Welt, und damit meine ich das ganze sichtbare Universum, nicht nur von Materie, sondern auch von Energie dominiert wird. Ebenso kann es keine Zweifel geben, dass auch die irdische Biologie, Leben auf dieser energetisch stofflichen Basis von "nur" 92 natürlichen chemischen Elementen aufbauen. Das ist alles, was belegbar, aus stofflicher und materieller Sicht existiert bzw. das wir sehen und greifen können! Aber schon seit Aristoteles bis heute, wird in einem mehr holistischen Ansatz in diese reduktionistisch gesehene, materielle Seins-Vorstellung eine Art zielgerichtete Beseeltheit projiziert. Im Sinne einer dem Organismus innewohnenden ominösen Kraft, die ihn zur Selbstverwirklichung bringt, soll das "Ganze, das Alles" mehr sein als seine sichtbaren Teile. Diese Gedanken möchte ich über das schwammige Feld der Esoterik hinaus im Folgenden etwas konkretisiert. Wie gesagt, wird unsere Welt ja nicht nur von Materie, sondern auch Energie beherrscht. Diese zweite, die energetische Komponente von holistischer Bedeutung, könnte aber, heraus aus dem Nebel der Esoterik, vor allem aufgrund ihrer Messbarkeit, noch unklare biologische Phänomene erschließen; allerdings, wie noch zu beschreiben ist, auf sehr tiefem energetischem Wechselwirkungs-Niveau.

Wie eingangs erwähnt: ein geheimnisvolles Wort, dieses „Alles“. Wir können nichts über dieses materialisierte „Alles“ hinaus wahrnehmen. Es sei denn, wir reden von unserem Bewusstsein bzw. unserer Fantasie, die aber aus diesem materiellen „Alles“ resultiert. Wir sind ein Teil von diesem „Ganzen“, reden darüber, denken darüber nach und benutzen es stofflich und psychisch.

In diesem „Alles“ scheint aber auch das „Nichts“ enthalten zu sein. Das wird m.E. spätestens dann transparent, wenn wir das Innere von Atomen und noch tiefer schürfend das der Kernbausteine untersuchen. Da ist fast nichts greifbar; es bleiben nur noch Energiefelder und Kräfte, die aber ein Teil des "Alles" sein müssen.

Folgende kosmische Massenverteilung der Elemente gilt als gesichert:

Wasserstoff	77 %
Helium	22 %
Sauerstoff	0,8 %

Eisen	0,1 %
Übrige	0,1 %

Heute weiß man, dass von den 92 chemischen Elementen die vier Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff etwa 99,4 % der substanzialen Grundlage der bekannten Biologie auf unserer Erde ausmachen. Nebenbei bemerkt sind das die 4 ältesten, zuerst entstandenen chemischen Elemente, also bis zu 13,8 Milliarden Jahre alt.

Weitere 18 als lebenswichtig erkannte chemische Elemente gesellen sich dazu und bestimmen, zusammen mit den vier bereits genannten 99,9 % des stofflichen irdischen Seins. Diese Bausteine sind eine nicht ewig stabile, wenn auch äonenlang materialisierte Entfaltungsform der Energie des Kosmos und ganz nebenbei die Basis des Lebens. Wasserstoff und Helium wurden im Urknall aus höchster Energiedichte, der anzunehmenden Singularität (s.a.: Ergänzung 1), transformiert, die restlichen Elemente entstanden deutlich später in Kernfusionsprozessen.

Sie alle werden am Ende dieser Transformation aufgrund von Gravitation, möglicherweise auch wegen der vermuteten Labilität von Protonen, in ihrem atomistischen Aufbau zusammenbrechen und wieder zu Energie zerstrahlen. Sie werden verschwinden und entmaterialisiert, vielleicht in einem sich immer weiter öffnenden Raum-Zeit-Kontinuum als Quantenvakuum enden.

Wie erklären wir den Ursprung dieser Teilchen und ihre Leere?

Lassen wir zunächst einen über zwei Jahrtausende fast unumschränkt anerkannten, universal wirkenden Philosophen zu Wort kommen:

Aristoteles: Physik, 4. Buch, 9. Kapitel

.....Es ist aber das Dichte ein Schweres, das Dünne ein Leichtes. Ferner gleichwie der Umfang des Kreises, indem er in das Kleinere zusammengezogen wird, nicht etwas anderes hinzunimmt, welches krumm war, sondern das, was war, zusammengezogen ward; so auch ist von dem Feuer, was man nimmt, alles warm; so besteht auch das All in dem Zusammenziehen und Ausbreiten des nämlichen Stoffes. Zweierlei nämlich ist an beiden, dem Dichten und dem Dünnen: das Schwere nämlich und das Harte gilt für dicht; und umgekehrt für dünn das Leichte und das Weiche. Es entfernt

sich aber voneinander das Schwere und das Harte an dem Blei und an dem Eisen.

*Aus dem Gesagten nun ist ersichtlich, **dass es weder abge-sondert ein Leeres gibt noch schlechthin**; weder in dem Dünnen noch der Möglichkeit nach. Es müsste denn jemand durchaus Leeres nennen wollen, was Ursache der Ortveränderung ist. So aber wäre der so beschaffene Stoff des Schwere und Leichten das Leere.*

Lieber Leser, ich muss gestehen, dass mir diese philosophische Argumentation schwer zugänglich bleibt, vielleicht auch weil unscharfe Begriffe wie "Schweres" und "Leichtes" oder "Dichte" und "Dünne" verwendet werden. Inhaltlich geht es dabei um die Frage der Leere, des Nichts, des „horror vacui“. Nach Aristoteles kann es also "abgesondert kein Leeres", kein Nichts geben. Die von Aristoteles verworfene Leere, das Vakuum, gibt es tatsächlich sozusagen nur bei oberflächlicher Betrachtung. Die Erkenntnis der Quantenfluktuation führt zu umfassenderen, überraschenden Antworten, auf die noch einzugehen ist. Wer zu dieser zentralen Frage der Naturwissenschaft mehr wissen will, sollte das Büchlein „Das Nichts verstehen“ von Frank Close (Close, Das Nichts verstehen, 2011) zu Rate ziehen.

Ich habe dieses Zitat zum Einstieg gewählt, um die Verständnisprobleme aufzuzeigen, die zwischen den ca. 2300 Jahren Naturbeschreibung von Aristoteles bis heute liegen. Seine Werke und anderer "alter Griechen" fungierten über 2000 Jahre wie Dogmen, die lange Zeit unkritisch übernommen wurden und damit auch neue Ideen blockierten. Es ist in hohem Maße bewundernswert, dass es im Gefolge der Renaissance aber sicher in anderen Kulturkreisen bereits früher, mündige Menschen wagten, sich über diese Denkvorschriften hinweg zu setzen und sich der Kritik und dem Spott des etablierten Wissensbetriebs (Wissenschaftsbetrieb in unserem heutigen Sinn war das mehrheitlich sicher nicht), aber auch der politischen und religiösen Verfolgung auszusetzen. Ich halte es für eine große intellektuelle Leistung, sich aus der Geborgenheit des in der Breite akzeptierten Wissens hinaus, auf das Neuland einer Hypothese zu wagen, all den Stürmen, Unbilden und Anfeindungen des Establishments zu trotzen und neue Wege zu präsentieren.

Damit soll die Arbeit eines Aristoteles nicht geschmälert werden, der mit der Einführung des Beobachtens und Sammelns von ihm zugänglichen Fakten sowie der Methodik des konsequenten logischen Denkens, eine neue Dimension der Naturbeschreibung begründete. Aber, und das ist nicht zu übersehen, er war ein Kind seiner Zeit und der ihm zugänglichen Ressourcen und Methoden. Wie

bereits an anderer Stelle ausgeführt: er ließ sich von der reinen Logik und weniger vom Experiment leiten.

Umfassend neue Wege der Naturbeschreibung sind erst in den vergangenen 300 Jahren erschlossen worden, die zu grundlegenden Erkenntnissen führten. Die bestehenden Dogmen wurden nach und nach der experimentellen Prüfung und vor allem der Sichtbarmachung unterzogen. Außerordentlich effektiv erwies sich in diesem Sinn die Erschließung neuer Dimensionen durch technische Beobachtungsgeräte.

Das uns Menschen unsichtbar Kleine wurde mit Mikroskopen und das uns unsichtbar Große mit Teleskopen erschlossen. Bisher unbekannte Welten öffneten sich

Nach wie vor ist es aber auch heute nicht leicht neuen Hypothesen, gegenüber Denkverweigerung und Voreingenommenheit Akzeptanz zu verschaffen. So sind z.B. die im Folgenden angesprochene Urknall-Hypothese⁶⁹ oder die Prinzipien der Quantentheorie, auf die Ablehnung durch Einstein und seine Kreise gestoßen, da sie sich für ihn konträr zu seiner religiös orientierten Weltphilosophie darstellten (s.u.: Lemaitre contra Einstein).

Die heute jedoch wissenschaftlich weitgehend akzeptierte Hypothese der Kosmos-Entstehung, inzwischen zur Theorie mutiert, lautet: Alles begann mit dem Urknall. Versuchen wir, die Hypothese des Urknalls systematisch zu untermauern.

1.1 Der Urknall

Themen: Fünf Argumente für die Urknall-Hypothese.

Die Wissenschaft stellt zur Frage der Entstehung des Universums heute die Urknall-Hypothese zur Diskussion, eine heuristisch schlüssige, aber keineswegs unbestrittene Kausalitäts-Interpretation aus den vielen Forschungsergebnissen des 20. und 21. Jhdt. Viele Wissenschaftler bemängeln offene Fragen, z.B. im Hinblick auf die dafür ausgearbeitete Mathematik, die für die entscheidenden Fragen zur Singularität, keine Antwort liefert. Wie noch ausgeführt wird, führen die üblichen Lösungswege sozusagen formal in die Unendlichkeit, für die Mathematik kein Ergebnis liefern kann.

Eine interessante Theorie ist u.a. die von Alan Guth⁷⁰ eingebrachte Vorstellung einer sehr frühen inflationären Ausdehnungsphase nach dem Urknall.

Für den Einstieg in die Kosmologie gibt es aber m.E. kein plausibleres Konzept. Die Urknall-Hypothese konnte z.B. einen schlüssigen Weg in die physikalische und chemische Evolution vermitteln und letztlich, als eine Ausgangsbasis unseres biologischen und mentalen Seins interpretiert werden. Sie kann allerdings

nicht erklären, was sich vor und in der Planck-Ära, also vor 10^{-43} Sekunden und während des Urknalls abspielte. Auch in dem Bereich dieser Hochenergie-Physik von 10^{-43} Sekunden bis 10^{-32} Sekunden ist heute noch ein weitgehend spekulativer Stand gegeben. Hier bleibt nur die Hoffnung auf Erschließung einer umfassenderen Theorie, der o.a. Quantengravitation. Weiter ist zu fragen, ob man überhaupt von „Zeit“ vor dem Urknall reden kann. Vielmehr ist anzunehmen, dass der Urknall den Anfang von allem, also der Zeit bzw. der Raum-Zeit ist. Auch der Begriff „Raum“ wird durch die Allgemeine Relativitätstheorie in einem anderen Licht zu sehen sein. Raum an sich gibt es nicht; er wird definiert über das Konzept der verteilten kosmischen Massen oder erfassbar als Gravitationsfeld (Rovelli, 2018, S. 32).

Aus dem "Nichts" könnte sich Infolge eines noch näher zu beschreibenden quantenmechanischen Effekts, einer Quantenfluktuation, mit dem Urknall die Zeit zusammen mit dem Raum als Raum-Zeit-Kontinuum entfaltet haben. (Siehe hierzu auch die diesbezüglichen Ausführungen von Brian Clegg (Clegg)).

Vielleicht wird man in 100 oder 200 Jahren, soweit es eine denkende Menschheit dann noch gibt, diesen Stand der Wissenschaft qualitativ ähnlich peripher einstufen, wie wir heute die Genesis bewerten. Wir müssen uns darüber im Klaren sein, dass die heutige Sicht auch nur eine erkenntnisaktuelle Beschreibung sein kann, ebenso, wie es die Genesis zu ihrer Zeit war.

Historische Entwicklung der Urknall-Vorstellung

Im Laufe des 20. Und 21. Jahrhunderts wurde die Idee eines Urknalls entwickelt, die davon ausgeht, dass sich Raum, Zeit sowie Materie und damit das Universum, vor Milliarden von Jahren, aus einem mathematisch nicht fassbaren punktuellen Status, formal aus einem Punkt, entfalteteten. Es konnte keinesfalls eine Explosion in einen vorhandenen Raum hinein gewesen sein, da es zunächst keinen Raum gab. Dieser sehr heiße, dichte, energiekomprimierte, aber materielose Anfangszustand, Singularität (s.a.: Ergänzung 1: Singularität) genannt, expandierte, wobei Temperatur und Dichte und damit die Energiedichte ungeheuer schnell, gemäß Alan Guth sogar phasenweise inflationär, abnahmen. Raum und Zeit entwickelte sich parallel. Angesichts der extremen energetischen Verhältnisse ist davon auszugehen, dass eine vergleichbare experimentelle Simulation kaum je zu verwirklichen sein dürfte. Dennoch versucht man sich diesem Zustand in den im CERN durchgeführten Experimenten messend zu nähern.

Während der Expansion wurde Energie in Materie transformiert, zunächst in Form von Elementarteilchen und daraus nahezu ausschließlich in die chemischen Elemente Wasserstoff und Helium, die sich anschließend zu Galaxien und Sternen verdichteten. Viel später wirkende, gravitativ bedingte Kernfusionen in Sternen, zunächst von Wasserstoff und Helium, führten zu den weiteren chemischen Elementen. Die Entstehung des Universums, unseres Sonnensystems und der

Erde lassen sich so ableiten. Dass dieser Prozess auch das Kuriosum Leben auf einer latenten, noch zu beschreibenden, sehr tiefen energetischen Ebene enthalten haben muss, ist eine logische Folgerung, insofern man auf naturwissenschaftlichem Feld bleiben will.

Es waren aber nicht nur Naturwissenschaftler, die den Urknall als die Wiege allen Seins erahnten. So gibt es eine Prosagedicht von Edgar Allan Poe⁷¹, dem Vater der Kurzgeschichte, mit folgender, fast schon seherischer Aussage: *„Das Gesetz, das wir gewohnt sind, Gravitation zu nennen, beruht darauf, dass die Materie bei ihrem Ursprung in Atomgestalt in eine begrenzte Raumkugel gestrahlt ist, aus einem individuellen, unbedingten, beziehungslosen und absoluten Kern“*.

Geprägt wurde das Wort „Urknall“, von Sir Fred Hoyle⁷², der am 28. März 1949, in einer Radiosendung mit seiner Wortwahl „Big Bang“, diesen Begriff kreiert hat. Hoyle, lange Zeit überzeugter Atheist, sah in dem Urknall-Gedanken zu viel Nähe zu einem Schöpferprinzip. Er selbst hatte zum gleichen Thema der Kosmos-Entstehung, zusammen mit Thomas Gold⁷³, die C-Feld Hypothese entwickelt.

Sein Ansatz ging, im Gegensatz zum Urknall, von einer permanenten, statischen Gegebenheit des Universums aus. Neue Materie sollte sich ständig von selbst zwischen den Galaxien in einem C-Feld (C von Creation) bilden. Diese Hypothese gilt heute als weitgehend überholt. Seine Vorstellungen korrelieren nicht mit der Allgemeinen Relativitätstheorie und Ergebnissen der kosmischen Mikrowellen-hintergrundstrahlung. Zudem können sie die kosmische Verteilung von Wasserstoff und Helium nicht erklären. Auf einige interessanten Gedanken in diesem Zusammenhang, kommen wir bei der Frage nach dem Entropie-Tod bzw. der „endlosen kosmischen Wiedergeburt“⁷⁴ zurück. Man könnte natürlich auch darüber spekulieren, ob das von Hoyle eingeführte C-Feld etwas mit Dunkler Energie zu tun haben mag. Was kann man zur entropischen Seite einer solchen C-Feld Entwicklung sagen? Nun, ich nehme an, die Entropie würde ständig weiter anwachsen, da keine Gleichgewichtszustände erreichbar sind. Aber wie weit soll sie wachsen, wenn kein Ende absehbar ist? Ins Unendliche? Das wäre ebenso unbefriedigend wie die formale Unendlichkeit der Singularität.

Schon um 1930 hatte Georges Lemaitre⁷⁵ eine konkrete kosmologische Urknallhypothese veröffentlicht. Er formulierte sie als Ausdehnung eines Ur-Atoms, mit höchster Temperatur und höchstem Druck. Dieses Ur-Atom sollte nach seiner Ansicht alle Materiebausteine in komprimierter Form enthalten haben, bevor es im Urknall zerfiel und die bekannten chemischen Elemente, also auch schwere Elemente wie Uran freisetzte.

Heute wird die Bildung von Materie im Rahmen der primordialen Nukleosynthese ("primordial" ist das Adjektiv für alles, was die Frühzeit des Kosmos bzw. das erstmalige Erscheinen betrifft), in Verbindung mit der Entwicklung von Raum und Zeit gesehen. Für diese Startsituation hat sich der o.a. Begriff Singularität

eingebürgert, der sicher vielen von Ihnen vom Hörensagen bekannt ist. Bereits 1922 hatte Alexander Friedmann⁷⁶ eine mathematisch-kosmologische Theorie aus seinen Lösungen der Einstein'schen Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) entwickelt, die sich, wie die von Lemaitre, im Widerspruch zu, der von Einstein im Rahmen der Allgemeinen Relativitätstheorie postulierten Entwicklung des Universums befand. Friedmann setzte voraus, dass unsere Naturgesetze kosmosweit gelten, und dass das Universum, über große Räume gemittelt, ebenfalls kosmosweit homolog ist. Er ging also vom kosmologischen Prinzip aus.

WIKIPEDIA: Das kosmologische Prinzip

Das Weltall ist homogen – das heißt, es stellt sich einem Beobachter unabhängig von dem Punkt des Raumes, in dem er sich befindet, immer gleich dar (Prinzip der Homogenität, auch kopernikanisches Prinzip genannt).

Das Weltall ist isotrop – das heißt, es stellt sich dem Beobachter unabhängig von der Beobachtungsrichtung im Raum immer gleich dar (Prinzip der Isotropie).

Einstein hatte sich durch Einführung einer Konstante Λ ⁷⁷ in seine Feldgleichungen, mühsam ein stetiges und stabiles Universum zurechtgelegt. Ein solches Bild dürfte seiner jüdisch-christlichen Prägung entsprochen haben. Die Betrachtungen von Lemaitre und die Berechnungen Friedmanns, ohne Berücksichtigung dieser Konstante, führten dagegen zum Antagonismus (Gegensatz) eines zusammenstürzenden oder eines expandierenden Universums und aufgrund der alternativen Ausdehnung im Umkehrschluss auch zur Hypothese des Urknalls.

Beiden Wissenschaftlern, Lemaitre und Friedmann, laterale Denker (Querdenker) wie man heute konstatiert, wurde zunächst ein vergleichbares Schicksal zuteil, wie z.B. Kopernikus⁷⁸ und Kepler⁷⁹, als sie versuchten ihrer Gelehrtenwelt das heliozentrische Sonnensystem zu vermitteln. Kopernikus und Kepler wurden durch Kirchendogmen ausgegrenzt, Friedmann und Lemaitre vor allem durch die Ablehnung in Person der Autorität Einsteins. In beiden Fällen konnte sich diese rigide Haltung aber auf Dauer nicht halten, als unabweisbare Fakten für die Schlüssigkeit dieser kosmologischen Theorie vorgelegt wurden. Kopernikus und Kepler erfuhren ihre Bestätigung durch Galileis astronomische Beobachtungen der dem Mond analogen Venusphasen, unter Zuhilfenahme eines technischen Hilfsmittels, eines Fernrohrs. Vergleichbar wurden Friedmann und Lemaitre 1929 bestätigt, durch die Himmelsbeobachtungen von Edwin P. Hubble⁸⁰, ebenfalls mit einem Fernrohr, allerdings in neuen technischen Dimensionen. Einstein hat sich so aus der Idee des Urknalls selbst ausgegrenzt.

Unbestreitbar legt die Hypothese des sich aus einem Anfang entwickelnden Urknalls ein schöpferisches Prinzip nahe. Dieser Gedanke wurde 1951 von Papst Pius XII. als Schöpfungsakt und folglich als Gottesbeweis verstanden. Lemaitre, selbst Wissenschaftler, aber auch Theologe, hat diese Sichtweise zurechtgerückt.

Die Annahme des Urknalls ist eine naturwissenschaftliche Hypothese, die sich in ihrer Grundlage von religiösen, metaphysischen Ableitungen unterscheidet: naturwissenschaftlicher Ansatz versus einer religiösen, „glaubensschaftlichen“ Interpretation.

Weniger populär ist dagegen die Antwort auf die Frage nach der Zukunft des Kosmos; beispielsweise welches Ende für unser Universum absehbar ist, wenn man die o.a. Überlegungen von Friedmann einbezieht. Darauf gehe ich im dritten Teil kurz ein.

Vereinfachend gehen viele Betrachtungen, wie auch der von Friedmann verwendete Ansatz zur Lösung der Einstein'schen Feldgleichungen davon aus, dass der Kosmos an jedem Ort und in jeder beliebigen Himmelsrichtung im Wesentlichen gleich aussieht. Damit impliziert man Homogenität und Isotropie und erklärt das zum „Kosmologischen Prinzip“ (s.o.), das 1933 von dem Astrophysiker Edward A. Milne⁸¹ eingeführt wurde. Streng genommen gilt das jedoch nur für Segmente in einer Erstreckung von über 100 Millionen Lichtjahren.

Wenn man sich heute intensiver mit dem Thema Kosmos-Entstehung und Urknall auseinandersetzt, zeigt sich eine absolut verwirrende, hochgradig verunsichernde Springflut von wissenschaftlichen, populärwissenschaftlichen, spekulativen älteren und neueren Stellungnahmen. Informationen, Hypothesen sowie kosmonale Überlegungen mit philosophischem und religiösem Hintergrund zur ganzheitlichen Weltenentstehung finden sich meist im Vorfeld dieser Betrachtungen. Perfekionierte Designerdarstellungen pressen Jahrmilliarden von mutmaßlichen kosmischen Interimsphasen nach dem Urknall in Bilder einer sich öffnenden Blüte. Im Blütenursprung findet sich die Singularität. Im sich öffnenden Trichter keimen Ur-Teilchen, Ur-Gase, Galaxien und Sonnensysteme wie eingefrorene Staub- und Fruchtblätter hervor. Die Blüte öffnet sich dann in den meisten Darstellungen in eine spekulative Zukunft. Die Blüte ist also sozusagen 13,8 Milliarden Jahre alt und projiziert ein Nebeneinander, wo energetisches Nacheinander regiert.

Alternative Ansätze zum klassischen Urknall gehen von mathematischen Modellen mit 10- und mehrdimensionalen Koordinatensystemen aus, umgehen zwar den Gedanken des Nullpunkts bzw. verschieben ihn durch Unendlichkeitspostulate in das Metaphysische. String- und Branen-Theorien⁸² lassen auf rein mathematischer Ebene Multiuniversen entstehen, sind also nicht minder spekulativ, vor allem aber bisher und wohl auch auf absehbare Zeit nicht messbar.

Eine weitere interessante Idee geht von den Maxwellgleichungen aus und formuliert Schleifen des Gravitationsfeldes, vergleichbar den Feldlinien des elektromagnetischen Feldes. Man gelangt so zu der Vorstellung eines gequantelten Raums, der somit diskontinuierlich wird. Damit besteht formal das Unendlichkeitsproblem der Singularität nicht länger. Ansätze zur Vereinigung von

Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantenmechanik sind vorstellbar (Rovelli, 2018, S. 49).

Das gilt auch für die Idee von zyklischen Kosmos-Szenarien, in denen auf einen Urknall aus einer Singularität heraus ein Verdichten zu einer neuen Singularität folgt, die dann wieder ein neues Raum-Zeit-Kontinuum bewirkt usw. usw.: ein oszillierendes, unendliches Universum. (siehe: (Clegg) und (Davies, Am Ende ein neuer Anfang)). Solche schwingenden Systeme stoßen aber auf grundsätzliche Unstimmigkeiten, wie z.B. die Entwicklung der Entropie und Energie- bzw. Wärmeabstrahlung, die bei jedem Zyklus weiter ansteigen sollten, (Davies, Am Ende ein neuer Anfang, S. 190).

Da derzeit kein Ansatzpunkt einer irgendwie gearteten Überprüfbarkeit der angesprochenen Hypothesen bekannt ist, wollen wir diese fast schon spirituellen Vorstellungen den Theoretikern überlassen.

Wesentlich nachvollziehbarer aber führt die eingangs angeführte klassische mathematisch-physikalische Betrachtung des Urknalls auf der Grundlage der angesprochenen ART, zu einer tragfähigen Hypothese der Entstehung der Materie, also der Basis dieses Kosmos, allerdings mit der o.a. Ausgrenzung der Zeit vor 10^{-43} sec, der Planck-Zeit.

Wir konstatieren eine Welt der Teilchen und eine Welt der energetischen Felder. Diese Teilchen-Feld-Sichtweise definiert Materie aber auch unter dem Blickwinkel von Energieäquivalenten, denen sie ja letztlich auch entspricht. Denken Sie nur an die grundlegende Einstein'sche Erkenntnis:

$$E = m \times c^2$$

Unter diesen Ur-Materieteilchen, entstanden im Urknall, sind wie gesagt nicht die chemischen Elemente zu verstehen. Vielmehr reden wir von substanziiell wesentlich elementareren, mehrheitlich äußerst instabilen Ur-Bausteinen, auf einem sehr, sehr hohen Energieniveau, in dem sehr frühen Stadium der ersten Sekunde von 13,8 Milliarden Jahren. Diese Ur-Materieteilchen, Quarks, finden sich zu chemischen Elementen zusammen. Diese chemischen Elemente stellen besagte materialisierte Energiespeicher dar, die, nachdem das Urknall-Feuer längst erloschen ist, heute auf minimalem Energieniveau, einen für sehr lange, aber begrenzte Zeit stofflich stabilen Elemente-Zustand erreicht haben. Sie sind Träger von hohen inneren, konservierten Energiefeldern, wie die Gleichung $E = m \times c^2$ ja unschwer erkennen lässt. Die Stabilität der Elemente ist lediglich gefährdet durch die eigene Halbwertszeit, langfristig und final aber durch Gravitation! Aber darauf kommen wir noch zu sprechen. Diese letztlich doch instabilen Träger sind die Bausteine aller Materie. Es sind die bekannten 92 chemischen Elemente. Weitere Elemente sind auf hochenergetischer Ebene künstlich erzeugt worden und reichen bis zu:

Ts (Uus)

Tennessee (Ununseptium), Ordnungszahl 117:

Vereinigtes Institut für Kernforschung (Dubna, Russland)

Lawrence Livermore National Laboratory

Oak Ridge National Laboratory

Entdeckungsjahr: 2010

Die Hochenergie Physiker arbeiten an diesem nicht unumstrittenen Standardmodell des Teilchen-Energie Phänomens, dessen Faszination m.E. vor allem aus der unfassbaren Leere in den Atomen der chemischen Elementen also der Materie ausgeht. Sie besteht nicht nur zwischen Elektronenhülle und Atomkern, sondern auch in den Atomkernen selbst. Den scheinbaren Widerspruch von Leere (Vakuum) und Energie aufzulösen gelingt unter Einbeziehung der Quantenfluktuation auf die wir noch zu sprechen kommen.

Bis vor kurzem gab es aber immer noch weiße Flächen auf der Ur-Teilchenkarte; ich will nur den Begriff Higgs-Boson bzw. Higgs-Mechanismus anführen, dessen Existenz sich ja erst am 4. Juli 2012 in LHC Teilchen-Beschleuniger (CERN), mit einiger Sicherheit bestätigte. Die Physiker Peter Higgs⁸³ und Francois Englert erhielten für die Vorhersage den Nobelpreis für Physik 2013. <http://www.n24.de/n24/Nachrichten/Wissenschaft/d/3637694/physik-nobelpreis-fuer-peter-higgs-und-francois-englert.html> (s.a.: Ergänzung 4: Zusammenstellung der Elementarteilchen und ihren Wechselwirkungskräften).

Man versucht diese weißen Flächen zum einen mit Experimenten in Teilchenbeschleunigern, aber auch mit neuen, erweiterten Hypothesen zu eliminieren. Die o.a. alternativen String- und Branen-Theorien bewegen sich allerdings auf hohem mathematischem und physikalischem Niveau, sind sehr komplex und vor allem unanschaulich. Sie wirken, wie bereits erwähnt, momentan durchaus spekulativ, da es wegen des außerordentlich hohen Energieniveaus, auf dem sich das Wirken dieser Kräfte abspielt, wahrscheinlich keine Möglichkeit einer experimentellen Überprüfung gibt.

Im Gegensatz zur Urknall-Hypothese wurde in der String-Situation wohl zunächst eine ganz spezielle Mathematik erschlossen und die Physik um diese Mathematik herum aufgebaut. Der große Vorteil scheint zu sein, dass das Problem der Lösung von mathematischen Unendlichkeits-Ergebnissen umgangen wird. Allerdings hat man den Eindruck, dass sogar Anhänger der String-Theorie eher von gefühltem als von belegbarem Wissen reden. Es entbehrt nicht einer gewissen Ironie, dass kritische Kreise den Fortbestand der String-Forschung damit begründen, dass es kein einfaches Zurück mehr geben kann. Zuviel Arbeit und Zeit von

zu vielen Wissenschaftlern, scheinen den geordneten Rückzug zu verbauen (Clegg). Wir sehen uns in der Situation langsam, aber sicher die überprüfbaren Grundlagen der Wissenschaft aus dem Blickfeld zu verlieren, da eine esoterische String-Mathematik den allgemeinen Zugang relativiert bzw. experimentelle Überprüfung ausgeschlossen scheint. Nähern wir uns mehr oder weniger einer neuen wissenschaftlichen Glaubensschaft? M.E. verwischen sich die Grenzen zwischen Glauben und Wissenschaft zumindest für die „Unbedarften“, zu denen ich natürlich auch mich zähle. Es könnten wissenschaftlich doktrinäre Zustände heraufziehen, die eine Entfaltung des menschlichen Geistes bedrohen, da sie wie in einem großen, dichten Dschungel anderen Keimlingen das Licht nehmen.

Man kann nicht übersehen, dass diese Entwicklung auch in anderen wissenschaftlichen und politischen Szenen eine beängstigende Parallele hat. Es gibt immer weniger Menschen, denen ein Verstehen dieser Veränderungen zugänglich ist. Das mag an der zunehmenden Komplexität von Wissen, aber auch mangelnder Bereitschaft liegen sich diese Fortentwicklung wenigstens in Ansätzen zu erschließen. Damit vertieft sich eine schon immer vorhandene Spaltung in „Wissende“ und „Unwissende“. Letztere sehen sich von verstehbaren Erklärungen ausgeschlossen und ersetzen ihre Defizite durch Hinwendung zu vermeintlich einfachen Erklärungen. Sie handeln als wäre das Innere einer Zwiebel mit dem Ablösen der Hülle zu ergründen, ohne sich die Mühe zu machen sich durch die weiteren Schalen zu bewegen. Natürlich trägt die Gemeinschaft der „Wissenden“ dazu gehörig bei, da sie sich in Sprache und Kommunikation immer mehr auf ihren engen Kreis beschränkt. Flapsig gesagt: Sie bleiben in ihrem Echoraum.

In einer Demokratie führt das absehbar zu schlimmen Gräben.

Es ist daher auch nicht verwunderlich, dass in letzter Zeit Zweifel an den neuesten, selbst für viele Naturwissenschaftler weitgehend undurchschaubaren, vor allem aber absehbar nicht überprüfbaren supersymmetrischen Superstring Theorien, mit 9-dimensionalen Branen-Welten, auftauchen. Siehe hierzu, die allerdings recht emotionale Kritikschrift von Alexander Unzicker: „Vom Urknall zum Durchknall“⁸⁴. Er spricht in diesem Zusammenhang von " ... *hochgradig überspannte Phantasien und erheblichen Realitätsverlust [und] ... die Wahnvorstellung, die Naturgesetze im Wesentlichen verstanden zu haben*". Wie heißt es so schön: „An übler Nachrede ist immer ein bisschen etwas Wahres“.

Wesentlich fundierter äußert sich Brian Clegg (Clegg) in seinem Buch, „Vor dem Urknall“, zum aktuellen Stand der Kosmologie. Seine Ausführungen zur Urknall-Hypothese lassen unzweifelhaft erkennen, dass es sich eben tatsächlich immer noch „nur“ um eine Hypothese handelt und andere wissenschaftliche Ansätze durchaus ernst zu nehmen sind.

Da hilft nur eines: Beweise, experimentelle Beweise. Die sind aber nicht einfach mit Mikroskopen zu beschaffen. Die Größen-Dimension, in der die

Elementarteilchen-Physik im Rahmen der Standardtheorie experimentell forscht, ist sowohl hinsichtlich des Energieaufwands als auch der absoluten Ausdehnung, Neuland. Es handelt sich ja um Teilchen, die für äußerst kurze Zeit in den ersten Milli-Milli-Millisekunden des Urknalls existierten. Entsprechend der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation (s.u.) ist die ihnen innewohnende Energie vergleichsweise gewaltig und ihre Lebensdauer aus demselben Grund entsprechend klein. Die Untersuchungen sind nur in Hochenergie-Beschleunigern z.B. im CERN, durchführbar und nur mit sehr hohem mathematischem Aufwand und einer ausgeklügelten statistischen Auswertung, unter Zuhilfenahme von hochspezialisierten Computerprogrammen, durchführbar. Aber es gibt experimentelle Ergebnisse, wie z.B. die o.a. CERN-Ergebnisse von 2012 zur Higgs-Theorie belegen.

Weitere Untersuchungen, vor allem Dunkle Materie betreffend, sind in Arbeit. Zum Einstieg kann ich das Buch von Rüdiger Vaas, *"Vom Gottesteilchen zur Weltformel"* empfehlen (Vaas, 2013).

Vielleicht haben sich Teilbereiche der Kosmologie in eine Richtung entwickelt, die langsam aus dem Ruder laufen? Das erinnert an die "Ätherhypothese" vor 100 Jahren, die Einstein wie einen gordischen Knoten zerschlagen hat. Wo ist der neue „Große Alexander“, dem das gelingen könnte?

Oft begegnet man Diskussionspartnern, die die neuesten Theorien der Wissenschaftselite zum Urknall, interpretiert durch Populärwissenschaftler, parat haben. Über Schaumstrukturen und einen fluktuierenden Kosmos oder Blasen-Systeme, dunkle Materie bzw. dunkle Energie, Antigravitation usw. wird fabuliert, oft ohne sich zunächst einmal der Mühe zu unterziehen, sich mit den Grundlagen zu beschäftigen, die zu der heute weitgehend akzeptierten Modellvorstellung des Urknalls geführt haben. Das wollen wir aber in der Folge wenigstens ansatzweise versuchen.

In der Urknall-Hypothese steckt die Lebensarbeit der Elite der Astro- und Teilchenphysik der letzten 100 Jahre. Steinchen für Steinchen wurde zu einer in sich weitgehend schlüssigen Hypothese zusammengetragen. Von besonderer Bedeutung ist, dass sich diese Überlegungen in Teilbereichen noch weitgehend im Einklang mit experimentell nachprüfbar physikalischen Phänomenen befinden. Aktuell sind es folgende Eckpfeiler, die die Anerkennung der Urknall-Hypothese hin zu einer Urknall-Theorie wahrscheinlich machen.

1.1.1 Die Rotverschiebung

Stichpunkte: Astronomische Beobachtungen zeigen: Das Weltall strebt auseinander

Das Universum, ein gravitationsbeherrschtes Materie-Energie-Raum-Zeit-Kontinuum, dehnt sich ständig aus, was belegbar aus astronomischen Beobachtungen u.a. von Edwin Hubble von 1929 hervorgeht. Dabei ist zu beachten, dass sich die Galaxien nicht unabhängig von der Raum-Zeit voneinander entfernen, sondern dass es die Raum-Zeit selbst ist, die auseinanderstrebt und damit die Galaxien

mit bewegt. Es ist wie mit den Rosinen in einem aufgehenden Kuchenteig: sie entfernen sich voneinander. Die Galaxien selbst expandieren aber nicht, da sie durch Eigengravitation gebunden sind. (Dieses Gravitationsargument leuchtet mir nicht ein).

Was auseinander strebt, muss aber zuvor vereinigt gewesen sein. Der Kosmos ist also offensichtlich nicht statisch, wie Sir Fred Hoyle und zunächst auch Einstein annahmen, sondern dynamisch.

Die Wissenschaft der neuzeitlichen Aufklärung ging vor und auch nach Newton lange Zeit von einem statischen Weltall aus. Newton vertrat das Paradigma einer göttlichen Schöpfung und eines unendlichen Alls mit unendlich vielen Sternen. In seinem Gebilde gab es eine an allen Orten gleichmäßige und sofort aktive Fernwirkung. Stichwort: Instantane Wirkung. D.h. also jede Informationsübermittlung, selbst von den fernsten Gebilden, sollte augenblicklich erfolgen, da die endliche Geschwindigkeit des Signals, hier die des Lichts, überhaupt nicht ins Kalkül einbezogen wurde. Man nahm an, dass die Übertragung einer Sternenbotschaft ohne jeglichen Zeitverzug erfolgte. Newtons Vorstellung einer instantanen Wirkung mag von R. Descartes⁸⁵ beeinflusst gewesen sein. Dieser überragende französische Philosoph glaubte an ein Übertragungsmedium für Licht im gesamten Universum - er nannte es Plenum - das aus winzigen, unsichtbaren Kügelchen bestand und Signale sofort übertrug (Clegg, S. 314).

Einen zähen Widerhall dieses überholten Wissenschaftsbildes finden wir heute noch in der Astrologie, einer Frühform von Wissenschaft, in der schwierige trigonometrische Einordnungen von kosmischen Regelmäßigkeiten am Sternenhimmel, mathematisch bemerkenswert kausal orientiert, behandelt wurden. Sie entstand aus dem heute obsoleten Bild eines statischen Universums, beseelt von der Überzeugung, dass die am Firmament sichtbaren Gestirne uns Menschen, auf geheimnisvoll göttliche Weise, in jedem Moment unseres Seins lenken.

WIKIPEDIA: "Die Astrologie beruht auf der Annahme, dass es einen Zusammenhang zwischen den Positionen und Bewegungen von Planeten und Sternen und irdischen Ereignissen wie insbesondere dem Leben der Menschen gibt. Sie erhebt den Anspruch, diesen Zusammenhang zu erklären und auf dieser Basis zukünftige Ereignisse vorherzusagen. Die klassische Formulierung dieser Weltsicht findet sich in der hermetischen Tabula Smaragdina: „Wie oben, so unten“.

Die der hermetischen Tabula zugrunde liegende holistische Vorstellung eines Zusammenhangs von Mikrokosmos und Makrokosmos ist für Okkultisten und Esoteriker eine geheimnisumwobene Quelle, die angeblich bis in die Zeit von Cheops zurück verfolgbar ist.

Man kann für diesen deterministischen, anthropogenen⁸⁶ Chauvinismus und seine Anhänger ein gewisses Verständnis aufbringen, solange das Newtonsche Fernwirkungspostulat dominierte. Dessen Veröffentlichung erfolgte 1687 mit seinem Werk: „*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*“. Erst 1915 wurde durch Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie (ART) jedermann zugänglich, dass Signalübermittlung, z.B. durch Licht, sowie alle gravitativen Wirkungen, nur mit endlicher Geschwindigkeit, und zwar mit Lichtgeschwindigkeit erfolgen. Damit müsste den heutigen Epigonen der alten Astrologen eigentlich klar sein, dass besagte sichtbare Gestirne (fast ausschließlich zu unserer Milchstraße gehörig, außer z.B. dem Andromeda Nebel) die sogenannten „Häuser“ der Planeten - z.T. einige hundert und mehr Lichtjahre von uns entfernt - keine für biologische Operatoren erlebbare, rückkoppelnde Informationswege haben können. So hat z.B. der Polarstern, der hellste Stern (α Ursae Minoris) im Sternbild kleiner Bär, eine Entfernung von 431 Lichtjahren zur Erde. Eine Einflussnahme auf ein Neugeborenes wäre also erst nach 862 Jahren möglich. Siehe auch *Objections to Astrology. A Statement by 186 Scientists*⁸⁷. Der blindgläubige Ausweg für die Astrologen aus diesem Dilemma ist nach wie vor die willkürliche Annahme einer instantanen Informationsübertragung, wofür kein Beweis vorliegt (s.a. Ergänzung 2, Zeit).

Gerne verdrängen die heutigen Epigonen der alten Astrologen, den Einfluss der Präzession der Erdachse (s.a. 1.8.1). Dieser Vorgang lässt die Erdachse in einem Zeitraum von ca. 26000 Jahren eine Drehbewegung durchführen. Im Ergebnis zeigen die Astronomen, dass während dieser Zeit, die vor ca. 3000 Jahren festgelegten 12 Sternbilder, von der Erde aus gesehen, sich um ein Bild also etwa $1/12$ verschoben haben und somit auch die sogenannten „Häuser“, auf die sich die Astrologie bezieht.

Ansichten zu instantanen, spirituell unterlegten Effekten findet Sie in Sheldrakes Buch "Der Wissenschaftswahn" (Sheldrake, 2012), die ich nicht kommentieren möchte.

Vielleicht resultiert dieser unaufgeklärte Instantan-Glaube aus der täglichen Erfahrung eines jeden Menschen: "Ich denke an etwas und es ist mir sofort gegenwärtig. Ich sehe den Sternenhimmel, sehe den Polarstern, denke an ihn und bin sofort mit ihm eins". Dazu ist zu sagen, dass das sichtbare Bild des Polarsterns nicht seinem Zustand „vor Ort“ entsprechen kann: Sein meine Netzhaut treffendes Bild, ist 431 Jahre alt, denn so lange hat das Licht des Polarsterns gebraucht, um meine Netzhaut zu erreichen. Was ich über den Polarstern denke bzw. wenn ich mich mit ihm gedanklich als eins fühle, ist bedeutungslos, da Gedanken keine Informationen übermitteln können.

Sehr deutlich werden diese Zusammenhänge, wenn man die Überlegungen von Carlo Rovelli zu dem Begriffen Vergangenheit, Jetzt und Zukunft nachvollzieht. Es gibt das „Jetzt“ nur in unserer überschaubaren, kleinen Erde. Sobald Entfernungen von Lichtstunden oder gar Lichtjahren einbezogen werden, verliert das „Jetzt“ an Bedeutung bzw. es ist nicht mehr von physikalischer oder informativ-tragender Relevanz (Rovelli, Die Ordnung der Zeit, 2018, S. 39)

Es soll aber nicht übergangen werden, dass es Überlegungen gibt, die eine instantane Wirkung aus einem ganz anderen Blickwinkel betrachten. Es sind das Vorstellungen von David Bohm⁸⁸, der sich mit dem quantenmechanischen Problem der Lokalität⁸⁹ beschäftigt. Er verzichtet in seiner Theorie auf den Begriff der Entfernung und kommt damit zu einer neuen Interpretation von ganzheitlicher Gleichzeitigkeit (Clegg, S. 312).

Zur Plausibilität instantaner Informationsübertragung unter dem Blickwinkel der Quantenmechanik, empfehle ich "Skurrile Quantenwelt", Seite 79 ff, von Silvia Arroyo Camejo: *"Wellenfunktionen sind lediglich mathematische Konstruktionen in einem abstrakten Konfigurationsraum... Sie haben keinen physikalischen Hintergrund im Sinn der theoretischen Beschreibung eines physikalischen Vorgangs in der Mechanik Newtons. Die Wellenfunktion dient nur der Detektionswahrscheinlichkeit eines Quantenobjekts an einem bestimmten Ort..."*.

Die kontroverse Diskussion der instantanen Löschung einer Welle, also des Verschwindens eines Quantenobjekts, ist in der Quantenmechanik m.W. aber noch nicht abgeschlossen.

Bereits um 1826 geriet die Newtonsche Instantan-Theorie, u.a. auch durch Olbers⁹⁰ Erwägungen, immer mehr in Erklärungsnot. In einer solchen Newton-Welt musste man, so dieser Bremer Astronom, davon ausgehen, dass der nächtliche Himmel nicht dunkel sein konnte. In welche Richtung auch immer man schaut, sollte sich das Licht der unendlich vielen Sterne zu einer gleichmäßigen Helligkeit addieren. Diese Überlegung hatte zuvor schon Kepler angestellt, vielleicht nur einem kleinen Kreis zugänglich, der in seiner „Dissertatio cum Nuncio Sidero“ im April 1610 an Galilei schrieb:

„Wenn es wahr ist und wenn jene Sonnen von gleicher Beschaffenheit sind wie die unsrige, weshalb übertreffen dann alle jene Sonnen insgesamt an Glanz nicht unsere Sonne?“

Kepler sah darin einen Beweis für die Endlichkeit des Universums. Lange Jahre hatte man keine Erklärung für dieses Paradoxon.

<http://kosmologie.fuer-eilige.de/olbers.htm> führt dazu aus: „...*Es gab weitere Erklärungsversuche von ... Astronomen: Das Universum sei gar nicht unendlich; oder es sei zwar unendlich, aber die Sterne seien nicht gleichförmig verteilt; oder es sei unendlich, aber nicht euklidisch; oder es sei zwar räumlich, aber nicht zeitlich unendlich, so dass das Licht von den ferneren Sternen uns noch nicht erreicht habe. Diese letzte Erklärung entspricht unserem heutigen Wissensstand. Zudem schwächt die Rotverschiebung das Licht weit entfernter Sterne, und die permanente Ausdehnung des Universums verhindert, dass das Licht der meisten Sterne jemals bei uns eintreffen wird.*“

Wir sehen nicht das ganze Universum, sondern nur einen Teil davon nämlich das 46 Milliarden Lichtjahre im Radius messende Hubble-Kugelvolumen⁹¹. (Nicht 13,8 Milliarden Lichtjahre, sondern verdreifacht infolge der Raum-Zeit-Ausdehnung. Anm. d. V.). Dieses Volumen enthält etwa 100 Milliarden Galaxien. Diese Zahl reicht nicht aus, um den Nachthimmel gleißend hell zu machen“. (Siehe: <http://kosmologie.fuer-eilige.de/hvolumen.htm>). Ein Universum mit instantaner Übermittlung von Information z.B. Licht, kann die o.a. Lichtschwächung bzw. das Verhindern des Eintreffens allen Lichts nicht erklären. Jeder leuchtende Körper, in jeder beliebigen Entfernung, müsste seinen Teil sofort beitragen.

Es gibt Wissenschaftler, die annehmen, dass sich die räumliche Ausdehnung des Universums sogar stetig beschleunigt; Stichwort: Galaxienflucht, Lambda-CDM-Modell (s.o.). Dann wird irgendwann der Zeitpunkt erreicht, an dem diese Expansion des Raum-Zeit-Kontinuums mit mehr als Lichtgeschwindigkeit erfolgt. Dies ist kein Widerspruch zur Barriere der Lichtgeschwindigkeit, die nur relativ im Raum, aber nicht für das Raum-Zeit-Kontinuum selbst gilt. Das Licht der Galaxien am Beobachtungshorizont, wird dann unsichtbar. Wenn Menschen das erleben sollten, man rechnet damit in etwa 2 Billionen Jahren, wird der Himmel schwarz werden (Krauss, 2013, S. 144).

Hubble und vor ihm bereits Slipher⁹² (um 1914) am Lowell Observatory in Arizona, sowie Wirtz⁹³, Humason⁹⁴ und Lemaitre, hatten die Dynamik des auseinanderstrebenden Weltalls, erkennbar an der Rotverschiebung⁹⁵, früh bemerkt. Sie fanden, dass bestimmte Spektrallinien von chemischen Elementen in der Korona von Galaxien (Siehe Ergänzung 5, Der Atomkern), hin zu größeren Wellenlängen - von blau nach rot - in der Lichtemission der Galaxien verschoben sind. Das war der Beweis für eine Expansionsbewegung der Galaxien und korrigierte die Newtonsche Theorie eines unendlichen, statischen Alls. Den wissenschaftlichen Ruhm für diese grundlegende Erkenntnis erntete allerdings Hubble. Zunächst lautete 1929 seine Interpretation: Doppler Effekt durch eine Relativbewegung von Quelle (Galaxie) und Beobachter (Erdenmensch). In diesem

Kontext wäre Rotverschiebung von Licht, hin zu größeren Wellenlängen, vergleichbar mit dem akustischen Eindruck, den ein vorbeifahrendes Martinshorn erzeugt. Nähert es sich, klingt das Signal des Martinshorns höher, die Frequenz ist höher, also kurzwelliger. Das sich entfernende Fahrzeug schleppt hinter sich ein tieferes, also langwelligeres Signal mit niedrigerer Frequenz her. Vergleichbar lässt sich die Frequenz des von Galaxien ausgesendeten Lichtes registrieren. Die Wellenlänge ist zu längeren Frequenzen (ins Rote) verschoben, und zwar umso stärker, je größer die Entfernung der beobachteten Galaxie zu uns ist. Die Geschwindigkeit des Lichtes bleibt natürlich gleich, nur die Wellenlängen ändern sich.

Tatsächlich handelt es sich aber um die kosmologische Rotverschiebung: Die Expansion des Universums darf nämlich nicht so verstanden werden, dass sich Galaxien in der Raum-Zeit voneinander entfernen, was einer Relativbewegung entspräche. Es ist die Raum-Zeit selbst, die sich ausdehnt, und die Galaxien werden wie die erwähnten Rosinen eines Kuchenteiges mitbewegt. Im Endeffekt kommt es natürlich trotzdem zu einer gegenseitigen Entfernung.

Ein Link zum Urknall

Daraus folgte zwangsläufig der Schluss auf einen Anfang, den Urknall, denn was auseinanderfliegt, muss auch einmal vereinigt gewesen sein. Kausalität! Der nahezu unendlich kurze Moment des Urknalls, der Zustand vor der Raum-Zeit-Ausdehnung, ist die ominöse Singularität.

Hubble kreierte folgendes Gesetz für Galaxien-Fluchtgeschwindigkeit v :

$$v = c \times z \approx H_0 \times D \text{ (km/sec)}$$

(Dimensionsvergleich: km/sec = km/sec Mpc \times Mpc)

(c = Lichtgeschwindigkeit in km/sec, z = gemessene Rotverschiebung, dimensionslose Verhältniszahl, H_0 = Hubble Parameter in km/sec Mpc, D = Entfernung in Mpc, 1 Mpc = Megaparsec sind 3,26 Millionen Lichtjahre = $3,08567758 \times 10^{22}$ Meter also eine Längenangabe).

Diese Formel erlaubt die Berechnung der Galaxien-Fluchtgeschwindigkeit v (in km/sec), mit Hilfe des Hubble-Parameters H_0 (in km/secMpc, eine Proportionalitätskonstante), multipliziert mit der Entfernung D (in Mpc) von Galaxien. Heute setzt man H_0 mit ca. 72 Kilometer pro Sekunde (sec) und Megaparsec⁹⁶ (Mpc) an.

Stand: August 2012:	$H_0 \approx 74,3 \pm 2,1$ km/sec Mpc
Januar 2016:	$67,3 \pm 1,2$ km/sec Mpc (Lambda-CDM-Modell)
Januar 2017:	71,9 Genauigkeit von 3,8 %,

Die etwas ungewöhnliche Einheit, km/sec Mpc, ist so zu verstehen: WIKIPEDIA: „Man beobachtet zwei Galaxien A und B und misst ihre Spektrallinien. Unterscheiden sich die Wellenlänge so, dass sich für die Galaxie A eine um 67 km/sec höherer Wert $c \times z$ ergibt als für B, so sollte die Galaxie A etwa 1 Mpc weiter entfernt sein als die Galaxie B.“

<http://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/rotverschiebung/417>:

"Edwin Hubble konnte 1929 nachweisen, dass viele entfernte Galaxien eine Fluchtbewegung ausführen: Sie bewegen sich von uns weg. ... Das Hubble-Gesetz zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen Rotverschiebung z und Distanz D mit einer Proportionalitätskonstante, der Hubble-Konstanten H_0 . Die Linearität hat jedoch nur im nahen Universum ihre Gültigkeit, nämlich bis zu einem maximalen Abstand von gut 400 Mpc oder z kleiner als 0.1. Für weiter entfernte Objekte bricht die Linearität zusammen. Allgemeiner handelt es sich bei H (ohne Index 0!) um den Hubble-Parameter, der zeitabhängig ist.

Definition der Rotverschiebung z :

$$z = \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{em}}}{\lambda_{\text{em}}}$$
 Beobachtet man die Emission einer Quelle bei einer bestimmten Wellenlänge, so definiert man ganz allgemein die Rotverschiebung als Quotient der Differenz zwischen der Wellenlänge im Beobachtersystem (Index obs) und derjenigen im Emitter System (Index em) über der Wellenlänge im Emitter System."

Mit Hilfe dieser Expansionsgeschwindigkeit v kann man zurückrechnen, wann diese Drift begonnen haben muss. Denn je größer die Rotverschiebung eines astronomischen Objekts gemessen wird, desto länger muss das von ihm ausgesandte Licht unterwegs gewesen sein, und desto weiter zurück in der Vergangenheit muss es entstanden sein. Aus der Rotverschiebung kann auch die Entfernung des Objekts bestimmt werden. Das Ergebnis ist, in Abhängigkeit vom Hubble-Parameter H_0 , in den letzten Jahrzehnten immer mehr erweitert worden. Zzt. stabilisiert sich die Angabe, auch aus anderen Quellen, bei ca. 13,8 Milliarden Jahren für die Kosmos-Entstehung bzw. das Urknall-Ereignis.

Ganz zu Anfang der Hubbleschen Publikation rechnete man mit einem Alter von 2-3 Milliarden Jahren, was zu Widersprüchen mit Altersbestimmungen von Ursteinen der Erde führte. Deren Alter wurde mit 3-4 Milliarden Jahren bestimmt. Erst immer genauere Beobachtungen, vor allem aber die Untersuchungen der Kosmischen Hintergrundstrahlung WMAP⁹⁷ ab 2003 (s.u.), haben zu dieser Zahl von 13,8 Milliarden geführt.

Unabhängig von diesem Zusammenhang ist es heute möglich, das Alter des Weltalls auch auf ganz anderer Weise, z.B. durch Bewertung der Leuchtkraft von

Sternen (Hertzsprung-Russell-Diagramm)⁹⁸ zu bestätigen. Man findet so z.B. für das Alter der meisten kosmischen Kugelhaufen, die ca. 1 Milliarde Jahre nach dem Urknall entstanden sein sollen, ca. 12 Milliarden Jahre $\pm 10\%$.

Durch radioaktive Zerfallsdaten von sehr alten Gesteinen ist eine alternative Altersbestimmung möglich: Es eignen sich Uran-238 mit einer Halbwertszeit⁹⁹ von $t_{1/2} = 4,47$ Milliarden Jahren und Thorium-232 mit $t_{1/2} = 14,05$ Milliarden Jahren. Mit dieser Methode wurde $12,5 \pm 1,4$ Milliarden Jahre gefunden. Diese Altersbestimmung, obwohl noch nicht sehr genau, hat den Vorteil von theoretischen Modellen der Sternentwicklung unabhängig zu sein. (http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/wegscheider/gebhardt_files)

Allerdings gibt es, wenn auch sehr selten, abgesehen von dem stetigen Auseinanderdriften, auch ein Sich-aufeinander-zu-bewegen von Galaxien, das sich in einer Blauverschiebung bemerkbar macht. So nähert sich z.B. der Andromeda Nebel mit etwa 150 km/s unserer Milchstraße. In etwa 2 Milliarden Jahren werden sie einander durchdringen. Der Andromeda Nebel gehört in den größeren Verbund einer lokalen Gruppe von etwa 40 Galaxien, die wiederum zum Virgo Haufen bzw. zum Hydra-Centaurus-Superhaufen vereinigt sind. Für diesen Superhaufen gilt wieder die Rotverschiebung.

Es soll übrigens bereits in der Jugend unserer Milchstraßen immer wieder zu Kollisionen und Verschmelzungen unserer Galaxie mit anderen Galaxien gekommen sein. Die letzte dürfte 10 Milliarden Jahre zurück liegen.

1.1.2 Kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung CMB

Stichpunkte: Die kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung (CMB = Cosmic Microwave Background) gilt heute als die wichtigste energetische Spur des Urknalls. Suche nach Gravitationswellen.

Die *kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung* CMB ist nicht zu verwechseln mit der *kosmischen Strahlung* (früher: *Ultrastrahlung*), bei der es sich um eine hochenergetische Teilchenstrahlung aus dem Weltall handelt. Letztere besteht vorwiegend aus Protonen, Elektronen und vollständig ionisierten Atomen. Im Gegensatz zur *kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung* CMB, die aus uralten Photonen resultiert, bildet sich die *kosmische Strahlung* ständig neu z. B. als Sonnenwind (s.u.).

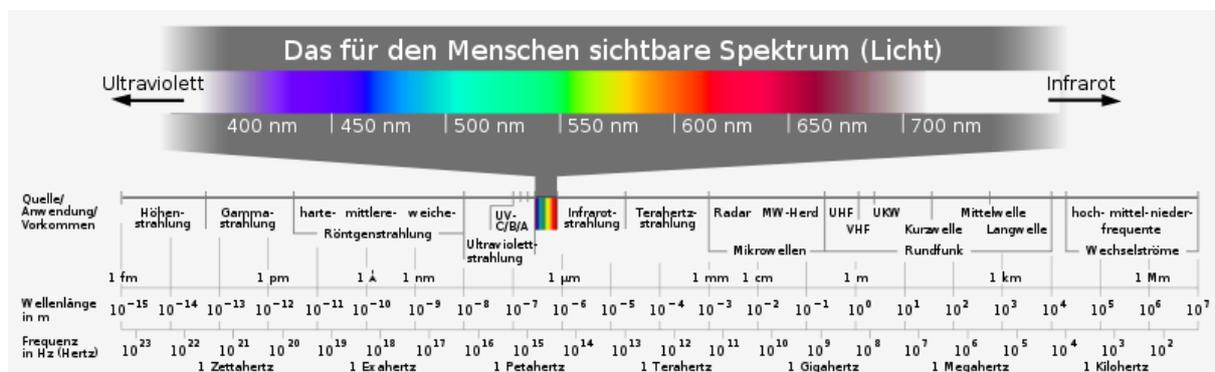
Bei der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung CMB handelt es sich um eine das ganze Universum erfüllende, fast isotrope elektromagnetische Strahlung im Mikrowellenbereich, welche gemäß der Urknall-Theorie in den ersten Sekunden der Kosmos-Entstehung emittiert wurde und somit etwa 13,8 Milliarden Jahre alt sein muss.

Mikrowellen ist ein Trivialname für den Frequenzbereich elektromagnetischer Wellen von 1 bis 300 GHz (Wellenlänge von 300 mm bis 1 mm).

Was wir am nächtlichen Himmel als Licht messen, also Photonen, besteht nur zu etwa 4 % aus Photonen im sichtbaren Spektrum. Sie sind ein Gruß der Kernfusions-Strahlung von Sternen unserer Galaxie, lange nach dem Urknall. (Die ersten Galaxien haben sich wahrscheinlich frühestens 470 Millionen Jahre nach dem Urknall aufgebaut). Der Rest, der für uns Menschen unsichtbaren Photonen ist, wie eingangs erwähnt, ca. 13,8 Milliarden Jahre alt und entstammt den ersten Sekunden der Materievernichtung nach dem Urknall (s.u.). Ursprünglich handelte es sich um eine hochenergetische Gamma-Strahlung. Übrig geblieben sind davon heute besagte alte, "müde" Photonen. Sie beinhalten eine nur noch geringe elektromagnetische Energie großer Wellenlänge, im Infrarotbereich bei 7 cm: rotverschoben in den besagten Mikrowellenbereich, korrespondierend mit einer Temperatur von 2,73 K. (Natürlich immer noch mit der vollen Lichtgeschwindigkeit!)

Wir können diese Strahlung als Hintergrundrauschen (Schnee) z.B. in unseren Fernsehgeräten wahrnehmen.

Datei: Electromagnetic spectrum c.svg, Kopie aus: WIKIPEDIA



↑
CMB

Das für uns sichtbare Firmament, unser Beobachtungshorizont mit einem vermeintlich 13,8 Milliarden Lichtjahre umfassenden Radius (s.o.), aber auch das gesamte Weltall, sind in sehr großen Winkelbereichen von diesem gleichförmigen (isotrop) elektromagnetischen Hintergrundrauschen erfüllt.

In kleinen Winkelbereichen wird dagegen Anisotropie (Richtungsabhängigkeit von Eigenschaften) gefunden, die Zielobjekt des COBE-Projektes (Cosmic Background Explorer) sind, s. u.

Tatsächlich glauben wir uns fälschlicherweise radial von kosmischen Objekten bis in eine Entfernung von 13,8 Milliarden Lichtjahren umgeben - so alt wie eben das Universum ist. Das kann aber nicht stimmen. Infolge der seit dem Urknall ständig zunehmenden Expansion des Raum-Zeit-Kontinuums (Hubble) ist diese Entfernung inzwischen auf eine Ausdehnung von gut 46 Milliarden Lichtjahren angewachsen (s.o.: Rotverschiebung). Man nennt diesen Radius Hubble-Radius.

Modellvorstellungen zur CMB

Die CMB entstand bei der primordialen Teilchen-Löschung in der Baryogenese (s.u. 1.5.6).

Materie in Form von Quarks, und Antimaterie in Form von Antiquarks, vernichteten sich gegenseitig in den ersten Sekunden nach dem Urknall. Bei dieser Anihilation von Materie und Antimaterie (Paarvernichtung) entstanden als Materie-Energie-Ausgleich hochenergetische Photonen: Gammastrahlung.

Lediglich etwa 1 Milliardstel der Materie, ein geringer Überschuss gegenüber der Antimaterie, soll aufgrund von Symmetriestörungen (s. u.) übriggeblieben sein. Dieser geringe Überschuss muss die bis heute verbliebene sichtbare Materie (nicht Dunkle Materie) und damit unsere kosmische Daseinsbasis in Form chemischer Elemente sein.

Nach dem Urknall war das Universum für etwa 300000 Jahre, während einer ersten Ionisationsphase, mit einem leuchtenden, sehr heißen Plasma angefüllt, in welchem sich Ionen aus Wasserstoff- und Helium-Kernen, Elektronen und Photonen ständig gegenseitig beeinflussten. Das Äquivalent an Elektronen war während der o.a. Baryogenese mit entstanden.

Die ungeheure Photonenenergie der o.a. Anihilation von Materie und Antimaterie, wurde im Verlauf der Raum-Zeit-Ausdehnung und der damit verbundenen Abkühlung auf 3000 K jedoch kleiner als die Ionisationsenergie von Wasserstoff (13 eV). Damit waren die Voraussetzungen gegeben, dass sich die nach dieser ersten Ionisationsphase ursprünglich freien Atomkerne und Elektronen zu stabilen Atomen arrangieren konnten. Überschüssige Photonen bzw. Licht wurden entkoppelt.

Durch diesen Temperaturabfall auf die o.a. 3000 K musste das Maximum der Strahlungsintensität zu dieser Zeit optisch im sichtbaren Spektrum liegen und ist daher noch heute als besagte kosmische Hintergrundstrahlung sicht- und messbar. D.h. wir können die CMB sehen, als das Universum erst ca. 300 000 Jahr alt war. Das ursprünglich leuchtende Gas des Urknalls wurde bei 3000 K erstmals elektrisch neutral und damit in sich dunkel aber gleichzeitig optisch durchsichtig. Dieser Zeitpunkt wird Rekombinationszeitpunkt genannt.

Die kosmologische Rotverschiebung belegt, dass inzwischen eine sehr viel langwelligere Mikrowellenstrahlung entsprechend einer Temperatur von 2,73 K vorliegt.

Nach 3 - 400 000 Jahren traten erste Nachwehen des Urknalls für uns heute sichtbar ans Licht, da sich die Photonen innerhalb von ca. 100 000 Jahren aus der Plasma-Wechselwirkung lösten und ihre Informationen hinaus in das Raum-Zeit-Kontinuum trugen. Somit war keine Interaktion zwischen Photonen und geladenen Materieteilchen (positiv geladene nackte Protonen und Helium-Kernen bzw. negativ geladenen Elektronen) mehr möglich.

Dabei muss es sich m.E. um fünf mögliche Mechanismen handeln.

- Ionisation: Geladene Teilchen ionisieren das Medium
- Bremsstrahlung: Elektronen strahlen in Materie mit hoher Kernladungszahl Z durch die starken Kernfelder Photonen ab. (Siehe unten: Dirac¹⁰⁰).
- Photonenstreuung (Compton-Effekt) und Photonenabsorption
- Kernreaktionen
- schwache Wechselwirkung: Nachweis von Neutrinos

http://www-hera-b.desy.de/people/nedden/lectures/05_06/dettph/dettph_kap02.pdf

Photonen (=Licht) konnten, ohne absorbiert zu werden, große Distanzen zurücklegen. Die optische Dichte nahm schnell ab. Einerseits wurde damit dieses kosmische Atom-Gas durchsichtig für die kosmische Hintergrundstrahlung, deshalb können wir sie heute beobachten, andererseits war der Kosmos aber von keiner Strahlungsquelle erleuchtet. Es begann das "dunkle Zeitalter".

Nach dieser Rekombinationsphase war das Gas im gesamten Universum neutral. Das fast ausschließlich aus Wasserstoff und Helium bestehende Medium bildete die materielle Quelle zur Bildung der ersten Sterne, Galaxien und Quasare. Nach ca. 400 Millionen Jahren entwickelten sich die ersten leuchtenden Sterne im Kosmos, und es kam zu einer erneuten Ionisierung der kosmischen Ur-gase - eine zweite Ionisationsphase. Auslöser sollen Röntgenstrahlungen von Doppelsterne innerhalb einiger hundert Million Jahre gewesen sein. Sie ionisierten mit ihrer UV-Strahlung ihre Umgebung von neuem. Diese so genannte Re-Ionisation bzw. zweite Ionisation kennzeichnet die Phase der allerersten Strukturbildung im jungen Universum, die es wieder hell werden ließ. Die nunmehr freien Photonen kühlen bis heute auf 2,73 K ab und bilden die Hintergrundstrahlung, die wir heute beobachten.

Wie sich durch weitere Messungen des Hintergrundrauschens unter Erweiterung des Frequenzbereichs ergab, entspricht sie einer typischen Schwarzkörperstrahlung. Dieses Phänomen wird oft als Echo des Urknalls bezeichnet.

WIKIPEDIA: Ein Schwarzer Körper (auch: Schwarzer Strahler, planckscher Strahler, idealer schwarzer Körper) ist eine idealisierte thermische Strahlungsquelle. Die Idealisierung besteht darin, dass solch ein Körper alle auftreffende elektromagnetische Strahlung jeglicher Wellenlänge vollständig absorbiert, während reale Körper immer einen Teil davon zurückwerfen. Gleichzeitig sendet er als Wärmestrahlung eine elektromagnetische Strahlung aus, deren Intensität und spektrale Verteilung von der weiteren Beschaffenheit des Körpers und seiner Oberfläche unabhängig sind und nur von seiner Temperatur abhängen.

Die Wärmestrahlung des schwarzen Körpers ist in jedem Wellenlängenbereich stärker als die eines jeden realen Körpers gleicher Fläche und gleicher Temperatur. Sie wird Schwarzkörperstrahlung oder (aufgrund der Realisierung des schwarzen Körpers durch einen Hohlraum) auch Hohlraumstrahlung genannt. In der Literatur des späten 19. und des frühen 20. Jahrhunderts ist die Bezeichnung schwarze Strahlung zu finden.

Der schwarze Körper dient als Grundlage für theoretische Betrachtungen sowie als Referenz für praktische Untersuchungen elektromagnetischer Strahlung. Der Begriff „Schwarzer Körper“ wurde 1860 von Gustav Robert Kirchhoff geprägt. 4

Heute vermutet man über das kosmologische Standardmodell hinaus zusätzlich mit dem Vorhandensein großer Anhäufungen an dunkler Materie zum damaligen Zeitpunkt; deren Mengenverteilung wird im Rahmen des COBE, WMAP-Projekts erforscht (s.u.).

Man geht heute davon aus, dass das 380 000 Jahren nach dem Urknall bestehende Universum nur etwa ein Tausendstel des Volumens des heutigen Universums hatte. Der gesamte Vorgang der Strahlungsentfaltung kann aber nicht völlig isotrop verlaufen sein. Vielmehr muss es Bereiche gegeben haben, die durch schnellere Abkühlung früher „durchsichtig“ wurden und sich von den noch etwas heißeren Bereichen abhoben. Es muss also eine Temperaturanisotropie im Bereich von 0,001 % um etwa 380 000 Jahren nach dem Urknall gegeben haben. Dieses Phänomen der elektromagnetischen Sichtbarwerdung wurde heute messbar gemacht.

Das ist zzt. die älteste elektromagnetische Information über den weitesten entfernten kosmischen Bereich, die man, vermittelt durch elektromagnetische Wellen, erwarten darf bzw. noch sehen kann.

Aus der Sicht der Entropie sind damit alle Sichtbarmachung und damit die Begriffe Messbarkeit und Information an eine Grenze gestoßen. Entropie-Diskussionen vor diesem Zeitpunkt, weit entfernt von dem klassischen Begriff der Entropie, können m.E. nur noch mit Wahrscheinlichkeitseinschätzungen und Symmetriebetrachtungen argumentieren.

Allerdings gibt es begründete Annahmen, dass man irgendwann selbst hinter diesen elektromagnetisch abgeschirmten Vorhang schauen kann. Das läuft darauf hinaus, dass es Informationen geben soll, die nicht durch Photonen, sondern grundsätzlich andere Wechselwirkungsträger, nämlich Gravitonen (Siehe: Ergänzung 4) vermittelt werden. Auslöser sollten Gravitationschockwellen sein, die sich mit Lichtgeschwindigkeit im Raum-Zeit-Kontinuum ausbreiten. Vorausgesagt wurden sie bereits von Albert Einstein in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie. Als Ursache vermutet man gigantische kosmische Ereignisse, wie Zusammenbrüche von Sternen und vor allem den Urknall selbst. Untersuchungen erfolgen im Rahmen des LIGO-Programms¹⁰¹. Sollten sich Gravitationswellen messen lassen, muss man davon ausgehen, dass es sich um starke Effekte handelt, wenn es einen Urknall gegeben hat. Würden Messungen, falls sie erfolgreich sein sollten, nur sehr schwache Effekte erkennen lassen, spräche dieser Befund gegen einen Urknall. Ein aktueller Stand 2016 zu Gravitationswellen, wird in der Ergänzung 4 diskutiert.

11.02.2016: Es gibt erste Hinweise!

FAZ: "An diesem Donnerstag um 16.30 Uhr (mitteleuropäischer Zeit) wurde aus den Mutmaßungen Gewissheit. Auf Pressekonferenzen in Washington, Moskau, Hannover und Pisa präsentierten die Forscher der Ligo-Kollaboration fast gleichzeitig ihre Messungen erstmals der Öffentlichkeit. Und tatsächlich, so scheint es, haben die beiden amerikanischen Ligo-Observatorien in Hanford (Washington) und Livingston (Louisiana) winzige periodische Längenänderungen registriert, die offenkundig von sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitenden Gravitationswellen ausgelöst worden seien. Die Quelle für die Verzerrungen des Raum-Zeitgefüges sind offenkundig zwei Schwarze Löcher, die in einer Entfernung von 1,3 Milliarden Lichtjahren miteinander kollidiert und verschmolzen sind. Über ihre Entdeckung berichten die Forscher der Ligo-Kollaboration in einem Artikel, der in den renommierten „Physical Review Letters“ erscheint".

Damit würde, in Ergänzung der bisher auf elektromagnetischen Feldern beruhenden Messmethodik der Kosmos Forschung, durch ein ganz neues Messprinzip mittels lichtschneller Gravitationswellen, eine grundlegende Erweiterung möglich. (Interessante Bemerkungen zu Gravitonen finden Sie in der Ergänzung 4).

Alte und neue Messungen der CMB

1948 hatten der Physiker Gamow¹⁰², ein Schüler von Friedmann, sowie Alpher¹⁰³, ein Gamow Schüler, einen Artikel veröffentlicht, in dem postuliert wurde, dass der Urzustand des Universums ein sehr heißes Gemisch von Kernteilchen gewesen sein könnte. (Von chemischen Elementen konnte in diesem Sinn nicht die Rede sein, da die sehr hohe Temperatur dieses Zustands, weit, weit oberhalb der Ionisationstemperaturen, eine Rekombination von Elementarteilchen zu chemischen Elementen ausschließt). Dem Urknall folgte eine sehr schnelle Ausdehnung. Die ursprünglich dabei entstandenen ungeheuren Photonenmengen,

müssen gemäß Gamow heute noch in Form einer homogenen Radiostrahlung, entsprechend etwa 10 cm Wellenlänge, vorhanden sein.

Tatsächlich machten Robert Wilson¹⁰⁴ und Arno Penzias¹⁰⁵ 1964, als Mitarbeiter der Bell Telephone Laboratories mehr ungeplant die Entdeckung einer gleichmäßigen kosmischen Hintergrundstrahlung mit einer Wellenlänge von 7,35 cm. Diese Strahlung ist das schwache energetische Ausklingen des vor 13,8 Milliarden Jahre stattgefundenen Urknalls, verursacht aus einer Quantenfluktuation, die das Universum kreierte. Varianten dieses Zeitraums bis zu 20 Milliarden Jahren, in Abhängigkeit von der Kosmischen Konstanten Λ , wurden diskutiert.

Bemerkenswert an der kosmischen Hintergrundstrahlung, ist ihre Polarisation. Sie ist messbar transversal (Schwingung senkrecht zu deren Ausbreitungsrichtung) angelegt. Diese Polarisation und ihre wahrscheinliche, durch Gravitationswellen bewirkte Deformation der Raum-Zeit, kann Rückschlüsse auf deren Intensität im Urknall ermöglichen (Bojowald, 2009, S. 154).

Diese bisher älteste kosmische Information, ist inzwischen Gegenstand weiterer, differenzierter kosmischer Untersuchungen geworden und hat zu u.a. COBE-Projekt geführt. Die in diesem Zusammenhang erreichte Informationstiefe über den Zustand des Kosmos, 380 000 Jahr nach dem Urknall, geht weit über den Effekt des Hintergrundrauschens hinaus. Unregelmäßigkeiten - Anisotropie in der Temperaturverteilung dieser Strahlung, wenn auch auf außerordentlich niedrigem Niveau - wurden sichtbar. Es gibt Autoren, die diese Ergebnisse, unsachlich als „Das Gesicht Gottes“ interpretieren (Bogdanov, 2011).

1.1.3 Das COBE-Projekt

Stichpunkte: Geringe Anisotropie der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung infolge Ungleichverteilung der Temperatur der Ur-Gase-Wolken nach dem Urknall. Sie liefert Rückschlüsse auf unterschiedliche Dichteverteilung und damit über die Formation von sehr frühen Materiehäufungen aber darüber hinaus auch wesentliche kosmologische Daten. Messungen durch COBE und WMAP.

WIKIPEDIA: Der Cosmic Background Explorer (COBE) ist ein Satellit der NASA, der von 1989 bis 1993 revolutionäre Ergebnisse der Messung der kosmischen Hintergrundstrahlung lieferte. Der Satellit befindet sich noch im Orbit, er umkreist die Erde in ca. 900 km Höhe auf einer polaren Umlaufbahn.

Die Raumsonde Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) war der Nachfolger des Satelliten, sie diente von 2001 bis 2010 der Erforschung dieser Strahlung. Von August 2009 bis 2013 vermaß schließlich die europäische Raumsonde Planck die Strahlung mit noch größerer Auflösung.

Wie bereits erwähnt, werden auf kleineren Winkelskalen der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung (CMB) Anisotropien der Temperaturverteilung gefunden, die auf primäre und sekundäre Einflüsse zurückzuführen sind.

Primäre Anisotropien werden interpretiert als Effekte, die zum Zeitpunkt der Sichtbarwerdung der Strahlung, also 380 000 Jahre nach dem Urknall wirkten. Ihre Messungen liefern Aussagen zum sehr frühen Universum. Ursache für primäre Anisotropien sind Gravitations-Rotverschiebungen, da sich die Frequenz elektromagnetischer Wellen beim Passieren großer gravitativer Massen ändert sowie urzeitliche Geschwindigkeitseinflüsse durch Elektronen und Baryonendichte, um nur einige Effekte zu benennen. Damit wird die Problematik dieser experimentellen Forschung verständlich.

Sekundäre Anisotropien formten sich erst danach auf dem Weg der Photonen durch das Weltall und müssen unter hohem mathematischen Aufwand aus den Messergebnissen heraus gerechnet werden.

Um die Entstehung von Galaxien erklären zu können, muss, wie bereits erwähnt, angenommen werden, dass die nach dem Urknall vorliegende Materieverteilung eines Plasmas aus Protonen, Helium-Kernen und Elektronen nicht völlig gleichmäßig gewesen sein konnte. Nur durch die Inhomogenität der Materieverteilung ist die spätere Formation von Galaxien erklärbar. Woher kann diese Inhomogenität rühren? Es könnten minimale Quantenfluktuationen (s.a.: 1.5.4) nach dem Urknall gewesen sein, die sich infolge der inflationären Ausdehnung zu makroskopischen Effekten entwickelten.

WIKIPEDIA:Vakuumschwankungen (auch Quanten- oder Nullpunktschwankung) sind Begriffe, die in Zusammenhang mit der Quantenfeldtheorie verwendet werden. In populär-wissenschaftlichen Artikeln wird der Begriff häufig auf die quantenmechanische Energie-Zeit-Unschärferelation oder auf virtuelle Teilchen reduziert.

Das sollte sich, wie bereits angesprochen, auch in einer Ungleichverteilung der Temperatur der o.a. kosmischen Hintergrundstrahlung bemerkbar machen. Wie bei der Entstehung eines irdischen Wirbelsturms Temperaturdifferenzen von Wetterfronten die Auslöser sind, könnte diese „Mechanik“ auch für das Szenario der inhomogenen Ur-Gaswolken verschiedener Temperatur gelten. Die u.a. WMAP-Ergebnisse konnten diese Annahme der Ungleichverteilung für den Zeitraum zurück bis etwa 380 000 Jahren nach dem Urknall bestätigen; einem Zeitpunkt also, zu dem bereits die Entmischung der Ur-Plasmawolken zu Galaxienvorläufern stattgefunden hatte. 13,4 Milliarden Jahre sind vergangen, bis die Strahlung uns erreichte. Dichteunterschiede in diesem Plasma sind also die Ursache für die spätere Entstehung von Galaxien. Wenn es gelang diese Ungleichmäßigkeiten nachzuweisen, war das ein weiterer Beweis für den Urknall im Gegensatz zu der Annahme von Fred Hoyle. Dessen Hypothese geht ja von dem ununterbrochenen Vorhandensein des gesamten Kosmos aus, dessen verbrauchte Sterne infolge von Energieabstrahlung durch Kernfusion, verursacht

durch Gravitation, ständig durch eine allgegenwärtige Neubildung von Masse kompensiert werden. Sie kann aber das Vorhandensein der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung nicht erklären.

Die bisher eingesetzten Raumsonden COBE, WMAP und das Planck-Teleskop¹⁰⁶, eine Raumsonde der ESA zur Erforschung der kosmischen Hintergrundstrahlung, sollen aber inzwischen in hohem Maß übereinstimmende und immer differenziertere Beweise für diese Temperaturschwankungen erbracht haben. (Zusätzlich hat der Planck-Satellit einige Anhaltspunkte für eine geringe Asymmetrie der Materieverteilung geliefert).

Messergebnisse

Besagtes rezentes Hintergrundrauschen repräsentiert eine elektromagnetische Strahlung im Radiowellenlängen-Bereich von 7,35 cm und einer Temperatur von etwa 2,73 Kelvin. (Bojowald, 2009, S. 150): *"Als Intensitätsverteilung, zerlegt in Beiträge von unterschiedlicher Mikrowellen-Frequenz ergab sich, wie erwartet, die Planck'sche Formel für die Wärmestrahlung in einem Hohlraum...Denn das Universum kann man als einen perfekt verschlossenen Hohlraum ansehen..."(Siehe auch Ergänzung 3: Planck'sches Wirkungsquantum)*

Gemessen wird die Planck'sche Strahlungstemperatur, die die Verteilung der elektromagnetischen Energie des thermischen Strahlungsfeldes eines schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Frequenz der Strahlung repräsentiert.

In den 70iger Jahren hat man mit systematischen Messungen begonnen. So wurde 1974 das COBE-Projekt zur Untersuchung des Wellenlängenbereichs der kosmischen Hintergrundstrahlung gestartet. Nach vielen Anläufen, die zunächst an der mangelnden Empfindlichkeit der Messinstrumente scheiterten, wurde die Mission 1989 initiiert. Bald hatte man festgestellt, dass erst im Orbit die notwendigen Voraussetzungen für eine störungsfreie Messung gegeben waren. Vor 1989 musste sie aber wegen des Space Shuttle Unglücks der Challenger im Januar 1986 aufgeschoben werden. So lagen erst 1991 genügend Daten für eine Auswertung vor. Die Entdeckung dieser schwachen Temperaturschwankungen (ca. 0,001 %) in kleineren Winkelbereichen durch COBE im Jahr 1993, war ein Durchbruch in der Beobachtung des frühen Universums. Die gemessenen Temperaturfluktuationen spiegeln die Materieverteilung im Universum zum Zeitpunkt der Entkopplung von Strahlung und Materie, etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall wider. Sie führten zu folgenden Ergebnissen:

- Das Universum weist eine flache (euklidische) räumliche Geometrie auf

Wer diese Zusammenhänge verstehen will sollte den Artikel „Wie groß ist unser flaches Universum“ von Prof. Ulrich Walter, vom 21.01.2015 lesen: Kurz-Link: <https://www.welt.de/160309660>

- Die Expansion des Universums dauert aufgrund des erheblichen Beitrags an Dunkler Energie an
- Das Alter des Universums wird auf 13,8 Milliarden Jahre geschätzt
- Erste Sterne gab es im Universum bereits vor 13,5 Milliarden Jahren

Alle Ergebnisse wurden durch die bereits oben erwähnte WMAP-Satelliten Mission (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) 2003 sozusagen noch getoppt, die mit einer besseren Technik eine 35 Mal bessere Auflösung ermöglichte. Die Ergebnisse sprechen für ein Alter des Universums von 13,75 Milliarden Jahren mit einer Fehlerbreite von 0,2 Milliarden Jahren.

Von besonderer Bedeutung ist die daraus folgende materielle Bestandsaufnahme: (Singh, 2008, S. 490)

- Das Universum besteht aus 23 % dunkler Materie
- Die dunkle Energie macht 73 % aus

Im frühen Universum war der Masse-Anteil der Dunklen Energie noch gering. Während der Ausdehnung ist die Dichte der Dunklen Energie konstant geblieben und hat sich deshalb bis heute mehr als vertausendfacht. Die Mengen an Materie und Dunkler Materie sind gleichgeblieben. Weil es aber heute so viel mehr Dunkle Energie gibt als damals sind die prozentualen Anteile der Materie und der dunklen Materie kleiner geworden. (Hier fehlt mir der Zugang). (<http://wie-alles-begann.info/urknall2012/img/31big.jpg>)

Zumindest ergibt sich für mich jedoch aus dem Umstand, dass“ die Dichte der Dunklen Energie konstant geblieben ist und sich deshalb bis heute mehr als vertausendfacht hat“ die Vorstellung, dass Dunkle Energie ein sich durch Entfernungszunahme selbst verstärkendes Feld sein könnte. Energie aus dem Nichts?

- Die gewöhnliche Materie addiert sich zu nur 4 % und *besteht aus 0,03 % Schwere Elemente, 0,06 % Schwarze Löcher, 0,3 % Neutrinos, 0,5 % Sterne, 3 % Wasserstoff und Helium.* (<http://wie-alles-begann.info/urknall2012/img/31big.jpg>)

Diesen „schwarzen Befunden“ stehen allerdings manche Wissenschaftler skeptisch gegenüber und vergleichen die Situation mit der vor etwa 100 Jahren, als man noch von der Allgegenwart eines Äthers

ausging. Eine solche Substanz sollte damals u.a. die Fortpflanzung von Lichtwellen erklären, die man sich nur so im leeren Raum vorstellen konnte. Dunkle Energie und dunkle Materie muten heute vordergründig, wie mehr oder weniger vergleichbare Konstrukte an, um den ansonsten unerklärlichen Zusammenhalt von Galaxien und deren Ausdehnungsgeschwindigkeiten beschreiben zu können. Zu diesem kritischen Themenkomplex gehört auch die Theorie einer frühen inflationären Entfaltung, die Alan Guth vorgeschlagen hat.

Von August 2009 bis Februar 2012 vermaß die europäische Raumsonde Planck die Strahlung mit noch dreifach höherer Auflösung, bei besserer Ausblendung von Störstrahlung.

Eine sehr informative und Detail reiche Darstellung der Historie der Urknall Hypothese sowie der durch die Untersuchung der Hintergrundstrahlung erweiterten Sichtweise, finden Sie in, „Das Gesicht Gottes“ (Bogdanov, 2011).

Persönliches Statement

Ich muss gestehen, dass mich die komplexe messtechnische Herausforderung des Phänomens verunsichert. Wie ist die Übereinstimmung dieser drei Forschungsprojekte untereinander belegt? Ich wünsche mir Beweise, die sozusagen durch Deckungsgleichheit der übereinander projizierten Zentren von Temperaturschwankung Zweifel beheben. Eine Deckungsgleichheit der Einzelheiten, der von den drei Satelliten aufgezeichneten Anisotropien, käme einer verlässlichen Validierung der Messergebnisse gleich. Ebenso könnte eine Wiederholungsmessung durch den Planck-Satellit Zweifel ausräumen, die bei derartig diffizilen Untersuchungen angebracht erscheinen.

Positiv sehe ich den Befund, dass die Anisotropie-Karten sich mit der heute messbaren Galaxienverteilung zur Deckung bringen lassen.

1.1.4 Die Nukleosynthese¹⁰⁷ von Wasserstoff und Helium

Stichpunkte: Das heute energetisch weitgehend ausgekühlte, sichtbare Weltall besteht zu ca. 90% aus Wasserstoff-Atomen, ca. 9 % aus Helium-Atomen und etwa 1 % an restlichen Element-Atomen als sichtbare Materie. Erstmals reden wir von chemischen Elementen.

Spektroskopische Untersuchungen haben ergeben, dass im gesamten Weltall eine sehr gleichmäßige Masse-Verteilung der chemischen Ur-Elemente Wasserstoff und Helium im Verhältnis von etwa 71 zu 29 Prozent gegeben ist. (Dieses Masseverhältnis von 71 zu 29 ist nicht mit dem Verhältnis der Anzahl der Wasserstoff-Kerne zu den Helium-Kernen von 10 zu 1 bzw. 90% zu 9 % zu verwechseln. Die relative Helium-Masse ist vier Mal so groß wie die relative Wasserstoff-Masse).

Etwa 1 Prozent machen die restlichen chemischen Elemente aus. Dieses Ergebnis ist in Übereinstimmung mit den Voraussagen des Standardmodells des Urknalls. Die Atomkerne der chemischen Elemente Helium und Wasserstoff sind in der ersten Sekunde nach dem Urknall entstanden. Sie sind viel älter als alle Galaxien und heute noch mengenmäßig weitgehend unverändert vorhanden. Und das, obwohl sie die materielle Basis von Milliarden von Sternen und Galaxien sind, in deren Innerem Kernfusionsprozessen seit ca. 13,5 Milliarden Jahren zu den o.a. etwa 1 % höheren Elementen führten. Eine Erklärung für die Entstehung, die Verteilung und die Kernfusions-Folgen der Ur-Elemente wird weiter unten erörtert. Grundlegende Arbeiten zur Klärung dieser sogenannten Nukleosynthese stammen, wie bereits oben angesprochen, von dem Mathematiker Ralph Alper, Doktorand von George Gamow um 1945, in der Zeit, in der die meisten der vor Hitler nach Amerika geflüchteten europäischen Naturwissenschaftler eifrig den Bau der ersten Atombombe vorantrieben. Initiierend für die weitere Hypothesenbildung waren eben diese Ergebnisse von Berechnungen im Rahmen von Alpers Doktorarbeit, die ergaben, dass in der Urknall-Nukleosynthese auf 1 Helium-Kerne etwa 10 Wasserstoff-Kerne entstanden sein mussten. Ein erstaunliches, aufgrund der Urknall-Hypothese gefundenes Resultat, das mit der im Kosmos heute noch zu beobachtenden Helium-Wasserstoff-Verteilung übereinstimmt. Dieses Resultat war so etwas wie ein Todesstoß für die mit dem Urknall konkurrierende Hypothese von Hoyle, die für die Nukleosynthese keine Aussagen liefern konnte.

Alle weiteren neben Wasserstoff und Helium entstandenen 90 chemischen Elemente, wurden erst später in grundlegend anderen Prozessen der Kernfusion in Sternen erbrütet.

1.1.5 Materie-Antimaterie

Stichpunkte: Zu allen Elementarteilchen, den Bausteinen der chemischen Elemente, gibt es Antiteilchen.

Die Ergebnisse der Stoßversuche in Teilchenbeschleunigern zeigen, dass es zu allen bekannten Teilchen auch Antiteilchen, also zu Materie auch Antimaterie gibt. Z.B. Elektron – Positron, Proton – Antiproton, Neutron – Antineutron usw. Dies gilt zumindest theoretisch auch für Atome, also Anti-Atome. *WIKIPEDIA: Im April 2011 gelang es am CERN, 309 Antiwasserstoffatome bei einer Temperatur von etwa einem Kelvin fast 17 Minuten lang einzufangen.* Nur zum Photon (ungeladen) gibt es kein Antiteilchen. Eine interessante Erörterung dieses aktuellen Themas der Hochenergie-Physik finden Sie bei Rüdiger Vaas (Vaas, 2013, S. 167)

Zum Thema Antiteilchen also Antiphoton siehe: <https://scilogs.spektrum.de/quantenwelt/anti-photon/>

„Das Wort Photon ist in der Welt, es ist griffig, es wird verwandt, und es hat vor allem in der Teilchenphysik seinen festen, unverrückbaren Platz. Nur möchte ich davor warnen, sich unter Photonen das falsche vorzustellen. Licht ist kein Strom von Teilchen. Licht ist kein Sandstrahl aus winzigen Photonen. Vielmehr ist Licht ein quantenmechanisches Feld, das sich in Photonenzahlen quantisieren lässt.“

https://www.weltmaschine.de/neuigkeiten/ask_an_expert/photon_und_antiphoton/

Besitzt ein Teilchen aber keinerlei Ladung (alle Ladungszahlen = 0), dann ist es dementsprechend sein eigenes Antiteilchen. Das Photon trägt keinerlei Form von Ladung, es ist also sein eigenes Antiteilchen. Darüber hinaus gibt es keine direkte Kraft oder Wechselwirkung zwischen Photonen. Aus beiden Gründen vernichten sie sich nicht gegenseitig - Lichtstrahlen durchkreuzen sich ungehindert, ohne einander zu bemerken.

Diesem materiellen Symmetrie-Phänomen wird, wie weiter unten diskutiert wird, ebenfalls das Standardmodell des Urknalls gerecht, in dessen Philosophie diese Teilchen-Symmetrie Eigenschaft von grundlegender Bedeutung für die materielle Entfaltung ist. Symmetrie und deren Brechung, sind in diesem Zusammenhang entscheidende, systemimmanente, physikalische Effekte. Von besonderer Bedeutung wird diese symmetrische Materie-Entfaltung unter Einbeziehung der Quantenfluktuation, auf die wir noch eingehen werden.

Bereits 1932 entdeckte Carl David Anderson¹⁰⁸ in seiner Nebelkammer experimentell das Positron, der Antimateriepart zum Elektron.

Die Erkenntnis dieser dualen Eigenschaft der Materie ergab sich übrigens auch aus rein mathematischen Überlegungen von Paul Dirac¹⁰⁹ aus dem Jahr 1928. Bei dem Versuch, Einsteins Spezielle Relativitätstheorie (SRT) - nicht die allgemeine Relativitätstheorie (ART) - mit Schrödingers¹¹⁰ Lösung der zeitlichen Entwicklung einer Wellenfunktion, d.h. mit der Quantenmechanik zu kombinieren, fand er durch die relativistische Betrachtungsweise, dass im Gegensatz zu Schrödingers Lösungsansatz, nicht eine, sondern immer zwei Lösungen bestehen. Auf diese Weise wird Einsteins Erkenntnis der Umwandelbarkeit von Raum und Zeit berücksichtigt (Bojowald, 2009, S. 96). Dies ergibt sich in dieser relativistischen Quantentheorie (s.a.: Ergänzung 4) und (Kiefer K. , 2009, S. 118) aus der Berücksichtigung, dass die Energie in den Lösungsansätzen immer als quadratisches Glied auftritt. Bekanntlich kann eine positive quadratische Größe aus der Multiplikation von zwei positiven, aber auch zwei negativen Faktoren resultieren. Es gibt also zwei Lösungen: Materie - Antimaterie. Eine einführende Erörterung, auch was in diesem Kontext unter "Dirac Sea" zu verstehen ist, findet der Leser bei Rüdiger Vaas (Vaas, 2013, S. ab 173).

1.1.6 Die Entropie strebt einem Maximum zu

Dieses Statement stammt von Rudolph Clausius¹¹¹, einem der Schöpfer des Entropie-Gedankens.

Stichpunkte:

Einerseits: Das Phänomen Leben, Resultat von punktuellen Struktur- und Ordnungsgewinn, ist u.a. verknüpft mit Informationsverdichtung und damit Entropie-Erniedrigung auf unserer Erde - einer realen, von vielen denkbaren energetischen Kosmos-Lebensnischen.

Andererseits: Wir registrieren ständig spontane kosmische Struktur- und Ordnungsvernichtung der Materie des sichtbaren Universums; Synonym für unentwegten Entropie-Anstieg. Die zeitliche Gerichtetheit dieses Anstiegs ist als Beleg für den Urknall bisher kaum zur Diskussion gestellt worden.

Gedanken zu dem Begriff Entropie finden Sie in Ergänzung 6)

Hypothese:

Auch der kosmische Anstieg der Entropie lässt auf einen Anfang des Kosmos, - plausibel in Form eines Urknalls - schließen

Die Anregung zu dieser Hypothese findet sich bei Rudolph Clausius einem der Väter des Entropie-Begriffs. Er postulierte bereits 1850 dessen kosmische Dimension:

„Die Energie der Welt ist konstant. Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu“.

Das Verständnis für diese Aussagen liefern grundlegende Leitsätze (Hauptsätze) der Thermodynamik:

- Der Erste Hauptsatz beschreibt die Energieerhaltung in thermodynamischen Systemen. Er sagt aus, dass die Energie eines abgeschlossenen Systems konstant ist und beschreibt damit die besondere Form des Energieerhaltungssatzes der Mechanik. Dementsprechend sind Energien ineinander umwandelbar, können aber nicht gebildet, bzw. vernichtet werden.
Das Universum ist als abgeschlossenes System zu verstehen.

Der 1. Hauptsatz ist ein Energieerhaltungssatz und deshalb ein Symmetriengesetz.

- Der Zweite Hauptsatz trifft Aussagen über die Richtung von Prozessen und das Prinzip der Irreversibilität. Aus dem Zweiten Hauptsatz lassen sich die Definitionen der thermodynamischen Temperatur und die Zustandsgröße Entropie herleiten.

Der 2. Hauptsatz, ist kein Symmetriegesetz. Er drückt ein Prinzip aus, das die Symmetrie des Weltalls sprengt, indem es eine bestimmte Richtung seiner Veränderung fordert.

Hubbles Erkenntnisse: „*der gesamte Kosmos wächst ständig im Raum-Zeit-Kontinuum*“ und das Clausius-Postulat: „*die Entropie im Kosmos strebt einem Maximum zu*“, sind letztlich Raum-Zeitbetrachtungen, die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft einschließen. Gegenwart und damit Vergangenheit, müssen einen Anfang gehabt haben, wenn man Ewigkeit – ein nicht definierbarer Begriff - ausschließen will.

Erfassung des Begriffs Entropie:

Entropie ist, neben Größen wie Energie, ein zentraler Begriff aus der Thermodynamik¹¹².

- Die klassische Thermodynamik (= Wärmebewegung) befasst sich vorwiegend mit idealisierten, reversiblen Zustandsänderungen von Gasen in Gleichgewichtszuständen unter Beteiligung von Wärme und Arbeit. Das ist die Grundlage des originären Entropiegedankens. Der mit diesem Denkansatz erarbeitete Entropie-Begriff der makroskopischen Wärme-Phänomene, war und ist heute noch in den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen hilfreich für die Interpretation von technischen und physikalisch-chemischen Vorgängen: z.B. für die Spontaneität von chemischen Reaktionen. Sobald man aber diesen phänomenologisch orientierten Anwendungsbereich verlässt, z.B. in der Molekularbiologie, oder der Hochenergiephysik, muss man sehr zurückhaltend mit pauschal vergleichenden Zuordnungen von Entropie vorgehen. Das wird u.a. Thema weiterer Betrachtungen sein.
- Die statistische Wärmelehre ist eine, die klassische Thermodynamik ergänzende mechanistische Entropie-Deutung. Sie wurde durch Ludwig E. Boltzmann um 1900 erarbeitet und gründet ihre Erkenntnisse nicht auf phänomenologischer, sondern auf der atomistischen Basis aller Materie. Die o.a. Formulierung „*...zeitliche Gerichtetheit...*“ - im Rahmen des Begriffs "Zeitpfeil" kommen wir darauf zurück - ist von

zentraler Bedeutung in der Entropie-Philosophie. Auch diese atomistische Herangehensweise dient der Erklärung für thermodynamische Phänomene und als theoretisches Fundament für die Hauptsätze. Sie bietet aber für die Analyse oder Berechnung in den Ingenieurwissenschaften keine Vorteile.

Der Entropiebegriff spielt, über den technischen und physikalisch-chemischen Bereich hinaus, eine Rolle.

z.B.:

Entropie in der Mathematik:

Sie beschreibt die Gesamtzufallsmenge. Siehe: <http://www.madeasy.de/2/zufallgz.htm>. Die Gesamtzufallsmenge wird als Menge an Zufälligkeit aufgefasst und sagt etwas über die Menge an Zufall aus, die in einem oder mehreren zufälligen Ereignissen steckt und sollte somit ein Basisbegriff der Wahrscheinlichkeitsrechnung¹¹³ sein. Die Entropie wird dabei als Erwartungswert einer Zufallsfunktion definiert.

Entropie in der Informationstheorie:

Sie ist in der Informationstheorie ein Maß für den mittleren Informationsgehalt einer Nachricht. Das informationstheoretische Verständnis des Begriffes Entropie geht auf Claude E. Shannon zurück und existiert seit etwa 1948. In diesem Jahr veröffentlichte Shannon seine fundamentale Arbeit „A Mathematical Theory of Communication“ und prägte damit die moderne Informationstheorie.

Häufig wird Entropie u.a. mit abstrakten Begriffen wie Ordnung - Unordnung (s.u.), sowie Wahrscheinlichkeit oder Spontanität von Zustandsänderungen, aber auch mit Informationsanhäufung in Verbindung gebracht. Allerdings sind Ordnung und Unordnung keine physikalischen Begriffe da kein Maß definierbar ist. Zudem ist Ordnung ein ganz und gar anthropogener Begriff, entspricht also einem abstrakten Vernunftkriterium und ist nur in Verbindung mit Leben, Bewusstsein und Kommunikation von Bedeutung.

Das Entropie-Prinzip erlaubt aber auch die Verlaufsrichtung irreversibler Prozesse zu beschreiben. Dabei gilt: Ein abgeschlossenes System ändert sich so lange, bis es den Zustand größter Wahrscheinlichkeit angenommen hat, d.h. bis alle Potenziale (Unterschiede) ausgeglichen sind.

Ergänzend und von besonderer Bedeutung für die Urknall Beschreibung und die damit verbundene Entropie-Entfaltung ist m.E. aber der noch näher zu erfassende Begriff der Symmetrie (s.u.).

Kommen wir zurück auf das Thema Urknall:

Die Erfahrung bestätigt: die Entropie erhöht sich in der Raum-Zeit ständig so wie Clausius es formulierte. Vor allem das kosmische aber auch das terrestrische Chaos nimmt unter permanenter Informations- und Strukturvernichtung (z.B. Kernfusion, schwarze Löcher, Vulkanismus) zeitlich ständig zu und macht so den wahrscheinlichsten Zustand offenkundig. Eine Umkehrung dieser Entwicklung ist höchst unwahrscheinlich.

Aus der Hypothese des Zusammenhangs von Urknall und Entropie ergibt sich die Frage:

Kann man die Theorie der Entropie auf den Urknall und seine Entwicklung hin zum Entropie-Maximums am Kosmos Ende anwenden?

Beides sind Grenzzustände des Kosmos: der Urknall zur Stunde 0 und das Kosmos-Ende, der energetische Tod in vielleicht 10^{160} Jahren vorausgesagt.

Siehe auch <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/>. Ein Ende könnte aber auch in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen, was aber noch nicht bewiesen ist.

Beim Recherchieren diesbezüglicher Belege für den Urknall findet man zum Entropie-Begriff wenige bzw. widersprüchliche Aussagen. Das gilt nicht bezüglich des kosmischen Finales, das ja von Clausius eindeutig vorausgesagt wird und aus der Theorie der Thermodynamik heraus sehr plausible klingt.

Ursprünglich war ich folgender Ansicht:

Der Urknall resultiert aus der Inkarnation einer Singularität von höchster Ordnung, höchster Symmetrie und geringster Wahrscheinlichkeit. Daher sollte er formal durch geringste Entropie gekennzeichnet sein.

Allerdings ist das aus klassischen thermodynamischen Überlegungen abgeleitete anthropogene Ordnungsprinzip der Entropie, angewendet auf dieses kosmische Umfeld, mehr als fragwürdig. Aber auch der statistische Ansatz der Wärmelehre ist von einer immanenten Schwachstelle gekennzeichnet (Stewart, 2014, S. ab 315). Die Entropie-Betrachtung der statistischen Mechanik (Wärmelehre) geht von indifferenten Teilchen aus, die sich ständig in einer "vergesslichen" zufälligen Stoßsituation befinden; nach dem Stoß ist der alte Kontakt vergessen, ein neuer Stoß schafft eine neue, unabhängige Situation. Solche Zufallsbedingungen ermöglichen die Anwendung von Mathematik der Stochastik.

Die Theorie der atomaren Teilchen geht dagegen von der durch Ur-Kräfte (s.a.: Ergänzung 4) beherrschten Situation aus. Zum einen sind da das inter- und zwischenatomare Wirken und die elektromagnetische Kraft. Letztere wirkt anziehend zwischen verschiedener Polarität und abstoßend bei gleicher Polarität. Sie ist abstandsabhängig, aber nicht "vergesslich", und zweitens agiert die Gravitationskraft, die in jeder beliebigen Entfernung, ausschließlich permanent anziehend wirkt. Es herrschen Wechselwirkungen in Form von Kraftfeldern, und es ist offensichtlich, dass diesem zweiten Ansatz ganz andere Prinzipien zugrunde liegen. Sie sind quantenmechanisch beschreibbar und ergeben in diesem Bereich der Hoch- und Niedrigenergie andere Aussagen.

Urknall und Kosmos-Endzustand sind mit Ordnungskriterien, wenn überhaupt, nur widersprüchlich belegbar. Meine Lösung in diesem Interpretationsdilemma ist die Einbeziehung weiterer Kriterien. Im Umfeld von Entropie muss es, neben Ordnung, Information und Wahrscheinlichkeit, auch einen Platz für Symmetrie, diesen zentralen mathematischen und physikalischen Begriff geben.

Symmetrie ist die Eigenschaft eines Objektes, deckungsgleich auf sich selbst abgebildet werden zu können bzw. auch bei bestimmten Symmetrie-Transformationen ununterscheidbar zu erscheinen. Sie kann mathematisch definiert werden.

Ergänzend sei hier darauf hingewiesen, dass Symmetrie die Eigenschaften von Isotropie und Homogenität tangiert, da beide immanente Symmetrieelemente aufweisen. Isotropie (Richtungsunabhängigkeit der Systemeigenschaften) ist dabei nicht zu verwechseln mit Homogenität (Gleichartigkeit von Elementen eines Systems).

Intuitiv neigt man dazu in Symmetrie ebenfalls eine Form von Ordnung und umgekehrt zu sehen.

Von möglichen Entropie-Kriterien, wie Ordnung, Information, Isotropie, Homogenität, Wahrscheinlichkeit – basierend auf Zufallsereignissen -, bieten sich neben Wahrscheinlichkeit, vor allem Symmetrie für die Erfassung der Grenzen des Seienden, also des Urknalls und des Kosmos-Endes an.

Ich möchte versuchen die aufgezählten Kriterien zu präzisieren (siehe 1.2), da z.B. unbedachte Symmetriebetrachtungen in Verbindung mit Ordnungsabwägungen zu Widersprüchen führen. Wenn man nämlich rein formal den Begriff Symmetrie als vermeintliches Synonym für Ordnung sowohl für den Urknall als auch das kosmische Ende anwendet, ergeben sich Widersprüche.

Meine Überlegungen dazu beruhen auf folgenden Abwägungen:

Betrachtungen von Kosmologen gehen davon aus, dass die beiden Kosmos-Grenzzustände, abgesehen von den grundsätzlich verschiedenen Energie-Niveaus, von hoher Symmetrie, hoher Gleichförmigkeit und gleichzeitig hoher Entropie, geprägt sind.

Überlegungen zum Kosmos-Ende:

Wäre diese Symmetrie identisch mit Ordnung, würde das gemäß Clausius bedeuten, dass infolge der hohen Symmetrie-Situation am Kosmos-Ende hohe Ordnung bzw. minimierte Entropie, nicht aber das Clausiussche Maximum vorlägen.

Tabellarischer Vergleich für das Kosmos-Ende bei folgenden Voraussetzungen:

Entropie: hoch (entsprechend Clausius)

Ordnung: klein (Folge aus einem anthropogenen Verständnis von hoher Entropie)

Frage: Ist die Symmetrie hoch oder klein?

Es gibt formal 8 Kombinationen.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Entropie	hoch	hoch	hoch	hoch	klein	klein	klein	klein
Ordnung	hoch	hoch	klein	klein	klein	klein	hoch	hoch
Symmetrie	hoch	klein	hoch	klein	klein	hoch	klein	hoch

entfällt wegen Entropie: klein

Entscheidungsfindung für das Kosmos-Ende:

- Gemäß den Spalten A und B müssten Entropie und Ordnung gleichzeitig hoch sein: Ein Widerspruch zum Verständnis von Entropie.
- Gemäß den Spalten E, F, G und H müsste die Entropie klein sein: Ein Widerspruch zu Clausius.
- Die Spalte D steht im Widerspruch zur Annahme der hohen Symmetrie am Kosmos-Ende.

Nur für die Spalte C gib es keine Widersprüche in sich.

Ergebnis: Nur die Spalte C deckt sich mit den plausibel erscheinenden Fakten. Also sollten Ordnung und Symmetrie (am Weltende) nicht identisch sein.

In diesem Zusammenhang komme ich nicht umhin auch die Entropie-Maximierung in der zum Urknall konkurrierenden o.a. Theorie Hoyles zu betrachten. Gilt für eine solche kosmische Entwicklung das Postulat von Clausius ebenfalls? Wie bereits ausgeführt, müsse m.E. für ein solches Universum die Entropie gegen Unendlich streben. Und gerade den Begriff der Unendlichkeit wollen die Theoretiker doch zumindest aus ihrer Mathematik heraushalten.

Angenommen man würde in die Beurteilung des Urknallverlaufs, zumindest formal, Lehrbuch-Gesetzmäßigkeiten der Entropie einbeziehen, ergeben sich folgende Überlegungen.

Ist das Emergenzieren des Urknalls durch ein Entropie-Minimum oder ein Entropie-Maximum gekennzeichnet?

Es könnte ein Minimum, also ein Zustand geringer Wahrscheinlichkeit und definitionsgemäß hoher Ordnung vorgelegen haben. Aber auch der Symmetriestatus muss betrachtet werden. Sonst wäre ein Verständnis der direkt nach dem Urknall aufgetretenen Symmetriebrüche, in wahrscheinlichere Zustände schwer zu verstehen.

Überlegungen zum Kosmos-Anfang, dem Urknall:

Es folgt eine Erweiterung meiner Entropiefrage mit Betrachtungen zum Quantenvakuum als Urheber des Urknalls. An anderer Stelle wird dieser Überlegung breiterer Raum gegeben (Siehe 1.5.4).

Annahme: Der Urknall, die Ursache der Entstehung der Raum-Zeit und damit allem Seienden, könnte aus einer besonderen Eigenschaft des Quantenvakuums resultieren. Dieses Vakuum ist nicht völlig leer, es enthält immer Nullpunktsenergie. Materie und Energie des Kosmos sind in der Nullpunktsenergie dieses Quantenvakuums begründet.

Dazu kann man sich diese Phase, zumindest gedanklich, in verschiedene Schritte unterteilen:

Wie noch beschrieben wird (Siehe 1.5.4), kann man sich den Urknall als Inkarnation einer Fluktuation im Quantenvakuum vorstellen.

Quantenfluktuationen treten auf, wenn sich aus der Grundzustands-Energie ein symmetrisches Teilchen-Anteilteilchen-Paar bildet, ohne

die u.a. Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation zu verletzen. Salopp gesagt, "borgt" sich das Paar für extrem kurze Zeit Nullpunkts-Energie für einen Massetransfer aus, der nach der Masse-Energie-Äquivalenz von Einstein möglich ist. Wenn sie sich nicht schnell trennen, zerstrahlen sie sofort wieder. Nur Symmetrieverletzungen (siehe 1.5.6) können sie stabilisieren.

Als Impetus wird die Heisenbergsche Betrachtung der Unbestimmtheit des physikalischen Begriffs Wirkung im Quantenbereich

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

gesehen. Wenn ΔE klein ist, muss Δt der Fluktuation groß sein und umgekehrt.

Die Gesamtenergie ΔE im Quantenvakuum sollte also wenig oberhalb der Nullpunktsenergie liegen oder höchstensfalls fast mit ihr identisch sein. Überraschenderweise scheint der von den Kosmologen ermittelte Gesamtenergie-Gehalt unseres heutigen Universums, ebenfalls gegen Null zu gehen.

Die Gesamtenergie ΔE kann, als Summe betrachtet klein (aber nicht null) sein, wenn man voraussetzt, dass sich dieses Energiequant symmetrisch aus einem negativen und einem positiven Energieantipoden zusammensetzt. Beide Antipoden könnten daher beliebig groß sein; Ihre Summe ergibt naturgemäß (fast) Null bzw. mindestens die Nullpunkteenergie. Wie groß ist diese aber?

Die Frage zur absoluten Größe der beiden Antipoden ist damit aber nicht beantwortet. Waren sie von Beginn an groß, weil ΔE groß war, oder hat sich ihre kosmologisch gesehen bekanntermaßen unfassbare Größe erst im Verlauf des Urknalls, z.B. der exponentiellen (Inflation) Entwicklung ergeben?

Bezüglich des Ausmaßes (Energie und Masse) können wir uns nur phänomenologisch orientieren: Angesichts der durch das Hubble-Teleskop erahnbaren Größe von Energie und Masse des Universums, sehen wir ein Ausmaß unvorstellbarer Dimension. Ist das so? Ja, aber es scheint endlich zu sein. Komplizierend kommt dazu, dass es sich, wie noch erörtert wird, nur um etwa ein Milliardstel des ursprünglichen, positiven Symmetriepartners handeln kann. Der weitaus größere Teil muss ja durch die nicht ganz symmetrische Annihilation wieder in Energie transformiert worden sein.

Der positive Symmetriepartner wird als Basis unserer kosmischen Materie gesehen. Der negative Symmetriepartner wird als die Gravitation interpretiert. Beide ergänzen sich wiegesagt als Gesamtenergie zu (fast) Null.

Überlegungen zu Ursachen und Zwischenstadien

An dieser Stelle möchte ich einen noch tiefer gehenden Vorgriff, mehr metaphysischer Natur, einbringen, der als eine Art Wegweiser im ersten und dritten Teil des Buchs dienen soll und auf den ich immer wieder zurückkomme.

Überblick:

Wiegesagt: Viele Kosmologen nehmen an, dass die Entstehung unseres Universums mit der Näherung Heisenbergs (Unbestimmtheitsrelation) erklärt werden kann. Dazu muss Δt ausreichen, um die Entfaltung einer Quantenfluktuation zu ermöglichen, die sich in einen Fortbestand als Materie rettete. Dieser Verlauf wird in der Kosmologie als Baryogenese (siehe 1.5.6) beschrieben und als nicht völlig symmetrischer Energiebruch interpretiert. Es ist der Zeitpunkt, der die Transformation von einem Milliardstel der Urknall-Energie Energie in Materie durch die unvollständige Annihilation von Materie und Antimaterie stabilisierte. Zunächst spaltete sich die Energie der hochsymmetrischen Urkraft in einem ersten Symmetriebruch in positive Energie, verkörpert durch die GUT-Kraft (bestehend aus: ST = starke Kernkraft, SW = schwache Kernkraft und EM = elektromagnetische Kraft) und negative Gravitationskraft (GK) auf.

Dass dieser Trennungsvorgang von einer exponentiellen Inflation (Alan Guth) begleitet oder gar initiiert wurde, wird heute sehr ernsthaft diskutiert. Entscheidend muss der irreversibel Temperaturabfall gewesen sein. Zumindest erscheint das durch die Entstehung dieser beiden gegensätzlichen Kräfte- und Energie-Antipoden plausibel. Darüber hinaus bietet diese Theorie eine mögliche Erklärung der im heutigen sichtbaren Universum vorhandenen, unfassbar großen Mengen an Materie und Energie.

Eine anspruchsvolle Erklärung bietet folgende Literatur:

<https://www.heise.de/hintergrund/Missing-Link-Die-kosmische-Inflation-der-Knall-des-Urknalls-6320054.html>

Diese beiden Energie-Antipoden verkörpern Entstehung und Vergehen von Materie. Die strukturierende (materialisierende) GUT-Kraft ist die Basis für Bildung und Zusammenhalt von Materie - unser sichtbares Universum. Die

strukturvernichtende, Materie zerstörende Gravitationskraft, ist das Menetekel der Materie-Vergänglichkeit.

Urknall-Symmetrie erscheint in diesem Licht, wie auch in vielen anderen Bereichen unseres Seins, das elementare Wesen unserer Welt zu sein. Alles stoffliche Sein manifestiert sich wie materialisierte (eingefrorene) Energiepotentiale, die ihren Gegenspieler in den Energiefeldern der Gravitation finden.

Eine schwer bildlich, geometrisch zu durchschauende Symmetrie. Kann man überhaupt von Symmetrie, die wir immer mit etwas Stofflichem in Verbindung bringen, sprechen? Darauf müssen wir noch eingehen, wo doch zumindest vor dem Wirken des Higgs-Feldes (während der Inflationsphase) noch keine Massen vorliegen konnten. Es muss sich um Symmetrie der Parameter und Wechselwirkungsteilchen von hochenergetischen, wechselwirkenden Kraftfelder handeln.

Die starke GUT-Kraft hat über weitere Symmetriebrüche zu den Quarks und damit Neutronen und Protonen geführt, die unsere chemischen Elemente also die bekannte Materie aufbauen.

Komplexe Symmetrien, mathematisch, optisch, energetisch, biologisch usw. sind Welt-immanent. Spaltung = Brüche sind ihr Los, weil sie dem wahrscheinlicheren Zustand entsprechen. Hohe Symmetrie ist nicht stabil, wie es die kosmischen Abläufe ahnen lassen, denn von positiver Materie und negativer Gravitation wird in sehr ferner Zukunft nichts Greifbares, sondern hochverdünnte Strahlung – Vakuum –bleiben. Wie zu Anfang ist alles wieder im Zustand hoher Symmetrie. Ein Nullsummenspiel?

Alles ist Energie und Symmetrie

Alles scheint sich um Symmetrie von positiver und negativer Energie und ihrem Nullsummenspiel zu drehen.

In sehr ferner Zeit wird die Gravitation alle durch die 3 Urkräfte dominierten atomaren Strukturen durch Kernfusion und Zerfall in Energie – Strahlung - verwandeln (Annihilation). Wenn dem so ist muss aber auch die vierte Urkraft, die Gravitation verschwinden, da es keine Massen mehr gibt, die gravitativ wirken können.

Wie wirkt Gravitation? Die Hochenergiephysiker erklären die Wechselwirkung der Urkräfte durch energetische Felder in denen „Überträger-Teilchen“ bzw. Anregungszustände dieser Felder fungieren. In der Gravitation sollen das „Gravitonen“ sein, in den elektromagnetischen Feldern sind es „Photonen“, in den Kernteilchen gibt es die „Gluonen“. Ein Masse-Teilchen wird von 3 Kernkräften durch deren Felder zusammengehalten; gleichzeitig wirkt in diesem Teilchen und in

seinem Umfeld das Feld der Gravitonen. Das hat ganz offensichtlich keinen Einfluss auf dessen Stabilität. Ein Atom wird sich nicht durch die Anziehungskraft seiner Massebestandteile zusammenziehen und selbst annihilieren. Das würde nur eintreten, wenn, aus welchem Grund auch immer, sich seine Ausdehnung unter einen bestimmten Radius verringert. Dann wird die Gravitation so stark, dass seine Struktur zusammenbricht. Ich kann mir daher „normale“ Kernfusion nur ganz pauschal durch die potenzierte, äußerst geringe Kraftentfaltung der Gravitation zwischen Protonen, Neutronen und deren Aggregate, den chemischen Elementen erklären. Sie ist für die einzelnen Teilchen – Proton, Neutron und Quarks - offensichtlich zu schwach. Es muss die Potenzierung dieser Kraft in Gravitationsfelder aus Milliarden von Milliarden von Teilchen sein, deren Addition Auslöser von Kernfusion durch Temperaturerhöhung ist.

Dieses Szenario ist auch hinsichtlich Schwarzer Löcher interessant. Da sie von Gravitationsfeldern beherrscht sind, muss auch Masse vorhanden sein. Die Massenakkumulation wird durch Gravitation (GK) immer höher getrieben, bis sie mathematisch als Singularität, als Loch im Raum-Zeit-Gefüge einzustufen ist. Diese Singularität sollte zusätzlich zur Gravitation noch von den 3 restlichen Urkräften beherrscht sein. Denn, wohin sollten sie denn beim Sturz in diese Singularität verschwunden sein? Es ist davon auszugehen, dass diese Masse nicht durch die Summe von Protonen und Neutronen repräsentiert wird, sondern der Verdichtung dieser Bausteine über einen zusammengebrochenen Neutronenstern in einer Art punktförmigem Zentrum. Auch dann sollten m.E. die 3 restlichen Urkräfte, die ja als Symmetriebrüche von Energie als Masse einzustufen sind, noch wirken. Nur so kann Gravitation ins Spiel kommen. Was aber ist in dieser Konstellation unter Masse zu verstehen? Gemäß der Kosmologie ist Masse eine Erscheinung, die den materiellen Gebilden (Urteilchen) der Urkräfte erst über Higgs-Felder zuteilwird? Oder ist die in einem Schwarzen Loch enthaltene Masse nur noch in Form ihrer Äquivalenz, der Energie zu sehen?

Hochsymmetrisch vereinigt gab es die vier Urkräfte nur auf der Energiehöhe der Singularität, also um eine Zeit von $\leq 10^{-47}$ s. Siehe auch <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/> . Gemäß dort angedeuteter Theorien könnte eine Ende in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen.

Was wird aus den 4 Urkräften in zwei so gegensätzlichen Phänomenen wie im Quantenvakuum bei ≥ 0 K und einem Schwarzen Loch?

In einem schwarzen Loch kann es m.E. keine so hochsymmetrische Situation wie in der Singularität vor dem Urknall geben.

Im Quantenvakuum gibt es keinen Raum mehr, der ja in der Anwesenheit von Massen begründet ist. Es bleibt das Vakuum dessen Beschreibung hinsichtlich

Größe und Zeit nicht mehr erfassbar sind, das aber nicht völlig leer ist infolge der Nullpunktsenergie. Nullpunktsenergie und höchste Symmetrie wären also alles, was einmal dieses Universum vor dem Urknall dargestellt hat.

Wie bereits beschrieben, ist Symmetrie jedoch labil und kann sich nur durch Symmetriebrüche in weniger symmetrischen Zustände stabilisieren. Wie sich das abspielen kann, wurde und wird in diesem Buch für unseren Kosmos dargestellt. Somit besteht die Möglichkeit, wenn nicht sogar der Zwang eines neuen Anfangs, der im Prinzip eine neue, vergleichbare Quantenfluktuation auslösen könnte mit dem Potential sich wiederum durch eine Symmetrieverletzung in ein neues Raum-Zeit-Gefüge zu „retten“.

Es ist verständlich hier die Antwort nach dem Sinn unseres Seins zu suchen und in der „Nullpunktenergie“ genannten, im jetzigen Wissensstand letzten uns mental zugänglichen Instanz, etwas Göttliches zu sehen: Agnostik (Siehe auch 4. „Mein Weltbild...“)

Was ist zum Wirken von Entropie zu sagen?

Mit dem Urknall emergierten entscheidende Veränderungen im Quantenvakuum. Einem ersten Symmetriebruch folgte ein gigantischer Überlauf von höchster Symmetrie und höchstem Potential symmetrischer, komplexer Wechselwirkungen unter Freisetzung von dissipativer Energie. Die Spaltung in eine (GK) und drei (ST, SW und EM) kurzfristig vereinigten Ur-Kräfte fand statt. Weitere Symmetriebrüche führten zu Materiebildung im Laufe eines inflationären Temperaturabfalls, weiterer Energiefreisetzung und einer exponentiellen Ausdehnung der ursprünglich winzigen Quantenfluktuation. Im Hinblick auf die Entropie kann allenfalls der dissipativen Vorgang der "Zerstreuung" von Energieinhalten bei den Symmetriebrüchen in Form nicht nutzbarer thermischer Energie - betrachtet werden.

Kann in diesem Entropie-Kontext und wenn ja, ab welchem Zeitpunkt, schon von Information, von Ordnung, von Struktur und nicht besser nur von Symmetrie die Rede sein, wie es die Theoretiker ja voraussagen (s.u.: Symmetriebrüche)? Nun, man könnte argumentieren, dass vor oder im Urknall tatsächlich höchstes, latentes Informationspotential vorlag, das ja alles heute Seiende sozusagen als Option beinhaltet haben muss. Aber eben nur als Potential, vergleichbar etwa unserer rezenten DNA, die ja in ihrer Evolution den Menschen vor 5 Milliarden Jahren nicht als Realität, sondern nur als Möglichkeit, zunächst in Form eines Einzellers enthielt. Gesichert ist lediglich, dass alle vier Urkräfte, vereinigt in einer höchst symmetrischen Urkraft, in dem beschriebenen hochsymmetrischen „Keim“ enthalten waren. Als was? Als Naturgesetze? Als Summe aller Energie, die wir um uns in Form von Materie vorfinden und auf Quantelung beruht? War das der Beginn einer Entelechie eines Aristoteles? Sicher kann man da auch über ein göttliches Prinzip spekulieren.

Will man das an gesprochene Informationspotential nicht akzeptieren, erscheint die Entwicklung zu unserem Sein schwer denkbar ohne nachfolgende Eingriffe durch eine „höhere Gewalt“ zu akzeptieren.

Kann man für diese Phase des Urknalls von hohem Informationspotential und gleichzeitig hoher Symmetrie sprechen? Beides erscheint sehr plausibel.

Kann man aber Informationspotential überhaupt mit Information gleichsetzen? M.E. nicht. Potential ist keine Realität, sondern nur eine Möglichkeit. M.E. kann man daher für den Urknall nicht auf hohe Information und nicht auf niedrige Entropie schließen.

Will man die hohe Symmetrie des Urknalls verneinen, muss erklärt werden, wie die großen Symmetriebrüche, die weiter unten beschrieben werden, zu erklären sind. Sie müssen ja aus einer höheren, symmetrischeren Ebene resultieren.

Resümee:

Es erscheint plausibel den Urknall und seine vorgelagerte Phase als Zustand hoher Symmetrie, hohen Informationspotentials aber nicht hoher Informationsdichte einzustufen.

Wie verliefen die darauffolgenden 13,8 Milliarden Jahre der Entropie-Entwicklung bis heute? Gibt es für diese Phasen einen erkennbaren Trend für die Entropie-Entfaltung, der mit Clausius Final-Statement übereinstimmt?

Um meine weiter unten folgenden Spekulationen zur kosmischen Entropie-Entwicklung transparent zu machen, möchte ich im nächsten Abschnitt einige Begriffsdefinitionen präsentieren. 1.2. Eingrenzungen zum Begriff Entropie: Ordnung, Symmetrie, Homogenität, Isotropie, Information, Wahrscheinlichkeit, Struktur, Zufall und Leben.

Hermann Weyl¹¹⁴ hat einmal gesagt:

"Symmetrie, ob man ihre Bedeutung weit oder eng fasst, ist eine Idee, vermöge derer der Mensch durch Jahrtausende seiner Geschichte versucht hat, Ordnung, Schönheit und Vollkommenheit zu begreifen und zu schaffen".

Mit diesem kompositorischen Statement ist sehr viel von einer Charakterisierung eingegrenzt, deren Kern ich versuche in den nächsten Seiten, zu erklären.

Vorab: Die Standardmodelle der Kosmologie gehen wie gesagt davon aus, dass sich nach dem Urknall, in der ersten Sekunde, über symmetriedominierte Zwischenphasen infolge von Symmetriebrüchen, stufenweise eine inflationäre Energie-Entfaltung abgespielt hat, verbunden mit der Entstehung von Materie.

$$E = mc^2$$

Danach folgten bis heute 13,8 Milliarden vergleichsweise ruhige Jahre, in einem energetisch langsam auskühlenden, von Materie und Gravitation dominierten Raum-Zeit-Kontinuum.

In der mir zugänglichen Literatur findet man hinsichtlich des Kosmos-Anfangs leider wenig Aussagen zu der Entropie.

Das Kosmos-Ende wird von vielen Kosmologen in etwa 10^{160} Jahren vorausgesagt.

Siehe auch <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/>. Ein Ende könnte aber auch, wie bereits erwähnt (s.o.), in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen, was aber noch nicht bewiesen ist.

Dieses Ende wird beginnen, nachdem durch gravitative Massenanziehung und in deren Gefolge Kernfusion, die Rücktransformation von Materie in Energie dominiert. Schwarze Löcher und deren Strahlung bzw. deren Zusammenbruch sollten den gleichen Weg nehmen. Dann müsste sich das Seiende und die Vierdimensionalität der Raum-Zeit als immer dünner werdendes Energiefeld auflösen, das sich der Nullpunktsenergie nähert. Ob es aber überhaupt ein Ende gibt, ist aber heute noch nicht final zu beantworten.

Dieses Kosmos-Ende gibt Rätsel auf: Alle vier Urkräfte sind für sich betrachtet nicht mehr wirksam bzw. verschwunden. Was sollen schwache, starke und elektromagnetische, Kraft wenn keine Materie mehr da ist? Ohne Materie verliert aber auch die Gravitationskraft ihre Bedeutung. Sind alle vier im vergleichbaren, vereinigten Symmetriezustand der ursprünglichen Urkraft; nahe dem absoluten Nullpunkt?

Zu dieser kosmischen Tragödie mit ihren zwei Fixpunkten, dem Urknall und dem Ende des Universums kommt ein weiterer Fixpunkt. Das ist das im Folgenden zu diskutierende kurzfristige Entropie-Minimum in der Inflationsphase.

Schauen wir uns die Eingrenzungsbegriffe zunächst einmal näher an:

1.2 Eingrenzungen zum Begriff Entropie

1.2.1 Ordnung

Entropie und Ordnung stehen definitionsgemäß zueinander in reziprokem Verhältnis:

Hohe Ordnung korreliert mit niedriger Entropie und repräsentiert z.B. unwahrscheinliche Zustände. Unverwechselbar zeigt sich Ordnung in dem Phänomen Leben.

Entropie bewertet Unterschiede und Potentiale. Sie korreliert mit dem Maß an System-Information. Leben z.B. wird durchgehend als ein hohes Ordnungs-Phänomen sehr geringer Wahrscheinlichkeit eingestuft und daher mit niedriger Entropie bewertet.

Unordnung ist erfahrungsgemäß unsere häufigste Wahrnehmung. Sie resultiert z.B. aus der allgegenwärtigen, immanenten Nivellierung von Potentialunterschieden und Instabilität durch spontanen Ausgleich. Sie ist uns geläufig für die meisten terrestrischen bzw. kosmischen Befunde. Denken Sie nur an irdische geographische Entwicklungen wie Wüstenbildung, an Erosionsprozesse in Gebirgen oder, kosmisch gesehen, an das energetische Verströmen der Sonne oder die beschriebene kosmische Hintergrundstrahlung (CMB). Relative Unordnung wird in breitem Konsens als Synonyme für relativ hohe Entropie eingestuft.

Persönliches Statement

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass mir der o.a. Begriff "Unordnung", semantisch bedingt, Verständnisprobleme bereitet, die ich in der Ergänzung 2, Entropie, Tabelle 10, näher ausgeführt habe. Ich werde daher in der weiteren Argumentation, versuchen den Begriff „Unordnung“ durch „Nichtordnung“ weitgehend zu ergänzen.

Im Folgenden ist überwiegend die Rede von der Ordnung stofflicher Objekte.

Was ist das Wesen von Ordnung?

Literaturzitate:

Eine interessante Antwort präsentiert z.B. folgender link:

<http://www.madeasy.de/2/ordnung.htm#1>:

Wie misst man den Grad an Ordnung oder Unordnung in einem System?

Ordnung heißt: Jedes Ding ist an seinem Platz und es gibt nur einen Platz für jedes Ding.

Im Umkehrschluss bedeutet dies: Es gibt nur eine einzige Möglichkeit, perfekte Ordnung einzustellen! Im perfekten Kristall ist jedes Atom an seinem Platz.

(Einwand: Kein Atom hat "seinen Platz". Allenfalls "einen Platz", ansonsten könnte man Atome unterscheiden. Anm. d. V.)

Es gibt aber viele Möglichkeiten, einen unordentlichen Kristall zu produzieren.

Alle höheren Ordnungen, alle komplizierten Strukturen sind hier nicht mit dem Begriff Ordnung gemeint! (? Anm. d. V.)

Eine Schneeflocke hat also in diesem Sinne eine geringere!!! Ordnung als ein Einkristall aus Wassermolekülen derselben Temperatur, denn Ihre Entropie ist höher als die Entropie eines Einkristalles.

Vielleicht kann man das messen, wenn man die Wärmemenge misst, die zum Schmelzen einer bestimmten Masse an Schneeflocken und derselben Masse eines Wassereinkristalles notwendig ist.

Theoretisch müssten die Schneeflocken mit einer geringeren Wärmemenge schmelzbar sein.

(Einwand: Eine unnötige Diskussion: Wie soll diese Masse an Wassereinkristallen (?), die es aufgrund der Beweglichkeit der Wassermoleküle gar nicht geben kann, gemessen werden. Ein Schneekristall besteht darüber hinaus aus Milliarden von Wassermolekülen. Anm. d. V.)

Wenn Sie in WIKIPEDIA den Begriff „Ordnung“ aufrufen, finden Sie 21 definierte Ordnungs-Bereiche ganz unterschiedlicher Art. Allerdings sind alle 21 Beispiele mehr oder weniger eindeutig mit Lebensentfaltung und daraus resultierender menschlicher Informationshandhabung verbunden. Ordnung ist ein anthropogener Begriff und physikalisch allenfalls in Verbindung mit dem Energiebegriff anwendbar.

Ordnung und Einmaligkeit

Ordnung z.B. im Sinn von vergleichender Struktur- oder Informationsbewertung, ist an sich mathematisch oder physikalisch nicht definierbar; ganz im Gegensatz zu Begriffen wie Symmetrie, Isotropie, Information, Struktur oder Wahrscheinlichkeit.

Sollte man besser von "An"-ordnung sprechen, was aber voraussetzt, dass diesem "An-" eine gezielte Abwägung voraus geht? Wer oder was initiieren diese Aktivität? Schließlich muss es sich ja um gewolltes Agieren handeln, also bewusstseinsgesteuerte Abläufe.

M.E. bedeutet Ordnung vorrangig, dass ein System physikalisch-stofflich gesehen einmalig ist und u.a. durch geringe Wahrscheinlichkeit und hohe Informationsdichte charakterisiert werden kann: Typische Kennzeichen von Leben. Replikate von dieser stofflichen Einmaligkeit sind biologische Kopien (s.u.) bzw. chirale System (s. Ergänzung 9, Optische Aktivität).

Ordnung kann nicht für ein einzelnes Objekt festgelegt werden, nur in Objekthäufungen kann ihre Strukturierung durch Absprache als Ordnung definiert werden.

Ordnung kann man u.a. mit Adjektiven wie unwahrscheinlich, künstlich, einmalig und abgrenzbar beschreiben. Ordnung kann z.B. im Rahmen von sortieren oder klassieren entstehen. Damit ist nicht unbedingt bewusstes Handeln vorauszusetzen; auch in der unbelebten Natur oder im Kosmos spielen sich Vorgänge ab, die uns aus unseren Erfahrungen wie sortieren und klassieren erscheinen. Wir finden terrestrische Beispiele in Dünenbildung, Mäanderformation, Terrassierungen u.v.a.m. Im teleskopisch sichtbar gemachten Kosmos erwecken die

Kugelform der Sterne, die Galaxienformationen, Galaxienhaufen oder Planetensysteme in uns einen Eindruck, den wir intuitiv mit unserer menschlichen Ordnungserfahrung charakterisieren.

Ordnung und Energie

Grundsätzlich setzen alle Ordnungsvorgängen, ob belebt oder unbelebt, Energiezufuhr voraus. Der mit diesen Vorgängen erreichte Zustand scheint oft einer "An"-ordnung oder einer unterscheidbaren Strukturbildung und damit geringerer Wahrscheinlichkeit zu entsprechen. Mit dieser geringen Wahrscheinlichkeit korreliert, gemäß der statistischen Mechanik, geringe Entropie also vergleichsweise hohe Ordnung.

Es gibt jedoch grundlegende Unterschiede.

- Eine unbelebte Düne z.B. entsteht durch von Sonnenenergie, bzw. Hoch- und Tiefdruckregionen getriebenem Wind. Sie erscheint in ihrer Gesamtheit geordnet und einmalig und ergibt sich aus physikalischen, energetischen Phänomenen. Ihre Elemente allerdings, Sandkörner, sind in erster Näherung nahezu unendlich vielfach vorhanden, und nicht unterscheidbar. Sie existieren chaotisch und doch beziehungslos nebeneinander; lediglich Wind und gravitative Kräfte bestimmen ihren Holismus.

- Leben etabliert sich durch DNA gesteuerte, energiegetriebene biochemische Reaktionen. Letztlich ist auch hier die Sonne der Energiemotor. Die existentielle Basis von Leben, die Zelle, wird in sich und darüber hinaus von komplexen Stoff- und Energiekreisläufen bestimmt, die sich nicht einfach reduktionistisch erfassen lassen. Z.B. ist die Entstehung eines Baums und eines Blatts dieses Baums, ein ungeheuer vielstufiger Vorgang. Er führt im Rahmen evolutionärer Entwicklungen zu Lebensentfaltungen von hoher Einmaligkeit, gesteigert durch Effekte wie Mutation und Selektion. Die Wahrscheinlichkeit z.B. im Laub des Herbstwaldes zwei absolut identische Blätter zu finden, geht gegen Null (ein Vorführeffekt, den schon Leibniz¹¹⁵ in höfischen Kreisen benutzt hat, der aber angesichts der Fülle an zu wertenden Blättern letztlich unbeweisbar ist). Diese verschwindend geringe Wahrscheinlichkeit der Blätter-Identität, entspricht hoher Einmaligkeit und Ordnung und damit geringer Entropie. Biologische Vorgänge müssten daher aus energetischer Sicht im Widerspruch zu dem Theorem von Clausius stehen, da sie ja von der Entropie-Erhöhung ausgenommen scheinen.

Man muss aber energetisch den gesamten Vorgang bilanzieren: die Selbstorganisation (s.a.: 2.2.12), der biologischen Ordnung und den gesamten, makroskopischen Ordnungszustand. Damit erfasst man die Gesamtentropie, die größer ist, da jede Ordnung erfahrungsgemäß durch einen mehr oder weniger großen, überschüssigen (dissipativen), meist nicht messbaren Energie-Mehraufwand

erzungen wird. Damit wird die Gesamtordnung letztlich geringer, die Gesamtentropie steigt und der dissipative Energieanteil verliert sich ohne erkennbaren Nutzen: der Energieinhalt des Dünenwindes verschwindet undifferenziert und verteilt sich weit über die Düne hinaus. Die Kugelform eines Sternes ist nur eine tiefere Stufe des energetisch-materiellen Potentials des Sterns, begleitet von gewaltigen dissipativen Energieeffekten.

Leben als Gesamtordnungszustand verbraucht Energie in weit höherem Maß als es die lebensverwirklichenden, biochemischen Reaktionen errechnen lassen. Selbst der Denkvorgang eines menschlichen Hirns wirkt durch Erzeugung von erhöhter Informationsdichte zwar lokal Entropie vermindern; er erzeugt aber allein schon wegen des "schlechten" Wirkungsgrades der biochemischen Reaktionen, dissipative Energie.

Ordnung und Leben bzw. Bewusstsein

In der Natur scheint Ordnung das grundlegende Prinzip zu sein, das Leben kennzeichnet. Es beruht auf einem künstlich anmutenden, selbstorganisatorischen Gestaltungsprozess biochemischer Prinzipien. (Auf den Effekt der selbstähnlichen Duplizierung wurde bereits eingangs hingewiesen, s.o. Paradigmenwechsel, Benoit Mandelbrot). Leben ist im naturwissenschaftlichen Sinn unwahrscheinlich und widerspricht den Gesetzen der klassischen Entropie. In diesem Sinn ist Ordnung und damit Leben kosmosweit eine Ausnahmesituation. Auf diesen zentralen Punkt kommen wir zurück.

Mit dem Leben sind der Mensch und seine Bewusstseinsfähigkeit ins Spiel gekommen und damit die Voraussetzungen diesen abstrakten Begriff - Ordnung - zu formulieren. (Trivial, aber nur terrestrisch gesehen!). Denn wer oder was sonst, kann Phänomene beschreiben bzw. Informationen bewerten und damit über Zustände belebten und unbelebten Ursprungs urteilen? Ich denke der beobachtende, messende, aber auch gestaltende Mensch vergleicht Erscheinungen mit seinem individuellen, mentalen, über Jahrtausende aufgebauten Informationsspeicher, bewertet ihre Häufigkeit und damit ihre Wahrscheinlichkeit. Und: er spricht mit seinesgleichen darüber! Damit wird ein Urteil aus "demokratischer" Erfahrung möglich. Dieser ganze Kontext impliziert aber, dass Bewusstsein ein geordnetes System sein muss, über Ordnung befindet.

Ordnung ist andererseits die Voraussetzung von vernunftorientiertem Denken und Handeln. Wie soll ein Rückgriff auf Informationsspeicherung, die Voraussetzung für gezieltes Vorgehen, ermöglicht werden, wenn der Bezug, die Quelle fehlt? Jedes wissenschaftliche Werk greift auf bereits Gesagtes oder Gedachtes zurück. Das tut auch jeder Handwerker oder Landwirt. Das ist aber nur möglich, wenn es reproduzierbare Wege zu den gegebenen Speichern (?) gibt. Ansonsten müssten jedes Denken und Handeln wieder bei null anfangen. Kann man aber in diesem Zusammenhang wirklich von Speichern

im Sinn von Gehirnlokalitäten reden? Mikrobereiche, die Informationen, stofflich an definierten, wieder auffindbaren Strukturen verankern, die irgendwie wieder abrufbar sind; z.B. über ein „Bus-System“ wie es die Mess- und Regeltechnik nutzt? Ich glaube nicht. Vielmehr halte ich ein stochastisches System für möglich, wie es z.B. die Situation im Fall der Mikrobiologie kennzeichnet. Ich denke dabei an die stochastische Abwicklung von Zellreaktionen, wie sie von Dyson beschrieben werden. Dort gibt es keine Speicherplätze, sondern nur Musterpassung (Dyson, 2016, S. 404). „Wissensmoleküle“ gibt es m.E. nicht.

Es könnte aber über Jahrtausende, im Rahmen der Evolution, eine Musterbildung in Form von cerebralen Zellgefügen stattgefunden haben; z.B. Myriaden von örtlich und räumlich unterschiedlichen, dreidimensionalen Clustern aus sehr, sehr vielen fest verankerter Nervenzellen. Leistungspotenziert durch Vernetzung über Synapsen. Cerebral verankerte Muster könnten als Gesamtkomplexe lichtschnell erkannt werden und unser Bewusstsein steuern. Eine ungeheure Diversivität ist denkbar. Zwei- und dreidimensionale Bereiche, Schnittmengen durch Überlappungen von Unterbereichen: Clusterbildung, aber offen für wechselnde Verknüpfungen. Speicherung und vor allem: vergleichende Auffindung durch lichtschnelle elektromagnetische Impulse könnten das Bindeglied sein. Cerebrale Musterbildung von Zellclustern könnte sich als cerebrales Pendant der Realität in unseren Gehirnen über Milliarden von Jahren optimiert haben.

Ordnung in Hochform!

Mit anderen Worten: Ordnung nennen wir in diesem Sinn, was unser Bewusstsein als erzwungen, einmalig und unwahrscheinlich einstuft. Daraus resultiert die Erkenntnis, dass zur mentalen Erfassung bzw. zur Gestaltung von Ordnung, der Begriff Leben Voraussetzung ist, das aber selbst wieder Ordnung entspricht. Ordnung beurteilt Ordnung. Ein Zirkelschluss der Selbstbeschreibung?

Die Wahrscheinlichkeit eines Ordnungs-Zustands ist wie gesagt gering. Diese Feststellung legt die Frage nahe, ob es hohe oder niedrige Ordnung geben kann, wie es ja Phänomene geringer und hoher Wahrscheinlichkeit gibt. In diesem Sinn scheint zunächst nur eine Ja-Nein-Beurteilung möglich: Ordnung oder keine Ordnung, Organik oder Anorganik, Leben oder Tod. Das scheint mir allerdings eine problematische Begrenzung zu sein, denn die Thermodynamik lehrt, dass es durchaus messbare, abgestufte Ordnungserfassung gibt (s.u.).

Ordnung und Kopie

Die Kopie einer Sache, eines Gedankens, einer Handlung usw. ist nur in Kombination mit Leben denkbar und daher mit einer bewussten Ordnungsgestaltung verbunden.

Ein Berg, ein See, eine Wolke ist das Ergebnis von ungeplanten physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Sie entstehen und verlaufen immer zufällig unter Entropieerhöhung und dissipativem Energieaufwand. Langfristig erfolgt Potentialausgleich.

Es gibt z.B. nahezu unendlich viele Kopien von biologischer Ordnung im Bereich der Fortpflanzung also den Genotypen der einzelnen Spezies. Zellen entwickeln sich als Kopie einer befruchteten Samenzelle. Für den resultierenden Phänotyp, der das kopierte Zellmaterial eines Lebewesens verkörpert, handelt sich um Resultate aus Lebensvorgängen, die wiederum Bio-Molekül-Kopien in ungeheurer Vielfalt und damit Fortbestand erzeugen. (Dieses Kopieren ist aber von Abweichungen begleitet. Dafür sind z.B. Mutation auslösende DNA-Variationen verantwortlich).

Entropie ist aus thermodynamischer Sicht eine extensive Größe. Sie wächst z.B. mit zunehmendem Volumen oder zunehmender Masse des Systems. Also sollte sich die Entropie eines lebenden, sich vermehrenden, Bio-Kopien erzeugenden Systems ständig erhöhen. Das würde bedeuten, dass biologisch erzeugte Ordnung zu immer höherer Entropie und damit immer geringerer Ordnung führen müsste: Ein Widerspruch?

Die Thermodynamik lehrt, dass der Quotient zweier extensiver Größen zu einer intensiven Größe führt, also zu einer Größe, die sich mit der Zunahme des betrachteten Systems nicht ändert.

Wenn wir die Anzahl N von Bio-Kopien z.B. auf die damit korrelierende Masse M oder das Volumen V in Form von Zellen beziehen, also den Quotienten von N/M oder N/V bilden, erhalten wir eine intensive Größe und der obige Widerspruch löst sich auf.

Absolute Identität finden wir nur für Elemente und Moleküle und stehen damit auf der evolutionären Ebene weit unterhalb von Leben: Elementarteilchen sind nicht unterscheidbar. Sie sind vor Milliarden Jahren in der Baryogenese entstanden. Auch chemische Elemente sind Unikate, allerdings aus späteren Kernfusionen. Sie formen Moleküle, die überwiegend als zahllose, energetische Potentiale agieren. Komplexe wie z.B. aus Aminosäuren aufgebaute Enzyme oder Glukose-Ketten formen geordnete primäre bis tertiäre Strukturen und sind nur in dieser geordneten Stereochemie für das Leben, das sie erschaffen hat, tauglich. Allerdings ist die ihrer großen Ordnung innewohnende Funktionalität z.B. als Enzym von sehr hoher Kopiergenauigkeit abhängig. Die gesamte molekulare Biochemie setzt in einem perfekten Passungssystem hohe stereospezifische molekularer Komponenten voraus. Ordnung ist in ungeheurem Ausmaß, wenn man Leben in seinen Abläufen genau betrachtet, für Leben unabdingbar. Ansonsten kann das elementare Schlüssel-Schloss-System einer biochemischen Reaktion nicht funktionieren. Die Kopie funktioniert in Lebensprozessen nur wenn sie absolut perfekt ist.

Nehmen wir beispielsweise ein in der Biologie nahezu allgegenwärtiges Molekül wie Vitamin C (L-Xylose-Ascorbinsäure). Es gibt zwei Antipoden (s.a.: Ergänzung 9, Optische Aktivität).

Die Summenformel $C_6H_8O_6$ belegt, dass es aus 6 Kohlenstoff-, 8 Wasserstoff- und 6 Sauerstoffatomen aufgebaut ist und zwei Asymmetrie Zentren (siehe Ergänzung 9) aufweist.

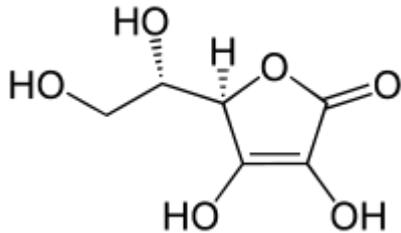


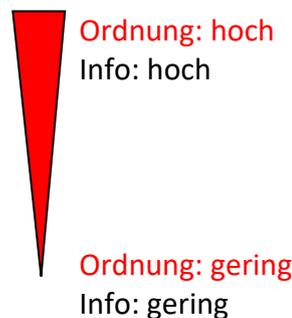
Abbildung 1: Ascorbinsäure (Kopie aus WIKIPEDIA) (Stereochemische Formel) Flächendarstellung

Eine Summenformel $C_6H_8O_6$ besagt aber nichts über die räumliche, stereochemische Struktur eines Moleküls. Jedoch agiert ein Biomolekül nur im Raum. Aus chemischer, besser informationstechnischer Sicht werden also folgende Stufen der zunehmenden Komplexität, Informationshäufung und damit Entropie Abnahme dargestellt. Entropie und Ordnung agieren im Raum.

Stereochemische Formel

Flächenformel (z.B. Fischer Projektion)

Summenformel



Diese Struktur des Vitamins ist auf der ganzen Erde die gleiche, und ausschließlich sie garantiert die biologische Relevanz. Erzeugt werden diese Kopien über komplexe enzymgesteuerte, stereoselektive Biosyntheseschritte in Bakterien, Pflanzen und Wirbeltieren, oder ineffektiv und aufwändig, in technisch-chemischen Prozessen, aufbauend auf Naturprodukten wie chiraler D-Glukose. Eine technische Totalsynthese, aufbauend auf den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, wäre außerordentlich aufwendig. Wie ausgeführt, gibt es zwischen den weltweiten Ascorbinsäure-Kopien nur den örtlichen und zeitlichen Unterschied, wenn wir einmal von geringen Differenzen in der

Isotopenverteilung von Kohlenstoffatomen (Rossmann, 2013), Wasserstoffatomen und Sauerstoffatomen absehen wollen.

Laut [http://www.molport.com/buy-chemicals/molecular-formula/C₆H₈O₆](http://www.molport.com/buy-chemicals/molecular-formula/C6H8O6), sind der Chemie derzeit 32 verschiedene Moleküle und damit 32 verschiedene chemische Verbindungen mit dieser Summenformel bekannt; Stand 2012. Die kombinatorische Möglichkeit, durch willkürliche Verknüpfungen der 20 Atome, Moleküle mit der Summenformel C₆H₈O₆ zu kreieren, liegt allerdings noch um Größenordnungen höher. Sie alle haben nichts mit der Ordnung und Einmaligkeit von Vitamin C gemein. Es sind keine Kopien.

Es gibt also nur eine einzige, eine einmalige Struktur-Version, die Vitamin C verkörpert. Die 20 Atome müssen an eindeutigen räumlichen Plätzen in gegenseitiger Abhängigkeit angeordnet sein, um als Vitamin zu wirken. Darüber hinaus ist nur das Enantiomer der L-Xylose-Form der Ascorbinsäure wirksam. Grund ist, dass sich sein Wirkungsspektrum nur im Rahmen einer definierten, enzymatischen Umgebung abspielt; einer Umgebung, die in gleichen Maß wie Vitamin C von Chiralität geprägt ist. Chiralitätsdominanz ist aber ein verbindliches Merkmal von Leben. Dieser vergleichsweise unwahrscheinliche Zustand ist unzweideutig und aus menschlicher Sicht nur durch hohe Kenntnistiefe, Informationsdichte und Ordnung erfassbar. Nur die beschriebene, eindeutige Verknüpfung und räumliche Anordnung der 20 Atome bewirken seine und die seiner biochemisch Kopien entspringende Vitamin-Wirkung. Es gibt für dieses Molekül daher, bis auf das als Vitamin unwirksame spiegelbildliche Isomere, D-Xylose-Ascorbinsäure, nur eine einzige räumliche Ordnung. Verändert man die Struktur in diesem Molekül, ist es mit der Wirksamkeit vorbei. Die Kopie ist zerstört. Die Interpretation dieses Befundes ist, dass das Leben dieses Moleküls und seine geordnete Struktur hervorgebracht hat. Es ist die biochemische Ordnung, die aufbauend (anabolische) neue, systemimmanente Ordnung in Kopien bewirkt. Abbauend (katabolisch) wird diese Ordnung zerstört. Komplexität verschwindet und Nichtordnung, aber Entropieerhöhung sind das Resultat.

Ordnung kann nur aus bereits vorhandener Ordnung entstehen.

Damit stellt sich die Frage nach dem Anfang von Ordnung, auf die wir im Rahmen der Suche nach der Entstehung von Leben noch zurückkommen. M.E. muss ein direkter Zusammenhang mit dem in diesem Kontext zu erörternden biologischen Symmetriebruch (s.u.) bestehen. Ohne Leben, das letztlich nur nach diesem Symmetriebruch vorstellbar ist, kann es kein menschliches Bewusstsein geben und somit auch keinen Akteur, der Ordnung definieren könnte.

In diesem Sinn gibt es also einen Anfang von Ordnung und ein Ende, wenn alles Leben eines Tages ausgelöscht sein wird. Ohne Leben ist alles kosmische

Geschehen ein ständiges Abdriften in immer größere Wahrscheinlichkeit von materieller bzw. energetischer Gleichverteilung.

Auf einen mehr religiös orientierten Aspekt von Ordnung möchte ich abschließend noch eingehen. Es ist die Idee von der "Verknüpfung" von oder durch Ordnung, die mir beim Lesen von Dantes "Göttlicher Komödie" gegenwärtig wurde.

Zitat aus "Die göttliche Komödie": Das Paradies, 1. Gesang, Vers 103
"Die Ordnung hält miteinander alle Dinge verknüpft"
 belehrt die beseelte Beatrice den leidenden Dante.

Im Danteschen Kontext ist das eine von Religiosität, Mystik und Glaube geprägte Weltanschauung. Für die Naturwissenschaft ist dieser Gedanke der holistischen, verknüpfenden Ordnung nicht grundsätzlich abwegig. Die wissenschaftlich orientierte Welt kennt diese Verknüpfung schon lange. Sie wird z.B. in den klimatologischen und ökologischen Vorstellungen zu Nachhaltigkeit transparent. Am eindrucksvollsten wird das m.E. in der Chaostheorie sichtbar.

Kann man Ordnung messen?

Diese Frage läuft darauf hinaus: Ist Entropie messbar?

Man kann die abstrakten Begriffe Ordnung, aber auch Kenntnis (= Information) und Wahrscheinlichkeit mit dem nicht minder abstrakten und universellen Begriff Entropie in einem messenden Kontext betrachten. Das ist allerdings mit einer gewissen Reduzierung dieser an sich gegenstandslosen physikalischen Größe verbunden. Ich will versuchen die methodische Entwicklung dieses Bezugs darzustellen:

Entropie war ursprünglich, wie Sie aus Ergänzung 2 entnehmen können, eine klassische thermodynamische Größe, die als solche kalorisch eindeutig stoffspezifisch messbar ist und für die Interpretation von wärmetechnischen und chemischen Abläufen genutzt werden kann. Anwendung findet das Entropie-Prinzip seit vielen Jahren z.B. in der Chemie, der Physikalischen Chemie, der Technik usw. Es gibt unzählige Tabellenwerke in denen Sie die Größe der sogenannten Standardentropien¹¹⁶ nachlesen können. Für die Reaktionsteilnehmer sehr vieler chemischer Reaktionen können diese messbaren Entropie-Werte u.a. plausibel mit der dreidimensionalen Strukturveränderung und dem resultierenden relativen Ordnungszustand von chemischen Bindungen der Reaktanten in Relation gesetzt werden. Vor allem wird bei Kenntnis der Entropie-Werte die Beurteilung möglich, ob eine bestimmte chemische Reaktion spontan stattfinden kann.

Im Folgenden wird dargelegt, wie eine physikalisch messbare Entropie-Änderung mit anthropogen bewerteter Ordnungsänderung synchronisiert werden kann. Umgekehrt sollte aber auch für eine mental erfasste Ordnungsänderung, eine

qualitative Zuordnung der Entropie-Änderung möglich sein. Dieser Zusammenhang ist am Beispiel der bereits angesprochenen Photosynthese gut belegbar. In diesem lebenswichtigen, biochemischen Kreisprozess (s.a.: Abschnitt 2.5), wird die ubiquitäre organische Verbindung D-(+)-Glukose (Dextrose bzw. Traubenzucker) in grünen Pflanzen aus Kohlendioxid und Wasser, mit Hilfe der Energiezufuhr von Sonnenlicht aufgebaut und unter Freisetzung dieser Energie für den Zellstoffwechsel wieder zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut.

Das Entantiomer zur D - (+) -Glukose, die L - (-)-Glukose, spielt in der Biochemie keine Rolle. Es ist kein Naturprodukt und nur aufwändig synthetisierbar.

Der durch chemische und physikalische Strukturanalyse ermittelte Aufbau des D - (+) -Moleküls lässt ohne Zweifel erkennen, dass streng geordnete Bindungen vorliegen. Diese einmalige Struktur ist zwischen allen Glukose-Molekül völlig identisch. Gestaltet werden diese Bindungen durch biochemische, enzymatische Aufbau-Prozesse, die untrennbar mit Leben verbunden sind.

Das gilt nicht für die beiden Glukose-Abbauprodukte, Kohlendioxid und Wasser, deren Vorhandensein erfahrungsgemäß in hohem Maße wahrscheinlicher ist als die Präsenz von Glukose. So existieren Kohlendioxid und Wasser im Gegensatz zu Glukose bereits seit mindestens 13 Milliarden Jahren auf der Erde. Glukose wird, zumindest terrestrisch, frühestens seit etwa 3,5 Milliarden Jahren durch Lebensvorgänge in Zellen aufgebaut. Kohlendioxid und Wasser können zwar ebenfalls durch biochemischen Abbau in Lebensabläufen entstehen (z.B. Mineralisierung, s.u.), aber auch ebenso durch eine einfache chemische Oxidation: die ungeordnete, nicht umkehrbare technische Verbrennung, z.B. von fossilen Stoffen wie Holz und Kohle, die sich letztlich von Glukose ableiten.

Das D - (+) -Glukose-Molekülgerüst erscheint uns hoch strukturiert, einmalig, außergewöhnlich und unwahrscheinlich. Makroskopisch organisieren sich die Glukose-Moleküle durch Gitterkräfte zu weißen Kristallen. Vergleichend mit Kohlendioxid und Wasser können wir diesen an sich unwahrscheinlichen Zustand, die relative Ordnung der Glukose nennen.

Die gasförmig ungebunden herumschwirrenden Kohlendioxid - bzw. Wassermoleküle, die beim Abbau oder der Verbrennung von Glukose mit Sauerstoff entstehen, irren dagegen ganz offensichtlich unberechenbar, nach statistischen Gesetzen, durch den Raum. Vergleichend mit Glukose können wir dem Zustand der gasförmigen Verbrennungsprodukte qualitativ eine wesentlich geringere Ordnung zuteilen.

Bezüglich der Wahrscheinlichkeit der Existenz dieser Träger relativer Ordnung braucht man nur die gegenseitige Überführbarkeit ineinander zu betrachten: Es bereitet kein chemisch-technisches Problem Glukose mit Sauerstoff bzw. Luft zu Kohlendioxid und Wasser zu verbrennen. Umgekehrt gibt es aber keinen

chemisch-technischen Syntheseweg, um aus Kohlendioxid und Wasser direkt Glukose zu gewinnen. Das kann nur das Leben in Form von biochemischen Prozessen. Leben ist eine sehr unwahrscheinliche Entfaltung im Kosmos. Kohlendioxid und Wasser sind im gesamten Kosmos allgegenwärtig. Glukose ist dagegen eine einmalige, unwahrscheinliche, kosmosweit höchst seltene Verbindung.

Dabei ist aber immer zu beachten, dass diese klassische thermodynamische Entropie-Betrachtung von definierten, standardisierten Gleichgewichtszuständen bei Normaltemperatur (25 °C) ausgeht und gerade für Lebensvorgänge nur sehr eingeschränkt Gültigkeit besitzt.

Um das Prinzip der Ordnungsberechnung darzustellen, möchte ich eine Beispielrechnung präsentieren.

Basis der folgenden thermodynamischen Betrachtung einer Korrelation von Entropie mit Ordnung, ist die Änderung der Freie Energie ΔG , die sich aus der Reaktionsenthalpie ΔH und der Entropie ΔS , multipliziert mit der Temperatur T zusammensetzt. Diese Freie Energie ΔG repräsentiert die Triebkraft einer chemischen Reaktion (siehe: Ergänzung 2, Entropie). Je größer die Abnahme von ΔG im Rahmen einer chemischen Reaktion ist, umso „getriebener“ verläuft sie.

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Eine sehr informative und anschauliche Darstellung dieser Zusammenhänge finden Sie bei Dickerson/Geis (Dickerson/Geis, 1983, S. 308). Aus diesem Werk möchte ich als Beispiel die vollständige technische Oxidation von Glukose mit Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser, anhand von sogenannten physikalisch-chemischen Standardwerten diskutieren.



Diese Gleichung wird uns noch häufiger begegnen.

Vorab:

Es wird die Reaktionsenthalpie $\Delta H = - 2816 \text{ kJ}$ freigesetzt. Dieser Energiebetrag wird bei konstantem Druck abgegeben also unseren normalen Umweltbedingungen und ist als Wärme nutzbar.

Nennen Sie es einfach Verbrennungswärme.

Gleichzeitig nimmt die Entropie ΔS ("Unordnung") um 181 J/K zu (siehe u.a. Berechnung), was unter Standard-Bedingungen ($T = 25^\circ\text{C}$ bzw. 298 K, daher: $298 \times 181/1000 = +54$) zu einem, wegen $-T \Delta S$, **negativen** Beitrag von $-T \Delta S = -54 \text{ kJ}$ führt. Je größer ΔS , also die Zunahme der Entropie ist bzw. die Zunahme der "Unordnung", umso negativer wird $-T \Delta S$ und damit ΔG , und umso größer wird die Triebkraft der Reaktion. Die Freie Energie ΔG nimmt um 2870 kJ ab, d.h. Glukose verliert seine geordnete Struktur, unter Freisetzung von 2870 kJ wovon 2816 kJ Reaktionswärme und 54 kJ Entropie-Zunahme (Ordnungsverlust) verkörpern:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

$$-2870 \text{ kJ} = -2816 \text{ kJ} - 54 \text{ kJ}$$

Bitte überblättern Sie die folgende ausführliche Berechnung einfach, wenn Sie sie nicht nachvollziehen möchten. Ich habe sie vor allem für mich selbst dargestellt, da sie etwas aufwändig ist und der Rechengang einiges Fachwissen voraussetzt. (In der letzten Stelle ergeben sich für meine Berechnungen geringfügige Abweichungen von den offiziellen Werten).

Folgende Standardwerte von ΔG°_{298} , ΔH°_{298} und S°_{298} für die o.a. Reaktionsteilnehmer sind aus Tabellenwerken der Physikalischen Chemie zu entnehmen:

Standardwerte bei 298 K:

Glukose, fest:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{298} &= -1260,2 \text{ kJ/mol} \\ \Delta G^\circ_{298} &= -919,2 \text{ kJ/mol} \\ S^\circ_{298} &= 288,86 \text{ J/K mol}\end{aligned}$$

Sauerstoff, gasförmig:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{298} &= 0,0 \text{ kJ/mol (per Definition: Bereits im Standardzustand)} \\ \Delta G^\circ_{298} &= 0,0 \text{ kJ/mol (per Definition: Bereits im Standardzustand)} \\ S^\circ_{298} &= 205,3 \text{ J/K mol}\end{aligned}$$

Kohlendioxid, gasförmig:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{298} &= -393,51 \text{ kJ/mol} \\ \Delta G^\circ_{298} &= -394,38 \text{ kJ/mol} \\ S^\circ_{298} &= 213,6 \text{ J/K mol}\end{aligned}$$

Wasser, flüssig:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{298} &= -285,84 \text{ kJ/mol} \\ \Delta G^\circ_{298} &= -237,19 \text{ kJ/mol} \\ S^\circ_{298} &= 69,9 \text{ J/K mol}\end{aligned}$$

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Eigene Berechnung für einen ein molaren Umsatz:

Bitte beachten, dass die Werte für Verbindungen aus kalorischen Messungen stammen, bzw. für Elemente per Definition mit Null festgelegt sind.



Standardwerte für Glukose und Sauerstoff

Standardwerte für CO_2 und H_2O

Änderung der Reaktionsenthalpie ΔH° :

$$\begin{array}{rcl}
 -1260,2 & + & 0 \\
 -1260,2 & + & 0 \\
 -1260,2 & + & 0 \\
 \text{Änderung:} & & \\
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \rightarrow 6 \times (-393,5) + 6 \times (-285,84) \\
 \rightarrow -2361 + (-1715,04) \\
 \rightarrow -4076,04 \\
 -4076,04 - (-1260,2) \\
 = -2815,84 \text{ kJ (Abnahme, negativ)} \\
 \text{(Offizieller Wert: -2816 kJ)}
 \end{array}$$

Änderung der Entropie S° :

$$\begin{array}{rcl}
 288,86 & + & 6 \times 205,3 \\
 288,86 & + & 1231,8 \\
 1520,66 & & \\
 \text{Änderung:} & & \\
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \rightarrow 6 \times 213,6 + 6 \times 69,9 = \\
 \rightarrow 1281,8 + 419,4 = \\
 \rightarrow 1701,2 \\
 1701,2 - 1520,66 \\
 = 180,54 \text{ J/K (Zunahme, positiv!)} \\
 \text{(Offizieller Wert: 181 kJ)}
 \end{array}$$

Änderung der Entropie $\times T$:

$$\begin{array}{l}
 \Delta S \times T = 54 \text{ kJ (positiv, da Zunahme)} \\
 \text{(Berechnet: } \Delta S \times T = 180,54 \text{ J/K} \times 298 \text{ K} = \\
 180,54 \times 298 = 53800 \text{ J bzw. } 53,8 \text{ kJ)} \\
 \text{(Offizieller Wert: + 54 kJ)}
 \end{array}$$

Änderung der Freien Energie ΔG° :

$$\begin{array}{rcl}
 -919,2 & + & 0 \\
 -919,2 & + & 0 \\
 \text{Änderung:} & & \\
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \rightarrow 6 \times (-394,38) + 6 \times (-237,19) = \\
 \rightarrow -2366,28 + (-1423,14) = \\
 \rightarrow -3789,42 + 919,2 \\
 = -2870 \text{ kJ} \\
 \text{(Offizieller Wert: 2870 kJ)}
 \end{array}$$

Änderung der Freien Energie ΔG aus $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$:

$$= -2816 \text{ kJ} - (+) 54 \text{ kJ} = -2870 \text{ kJ (Berechnet, s.o.: - 2870 kJ)}$$

Die Freie Energie ΔG des Glukose-Molekülgerüsts enthält einen um $T\Delta S = -54 \text{ kJmol}^{-1}$ höheren energetischen Anteil zusätzlich zur reinen Reaktionsenthalpie von $\Delta H = -2816 \text{ kJmol}^{-1}$. **Das ist die gespeicherte Ordnung.**

Glukose kann sehr einfach, im Sinn technischer Chemie, zu Wasser und Kohlendioxid verbrannt werden. Das geordnete, dreidimensionale Glukose-Molekülgerüst wird dann zu ungeordneten Gasen abgebaut, deren Moleküle lediglich eine zweidimensionale Konfiguration einnehmen. Bei einem ein molaren Umsatz wird der Betrag von $-T\Delta S = -54 \text{ kJ}$ frei, weil die molekulare Ordnung der Reaktionsprodukte Kohlendioxid und Wasser gegenüber Glukose um $\Delta S = 180,54 \text{ J/K}$, kleiner ist.

Das ist der zusätzliche energetisch-entropische Preis, der auf molekularer Ebene die höhere Ordnung der Glukose gegenüber Wasser und Kohlendioxid kostet. Oder umgekehrt ausgedrückt: Wenn Glukose zu Wasser und Kohlendioxid reagiert, steigt die Entropie um diesen Betrag infolge der Abnahme der Ordnung. Der

geringere Ordnungsgrad von Kohlendioxid und Wasser drückt sich gegenüber der Ordnung der Glukose, in dieser Differenz aus.

Die Gleichung

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

lässt sich m.E. damit als Ausdruck zweier ganz unterschiedlicher energetischer Potentiale interpretieren:

ΔH :

Die Reaktionsenthalpie oder Verbrennungswärme ΔH repräsentiert den Energieanteil der Elektronenübergänge einer Reaktion von Glukose und Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser. Wie später noch erörtert wird, kommt es nämlich im Laufe der o.a. Verbrennung zu einer Verlagerung von Elektronen von C-H- und C-C-Bindungen (Glukose) hin zu C-O- und H-O-Bindungen (Kohlendioxid und Wasser) also von weniger polaren zu polareren Bindungen. Mit dieser Elektronen-Verschiebung von weniger elektronegativen zu mehr elektronegativen Atomen im Molekül, ist das Freisetzen von Energie verbunden, da C-O- und H-O-Bindungen einen energetisch tieferen Zustand einnehmen.

$T\Delta S$:

Anders ist es mit dem energetischen Teil $T\Delta S$. Es tritt hier eine räumliche Komponente hinzu da chemische Bindungen, wie noch erörtert wird, nicht einfache lineare Verknüpfungen von Atomen darstellen. Vielmehr, und das ist eine Aussage der Quantenchemie, gibt es ganz definierte, räumlich hoch geordnete Bindungsrichtungen, die eine dreidimensionale Anordnung der Atome in Molekülen bewirken. So entstehen z.B. Asymmetrie-Zentren, die wiederum Chiralität und damit Antipoden verursachen. Die o.a. Ordnung ist also vor allem ein Aufbau von Struktur in den Raum hinein. Man kann das mit Ordnungsassoziationen verknüpfen. Das ist aber offensichtlich von energetischen Veränderungen abhängig.

In diesem Kontext einer chemischen Reaktion ist Ordnung also messbar. Es wird aber auch transparent, dass Entropie immer relativ zu sehen ist. Dies ergibt sich aus der Anwendung auf jedes chemische Reaktionsgeschehen, das immer zwischen mindestens 2 Reaktionspartnern stattfindet, also zwischen 2 Potentialen abläuft, von hoch nach tief. Das Ziel ist der Ausgleich.

Ergebnis:

Wir sehen, dass manche einfache Entropie-Effekte messbar sind und Entropie-Änderungen mit Ordnungs-Änderungen und der Wahrscheinlichkeit von Zuständen korrelieren:

Zurück zu o.a. ausführlichem Rechenbeispiel für Glukose:



Entropie-Zunahme:

Die Reaktionsprodukte weisen eine höhere Gesamtentropie auf als die Ausgangsprodukte. Siehe z.B. o.a. Glukosebeispiel, von links nach rechts gelesen, also bei der Verbrennung von Glukose.

$$\Delta S: 1520,66 \rightarrow 1701,2$$

= Ordnungsverlust = hohe Wahrscheinlichkeit der Verwirklichung

Entropie-Abnahme

Die Reaktionsprodukte weisen eine geringere Gesamtentropie auf als die Ausgangsprodukte. Siehe z.B. o.a. Glukosebeispiel, von rechts nach links gelesen, also bei der biochemischen Synthese von Glukose aus Kohlendioxid und Wasser.

$$\Delta S: 1701,2 \rightarrow 1520,66$$

= Ordnungszunahme = geringe Wahrscheinlichkeit der Verwirklichung

Damit können wir Ordnungs-Änderungen, ohne auf quantitative Entropie-Messungen zurückgreifen zu müssen, qualitativ mit Entropie-Veränderungen in Beziehung setzen und ihre Wahrscheinlichkeit einschätzen. Abstrakte Begriffe wie Ordnung und Wahrscheinlichkeit, im Kontext mit messbaren chemischen Bindungssystemen, können angewandt werden: die Ordnung in der Glukose führt zu einem messbarer Entropie-Anteil gegenüber ihren Abbauprodukten. In diesem Sinn kann man also messende Physik, mit semantisch unscharfen Begriffen koordinieren und das Ordnungsprinzip, in Verbindung mit Wahrscheinlichkeit, auf allgemeine Fragen zu möglichen Entropie-Änderungen anwenden.

Ordnung und Entropie beinhaltet übrigens eine zweifache energetische Komponente:

Zum einen gibt es viele Interpretationen, die einem bestimmten Verlauf von Entropie-Werten in der Chemie, z.B. für homologe chemische Verbindungen, einen vorhersagbaren Parallelverlauf von Ordnung zuteilen. (Dickerson/Geis, 1983, S. 300).

Zum zweiten gibt es grundsätzlich theoretische Modellbetrachtungen zu Prozessabläufen, losgelöst von dieser klassischen chemischen Basis. Oft werden auf mikroskopischer Ebene (Quantenmechanik: (Dickerson/Geis, 1983, S. 302) und kosmischer Ebene (z.B. Symmetriebrüche, s.u.), Ordnungs- und Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen und damit Aussagen zu Entropie-Effekten angestellt, ohne diese klassische chemische Ebene einbeziehen zu können. Begriffe wie Ordnung, Information, Wahrscheinlichkeit kommen dann aufgrund von Plausibilitätschlüssen und Parallelbetrachtungen als Entropie-Aussagen zum Tragen. Diese Art von Entropie-Beurteilung in obigem Sinn, kann durch thermodynamische Wärmemessungen nicht festgelegt werden. (Bezüglich der komplexen

Berechenbarkeit von Entropie aufgrund statistischer Betrachtungen siehe: Ergänzung 2).

Bei diesen Erwägungen muss sich in unseren Köpfen eine an sich messbare Veränderung von „mentaler Entropie“ durch Lernen bzw. Kommunikation abspielen. Letztlich verlaufen ja alle unsere Denkvorgänge in neuronalen Netzwerken, die einen, wenn auch äußerst winzigen Energieanschub zur Ausführung, zur Speicherung und zur Kommunikation benötigen. In diesem Zusammenhang könnte sicher auch die *mentale Energie* von Daniel Kahneman (Kahneman, 2012, S. 59) zu sehen sein. Ohne diese Mechanismen ist weder Beobachten noch Messen möglich. In diesen Netzwerken findet eine ständige Informationszufuhr z.B. durch Beobachten und Messen, also Entropie-Erniedrigung, aber auch eine ständige Informationsvernichtung, also Entropie-Erhöhung, durch Vergessen und Tod statt. Wie bereits erwähnt, ist eine zusätzliche Entropie-Erhöhung infolge eines unzureichenden Wirkungsgrades der eingesetzten Energie unvermeidbar: Die Gesamtentropie steigt.

Zurück zu obiger Frage nach dem Wesen von Ordnung:

Ordnung aus anthropogener Sicht resultiert, wenn unwahrscheinliche Zustände oder Vorgänge, sozusagen „gegen den Strom“ erzwungen werden (z.B. die biochemische Glukose-Synthese). Garanten für Ordnung sind Lebensvorgänge. Leben ist, wie noch ausgeführt wird, ein hochgradig unwahrscheinliches, auf energiegetriebenen Stoffkreisläufen (letztlich Sonnenenergie, s.u.) beruhendes Phänomen. Ein Maß kann die zurechenbare relative Entropie sein, die sich dabei in einem stofflich-energetischen Fließzustand verringert bzw. stabilisiert. Klassische Entropie-Betrachtungen sind allerdings für die Beurteilung von Lebensvorgängen nicht geeignet.

Wie bereits erwähnt, gibt es in unserer terrestrischen und kosmischen Umgebung Erscheinungen, die in uns die Assoziation von Ordnung erwecken. Sie sind aber m.E. mit dem Ordnungsbegriff schwer fassbar. Beispiel:

Kosmische, runde Himmelskörper:

Man kann davon ausgehen, dass sie aus Gas- oder Staubmassen durch gravitative Kräfte entstehen. Aufgrund der Rotationssymmetrie der Gravitationskraft kann, wenn eine schmelzflüssige Phase durchlaufen wird, nur eine Kugel entstehen. Der Eindruck von Ordnungsgestaltung wird erweckt. Die Kugel hat vor Würfel und Vieleck unter diesen Temperaturbedingungen die größte Wahrscheinlichkeit, die außerdem,

infolge der Gravitation, größer ist als die Wahrscheinlichkeit für den vorgelagerten symmetrischen Gas- oder Staubzustand. D.h. nicht Ordnung, sondern Wahrscheinlichkeit ist in diesem Fall zur Erklärung geeignet.

Unser Ordnungsbegriff unterscheidet sich grundsätzlich von den noch im Folgenden zu besprechenden Entropie-Kriterien. Ordnung hat m.E. wie bereits erwähnt, bis auf wenige Bereiche sozusagen keinen mathematisch erfassbaren Kern, kann also nicht mit Gesetzen eingegrenzt werden, wie das beispielsweise für Symmetrie möglich ist.

Ausnahmen sind die angesprochenen messbaren Bereiche wie die o.a. Bestimmungen von klassischen Standard-Entropie-Werten von chemischen Reaktionen. Ein zweiter Bereich ergibt sich, zumindest auf theoretischer Basis, im Gefolge der statistischen Mechanik, wenn es gelingt für ein System die Zahl der Mikrozustände Ω , also den Grad der Ordnung im Sinn der Boltzmannschen Formel

$$S = k_B \ln \Omega$$

quantitativ zu bestimmen. Dieser Ansatz ist natürlich für kosmische Betrachtungen aussichtslos und auch sonst nur so richtig, wie unsere diesbezüglichen Kenntnisse richtig und vollständig sind.

Offensichtlich kann man also nur in Teilbereichen durch Entropiewert-Zuordnung Ordnungskriterien quantitativ mit mathematischen Methoden eingrenzen. Wir werden weiter unten sehen, dass sich unsere kosmische Geschichte, auf mehr oder weniger transparente Weise, schwierig mit Ordnung, aber plausibler mit Symmetrie und Wahrscheinlichkeit im Sinne von Entropie-Änderungen interpretieren lässt. Diese Entropie-Änderungen lassen in den Äonen der kosmischen Entwicklung eine stetige, zeit gerichtete Zunahme erkennen.

Und vielleicht ist das der springende Punkt: M.E. gibt es eine physikalische aber auch eine chemisch biologische Entropie-Eingrenzung. Eine physikalische Entropie-Eingrenzung kann mit Symmetrie und Wahrscheinlichkeit, also Mathematik beschrieben werden, soweit sich Entropie verknüpfte Phänomene klar in grundsätzlichen Zügen erkennen lassen. Ordnung ist in diesem Kontext kein universelles Kriterium da es rein anthropogen indiziert ist. So hat man in den letzten 150 Jahren versucht den Kosmos mit diesen von Menschen erdachten Ordnungskonzepten zu erfassen. Wenn man bedenkt, dass vor Hubbel das Universum aus menschlicher Sicht nur aus unserer Milchstraße bestand und erst seit Gamow der Gedanke des Urknalls erwachte, dass bis heute immer noch nach einer Lösung für die Quantengravitation gesucht wird und Schwarze Masse und

Schwarze Energie in ihrem Wesen nicht erkannt sind, kann kosmische Ordnungszuteilung nur mehr oder weniger vordergründig plausibel agieren.

Allerdings gibt es ständig Neuigkeiten auf diesem Gebiet wie die folgende Botschaft, die es noch zu prüfen gilt:

Exotische Partikel: Nachdem keiner der bisherigen Kandidaten gefunden wurde, haben Physiker nun eine neue Idee, woraus die Dunkle Materie bestehen könnte – aus Hexaquarks. Diese Teilchen aus sechs Quarks wurden bereits in Teilchenbeschleunigern nachgewiesen. Als Kondensate wären sie stabil genug, um die Dunkle Materie zu bilden – und sie könnten über ihren Zerfall sogar im Kosmos nachweisbar sein, wie die Forscher berichten.

Siehe: Neuer Kandidat für Dunkle-Materie-Teilchen - Könnten Teilchen aus sechs Quarks die Natur der Dunklen Materie erklären? - scinexx.de

Im zweiten Fall der chemisch-biologischen Entropie-Eingrenzung kommt zwangsläufig Leben und damit der Mensch zum Zug, der seine eingeschränkte Realitätserfassung einbringt.

Ordnungszuweisung resultiert aus kognitiven Prozessen der Abstraktion, ist aber m.E. ein unscharfer Begriff, der erfahrungsgemäß leicht heuristische Elemente beinhalten kann und meist mehr qualitativ erfolgt.

Mir scheint die Annahme, dass Ordnungseinstufungen auf dem Bereiche des Lebens begrenzt sind, naheliegend zu sein.

1.2.2 Symmetrie

Symmetrie ist, wie es Hermann Weyl (s.o.) formulierte, zunächst eine Art mathematische Idee. Sie definiert sich z.B. durch Gleichförmigkeit von erdachten, auf Logik beruhenden Strukturelementen. Diese enthalten immanente Muster, die sich u.a. in Eigenschaften wie invarianten (unveränderlichen) Spiegelebenen, Drehachsen oder ganz allgemein in Symmetrioperationen zeigen. Für die Mathematik und Physik des Kosmos, vor allem für das Standardmodell der Kosmologie und ganz besonders für die Stringtheorien, sind Symmetriebetrachtungen von grundsätzlicher Bedeutung.

Symmetrie besitzt aber über diesen logisch-mathematischen Ansatz hinaus auch eine stoffliche Bedeutung, die in dem Phänomen Materie - Antimaterie gipfelt. Ohne dieses Symmetrie-Phänomen ist das Vorhandensein dieser beiden Materie-Antipoden und deren Entstehung aus dem "Nichts" m.E. nicht erklärbar. Im Zusammenhang mit der Beschreibung des Urknalls und der Quantenfluktuation gehe ich im Rahmen meiner Möglichkeiten etwas näher darauf ein.

Extrem hohe Symmetrie kann man m.E. homogenen Flüssigkeiten oder Gasen zuordnen, wobei natürlich Homogenität und Isotropie ebenfalls Termini sind. Jedes beliebige Raumelement kann darin ohne Musterverlust auf jedes andere Raumelement abgebildet werden. Durch einen solchen mathematischen Ansatz können Strukturen in unserer Dreidimensionalität, ein-, zwei- und dreidimensional auf sich selbst abgebildet werden; sie sind deckungsgleich (s. a.: Ergänzung 9, Optische Aktivität).

Diese räumliche Dreidimensionalität ist für uns Menschen, in unserer besonderen Stellung zwischen Makrokosmos und Mikrokosmos, eine Selbstverständlichkeit und wird veranschaulicht durch die räumliche Definition der Newtonschen Mechanik. Zur Erweiterung dieses Standpunktes in Hinführung auf die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins und die Schleifenquantengravitation, möchte ich auf Carlo Rovellis Buch: „Und wenn es die Zeit nicht gäbe“ (Rovelli, 2018, S. 85) verweisen.

Stoffliche Symmetrie begegnet uns in vielen alltäglichen Erscheinungen. Schauen Sie sich einen Schneekristall mit seiner sechszähligen Dreh-Symmetrie in der Zweidimensionalität an (Abbildung 2). Unter der Lupe bietet sich immer der gleiche Anblick, egal wie herum wir den Kristall um sein Zentrum um jeweils 60° drehen; immer weisen 6 Eisstrahlen vom Zentrum nach außen. Stattgefundene Drehungen um das Zentrum können nicht unterschieden werden.

Alle Schneekristalle der Welt haben diese universelle sechszählige Drehachse! Es gibt aber Ansichten, die trotzdem von der Einmaligkeit jedes Schneesterns ausgehen da jeder Kristall sich geringfügig von einem anderen unterscheidet, was natürlich zumindest für Lage und Zeit gilt. Allerdings sind solche Aussagen, wie das o.a. Herbstblätterbeispiel von Leibnitz, letztlich nicht messbar und damit unbeweisbar. Die Frage, wie sich dieser Befund auf die Frage zur Symmetrie und damit zur Entropie auswirkt, erübrigt sich damit.

Kräfte, wie z.B. die Gravitationskraft und Kristallisations- bzw. Gitterkräfte¹¹⁷, können latente, temperaturabhängige Symmetrieveränderungen bewirken: Die Gravitationskraft bewirkt, dass sich Gasmassen irgendwann in einer Kugelform energetisch stabilisieren (s.o.). Gas und Kugel weisen beide hohe Symmetrien auf. Die kraftkonzentrierte (Gravitation), in sich ruhende Kugelform ist aber wahrscheinlicher, energieärmer und damit stabiler als ein homogenes und damit symmetrieorientiertes Gas. Darin bewegt sich jedes einzelne Molekül chaotisch, unterliegt aber dem Wirken der Gravitation. Sobald es zufallsbedingt zu einer örtlichen Masseanhäufung kommt bricht die Gassymmetrie und stabilisiert sich chaotisch selbstorganisiert in der Kugelbildung aus allen verfügbaren Gasmolekülen. (Wer hat, bekommt noch mehr. Siehe Matthäus 13,12). Dieser Effekt ist

m.E. letztlich durch die Unwahrscheinlichkeit einer zeitlich stabilen, völligen gleichmäßigen Gasverteilung bedingt.

Gitterkräfte werden infolge von temperaturgetriebenen Symmetriebrüchen beim Abkühlen aktiv, ausgehend von instabilen, energetischen Zuständen höherer Temperatur und Symmetrie: z.B. entsteht Eis aus abkühlendem Wasser. Symmetriebrüche sind also vom Energieinhalt bzw. der Temperatur abhängig. So ist die Überführbarkeit von Wasser in Eis und umgekehrt nur eine Funktion der Temperatur.

Die höhere Symmetrie des flüssigen Wassers, ist bei Temperaturerniedrigung nicht haltbar. Sie wird gebrochen und geht in die geringere Symmetrie zahlloser Eiskristalle bzw. Schneekristalle über. Eiskristalle hatten schon immer ihre Sechszähligkeit, die letztlich aus dem molekularen Aufbau von Wassermolekülen resultiert.

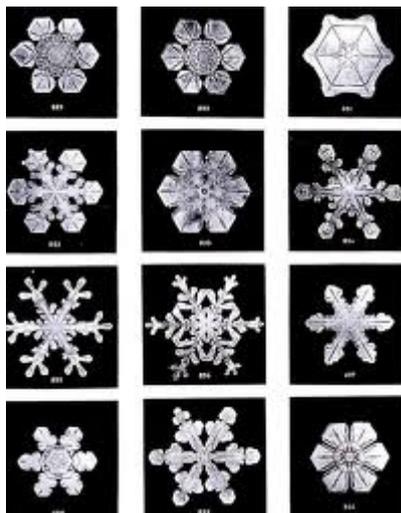


Abbildung 2: Schneekristalle (Kopie aus WIKIPEDIA)

Symmetrie unterscheidet sich von der Einmaligkeit von Ordnung, da Symmetrie, infolge immanenter physikalischer Kräfte, selbstorganisatorisch wahrscheinlich ist.

Leben ist keine Voraussetzung für Symmetrie und umgekehrt, siehe den flüssigen (Meere) und gasförmigen (Lufthülle) Zustand oder die Kugelform der meisten Himmelskörper.

Auf die beschriebene grundlegende Symmetrie der Urkräfte ist diese mehr geometrische Betrachtung nicht anwendbar.

Symmetrie entsteht durch Temperaturerhöhung, wenn die kritischen Temperaturschwellen für selbstorganisatorisch wirkende Kräfte überschritten werden. Allerdings gilt das nur in einem begrenzten Rahmen.

Bei hohen Temperaturen von ca. 1500 K zerfällt das Wassermolekül in Wasserstoff- und Sauerstoffatome. Weitere Temperaturerhöhung führt zur Plasmabildung. Aus diesem Plasma kann Wasser nicht einfach zurück entstehen. Wenn wir allerdings dieses Plasma abkühlen und dem entstehenden Gasgemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff die Möglichkeit geben miteinander zu reagieren, kann diese Dampfphase rückwärts bis zum Eis durchlaufen werden. Nichts Entscheidendes ist geschehen, wir haben nur Energie vergeudet und die Entropie erhöht.

Temperaturerniedrigung führt zum gegenläufigen Prozess und bewirkt Symmetrieabnahme. Dieser Prozess ist in den angesprochenen Grenzen beliebig oft wiederholbar. Er ist reversibel.

Es gibt offensichtlich eine Art Abhängigkeit von Symmetrie und Temperatur, letztlich sogar eine Proportionalität. Die Temperatur bzw. die Energie sind die Treiber und damit das Bewegende; die Symmetrie ist das strukturierte Ergebnis. (Vielleicht kann man die Temperatur als eine weitere Dimension eines mehrdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums ansehen?)

Ordnung dagegen, kann durch Temperaturerhöhung irreversibel zerstört werden. Die Bestandteile des geordnet erscheinenden Zustandes verfügen über keine latenten selbstorganisatorischen Kräfte, die beim Abkühlen den früheren erzwungenen, komplexen Zustand wiederherstellen können. Ein Ei, das aufgeschlagen und zu einem Omelette gebraten wird, kann nach dem Abkühlen nicht wieder in ein Ei übergehen.

Ordnung wird von einer Vielzahl biochemischer, irreversibler Prozesse geformt und erhalten. Für Symmetrie genügen einfach physikalische Prinzipien.

- Ein geordnetes System muss keine Symmetrieelemente beinhalten.
- Ein symmetrisches System kann biochemische Ursachen haben.
- Symmetrie ist reversibel bzw. austauschbar, Ordnung nicht.
- Symmetrie ist im Gegensatz zu Ordnung wahrscheinlicher.
- Symmetrie wird mathematisch beschrieben, Ordnung nicht.
- Symmetrie ist kein Synonym für Ordnung.

Damit deutet sich eine Lösung für das Problem der Entropie-Zuteilung zum Ur

Nicht Ordnung, sondern Symmetrie ist zur Beschreibung geeignet.

In diesem Kontext sollte auch der Satz von Davies (Davies, Der kosmische Volltreffer, 2006, S. 204) beachtet werden:

Zitat von Seite 206: *„Einen guten Zugang zum Problem der Symmetrie stellen die Begriffe Struktur und Komplexität dar. Je mehr Symmetrien einen Prozess bestimmen, umso einfacher und weniger strukturiert ist er“.*

Könnte alles ein Nullsummenspiel der Symmetrie von positiver und negativer Energie sein?

Auf den ersten Blick wird in unendlich ferner Zeit die Gravitation alle durch die 3 Urkräfte geformten atomaren Strukturen durch Kernfusion in Energie bzw. Strahlung verwandeln. Was wird dann aus der vierten Urkraft, die Gravitation? Es gibt dann keine Massen mehr, die gravitativ angezogen werden können. Aber gemäß dem Äquivalenzprinzip von Masse und Energie sollten Gravitationsfelder und Energiefelder der Nullpunktsenergie in Wechselwirkung treten und eine negative Raumzeitkrümmung bewirken. Damit verbunden muss es zu einer abstoßenden Gravitation kommen (Einsteins Feldgleichungen, siehe „Heise-Online“: Abstoßende Gravitation). Alle 4 Urkräfte münden wieder in der hohen Symmetrie ihrer Vereinigung – wie vor dem Urknall. Es gibt dann aber auch keinen Raum mehr, der ja in der Anwesenheit von Massen begründet ist. Es bleibt das Vakuum dessen Beschreibung hinsichtlich Größe und Zeit nicht mehr erfassbar sind, aber nicht völlig leer ist infolge der Nullpunktsenergie. Ganz im Gegenteil: Es ist vielmehr so, dass die Nullpunktsenergie wohl eine unendlich großes Energiepotential darstellt. So groß, dass es für das uns sichtbar und unsichtbar Universum ausgereicht hat. (Sie Inflationstheorie: Einsteins Feldgleichungen, siehe „Heise-Online“: Abstoßende Gravitation).

Somit besteht die Möglichkeit eines neuen Anfangs, der im Prinzip eine neue Quantenfluktuation auslösen könnte mit dem Potential sich wiederum durch eine Symmetrieverletzung in ein neues Raum-Zeit-Gefüge zu „retten“.

Es ist naheliegend hier die Antwort auf alles Suchen nach dem Sinn unseres Seins zu suchen und in der „Nullpunktenergie“ genannten, letzten uns mental zugänglichen Instanz, etwas Göttliches zu sehen: Agnostik.

1.2.3 Isotropie

Isotropie kennzeichnet die Unabhängigkeit der Richtung physikalischer Eigenschaften und ist gleichbedeutend mit einer gleichartigen räumlichen Beschaffenheit.

Von der Sonne aus erfolgt eine räumliche, kugelsymmetrische Ausbreitung der Strahlung. Kugelsymmetrische Eigenschaften werden oft als isotrop bezeichnet, was mit einer gewissen Willkür verbunden erscheint. Ausgehend von einer punktförmig gedachten Lichtquelle wie die Sonne, erfolgt eigentlich eine anisotrope Strahlung in den dreidimensionalen Raum. Homogenität liegt nur auf gedachten Licht-Kugelflächen vor. Von Licht-Kugelfläche zu Licht-Kugelfläche findet eine differenzielle Veränderung der Homogenität statt, da gleiche Volumenelemente mit fortschreitender Entfernung immer weniger Photonen enthalten. Da die Anzahl der Anteile (Photonen) in radialer Richtung gleich groß ist, liegt aber

Isotropie bei gleichen Radien, ausgehend von der Lichtquelle vor. (s.u. Homogenität)

Auf einer gedachten Kugelfläche gilt die o.a. Definition: „Symmetrie ist die Eigenschaft eines Objektes durch Umwandlungen auf sich selbst abgebildet werden zu können und sich durch eine bestimmte Umformung nicht zu ändern“.

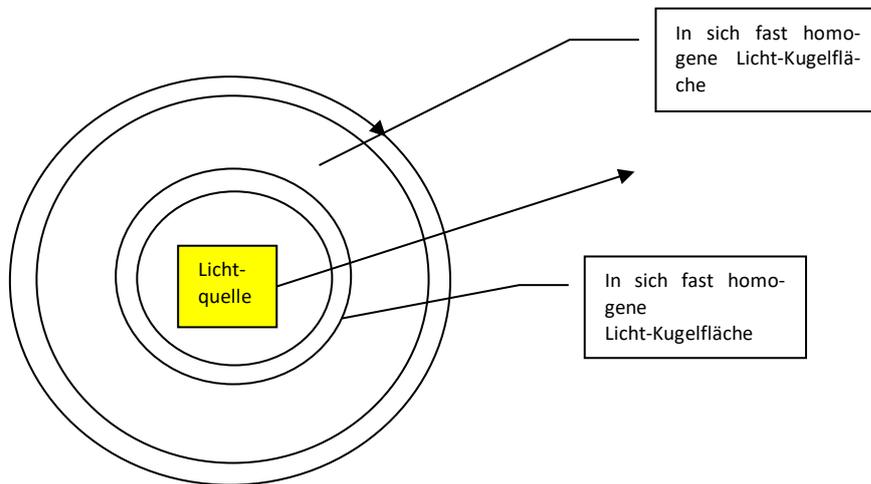


Abbildung 3: Isotropie und Homogenität

Alle Punkte einer Licht-Kugelfläche können aufeinander abgebildet werden; eine Unterscheidung ist nicht möglich.

Isotropie finden wir vorwiegend in Gasen, Flüssigkeiten und amorphen Festkörpern als ein allgegenwärtiges Phänomen aber auch in großdimensionierten Strahlungsvorgängen wie der Sonne. Ebenso wie es zu keiner selbstständigen Entmischung von Gasen kommt, wird sich kein isotropes Phänomen von selbst in irgendeiner Weise ändern indem z.B. eine Lichtquelle anders als kugelsymmetrisch abstrahlt. Isotropie beruht auf grundlegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten und ist von hoher Wahrscheinlichkeit.

- Ein geordnetes System kann Isotropie-Elemente aufweisen aber ein isotropes System muss kein geordnetes System sein.
- Isotropie wird mathematisch erfasst.
- Isotropie ist phänomenologisch von hoher Wahrscheinlichkeit.
- Isotropie ist kein Synonym für Ordnung.

1.2.4 Homogenität

Homogenität bedeutet Fehlen von Vorzugsrichtungen und beschreibt materielle Gleichverteilung physikalischer Eigenschaften in allen Richtungen bis an

Phasengrenzflächen. Alle Elemente des Systems sind gleichartig. Pulver, Flüssigkeiten, Schmelzen, Gase usw. sind Beispiele. Meere, die Lufthülle, Gesteinsabschnitte usw. sind in erster Näherung homogen. Das ist auch die Voraussetzung in den Betrachtungen, die das bereits erwähnte Kosmologische Prinzip nutzen. Unterscheiden sich Isotropie und Homogenität? Ja, bei Homogenität sind in gleichen Volumina gleich viele Anteile enthalten, bei Isotropie ist die Anzahl der Anteile nicht in allen Volumina aber in alle Richtungen gleich groß. (s.o. Isotropie) Lassen Sie uns noch einmal zu dem beschriebenen Schneekristall zurückkehren: Erwärmen wir den Kristall, schmilzt er. Sofort ist die Symmetrie des Kristalls durch die noch höhere Symmetrie bzw. in diesem Fall die Homogenität des entstehenden Wassertropfens aufgelöst. Als festes, inhomogenes Kristallgebilde, wird sich Schnee bei Temperaturerhöhung mit größter Wahrscheinlichkeit, unter Verflüssigung, zu einer homogenen Phase – Wasser – mischen. Ein homogenes Gasmisch aus Sauerstoff und Stickstoff (ca. 20:80 = Gasanteil der Luft), wird sich nicht von selbst in den geordneten Zustand von zwei Gasfraktionen aus reinem Sauerstoff und Stickstoff trennen. Die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Vorgang geht gegen Null.

- Ein geordnetes System kann Homogenität aufweisen, aber
- ein homogenes System muss kein geordnetes System sein
- und kann, im Gegensatz zu Ordnung, mathematisch beschrieben werden.
- Homogenität ist phänomenologisch von hoher Wahrscheinlichkeit.
- Homogenität ist kein Synonym für Ordnung.

In der späteren Diskussion werde ich den Begriff der (richtungsunabhängigen) Homogenität anwenden. Er ist sicher für Teilbereiche, wie z.B. Flüssigkeitsansammlungen vertretbar, allerdings nur bis zur Phasengrenze. In diesem Sinn ist das heutige Raum-Zeit-Kontinuum sicher weitgehend als kosmologische Homogenität (s.o.: Kosmologische Prinzip, 1.1) zu beschreiben. Der Begriff der (richtungsabhängigen) Isotropie wird verwendet, wenn z.B. sich kugelsymmetrisch ausbreitende Phänomene beschrieben werden.

1.2.5 Information

WIKIPEDIA: Information ist in der Informationstheorie das Wissen, das ein Absender einem Empfänger über einen Informationskanal vermittelt. Diese Information kann dabei die Form von Signalen oder eines Codes annehmen. ... Beim Empfänger führt die Information zu einem Zuwachs an Auskunft.

Information kann bewusst als Nachricht oder Botschaft von einem Sender an einen Empfänger übermittelt oder auch unbewusst transportiert werden und

durch die Wahrnehmung von Form und Eigenschaft eines Objektes auffallen. Information erhält ihren Wert durch die Interpretation des Gesamtgeschehens auf verschiedenen Ebenen durch den Empfänger der Information. Sender oder Empfänger können nicht nur Personen/Menschen, sondern auch (höherentwickelte) Tiere oder künstliche Systeme (wie Maschinen oder Computer/Computerprogramme) sein.

Informatik als übergeordnetes Prinzip spielt eine latente, schwierig fassbare Rolle. Sie ist ein Basisbegriff der Wahrscheinlichkeitsrechnung¹¹⁸.

Es wird argumentiert, dass Wissen und Kenntnis, also die Information über ein System und seine Komponenten, aussagefähiger sei als der Begriff Ordnung. (Siehe: [http:// unendliches.net/german/entropie.htm](http://unendliches.net/german/entropie.htm)). Kann der Begriff Information, z.B. Aussagen zur den o.a. Grenzsituationen des Kosmos liefern? Schwierig: Wie gesagt ist im Urknall kein konkrete, allumfassende Informationsbündelung zu sehen. Es kann sich nur um latente Potentiale handeln.

Information lebt durch Kommunikation. Als Einzelner die Erkenntnis zu besitzen, dass die Erde eine Kugel ist, kann nicht glücklich machen. Kommunikation wiederum ist der Pfad, der zur Bewusstseinsbildung unerlässlich ist. Verständigung ist nur über kommunikative Informations-Benutzung möglich. Jeder Mensch, der einem anderen Zeitgenossen etwas mitteilen will, setzt stille Konventionen voraus. Diese Übereinkunft heißt: der Gesprächspartner hat Bewusstsein und ist mit der Begriffswelt des Gegenüber vertraut. Wir erwarten also voneinander, dass die Kommunizierenden vergleichbare, allgemein akzeptierte Begriffe verwenden.

Wie kommt es zu diesen gleichen Begriffen? Durch Zuhören, Fragen, Erlernen und Erziehung. Mit Begriffen kommunizieren wir, und mit Begriffen abstrahieren wir und erschließen uns die Welt. Das bedeutet aber, dass wir mit nicht absoluten Erklärungen über die Welt an sich zurechtkommen müssen. Denn wir benutzen Erklärungen bzw. Begriffe, die unser rezentes Wissen über die Welt repräsentieren; mehr nicht. Vor allem aber sind sie in jedem Bewusstsein geringfügig abweichend abgelegt.

Die einfachste und konkreteste Belehrung ist die Vermittlung, dass etwas vorhanden ist oder nicht: die Dualität. Damit sind wir in der Welt der Informatik, die alle Information letztlich über ein duales System vermitteln kann. Wir sind in der Welt der Bits, der binären, unteilbaren Grundeinheit der Informatik. In diesem Rahmen hat die Informationstechnologie einen dem Boltzmannschen Theorem (s.u.) formal sehr ähnlichen Zusammenhang bezüglich des Informationsgehalts definiert (Stewart, 2014, S. ab Seite 447).

WIKIPEDIA: "Der Informationsgehalt I eines Zeichens x mit einer Auftrittswahrscheinlichkeit p_x ist definiert als

$$I(x) = \log_a \left(\frac{1}{p_x} \right) = -\log_a(p_x)$$

a entspricht dabei der Anzahl der möglichen Zustände einer Nachrichtenquelle

Vergleich mit Boltzmanns Theorem: $S = k_B \ln \Omega$

Allerdings ist Anwendungsvorsicht geboten da zwischen beiden Theoriewelten grundsätzliche Basis-Unterschiede bestehen. Entropie-Unterschiede sind außerhalb der o.a. klassischen Messbarkeit von relativer Natur. So darf man hohe Entropie nicht mit fehlender Information gleichsetzen, ohne die Randbedingungen zu definieren, die im Fall der Thermodynamik wie gesagt aus der Zustandsbetrachtung von Gasen resultieren, während Information einer Signalquelle entspringt. Aus dieser Betrachtung ergibt sich der Gedanke, Informationszuwachs als Reduzierung von Entropie zu sehen.

Hans Kuhn¹¹⁹ formuliert hierzu unter rein biologischen Aspekten:

„Information ist negative Entropie. Biologische offene Systeme haben durch die Evolution immer mehr Strukturierung und damit Ordnung erfahren. Die Entropie muss also gesunken sein. Insgesamt ist die Entropie jedoch gestiegen, da durch wärmeliefernde Hydrolyse ausgesonderter Biomoleküle diese Abnahme überkompensiert wird. Zusätzlich ging durch die ungeheure Menge ausselektionierter Biomoleküle, wie DNA, oder Peptide mehr Information verloren als letztlich an Information in den überlebenden Systemen gespeichert bleibt“.

Zu dem etwas irreführenden Begriff der negativen Entropie habe ich recherchiert:

<http://www.chemie.de/lexikon/Negentropie.html>

"Die einfachste Definition (s.o.) lautet: *Negentropie ist negative Entropie* ...

Der Begriff negative Entropie wurde von Erwin Schrödinger (...Schrödinger meinte mit negativer Entropie freie Energie)... in seinem Buch *Was ist Leben* geprägt. Er definiert Leben als etwas, das negative Entropie aufnimmt und speichert. Das bedeutet, dass Leben etwas sei, das Entropie exportiert und seine eigene Entropie niedrig hält: Negentropie-Import ist Entropie-Export.

Im Lexikon der Biologie wird Negentropie definiert als *durchschnittlicher Informationsgehalt des Einzelzeichens innerhalb einer gegebenen Zeichenkette* (Herder Verlag 1988), womit ein Bezug zur Informationstheorie hergestellt wird. ...

Etwas anders wird der Begriff von soziologischen Systemtheoretikern definiert. Nämlich als „Negation der Entropie“ bzw. als „Zunahme von Komplexität“. Damit ist Negentropie hier gleichbedeutend mit Ordnung oder Information und damit ein Kennzeichen der Entstehung / Abgrenzung von Systemen.

Eine weitere (freie) Übersetzung wäre: „Abwesenheit von (relativ vollständiger) Entropie“ oder auch entsprechend: „Abwesenheit von Chaos“.

Das Gegenteil von Negentropie ist Entropie, also das Maß für die Unordnung ...

Ähnlich uneinheitlich wie der Begriff Negentropie wird der Begriff *Ordnung* verwendet, der mit der Negentropie meistens gleichgesetzt wird".

Wenn wir also versuchen Information als Maß für die Entropie einzubeziehen, kommen wir zu folgenden Fragestellungen: Ist hohe Informationsdichte mit hoher oder niedriger Entropie gleichzusetzen?

Betrachtet man z.B. eine symmetrische Situation, so sieht man, dass es zwar viele Möglichkeiten der Symmetrie-Betrachtung gibt, die aber alle gleichwertig sind. Die Zahl der Bits bleibt gleich bzw. eine Reihe von gleichen Bits sagt nichts Neues aus. Das Spiegelbild von D-Glukose z.B. kann durch die gleiche Anzahl von Bits beschrieben werden. Lediglich die Orientierung in Bezug auf den Raum muss einfließen. Die Erfassung des bereits angesprochenen Zustands von biologischen Kopien, Klonen, kann für jede Kopie mit den immer gleichen Bits erfolgen. Oder die Beschreibung des Symmetriezustands des Enantiomeren Paares D-Glukose und L-Glukose erfordert weniger Bits als die eines Vergleichssystems aus dem Diastereomere Paar D-Glukose und D-Fruktose (Enantiomere-Diastereomere¹²⁰). Die Erfassung des symmetrischen Enantiomeren Paares "verbraucht" vergleichsweise weniger Bits, was geringerer Informationsdichte entspricht und mit einem vergleichsweise höheren Entropie-Zustand in Verbindung gebracht werden kann.

Anders ist es dagegen in einem geordneten, unsymmetrischen System. Es sind viele Bits notwendig, um Ordnung einzugrenzen. Die Zahl der Bits steigt mit der Asymmetrie bzw. der Ordnung. Ordnung und damit niedrige Entropie erfordern viele Bits und damit viel Information, womit eine gewisse Rangordnung von Entropie durch die Ermittlung der Informationsdichte quantifizierbar wird.

1.2.6 Zufall

WIKIPEDIA: „Von Zufall spricht man dann, wenn für ein einzelnes Ereignis oder das Zusammentreffen mehrerer Ereignisse keine kausale Erklärung gegeben werden kann. Als kausale Erklärungen für Ereignisse kommen in erster Linie allgemeine Gesetzmäßigkeiten oder Absichten handelnder Personen in Frage“.

Grundsätzlich: Wenn Sie, lieber Leser, in dieses schwierige Gebiet tiefer eindringen wollen, empfehle ich Ihnen das Buch von Florian Aigner: "Der Zufall, das Universum und Du" (Aigner, Florian, 2016).

Die Stochastik, ein Teilgebiet der Mathematik, versucht den Zufall im Rahmen der Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie zu erfassen.

Die Frage, inwieweit Prozesse als zufällig eingestuft werden können, führt für religiös konditionierte Menschen zu einem grundsätzlichen, weltanschaulichen Problem: viele Gott-Gläubige vermeiden diese Frage, da sie davon ausgehen, dass es keine Zufälle gibt; für alle Ereignisse setzen sie einen Grund voraus. Wenn man aber Gründe nicht kennt, wird ein lenkender Einfluss bzw. ein Wunder höherer Mächte angenommen. Damit sind wir mitten in der Theologie, wie sie schon von Aristoteles durch Annahme von Entelechie (s.o.) diskutiert wurde, und die heute ergänzt wird durch Religion und den Glauben an einen großen Lenker. Hier müssen sich die Wege des Glaubens und der Wissenschaft trennen, denn dieser paradoxe Zwiespalt lässt sich nicht einfach zur Deckung bringen. Ob Sie dieses Dilemma als Dichotomie (*WIKIPEDIA: eine Struktur aus zwei Teilen, die einander gegenüberstehen und einander ergänzen*) sehen wollen, bleibt Ihnen überlassen.

Mir bereitet diese eingeschränkte Sichtweise Unbehagen, vor allem dann, wenn Glauben durch Amtskirchen verwaltet wird. Das Alte, das Neue Testament und der Koran sind Konglomerate für diese Weltsicht. Zum einen werden unerklärliche Ereignisse als Wunder interpretiert. In einer zweiten, manipulatorischen Weise werden von Religionsführern politisch, moralisch oder historisierend nützliche erscheinende Ereignisse, zu glaubensmotivierenden Wundern verklärt. Damit wird seit dreitausend Jahren erfolgreiche Geschichtsklitterung, z.B. in Talmud, Bibel und Koran betrieben. Man denke nur an die Hebräer und ihre biblische Pseudohistorie, an die unbefleckte Empfängnis Mariens, die 4-jährige Schwangerschaft vor Mohameds Geburt usw. Alles Wunder.

Man kann zwischen zwei Alternativen, dem subjektiven und dem objektiven Zufall unterscheiden.

Subjektiver Zufall: Wenn Wissenschaft keine Erklärung für ein Ereignis angeben kann, heißt das nicht prinzipiell, dass es keine kausale Erklärung gibt. Oft können wir verborgene Kausalitäten aufgrund unserer mangelnden Erkenntnisfähigkeit aktuell nicht verifizieren. Wir können solche Phänomene als subjektive Zufälle auffassen. Man beruft sich letztlich auf einen deterministischen Zusammenhang, der wie gesagt beinhaltet, dass es unentdeckte Kausalitäten gibt. Das ist das Wesen der klassischen Physik. Es wird vorausgesetzt, dass jede Wirkung eine Ursache hat und wir nur nicht in der Lage sind, das zu erkennen. Dieser angenommene Determinismus ist jedoch in sich unrealistisch, da eine Bestimmung aller bewegenden Energien und Kräfte nur rein theoretisch vorstellbar ist. Oder glauben Sie, dass es möglich ist alle Kraft- bzw. Impuls- und Ortskomponenten aller

Teilchen eines Vulkanausbruchs zu erfassen und eine zeitlich gültige Ausbruchssituation vorauszusagen. Determinismus muss also ein Konstrukt sein. Blättern Sie bitte auf den o. a. Abschnitt: "Europas Weg in die Naturwissenschaft" zurück. Dort wurde im Zusammenhang mit verborgenen Phänomenen formuliert:

Hierzu muss man aber einschränkend bedenken, dass alles Seiende in letzter Konsequenz von einer chaotischen Tendenz beherrscht wird. Das bedeutet, dass tatsächlich alles, was materiell gegeben ist, mit allem energetisch verknüpft ist. Z.B. wird die Störung unseres Planetensystems durch einen Asteroiden, dieses System langfristig beeinflussen. Die Auswirkungen können u.U. erst Millionen Jahre später Effekte zeigen. Auf der Erde ist das bekannt als der Schmetterlingseffekt (s.u.), der sich als eine von zahllosen in Resonanz stehenden Ursachen meteorologisch auswirken kann. Alles ist mit allem auf eine deterministische Weise verkoppelt. Die Effekte sind aber nicht offensichtlich einsehbar, da es unzählige Kopplung gibt, die weder in Ihrer Anzahl noch in ihrer minimalen Wirkung in Erscheinung treten. Zudem können sie sich, vor allem in Kreisläufen (z.B. den o.a. Planetenbahnen oder meteorologischen Kreisläufen) zu gewaltigen Effekten aufschaukeln, da sie in exponentiell wirksam werden. (Aigner, Florian, 2016, S. 33)

Obwohl also ein deterministischer Zusammenhang besteht (s.u. Zufall: subjektiver Zufall), ist eine vollständige Erfassung der Ursache praktisch unmöglich.

Objektiver Zufall: Was aber, wenn die Vorgänge prinzipiell nicht mehr deterministisch erklärbar sind? Das sind dann die objektiven Zufälle, die durch keine Kopplung beschreibbar sind und nicht mehr durch zwingende Kausalitäten in Ursache und Wirkung aufgelöst werden können. Ursache und Wirkung bedingen einander in diesem Fall nicht mehr. Wir treten dann aus der deterministischen klassischen Newton-Mechanik heraus in die Welt des objektiv nicht deterministischen erfassbaren Seins: die Welt der Quanten in der unvorhersagbare „Tunneleffekte“ eine große Rolle spielen. Ein so große Rolle, dass man z.B. die Inflationstheorie Alan Guths im Zusammenhang mit dem Urknall damit erklären kann. *"Der objektive Zufall steht in direktem Widerspruch zum Prinzip der Kausalität, denn Ursache und Wirkung sind nicht mehr zwingend kausal verknüpft"*. (Camejo, 2006, S. 91)

Dieses schwierige Feld ist ein elementarer Bestandteil der Quantenmechanik. Siehe hierzu das Kapitel 9, *Die Bohr-Einstein-Debatte* (Camejo, 2006). Ausgangspunkt dieser grundlegenden Betrachtungen waren die Doppelspalt-Untersuchungen von Quantenobjekten und die Beurteilung von *"Welchen Weg nimmt ein Quantenobjekt"* bei diesen Betrachtungen.

Es spielen sich auf mikroskopischer Ebene Vorgänge ab, die sich grundsätzlich keiner Gesetzmäßigkeit zuordnen lassen. Da ist z.B. der nicht vorhersagbare, objektiv zufällige Zerfall eines einzelnen radioaktiven Atoms, der nur statistischen

Betrachtungen, also im Fall einer großen Anhäufung solcher Objekte, zugänglich ist s.u. Es gibt prinzipiell keine Statistik von Einzelereignissen.

Muster

Ein interessanter mathematischer Ansatz ist die Zufallserklärung als Feststellung des Fehlens jeglichen Musters (Stewart, 2014, S. 179). Mathematisch, da u.a. Muster und die Suche nach deren Gesetzmäßigkeit das Wesen der Mathematik ausmachen. Eine mögliche Definition von Muster ist das "Sich-Wiederholen von Elementen". In diesem Sinn gelangen wir in die Nähe von Symmetrie.

In welchen Bereichen könnte man diesen Ansatz von Zufallserklärung durch An- oder Abwesenheit von Mustern phänomenologisch bestätigt sehen?

Muster bzw. sich wiederholende Elemente und damit nicht zufallsbedingte Phänomene findet man z.B. in überwältigendem Ausmaß in der Biologie in Form von Zellen, Biomolekülen und ihren Myriaden von Kopien, wie z.B. Aminosäuren, Proteinen, Enzymen, Zuckern, Fetten und vor allem den zugrundeliegenden enzymatischen Reaktionen der Molekularbiologie, die dem Schlüssel-Schloss-Prinzip unterliegen. Sie scheinen dem Zufall zu folgen, werden aber zielgerichtet durch molekulare Muster der Reaktionsteilnehmer geführt (s.u.).

Darüber hinaus präsentieren sie sich durch die weltweite Allgegenwart von Pflanzen und Tieren. Sie müssen in hohem Maß außerhalb eines zufälligen Zusammenhangs stehen, da sie ständig geordnet reproduziert werden und als Einzelobjekt nur eine sehr begrenzte Daseinsdauer aufweisen. In der Gesamtheit einer biologischen Art stellen sie aber ein beständiges, zukunftsfähiges Muster aus sich wiederholenden, uralten Elementen dar. Das gilt auf molekularer Ebene überdeutlich für das Erbmolekül DNA. Hier ist also nicht das Feld, wo durch Fehlen von Mustern oder Musterelementen, von einer Dominanz des Zufalls gesprochen werden kann. Ein ganz anderer Aspekt ist aber in diesem Zusammenhang der Beginn dieser Musterreproduktion, oder mit anderen Worten der Beginn von Leben und darüber hinaus die Varianz im Sinn der Evolution. Auf der molekularbiologischen Ebene spielen sich nämlich parallel auch statistische Zufallsereignisse in Form von Mutationen ab, die aus alter biologischer Ordnung neue Ordnung erzeugt.

Man kann spekulieren, dass sich diese Muster- und Ordnungsbetrachtungen auch auf Aussagen zur Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Biologie ausdehnen lassen. Unsere lebende Welt entspricht, wie bereits in anderen Zusammenhängen dargestellt, vor allem in ihrem biologischen "Urknall", sehr geringer Wahrscheinlichkeit. Sie wird nur auf der untersten molekularen Ebene von Zufällen in Form der Evolution, d.h. Mutation und Selektion dominiert. Das ist letztlich ein Zustand von vergleichsweise geringer Entropie.

Es ist aber in diesem Kontext zu berücksichtigen, dass Ian Stewart darauf hinweist, dass es auch im Zufall durchaus Muster gibt, die allerdings nur statistisch erfassbar sind. In diesem Zusammenhang sehe ich z.B. die zufällige Bildung von Dünen, Mäandern, Meereswellen, Wolkenformationen usw., die sehr stark Muster geprägt zu sein scheinen. Offensichtlich handelt es sich dabei um unbelebte Phänomene, die aber keine Beständigkeit aufweisen. Sie entstehen und vergehen in Windeseile. Sie sind anorganischer Natur und ihre makroskopische Ordnung lässt keinen Schluss auf selbstorganisierte Beständigkeit zu. Form und Entstehung sind keinesfalls unwahrscheinlich, wie sich z.B. aus Photographien der mit hoher Sicherheit nicht belebten Marsoberfläche erkennen lässt. Ähnlichkeiten mit lebensfeindlichen Erdoberflächen sind ersichtlich.

Wie soll man solche anorganische Muster-Elemente im Sinn von Bestandteilen eines Musters einstufen? Darin sich wiederholenden Bausteine müssen nicht identisch sein: siehe den einzelnen Schneekristall, das Blatt im Blätterhaufen, das Sandkorn usw. Trotzdem formen sie, nebeneinandergelegt, oder einfach vergleichend, ein Muster, für das man eine Statistik erstellen kann: Das Größenverhältnis der Schneekristalle, die Farbe der gefallenen Blätter an einem Herbsttag, das Größenverhältnis der Sandkörner in einer Düne usw. Für das einzelne Element ist natürlich eine statistische Betrachtung sinnlos.

Einen wesentlichen Unterschied zwischen den o.a. Musterelementen der Organik und denen der Anorganik sehe ich allerdings. Die Musterelemente der Organik (z.B. DNA, Proteine usw.) können als kommunikationsfähige, sich selbstorganisierende Datenträger eingestuft werden und heben sich damit von rein zufälliger Anwesenheit ab. Sie stellen entropische Potentiale dar. Man könnte also argumentieren, dass im Fehlen jeglicher Information in den anorganischen Musterelementen, den entropischen Maxima, der Grund für ihr rein statistisches, zufälliges Erscheinungsbild liegt.

Gestatten Sie mir im Zusammenhang mit dem Begriff Muster eine kurze Abweichung in die Muster der Molekularbiologie der menschlichen Zelle bzw. des Gehirns:

Vergleichen wir oberflächlich den cerebralen Vorgang der Datenabwicklung mit der stochastischen Abwicklung von Zellreaktionen, wie sie bei Dyson erwähnt werden (Dyson, 2016, S. 404):

Stochastisch steht in diesem Sinn für scheinbar zufälliges Verhalten. Grundsätzlich gibt es in einer Zelle keine der Digitaltechnik vergleichbaren Speicherplätze. Es findet in jeder Zelle ein ständiges Suchen und Finden von Enzymen und genau passenden Reaktionspartnern statt.

Wie geht das vonstatten? Die Biochemie der Zelle wickelt ihre komplizierten Reaktionszyklen weitgehend unter Nutzung der molekularen „Gestalt“ der Partner,

konkret nach einem „Schlüssel-Schloss-Prinzip“, ab. Der Zellumsatz erfolgt im gesamten Zytoplasma fließend.

Konkreter: Alle Zellreaktionen initiieren sich durch die stereochemische, dreidimensionale Gestalt sowohl jeder teilnehmenden, katalysierenden Enzym-Klasse als auch der Reaktanten-Klasse. Allgemeiner ausgedrückt sind es hochdifferenzierte Muster-Klassen, die einander ständig suchen und finden. Treiber ist das Energiepotential, das jedem Molekül anhaftet - seine Reaktionsenthalpie. Das Suchen und Finden passender Reaktionspartner geschieht ohne Festlegung eines gespeicherten Reaktionsortes.

Resümee: Zellreaktionen erfolgen aufgrund der Reaktionspräferenz zwischen molekularen Muster-Passungen und Minimierung des molekularen Energieinhalts.

M.E. ist das Prinzip der Muster-Passung evolutionär auch auf einer ganz anderen, einer extrazellulären Ebene entstanden. Z.B. der ständige Datenaustausch zwischen Gehirn, Körper und Außenwelt.

Wollte man das Prinzip der stofflichen Muster-Passungen aus der Chemie der Einzelzelle eins zu eins auf den Cerebralbereich, das Gehirn, anwenden, ist folgendes zu bedenken: Können Daten, - stofflich - in Moleküle umgesetzt, in diesem Labyrinth von Zellen nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip gebunden sein? Für die hormonelle Steuerung des Körpers mag das in gewissem Maß zutreffen, nicht aber für den neuronalen Bereich. Irgendwie entstandene Informations-Moleküle müssten in einer Gehirnzelle abgelegt und dort wieder auffindbar sein. Vielschichtige Informationen, wie wir sie täglich in ungeheurer Fülle und lichtschnell empfangen, müssten dann in vielen „informierten“ Gehirnzellen gesammelt werden. Nach einer Art Schnittmengenbildung (wo, wie?) und vergleichen könnte der Betroffene reagieren. Eine solche stoffliche Speicherung übergeordneter Zusammenhänge also ganz allgemein gesprochen von Wissen, in Gehirnzellen und deren stochastische Informationsbewältigung ist m.E. stofflich nicht möglich.

Eher tragfähig scheint eine neuronale Muster-Abwicklung auf der Basis elektromagnetischer Gehirnpotentiale, verkörpert durch sehr viele Gehirnzellen, zu sein. So könnte im Fortschreiten der Evolution, eine immer differenziertere Musterbildung der Erlebniswelt in Form von ausgedehnten neuronalen Zellclustern stattgefunden haben, die über elektromagnetische Impulse und Potentialdifferenzen miteinander und die Sinne, mit der Außenwelt kommunizieren. Myriaden von unterschiedlichen, dreidimensionalen Clustern aus sehr, sehr vielen fest verankerten Nervenzellen, in Form dauerhaft angeregter cerebraler Potentiale, potenziert durch Vernetzung über Synapsen, könnten Blaupausen für Myriaden von Bildern, Ideen und Wissen sein. Diese cerebralen Blaupausen – Muster - sollten sich bei verschiedenen Menschen nicht in der grundsätzlichen Anlage aber im Detail unterscheiden. Eine Muster-Basis hätte bereits das Neugeborene durch Vererbung

für die Vitalfunktionen. Der Rest ist Lernen von Eltern und Erfahrung. Eine ungeheure Diversivität ist denkbar. Zwei- und dreidimensionale Zell-Verbände, Schnittmengen durch Synchronisation von Unterbereichen, lose Clusterbildung, offen für wechselnde Verknüpfungen, wären „Potential-Berge“ als Muster der Realität in cerebralen Potentialgebirgen.

Mit einem Wort gigantische neuronale Speicher, dauerhaft existent als cerebrale Potentialmuster mit stochastischem Lernvermögen im neuronalen Vergleich von erlebten und gespeicherten Realitätsmustern. Lichtschnell fähig zu holistischem Abgleich von In- und Output in Millisekunden also dem Verifizieren der Außenwelt. Es würden Informationsmuster (keine Bilder) der Realität durch unsere ausgelagerten „Gehirnregionen“ wie Augen, Ohren, Nase und Haut wahrgenommen und verglichen mit cerebralen Musterstämmen, deren Zellcluster sich als virtuelles Pendant der Realität in unseren Gehirnen über Milliarden von Jahren optimiert haben. Speicherung und vergleichendes Auffinden dieser Hologramme mit der Außenwelt erfolgt durch Verifizieren der Außenwelt als elektromagnetische Input-Impulse über Nervenleitungen. Spätestens durch Tasten, Hören, Riechen und Fühlen erkennen wir diese Realität, die wir uns u.a. durch Namengebung zu Eigen gemacht haben.

Wiegessagt könnte man argumentieren, dass im Fehlen jeglicher Information in den anorganischen Musterelementen der Grund für ihr rein statistisches, zufälliges Erscheinungsbild liegt.

Sich wiederholende Musterelemente erinnern an Mikrozustände der statistischen Mechanik (s.u.). Sie sind nicht identisch, sondern äquivalent. In der statistischen Mechanik quantifiziert Boltzmann die Entropie mit Hilfe der Zahl Ω . Der Logarithmus von Ω sagt aus, wie oft sich auf mikroskopischer Ebene die nicht unterscheidbaren Bestandteile eines Systems untereinander umsortieren lassen, ohne dass auf makroskopischer Ebene das äußere Erscheinungsbild des Systems verändert wird. Ein Gas ist der typische Vertreter eines solchen Systems. Auch die Form von Sandkörnern als Elemente des Musters, das eine Wüste ausmacht, oder die Differenziertheit von Schneekristallen eines Schneehaufens oder die Unterschiedlichkeit von Blättern an einem Baum, können so betrachtet werden. Die Statistik ist in diesen Mustern der einzige orientierende Faktor.

Das kann aber nur für die anorganischen Strukturelemente zutreffen. Ein Umsortieren in einem organischen lebenden System würde zu gravierenden Veränderungen mit unabsehbaren Folgen führen. Leben und Zufall sind allenfalls für die Entstehung von Leben und evolutionäre Entfaltungen maßgebend.

Wie wir noch sehen werden, ist im Mikrokosmos der DNA-Zufall die treibende, evolutionäre Kraft. In den Genen kommt es z.B. durch elektromagnetische Strahlung, Chemikalien, Viren usw. zu nicht vorhersagbarer Veränderung der DNA. Dieser Zufallseffekt führt zu Punktmutationen in einem oder mehreren Genen.

Die damit verursachte Steuerungsvariation der DNA resultiert in der Veränderung des Phänotyps. In Populationen kommt es im Ergebnis zur Selektion und zur Emergenz von neuen morphologischen Lebenserscheinungen. Das ist der Schauplatz der Evolution. Dieses grundsätzliche Phänomen kann mit Informationszuwachs beschrieben werden, was letztlich lokaler Entropie-Erniedrigung entspricht.

Darüber hinaus scheint mir der Begriff Zufall in der kosmischen Entropie-Philosophie problematisch zu werden, die ja ein übergeordnetes physikalisches Prinzip, das der permanenten Zunahme, beinhaltet. Wenn die Gesamtentropie unentwegt steigt, kommt damit auch zum Ausdruck, dass sich ein Zustand immer größerer Wahrscheinlichkeit verwirklicht. Parallel kommt es aber auch zu einer immer stärkeren Abnahme zufällig erscheinender, nicht kausal erklärbarer Entwicklungen, denn wir erforschen immer tiefere Zusammenhänge und häufen immer mehr Information an. Die anthropogen definierte terrestrische Teilentropie, falls man so eine Definition akzeptieren will, sinkt. Allerdings kann das primär für unsere Erde, ein Staubkorn in der Unendlichkeit des Alls gelten. Der Rest bleibt Schweigen.

Übrigens könnte der Urknall und damit unser Universum durch Zufall aus einer Quantenfluktuation entstanden sein. Darauf kommen wir noch.

Sie sehen: Man kann in diesem Kontext gar trefflich schwadronieren und vordergründige Plausibilitäten aufzählen. Ich fühle mich damit aber nicht wohl, da mit unzureichender Erkenntnisfähigkeit relative Zuordnungen formuliert werden, die nur Teilaspekte berücksichtigen oder gar falsch sind. Heuristik!

1.2.7 Wahrscheinlichkeit

WIKIPEDIA: „Die Wahrscheinlichkeit (Probabilität) ist eine Einstufung von Aussagen und Urteilen nach dem Grad der Gewissheit (Sicherheit). Besondere Bedeutung hat dabei die Gewissheit von Vorhersagen. In der Mathematik hat sich mit der Wahrscheinlichkeitstheorie ein eigenes Fachgebiet entwickelt, das Wahrscheinlichkeiten als mathematische Objekte beschreibt, deren formale Eigenschaften im Alltag und der Philosophie auch auf Aussagen und Urteile übertragen werden“.

Entropie und Wahrscheinlichkeit

Man kann Entropie mit dem Maß an Wahrscheinlichkeit von Phänomenen in Beziehung setzen. Dieses sehr universale Verständnis von Entropie stammt aus der bereits zitierten Statistischen Theorie der Wärme, auch Statistische Theorie der Gleichgewichte genannt (s.a.: Ergänzung 2, Entropie). Zum Verständnis dieses

Wahrscheinlichkeitsprinzips muss man sich an der Realität der uns umgebenden Umwelt orientieren. Wie bereits gesagt registrieren wir um uns herum ständig wachsende Nichtordnung und gruppieren das als Entropie-Anstieg ein. In weitaus geringerem Maß können wir Entstehung von Ordnung, Informationsvermehrung, Lebensentfaltung oder Differenzierung, also Effekte, die zumindest formal für Entropie-Erniedrigung sprechen, in unserer Erfahrungswelt erkennen. Nichtordnung oder Chaos ist erfahrungsgemäß sehr viel häufiger und damit wesentlich wahrscheinlicher als Ordnung und ihre Facetten.

In Übereinstimmung mit dieser stochastischen Sichtweise¹²¹ kann man davon ausgehen, dass Ordnung bzw. Nichtordnung durch ihre Wahrscheinlichkeitskomponenten in der qualitativen Interpretation von Entropie zentrale Argumentationsgrößen darstellen. Eine verbindliche Definition des Entropie-Begriffs sollten daher u.a. Ordnung und Wahrscheinlichkeit in diesem Sinn widerspruchsfrei berücksichtigen.

Brian Green (Brian Greene, 2004) stellt diesen Begriff sehr anschaulich mit folgendem Beispiel dar: Nehmen Sie ein Buch z.B. eine Ausgabe von „Krieg und Frieden“. Die 1385 Buch-Seiten sind textsynchron durchnummeriert und in eindeutiger Weise, numerisch aufsteigend, orientiert. Dieser Zustand ist unzweideutig und für den Leser von hohem Informationsgehalt. Nur die eindeutige, geordnete Aufeinanderfolge der Seiten macht es möglich die Dramaturgie zu verstehen bzw. erkenntnisvermehrend zu lesen da sie zeitkonform fortschreitend in einer Handlungs-, Zeit- und Ortseinheitlichkeit (nach Aristoteles sind das die drei Einheiten des griechischen Dramas) angelegt ist.

Letztlich entspricht das einem Kommunikations-Algorithmus: Es gibt für dieses Buch nur eine einzige, unmissverständliche Ordnung. Vertauscht man ein Blatt, ist das beim Lesen sofort erkennbar: die Ordnung wird geringer da die Handlungsdarstellung gebrochen ist und klärende Fragen notwendig werden bzw. Aufwand entsteht, um die Darstellung zu ordnen.

Weiter kann man darüber hinaus alle Blätter des Buches nahezu beliebig oft umschichten. Die Kombinatorik¹²² lehrt uns, dass 1385 Seiten, das sind 693 Blätter, die Möglichkeit bieten $693!$ (mathematisch: Fakultät) verschiedene Anordnungen der Blätter zu verwirklichen. Zusätzlich ist die Orientierung der Blätter zu berücksichtigen. Brian Green errechnet für die Anordnung und die Orientierung die Zahl 10^{1878} .

Die folgende Berechnung dieser Zahl braucht den Leser nicht zu interessieren. Ich habe sie eigentlich nur für mich selbst nachvollzogen.

Ich habe versucht diese Zahl selbst zu ermitteln, musste aber mangels Befähigung auf ein naturwissenschaftliches Forum im Internet zurückgreifen. Kombinatorik ist nicht jedermanns Sache.

Nick F., ein Mathematiker und Florian B., haben mir am 05.02.2016 und 06.02.2016 im Chemie Online Forum (Mathematik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik), die Lösung übermittelt, die ich hier etwas gekürzt wiedergebe:

Nick F.: Wenn wir davon ausgehen, dass ein Blatt 2 Seiten hat, haben wir 693 (= 1385 geteilt durch 2) Blätter und damit gibt es 693! Möglichkeiten die Blätter zu sortieren. Nun können wir jedes Blatt umdrehen. D.h. für jede der 693! Blattfolgen, gibt es 2^{1385} Orientierungen.

Warum 2^{1385} :

Florian B.: Angenommen es würde nur die Orientierung der ersten Seite eine Rolle spielen und die Orientierung der anderen Blätter wäre egal, gäbe es insgesamt also $1385! \cdot 2$ Möglichkeiten. Berücksichtigt man nun noch die Orientierung des zweiten Blatts, verdoppelt sich die Anzahl der Möglichkeiten erneut, also sind es $1385! \cdot 2 \cdot 2$ Möglichkeiten. Berücksichtigt man die Orientierung aller 1385 Seiten erhält man also $1385! \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots \cdot 2$ Möglichkeiten (mit 1385 2en) also $1385! \cdot 2^{1385}$ Möglichkeiten.

Nick F.: Ich gehe auch davon aus, dass wir ein "Vorne" deklariert haben, also der umgedrehte Stapel wird vom ursprünglichen unterschieden. Die Anzahl der Gesamtmöglichkeiten ergibt sich aus der Anzahl der Möglichkeiten die Blätter anzuordnen, multipliziert mit der Anzahl der Möglichkeiten die Blätter zu orientieren.

Ergebnis: $693! \times 2^{693}$

Umrechnung dieses störrischen Produkts:

Florian B.: 693! kann man mit der Stirling Formel approximieren und danach kann man die Basis der Potenz wechseln.

Endergebnis: $693! \times 2^{693} \approx 1,25 \times 10^{1878}$

Beschreibung des Rechengangs:

1. Berechnung von 693!

Stirlingsche Formel: Für alle natürlichen Zahlen $n \geq 1$ gilt näherungsweise:

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n$$

$$693! \approx \sqrt{2 \times 3,14159 \times 693} \times \left(\frac{693}{2,71828}\right)^{693}$$

$$= \sqrt{4354,424} \times (254,940)^{693}$$

$$= 65,225 \times (254,940)^{693}$$

Umrechnung auf Potenzbasis 10:

$$= 65,225 \times 4,5869 \times 10^{1667}$$

$$= 2,9918 \times 10^{1669}$$

Ergebnis mit dem Taschenrechner: $3,0308 \times 10^{1669}$

2. Umrechnung von 2^{693} :

(Wechsel der Potenzbasis von 2 auf 10: siehe Internet)

Taschenrechner: $2^{693} = 4,1095 \times 10^{208}$

$$3. \text{ Endergebnis: } 693! \times 2^{693} = 4,1095 \times 10^{208} \times 3,0308 \times 10^{1669} = 1,245 \times 10^{1878}$$

Die Gesamtheit der Blätter bzw. Seiten des Buchs hat also das Potential zu sehr, sehr hoher Nichtordnung, wenn man es z.B. einfach als lose Blätter hochwirft, den Blättersegen wieder auffängt und zu einem zufallsbedingtem Blätterstoß formiert. Die Gewissheit oder Sicherheit das Original zufällig wieder herzustellen ist außerordentlich gering. Man weiß zwar nach wie vor, dass 1385 Seiten bzw. 693 Blätter vorhanden sind, und dass es die Möglichkeit zu 10^{1878} verschiedenen Anordnungen gibt. Erst nach 10^{1878} -maligem Hochwerfen können Sie sicher sein, dass einmal die richtige Seitenfolge aufgetreten ist. (Dabei ist nicht berücksichtigt, dass die Blätter um 180 Grad gedreht sein können). Das Buch wird aber in all diesen möglichen, einheitsgestörten Anordnungen unverständlich, weil der dramaturgische Zusammenhang fehlt. Der Informationsfluss bricht zusammen da es nur noch willkürliche, zusammenhanglose aufeinander folgende Textbausteine gibt

Allerdings gilt das nicht für die einzelnen Buchseiten, also die Elemente des Informationszusammenhangs, die ja unverändert erhalten bleiben. Das Potential, den Zusammenhang wiederherzustellen, ist nach wie vor gegeben erfordert aber sehr viel Zeit.

Damit wird deutlich, dass allein das Vorhandensein von Informationsbausteinen noch keine Entropie-Beeinflussung ermöglicht. Nur der geordnete Zusammenhang, erdacht durch den Autor, bewirkt eine Art symphonischen Effekt, der sich entropisch interpretieren lässt: Tolstois Buch ist von hoher Ordnung und schildert einen nachvollziehbaren Handlungsverlauf, der den o.a. Kriterien der drei Einheiten entspricht.

Für diese einmalige "Komposition der Worte", diese schöpferische, einmalige, geordnete Leistung des Autors, ist also die Verifizierung des Informationszusammenhangs ersichtlich in hohem Maße gefährdet, wenn man seine Organisationsform, das Buch als Hardware, also im weitesten Sinn den Algorithmus und die leichte Störbarkeit einbezieht.

Wer das von Leo Tolstoi geschriebene Buch auswendig lernt, ist all dieser Überlegungen ledig. Diese Möglichkeit ist aber sehr wenig wahrscheinlich. (Der Informationszuwachs dieses Lesers steigt, damit fällt die lokale Entropie. Die Gesamtentropie aber steigt, da der Lesevorgang eines Menschen u.a. mit enormem "Abfall" von Stoffwechsel- bzw. Wärmeenergie verbunden ist).

Wer, wie die allermeisten der Leser, die Buchform nutzen muss, wird das Problem des riesigen Vertauschungspotentials spätestens dann erleben, wenn er eine billige Paperback Ausgabe gekauft hat, deren Einbindung sich auflöst. Spätestens wenn keine Seitenzahlen mehr lesbar sind und das Buch aufgewirbelt wird, ist es nahezu wertlos.

Hinsichtlich der Handlung, vor allem aber in Bezug auf die Seitenfolge, ist Tolstois Original das unwahrscheinlichste Gebilde unter all den 10^{1878} Möglichkeiten der Seitenanordnung, da nur Tolstois Version dramaturgisch geordnet und erkenntnisvermittelnd ist. Das gilt natürlich für die Einmaligkeit aller Bücher und für alle Ordnung, die von Menschen geschaffen werden.

Mit einem Wort: Die ungeheure Vielfalt von Nichtordnung ist sehr viel wahrscheinlicher als die Einmaligkeit von Ordnung. In Brian Greenes Beispiel ist das Verhältnis und damit die

Wahrscheinlichkeit von Nichtordnung zu Ordnung oder
der Grad der Nicht-Gewissheit:

$$= 10^{1878} \text{ zu } 1$$

Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen haben in Form der Statistischen Wärmelehre, deren Grundlagen Ludwig Boltzmann gefunden hat, eine entscheidende Komponente in die Entropie-Philosophie eingebracht (siehe: Ergänzung 2).

1.2.8 Sind Ordnung, Symmetrie, Homogenität und Isotropie identisch?

Ich sehe, dass für Symmetrie, Isotropie und Homogenität mathematische Kriterien gelten. Ordnung dagegen kann mathematisch nicht beschrieben werden. Ganz offensichtlich finden wir die Charakteristika für Symmetrie, Isotropie und Homogenität problemlos in unserer Umgebung; die alltägliche Begegnung damit ist sehr wahrscheinlich. Beispiele sind die bereits erwähnten Schneekristalle, Sandwüsten, Wasseransammlungen, Eismassen, die Luft; sie können sehr viele nicht unterscheidbare Anordnungen annehmen. Der Ordnungsgrad dieser Anorganika ist gering und ebenso der Wissensaufwand, um sie zu klassifizieren. Ihre relative Entropie ist formal daher hoch. Die Aussage: es liegt Symmetrie, Homogenität bzw. Isotropie vor, lässt Analogieschlüsse auf das Gesamtsystem zu, ohne Detailwissen zu fordern.

Das gilt nicht für Ordnung. Bei unsymmetrischen, inhomogenen oder anisotropen Systemen muss jedes Detail gesondert erfasst sein. Der Beschreibungs- und Wissensaufwand ist größer: mehr Bits – mehr Information.

Vielleicht ist auch folgende Klassifizierung vertretbar:

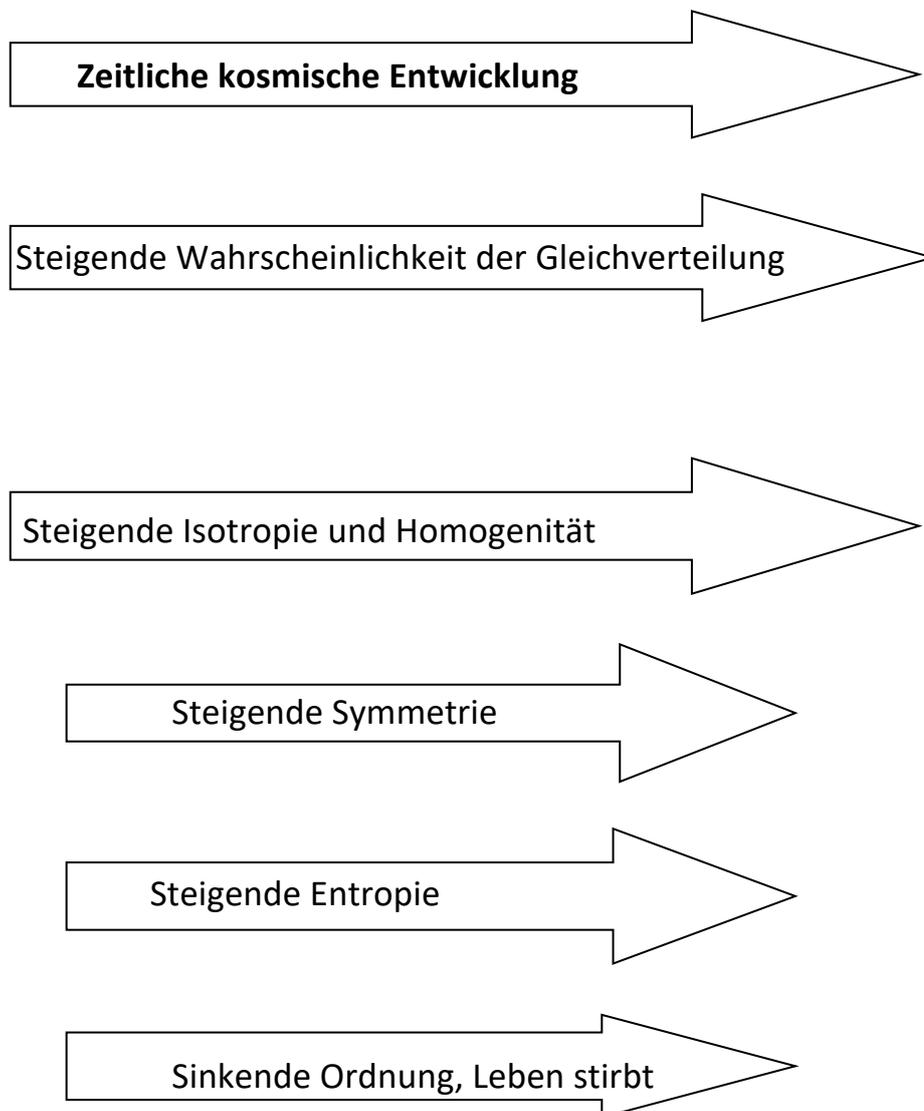
Symmetrie, Homogenität bzw. Isotropie, aber auch Wahrscheinlichkeit lassen sich mathematisch bzw. physikalisch, also wissenschaftlich erfassen messen und beschreiben.

Ordnung ist dagegen ein außergewöhnlicher Zustand, der allein von der menschlichen, mehr oder weniger subjektiven Wahrnehmung interpretiert bzw. verwirklicht wird. Sie ist nicht direkt messbar. Eine quantifizierende Interpretation

z.B. in chemischen Bindungssystemen, abgeleitet aus konkreten Entropie-Werten, muss sich vor zu viel Plausibilitäts-Heuristik hüten.

Symmetrie, Isotropie und Homogenität haben Gemeinsamkeiten. Sinkende Symmetrie zieht sinkende Isotropie und sinkende Homogenität nach sich. Parallel dazu steigen der Beschreibungsaufwand und damit der Informationsgehalt, was erfahrungsgemäß sinkender Wahrscheinlichkeit entspricht. Dieses Szenario steht, ungeachtet der problematischen thermodynamischen Entropie-Definitionen (klassisch bzw. statistisch), formal für sinkende Entropie. Das wiederum lässt formal auf Zunahme von Ordnung durch sinkende Symmetrie schließen. (Von hinten durch die Brust ins Knie).

Symmetrie, Isotropie, Homogenität und auch Wahrscheinlichkeit sind also keine Synonyme für den Ausnahmezustand der anthropogen als Ordnung eingestuft wird.



Diese mehr halbqualitative Betrachtung könnte man durch folgende spekulative Überlegung ergänzen:

Annahme: Formal sei Ordnung durch den absoluten Betrag $|\mathbf{a}|$ eines willkürlichen Vektor \mathbf{a} , beginnend aus dem Nullpunkt eines kartesischen Koordinatensystems eindeutig repräsentiert.

Symmetrie würde, ausgehend vom Nullpunkt, repräsentiert durch die beiden gegenläufigen Vektoren \mathbf{a} und $-\mathbf{a}$, wobei $-\mathbf{a}$ durch Spiegelung aus \mathbf{a} entsteht oder eine Drehung um den Nullpunkt um 180° . Die formale Ordnung $|\mathbf{a}|$ ist nicht größer geworden aber auf 2 Vektoren, \mathbf{a} und $-\mathbf{a}$ verteilt; sie ist aber nicht mehr eindeutig und damit gesunken. Die Anzahl an Bits, also die Informationsdichte hat sich nicht erhöht, da ich $-\mathbf{a}$ mit den Bits von \mathbf{a} , allerdings unter Vorzeichenberücksichtigung, beschreiben kann.

Man kann sich nun einen Kreis um den Nullpunkt mit dem Radius $|\mathbf{a}|$ vorstellen, der beliebig viele weitere Vektoren \mathbf{a}_n , ausgehend vom Nullpunkt, abgrenzt. Alle Vektoren \mathbf{a}_n seien gegenüber \mathbf{a} um $360^\circ/n$ um den Nullpunkt gedreht. Damit entsteht ein symmetrisches Vektorenbündel um den Nullpunkt. Die ehemalige und einmalige Ordnung ist weiter gesunken, da es n mögliche, aber gleichwertige Plätze gibt, die $|\mathbf{a}|$ gänzlich erfassen. Die möglichen, aber gleichwertigen Symmetrieoperationen werden mehr, da Drehungen um 1 bis n und Vielfache davon möglich sind. Mit diesem Bild nähern wir uns mit steigendem n einem isotropen Zustand der Ordnung $|\mathbf{a}|$ in der Fläche. Wenn wir uns nun vorstellen, viele solche Koordinatensysteme gleichmäßig über die Fläche oder gar den Raum zu verteilen, befinden wir uns in einer Annäherung an den homogenen Zustand.

In allen Fällen gilt: Die möglichen Symmetrieoperationen steigen, die formale Ordnung bleibt. Dann könnte aber auch die o.a. Umkehrung zutreffen: Sinkende Symmetrie, wie es z.B. besonders in einem Symmetriebruch der Fall ist, bewirkt Zunahme von formaler Ordnung.

Nach dieser sehr gewagten Diskussion erscheint es mir angebracht, die kosmische Entwicklung, die von gigantischen Veränderungen der formalen Ordnung, der Isotropie, der Homogenität und der Symmetrie entscheidend geprägt ist (s.u.), auch aus dem Blickwinkel der Veränderung der Entropie zu betrachten. Die bisher formulierten Beschreibungen sind vor allem für die drei Festpunkte der kosmischen Entwicklung von Bedeutung:

- Entropie des Urknalls,
- wahrscheinliches Entropie-Minimum in der Baryogenese und
- Entropie im kosmischen Untergang

Einige Interpretationen der parallel dazu verlaufenden Entropie-Entfaltung sollen beispielhaft aufgeführt werden. In allen Fällen muss man immer im

Hinterkopf behalten, dass der Entropie-Begriff nur formal anzuwenden ist, da die ursprüngliche thermodynamische Basis mit den folgenden Ausführungen nichts mehr zu tun hat.

Bitte beachten Sie im Folgenden: meine Überlegungen zu Entropie im Rahmen der Kosmos-Entstehung sind rein spekulativer Natur. Einen Überblick zum Begriff Entropie finden Sie in Ergänzung 2: Entropie

1.3 Kosmischer Entropie-Verlauf und Thermodynamik

Die klassische Thermodynamik ist eine Theorie, die sich phänomenologisch mit Stoff-Systemen in idealisierten, reversiblen Gleichgewichtszuständen beschäftigt. Sie betrachtet vorwiegend makroskopische Gas-Zustände, die sich mit Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Volumenänderungen usw. beschreiben lassen. Sie sagt nichts über die der Materie zugrunde liegende Struktur, also den atomistischen Aufbau aus, und sie kann keine Aussagen über die Geschwindigkeit von Abläufen, wie z.B. zur Reaktionskinetik liefern.

Wie eingangs ausgeführt, wurden im 19. Jhdt. grundsätzliche Erkenntnisse des Zusammenhangs von Wärme (=Energie) und Temperatur (=Zustand) erarbeitet. Man fand den Unterschied von Wärme zu Temperatur in einer Art Mengenbewegung von Energie (erfassbar durch veränderbare Zustandsgrößen wie Druck und Volumen) und Temperatur als korrespondierendem, konstantem Zustand.

Siehe: Ideale Gasgleichung:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Druck x Volumen = Stoffmenge x Gaskonstante x Temperatur
 Kraft/Fläche x Volumen
 = Kraft x Weg
 = Energie

So konnte man u.a. den in der Ergänzung 2 beschriebenen Carnotschen Kreisprozess mathematisch erfassen.

Im nächsten Abschnitt wird ausgeführt, dass diese phänomenologische bzw. makroskopische Betrachtung, auf eine atomistische Struktur der Materie zurückzuführen ist: auf die Bewegung von Atomen und Molekülen, die erstmals in der Brownsche Molekularbewegung¹²³ sichtbar wurde. (Die Existenz atomarer Teilchen wurde übrigens noch um 1900 von namhaften Wissenschaftlern angezweifelt.) In der aus atomistischen Überlegungen resultierenden statistischen

Thermodynamik, wird Temperatur auf die mehr oder weniger heftige Bewegung von Atomen und Molekülen und damit deren mittlere kinetische Energie zurückgeführt. Wärme wird als der Übergang der mittleren kinetischen Gesamtenergie von einem Medium auf ein anderes gedeutet. (Stewart, 2014, S. 324)

Die Untersuchungen der klassischen Thermodynamik, die u.a. erstmalig zur Formulierung des Entropie-Begriffs führten, waren zunächst auf rein physikalisch orientierte Probleme (z.B. Wärmekraft-Maschinen) und dann auf chemische Prozesse (z.B. Spontanität von Reaktionen), erfassbar durch formal interpretierte Gleichgewichtszustände, ausgerichtet. Das erkannte grundlegende Prinzip regte aber auch Entropie-Abschätzungen im Zusammenhang mit der Lebensentfaltung an und ermöglichte konkrete, thermodynamisch orientierte Entropie-Aussagen, zumindest soweit sie biochemische Reaktionen unter Annahmen der Reversibilität betreffen. Allerdings muss aber im Kontext mit dem Phänomen der lebenden Zelle auf Grenzen hingewiesen werden, da es sich nicht um Gleichgewichtssysteme handelt: Siehe die Ausführungen im Abschnitt: 2.1.3 Leben aus der Sicht der Thermodynamik (Lehninger, Albert L., 1979, S. 336).

Das Universum ist durch die vermutlich permanente Expansion ständig außerhalb einer Gleichgewichtslage: der Expansions-Prozess ist nicht umkehrbar. Diese Irreversibilität macht die Anwendung des klassischen Entropie-Begriffs auf die kosmische Entwicklung fragwürdig, da die thermodynamisch formulierte Entropie, wie gesagt, zunächst auf reversible Gleichgewichtszustände beschränkt ist. In diesem Kontext kann sie als Grad der Irreversibilität des Zustandes eines physikalischen Systems verstanden werden, d.h. je irreversibler ein Prozess ist umso höher ist seine Entropie. ([http://www.uni-protokoll.de/Lexikon/Entropie_\(Physik\).html](http://www.uni-protokoll.de/Lexikon/Entropie_(Physik).html))

In dem kurzen Zeitraum von etwa einer Sekunde direkt nach dem Urknall, aber auch während der darauffolgenden kosmischen Entwicklung, wird eine Entropie-Betrachtung m.E. am wenigsten fragwürdig durch Kriterien wie Wahrscheinlichkeit und Symmetrie eingegrenzt.

Die Theorie der Standardmodelle der Kosmologie bzw. der Quantenmechanik gehen davon aus, dass es einen extrapoliert punktförmigen Ausgangszustand in Form der Singularität des Urknalls gegeben haben muss. Dieser physikalisch und mathematisch nicht fassbare Start, sollte von sehr hoher Energie und damit Temperatur, aber auch völliger Materie- und Gestaltlosigkeit und daher m.E. von absoluter Homogenität und Symmetrie, ohne jeglichen „Ordnungszustand“ geprägt sein. Hier den Begriff Ordnung einzubeziehen ist, entsprechend der

vorangegangenen Diskussion unsinnig, da Ordnung ein unnatürlicher, anthropogen definierter Zustand ist. Hohe Temperatur korreliert, entsprechend thermodynamischen Regeln, mit hoher Entropie. Gemäß der o.a. Diskussion, spricht auch hohe Symmetrie formal für hohe, relative Entropie. Vergleichbares gilt für die in der ersten Sekunde nach dem Urknall entstandene materialisierte Ur-Gaswolke.

In der vermutlich inflationären Ausdehnung der Raum-Zeit nach Alan Guth, ist dieser hochsymmetrische Zustand stufenweise durch „Ausfrieren“ von Elementarteilchen in geringere Symmetrie übergegangen. Energie "erstarrte" zu Materie. Begleitet war der inflationäre Ausdehnung von einem ebenso inflationärem Abfall der Temperatur und damit die korrespondierende sinkende Energiedichte. Auf den Begriff der kosmischen Inflation gehe ich später ein.

Die vermutlich 380 000 Jahren nach dem Urknall durch Quantenfluktuation und Gravitation erzeugten inhomogenen materiellen Plasmacluster (siehe oben: 1.1.3 Das COBE-Projekt), können mit einem Symmetriebruchs verglichen werden. Hohe Symmetrie der Ur-Gaswolke ging, infolge des rasanten Temperaturabfalls, in geringere Symmetrie über. Mit diesem Symmetrieverlust sank die relative Entropie gegenüber dem ursprünglichen plasmatischen Tohuwabohu¹²⁴.

Wie erklärt man heute diese Entwicklung?

Vieles spricht dafür, dass in der ersten 10^{-43} ten Sekunde,

10^{-43} te Sekunde: Planck-Zeit, sie markiert als kleinstmögliches Zeitintervall die Grenze der Anwendbarkeit der bekannten Naturgesetze. Zuvor liegt kein Zeitkontinuum mehr vor. Zeit ist dann quantisiert.

bis zur 10^{-6} sten Sekunde, nach dem Urknall, eine durch Symmetriebrüche gekennzeichnete Materialisierungs-Kaskade durch den Zusammenbruch höchster Symmetrie, Energie, Temperatur und sehr hoher Entropie ablief. Infolge der fallenden Temperatur wurden stufenweise immer stabilere Zustände erreicht, verbunden mit sinkender Entropie. Dabei wurde Energie freigesetzt aber auch in Materie transferiert (Dieser Gedanke wird weiter unten bei der Diskussion des abkühlenden Zauberofens, Abschnitt 1.5.5 (Fritzsich, 1983) vertieft).

Die inflationäre Ausdehnung nach dem Urknall, konnte sich durch diese Brüche, die zur Transformation von Energie in Materie führten, in energetisch günstigeren, tiefer liegenden Zuständen geringerer Temperatur stabilisieren. Thermodynamisch phänomenologisch gesehen, kann man das vergleichen mit dem Phasenübergang bei einem Kristallisationsvorgang. Auch bei einer Kristallisation wird die Homogenität einer Flüssigkeit unter Energieabgabe gebrochen. So geht beispielsweise eine gasförmige oder flüssige homogene Phase, bei Unterschreitung einer definierten Temperatur, umkehrbar in ein stabileres, kristallines

Gefüge über. Unter Energieabgabe (die Bewegungsenergie der Teilchen wird minimiert) formiert sich im anthropischen Sinn, die höhere Ordnung eines stabileren Systems mit geringerer Homogenität und auf einem niedrigeren Energieniveau. Es entsteht ein inhomogener Zustand mit Vorzugsrichtungen im Kristallgefüge.

Warum geschieht das spontan?

Gefriert z.B. Wasser, wird Symmetrie gebrochen da aus einer homogenen Phase, ein geordnetes Kristallgefüge entsteht. *„Dabei sinkt die Entropie wegen der Zunahme der Fernwirkung. Die Bildung eines Kristalls ist trotzdem ein exergonischer (die Freie Energie ΔG nimmt ab. Anm. d. V.), thermodynamisch günstiger Prozess, da bei Temperaturen bis zum Schmelzpunkt diese Abnahme durch eine Enthalpie-Abnahme infolge Anziehung zwischen den Teilchen (= Kristallisationswärme) überkompensiert wird“*. WIKIPEDIA

Man muss allerdings so viel Plausibilität mit Vorsicht behandeln. Der Homogenitätsbruch von gefrierenden Flüssigkeiten ist natürlich von einer ganz anderen stofflichen und energetischen Dimension als die Brüche der ersten Sekunde nach dem Urknall. Zudem handelt es sich bei Wasser um reine Materie und in der Urknallentfaltung um eine Energietransformation. Es ist daher sehr fraglich, ob diese sehr stark phänomenologisch, thermodynamisch orientierte Sichtweise auf die Symmetriebrüche nach dem Urknall so pauschal anwendbar ist.

Energie des Urknalls

Dazu muss man zunächst die Frage beantworten: Ist der Kosmos ein offenes, ein geschlossenes, oder ein abgeschlossenes (isoliertes) System? Ist also die Möglichkeit von Stoff- und Energieaustausch gegeben? Die Thermodynamik sagt dazu prinzipiell:

WIKIPEDIA: Als abgeschlossen oder isoliert ist ein System definiert, das keine Energie, unabhängig von ihrer Erscheinungsform (z. B. Strahlung, Materie, Wärme oder mechanische Arbeit), mit seiner Umgebung austauschen kann. Ein abgeschlossenes System ist somit auch adiabatisch, seine Gesamtenergie konstant. Abnehmen kann die Entropie eines Systems nur durch Abgabe von Wärme oder Materie. Daher kann in einem abgeschlossenen System die Entropie nicht abnehmen, sondern im Laufe der Zeit nur zunehmen (Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik). Prozesse, bei denen die Entropie in einem abgeschlossenen System zunimmt, können ohne äußeren Eingriff nicht in umgekehrter zeitlicher Richtung ablaufen, sie werden als irreversibel bezeichnet. Um ein System nach einem irreversiblen Prozess wieder in den Ausgangszustand zu bringen, muss es mit seiner Umgebung gekoppelt werden, die den Zuwachs an Entropie aufnimmt und als Umgebung ihren Zustand dadurch verändert.

Weitgehend akzeptierte Antwort: Es wird angenommen, dass unser Universum ein abgeschlossenes System ist; denn woher und mit wem oder was soll Austausch, in dem sich ständig ausdehnenden Raum-Zeit-Gefüge stattfinden. Raum entsteht ja erst.

Aber woher kommt die Energie des Urknalls, deren Wirken sozusagen allgegenwärtig ist?

Hier bietet sich ein Zitat zu neueren Weltmodellen der Energieentfaltung an, auf das wir später noch einmal, bei der Erörterung des Begriffs „Quantenfluktuation“ zurückkommen werden (*bild der wissenschaft 10/2004, „Der Urknall aus fast nichts:“*)

„Erstens: Ist unser Universum ein offenes oder geschlossenes System? Wenn es ein geschlossenes ist, kam die Energie überhaupt nicht in die Welt, sondern war schon immer in ihr. Doch es ist unklar, ob sich ein „kosmischer Energieerhaltungssatz“ widerspruchsfrei definieren lässt. Im Rahmen der Allgemeinen Relativitätstheorie macht das große Schwierigkeiten. Wenn aber unser Universum mit anderen Universen in Verbindung steht oder der Urknall aus einem Ur-Vakuum entsprang und sich vielleicht in Schwarzen Löchern wiederholt, dann ist unser Universum ein offenes System. Seine Energie könnte aus einem Vorläufer-Universum stammen oder ein Relikt des „falschen Vakuums“ sein, das im Szenario der Kosmischen Inflation auftaucht. (Anm. d. V.: Leider ist es mir nicht möglich diese Ansätze zu beurteilen).

Zweitens: Besitzt unser Universum überhaupt eine Gesamtenergie? Überraschenderweise vielleicht nicht! Denn der positiven Energie der Strahlung, der Materie und so weiter, steht die mathematisch gesehen negative Energie der Schwerkraft gegenüber. Die Bilanz scheint sich gerade auszugleichen, also „null“ zu ergeben. Davon sind viele Kosmologen überzeugt. Mehr noch: Hier könnte der Schlüssel zum Verständnis des Urknalls liegen. Denn dann wäre vielleicht „alles“ – oder jedenfalls unser ganzes Universum – aus fast „nichts“ entstanden. Zufällig. Ganz spontan. Einfach so. Wobei das „Nichts“ das Quantenvakuum ist: eine Leere, ohne Zeit und Raum.“

Aktu 1/22: 5 Aufsätze in *Heise-online*: „The Missing Link“, Dezember 2022, liefern zu diesen Themen eine wesentlich vertiefte Erklärung, die z.B. „Echtes und Falsches Vakuum“ als Zustände der Nullpunktsenergie beschreibt und auf dieser Basis die Frage nach der ungeheuren Materieanhäufung im Kosmos erklären kann. Die dazu äquivalente Transformationsenergie lieferte in der kosmischen Inflation die Nullpunktsenergie. Wir kommen darauf zurück.

Die Entropie wurde ursprünglich für geschlossene Systeme formuliert. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik lautet: „*In einem geschlossenen adiabatischen¹²⁵ System kann die Entropie nicht abnehmen, sie nimmt in der Regel zu. Nur bei reversiblen (umkehrbaren) Prozessen bleibt sie konstant*“.

Lassen Sie uns nochmals auf Rudolph Clausius, einen der Väter des Entropie Begriffs zurückkommen:

Clausius sagt: „*Die Energie der Welt ist konstant*“. Eine mögliche Interpretation wäre die folgende: Die Gesamtenergie des Universums als ein abgeschlossenes System, ist aus Energie-Erhaltungsgründen endlich und konstant. Energie ist über die Einstein Beziehung $E = m \times c^2$ eindeutig mit Masse verbunden. Masse kann, formal gedacht, aus dem "Nichts" entstehen, wenn sie symmetrisch als Materie und Antimaterie entsteht. Eine mögliche Erklärung der Physik ist heute, dass der Urknall durch die Quantenfluktuation eines instabilen, hochsymmetrischen Zustands entstand. Im Gefolge trennten sich durch einen Symmetriebruch, positive Energie und negative Energie (Schwerkraft), deren Summe sich zu **fast Null** ergänzt, aus dem Zustand der Hochsymmetrie. Die positive Energie spaltete danach in weiteren Symmetriebrüchen in Materie und Antimaterie auf. Deren Summe **ergibt Null**. Da die Symmetrie dieser Transformation aber durch den Bruch geringfügig gestört wurde, war der Ablauf wesentlich komplizierter (Siehe WIKIPEDIA: *Die CP-Verletzung, die in der Kosmologie eine der Voraussetzungen für die Existenz der sichtbaren Materie im Universum ist. (Baryonenasymmetrie)*). Unter dem Begriff Baryogenese¹²⁶ (s.a.: 1.5.6) kommen wir darauf zurück. Energie kann nicht vernichtet werden. Alles, was sich heute kosmisch als Materie oder Energie manifestiert, muss daher aus diesem hochenergetischen Zustand geboren worden sein.

Man muss sich allerdings fragen, warum sich der Urknall, wenn er einer zufälligen Quantenfluktuation durch Symmetriebrechung entwischt ist, nicht wiederholt. (s. *Bild der Wissenschaft 10/2004, „Der Urknall aus fast nichts“*). Ist es die ungeheure Energie-Dimension, die nur mit äußerst geringer Wahrscheinlichkeit, also sehr, sehr selten auftritt? Ist der noch zu diskutierende Symmetriebruch der Baryogenese ein so seltener Effekt, oder ist die bereits mehrfach erwähnte zeitliche Dimension unseres Kosmos von 13,8 Milliarden + 10^{160} Milliarden Jahren nur aus unserer menschlichen Sicht ein unvorstellbar langer Zeitraum? Vielleicht ist das nur ein Wimpernschlag im kosmischen Vakuum. Könnte es sein, dass ständig in Bereichen, die Quantenfluktuationen beinhalten, zufällig Singularitäten auftreten, die nur deshalb keine materielle Auswirkung haben, da keine Symmetriebrüche im Sinn einer Baryogenese stattfinden?

Clausius postuliert: „*Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu*“. Man könnte allgemein verständlich genauso gut sagen: "Die Ordnung des Seins nimmt ständig ab, oder: das Chaos wächst permanent und offensichtlich unaufhaltsam."

Das wird jedem von uns klar, der sein Umfeld beobachtet. Nichts wird von selbst geordneter. Und wenn wir Lebewesen, Materie aber auch Gedanken, willkürlich ordnen, erhöht sich trotzdem die Entropie durch den Ordnungsvorgang da er irreversibel abläuft; wir müssen dazu Energie aufwenden. Besonders deutlich wird uns dieser Zusammenhang, wenn die Temperatur ansteigt oder gar ein Brand ausbricht. Das klingt trivial, weil es unserer täglichen Erfahrung entspricht; allerdings ist damit nicht unmittelbar erkennbar, warum Clausius Recht hat. Warum gibt es kein Zurück im Makrokosmos, was im Bereich der Mikroreversibilität jederzeit möglich erscheint (siehe Zeit, Ergänzung 2)? Es ist der Zeitpfeil (s.u.), der die Entropie-Erhöhung begleitet.

Unserer Erfahrung entsprechen aber auch, anthropogen betrachtet, lokale Ordnungsvorgänge, wenn die Temperatur erniedrigt wird. Dann gefriert z.B. Wasser zu einem geordneten Kristallverband, Molekülaggregate strukturieren sich, Atomkerne finden ihre Elektronen, Ur-Gaswolken formen Galaxien usw.; Symmetrien werden abgebaut. Und die Gesamtentropie? Sie steigt, sei es durch freierwerdende Kristallisationswärme, Wasserentropie, Rekombinationsenergie oder Energiefreisetzung infolge gravitativer Verdichtung: Dissipation, also mehr oder weniger verlorene Wärmeenergie.

Wendet man die gleiche Logik wie bei der Hubbleschen Rotverschiebung auf diese Entwicklung hin zur Nichtordnung, also der ständigen Entropie-Erhöhung an, muss die Entropie früher klein, oder zumindest kleiner gewesen sein. Wie soll sie sonst im Lauf der Zeit immer größer werden? Auch sie sollte in der Rückwärtsbetrachtung der Kosmos-Ausdehnung die Urknall-Idee erhärten. Und sie muss früher, vorübergehend, einen formal höheren Ordnungszustand geringerer Symmetrie und geringerer Entropie repräsentiert haben, als er von Clausius für das kosmische Ende prognostiziert wird!

Es ist m.E. von Interesse die Zusammenhänge von Kosmos und Entropie zu betrachten, womit der Bogen zum Urknall, dem Anfang allen Seins, gespannt ist. Zwangsläufig ergeben sich Fragen nach der Symmetrie, Isotropie und Homogenität, nach der Ordnung, der Wahrscheinlichkeit, der Erkenntnis, des Informationsgehalts bzw. dem Wissen über diesen Anfangszustand. Mit einem Wort: Welches Maß an Entropie hat vor, im und nach dem Urknall geherrscht? Denn die Entropie sollte damals wiegesagt wohl kleiner als heute bzw. vielleicht überhaupt nicht definierbar gewesen sein; wie sollte sie sonst stetig wachsen? Aber wie klein? Kann man den zeitlichen Anfang errechnen?

Oder war die Entropie zunächst groß, hat dann ein oder mehrere Minima durchlaufen und begann ab diesem Zeitpunkt ihren Weg in das von Clausius prognostizierte Maximum? Diesen letzteren Verlauf legen m.E. aktuelle kosmologische Überlegungen hinsichtlich der ersten Sekunde des Urknalls nahe. Ich halte eine kosmische Entfaltung der Entropie, über mehrere Minima Stufen, für eine nachvollziehbare Hypothese, die ich im Folgenden belegen möchte.

Die o.a. Frage nach der Entropie vor dem Urknall ist für mich nur rein spekulativ zugänglich. Entropie könnte letztlich ein latentes Prinzip einer zum Urknall führenden Quantenfluktuation bzw. der Nullpunktsenergie sein. Materie, Leben, Bewusstsein, Glaube bzw. alles Seiende sind Potentiale, die sich entfalten können, aber nicht müssen. Viele Potentiale sind m.E. noch in Wartestellung. Alles ist in diesem energetischen Zufall verborgen, der ein uns zugängliches Potential des angeblichen "Nichts" sein könnte. So haben wir z.B. bisher keinen Zugang zu Dunkler Materie und Energie. Unser normativ geprägtes Bewusstsein verknüpft diese vermuteten latenten Prinzip assoziativ mit Erscheinungen wie Ordnung, Symmetriebrechung, Chaoszuwachs, Wahrscheinlichkeit usw. Da zumindest Wahrscheinlichkeit für die quantenmechanischen Vorgänge der Quantenfluktuation im Sinne der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation (s.u.) bestimmend ist, muss es möglich sein, über Entropie im Urknall ernsthaft zu sprechen. Entropie wird für mich damit, neben Energie, zu einem roten Faden, der sich durch unser gesamtes kosmisches Sein zieht. Der mit "Vakuumenergie", besser gesagt Nullpunktsenergie erfüllte leere Raum, das "Nichts", das vor der zum Urknall anzunehmenden Quantenfluktuation vorausgesetzt wird, ist erfüllt mit virtuellen Teilchen und Antiteilchen, die sich ständig selbst vernichten. Es könnte also ein völlig ordnungsloses System höchster Symmetrie und damit höchster Wahrscheinlichkeit und Entropie vorgelegen haben (m.E. ist z.B. unser rezenter Kosmos von geringerer Entropie beherrscht, da er wesentlich weniger wahrscheinlich ist als ein See von potenziellen, gleichverteilten Vakuumfluktuationen). Dieser Zustand könnte durch eine sehr seltene, aber zufällige Quantenfluktuation zum Urknall geführt und durch Symmetriebrüche in unserem Kosmos Stabilität erreicht haben. Ich bin mir darüber im Klaren, dass so mancher Leser hier Assoziationen zu einem übergeordneten, um nicht zu sagen göttlichen Prinzip sieht.

1.3.1 Kosmischer Entropie-Verlauf und Boltzmann Statistik

Wie bereits erwähnt, gibt es über die thermodynamisch-phänomenologisch begründete Formulierung der Entropie hinaus, einen grundsätzlich anderen Ansatz, der von der atomistischen Struktur der Materie ausgeht. Er deutet die Entropie in Abhängigkeit von Einzelteilchen soweit genügend solcher Teilchen, z.B. in einem Gas, einbezogen werden. Es ist das die schon mehrfach angesprochene

statistische Mechanik nach Ludwig Boltzmann und J. M. Maxwell¹²⁷. Eine sehr anschauliche, komprimierte Darstellung hierzu liefern Dickerson/Geis (Dickerson/Geis, 1983, S. 298).

Boltzmann quantifiziert die Entropie mit Hilfe der Zahl Ω . Der Logarithmus von Ω (s.u.) sagt aus, wie oft sich die nicht unterscheidbaren Bestandteile eines Systems (auf mikroskopischer Ebene) untereinander umsortieren lassen, ohne dass das äußere Erscheinungsbild des Systems (auf makroskopischer Ebene) verändert wird. Ein Gas ist das typische Beispiel.

Je mehr Möglichkeiten es auf der mikroskopischen Ebene für einen bestimmten makroskopischen Zustand gibt, umso größer ist die Nichtordnung und damit die Wahrscheinlichkeit bzw. die Entropie dieses Zustands. Für diese Aussage werden keine Kenntnisse und kein Detailwissen über diese Mikrozustände benötigt. Für die Moleküle N_A von einem Mol eines Gases

N_A gibt an, wie viele Teilchen (z. B. Atome eines Elements oder Moleküle einer chemischen Verbindung) in einem Mol enthalten sind. Sie ist nach Amedeo Avogadro benannt. Sie beträgt $N_A = 6,022\ 140\ 76 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

gibt es z.B. nahezu endlos viele Möglichkeiten sich in einem System anzuordnen, die von außen gesehen völlig gleichwertig sind. Gleiche Gasvolumen sind untereinander nicht unterscheidbar, sie sind gleichwertig, was hoher Symmetrie entspricht. Das Chaos bzw. die Nichtordnung ist sehr groß und damit auch die Entropie.

Für die Erfassung eines perfekten Kristalls benötigt man dagegen nur Elementarzellen¹²⁸ um ihn strukturiert auf mikroskopischer Ebene aufzubauen. Die Ordnung der Elementarzellen ist groß und die relative Entropie klein. Das Wissen oder die Kenntnis über die Elementarzellen, also der Informationsgehalt bez. eines Kristalls, spezifisch für die meisten Feststoffe, ist viel größer als für das vergleichbare Volumen eines Gases.

Entropie ist eine extensive Größe. D.h. je größer z.B. ein Gasvolumen wird, umso höher wird seine Gesamtentropie.

Das sollte auch für das Plasma im sich ausdehnenden Raum-Zeit-Kontinuum nach dem Urknall gelten, was der Satz von Clausius – *die Entropie des Universums nimmt ständig zu* - ja letztlich besagt. Für mich nachvollziehbar wird das allerdings erst dann, wenn konkrete Materieteilchen die Nähe zu Boltzmanns Theorem vertretbar erscheinen lassen. Diese Situation trat m.E. erst dann ein, nachdem sich der Urknall ereignet hatte und zunächst Elementarteilchen und daraus Materie in Form von Atomen entstanden waren. Das wird Thema des Abschnitts, 1.4 Urknall und daraus abgeleitete Materieentstehung, sein.

Boltzmann hat folgenden Zusammenhang gefunden

S ist proportional zu $\ln \Omega$

(Hier bezeichnet S die statistische Entropie eines Makrozustandes und $\ln \Omega$ ist der Logarithmus naturalis der Zahl der Mikrozustände)

Präzisiert wurde dieser Zusammenhang von Max Planck in der Formel:

$$S = k_B \ln \Omega$$

k_B ist die Boltzmann-Konstante: $8,617 \times 10^{-5}$ eV/K, mit der Dimension Energie/Temperatur, einer reduzierten Energie (Siehe: $\Delta S = \Delta Q/T$), die sich naturgemäß ergibt, wenn man die dimensionslose Zahl $\ln \Omega$ mit der Entropie S in Beziehung setzt.

In Worten:

Für ein abgeschlossenes System im thermischen Gleichgewicht gilt: Die Entropie S eines Makrozustandes, ist gleich dem Produkt aus der Boltzmann Konstanten k_B (einer von Planck eingeführten, nach Boltzmann benannten Naturkonstante der statistischen Mechanik), multipliziert mit dem Logarithmus naturalis (\ln) der Anzahl der möglichen Anordnungen Ω , also der Mikrozustände, die auch als Maß der Unordnung diese Makrozustands interpretiert werden können.

(Das statistische Gewicht Ω ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Mikrozustandes. Siehe Quantenstatistik: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/statistisches-gewicht/13781>)

Beispiele: U.a. ununterscheidbare Gas- oder Materie-Teilchen, die eine makroskopische, abgeschlossene Einheit repräsentieren. In einem Kristall gibt es nur wenige Möglichkeiten Ω . In einem Gas-Ballon bestehen nahezu unzählige Möglichkeiten Ω Gasmoleküle umzuordnen, ohne dass der Ballon sich in seinen Eigenschaften für den Beobachter ändert.

Mathematische Umformung von $S = k_B \ln \Omega$:

$$S/k_B = \ln \Omega$$

$$e^{S/k_B} = \Omega \text{ (Potenzform)}$$

Betrachten wir die denkbaren Grenzen von S , die „0“ und „unendlich“ sein können.

Hohe Entropie. Wenn S gegen „unendlich“ geht, muss die Anzahl von möglichen Anordnungen (Mikrozustände) Ω auch gegen unendlich gehen:

$$e^{\text{unendlich}/k_B} \quad \Omega \rightarrow \text{unendlich}$$

Das entspricht z.B. einer Welt aus freien Teilchen (Massepunkten), ähnlich einem Gas oder einem Plasma, mit völliger Gleichverteilung, symmetrisch, isotrop bzw. homogen, ohne Vorzugsrichtungen, formal ohne jegliche Ordnung, ohne irgendeinen Gradienten. Solche ein System besteht aus nahezu unendlich vielen Mikrozuständen. Unser Wissen und die messbare Information über einzelne Massepunkte tendiert gegen Null, was aber nicht relevant ist, da uns nur das Makrosystem interessiert. Diese Situation tritt umso leichter ein, je höher die Temperatur ist.

Niedrige Entropie S: Wenn S gegen Null geht, muss Ω gegen 1 gehen. Es gibt dann nur einen hochgeordneten, fixierten, unsymmetrischen Zustand.

$$e^{0/k_B} \quad \Omega \rightarrow 1$$

Das entspricht einer Welt, die nur durch wenige oder einen mikroskopischen Zustand bestimmt wird. Es befinden sich z.B. in einem Kristallverband nur fixierte, (allerdings schwingungsfähige) Teilchen. In einem solchen System wurden die Symmetrie und die isotrope Gleichverteilung einer ursprünglich bei höherer Temperatur vorhandenen flüssigen Phase aufgehoben und zugunsten einer geordneten Phase mit anisotroper Kristallstruktur (Elementarzellen s.o.) eingefroren. Ein solcher Verlauf, der auch als Symmetriebruch bezeichnet wird, ist ein zentraler Effekt der Physik, dem wir noch häufig begegnen werden. Es gibt dann vergleichsweise nur wenige oder eine Möglichkeit, diese Struktur zu verwirklichen. Unsere messbare Kenntnis zu diesen Phasenübergängen ist relativ hoch und konkret. Ein anschauliches Beispiel ist Chlorwasserstoff. So hat gasförmiger Chlorwasserstoff bei 298 K eine Entropie von 187 J/K mol, beim Verflüssigen bei 159 K fällt sie auf 64 J/K mol und beim Kristallisieren mit geordneter, definierter Kristallstruktur endet die Entropie bei 0 K bei 0 J/K mol. (Nach Planck ist die Entropie eines ideal kristallisierten, reinen Festkörpers am absoluten Nullpunkt gleich null). Im gleichen Maß, wie bei diesem

Temperaturverlauf ein Gefüge entsteht und sich die Entropie erniedrigt, entsteht messbare Information durch die Bildung der Elementarzellen des Kristallverbands aus Chlorwasserstoff-Molekülen. Im flüssigen oder gasförmigen Zustand, nach entsprechender Temperaturerhöhung bzw. Energiezufluss, kann jedes Molekül im Laufe der Zeit jeden Platz des vorhandenen Volumens einnehmen.

Im festen Zustand ist sein Platz dagegen genau festgelegt.

Was ist am Ende, in vielleicht 10^{160} Jahre, wenn vielleicht im gesamten Universum alle Materie wieder in Energie transformiert wurde und die Temperatur der Hintergrundstrahlung am absoluten Nullpunkt angelangt sein wird? (Ist das überhaupt möglich?). Könnte dann, wenn die Höhe der Temperatur das einzige Kriterium für das Maß an Entropie wäre, die Entropie des gesamten Kosmos Null betragen? Das kann gemäß Claudius nicht sein, was sich z.B. im Übrigen schon daraus ergibt, dass im Gegensatz zu dem Chlorwasserstoff-Beispiel kein kristalliner Zustand vorliegen wird.

Es sei daran erinnert, dass die in der Boltzmann Statistik angenommenen Kräfte definitionsgemäß einfache "vergessliche" Stoßeffekte starrer Teilchen sind, also reine Newtonsche Mechanik (s.o.) vorausgesetzt wird. Nach jedem Stoß beginnt die Mechanik von vorn. Im Wirken des Kosmos sind grundsätzlich andere Kräfte, vor allem die in jeder Entfernung und permanent wirkende Gravitationskraft wirksam und damit sind wir in der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART).

Entropische Betrachtungen des Kosmos auf Basis der Boltzmann-Statistik bewegen sich also auf sehr dünnem Eis.

Hier wird transparent, dass es, wie bereits erwähnt, weitere Eingrenzungskriterien für die Entropie geben muss. Leider sind das aber keine so leicht quantifizierbare Messgrößen wie die Temperatur. Ordnung, Symmetrie, Wahrscheinlichkeit usw. erlauben oft nur unscharfe Relativaussagen zwischen „viel und wenig, hoch und tief“ usw. Dieser Umstand spielt in die „fuzzy logic¹²⁹“ hinein.

Es liegt keinerlei Wissen über die Komponenten dieses kosmischen Finalsystems vor. Es kann aber durch nur eine einzige Information, die Temperatur, beschrieben werden und ist in völlig homogener Gleichverteilung höchster Symmetrie übergegangen. Gleichzeitig ist seine Entropie gemäß Claudius am Maximum.

Gegenüberstellung Urknall und Ende des Kosmos

Urknall	Kurz nach dem Urknall 10^{-43} - 10^{-6} Sekunden	Ende des Kosmos
----------------	--	------------------------

Klassische Thermodynamik:		
In der Singularität liegt ein Zustand vor, der durch eine einzige Größe beschrieben werden kann - die hohe Temperatur. Es gibt keine Erkenntnistiefe. Es ist wenig Information (eine = die Temperatur) zur Beschreibung notwendig, was hoher Isotropie (Gleichverteilung, Chaos) und damit hoher Symmetrie entspricht. Es muss ein Zustand formal hoher Entropie vorliegen. Raum-Zeit entsteht erst.	Es könnte kurzfristig ein Minimum entstanden sein, denn sonst ist der postulierte ständige Entropie Zuwachs bis zum Ende des Kosmos nicht erklärbar, wenn im Urknall schon hohe Entropie vorliegt. Wie kann das Minimum entstanden sein? Zu welchem Zeitpunkt gab es dieses Minimum?	Es liegt ein Zustand vor, der wiederum durch eine einzige Größe beschrieben werden kann - die Temperatur von ≥ 0 Kelvin. Es gibt keine Erkenntnistiefe. Es ist wieder wenig Information (eine = die Temperatur) zur Beschreibung notwendig, was wiederum hoher Homogenität (Gleichverteilung, Chaos) und wieder hoher Symmetrie entspricht. Es liegt also wieder ein Zustand formal hoher Entropie vor. Die Raum-Zeit ist entfaltet.
Entropie hoch (aber tiefer als am Kosmos Ende?)	Entropie klein oder 0	Maximum der Entropie
Daraus folgt in der Boltzmann Statistik:		
Wenn $S = \text{groß}$, dann $\Omega = \text{groß}$ Aber, da alle physikalisch mathematischen Ansätze für die Singularität nicht anwendbar sind, ist hierzu keine Interpretation sinnvoll.	$S > 0$, dann $\Omega > 1$ Z.B.: Phasenwechsel zu einem inhomogenen, anisotropen Zustand. Absinken der symmetrischen Gleichverteilung durch die Teilchenentstehung.	Wenn $S = \text{groß}$, dann $\Omega = \text{groß}$ Es gibt nur noch einen. isotropen, homogenen, hochsymmetrischen Zustand. $T = 0 \text{ K}$

Tabelle 1: Spekulative Erwägungen der Entropie-Festpunkte im Kosmos

Ganz offensichtlich findet man vertretbare Argumente, um beide Zustände – Urknall und Ende des Kosmos – mit hoher Entropie zu bewerten. Notgedrungen muss dann aber auf ein zeitlich vorübergehendes Minimum geschlossen werden, weil der von Clausius erkannte und phänomenologisch allgegenwärtige ständige Zuwachs der Entropie sonst nicht stattfinden könnte. Was den Urknall betrifft ist allerdings zu berücksichtigen, dass zur Singularität keine mathematisch oder physikalisch belegbare Aussage möglich ist. Erst zu einem späteren Zeitpunkt, nach der kritischen Planck-Zeit, kann diese Betrachtung Sinn machen da relative Entropie-Abwägungen in einem „zeitlosen“ Zustand, vor 10^{-43} Sekunden spekulativ bleiben.

Bei der o.a. Betrachtung zur Entropie, vor der zum Urknall führenden Quantenfluktuation aus der Nullpunktsenergie, handelt es sich wie gesagt weitgehend um formale, hypothetische Plausibilitäten.

Wendet man das thermodynamisch weitgehend akzeptierte Prinzip an, dass hohe Temperatur mit hoher Entropie und niedrige Temperatur mit geringer Entropie einher gehen können, regen sich an der Allgemeingültigkeit dieses Temperaturkonzeptes Zweifel, wenn man den vertrauten Boden unserer gewohnten irdischen Umgebung verlässt. Wie bereits ausgeführt, ist die alleinige Betrachtung der Temperatur nicht ausreichend, denn beim anzunehmenden Ausklingen des Kosmos beträgt die Temperatur ≥ 0 K und die Entropie ist trotzdem hoch.

Es werden in der Zeit nach dem Urknall, zur Erklärung von Kräfteentfaltung bzw. der Teilchen- und Massentstehung, in der wissenschaftlichen Argumentation die Begriffe Symmetrie und Symmetriebruch benutzt. Das ist aus meiner Sicht, wie bereits erörtert, zunächst verwirrend. Symmetrie und Symmetriebruch sind aber sozusagen die Schlüsselworte in diesem Kontext. In der Literatur wird der Singularität allgemein höchste Symmetrie zugeordnet.

Das Problem besteht darin, dass man, wie erwähnt, im Zusammenhang mit Symmetrie zunächst an etwas Geordnetes denkt, also niedrige Entropie. Man argumentiert formal anthropogen bzw. mathematisch also logisch abstrakt. Das ist aber nicht zutreffend, wie ich es in meiner o.a. „Erweiterten Begriffserklärung“ versucht habe darzulegen. Wenn hohe Symmetrie mit hoher Ordnung gleichzusetzen wäre, würde das bedeuten, dass in der Singularität geringe Entropie bestanden haben müsste. Das kann aber, wie weiter oben diskutiert, nicht zutreffen. Vielmehr ist Symmetrie ein Zustand ohne Vorzugsrichtung. Hohe Symmetrie, wie z.B. in Flüssigkeiten, stellt sich isotrop bzw. homogen dar. Symmetrie, Isotropie und Homogenität, Beschreibungen, die sich mit den Vorstellungen von der Singularität, aber auch hoher Entropie gut vereinbaren lassen, sind nicht identisch mit formaler Ordnung.

Die Idee einer hohen (göttlichen?) Anfangsordnung ist im Zusammenhang mit religiösen Erwägungen sicher verlockend. Wer die Singularität als Schöpfungsakt aus höchster Ordnung heraus interpretieren möchte (siehe 1.1: Der Urknall: Papst Pius XII.), findet in der Singularität aber keine wissenschaftlich vertretbaren Anhaltspunkte. Darauf hat schon Lemaitre hingewiesen. Allerdings bleibt es jedem Einzelnen überlassen, immer weiter die „Warum-Frage“ zu stellen und damit den Boden der Wissenschaft zu verlassen und Fragen durch Glauben zu ersetzen.

1.3.2 Interpretationen zur kosmischen Entropie-Entfaltung aus der Literatur

Der Zustand, den wir heute im kontinuierlich erkaltenden, sichtbaren Kosmos vorfinden, ist geprägt von abnehmender formaler Ordnung (zunehmender Gesamt-Entropie) des Gesamtkosmos. So entstehen in Sternen, durch gravitative

Kernfusion, zwar ständig "geordnete" chemische Elemente, die sich aber nach Sternexplosionen in Form von Novae zu intergalaktischem Staub verteilen. Die dabei freigesetzten, gigantischen Energiemengen, gehen irreversibel und unwiderruflich für eine neue Materiebildung verloren. Diese Dissipation bewirkt letztlich Entropie-Erhöhung. Die Gesamtentropie steigt also. Erneuter struktureller Separierung durch Gravitation, verkörpert durch die sichtbaren galaktischen Sternen-Formationen aus Gaswolken (anthropogen interpretiert als Ordnung) steht das zunehmende, unsichtbare Gesamt-Chaos aus elektromagnetischen und gravitativen Kräftefeldern, Schwarzen Massen, Dunkler Energie und Schwarzen Löchern gegenüber. „*Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu*“.

Parallel und kosmisch gesehen höchst unwahrscheinlich, formierte sich nach dieser Physikalischen Evolution die Ausgangsbasis von selbstorganisierter Ordnung durch das Zusammenwirken der chemischen Elemente als Chemische Evolution. Als Biologische Evolution hat sich, zumindest auf unserer Erde und sehr wahrscheinlich darüber hinaus, daraus eine völlig neue Dimension des Synergismus von Materie und Energie in Form von Leben verwirklicht.

Einige Autoren versuchen den Ablauf durch einen Vergleich mit einer aufgezogenen Uhr zu erklären. Vor dem Urknall sei die Uhr nicht aufgezogen gewesen, erst durch die Explosion - der falsche Begriff im Hinblick auf die Raum-Zeit-Entfaltung - und die damit verbundene Expansion, wäre die Uhr gewissermaßen aktiv worden. Das klingt sehr nach „Intelligent Design“ und keine wissenschaftliche Basis.

Andere, ernster zu nehmende Interpretationen lauten: Kräfte-Entfaltungen traten ein, Teilchenaktivitäten und gegenseitige Teilchen-Umwandlungen nach dem Urknall verliefen im Gegensatz zu dieser Expansion schnell. Damit war kein thermodynamisches Gleichgewicht in dieser frühen Phase möglich. Mit der Zeit kühlte das Weltall aus und das Gleichgewicht hinkte immer mehr hinterher.

Entropie und kosmischer Zeitpfeil

Bereits Clausius spricht den Zeitpfeil an: *"Die Energie des Universums ist konstant, die Entropie des Universums strebt immer einem Maximum zu, der 1. Hauptsatz ist Energieerhaltungssatz und deshalb ein Symmetriegesetz.*

WIKIPEDIA: Das sog. Noether-Theorem besagt z. B., dass jeder kontinuierlichen Symmetrie eine Erhaltungsgröße zugeordnet werden kann. So folgt beispielsweise aus der Zeittranslationsinvarianz die Energieerhaltung des Systems

In dem Artikel, titulierte "Joachims Quantenwelt" ([Kontakt Quantenwelt > Klassische Physik > Erhaltungsgrößen > Energie > Energieerhaltung](#)), habe ich zu diesem Thema einige Statements gefunden:

„Es ist eine experimentell gut gesicherte Tatsache, dass sich die Gesamtenergie eines abgeschlossenen Systems nicht ändert, wenn die im System wirkenden Kräfte nur vom Zustand des Systems, nicht aber explizit von der Zeit abhängen.

Energieerhaltung liegt immer dann vor, wenn ein Vorgang bezüglich einer Verschiebung in der Zeit symmetrisch ist. Also wenn es unerheblich ist, wann der Vorgang startet.

In einem Fahrstuhl, der beschleunigt und wieder abgebremst wird, sieht die Sache anders aus. Dort fällt ein Schlüssel schneller, wenn der Fahrstuhl beschleunigt wird, und er fällt langsamer, wenn der Fahrstuhl wieder abgebremst wird. In einem Fahrstuhl ist die Energie also nicht erhalten. Hier hängt die Fallbeschleunigung von der Zeit ab.

Auch wenn Gesamtenergie während eines physikalischen Prozesses immer erhalten ist, ist sie dennoch eine relative Größe. Der Energieinhalt eines physikalischen Systems hängt vom Bezugssystem ab. So hat ein ruhendes Objekt keine kinetische Energie, man kann es aber nach Galileos Relativitätsprinzip auch aus einem bewegten Bezugssystem heraus beschreiben, in dem es zu seiner inneren Energie auch kinetische Energie hat. Eine Größe, die nicht vom Bezugssystem abhängt, ist dagegen die so genannte Schwerpunktenergie.

Eine häufige Frage ist, ob die Gesamtenergie im Universum erhalten ist. Die Antwort auf diese Frage ist nicht leicht. Zwar ist das Universum schon nach Definition ein abgeschlossenes System, denn es gibt ja nichts außerhalb. Wenn sich aber das Universum ausdehnt, oder einige Naturkonstanten nicht konstant sind, dann ist die zweite Bedingung für die Energieerhaltung nicht erfüllt. Dann macht es einen Unterschied, wann ein Vorgang astronomischen Ausmaßes beginnt, und die Gesamtenergie ist nicht erhalten.“

Der 2. Hauptsatz ist kein Symmetriengesetz und er drückt ein Prinzip aus, das die Symmetrie des Weltalls sprengt, indem es eine bestimmte Richtung seiner Veränderung fordert." https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/thermodynamik/INHALT/HS2.HTM.

Brian Greene (Brian Greene, 2004) weist darauf hin, dass die physikalischen Gesetze, vor allem die Newtonsche Bewegungsgleichungen, grundsätzlich für die Entfaltung physikalischer Systeme sowohl in der Zukunft als auch in der Vergangenheit gelten. Keine dieser beiden Richtungen ist in diesen Gesetzen bevorzugt. Dass sich die makroskopische Auswirkung aber eindeutig in die Zukunft richtet, ist jedermann bekannt.

Unmittelbar evident ist diese Umkehrbarkeit nur auf der mikroskopischen Ebene z. B. bei der Brownschen Molekularbewegung.

Die Brownsche Bewegung ist die vom schottischen Botaniker Robert Brown im Jahr 1827 entdeckte unregelmäßige und ruckartige Wärmebewegung kleiner, aber mikroskopisch sichtbarer Teilchen in Flüssigkeiten und Gasen.

Es ist kein zeitlicher Pfad der unter dem Mikroskop „zitternden“ Teilchen erkennbar. Sie zittern lediglich heftiger, wenn man die Temperatur erhöht. Wenn es gelänge den Zitterteilchen ein Alter zuzuordnen, wir also erkennen könnten - was unmöglich ist - ob die Teilchen während der Beobachtung jünger oder älter werden, könnten wir den Weg in die Zukunft oder Vergangenheit auf dieser mikroskopischen Ebene entscheiden. Auf mikroskopisch atomarer Ebene sind aber fast alle Teilchen sozusagen morphologisch und zeitlich absolut gleich.

Das gilt nicht für instabile, radioaktive Teilchen, die im Laufe der Zeit - Alterung - ihre Masse und Ordnungszahl ändern. Auf diesem Weg verlaufen eindeutig irreversible, zeitlich fortschreitende, mikroskopische Vorgänge. Die instabilen radioaktiven Entitäten sind insofern Beweise für den Zeitpfeil auf atomarer Ebene. So sehen wir z.B. in der Uran-Radium-Reihe, der natürlichen Zerfallsreihe des Uranisotops ^{238}U , einen hochkomplexen zeitanalogen Wandlungsprozess. Es gelingt jedoch nicht diesen Verlauf für das einzelne Atom zu beobachten, für dessen zufallsgesteuerten Zerfall ja nur statistisch erfassbare Halbwertszeiten gelten. Theoretisch werden wir z.B. für ein einzelnes ^{234}Th -Atom, das erste Zwischenprodukt nach ^{238}U , nicht die Halbwertszeit von 24,10 d beobachten. Es kann sein, dass wir den Zerfall erst nach 100 Jahren für ein ausgewähltes Einzelatom registrieren. Nur für eine statistisch relevante Menge ist eine Angabe der Halbwertszeit möglich. Aber dieser elementare, nur statistisch erfassbare Vorgang, weist auf einem Alterungsprozess hin, der absolut unumkehrbar ist. Die emittierten α - und β -Teilchen werden sich nicht wieder in das stabile Endprodukt der Zerfallsreihe einlagern und zum radioaktiven Ausgangsprodukt zurückführen. Wenn wir lange genug warten, sehen wir sogar auf makroskopischer Ebene, dass ^{238}U zu ^{206}Pb gealtert ist.

Wenn wir die Situation nach dem Wirken der vier Urkräfte einstufen, ergibt sich ein grundlegender Unterschied:

Für die elektronischen Wirkungen zwischen und in Atomen bzw. Molekülen, ist die unendlich weit reichende, anziehende und abstoßende Elektromagnetische Wechselwirkung aktiv, bzw. die ausschließlich anziehend wirkende Gravitation. Für den radioaktiven β -Zerfall wirkt dagegen die nur 10^{-18} Meter weit reichende, anziehende und abstoßende Schwache Wechselwirkung (Vaas, 2013, S. 39). Wenn dieser Größenbereich durch das emittierte Teilchen verlassen wurde (Tunneleffekt), gibt es kein Zurück mehr. Eine zeitliche Abfolge, die in die Zukunft weist, läuft ab diesem Verlassen wie ein Uhrwerk.

Nach dem o.a. beschriebenen Ablauf von radioaktiver Entfaltung, könnte die Schwache Wechselwirkung eine ausschließlich in die Zukunft orientierte Größe sein und dem Ablauf der permanenten Entropie-Erhöhung folgen. Rein plausibilitätsorientiert klingt das zumindest vernünftig, denn bei einem radioaktiven Zerfall wird ein stabileres, energieärmeres und damit wahrscheinlicheres Potential erreicht. Man kann sicher auch von abnehmender Ordnung sprechen, wenn man bedenkt, dass allein die Zahl der subatomaren, geordneten Bausteine bei Zerfall von ^{238}U zu ^{206}Pb weniger wird.

WIKIPEDIA: Zeitumkehr, Quantenphysik

In der Physik wird zwischen den Gesetzen der Bewegung, der sogenannten Kinematik, und der Wirkung von Kräften bzw. Wechselwirkungspotentialen, der sogenannten Dynamik unterschieden; beispielsweise kann die Kinematik durch die Metrik des speziell-relativistischen Minkowski Raums gekennzeichnet sein. Diese Metrik ist zeitumkehrinvariant. Die Bahnen der Teilchen in diesem Raum verletzen dagegen unter Umständen, z. B. beim β^- -Zerfall, unter dem Einfluss der Wechselwirkungspotentiale die Zeitumkehrinvarianz. Wie bereits in der klassischen Kinematik, die durch die newtonschen Gesetze der Bewegung beschrieben wird, ist auch die quantenmechanische Kinematik so aufgebaut, dass sie keine Aussagen über die Zeitumkehrinvarianz der Dynamik macht. Anders ausgedrückt: die Dynamik kann die Zeitinvarianz verletzen, obwohl man den für die Kinematik kennzeichnenden Größen dies Verhalten nicht ansieht.

Auf eine grundlegende Verletzung der Zeitumkehrinvarianz für die schwache Wechselwirkung (β^- -Zerfall u. a.) wurde erstmals 1956 indirekt geschlossen. Damals wurde eine leichte Verletzung der sogenannten CP-Invarianz (=Symmetrie der physikalische Gesetze bei gleichzeitiger Änderung der Vorzeichen von Ladung und Parität) beobachtet, woraus auch die Verletzung der Zeitumkehrinvarianz folgt, sofern man die Gültigkeit des CPT-Theorems (=Symmetrie der physikalische Gesetze bei gleichzeitiger Änderung der Vorzeichen von Ladung, Parität und Zeit) voraussetzt.

Nachdem die Verletzung der CP-Symmetrie in den B-Meson-Fabriken BaBar und Belle 2002 bestätigt wurde, gelang 2012 aus der Nachanalyse von alten BaBar-Daten auch der direkte Nachweis der T-Verletzung.

Auf die Folgen aus dieser CP-Verletzung kommen wir noch zu sprechen (s.a.: 1.5.6 Baryogenese, oder die Entstehung der Materie)

Bekanntlich ist das in unserer makroskopischen Umgebung anders. Alterungsprozesse verlaufen zukunftsorientiert und zeitproportional. Sie sind allgegenwärtig und machen die zeitliche Entwicklung unübersehbar. Alterung ist im Gegensatz zu Verjüngung wahrscheinlicher, da Altern eine unaufhaltsame, potentiell abbauende Komponente hat: Sie verläuft von allein in eine stabilere Konstellation geringeren Energiegehalts. Wir sehen das aus geologischer Perspektive z.B. in der Alterung der Alpen, deren ursprüngliche aufgebaute potenzielle Energie

sich heute in riesigen, kraftlosen Geröllfeldern am Fuß, der einst so hohen Felsentürme wiederfindet.

Auf der mikroskopisch atomaren Basis haben Maxwell und Boltzmann u.a. Aussagen zu Druck und Temperatur von Gasen, durch statistische Betrachtungen atomistischer Teilchen abgeleitet. Grundlage waren die Newtonsche Bewegungsgleichungen. Wir alle wissen, dass wir, makroskopisch gesehen, aus der Vergangenheit in die Zukunft leben und nicht umgekehrt. Man hat das als das Paradoxon des Boltzmannschen H-Theorems¹³⁰ bezeichnet. Die Lösung besteht darin, dass die Umkehrung tatsächlich möglich ist; man muss nur sehr, sehr lange warten, da die Wahrscheinlichkeit verschwindend gering ist.

Mit diesem Befund stoßen wir an ein grundsätzliches Problem, wenn wir aus dem kosmischen Entropie-Verlauf den Urknall ableiten wollen: Die Zukunft hat vor der Vergangenheit, im Rahmen der physikalischen Gesetze in der Welt des Kleinen, keinen Vorrang. Allerdings gilt das wie gesagt nur für die mikroskopische und nicht die makroskopische Welt. Natürlich gibt es keinen Zweifel, dass wir in die Zukunft und nicht in die Vergangenheit hineinleben. Die Erfahrung lehrt uns eindeutig, dass „der Film nicht rückwärtsläuft“.

Warum ist das so?

Je mehr voneinander unabhängige, unterscheidbare gleichwertige Situationen eines Systems möglich sind, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich diese Situationen verwirklichen. Betrachten wir nochmals das bereits dargestellte Beispiel, das Brian Greene erläutert: Aus den 1385 Seiten der Ausgabe von „Krieg und Frieden“ kann man durch wiederholtes Hochwerfen aller Buchseiten, Einsammeln und Übereinanderschichten der Blätter immer wieder die äußerlich gleiche strukturelle Erscheinung, das Buch, nun aber in sehr, sehr viel unterscheidbaren Anordnungen kreieren (Brian Greene, 2004, S. 181). Wir werden aber nur mit absolut verschwindender Wahrscheinlichkeit die richtige Seitenfolge, die Ordnung, in einer dieser endlos vielen Anordnungen finden. Mit der hohen Wahrscheinlichkeit der vielen unterscheidbaren falschen Anordnungen dominiert deren Verwirklichung durch viele aufeinanderfolgende, zeitfressende und damit in die Zukunft weisende Versuche, denn was wahrscheinlich ist, wird auch eintreten. Diese unbestreitbar hohe Wahrscheinlichkeit zeigt sich in einer Richtungs-Stabilisierung, die mit einer Spontanität des Ablaufs energieverbrauchender Prozesse in geschlossenen Systemen korreliert: stete Erhöhung der Entropie. Der phänomenologisch zu beobachtenden absoluten Dominanz der Unordnung, ist damit auch die Richtung, der Zeitpfeil in die Zukunft untergeordnet. Er verläuft in geschlossenen Systemen, wie unserem Universum, immer in Richtung der Entropie-Erhöhung.

Betrachten Sie einen Tropfen Tinte, den Sie in ein Glas mit Wasser fallen lassen, und filmen Sie die weitere Entwicklung. Der kurzzeitig lokal konzentrierte Tropfen, wird sich langsam, aber unaufhaltsam im Wasser, verursacht durch die

Brownsche Molekularbewegung, verteilen. Schließlich bleibt gleichmäßig bläulich gefärbtes Wasser übrig: Homogenität und Symmetrie dominieren. Aus dem geordneten System – lokal konzentrierter Tropfen in klarem Wasser – ist mit fortschreitender Zeit eine homogene bläuliche Flüssigkeit entstanden, also ein System geringerer Ordnung und höherer Symmetrie und Entropie. Wenn Sie nun den Film dieses Versuchs versehentlich rückwärts ablaufen lassen, werden Sie das sofort bemerken. Jedermann wird beim Zuschauen sagen: „Das geht nicht!“ Das wissen wir aus unserer Erfahrung, und der Grund dafür liegt in dem Umstand, dass der End-Zustand der homogenen Verteilung, entsprechend unseren mental gespeicherten Erlebnissen, erfahrungsgemäß wesentlich wahrscheinlicher ist. Die Tintenteilchen können gegenüber den Wasserteilchen sehr viel mehr gleichwertige Plätze einnehmen als unverdünnt und werden das unaufhaltsam aufgrund der Brownschen Molekularbewegung auch tun. Was sehr wahrscheinlich ist, wird auch eintreten, weil für das Wahrscheinliche sehr viel mehr Zeitfenster gegeben sind als für einen einmaligen, hochgeordneten und damit sehr unwahrscheinlichen Ablauf.

Allerdings darf nicht übersehen werden, dass all diese beschriebenen Phänomene nicht absolut unumkehrbar sind. Es ist nur so, dass die Wahrscheinlichkeit dafür nahezu unendlich gering ist. Damit ist das Prinzip des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik (s.o.) nicht verletzt.

Stewart erklärt den gerichteten Zeitpfeil im Prinzip analog mit der Dominanz der Anfangsbedingungen, die nicht zeitumkehrbar sind, (Stewart, 2014, S. 339-342). Er wählt das Beispiel einer herunterfallenden Vase, die am Boden in unzählige Stücke zerbricht. In der zeitnormalen Version dieses Experiments liegt als übersichtliche Anfangsbedingung eine konkrete Vase vor. Nach dem Herunterfallen sind die Anfangsbedingungen für ein zeitumgekehrtes Zusammenfinden völlig umgekehrt. Die Bruchstücke sind in ihrer Anzahl und Gestalt derart komplex, dass auch durch bruchstückweise Zufuhr der bei Zerbersten freigewordenen Wärme, ein Zusammenfinden zur alten Ordnung völlig ausgeschlossen erscheint. Diese beiden absolut unterschiedlichen Bedingungen lassen auf makroskopischer Ebene nur einen Zeitpfeil mit nur einer möglichen Handlung zu. Auf mikroskopischer Ebene ist das anders, da wir dort keine Einzelschicksale von Bruchstücken, sondern nur noch anonyme Teilchen auf statistischer Basis beurteilen müssen.

Eine ganz andere Interpretation finden Sie in der Spekulation von John Richard Gott (Vaas, 2013, S. 213):

"Im Urknall sind 3 getrennte Universen entstanden:

- *Unser Universum, dominiert von unterlichtschneller Materie und Licht*
- *Ein Antimaterie-Universum, dessen Zeit zu unserer rückwärtsläuft*
- *Ein Tachyonen-Universum in dem es nur überlichtschnelle Partikel gibt".*

Dazu fehlt mir, neutral gesagt, ganz einfach die Einsicht.

Weitere Einschätzungen des Begriffs Zeit finden sich in "Der Wissenschaftswahn" bei (Sheldrake, 2012).

WIKIPEDIA: Makroskopische Phänomene.....Unsere tägliche Erfahrung zeigt uns, dass es nicht umkehrbare Phänomene gibt: Wasser fließt stets bergab, Viele Phänomene, wie etwa die relative Bewegung von Körpern mit Reibung basieren auf der Dissipation von Energie (also der Umwandlung von kinetischer Energie in Wärme). Die Umwandlung von Energie wird durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik auf eine Richtung festgelegt.....

Der wissenschaftliche Konsens ist heute die Interpretation von Ludwig Boltzmann und Claude Shannon, die den Logarithmus des Phasenraumvolumens mit der Informationsentropie in Relation setzt. Hier hat der makroskopische Ausgangszustand ein recht geringes Phasenraumvolumen, da die Position der Atome begrenzt ist. Wenn sich das System unter Einfluss von Dissipation weiterentwickelt, vergrößert sich das Phasenraumvolumen und die Entropie steigt.

Ein anderer Standpunkt ist, dass wir einen stetigen Anstieg der Entropie beobachten, „nur“, weil der Anfangszustand des Universums eine niedrige Entropie hatte; andere mögliche Zustände des Universums würden demnach zu einem Sinken der Entropie führen. Nach dieser Ansicht ist die makroskopische Irreversibilität ein Problem der Kosmologie: Warum begann das Universum bei niedriger Entropie? Die Frage nach dem Anfangszustand des Universums ist eine offene Frage in der aktuellen Physik.

1.3.3 Entropie-Anstieg aus einem Minimum nach dem Urknall

Zwei weitere, wesentlich anspruchsvollere Interpretationen möchte ich nun vorstellen:

Paul Davies (Davies, Der kosmische Volltreffer, 2006, S. 203) beschäftigt sich u.a. mit der Frage, ob Symmetriebrüche unmittelbar nach dem Urknall zu Multiuniversen führten, in deren Wirkungsbereich Naturkonstanten denkbar sind, deren Werte von den uns bekannten Größen abweichen. Ich kann auf diese aus der String Theorie resultierenden Überlegungen nicht eingehen, da sie mir mental und mathematisch nur oberflächlich zugänglich sind. Allerdings stellt Davies diese elementaren Vorgänge sehr erhellend in einen Zusammenhang von Symmetrie und Temperatur:

Zitat von Seite 204: „Systeme mit hohen Temperaturen sind mehr von Symmetrien bestimmt als solche mit tiefen Temperaturen. Sinkt die Temperatur ab, werden Symmetrien gebrochen“. Warum das so ist, wird nicht erörtert. Allerdings beobachten wir diesen Effekt tagtäglich um uns herum. Denken Sie nur, wie bereits beschrieben, an gefrierendes Wasser oder das Chlorwasserstoff-Beispiel.

Beim Abkühlen von Wasser entsteht ein geordnetes Kristallgitter aus Wassermolekülen. Die Symmetrie (Homogenität) von flüssigem, gleichverteiltem Wasser, wird zu einem geordneten Kristallgitter. Die Ordnung, besser Struktur wird komplexer, die Entropie sinkt.

Zitat von Seite 206: *„Einen guten Zugang zum Problem der Symmetrie stellen die Begriffe Struktur und Komplexität dar. Je mehr Symmetrien einen Prozess bestimmen, umso einfacher und weniger strukturiert ist er“.*

Dieser Befund deckt sich mit meinen zuvor erörterten Betrachtungen zu Ordnung und Symmetrie: Ordnung ist komplex und hoch strukturiert. Ordnung wird nicht von Symmetrie bestimmt.

Zitat von Seite 207: *„Das Universum hatte also einen Anfang mit einem außerordentlichen Maß an Symmetrie, die aber bei der Abkühlung gebrochen wurde. Dabei entwickelten sich immer mehr Strukturen, und das Universum wurde komplexer – ein Prozess, der vom Zufall gesteuert war und spontan ablief“.*

Dieser Zusammenhang ergänzt sich in der Anorganik durch die Zufallserklärung von Stewart (s.1.2.6: Zufall) als Interpretation des Fehlens jeglichen Musters (Stewart, 2014, S. 179).

Kein Muster = keine sich wiederholenden Elemente = hohe Entropie = Ereignisse erfolgen statistisch, spontan also nicht vorhersagbar.

Muster mit sich wiederholenden Elementen (wie z.B. Kristalle, s.o.) = niedrige Symmetrie = niedrige Entropie = Ereignisse sind z.B. über Naturgesetze begründbar, Kausalität kann gefunden werden.

Die Komplexität steigt.

Zitate Seite 202: *„Woher aber kommt die niedrige Entropie, die durch Leben manifestiert wird? Woher stammt die hochgeordnete Sonne? Woher stammt die Gaswolke, die die Sonne mit geboren hat und die mit einem fast gleichförmigen, heißen Gas gefüllt war, das zu rund 75 % aus Wasserstoff und 23 % aus Helium ...bestand“?*

Seine Antwort lautet, allerdings etwas widersprüchlich im Hinblick auf die Zitate von Seite 207 und 198:

Zitat Seite 203. *„Der Urknall ließ das Universum in einem Zustand niedriger Entropie beginnen, und dieser Zustand scheint der Ursprung jener Ordnung zu sein, die wir heute erblicken“.*

Seine Überlegungen gipfeln in folgenden Überlegungen zur Singularität:

Zitat Seite 198: „*Es ist weit wahrscheinlicher..., dass das gesamte Universum ...als statistisch seltene Fluktuation aus einer normalen...hoch entropischen und vollkommen ungeordneten Konfiguration entstanden ist*“. Er setzt damit ein Entropie-Minimum voraus, das aber gemäß diesen Betrachtungen erst nach dem Entropie-Maximum der Singularität eingetreten sein kann.

Davies argumentiert also, dass der ständige Anstieg der Gesamtentropie, wie ihn Clausius definierte, aus einem tiefer liegenden entropischen Ausgangszustand erfolgen musste, dem aber ein hoch entropische Phase vorgelagert war. Kann das sein?

Ich habe einige Fragen zu dieser Argumentationskette: Davis geht von einer hochgeordneten Sonne aus: „*Woher stammt die hochgeordnete Sonne?*“ Er nimmt wohl an, dass bei der Formierung der „*hochgeordneten Sonne*“ ein Ordnungseffekt mit Entropie-Erniedrigung am Wirken war. Das setzt eine vorgelagerte Situation mit weniger Ordnung, also z.B. höherer Symmetrie voraus. Für die Ur-Gasphase klingt das plausibel. Ist aber dieser Übergang wirklich mit Symmetrie-Verlust – Gas wird zur Masse-Kugel – verbunden? Ist es nicht so, dass eine Kugel einfach eine größere Wahrscheinlichkeit hat als ihr Mutter-Gas, wenn unentwegt anziehende, gravitative Kräfte auf jedes Gasteilchen einwirken? Wenn aber für die Kugelbildung die Wahrscheinlichkeit höher ist, müsste das relativ höherer Entropie entsprechen. Natürlich ist das eine ganz oberflächliche Sichtweise meinerseits; letztlich ist die Sonnenbildung und deren funktionale Entfaltung ein Vorgang höchster Komplexität, dessen entropische Zuordnung weit außerhalb einfacher Lehrbuchweisheiten liegt.

Eine interessante Ansicht zum Thema Entropie und dem Anfang des Seins vertritt Jim Holt (Holt, 2014, S. 87): Er fragt: „*Kann dem "Nichts" Entropie zugeschrieben werden?... Eine Null-Welt (was immer das auch sein soll, Anm. d. V.) hat in ihrer vollkommenen Einfachheit nur einen einzigen Zustand. Daher ist ihre maximale Entropie $\log(1) = 0$, die zugleich auch ihre minimale Entropie ist. Das "Nichts" hat also, abgesehen davon, dass es die einfachste, am wenigstens beliebige (? Anm. d. V.), und die größte Symmetrie aufweisende aller möglichen (Holt, 2014) Wirklichkeiten ist, auch das eleganteste Entropie-Profil...-*“

Zunächst stellt sich die Frage: Was versteht J. Holt unter dem "Nichts"? Meint er die Urknall-Vorstufe oder eine Null-Welt danach, unter der ich mir nichts vorstellen kann? Welcher Zeitpunkt bezüglich der Planck-Zeit ist gemeint?

Gehen wir davon aus, dass das "Nichts", einer Null-Welt vor dem Urknall, bezüglich des eigentlichen Urknalls physikalisch abgegrenzt werden kann. Zusätzlich gilt, dass diese Phasen latent alles "Seiende" beinhaltet haben müssen, das gilt vor allem auch für das "Nichts" an sich. Aber, und das halte ich für entscheidend, nur als energetisches Potential und nicht als Realität.

Wie ich, versucht J. Holt rein formal, eine Grenzbetrachtung. Er bedient sich dabei der Methodik von Boltzmann, der allerdings von einer beziehungslosen Teilchenwelt der statistischen Wärmelehre ausgeht. Zwischen ihnen wirkt lediglich die Newtonsche Mechanik; kein Ladungszustand, keine Elektrodynamik oder Quantenmechanik wird berücksichtigt.

Wenn S gegen Null geht, muss Ω gegen 1 gehen. Es gibt dann nur einen hochgeordneten, fixierten, unsymmetrischen Zustand.

$$\Omega = e^{0/k_B} \rightarrow 1$$

Allerdings ordnet er seinen "Wirklichkeiten" hohe Symmetrie zu. M.E. Kann hohe Symmetrie, wie ich zu belegen versucht haben, aber nur mit hoher Entropie korrelieren.

Man kann das "Nichts" von J. Holt nicht einfach als entropisches Phänomen in den Raum stellen. Es sei denn, man setzt einen göttlichen Schöpfungsakt voraus, in dem aber das "Nichts" neben dieser Göttlichkeit bereits anwesend war. Es sei denn, das "Nichts" beinhaltet einen Gott. Können wir eine Göttlichkeit parallel zu einem "Nichts" annehmen? Das erscheint in sich nicht logisch zu sein.

M.E. muss es eine Phase vor dem Urknall gegeben haben, die dem "Nichts" gerecht wird, auf die aber der Begriff Symmetrie und damit besonders der Entropie nur formal anwendbar ist. Sicherlich auch deshalb, weil ein völlig informationslatenter Zustand gegeben war, wie gesagt aber nur als latentes Energiepotential. Das "Nichts" kann letztlich nicht mit unseren vertrauten naturwissenschaftlichen Begriffen erfasst werden. Es ist ein Zustand der Möglichkeiten der Energieentfaltung, die sich in alle Facetten des heutigen Seins zeigen, weil die Randbedingungen – z.B. Temperaturabnahme – gegeben waren. Kann dieses Energiepotential auch ein latentes Ordnungs- und Informationsmaximum sein? Erst eine Quantenfluktuation machte dieses Potential der Möglichkeit virulent. Das "Nichts" muss die Vakuum- oder Nullpunktsenergie sein und ist die Situation der Zeit-, Masse- und damit Raumlosigkeit vor einer Quantenfluktuation. Erst nach deren Entfaltung kam es zu einer zunächst virtuellen, hochsymmetrischen Energie-translationen, die nur durch die schon so oft angesprochenen Symmetriebrüche bzw. Symmetrieverletzung in ein reales, materialisiertes Universum mündete und Zeit, Masse und Raum entstehen ließen. Energie wurde in Materie transformiert und damit all die noch zu beschreibenden Manifestationen, die Energie latent, aber temperaturabhängig bereithält. Insofern kann man diese Symmetriebrüche als den Stufen der Seins-Ausprägung proklamieren.

Sie sehen: man kann mit diesen bisher definierten einfachen Begriffen die komplizierten kosmischen Abläufe nur vordergründig beschreiben und muss sich vor

allzu verführerischen, philosophischen Plausibilitäten hüten. Es ist offensichtlich: die energetischen Abläufe des Universums sind von enormer Komplexität geprägt und werden aktuell, zumindest von mir, nur zum geringsten Teil verstanden. Darüber hinaus ist festzuhalten, dass all unsere Theorien und Erkenntnisse auf Forschungen und Ergebnissen der letzten 200, eher 100 Jahre aufbauen. Sie entstanden auf einem vernachlässigbar unbedeutenden Sandkorn der Kosmos-Wüste: unserer Erde. Riesige Informationslücken bestehen nach wie vor. So ist anzunehmen, dass erst die noch zu erschließende Quantengravitation und Ergründung von Dunkler Masse und Dunkler Energie weitere Fortschritte erbringen.

1.3.4 Energie-Materie-Energie-Transformation und synchroner Entropie-Anstieg

An dieser Stelle möchte ich zu einer Interpretation des Zyklus Energie-Materie-Energie im Lauf der Geschichte des Universums hinüber leiten. Die weitere Diskussion dieses Themas folgt bei der Betrachtung des aufgeheizten und abkühlenden Zauberofens (Der Zauberofen wurde von Harald Fritzsich literarisch "erfunden" (Fritzsich, 1983)).

Nach dem Urknall entwickelten sich kosmische Strukturen durch latente Transformation der Urknall-Energie in Materie infolge inflationärer Abkühlung und hierdurch verursachter Symmetriebrüche. Ich denke, dass wir diese Latenz zwar registrieren, aber zumindest momentan, nicht erklären können. Vielleicht sind sie einfach immanente Fakten, die wir hinnehmen müssen, ebenso wie die Phänomene der Dunklen Energie und Dunkle Materie. Alles Materielle und seine Gestalt- und Handlungsfindung muss eine Formwandlung von Energie sein.

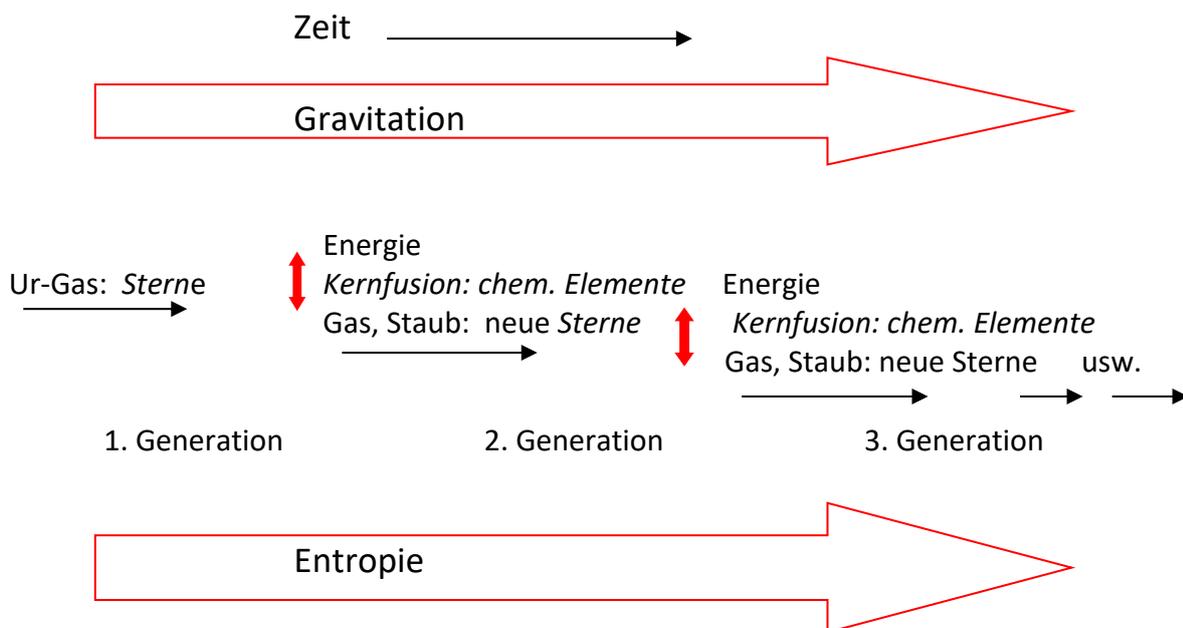
Temperatur- bzw. energieabhängige Symmetrien wurden infolge der Abkühlung instabil. Subatomare Elementarteilchen resultierten, die zur Bildung der ältesten zwei chemischen Elemente in heterogenen Plasmawolken des Ur-Gases führten: es entstanden Wasserstoff und Helium. Beide sind die ersten materiellen Bausteine der Sterne und der daraus entstandenen Galaxien.

Milliarden und Milliarden langfristig instabiler Stern - materialisierte Energie - entzündeten sich durch Kernfusion: Sichtbarkeit in anthropischem Sinn entstand: Licht. Ursache der Fusion war die Gravitationskraft, die ab der ersten Sekunde der Materieentstehung die nunmehr gestaltende Kraft wurde. Als Startpunkt nimmt man etwa 300 000 Jahren nach dem Urknall an. Sterne entstanden innerhalb der nächsten Jahrzehntausenden in Kugelform, da dies die wahrscheinlichste Konstellation für glutflüssige Massen ist, wenn sie dem kugelsymmetrischen Wirken der Gravitation ausgesetzt sind. Voraussetzung war eine Entmischung, die bereits aus der Inhomogenität der Ur-Gaswolke resultierte.

Daraus formten sich weitere Anordnungen: die Galaxien. All diesen stellaren, aber labilen Materiespeichern war und ist weiterhin durch die Gravitation, sehr langfristig, die Überführung ihrer Masse zurück in Energie in der nunmehr entfalteten Raum-Zeit vorausbestimmt. Je mehr Masse aus dem heterogenen Ur-Gas durch Gravitation zu Sternen und Galaxien strukturbildend verdichtet wurde, umso dramatischer verlief dieser Wandel: Gravitative Materietransformation zurück in Energie infolge von Kernfusion, Verteilung der Energie und des Sternenstaubs im Kosmos nach Sternenexplosionen (Supernovae) und damit der Verlust der geborgten Struktur, waren unausweichlich. Diese Vorgänge spielen sich auch heute und in Zukunft im Universum ab.

Parallel bildeten sich, wieder getrieben von Gravitation, Sterne einer zweiten Generation aus Gaswolken alter, explodierter Primärer Sterne. Die Materie dieser neuen Gaswolken bestand nun aus Wasserstoff, Helium sowie zusätzlich und neu, aus höheren Elementen, erbrütet infolge von Kernfusionsprozessen der explodierten alten Sterne. Die Sterne der zweiten Generation waren daher nicht mehr allein aus Wasserstoff und Helium aufgebaut; sie enthielten zusätzlich mehr oder weniger alle 92 chemischen Elemente aufgrund noch zu beschreibender kosmischer Kern-Reaktionen. Solche zyklische, gravitative Sternengeburten aus Sternenstaub waren und sind heute und in Zukunft der Motor des Wegs des Kosmos und der Grund für das Statement von Clausius:

Die Entropie unseres Universums strebt einem Maximum zu



Die vor etwa ca. 13,5 Milliarden Jahre begonnene kosmische materielle Galaxien-Strukturierung, ist begleitet von gravitationsbedingtem Materie-Rückwandel in Energie. Zwischenphasen sind u.a. Neutronensterne, schwarze Löcher und Quasare. Dieser Parallel-Lauf wird sich permanent äonenlang fortsetzen. Die Gravitationskraft bewirkt nämlich ab einer bestimmten Massen-Grenze den Zusammenbruch subatomarer Strukturen. In großen Materie-Ansammlungen kommt es dann, in übertragenem Sinn, zu einer Art "Aufschmelzen" der atomaren Bausteine unter Transformation in Energie, ausgelöst durch Akkretion.

Akkretion (gravitatives Aufsammeln von Materie) ist der effizienteste Prozess, um Gravitationsenergie in Strahlungsenergie umzuwandeln. Dieser Prozess verläuft, erinnernd an einen Schmelzvorgang, unter ungeheurer Temperaturerhöhung und Verlust von nicht mehr nutzbarer Strahlungs-Energie, die sich in der Raum-Zeit verliert, Dissipation: Die Entropie steigt, die Symmetrie nimmt zu.

Aus diesem Blickwinkel ist die Gravitationskraft, eine der vier Grundkräfte (weiter Grundkräfte scheint es nicht zu geben), ein absolut faszinierendes Phänomen: Aus dem Chaos des Ur-Gases formte diese schwächste aller vier Kräfte den Zwischenzustand kosmischer, materieller Strukturen wie Galaxien (anthropogen gesehen: Ordnung), die von ihr aber wieder zerstört und in Energie sowie maximale Nichtordnung zurückgeführt wird.

Irgendwann sollten alle Materie und damit alles Kernfusionspotential der chemischen Elemente erschöpft sein und aus der Sicht der Thermodynamik wird der wahrscheinlichste, stabilste Zustand resultieren. Was das sein wird ist schwer vorauszusagen, da es auch gegenläufige Entwicklungen gibt wie die immer wahrscheinlicher werdende zunehmende Expansionsgeschwindigkeit des Universums. Ob jemals der Vakuum-Zustand der vor dem Urknall anzunehmen ist – ein gleichverteiltes Energiefeld der Nullpunktsenergie - erreicht wird und Materie und Struktur verschwinden ist spekulativ. Eingeebnete Energiegradienten und damit hohe Zustands-Wahrscheinlichkeit, Synonyme für hohe Entropie, könnten auf Kosten von Ungleichgewicht, hohen Energiegradienten und niedriger Wahrscheinlichkeit, Synonyme für niedrige Entropie, übrigbleiben. Völlige Ausgeglichenheit der ursprünglichen Differenziertheit, hohe Symmetrie, und die Homogenität eines Vakuums wären das Ende ohne jede materielle Struktur und damit ohne Gravitation (?). Könnten sich die Ausgangsbedingung für neue Quantenfluktuation zurückbilden?

1.3.5 Hypothese: Anfang und Ende des Kosmos sind Symmetrie beherrscht

Im Weiteren versuche ich mit meinem Konstrukt - „strukturelle Teilentropie“ - als Komponente der Gesamtentropie zu argumentieren. Es soll damit vorwiegend die Entstehung und Emergenz von Materie in Form von Elementarteilchen, bis hin zu den chemischen Elementen eingekreist werden.

Man kann natürlich einwenden, dass in dieser Betrachtung der Begriff Entropie soweit von der ursprünglichen Bedeutung entfernt ist, dass seine Verwendung fragwürdig erscheint. Andererseits kann der entropische Gedanke eine Leitlinie sein. Das gilt übrigens auch für den Begriff Symmetrie, wenn man die Entfaltung des Higgs-Feldes betrachtet, das wohl direkt im Urknall, lange vor den Atomen entstand; ein masseloser, hochsymmetrischer Zustand in einem Skalar Feld in dem alle Skalarwerte des Higgs-Feldes überall Null waren. *(Siehe die komprimierte Darstellung: „Das Higgs-Boson - und dann ?“ Scinexx das Wissensmagazin 2.7.2022, <https://www.sinexx.de/dossier/das-higgs-boson-und-seine-folgen/>)*

Die bisher durch die Kosmologie ermittelten Anfangs- und Endbedingungen des Universums schließen für diese Phasen jegliche Struktur aus; dies gilt auch für die Singularität, deren Charakteristik physikalisch und mathematisch nicht erfassbar ist. (Zur Frage der Entropie vor dem Urknall siehe o.a. Spekulationen).

Da ich den Kosmos bis zur Materieentfaltung durch die Baryogenese nur von Energie, Temperatur und Symmetrie beherrscht sehe, kann von struktureller Teilentropie zunächst nicht die Rede sein. In den folgenden Betrachtung spielt zunächst nur die Gesamtentropie eine Rolle.

Hohe Temperatur für den Urknall sowie der (fast) Temperatur-Nullpunkt für das Ende des Universums können als gesichert vorausgesetzt werden. Hohe Symmetrie also hohe Entropie, liegen nach meinen bisherigen Überlegungen am Anfang und am Ende des Kosmos vor.

Welcher Art sollte die Entropie unmittelbar nach dem Urknall gewesen sein? Es gab noch keine Materie und noch keine Zeit, die in irgendeiner Weise Struktur hätte manifestieren können. Symmetrie könnte aber bestimmend gewesen sein. D.h. bezüglich der **Singularität, aber nicht vor der Planck-Zeit** von 10^{-43} Sekunden, kann man m.E. formal über Entropie reden, da der Begriff Symmetrie anwendbar erscheint.

Die Diskussion wird „einfacher“ für die Zeit danach, also ab 10^{-43} Sekunden und darüber hinaus bis heute. Die Theoretiker argumentieren in diesem Kontext mit Materie kreierenden Symmetriebrüchen. Was Symmetriebrüche sind, habe ich bereits, phänomenologisch orientiert, am Kristallisationsbeispiel von Wasser zu Eis bzw. von Chlorwasserstoff (s.o.) anklingen lassen.

Wem das o.a. Beispiel der Wasserkristallisation irdischer Symmetriebrüche nicht adäquat erscheint, kann sich aber vielleicht mit den Erkenntnissen der Hochenergiephysik anfreunden: In der Zeit nach dem Urknall, von 10^{-43} bis 10^{-6} Sekunden, fanden gravierende Veränderungen der kosmischen und energetischen Symmetrie- und Kräfteverteilung der vier Grundkräfte statt, auf die wir im Rahmen der Baryogenese noch eingehen werden. Wo ursprünglich ein einmaliger Zustand der Singularität in Form einer einzigen Urkraft als Konzentrat aus vier latenten Einzel-Kräften existierte, faltete diese sich, nach dem Urknall, um Milli-Milli-Milli.....Sekunden zeitversetzt, in diese vier Einzel-Kräfte auf (Siehe: Ergänzung 4: Zusammenstellung der Elementarteilchen und ihren Wechselwirkungskräften). Diese erst danach unabhängig aktionsfähig werdenden vier Kräfte, die ab diesem Zeitpunkt das weitere Geschehen im Kosmos bis heute bestimmen, lassen sich als das Erbe von Symmetriebrüchen interpretieren.

Wenn es aber zu dieser erhöhten Strukturierung infolge geringerer Symmetrie durch die Entfaltung der vier Kräfte kam, muss es zuvor die höhere Symmetrie und relativ gesehen geringere Strukturierung der vereinigten Urkraft gegeben haben. Dies wiederum lässt darauf schließen, dass zur 10^{-43} ten Sekunde formal eine höhere Entropie gegeben war. Was vor 10^{-43} Sekunden war, ist nicht aber greifbar.

Die getrennten Ereignisse der vier latenten Kräfte im Rahmen des ausdehnungsbedingten Temperatursturzes, waren begleitet von Übergängen in energetisch niedrigere, kältere, stabilere Zustände geringerer Symmetrie und damit formal höherer Ordnung in Form von Materievorstufen. Temperaturverknüpfte Symmetriebrüche bzw. Symmetrieverluste waren sehr kurze Zwischenphasen dieser Entwicklung.

Als ausschlaggebend wird in dieser, GUT-Ära (GUT = Grand Unified Theory) genannten Zeit, von etwa 10^{-35} Sekunden bis etwa 10^{-30} Sekunden, die Ausdehnung des Universums um etwa den Faktor 10^{26} bis 10^{52} , die kosmische Inflation, vermutet. Der Radius des beobachtbaren Universums erweiterte sich in dieser Phase von etwa 10^{-55} cm auf etwa 10^3 cm. (Siehe: 5 Aufsätze in *Heise-online*: „The Missing Link“, dort: „Die kosmische Inflation“, Dezember 2022).

Parallel ist es zur Freisetzung enormer Energiemengen in Form von elektromagnetischer Strahlung gekommen (Siehe 1.1.3 Das COBE-Projekt), verbunden mit einer plausiblen, eklatanten Entropie-Abnahme durch Symmetrieverlust. Diese parallele, adiabatische Energieentfaltung durch die ungeheuer schnelle Ausdehnung innerhalb der ersten Sekunde, außerhalb jeglicher Gleichgewichtseinstellung, scheint mir dem Entropie-Verständnis von Hans Störig zu entsprechen. Er

sieht darin eine „nach innen gekehrte, d. h. nicht mehr verwandlungsfähige oder nutzbare Energie.“ (Störig).

Aufgrund des Erhaltungssatzes kann die Energie allerdings nicht aus dem Universum als geschlossenem System verschwunden sein. Wenn wir trotzdem die relative Entropie-Veränderung bis zum Zeitpunkt der Materieentstehung einbeziehen wollen, muss es sich dabei m. E. um die Gesamtentropie handeln; strukturelle Gebilde und damit strukturelle Teil-Entropie waren noch nicht vorhanden. In diesen Ereignissen sehe ich zwingend einen Anhaltspunkt für die kurzfristige Formierung mehrerer, jeweils kleinerer Entropie-Minima. Weiter ist davon auszugehen, dass die Gesamtentropie im Kosmos, nach dem Durchlaufen dieser Minima, ständig bis heute gewachsen ist und in Zukunft wächst, wie es die Friedmann-Lösungen der Einstein'schen Feldgleichungen der ART formulieren bzw. Clausius voraussagt.

Soweit sind diese Überlegungen aber nichts wesentlich Neues, was sie von den o.a. Ausführungen von Brian Greene unterscheidet. Allerdings bin ich der Ansicht, dass Greene die Emergenz von Entropie zu spät ansetzt. Für ihn initiiert die Formation des Ur-Plasmas aus Elektronen und den Atomkernen von Wasserstoff und Helium die Geburtsstunde der Entropie. Diese Phase wird von den Hochenergie-Physikern üblicherweise mit 100 Sekunden bis 30 Minuten nach dem Urknall angesetzt (Fritsch, 1983, S. 272). M.E. sollte man aber die Verhältnisse vor diesem Zeitpunkt, vor allem die Zeit um 10^{-43} bis 10^{-6} Sekunden, d.h. bereits deutlich früher, während der 1. Sekunde, mitberücksichtigen.

Folgende schematische Darstellung soll den Zusammenhang beleuchten. Wie die vermuteten Minima zu verstehen sind, wurde im Rahmen des Begriffs Symmetriebruch bereits angesprochen und wird Gegenstand weiterer Überlegungen sein.

Ich wiederhole:

Bitte beachten Sie im Folgenden: meine Überlegungen zu Entropie im Rahmen der Kosmos-Entstehung sind rein hypothetischer Natur.

Urknall

T, Energie, Symmetrie sind sehr hoch

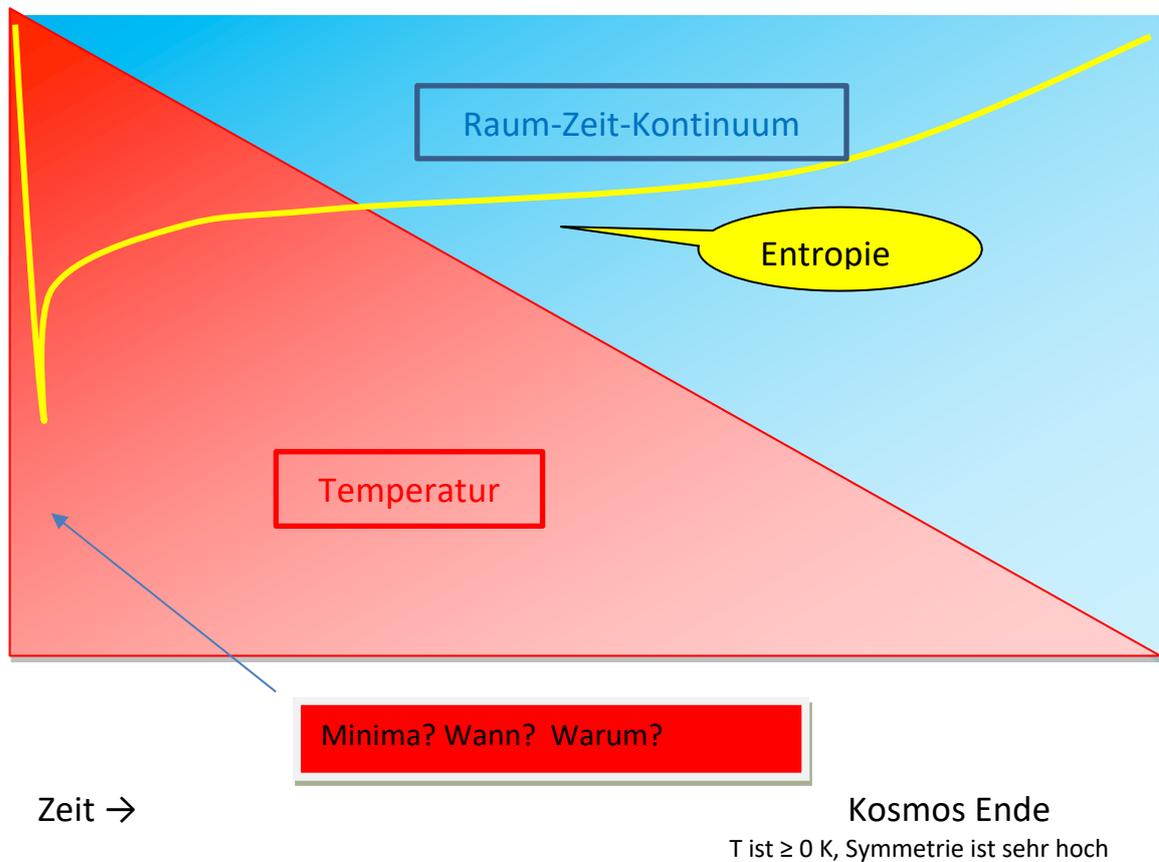


Abbildung 4: Urknall und Entropie

Die obige Darstellung schematisiert die im Folgenden vorgestellten formalen Zusammenhänge:

Der Anfang (Urknall) ist m.E. gekennzeichnet durch:

- maximale Temperatur (s. u.a. Anmerkung) identisch mit:
maximaler Energie (das alte Problem: Was ist Energie?)
- hohe Symmetrie
- hohe Entropie und
- keine Raum-Zeit

Die Bezeichnung "maximale Temperatur" erscheint mir inzwischen problematisch. Eine Eingrenzung über das thermodynamische Gleichgewicht, bzw. die mittlere kinetische Energie der Teilchen (siehe kinetische Gastheorie) kann hier nicht zielführend sein. Ich stelle mir vor, dass hier die axiomatische Quantenfeldtheorie weiterführen könnte:

WIKIPEDIA: Temperatur: Im allgemeinen Fall einer zeitabhängigen Metrik, wie sie beispielsweise Grundlage der Beschreibung des expandierenden Universums ist, können Zustandsgrößen wie die Temperatur nur lokal definiert werden..... In der axiomatischen Quantenfeldtheorie wurde erkannt, dass KMS-Zustände (Anm. d. V.: KMS-Zustände: Genaue Definition thermodynamischer Zustände mittels einer imaginären Zeit), die auch Gibbs-Zustände für Systeme endlichen Volumens umfassen, auch für den thermodynamischen Limes definierbar sind und sich eignen, um thermische Erwartungswerte zu berechnen. (WIKIPEDIA. Der Thermodynamische Grenzfall oder Thermodynamischer Limes ist ein zentraler Begriff aus der Statistischen Physik, der die Verbindung zwischen Statistischer Mechanik und Thermodynamik herstellt. Es handelt sich dabei um das Grenzverhalten der Eigenschaften eines Systems, das im Rahmen der Statistischen Physik beschrieben ist, wenn dieses System stark vergrößert wird).

Wenn man, wie Paul Davies, davon ausgeht, „*dass wir nicht aus unserem Universum heraus können (ein abgeschlossenes System, Anm. d. V) und die anfängliche Ordnung in der Frühphase des Weltalls, in der Schöpfungsphase suchen müssen*“ (Davies, Am Ende ein neuer Anfang, S. 195), ist zumindest im Sinne von "Ordnung" bzw. "Früh"- und "Schöpfungsphase" folgendes zu konstatieren: „Alles“ im noch zu diskutierenden Sinn, alle vorstellbare und heute gegebene, stoffliche und mentale Emergenz, musste in der Singularität bzw., wie schon erläutert, in vorgelagerten Quellen, der Energie, wie der Quantenfluktuation bzw. dem Quantenvakuum mit seiner Nullpunktsenergie, vorgegeben sein. Das entspräche dem immanenten Vorhandensein aller denkbaren aber auch noch zu erschließenden Potentialen bzw. Information oder einer "Ordnung"(P. Davis), die das Sein bestimmt. Eine „Schöpfungsphase“ (P. Davis) aus dem "Nichts" wäre dann eine Art Manifestation bzw. eine Mobilisierung des möglichen Potentials zur Ordnungsfindung bzw. Selbstorganisation, heraus aus der Singularität, hinein in den sich entfaltenden Urknall. Alle Informationsbausteine, z.B. Naturgesetze waren latent enthalten und erst durch den Temperaturabfall bzw. das Zerfließen der Hochenergie in niedrige Energie-Nischen, konnten sie sich in vielen, vielen differenzierten Ereignissen in naturwissenschaftlicher Deutung offenbaren; vergleichbar einer Knospe mit ihrem möglichen Entfaltungspotential, sich zu einer hochkomplexen Blüte zu öffnen, oder, weniger romantisiert, einer Türe, die zu all den Türen führt, die wir bereits geöffnet haben und denen, die noch vor uns liegen.

1.3.5.1 Urknall als Potential

An dieser Stelle halte ich es für angebracht darauf hinzuweisen, dass die beschriebene Verborgenheit allen Seins - zugleich höchste Ordnung bzw. Informationsdichte und damit niedrigster Entropie: Nullentropie –, nicht strukturell in der Singularität enthalten sein konnte. Alles, was sich seit dem Urknall als

Materie, Gesetzmäßigkeiten, Denken und Fühlen bis heute entfaltete, war nicht in der Singularität und ebenso wenig in der Nullpunktsenergie des Vakuums miniaturisiert verkapselt. Es gab diese konkrete Informationsdichte nicht. Es waren nur das Potential und vor allem die Zeit zu diesen konkreten Entfaltungen von Energie und Symmetrie vorhanden. Daher kann ich die Entropie des Urknalls nur von der Symmetrie bestimmt sehen und nicht von einer vermeintlich höchsten Ordnung, also geringsten Entropie, soweit dieser phänomenologisch orientierte Begriff überhaupt anwendbar ist. Ein Teil dieses Potentials hat sich bereits zu unserer realen Umwelt entwickelt, noch verborgenes Vermögen wartet. (z.B.: Schwarze Masse und Schwarze Energie). Vielleicht ist eine Rosenknospe ein guter Vergleich: wenn man sie aufschneidet, wird man die vertrauten Blütenblätter nicht finden. Sie sind nur als Potential enthalten.

Es muss aber auch bedacht werden, dass, um beim Beispiel der Knospe zu bleiben, sich Entwicklungen, hin zur Rosenblüte, erst durch einen konkreten Masterplan entfalten; dessen Verwirklichung aber ständig auf dem Prüfstand der Evolution stand. Bekanntlich ist der Treiber die DNA, womit wir mitten im Phänomen Leben sind. DNA ist das Potential; der Zufall führt zu Mutation, der Prüfstand zur Selektion.

Wie ist das aber mit diesem Potential und dessen Emergenz im Urknall? Gab es einen solchen Masterplan? Zumindest ist es völlig abwegig in dieser Entwicklung ein Pendant in einer Art Urknall-DNA zu suchen. Das ist nicht vorstellbar.

Die Antwort, dass hier übernatürliches Wirken zu sehen ist, kann höchstens ruhigstellen und befriedigt vielleicht den Agnostiker.

Die Antwort, dass es sich um Erscheinungsformen von Energie und Symmetrie handelt erfasst allenfalls einen physikalischen Rahmen.

Was steht hinter diesem Potential?

Sind es naturgesetzliche Zusammenhänge, die wir mit unseren unzureichenden anthropogenen Gaben nur oberflächlich erkennen?

Wie sind Naturgesetze entstanden?

Meine Antwort lautet: wir sind am rezenten Erkenntnis-Limit.

Wie gesagt waren aber die der Singularität zugeschriebenen Entropie-Kriterien wie Information, Ordnung usw. darin nur latent als Möglichkeiten enthalten. Sozusagen summarisch erscheint die Singularität uns durch die hohen Temperatur und Energie, formal einen sehr hohen Symmetrie- und Entropie-Zustand darzustellen. Erst durch die immanente Instabilität der hohen Symmetrie kam der Stein ins Rollen. Unter Einbeziehung der Inflations-Theorie von Allan Guth – falsche und wahre Vakuumenergie bzw. der Einstein'schen ART - wurden wesentlich profundere Erklärungen gefunden. Wir kommen darauf zurück.

Dass diese Erörterung schon sehr nahe an schöpfungsorientierten Fragen heranhelfen ist zwar nicht beabsichtigt, aber eigentlich naheliegend.

Während der 1. Sekunde, genauer von 10^{-43} bis 10^{-6} Sekunden, hat es sehr, sehr kurze Zustände stufenweise immer geringer werdender Symmetrie und damit formal abnehmender Entropie bzw. zunehmender Ordnung gegeben. Die Entropie ist in dieser Zeit Energie- bzw. Symmetriestufen hinuntergestürzt und hat dabei immer tiefere Temperatur-Minima erreicht. Danach setzte die bereits angesprochene Phase der Bildung kosmischer Materie-Antimaterie ein. Es folgte die Bildung der heterogenen, chemischen Ur-Gase Wasserstoff und Helium, später verdichtet zu strukturellen, geordnet erscheinenden Inseln: Sterne bzw. Galaxien. Begleitet wurden diese Symmetriebrüche von irreversiblen Übergängen in immer kältere, stabilere Zustände und Freisetzung ungeheurer dissipativer Energiemengen. Hätte diese Transformation in Materie nicht stattgefunden, wäre der Urknall erloschen. Das Ende des Kosmos, das momentan in etwa 10^{160} Jahren vermutet wird, wäre bereits in der 1. Sekunde eingetreten: Zerfließen der Energie in eine neue Symmetrie der Homogenität. Und so kann man sich vielleicht das Schicksal der bereits erwähnten "wirkungslosen Urknalle" vorstellen, die theoretisch allgegenwärtig sein sollten, wenn es nicht zu Symmetriebrüchen kommt.

Die gravitative Instabilität, der aus dem Ur-Gas entstandenen chemischen Materie, führte früh zu deren Rücktransformation, unter Freisetzung der bereits erwähnten dissipativen Fusionsenergie. Diese Vorgänge waren und sind daher bis zum Kosmos-Ende begleitet von der Steigerung der Gesamtentropie. Entropie scheint, wie bereits ausgeführt, letztlich eine „nach innen gekehrte, d. h. nicht mehr wandlungsfähige oder nutzbare Energie.“ (Störig) zu sein. Diese frei in das Raum-Zeit-Kontinuum verlorene Energie, hat m.W. für den Kosmos zu keinerlei neue Ordnungsentfaltung geführt.

Wir können also die mehrfach beschriebene Energie-Materie-Energie-Transformation als ein durch Strukturierung gebändigtes kurzes (10^{160} Jahre!), materielles Innehalten interpretieren. Es ist ein uns unerklärliches Verweilen eines zeitgetriebenen Potentials dessen innerstes Wesen wir mit Begriffen wie Energie, Symmetrie und Entropie zu erfassen suchen.

Das Sterben des Weltalls, der Entropie-Tod, erörtert im 3. Teil dieses Buchs, in vielleicht 10^{160} oder erst in 10^{32000} Jahren (<https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/>), ist gekennzeichnet von Temperatur ($T \geq 0$ K), Homogenität, hoher Symmetrie und damit hoher Entropie in der entfalteten Raum-Zeit so weit unter diesen Bedingungen noch von Zeit geredet werden kann.

Der aus einer Quantenfluktuation bzw. der Nullpunktsenergie des Vakuums resultierende hochenergetische Urknall verschwindet endgültig nach einer Interimsphase der Umformung von Energie in Materie (10^{160} oder erst in 10^{32000} Jahre), im Vakuum der Raum-Zeit unter Rückbildung von Energie aus dieser

Materie. Alles ist wieder nur noch Nullpunktsenergie. Sind wir wieder am Anfang, der infolge einer neuen Quantenfluktuation zu einem neuen Urknall führt?

Die Entwicklung 10^{-6} Sekunden nach dem Urknall bis heute und sicher auch bis zu einem theoretischen Sterben des Weltalls, korreliert m.E. mit der Definition von Eddington¹³¹, der Entropie als "Richtungspfeil der Zeit" definierte. (Auf den Zeitabschnitt von 10^{-43} bis 10^{-6} Sekunden komme ich nochmals am Ende des Abschnitts 1.3 zurück, um denkbare Minima der Entropie stärker einzukreisen). Diese Zeit-Interpretation der Entropie gilt, wie bereits erörtert, nur für den makroskopischen, kosmischen Bereich den wir tagtäglich um uns herum erleben, fühlen und sehen können. Alle makroskopischen Veränderungen verlaufen parallel zu diesem Zeitfortschritt nur in die Richtung größerer Wahrscheinlichkeit. Gefallene Steine fallen nie nach oben, homogene Gemische entmischen sich nicht spontan, Wärme fließt nicht von kalt nach warm usw. Anderenfalls wären diese Beispiele aus unserer Erfahrung, nur mit Zeitrückschritt im Einklang. Sie wären mit spontaner formaler Erhöhung von Ordnung oder sinkender Entropie verbunden. Das aber schließt der zweite Hauptsatz der Thermodynamik für geschlossene Systeme aus. Sinkende Entropie steht im Widerspruch zu unserer gesamten Erfahrungswelt. Unmissverständlich sieht man das z.B. an rückwärts laufenden Filmen. Eine solche Manipulation, die etwa ein rückwärts galoppierendes Pferd zeigt oder einen Stein, der nach oben strebt, wirkt absolut unglaubwürdig.

Auf eine elementare Ausnahme im Rahmen einer CP-Verletzung habe ich bereits unter 1.3.2 "Interpretationen zur Kosmischen Entropie-Entfaltung aus der Literatur" hingewiesen:

*.....Auf eine grundlegende Verletzung der Zeitumkehrinvarianz für die schwache Wechselwirkung (β -Zerfall u. a.) wurde erstmals 1956 indirekt geschlossen. Damals wurde eine leichte Verletzung der sogenannten CP-Invarianz (=Symmetrie der physikalische Gesetze bei gleichzeitiger Änderung der Vorzeichen von Ladung und Parität) beobachtet, woraus auch die **Verletzung der Zeitumkehrinvarianz** folgt...*

Brian Greene schreibt dazu etwas theatralisch:

Zitat Seite 207. „Daher sind die Bedingungen bei der Geburt des Universums von entscheidender Bedeutung für die Richtung des Zeitpfeils: Die Zukunft ist tatsächlich (trotz der Symmetrie der physikalischen Gesetze, Anm. d. V.) die Richtung der anwachsenden Entropie. Der Zeitpfeil – die Tatsache, dass die Dinge auf diese Weise anfangen und auf jene enden, aber niemals auf jene anfangen und auf diese enden – hob in dem hochgeordneten, nieder entropischen Zustand zu einem Flug ab, den das Universum bei seinem Ursprung hatte“.

Im mikroskopischen Bereich, z.B. in der chemischen Reaktionskinetik oder in Gasen trifft das, wie bereits erwähnt, nicht zu; dort gilt das Prinzip der Mikroreversibilität, für die sowohl Zeitfortschritt als auch Zeitrückschritt nicht erkennbar und außerdem, physikalisch gesehen, gleichberechtigt sind. *Jeder chemische Prozess ist auf molekularer Ebene reversibel* (Dickerson/Geis, 1983, S. 326)

In diesem Zusammenhang möchte ich auf eine Bemerkung von Bigelow (Dyson, 2016, S. 401), einem Pionier der Digitalrechner der 1950iger Jahre verweisen, deren Bedeutung ich nur ahnen kann. Es ging ihm um die *"serielle Anordnung der Rechnerstruktur entlang der Zeitachse"* und die *"Berechnungsdurchführung"*; also eine der molekularen Ebene angenäherte Dimension. Er war der Meinung, *dass es keinen Grund gibt, Rechnerzeit-Sequenzen an physische Zeitparameter zu koppeln...Es müsse möglich sein, sich rückwärts oder vorwärts von Wirkung zu Ursache durch einen Prozess zu tasten...* (Eine vergleichbare gedankliche Vorgehensweise hat die klassische Thermodynamik eigentlich schon seit vielen Jahrzehnten eingeführt: Die Formulierung von thermodynamischen Gesetzen durch Betrachtung von idealisierten, reversibel agierenden Gleichgewichtszuständen). *Es könnte sein, dass die Konvention, die Computerzeit der physikalischen Zeit anzupassen, lediglich dem Umstand entspringt, dass Menschen die Resultate interpretieren".* Und das gelingt ihnen, als „Skaven der Zeitabfolge“, m.E. nur geordnet in zeitlicher Reihenfolge ungeachtet stochastischer Realitäten.

Ob man diese Sichtweise über Computer hinaus auch auf mikrobiologische Systeme, z.B. Zellen anwenden kann? Ich glaube nicht, da nicht ein zeitliches Prinzip, sondern „Angebot und Nachfrage“ die Abläufe der Molekularbiologie regeln. Was wir Menschen phänomenologisch als Zeit formulieren, verliert in diesem Kontext an Bedeutung da stochastische Abläufe vorherrschen.(Siehe hierzu die Gedanken von Dyson (Dyson, 2016)).

Mit diesem Statement, das allerdings bezüglich des Anfangs, also vor der 10^{-43} . Sekunde noch offen ist, ergibt sich m.E. ein weiterer Anhaltspunkt für die Richtigkeit des Konzeptes des Urknalls. Was allerdings noch nicht befriedigt, ist der Umstand, dass es zzt. wohl keinen Ansatz gibt, einen augenblicklichen Gesamtentropie-Zustand des Kosmos und den Gesamtentropie-Zustand während der Minima zu bestimmen, um so auf den Zeitpunkt des Urknalls zurückzurechnen.

Man könnte annehmen, dass sich aus der gesamten kosmischen Masse, unter Berücksichtigung von Schwarzer Materie und Energie, der Materie- und Energie-Bestand des Kosmos errechnen ließe. Der Masse-Anteil kann mit der Einsteinschen Formel $E = m \times c^2$ in den äquivalenten Energieanteil umgerechnet werden. Alle Masse und Energie können so als ein Gesamtenergiefaktor ΔE_1 ausgedrückt werden. Mit der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation $\Delta E \times \Delta t >$

h sollte dann das Δt errechenbar sein, das den zeitlichen Umfang der Quantenfluktuation, die zum Urknall führte, manifestiert.

Dem steht aber entgegen, dass alles darauf hindeutet, dass die Gesamtenergie des Weltalls nahe Null ist, da sich, wie noch erörtert wird, positive und negative Energie gegenseitig nahezu aufheben (Siehe: 1.5.2). Es könnte zunächst nur positive (Energie) und negative Energie (Gravitation) gegeben haben: Symmetrie. Die positive Energie wurde symmetriegespalten in die Antipoden Materie und Antimaterie. Beide unterliegen der Gravitation.

Nach der Baryogenese (s.u. 1.5.6) verblieben im Kosmos strukturierte Materie und Energie. Die gravitative Entropie-Entfaltung aus Materie, war, wenn man den Gedanken der durch Strukturverlust verursachten Entropie-Veränderung akzeptiert, erst ab diesem Zeitpunkt möglich. In dem Maße, wie sich in der Folge bis heute Strukturen unwiederbringlich in Fusionsenergie verflüchtigen, hat sich die strukturell bedingte Entropie erhöht. Der Masseverlust des Kosmos sollte also proportional der Erhöhung der strukturellen Entropie-Erhöhung verlaufen. Die Entropie-Entfaltung vor diesem Zeitpunkt könnte umgekehrt proportional der Energie-Transformation vor der Baryogenese zu sehen sein. Entropie-Verringerung unter Temperaturabsturz und Teilchenbildung. Energie wird zu Materie unter Symmetrieverringern und Strukturaufbau..

1.3.5.2 Antipoden des Urknalls

Trotzdem sind die gebildeten Strukturen (Atome) nicht sofort wieder gravitativ zusammengestürzt, was m.E., wie bereits früher diskutiert, erst bei Akkumulation großer Massemengen geschehen konnte, weil dann erst der notwendige Gravitationsdruck (Temperatur) entstand.

Und eine weitere Frage ergibt sich zum Verständnis der sogenannten Symmetriespaltung – es werden im Verlauf des Urknalls mindestens 3 diskutiert, die vordergründig mit der aus der Elektrostatik stammenden Aufspaltung in + und – belegt ist. Kann das so einfach sein? M.E nein! Elektrostatik hatte zu der o.a. Aufspaltung noch keinen Wirkansatz. Es muss eine Symmetrie sein, frei von diesem starren elektrostatischen Gedanken; etwa so zu verstehen, wie Hermann Weyl¹³² - bereits schon zitiert, s.o. - beschrieb:

"Symmetrie, ob man ihre Bedeutung weit oder eng fasst, ist eine Idee, vermöge derer der Mensch durch Jahrtausende seiner Geschichte versucht hat, Ordnung, Schönheit und Vollkommenheit zu begreifen und zu schaffen".

Es könnte eine Symmetrie von Antipoden sein, für die eine Einstufung in positiv und negativ zu formal ist.

M.E. entfällt durch die Bezeichnung „Antipoden“ auch das prinzipielle Verständnisproblem, das durch die Bezeichnung „negative Energie“ provoziert wird. Man kann unter negativer Energie nichts Vertrautes assoziieren. Vielleicht ist Komplementarität ein alternative Formulierung. Komplementäre Systeme ergänzen sich gegenseitig. Sie sind allerdings auf den ersten Blick unabhängig, bzw. widersprüchlich.

An späterer Stelle habe ich eine weitere Alternativbezeichnung gewählt: Es ist zu fragen, ob die Diktion: „positive und negative Energie besser durch „strukturierbare“ und „strukturvernichtende“ Energie (Gravitationsenergie) ersetzt werden sollten. Beides sind Bezeichnungen, die dem gegensätzlichen Charakter dieser Energie-Antipoden gerecht werden, ohne ein elektromagnetisches Wesen zu antizipieren.

Wenn der Vergleich der Phasenübergänge von stofflichen Systemen, mit den Phasenübergängen von Symmetriebrüche nach dem Urknall wirklich tragfähig ist, bleibt, wie schon mehrfach angesprochen, eine grundsätzliche Frage zu beantworten: Bei stofflichen Systemübergängen, wenn z.B. Wasser zu Eis gefriert, wird Kristallisationswärme frei. Bei den Symmetriebrüchen nach dem Urknall muss ebenfalls Energie freigesetzt worden sein, und zwar in gigantischem Ausmaß. Nennen wir sie einfachheitshalber Symmetrieübergangsenergie. Es gibt mindestens zwei Symmetriebrüche in der ersten Sekunde vor der Materiebildung. Wo ist deren freigesetzte Energie geblieben; denn vernichtet kann sie nicht sein? Verteilt in der Raum-Zeit, bzw. im Quantenvakuum als Nullpunktsenergie außerhalb der Raum-Zeit? Kann sie eine Erklärung für die letztlich nur durch Bilanzierung ermittelte Schwarze Energie liefern? Zu dieser Symmetrieübergangsenergie der ersten Sekunde nach dem Urknall, ist noch die o.a. permanent entstehende dissipative Fusionsenergie zu rechnen, die mit der Fusion von Wasserstoff zu Helium in Sternen nach etwa 380 000 Jahren entstand. Es ist natürlich klar, dass es hier um eine mehr als gewagte Spekulation, ohne jeden wissenschaftlichen Hintergrund handelt. Letztlich spielen im Umfeld der ominösen Dunklen Energie und Dunklen Masse die Allgemeine Relativitätstheorie, die kosmologische Konstante, Inflationstheorie und Quantentheorie eine wesentliche, aber noch nicht verstandene Rolle.

Zurück zum Thema der Formulierung und Akzeptanz des Urknalls:

Wie schon ausgeführt stellt Clausius fest: „*Die Energie der Welt ist konstant. Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu*“. Wie hätte wohl dieses Postulat gelautet, wenn Clausius über unseren heutigen kosmologischen Wissenstand verfügt hätte? Was hätte er zu der Entfaltung der Entropie in einer

gleichbleibenden, einer inflationären oder einer kontrahierenden Entwicklung des Kosmos gesagt? Im 3. Teil werden wir nochmals auf dieses kosmische Entropie-Problem im Rahmen der Theorie eingehen.

Zusammenfassung

Urknall: Folgende Erkenntnisse lassen den Urknall als Modellvorstellung derzeit plausibel erscheinen:

- 1. Die Rotverschiebung: Das Weltall strebt auseinander.*
- 2. Die kosmische Hintergrundstrahlung: Es sind Strahlungsspuren als eine Art Echo des Urknalls nachweisbar.*
- 3. Das COBE-Projekt: Die Vermessung der Hintergrundstrahlung, entstanden vor 13,3 Milliarden Jahren ergab eine Ungleichverteilung von Materie, die die Galaxienentstehung erklären kann.*
- 4. Die Nukleosynthese von Wasserstoff und Helium: Der Urknall kann vermitteln warum das Weltall zu 90% aus Wasserstoff und 9 % aus Helium besteht; die restlichen Elemente machen weniger als 1 % aus.*
- 5. Materie-Antimaterie: Zu allen Elementarteilchen gibt es Antiteilchen. (Dieses Phänomen gilt aber auch für die Steady State Theorie).*
- 6. Sich ständig steigende Entropie kann ihren Beginn in einem Entropie-Minimum nach den Symmetriebrüchen in der ersten Sekunde des Urknalls genommen haben.*

Singularität ist in der Mathematik ein Objekt mit Besonderheiten an einer bestimmten Stelle, an denen physikalische Gesetze nicht definiert sind. Im Rahmen der Urknall-Hypothese versteht man unter Singularität einen punktförmigen Zustand höchster Temperatur und Energiedichte, in dem alles Sein wie Raum, Zeit, Energien bzw. Materie, aber auch alle menschliche Fähigkeiten latent enthalten sind. Aber: physikalische Gesetze sind in der Singularität nicht definiert.

Entropie kann allgemein als Maß der Symmetrie, der Ordnung, des Gleichgewichts, oder der Wahrscheinlichkeit eines Systems aufgefasst werden. Sie sagt etwas über die Stabilität von Zuständen, den Ablauf spontaner Vorgänge und den Fluss der Zeit aus.

1.4 Urknall und Materieentstehung

Thema: Dieser Abschnitt soll die derzeit weitgehend akzeptierte Entstehungstheorie von Materie (und Antimaterie) am Beispiel des elektromagnetischen Feldes eines schwarzen Körpers erklären.

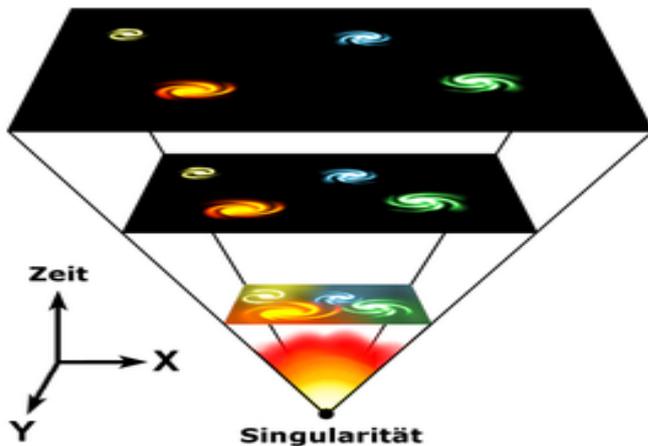


Abbildung 5: Plakatives Urknallszenario (Kopie aus WIKIPEDA)

Die Beschäftigung mit diesem Thema begann und besteht für mich heute noch mit den zwei grundlegenden Fragen:

1. Wie ist die ungeheure Energie- bzw. Temperaturhöhe der Singularität erklärbar?
2. Woher kommt die unfassbare Dimension an Energie, die unseren Kosmos bestimmt?

1.4.1 Urknallszenario

In der Abbildung 5 symbolisiert die senkrecht verlaufende Zeit-Achse die zeitliche kosmische Entwicklung, der im gesamten Weltall verteilten, etwa 200 Milliarden bis 1 Billion Galaxien nach dem Urknall, heraus aus einer Singularität. Sie umfasst einen Zeitraum von ca. 13,8 Milliarden Jahren. Die X- und Y-Achse sollen die Formung des Raums im Gleichklang mit der Zeit repräsentieren. Physikalisch gesehen ist mit dieser Abbildung, die von Einstein formulierte Entfaltung der vierdimensionalen Raum-Zeit sinnbildlich dargestellt.

Man muss sich aber darüber im Klaren sein, dass diese Darstellung nur gleichnishaft zu verstehen ist. Den Raum erleben wir bekanntlich dreidimensional; er kann durch drei aufeinander senkrecht stehende Achsen X, Y und Z dargestellt werden. Dazu kommt nun noch die vierte Dimension, die Zeit. Die vektorielle

Summe aller vier Komponenten ist als Raum-Zeit-Kontinuum zu verstehen, das aber in unserer Dreidimensionalität nicht allgemeinverständlich dargestellt werden kann.

Um sich unter der Singularität und der sich aus ihr generierenden Energie- bzw. Materieentwicklung etwas vorstellen zu können, sollte man folgendes Gedankenexperiment nachvollziehen, das von Harald Fritzsich in seinem Buch: „Vom Urknall zum Zerfall“ (Fritzsich, 1983, S. 213) ausführlich besprochen wird. Es handelt u.a. von einem „Zauberofen“ in welchem, allein durch Erhöhung der Temperatur, also durch Zufuhr von Energie, Materie und Antimaterie entstehen. An diesem Beispiel wird erahnbar, wie die Umformung von Energie in Materie abläuft. Ich habe aus der populärwissenschaftlichen Darstellung von H. Fritzsich einige Passagen übernommen und versucht die enthaltenen Temperatur- und Energieangaben rechnerisch, in Form von Plausibilitätsberechnungen (s.u.) nachvollziehbar zu machen.

Solche Erklärungen sind in Expertenkreisen verpönt. Siehe die Reaktion von Nick F. an 24.02.2016 zum Thema Urknall im Chemieonline Forum: "*das ist komplett a posteriori (aus der Erfahrung Anm. d. V.) und ignoriert so ziemlich die gesamte hoch-energie-physik. hoch-energie-physik in einer hoch-energie-situation zu ignorieren, kann nicht gut enden*".

Das wird wohl so sein. Was aber will man machen, wenn einem die Vorbildung fehlt? Zumindest kann im Folgenden für den Unkundigen ein Erkenntnispfad geschaffen werden. Wie weit er darauf fortschreitet, ist seine Entscheidung. Zugang aufzuzeigen aber ist m.E. wichtig. "Wissenschaftliche Correctness" muss beinhalten, dass die Unkundigen verlangen können zumindest allgemein verständlich in Grundsätzliches eingeweiht zu werden.

Man kann wohl davon ausgehen, dass der Fritzsche Zauberofen aus Betrachtungen zu schwarzen Körpern¹³³ abgeleitet ist. Diese Interpretation steht im Einklang mit den Erkenntnissen, die sich aus der Erforschung der kosmischen Hintergrundstrahlung ergeben haben: Der Kosmos emittiert *Wärmestrahlung in einem Hohlraum* und er ist als *perfekt verschlossener Hohlraum* anzusehen (s.a.: Absatz 1.1.2: Die kosmische Hintergrundstrahlung). Seit dem 19. Jahrhundert ist der Physik bekannt, dass mit einer Energiezufuhr, sprich Temperaturerhöhung in einem schwarzen Körper, Strahlung und die Bildung von Teilchen des elektromagnetischen Feldes (Photonen) einhergehen. Dieser Zusammenhang wurde im Prinzip bereits 1859 von Kirchhoff beschrieben und durch Stefan¹³⁴ und Boltzmann 1879 und 1884, im gleichnamigen Strahlungsgesetz erfasst. Die von einem schwarzen Körper thermisch abgestrahlte Leistung P wächst in Abhängigkeit von seiner Temperatur T in der vierten Potenz.

$$P = \sigma \times A \times T^4$$

Interpretation: Die Strahlungsleistung P eines schwarzen Körpers mit der Fläche A , steigt mit der 4. Potenz der Temperatur T , σ ist die Stefan-Boltzmann-Konstante. Der Vollständigkeit halber und wegen des Zusammenhangs mit dem Planck'schen Wirkungsquantum, sei hier der physikalisch-mathematische Zusammenhang zitiert:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k_B^4}{15h^3 c^2} = (5,670\,400 \pm 0,000\,040) \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$

k_B ist die Boltzmann-Konstante (s.o.: 1.3.2 Kosmischer Entropie-Verlauf und Boltzmann Statistik). Sie ist nicht mit der Stefan-Boltzmann-Konstante σ zu verwechseln. h ist das Planck'sche Wirkungsquantum, c ist die Lichtgeschwindigkeit, π ist die Kreiszahl.

Transparenter für die folgenden Betrachtungen des Zauberofens ist m. E. aber die Entwicklung der Gesamtenergie E , in einem Volumen V eines schwarzen Körpers, die ebenfalls mit der 4. Potenz der Temperatur T ansteigt:

$$E = a \times V \times T^4$$

Mit dem Faktor „ T^4 “ ergibt sich, dass am absoluten Nullpunkt, $T = 0 \text{ K}$, die Strahlungsleistung P bzw. die Gesamtenergie E zum Null werden:

$$E = a \times V \times 0^4 = 0 \quad (\text{Begründung: } 0^4 = 0 \text{ und weiter: } a \times V \times 0 = 0)$$

In der Ergänzung 3 wird etwas näher auf das in o.a. Konstanten σ bzw. a enthaltene Planck'sche Wirkungsquantum h eingegangen. Planck hat diese elementare physikalische Größe im Zuge seiner Arbeit über schwarze Strahler abgeleitet.

Wir nähern uns nun der grundlegenden physikalischen Vorstellung wie es zur Überführung von Energie in Materie kommt.

1.4.2 Gedankenexperimente: Ein „Zauberofen“ wird zum Materiegenerator

Stichpunkte: Durch Aufheizen eines schwarzen Strahlers kann aus Energie Materie in Form von Teilchen und Antiteilchen erzeugt werden.

Folgende Gedankenexperimente mit dem „Zauberofen“ bieten sich an, um die grundlegenden Ereignisse der Kosmos-Entstehung besser zu verstehen. Der „Zauberofen“ repräsentiert einen Schwarzen Strahler.

Wenn man ihn in Gedanken aufheizt, steht er für die Entstehung der Singularität, die dem Urknall vorausgeht.

Wenn wir in gedanklich abkühlen, steht er für den Urknall selbst und seine Folgen.

Was versteht man unter einem Schwarzen Strahler?

(Pohl, 1963, S. 281): „Die Lichtreflektion Null, d.h. das Absorptionsvermögen $A = 1$, lässt sich für alle Wellenlängen mit einem kleinen Loch in der Oberfläche eines lichtundurchlässigen Kastens verwirklichen. Alles einfallende Licht wird absorbiert, und zwar unter mehrfacher, meist diffuser Reflexion. Die aus der Öffnung austretende Strahlung wird „schwarze Strahlung“ genannt“.

Vielleicht mit etwas mehr Bezug zu den folgenden Überlegungen schreibt WIKIPEDIA: „Ein schwarzer Körper (auch: schwarzer Strahler, Planck'scher Strahler) ist in der Physik ein idealisierter Körper, der auf ihn treffende elektromagnetische Strahlung bei jeder Wellenlänge vollständig absorbiert. Er ist zugleich eine ideale thermische Strahlungsquelle, die elektromagnetische Strahlung mit einem charakteristischen, nur von der Temperatur abhängigen Spektrum aussendet und dient als Grundlage für theoretische Betrachtungen sowie als Referenz für praktische Untersuchungen elektromagnetischer Strahlung. Der Begriff „schwarzer Körper“ wurde 1860 von Gustav Kirchhoff geprägt“.

In unseren folgenden Betrachtungen möchte ich einige Zusammenhänge von Temperatur und Energie in schwarzen Körpern ansprechen:

Plausibilitätsberechnung 1:

$$E = a \times V \times T^4$$

Wir messen die Temperatur in Kelvin (Kelvin Skala: Einheit = K), beginnend mit dem absoluten Nullpunkt (0 K), der ca. -273 °C (Celsius Skala: Einheit = °C) entspricht.

Annahme:

$$T_1 \text{ sei } = 1 \text{ K, } E_1 = a \times V \times 1^4 = a \times V \times 1$$

$$T_2 \text{ sei } = 2 \text{ K, } E_2 = a \times V \times 2^4 = a \times V \times 16$$

Die Verdopplung der Temperatur bewirkt, dass die abgestrahlte Leistung P bzw. die Gesamtenergie E um den Faktor 16 steigt ($2^4 = 16$).

$$T_3 \text{ sei } = 3 \text{ K, } E_3 = a \times V \times 3^4 = a \times V \times 81$$

Eine Verdreifachung der Temperatur führt zur 81-fachung ($3^4 = 81$).

$$T_4 \text{ sei } = 4 \text{ K, } E_4 = \alpha \times V \times 4^4 = \alpha \times V \times 256$$

Eine Vervierfachung der Temperatur führt zur 256-fachung ($4^4 = 256$).

usw.

Man sieht: das ist ein exponentieller Zusammenhang mit einem sehr steilen Anstieg.

Aus der Einstein'schen Äquivalenz-Beziehung von Energie und Masse

$$E = m \times c^2$$

folgt, dass mit dem Einbringen von Energie E in den schwarzen Körper - hier unser Fritzscher Zauberofen - messbar als Temperaturerhöhung, die Bildung von Masse m , sprich Materie, einhergehen muss. Kehrt man die Formel um und fragt, wie viel Masse m einer bestimmten E Energie entspricht, wird dieser exponentielle Zusammenhang noch greifbarer:

$$m = E / c^2$$

In dieser Gleichung hat der Nenner c^2 die beträchtliche Größe von etwa $300\,000 \times 300\,000 \text{ km/sec}$. Numerisch geringer Massentransformation entspricht ein gewaltiger Energiebetrag. Oder vereinfacht ausgedrückt: Masse "enthält" außerordentlich viel Energie. Dass dem so ist, weiß jeder von uns, der sich die Bilder von der Auswirkung der beiden amerikanischen Atombomben in Hiroshima und Nagasaki anschaut.

Man sollte allerdings die Einschränkungen von Brian Cox und Jeff Forshaw (Cox, 2009, S. 175) beachten: *"... $E = m \times c^2$ sagt uns nur, was möglicherweise geschehen kann... wir müssen noch verstehen, wie es die physikalischen Gesetze ermöglichen, aus zerstörter Masse Energie zu gewinnen. Die Logik der Gleichung verleiht uns nicht das Recht Masse beliebig in Energie umzuwandeln."*

Das ist nicht verwunderlich, wenn man die Umstände einbezieht, die zu diesem Wandel notwendig sind.

Da sind zum einen chemische Reaktionen zu deren Veranlassung Energieveränderungen stattfinden müssen. Diese spielen sich nur in der äußeren, atomaren Elektronenhülle ab und sind vergleichsweise so unbedeutend, dass wir sie in diesem Kontext außer Acht lassen können. Als nächste Stufe können wir Kernfusionsreaktionen betrachten. Damit sind wir schon im Kern der Atome. Wie aus der Energieerzeugung

der Sonne infolge von Wasserstoff-Fusion oder aus atomaren Kettenreaktionen hervorgeht, wird dabei bekanntlich nur ein Bruchteil der zur Verfügung stehenden atomaren Masse in Energie umgesetzt, allerdings in Hiroshima-Dimension.

Zu einem totalen Wandel von Masse in Energie kommt es bei extremen, außerirdischen Ereignissen im Hochenergie-Bereich: Der Transformation von Energie in Masse (Baryogenese, s.1.5.5.2), bzw. in den Umkehrung, bei der Transformation von Masse in Energie in gravitativ bedingten Massezusammenbrüchen wie z.B. Neutronensternen, Pulsare und Schwarzen Löchern.

Was spielt sich in o.a. schwarzem Körper (hier sind keine schwarzen Löcher gemeint), dieser Energie-Materie-Pumpe in Abhängigkeit von der Temperatur ab? Der Zauberofen sei zu Beginn des Gedankenexperiments, bei der Wandtemperatur von 0 K, am absoluten Nullpunkt, völlig leer. Es sei keinerlei elektromagnetische Strahlung enthalten.

Dieser gedankliche Ansatz ist eine grobe Vereinfachung; die noch zu beschreibende Quantenfluktuation bzw. die Nullpunkts- oder Vakuumenergie werden hier nicht berücksichtigt.

Eine Temperaturerhöhung erfolgt durch Energiezufuhr:

Das resultiert aus der Maxwell-Boltzmann-Verteilung, da die mittlere Energie E eines Teilchens mit der Temperatur T korreliert¹³⁵, wobei die Ableitung aus der Kinetischen Gastheorie folgt:

$$E = 3/2 \times k_B \times T \quad \text{Dimensionen: (eV/K} \times \text{K} = \text{eV)}$$

$$\text{Umgeformt: } T = 2/3 \times E / k_B$$

$$k_B \text{ ist die Boltzmann-Konstante: } 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$$

Explizit gilt dies für die kinetische Energie E_{kin} eines punktförmigen Teilchens mit drei Translationsfreiheitsgraden (WIKIPEDIA: Boltzmann-Konstante).

Aber um welche Teilchen handelt es sich?

Ich gehe davon aus, dass man diese Formel auch für die frühe kosmische Entwicklung mit ihren hochenergetischen Teilchen (Wellen) anwenden kann. Man kann argumentieren, dass ein elektromagnetisches Feld nach den Kriterien des Wellenteilchen-Dualismus zu betrachten ist.

Es entsteht ein elektromagnetisches Feld, zunächst in Form von Photonen, den Vermittlern (Austauschteilchen, Vektorbosonen) der elektromagnetischen Wechselwirkung. Die Anzahl der Photonen nimmt mit der dritten Potenz der Temperatur T zu:

$$\text{Mittlere Photonenanzahl} \approx 2,032 \times 10^7 \times V \times T^3$$

(Für $T \rightarrow 0$ geht damit die mittlere Photonenzahl auch gegen 0)

Aus WIKIPEDIA: Grundkurs Theoretische Physik 6: Statistische Physik
books.google.de/books?isbn=3642253938 Wolfgang Nolting - 2014 - Science

Beim Aufheizen des gesamten Photonengases wächst dessen Energie mit der vierten Potenz der Temperatur T (Gesetze der Thermodynamik und der Quantenphysik).

Wir lassen im Zauberofen-Gedankenexperiment die Temperatur von 0 Kelvin bis auf $> 10^{32}$ Kelvin, ($> 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ Kelvin) steigen.

Bitte denken Sie an o.a. Ausführung: Die Verdopplung der Temperatur T bewirkt, dass die abgestrahlte Leistung P bzw. die Gesamtenergie E , um den Faktor 16 steigt ($2^4 = 16$). Eine Vervierfachung der Temperatur T führt zur 256-Verfäcung ($4^4 = 256$). D.h., die dem Durchlaufen dieser Temperaturdifferenz entsprechende Gesamtenergie im Volumen V hat somit die Dimension von

$$\text{Gemäß: } E = a \times V \times T^4$$

$$E > a \times V \times (10^{32})^4 = a \times V \times 10^{128} \text{ eV} = a \times V \times 10^{119} \text{ GeV}$$

Für 10^{28} Kelvin errechnete Harald Fritsch eine Energiedichte von 10^{103} GeV/Liter (Fritsch, 1983, S. 221).

Rechengang:

$E > a \times V \times (10^{28})^4 = a \times V \times 10^{112} \text{ eV} = a \times V \times 10^{103} \text{ GeV}$, unklar bleibt mir wie Fritsch a und V berücksichtigt hat.

Für die mittlere Energie E eines (?) Quants errechnet sich mit:

$$E = 3k_B T/2, \text{ bei einer Temperatur } T \text{ von } 10^{32} \text{ Kelvin:}$$

k_B ist die Boltzmann-Konstante: $8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

$$E = 3/2 \times 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K} \times 10^{32} = 12,255 \times 10^{-5} \text{ eV/K} \times 10^{32} \text{ K}$$

$$12,255 \times 10^{27} \text{ eV} \approx 1,3 \times 10^{28} \text{ eV} = 1,3 \times 10^{19} \text{ GeV}$$

d.h. 10^{32} Kelvin korrelieren mit 10^{19} GeV (s.u.)

Durch Energiezufuhr (= Temperaturerhöhung) werden im Sinne einer Quantelung im Giga-Maßstab, temperaturabhängige, immer höhere Energieniveaus, sogenannte Energie-Erwartungswerte durchlaufen. Wenn nun die Photonenenergie größer wird als die energieäquivalente, doppelte Masse des Elektrons, existieren nebeneinander, in einem thermischen Gleichgewicht, hochenergetische Photonen sowie Elektronen und Antielektronen. Materie ist aus Energie

entstanden (Herrmann, 2014). Dieses Prinzip gilt, wie im Folgenden näher beleuchtet wird, für alle Teilchen unseres kosmischen Teilchensammelsuriums.

Nacheinander lassen wir durch Energiezufuhr immer energiereichere Photonen entstehen, die sich in Abhängigkeit vom Energieniveau in alle uns bekannten Elementarteilchen, wie Protonen, Neutronen, Positronen, Neutrinos, Quarks, Gluonen, Mesonen, Higgs-Teilchen, weitere Bosonen usw. umwandeln sowie deren jeweiligen Antiteilchen.

Symmetrie!

Die Existenz auf den wachsenden Energiespitzen wird aber immer kurzlebiger; sie sind unter normalen Umständen nicht greifbar. Photonen, letztlich ein elektromagnetisches Feld, werden in Materie und Antimaterie überführt.

Soweit ich diese Zusammenhänge verstehe, sind diese Elementarteilchen und ihr korrespondierender Wellencharakter, eine Art Manifestation von energetischen Zuständen korrelierender Quantenzustände. Je kurzlebiger sie sind, umso höher stehen sie energetisch auf der Energieleiter und umgekehrt, wie es die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation erwarten lässt.

Gemäß dieser Unbestimmtheitsrelation (früher missverständlich Unschärferelation genannt) können die Wirkungspaare Impuls und Ort, oder Energie ΔE und Zeitintervall Δt eines Teilchens, nie gleichzeitig genau bestimmt werden. Es handelt sich um sogenannte komplementäre Größen. Wird eine der beiden Größen genau ermittelt, kann die andere nur sehr ungenau gemessen werden da die genaue Messung des ersten Faktors, das Mess-System entscheidend verändert hat. Dabei geht es aber nicht um die messtechnische, apparative Genauigkeit. Es handelt sich vielmehr um einen grundlegenden Befund der Quantentheorie. Das resultiert aus dem Wellencharakter eines Teilchens. Wellenfunktionen ergänzen den konkreten Teilchenbegriff. Wellenfunktionen können sich zu einer Superposition überlagern. Dies führt zu einer neuen gemeinsamen Wellenfunktion, einem verschränkten Zustand (eine Formulierung, die von E. Schrödinger stammt), der beobachtbar ist.

C. Kiefer schreibt dazu: „*Ein klassisches Teilchen ... kann unmöglich an zwei Orten zugleich sein, da es stets lokalisiert ist. ... In der Quantentheorie gilt das Superpositionsprinzip ... exakt für alle Materieformen, womit die durchgängige Lokalisierung von „Teilchen“ bzw. allgemein die individuelle Zustandsbeschreibung wegfallen*“. (Kiefer C. , 2011, S. 18)

Ein Quanten-Teilchen ist nicht, wie in der klassischen Physik gewohnt, ausreichend mit einer Geschwindigkeit und einer definierten Bahn beschreibbar. Vielmehr lassen sich nur noch Wahrscheinlichkeiten etwa für Ort und Impuls definieren. Ich stelle mir diesen Mess-Vorgang so vor, dass von einem Teilchen, das auch als Welle existiert, durch die Messung diese Welle entscheidend verändert wird und der Versuch einer zweiten Messung keine gemeinsame Grundlage mit der ersten Messung mehr hat.

Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation z.B.:

$$\Delta E \times \Delta t \geq h \quad = \text{(Wirkungspaarung: Energie und Zeitintervall)}$$

ΔE bzw. Δt sind nicht als Differenzen, sondern als Standardabweichungen zu sehen. Die Standardabweichung ist ein Maß dafür, wie weit die einzelnen Zahlen einer Messung verteilt sind. Genauer gesagt, gibt sie an, wie weit die einzelnen Messwerte im Durchschnitt von dem Erwartungswert (Mittelwert) entfernt sind

Dieses Produkt ist stets größer (bzw. höchstens gleich) als das Planck'sche Wirkungsquantum h .

Wird ΔE sehr groß muss Δt sehr klein werden und umgekehrt.

Für das Modell des Urknalls hat das folgende Konsequenzen:

Es wird rechnerisch nachvollziehbar, warum in der zeitlichen Annäherung an den hochenergetischen Urknall, die Energieniveaus, der im Folgenden zu diskutierenden Elementarteilchen (siehe: Ergänzung 4: Zusammenstellung der Elementarteilchen und ihren Wechselwirkungskräften) immer größer werden. Grund ist, dass das Zeitintervall ihrer Existenz immer kleiner wird; das Produkt aus ΔE und Δt müsste sonst größer werden als h . Wie beschrieben, wurden nach dem Urknall diese Energieniveaus in unfassbar kurzer Zeit durchlaufen; physikalisch relevant erst ab 10^{-43} sec (Planck-Zeit). Das Produkt aus ΔE und Δt muss immer der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation genügen.

Teilchen sind aber sozusagen nur die Hälfte der Wahrheit da sie im Sinne der Quantentheorie ja auch Wellencharakter haben und sich letztlich als Feld manifestiert.

Zusammenfassung

Wenn einem schwarzen Körper z.B. durch Erhitzen Energie zugeführt wird, bildet sich ein elektromagnetisches Feld. Es werden gequantelte Energieniveaus durchschritten, in denen gemäß der Beziehung $E = m \times c^2$, Energie und Masse in Form

von Materie und Antimaterie im Gleichgewicht stehen. Es können so im Prinzip alle bekannten atomaren Teilchen und Antiteilchen erzeugt werden.

Die Berücksichtigung des Planck'schen Wirkungsquantums h ermöglicht die Erklärung von physikalischen Phänomenen im atomaren Bereich, da dort keine beliebigen kontinuierlichen, sondern nur diskrete, gequantelte Energie-Werte existieren.

1.5 Der Urknall formt den Mikrokosmos

Thema: Dieser Abschnitt soll vermitteln, wie die Physik die Entstehung der Elementarteilchen als Vorstufen der chemischen Elemente aus Materie und Antimaterie erklärt, die infolge von Energie-Materie-Transformation äußerst kurzlebig gebildet wurden. Energie korreliert direkt proportional mit der Temperatur.

Im Mittel werden bei den im Folgenden diskutierten Energieübergängen Gleichgewichtszustände angenommen. Alle Teilchenbildungen verlaufen symmetrisch, d.h. zu jedem Teilchen entsteht jeweils das Antiteilchen. Eine Ausnahme ist das Photon, zu dem es kein Antiteilchen gibt. Sind nämlich sämtliche additiven Quantenzahlen eines Teilchens Null, so ist das Teilchen sein eigenes Antiteilchen. Dies ist z. B. auch der Fall, beim neutralen Pion π^0 und beim Boson Z^0 . Das Z-Boson ist ein Eichboson und damit ein Elementarteilchen. Es vermittelt ebenso wie das mit ihm verwandte W-Boson die schwache Wechselwirkung. Während das W-Boson elektrisch geladen ist, ist das Z-Boson neutral. Es ist sein eigenes Antiteilchen.

Materieentstehung erfolgt gedanklich durch Aufheizen also Eintrag von Energie in den erdachten „Zauberofen“. Energie in Form eines elektromagnetischen Feldes, wird entsprechend der Einstein'schen Beziehung $E = m \times c^2$, auf definierten Energieniveaus in Materie in Form von Elementarteilchen transformiert.

1.5.1 Ein „Zauberofen“ wird aufgeheizt. Simulation einer Singularität

Stichpunkte: Schwarze Strahler, Gleichgewichtszustände, Photonen, Elementarteilchen, Energie-Erwartungswerte, Singularität, Standardtheorie, Symmetrie, Symmetriebrüche, schwache und starke Wechselwirkung, Vakuum, virtuelle Teilchen, Quantenfluktuation.

Ich gehe davon aus, dass wir nicht über den Raum zwischen Atomen in Molekülen oder gar von makroskopischen Objekten reden. Wir befinden uns, energetisch gesehen, quasi im Kern von Atomen, also den Protonen und Neutronen bzw. noch verborgener, in dem noch Million Mal kleineren Bereich von Quarks aus denen Protonen und Neutronen bestehen. Es dominieren, beschränkt auf

diese Substruktur, sehr starke Felder und starke Wechselwirkungen, die noch unzureichend durch die relativistische Quantentheorie beschrieben werden. Man erwartet, dass erst nach der Vereinigung von Quantentheorie und Allgemeiner Relativitätstheorie zur Quantengravitation, eine umfassende Beschreibung möglich ist.

Die Frage, warum die Gravitation in der Quantentheorie von Bedeutung ist, beantwortet sich wie folgt: In der makroskopischen Welt von Atomen und Molekülen spielt die Gravitation tatsächlich eine untergeordnete Rolle. Bedenkt man aber, dass das gesamte Universum nach dem Urknall kurzfristig nur einen Durchmesser von etwa 10^{-35} Metern hatte (10^{-43} Sekunden nach dem Urknall war es schon so groß wie eine Nadelspitze, und das energetische Niveau lag bei einer Temperatur von 10^{32} K und einer Energie von 10^{19} GeV), kann aufgrund quantenmechanischer Überlegungen die Gravitation nicht vernachlässigbar sein. Raum und Zeit sind nicht mehr unterscheidbar und *"die Newton'sche Matrix löst sich in einen Schaum der Raumzeit auf."* (Was immer das auch sein könnte, Anm. d. V.) (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 130).

Die Zusammenhänge werden heute in vielen wissenschaftlichen Hypothesen durchgespielt, um letztlich in einer allumfassenden Theorie, unter mathematisch-physikalischer Vereinigung aller 4 Kräfte, unseren Kosmos quantitativ zu erfassen. Bisher ist das noch nicht gelungen. Diese 4 Kräfte sind:

1. ST: Die starke Wechselwirkung oder Kernkraft. Sie hält die Atomkerne zusammen.
2. EM: Die elektromagnetische Wechselwirkung, die sämtliche Effekte der Elektrizität und des Magnetismus, also auch des Lichtes verursacht. Sie wirkt zwischen Atomkern und Elektron also positiver und negativer Ladung. Träger entgegengesetzter Ladungen ziehen sich an, Träger gleicher Ladungen stoßen sich ab.
3. SW: Die schwache Wechselwirkung, die z.B. für Neutrinos in sehr kleinen Abständen wirkt.

Die Theorie der Vereinigung dieser 3 Kräfte in einer sehr frühen Phase des Urknalls, wird als GUT-Theorie bezeichnet (siehe Ergänzung 1). Man geht davon aus, dass bei sehr hoher Temperatur der energetische Unterschied zwischen diesen Kräfte verschwindet. Das sollte ein Zustand sehr hoher energetischer Symmetrie von Kräften bzw. Wechselwirkungen sein. Wie noch zu beschreiben ist entspricht diese Symmetrie einem instabilen Zustand, der allein durch die Höhe der Temperatur z.B. in einer sehr seltenen und sehr kurzen Fluktuation existieren kann.

4. GK: Die gravitative Wechselwirkung; sie beherrscht alle Materie, z.B. uns, Sterne, Planeten und Galaxien. Sie wirkt ausschließlich anziehend; ihre Ausbreitung erfolgt mit Lichtgeschwindigkeit. Theorien, die Bezug zur Dunklen Energie nehmen, gehen davon aus, dass es auch eine negative Gravitation geben muss. Diese negative Komponente liefert eine Erklärung für die kosmische Expansion in der 1. Sekunde des Urknalls und soll darüber hinaus als Schwarze Energie zu der immer deutlicher werdenden fortschreitenden Expansion des Weltalls führen. Auf negative, abstoßende Gravitation kommen wir im Zusammenhang mit der kosmischen Inflation zurück (1.5.5.2). Sie resultiert aus der Mathematik der Einstein'schen Feldgleichungen der ART in Gestalt des Energie-Impuls-Tensors.

Vielleicht aber fühlt sich der eine oder andere angeregt tiefer einzudringen. Hierzu können die Buchempfehlungen am Ende beitragen. Die vereinfachten Betrachtungen von Harald Fritzsch, sind m.E. noch am anschaulichsten. Er stellt zunächst einen gedanklichen Prozess vor, in dem das Pferd sozusagen von hinten aufgezäumt wird. Dazu lässt er durch eine gedankliche Simulation einen Urknall in seinem „Zauberofen“ rückwärts entstehen, indem er von normalen Temperaturen ausgehend, Zustände mit immer höheren Temperaturen und damit Energieinhalt annimmt.

Fangen wir an den Fritzschen Zauberofen, präziser den bereits angesprochenen schwarzen Strahler, aufzuheizen und die angesprochenen Energieniveaus gedanklich nacheinander abzuspielen. Dabei werden Energiefelder bzw. Temperaturen bis in gigantische Dimensionen einbezogen.

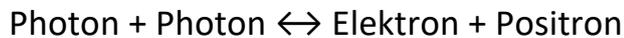
Maßeinheiten:

Energieinhalte werden in Elektronen Volt = eV, bzw. Vielfachen davon angegeben, z.B. GeV = Giga Elektronen Volt. ($1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$)

Wir lassen durch das Aufheizen, gemäß der Theorie des Elektromagnetismus ein elektromagnetisches Feld und damit Photonen, als dessen Vermittler entstehen. Wenn die Photonenenergie größer wird als die energieäquivalente, doppelte Masse eines kosmischen Teilchens, existieren bei einer definierten Wandlungstemperatur nebeneinander in einem thermischen Gleichgewicht hochenergetische Photonen sowie Teilchen und Antiteilchen (Herrmann, 2014). (Darauf wurde bereits im Zusammenhang mit dem Elektron und dem Positron hingewiesen s.o.). Diese positiven bzw. negativen Zustände haben nichts mit positiver oder negativer Energie zu tun,

10⁹ Kelvin:

In einem elektromagnetischen Feld, korrespondierend mit etwa 6×10^9 Kelvin, entstehen in einer Gleichgewichtsreaktion aus jeweils zwei Photonen, die Materiebausteine Elektron und Positron (Antiteilchen des Elektrons):



Dieser Vorgang ist, von links nach rechts gelesen, die Umkehrung dessen, was den Atomphysikern schon seit 1933 bekannt ist und von Paul A.M. Dirac bereits 1929 aufgrund theoretischer Überlegungen im Rahmen der relativistischen Quantentheorie vorausgesagt wurde: Beim Zusammentreffen eines Elektrons und eines Positrons entstehen 2 Photonen.

Wie gelangt man zu dieser konkreten Energie- und Temperaturangabe?

Plausibilitätsberechnung 2:

Möglicher Berechnungsweg:

Man kann aus der Masse m und damit der Energie E , die notwendige Wandlungstemperatur errechnen. Aus der Einstein'schen Äquivalenz Beziehung

$$E = m \times c^2$$

folgt, dass jeder Masse m eine Energie E entsprechen muss. Andererseits ergibt sich aus der Maxwell-Boltzmann-Verteilung, dass die mittlere Energie E eines Teilchens mit einer definierten Temperatur T korreliert, wobei die Ableitung aus der Kinetischen Gastheorie folgt:

(Siehe Plausibilitätsberechnung 1)

$$E = 3/2 \times k_B \times T \quad \text{Dimensionen: (eV/K} \times \text{K} = \text{eV)}$$

$$\text{Umgeformt: } T = 2/3 \times E / k_B \quad \text{Dimensionen: (eV/ eV/K} = \text{K)}$$

k_B ist die Boltzmann-Konstante: $8,617 \times 10^{-5}$ eV/K

Ich setze voraus, dass diese Umrechnungsmöglichkeit von einem Energieniveau E (und damit auch von der E entsprechende Masse m), in das zugehörige Temperaturniveau T (Wandlungstemperatur) richtig ist:

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times E \quad \text{Kelvin}$$

Berechnung:

$$\begin{aligned} T &= 2/3 \times E / k_B = 2/3 \times 1 / k_B \times E \quad (\text{Dimension: } K = 1/\text{eV/K} \times \text{eV}) \\ &= 2/3 \times 1/8,617 \times 10^{-5} \times E = 2/3 \times 11604,96693 \times E \quad \text{Kelvin} \end{aligned}$$

Ich kann mir nicht vorstellen, dass die zunächst kryptisch anmutenden präzisen Angaben zu Temperatur und Energie (und damit Masse) im Standardmodell der Kosmologie bzw. dem Urknall-Ablauf auf diesem "einfachen", mit Grundrechenarten nachvollziehbaren Zusammenhang beruhen.

Aus der Ruheenergie (bzw. Masse) kann man z.B. die relevante Wandlungstemperatur T errechnet:

Für ein Elektron mit der Masse $m = 9,11 \times 10^{-31}$ kg berechnen sich Ruheenergie und entsprechende Wandlungstemperatur T von:

Berechnung der Ruheenergie E aus der Masse m für ein Elektron:

Masse m des Elektrons: $9,11 \times 10^{-31}$ kg

Ruheenergie: $E = 9,11 \times 10^{-31}$ kg $\times (3,0 \times 10^8$ m/s) $^2 = 8,199 \times 10^{-14}$ J = $8,199 \times 10^{-14} \times 6,24 \times 10^{18}$ eV = $51,16 \times 10^4$ eV = $0,51 \times 10^6$ eV = 0,51 MeV

Wandlungstemperatur: $T = 2/3 \times 11604,96693 \times 0,51 \times 10^6 = 3.945.688.755$ Kelvin
 $T = \text{ca. } 4 \times 10^9$ Kelvin

also rund 4 Milliarden Kelvin. Dieser Betrag kommt immerhin in die Nähe der eingangs erwähnten Wandlungstemperatur von 6×10^9 Kelvin. D.h. ab etwa 4 (6) Milliarden Kelvin nimmt die zugeführte Energie materielle Form an. Es entsteht ein Elektron aber gleichzeitig auch ein Positron:

Symmetrie!

Wenn man abkühlen würde, zerfielen beide Teilchen wieder unter Photonenbildung (Annihilation), was sie natürlich auch tun, wenn sie sich zu nahekommen: Materie und Antimaterie vertragen sich nicht miteinander! Ihr gehobener Symmetriezustand ist nur in einem ganz definierten Temperaturniveau existenzfähig.

Fahren wir fort den schwarzen Strahler aufzuheizen:

Im Mittel gibt es jetzt genauso viele Photonen wie Elektronen und Positronen. Es werden aber im Gefolge der schwachen Wechselwirkungskraft von Elektronen und Positronen nicht ausschließlich Photonen rückgebildet, sondern es entstehen auch Neutrinos und Antineutrinos:

Photon + Photon \leftrightarrow Elektronen + Positronen \leftrightarrow Neutrino + Antineutrino

Damit sind im Zauberofen nunmehr Photonen, Elektronen, Positronen, und Neutrinos und Antineutrinos enthalten. (Zu Photonen gibt es keine Antiteilchen)

10¹³ Kelvin:

Beim weiteren Aufheizen bis *auf 10¹³ Kelvin* bilden sich Protonen und Antiprotonen sowie Neutronen- und Antineutronen-Paare. (Diese Prozesse sind seit vielen Jahren aus den großen Teilchenbeschleunigern, z.B. CERN, bekannt und kein Konstrukt).

Anwendung des obigen Rechenansatzes, wobei wieder aus der Masse (bzw. entsprechender Ruheenergie) die korrespondierende Wandlungstemperatur erhalten wird:

Auch hier kann man die gleiche o.a. Betrachtung durchführen wie beim Elektron. Da das Proton ca. 1836mal schwerer als das Elektron ist und damit eine Ruheenergie von ca. 938 MeV = 0,938 GeV, (938 / 1836 ≈ 0,51 MeV s.o.) hat, errechnet sich mit obigen Rechenansatz ein Temperaturbereich T von 7,26 x 10¹² Kelvin, was mit 10¹³ Kelvin in etwa korreliert.

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times 0,938 \times 10^9 \approx 7,26 \times 10^{12} \text{ Kelvin}$$

Aus der vorgegebenen Energie 0,938 GeV (bzw. äquivalente Masse) wurde die korrespondierende Wandlungstemperatur T zu 7,26 x 10¹² Kelvin errechnet. Umgekehrt ergibt sich aus der vorgegebenen Wandlungstemperatur T von 10¹³ Kelvin die korrespondierende Energie:

$$\begin{aligned} E &= 3/2 \times 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K} \times 10^{13} \text{ K} = \\ &12,255 \times 10^{-5} \text{ eV/K} \times 10^{13} \text{ K} = \\ &12,255 \times 10^8 \text{ eV} \approx 1,2 \times 10^9 \text{ eV} = 1,2 \text{ GeV} \end{aligned}$$

Woher die Differenz von 0,262 GeV (1,2-0,938 GeV) bzw. 0,274 K x 10¹² (10¹³ -7,26 x 10¹²) resultieren, ist mir nicht klar. Ich nehme an, dass die Angabe von 10¹³ Kelvin gerundet wurde.

10¹⁴ Kelvin:

Ab 10¹⁴ Kelvin haben die Teilchen eine mittlere Energie von 1-10 GeV. Bei dieser Energie können die Protonen und Neutronen nicht mehr als selbständige Gebilde existieren, sondern zerfallen in ihre Bestandteile, die Quarks, Antiquarks und ihre Gluonen. Deren äquivalente mittlere Masse muss mit dem Energieniveau von 10¹⁴ Kelvin korrelieren. (Gluonen sind „Bindemittel“ der Quarks und gehören als Bosonen, im Gegensatz zu den Materieteilchen, zu der Gruppe der Austauscheteilchen).

Anwendung des obigen Rechenansatzes:

10 GeV treten korrelieren mit einem Temperaturbereich von $7,74^{13}$ Kelvin:

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times 10^1 \times 10^9 = 7,74 \times 10^{13} \text{ Kelvin}$$

was mit 10^{14} Kelvin in etwa korreliert.

Elektronen und Positronen stehen im thermischen Gleichgewicht mit Photonen und Quark-Antiquarkpaaren.

Resultat: Es sind gleich viel Elektronen, Positronen, Neutrinos, Antineutrinos, Photonen, Quarks, Antiquarks und Gluonen vorhanden.

Alle bisherigen Betrachtungen sind durch Experimente in Beschleunigungslabors bewiesen.

10²⁸ Kelvin:

Ab 10^{28} Kelvin, wobei die mittlere Energie der Teilchen etwa 10^{15} GeV beträgt, geschieht etwas Besonderes:

Die Teilchen beginnen ihre Individualität zu verlieren, sie sind nicht mehr unterscheidbar.

Anwendung des obigen Rechenansatzes:

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times 10^{15} \times 10^9 = 7,74 \times 10^{27} \text{ Kelvin}$$

in etwa 10^{28} Kelvin

10²⁹ Kelvin:

Ab 10^{29} Kelvin und 10^{16} GeV ist der Scheidepunkt für die vier Naturkräfte erreicht. Sie vereinigen sich zu einer Urkraft.

Anwendung des obigen Rechenansatzes:

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times 10^{16} \times 10^9 = 7,74 \times 10^{28} \text{ Kelvin}$$

in etwa 10^{29} Kelvin

Oberhalb dieser Temperatur stellt sich hohe Symmetrie ein. Unterhalb bricht die Symmetrie in zwei Naturkräfte, die X-Kraft (E_x) und die Gravitationskraft (G_R)

Die X-Kraft ist die Kraft, die außer der Gravitation in der Frühphase des Universums nur 10^{-43} (bis etwa 10^{-32}) Sekunden nach dem Urknall, bei 10^{29} K (10^{16} GeV) die elektromagnetische, die schwache und die starke Wechselwirkung vor einem ersten Symmetriebruch in sich kurzfristig vereinigte.

Diese Wechselwirkungen sind definitionsgemäß Produkte aus Energie und Zeit, korrelieren also mit Energie

Nach 10^{-11} Sekunden, bei 10^{16} K und 10^2 GeV, tritt Aufspaltung in die vier bekannten Naturkräfte und durch weitere spontane Symmetriebrechungen Massebildung ein. Auf diesen Zusammenhang, der von der kosmischen Inflation und in der Folge vom Zusammenbruch des „Falschen Vakuums“ (m.E. eine flapsige, irreführende Bezeichnung von Theoretikern. Konkret wird damit überhöhte Vakuum-, bzw. Nullpunktsenergie bezeichnet) und des Higgs-Feldes abhängig war, kommen wir noch zu sprechen (1.5.5.2).

10^{32} Kelvin

Ab 10^{32} Kelvin beträgt die mittlere Energie etwa 10^{19} GeV

Obiger Rechenansatz führt zu $7,74 \times 10^{31}$

$$T = \frac{2}{3} 11604,96693 \times 10^{19} \times 10^9 = 7,74 \times 10^{31} \text{ Kelvin,}$$

in etwa 10^{32} Kelvin

Letztlich postuliert man bis 10^{32} Kelvin, in der GUT-Ära, die X-Teilchen¹³⁶ (Photonen, W- und Z-Teilchen), Bosonen, die die Kräfte der starken, der schwachen und der elektromagnetischen Wechselwirkung vereinigen. Der Existenzbeweis ist im CERN LHR-Beschleuniger geplant.

Ab einer Temperatur von 10^{32} Kelvin, in der Planck-Ära, entsteht wiegesagt ein Zustand höchster Symmetrie bzw. Homogenität. Alle 4 Kräfte, also auch die Gravitation, sind in einer Urkraft vereinigt. Dies hätte, rein formal gesehen, ein Entropie-Maximum zur Folge, da völlige Symmetrie und Homogenität gegeben sind. Bei dieser Temperatur sind alle aus dem Standardmodell bekannten Teilchen nicht mehr unterscheidbar. Die Materieteilchen - Fermionen mit halbzahligem Spin -, sind nicht mehr von den Kräftevermittlern - Bosonen mit ganzzahligem Spin - unterscheidbar. Materie, getragen von Fermionen und Wechselwirkungs-Energiefelder, vermittelt von Bosonen, sind völlig gleichwertig. Erst durch Abkühlung wird dieser hochsymmetrische Zustand gestört und die durch den o.a. ersten Symmetriebruch verursachten Trennung endgültig vollzogen.

Und wie kann das Wesen der Vereinigung vor dem Symmetriebruch physikalisch mathematisch beschrieben werden? Es könnte die "String-Theorie" sein, die Materie und Energie nur noch als eindimensionale Schwingungen formuliert.

Könnten Materie und Energie die beiden Antipoden von Strings sein? Symmetrie?

Oder ist dieser Ansatz zu "einfach" und erst die Berücksichtigung der u.a. Diskussion der Quantenfluktuation führt noch einen Schritt weiter? Es könnte zunächst nur(positive ?) Energie (Materie) und negative Energie (Gravitation) gegeben haben: Symmetrie. Die positive Energie wurde symmetriegespalten in die Antipoden Materie und Antimaterie. Beide unterliegen der Gravitation. Besagtes kann aber nur Phasen nach der Materiebildung bzw. dem Symmetriebruch der Higgs Felder betreffen.

Heisenberg hat mit dem Satz, den ich ganz zu Anfang zitierte, diese grundlegenden Zusammenhänge, allerdings lange vor der Entwicklung der "String-Theorie" zusammengefasst:

„Die Energie ist tatsächlich der Stoff, aus dem alle Elementarteilchen, alle Atome und daher überhaupt alle Dinge gemacht sind, und gleichzeitig ist die Energie auch das Bewegende“.

Werner Heisenberg, Physik und Philosophie:

Es ist mir allerdings bewusst, dass ich mir mit dem Antippen der "Strings" bzw. der "String-Theorie" als (derzeit) letztes Wesen von Energie und Materie, ein Problem eingehandelt habe. Bisher habe ich von der Energie und ihrer Transformation in Materie geredet. Energie ist aber in der "String-Theorie" nicht der letzte Wesenszug; sie ist eine Hälfte in Form der Bosonen, die andere Hälfte sind die Fermionen. Strings sind die Vereinigung von beiden auf der höchstmöglichen Symmetrieebene. Erst ein Bruch einer komplexen Symmetrie während des Urknalls hat beide Symmetrieelemente freigesetzt. Deren gegenseitiges Transformationspotential wird von Heisenbergs o.a. Statement wunderbar erfasst; es könnte aber eine noch höhere Ebene von "Allem" geben.

Plausibilitätsberechnung 3:

Wie man zu diesem konkreten Ergebnis einer Energie von $> 10^{19}$ GeV kommt, habe ich versucht wie folgt nachzuvollziehen:

Möglicher Berechnungsweg von $\Delta E = 10^{19}$ GeV:

Es muss wohl so sein, dass für diese Phase die Länge der Planck-Zeit¹³⁷ mit $\Delta t = 5,39124 \cdot 10^{-44}$ sec beachtet werden muss und damit ein komplementäres Energieniveau ΔE von 10^{19} GeV zur Entfaltung kommen kann. In Verbindung mit der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation lässt sich mit der Planck-Zeit von $5,39124 \cdot 10^{-44}$ sec, die zugehörige Energie errechnen.

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

Es ergibt sich für den Zustand der kleinsten denkbaren Zeit, die Planck'sche Zeit ($5,39124 \times 10^{-44}$ sec), folgendes ΔE :

$$\Delta E > h / \Delta t$$

$$\Delta E > 6,6262 \times 10^{-34} \text{ J sec} / 5,39124 \times 10^{-44} \text{ sec}$$

$$\Delta E > 1,22906 \times 10^{10} \text{ J}$$

Umrechnung von Einheit J in Einheit GeV:

$$1,6022 \times 10^{-19} \text{ J} = 1 \text{ eV} = 1 \times 10^{-9} \text{ GeV}$$

$$1,6022 \times 10^{-10} \text{ J} = 1 \text{ GeV}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ GeV} / 1,6022 \times 10^{-10} \text{ J}$$

$$\Delta E > 1,22906 \times 10^{10} \text{ J} \times 1 \text{ GeV} / 1,6022 \times 10^{-10} \text{ J} =$$

$$0,7671 \times 10^{20} \text{ GeV}$$

$$\Delta E > 7,671 \times 10^{19} \text{ GeV}$$

Und damit sind wir in dem o.a. Bereich: „*Ab 10^{32} Kelvin beträgt die mittlere Energie eines Energiequants etwa 10^{19} GeV*“. Wir haben also die mit der Planck'schen Zeit korrelierende Energie errechnet.

Probe:

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

$$1,22906 \times 10^{10} \text{ J} \times 5,39124 \times 10^{-44} \text{ sec} =$$

$$6,62616 \times 10^{-34} \text{ Js} > h$$

$$\text{(Siehe: } h = 6,62606898 \times 10^{-34} \text{ Js)}$$

Persönliches Statement

Mein Problem ist: Welchen Bereich, welche Quantität im weitesten Sinn repräsentieren diese 10^{19} GeV? Materie entsteht ja erst nach der Planck-Zeit (s.u.).

Umkehrung dieser Berechnung: Gegeben sei z.B. die Energie 1 GeV, gesucht die Zeit Δt , in der diese Energieniveau existieren kann:

$$\Delta t > h / \Delta E$$

Für $1,6022 \times 10^{-10} \text{ J} = 1 \text{ GeV}$ gilt:

$$\Delta t > 6,62606898 \times 10^{-34} \text{ Jsec} / 1,6022 \times 10^{-10} \text{ J} = 4,136 \times 10^{-24} \text{ sec}$$

$4,136 \times 10^{-24} \text{ sec}$ sollte die mittlere Lebens-Zeit, für ein Teilchen (ein Zustand?) mit 1 GeV sein. ?????

Persönliches Statement

Was für mich nach wie vor zu klären bleibt ist die Frage, von wie vielen Teilchen wir in dieser Situation reden. Denn offensichtlich gelten die berechneten, mittleren Energiebeträge gemäß der Ableitung aus der Kinetischen Gastheorie

$$E = 3kT/2$$

jeweils für ein Teilchen, allerdings als Mittelwert.

Wie viele Teilchen oder vielleicht besser Energiequanten (X-Bosonen) gab es in diesem Zustand? Bisher habe ich auf diese Frage in der mir zugänglichen Literatur noch keine befriedigende Antwort gefunden bzw. wahrscheinlich ist die Frage falsch gestellt. In der Chemie wird meist nicht die Energie pro Teilchen, sondern pro Mol (mit der Einheit J/mol) angegeben. Man erhält sie durch Multiplikation der Energie des einzelnen Teilchens mit der Avogadro-Konstante¹³⁸ N_A , zum Beispiel: $1 \text{ eV} \times N_A = 96485 \text{ J/mol}$). Materie, also Teilchen, sind aber – wie bekannt – erst deutlich nach der Planck'schen Zeit gebildet worden. Es muss sich aber um Einzelteilchen handeln, das diese Energie repräsentiert.

Vielleicht ergibt sich o.a. Teilchenzahl, wenn man die einer Temperatur von 10^{32} K entsprechende gesamte Energie eines schwarzen Strahlers (Größenordnung: $> a \times V \times (10^{32})^4 = a \times V \times 10^{128} \text{ eV} = a \times V \times 10^{119} \text{ GeV}$ (s.o. Plausibilitätsberechnung 1)), durch die 10^{19} GeV eines Energiequants (X-Boson und Anti-X-Bosonen) bei 10^{32} K teilt?

Ergebnis: $a \times V \times 10^{119} \text{ GeV} / 10^{19} \text{ GeV} = ?$ Es fehlen offensichtlich die Angaben zu $a \times V$.

In der Baryogenese bleiben aber davon nur etwa 1 Milliardstel über, weil von den X-Teilchen und von den Anti-X-Teilchen bis auf 1 Milliardstel alle X-Teilchen und Anti-X-Teilchen zerstrahlen (s.u.).

Allerdings vermute ich, dass die 10^{19} GeV eines Energiequants nur die Hälfte der Wahrheit sein können, da aus Gründen der Symmetrie ein Anti-Energiequant infolge einer quadratischen Beziehung vorliegen

(Dirac) muss. Das Energieniveau der beiden symmetrischen Energiequanten bei 10^{32} K beträgt also

$$10^{(19)2} = 10^{38} \text{ GeV}$$

(Ein solches Energiequant muss energetisch weit oberhalb von Quarks anzutreffen sein, die erst bei 10^{14} K und 1- 10 GeV auftreten). Die Berechnung erfolgt auf dem gleichen Temperaturniveau von 10^{32} K. Auf anderen Temperaturniveaus sollte das analog möglich sein.

Singularität

(Siehe auch die Ergänzung 1: Singularität)

In unserem Gedankenexperiment haben wir, rein spekulativ, in ein sehr kleines Raum-(Zeit)-Gebilde, theoretisch einen Punkt, eine unfassbare Menge von Energie hineingepumpt und uns gedanklich dem anzunehmenden Zustand einer Singularität genähert. Der erreichte Zustand entspricht einer sehr kurzen Quantenfluktuation, die gemäß der Unbestimmtheitsrelation Heisenbergs mit einer sehr hohen Energie korreliert.

Damit ist dieser Zustand von unvorstellbarer Energiefülle gekennzeichnet. Weder die theoretische und noch weniger die experimentelle Physik, können zu dieser Situation zzt. mathematisch fundierte Aussagen machen. Sie entspricht der bereits oben angesprochenen Singularität als Quelle des Urknalls unseres Universums.

Damit wollen wir diese theoretischen Aufheizphase beenden.

Wie dieser Vorgang sich vor dem Urknall tatsächlich abgespielt haben könnte und woher die Energie der Singularität kam, werden wir unter dem Begriff Kosmische Inflation diskutieren.

Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass diesem von Harald Fritzsch erdachten, hypothetischen Zauberofen dann eine gewisse Realität zukäme, wenn der Kosmos infolge zu hoher Massendichte, in äonenfernen Zeiten, in einem gravitativen Kollaps enden würde (Siehe Teil 3). Es käme zur Aufheizung der kumulierten Massen, mit gigantisch steigenden Temperaturen und vielleicht einem Einmünden zurück in eine Singularität; also einem reinem Energiegipfel. Vielleicht ist der Gedanke auch auf Schwarze Löcher anwendbar. Allerdings vermehren sich, wie noch dargelegt wird, die Anzeigen des sich immer mehr erweiternden Kosmos, also des entgegengesetzten kosmischen Endes.

Für die folgenden Betrachtungen müssen einige grundlegenden Begriffe aus der Physik der Quanten und des Kosmos angesprochen werden

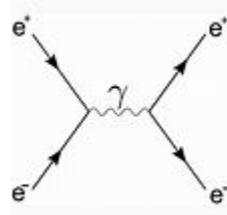
1.5.2 Quantenvakuum, Quantenfluktuation, Nullpunkts-(Vakuum-)energie

Ich schicke voraus, dass die folgende Fassung mein ursprüngliches, unzulängliches Verständnis von Quantenfluktuationen beschreibt, das inzwischen durch mein Bestreben zu tieferem Verstehen wesentliche Korrekturen erfahren hat.

Darunter versteht man in der Quantenphysik den Vakuumzustand, den Zustand niedrigster Energie. Diese verbleibende niedrigster Energie = Nullpunktsenergie ist immer größer als null, d.h. selbst wenn sich makroskopisch in einem physikalischen System 'scheinbar nichts tut', ist es mikroskopisch 'immer in Bewegung'. Somit hat die Quantentheorie das Bild von der Natur auch hinsichtlich des Vakuums revolutioniert.

Das Quantenvakuum steht vordergründig für das Nichts, tatsächlich jedoch für ein komplexes, virtuelles Potential von summarisch wahrscheinlich sehr viel Energie. Soweit ich die Konzeption der Inflation verstehe, muss aus diesem „Reservoir“ alles stammen, was heute unseren sichtbaren Kosmos ausmacht.

Virtuelles Teilchen



Ein virtuelles Teilchen, intermediäres Teilchen oder Teilchen in einem virtuellen Zustand ist ein Konzept aus der Quantenfeldtheorie, wo es zur theoretischen Beschreibung der fundamentalen Wechselwirkungen der Elementarteilchen benötigt wird. WIKIPEDIA

O.a. Feynman-Diagramm illustriert z.B. die Wechselwirkung zwischen zwei Elektronen über das Photon als Wechselwirkungsträger.

Es ist prinzipiell unmöglich, einen Raumbereich völlig von Energie bzw. Teilchen zu entleeren. Das widerspricht zwar jeder klassischen Denkweise – ist jedoch quantenphysikalisch erklärbar.

Die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation eröffnet, dass das Vakuum das Potential hat, gemäß der Interpretation von Energie-Zeit-Unbestimmtheit, für sehr kurze Zeit Energie freizusetzen. Aus minimalen Energieportionen können sich virtuelle Paare bilden, bestehend aus Teilchen (z.B. Elektron) und zugehörigem Antiteilchen (z.B. Positron), die nach sehr kurzer Zeit durch Annihilation wieder zu Energie werden. Diesen Vorgang nennt man auch Vakuumpolarisation. Das Quantenvakuum ist also bildlich gesprochen ein „ständig brodelnder See aus

Teilchen und Antiteilchen“, die entstehen und vergehen. Ein anderer, oft bemühter Begriff ist der der Vakuumfluktuationen.

Unter bestimmten Bedingungen (weitere Energiezufuhr, weitere Partner für Impulsübertrag, Symmetriestörung) können diese virtuellen Teilchen materialisieren. Der Prozess findet wohl auch bei der Bildung von Hawking-Strahlung am Ereignishorizont Schwarzer Löcher statt. Dieses bisher rein theoretisch abgeleitete Phänomen folgt aus einer semiklassischen Berechnung, d.h. die Allgemeine Relativitätstheorie wird mit Erkenntnissen aus der Quantenphysik verquickt – allerdings ohne eine konsistente Quantisierung des Gravitationsfeldes.

Die Quantenkosmologie geht davon aus, dass sich durch eine Vakuumfluktuation aus der Nullpunktsenergie zunächst ein mikroskopisches Energiezentrum gebildet hat, das durch die kosmische Inflation sehr schnell sehr groß wurde und heute unsere Welt repräsentiert (Lexikon der Astronomie: Quantenvakuum) s.a. 1.5.5.2.

Im Abschnitt 1.4 "Urknall und daraus abgeleitete Materieentstehung", wurden folgende Überlegungen formuliert:

1. Unsere materielle Welt besteht aus chemischen Elementen bzw. Atomen, deren noch zu beschreibender innerer Aufbau durch eine geradezu unfassbare Leere gekennzeichnet ist.

2. Führt man gedanklich dem absoluten "Nichts“ stufenweise Energie zu (Schwarzer Strahler, s.o.) folgt, dass sich diese Energie in Materie (z.B. Elektronen und Quarks usw.) umsetzt.

Paul Dirac betrachtete das Vakuum (Quantenvakuum) als einen See von besetzten Energieniveaus, von negativ unendlich bis zu einem Maximalwert. Alles, was wir an Energieabwicklung beobachten, muss sich oberhalb dieses Grundzustandes abspielen. Das Vakuum wird damit als Raum mit negativer Energie aufgefasst. Das würde die Nullpunktsenergie negativ einstufen (?). Wenn ein Teilchen aus diesem See negativer Energie in einen positiven Zustand gebracht wird, fehlt dem „See“, dem Vakuum, ein negativer Bestand. Das bedeutet aber, dass im See ein positives Pendant entstanden ist, d.h. es ist ein Antiteilchen. (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 132)

Solch ein sinnbildlicher „See“ der Nullpunktsenergie ist immer randvoll. Weitere Energieeinträge finden keinen Platz mehr und müssen daher außerhalb dieses „Sees“ auf höheren, instabilen Plätzen agieren, wobei negative Energie aus dem Nullpunkts-See übernommen wird und in der Folge positive Energie aus dem See als Antipode entsteht. Das setzt nach klassischen Gesichtspunkten allerdings voraus, dass in

irgendeinem experimentellen, wie auch immer gearteten "Akt", sozusagen von, außen Energie zugeführt wird, wenn Teilchen und Antiteilchen erzeugt werden sollen. Stimmt das?

Nein, nur zum Teil.

3. Es gibt zwei Möglichkeiten

3.a Die erste, Kosmos-innere Lösung kann als das Resultat eine immanenten Eigenheit des „Nichts“ aufgefasst werden. Auf diese Möglichkeit wurde bereits im o.a. Abschnitt 1.3.3 „Entropie-Anstieg aus einem Minimum“ nach dem Urknall, hingewiesen. Das „Nichts“ scheint nach den Erkenntnissen der Quantenmechanik durch die innewohnende Nullpunktsenergie das Potential zu einer symmetrischen, virtuellen Energieentfaltung zu enthalten, die sich in Quantenfluktuationen äußern kann. Aus dem Dirac-See scheinen negative Teilchen herauszutunneln und so im See Antiteilchen im Schlepptau zu formen. Eine Vakuumpolarisation = Quantenfluktuation entsteht. Diese könnte in extrem seltenen Fällen, in Abhängigkeit von dem Energiegehalt des tunnelnden Teilchens zu einer Symmetrieaufspaltung führen, in der die vier Urkräfte Gravitation und Materie plus Antimaterie durch virtuelle Teilchen, frei werden, wenn die Energie-Mitnahme aus dem Dirac-See groß genug war. Das entspricht nach derzeitiger Kenntnis einem Niveau von mindestens 10^{32} K bei 10^{19} GeV. Deren Fluktuation tritt aus der Virtualität heraus, wenn aufgrund noch zu erörternder, temperaturabhängiger Symmetriebrüche (s.u. CP-Symmetriestörung) eine Rückkehr in die alte Symmetrie und damit in die Fluktuation aufgehoben würde.

Warum sollten kleinere Quantenfluktuationen bei viel geringeren Temperaturen nicht ebenfalls Materie erschaffen? Weil sie sie nicht das Energieniveau für die vereinigten 4 Urkräfte, die Symmetriebrüche und die kosmische Inflation hätten.

3.b Es kann, wie in o.a. Beispiel Schwarzer Strahler), von außen Energie zugeführt werden; aber nur im Gedankenexperiment bzw. in Teilchenbeschleunigern wie CERN. Die weiteren Abläufe würden den unter 3.a beschriebenen Entwicklungen folgen. Die anzustrebenden Energien betragen 10^{19} Giga Volt bzw. 10^{16} Terra Volt. Da CERN aber „nur“ etwa 10^2 Terra Volt ermöglicht, sind entsprechende Experimente nicht verwirklichtbar.

Was Energie tatsächlich ist, bleibt offen; das hat, wie bereits eingangs erwähnt, schon der Physiker Feynman formuliert.

Wir haben mit dem Gedankenexperiment (Siehe 1.5.1) des Aufheizens eines schwarzen Körpers bis zum physikalisch denkbaren Maximum, die Singularität simuliert. Die Umkehrung dieses Vorgangs, die Kosmos-Entstehung aus dem Urknall der Singularität versucht die Quantenphysik u.a. auf Grund der Ergebnisse des Standardmodells der Teilchenphysik bzw. der kosmologischen Quantentheorie und der kosmischen Inflation zu erklären:

Aller Anfang könnte in einer Quantenfluktuation des Vakuums zu finden sein, worauf ich noch eingehen werde.

Quantenfluktuation besagt, dass es die Wahrscheinlichkeit gibt, virtuelle Wellen, Teilchen oder einfach Energie in der Leere des Vakuums anzutreffen. Das ergibt sich aus der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation:

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

Die mathematische Formulierung "**> h**" ("**größer als h**", wobei "h" ein ziemlich genau definierter, endlicher Wert ist) besagt, dass dieses Produkt aus Energie und Zeit, physikalisch gesehen eine "Wirkung", immer größer als dieser definierte, endliche Wert "h", also größer als Null sein muss.

WIKIPEDIA:

Einerseits ist die Ungenauigkeit Δx des Ortes dabei abhängig von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes. Andererseits wirkt die Ablenkung des Lichtquants wie ein Stoß auf das Teilchen, wodurch der Impuls des Körpers eine Unbestimmtheit von Δp erfährt (Comptonstreuung). Als Untergrenze für diese Unbestimmtheiten schätzte Heisenberg mit Hilfe der De-Broglie-Beziehung ab, dass das Produkt von Δx und Δp nicht kleiner sein kann als die für die Quantenphysik charakteristische Naturkonstante, das Planck'sche Wirkungsquantum h . Diese fundamentale Grenze der Messbarkeit formulierte Heisenberg in der (symbolischen) Aussage

$$\Delta x \times \Delta p \sim h$$

Der zunächst qualitative Charakter dieser Abschätzung rührt daher, dass die Aussage nicht (streng) bewiesen und die verwendete Notation

WIKIPEDIA: Notation ist die Benennung von Gegenständen durch das Festhalten (qualitative und quantitative Repräsentation) von Dingen und Bewegungsverläufen in schriftlicher Form mit vereinbarten symbolischen Zeichen.

für die Unbestimmtheiten nicht genau definiert ist. Bei geeigneter Interpretation der Notation im Rahmen der modernen Quantenmechanik zeigt sich jedoch, dass die Formel der Realität sehr nahekommt.

Bei der populärsten Variante von Unbestimmtheitsrelationen wird die Unbestimmtheit des Ortes x und des Impulses p jeweils durch deren statistische Streuung σ_x und σ_p definiert. Die Unbestimmtheitsrelationen besagt in diesem Fall

$$\sigma_x \times \sigma_p \geq \hbar/2$$

wobei $\hbar = h/2\pi$ und π die Kreiszahl ist.

Wie bereits unter 1.4.2 betont sind ΔE bzw. Δt sind nicht als Differenzen, sondern als Standardabweichungen zu sehen.

Betrachtet man z.B. ein theoretisches Quantenpendel, so erschließt sich, dass es immer eine minimale Energie, auch am Nullpunkt, geben muss (Nullpunktzittern), da die Summe aus potenzieller und kinetischer Energie, also die Nullpunktenergie gemäß der Unbestimmtheitsrelation nie null sein kann. Sie äußert sich beispielsweise sogar am Nullpunkt in Schwingungen der Atome eines Moleküls. Daraus folgt, dass der Nullpunkt nie erreicht werden kann. (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 126)

Nullpunktsenergie

(Siehe auch 4. Mein Weltbild...)

Nullpunktsenergie ist, wie ich noch versuche darzustellen, das wichtigste Moment der Physik. Mit diesem Phänomen wird die früher gestellte Frage nach der Herkunft unserer kosmischen Materie und Energie erklärbar. Sie ist das tragende Element in der Erscheinung der Singularität vor dem Urknall und der Energieentfaltung der kosmischen Inflation nach dem Urknall. Wir kommen darauf zurück.

Die Theoretiker berichten von Vakuum- (Nullpunkt-) energie als einem der größten Probleme der modernen Physik. Aufgrund von Beobachtungen wird die Energiedichte des Vakuums auf ca. 10^{-9} bis 10^{-11} J/m³ geschätzt

Muss dazu die Anwesenheit von positiver und negativer Energie vorausgesetzt werden, da sonst die Gesamtenergie des Weltalls nicht bei null liegen kann.?

Ja, denn es ist die negative Gravitation, die durch diese Vakuum- bzw. Nullpunktenergie gemäß der ART (gemäß dem Energie-Impuls-Tensor) verursacht wird. (Siehe Heise. online: Missing Link: Die kosmische Inflation: der Knall des Urknalls, 09.01.2022: „Die im Schwerfeld der Vakuumenergie steckende Energie schlägt...negativ zu Buch. Man kann zeigen, dass sie genauso groß ist, wie der Betrag der frei gewordenen Vakuumenergie selbst, denn diese entstammt ja der abstoßenden Gravitation aus der Expansionsphase – beide addieren sich zu Null)

und ist damit um den Faktor 10^{120} niedriger als die Theorie. Da ist also noch viel tun. Ich denke jedoch, dass keine Leere vorliegt, sondern tatsächlich ein unendliches (?) Potential an Quantenfluktuationen und virtuellen Teilchen.

Genauso, wie man sich bei der Betrachtung von Deep Field Aufnahmen des Hubble Teleskops nicht ernsthaft vorstellen kann, dass es nur einen Planeten, die Erde, in diesen Gogools von Sternsystemen gibt, kann man keine Einmaligkeit des Urknalls voraussetzen.

Was heißt das aber? Entweder gibt es in der Unendlichkeit außerhalb unseres Weltalls noch unendlich viele Urknallgeschehen in Form von Materialisierung. Oder es kam allein zu unserem Weltall, weil in anderen „Urknallen“ kein Symmetriebruch und damit keine Materialisierung von Energie eintrat da die Startenergie von $> 10^{16}$ GeV bzw. 10^{29} K in der Start-Quantenfluktuation nicht erreicht wurde.

Neben dieser unbeantwortbaren Frage gibt es ähnliche Fragestellungen: Es verdichten sich die Anzeichen, dass sich unser Kosmos mit zunehmender Geschwindigkeit immer weiter ausdehnt. Wohin geht diese Reise? In eine Unendlichkeit von Leere mit unendlich vielen Vakuumfluktuationen und dementsprechend mit einer Unendlichkeit von Energie?

Interessant aber völlig unwichtig, da nicht belegbar!

Das Standardbeispiel für die Nullpunktsenergie ist der quantenmechanische harmonische Oszillator. Dieser hat die potenzielle Energie

$$V(x) = \frac{1}{2} m \times \omega^2 x^2$$

Dieses Potential hat ein Minimum bei $V_{(x=0)} = 0$. Die möglichen Energien des quantenmechanischen harmonischen Oszillators sind nicht kontinuierlich, sondern können nur einen der folgenden Werte annehmen:

$$E_n = (n + \frac{1}{2}) \hbar \times \omega$$

Auch im energetisch niedrigsten Zustand, dem Grundzustand mit $n = 0$, existiert somit eine von Null verschiedene Energie:

$$E_0 = \frac{1}{2} \hbar \times \omega$$

Im klassischen Fall ist der Zustand niedrigster Energie der, bei dem das Teilchen am Ort $x = 0$ ruht, also $p = 0$.

In der Quantenmechanik verbietet aber die Unbestimmtheitsrelation zwischen Ort und Impuls, dass beide Größen exakte Werte haben. Je genauer der Ort bekannt ist, umso ungenauer kennt man den Impuls und umgekehrt. Anschaulich ergibt sich die Nullpunktsenergie als Mittelwert dieser Schwankungen.

Das Vakuum, gleichbedeutend mit dem "Nichts", definieren die Physiker als einen Bereich, der von jeglichem stofflichen Sein absolut leergeräumt ist, und dessen Wandungen auf den absoluten Nullpunkt abgekühlt sind. Unter diesen Voraussetzungen sollte kein elektromagnetisches Feld in diesem Bereich existieren

und damit auch keine Energie und folglich keine Masse. Nach den Gesetzen der Quantenmechanik wäre damit aber der Zustand $\Delta E = 0$ verwirklicht. Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation würde dann folgende Form annehmen:

$$0 \times \Delta t > h$$

Diese Formulierung führt aber, da $0 \times \Delta t = 0$ ist, zu

$$0 > h$$

was mathematisch unsinnig ist und darüber hinaus nach den Gesetzen der Quantenmechanik nicht sein kann, da die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation immer gelten muss:

Daher muss das Vakuum Energie beinhalten, die sich umso stärker als ΔE manifestiert, je kleiner Δt ist, aber für $\Delta t = 0$ nicht vorhanden ist. In diesem Zusammenhang sprechen die Physiker von einer denkbar nahezu unendlich Menge an Energie was voraussetzt, dass man das Vakuum quantitativ nicht festlegen kann.

Man kann sich aber eine infinitesimale Näherung von Δt an 0 vorstellen; eine Vorgehensweise, auf die wir noch zurückkommen. Somit ist für den Näherungsfall $\Delta t \rightarrow 0$, ja ΔE durchaus noch erchenbar (s.u.), denken Sie an die o.a. "Plausibilitätsberechnung 3".

(Für $\Delta t < \text{Planck-Zeit}$, physikalisch an sich sinnlos, wären wir dann in einem Energiebereich ab $> 10^{19} \text{ GeV}$).

So ist es nicht sinnvoll über die Unschärfe-Beziehung direkt auf die Singularität ($\Delta t = 0$) zu schließen. Sowohl ΔE als auch Δt müssen in diesem Ansatz größer als 0 sein. Setzt man nämlich einen von beiden Faktoren gleich Null, müsste der andere Faktor gegen Unendlich gehen.

Z.B. sei für die Singularität $\Delta t = 0$:

Dann gilt $\Delta E > h/0$ und das bedeutet, dass ΔE gegen unendlich tendiert: $\Delta E \gg \infty$ bzw. wie bereits dargelegt $0 \times \Delta E > h$ und $0 > h$

Die Frage zu einem sehr kleinen Δt beantwortet <http://www.bertramkoehler.de/Kos1.htm> wie folgt: „Für kleinere Zeiten (wie die Planck-Zeit: 10^{-43} sec) ...wird die durch die Ausdehnungsrate bedingte kleinere Größe des Universums kleiner als die aus Strahlungsnatur und Kreisfrequenz der Strahlungsquanten resultierende Quantenwellenlänge. Für kleinere Zeiten können also solche Energiequanten nicht existiert haben (Ihre Energiefluktuationen hätten noch größer

sein müssen)". Nun, eine wissenschaftliche Stellungnahme, zu deren Beurteilung mir leider die Grundlagen fehlen.

Es klingt plausibel, dass die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Quanteneffekt umso geringer ist, je kleiner Δt ist, weil dann ΔE umso größer sein muss. Siehe oben: "*Für kleinere Zeiten können also solche Energiequanten nicht existiert haben*". (Formal betrachtet entspricht ein solcher Zustand geringer Wahrscheinlichkeit).

Darüber hinaus stellt die "einfache" Formel

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

für den Nicht-Physiker mindestens drei große Fragenkomplexe dar:

1. ΔE :

Die an sich wohl unbeantwortbare Frage: Was ist Energie?, die u.a. auch der Physiker Richard Feynman nicht erklären konnte, hat Werner Heisenberg wie folgt kommentiert:

„Die Energie ist tatsächlich der Stoff, aus dem alle Elementarteilchen, alle Atome und daher überhaupt alle Dinge gemacht sind, und gleichzeitig ist die Energie auch das Bewegende“ (s.a.: Abschnitt "Warum")

Die Art und Weise wie alle Dinge aus Energie gemacht sind, wird in den nächsten Seiten (Baryogenese) dargestellt.

Warum Energie aber auch das Bewegende ausmacht, können wir dagegen nur messend bestätigen. So hat die Physik der Mechanik folgenden Befund erstellt

$$\text{Energie} = \text{Kraft} \times \text{Weg} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung} \times \text{Weg}$$

Da ist die Bewegung drin. Bewegung ist aber untrennbar auch mit Zeit verbunden.

Die aus der statistischen Theorie der Wärme resultierende Betrachtung der Energie sieht sie, wie bereits ausgeführt, gebunden an die Temperatur:

$$E = 3/2 \times k_B \times T$$

Die Entwicklung dieser Formel ist geknüpft an thermische Betrachtungen von beweglichen Massepunkten, Teilchen, also z.B. für ein Massenpunktgas. Für unsere Überlegungen zum Thema Energie der Quantenfluktuation kann dieser Zusammenhang auf den ersten Blick nicht genutzt werden da Massepunkte in der Baryogenese erst viel später entstanden. Da Massenpunkte in der

Quantenmechanik aber nur die halbe Wahrheit darstellen und infolge der Dualität auch Welleneigenschaften berücksichtigt werden müssen, muss man diese Formel auf diesen Umstand erweitert sehen. Energie emergiert in Wechselwirkungs-Feldern, deren Kräftevermittler, z.B. Photonen im elektromagnetischen Feld, über Energie und zugehörige Temperatur in Kombination mit der Zeit zu charakterisieren sind. Damit wird m.E., wie es Heisenberg formuliert, "*das Bewegende*" m.E. am besten erfasst. Was Energie aber letztlich ist, wird damit auch nur wenig erhellt.

Es ist wohl so, dass es uns nicht gelingt Abstraktes, Nichtmaterielles kausal zu erfassen. Die Aufgabe ein Auto, oder einen Regenwurm, oder einen Baum usw. zu beschreiben, ist zu bewältigen. Fragt man uns, was ist Zeit, Energie, Gefühl usw., stoßen wir sehr schnell an Grenzen.

Ein Ansatz zur Beantwortung dieser Frage kann die Annahme der Stringtheorie sein, Materie bestehe aus fundamentalen, eindimensionalen Fäden aus Energie, die Strings (Saite) genannt werden (Camejo, 2006, S. 213). Das gilt auch für die Schleifenquantengravitation, die von einem Spin-Netzwerk von Faraday-Linien des Gravitationsfeldes ausgeht, beginnend und endend an diskreten Raumkörnchen. (Rovelli, 2018, S. 100).

2. Δt :

Was bedeutet Δt in einem Quantenvakuum, in dem jederzeit Quantenfluktuationen auftreten können wobei die Zeit doch erst mit der Fluktuation bzw. dem Urknall "entsteht"? Es müsste jede Fluktuation ihr eigenes Δt haben, in einem physikalischen Umfeld, für das Zeit doch noch gar nicht gegeben ist. Meine Interpretation ist daher, dass ein Urknall und eine ganz bestimmte, nämlich die ihn verursachende Quantenfluktuation, zwei Seiten einer Münze sind. Dann löst sich auch die Zeitfrage. Zeit entsteht in diesem Moment. All die anderen denkbaren unendlich vielen Quantenfluktuation des Vakuums haben nur virtuellen Charakter, da sie den symmetriegestörten Sprung in die Materialisierung, warum auch immer, nicht verwirklichen.

Allerdings ist bei diesen Spekulationen die kleinstmögliche Zeit, die Planck-Zeit unumstößlich. (Camejo, 2006, S. 218).

3. Wirkung

Es ist von besonderer Bedeutung, dass Wirkung die wesentlichsten Größen der Physik – Energie und Zeit – verknüpft. Am „wirkungsvollsten“ wird das in der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation dokumentiert.

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

Wirkung beschreibt gemäß klassisch-physikalischer Definition das sich Entfalten von Energie in einer definierten Zeitstrecke.

$$\text{Wirkung} = \text{Energie} \times \text{Zeit}$$

Dieses Wirkungsprinzip zieht sich mit zunehmender Zeit und immer allgegenwärtiger Energie durch die gesamte Historie des All. In der kosmischen Physik der Raum-Zeit präsentieren sich diese Größen als Wirkung, allerdings mit mindestens zwei besonderen Grenzen.

Anfang (Urknall): Höchstes Niveau der Energie - des Bewegenden - in einer sehr kleinen Raum-Zeit Dimension.

Ende des Universums: Niedrigstes Niveau der Energie - des Bewegenden - nach einer sehr langen Zeit, in einem unendlichen (?) Raum.

Sind diese beiden energetischen Phänomene in Ihrem kosmischen Gehalt plausibel bzw. selbstverständlich? Nein, aber sie dokumentieren auch für den Laien den Verlauf der Zeit. Im Sinn der Energieerhaltung sind diese beiden Energiegrenzen in Verbindung mit der Zeit, also Wirkung, als gleich anzusehen

Erneut frage ich mich, woher die ungeheure Energie des Urknalls kommt. Die plausibelste Hypothese war für mich lange Zeit, dass es im Laufe einer Quantenfluktuation zu einer symmetrischen Auffaltung von positiver und negativer Energie kam, die nur durch den sattsam diskutierten Symmetriebruch der positiven Energie in der Baryogenese, über ihren virtuellen Charakter hinaus kam und sich als Materie stabilisierte.

Heute bin ich sicher, dass die Energieakkumulation aus der ART und der damit erklärbaren negativen Gravitation folgt. Dieser Ablauf führte zur kosmischen Inflation und einem „Einsammeln“ von Vakuumenergie. (Siehe hierzu Abschnitt 1.5.5)

Letztlich relativiert sich m.E. die Frage nach viel oder wenig Energie (Masse) unseres Kosmos, wenn man die unfassbare Leere zwischen und innerhalb der atomaren Struktur berücksichtigt. Ist unsere sichtbare Materie, denn nur davon können wir reden, viel oder wenig vor dieser inneren und äußeren Leere unseres Seins?

Natürlich kann man in diesem Kontext auch über den Entropie-Verlauf spekulieren. Wie bereits ausführlich dargestellt, gehe ich für beide Extreme von hoher Entropie aus.

Urknall: Hohe Entropie, hohe Symmetrie und:
hohe Temperatur, kurzzeitige Raumzeit-Entfaltung

Ende des Kosmos: Hohe Entropie, hohe Symmetrie und:
niedrige Temperatur, lange Raumzeit-Entfaltung

Setzt man Temperatur und Energie über $E = 1/2 k_b T$ proportional, kann man von einem konstanten Produkt ausgehen.

hohe Temperatur, kurze Raumzeit-Entfaltung: $\Delta E \times \Delta t$

niedrige Temperatur, lange Raumzeit-Entfaltung: $\Delta E \times \Delta t$

Zwischen beiden Entropiemaxima liegt die Geschichte des Weltalls und das „Tal des Lebens“ wo immer das auch auf der Erde und außerhalb der Erde stattfand.

In der Idee, einer nahezu unendliche langen Zeit einer Quantenfluktuation vom Urknall $\Delta t'$ bis zum Weltende $\Delta t''$ müsste es sich um die Wirkung einer unfassbar niedrigen Energie, nämlich um $\Delta E > h / (\Delta t' + \Delta t'')$ zu handeln, eben die Gesamtenergie des Weltalls, die sehr nahe an Null ist aber nicht gleich Null. Wie aber kommt man von „einer unfassbar niedrigen Energie“ zu der Energie, die der Singularität mit Sicherheit innegewohnt hat? Klare Aussage: Es kann sich so nicht angespielt haben.

Die plausibelste Antwort könnte sein: Die Annahme einer extrem seltenen, extrem kurzen Quantenfluktuation ist schlüssig: denn nur eine extrem kurze Quantenfluktuation korreliert gemäß der Unbestimmtheitsrelation mit einer extrem hohen Energie. Das entstandene Energiegebilde ist als Singularität sozusagen der Zünder des Urknalls (Siehe 1.5.5)

1.5.2.1 Könnte Δt die gesamte Kosmos Existenz umfassen?

Umgekehrt sollte die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Quanteneffekt umso größer werden, je größer Δt ist, weil dann ΔE umso kleiner sein muss.

Mit diesem Konzept ist es möglich, sich einen Anfang, sagen wir die Singularität, entstanden aus dem „Nichts“ vorzustellen, wie das folgende Zitat zu belegt.

„Es könnte sich die Entstehung oder „Freisetzung“ unseres ganzen Universums mit der Energie-Zeit-Unschärfe erklären lassen. Auf diesen kühnen Gedanken kamen 1973 unabhängig voneinander der ukrainische Physiker Piotr Fomin und der amerikanische Physiker Edward Tryon. Die bis heute aktuelle Grundidee lautet: Wenn die Gesamtenergie des Universums sehr genau bestimmt ist, nämlich auf null, dann ist die Zeit sehr „unscharf“, nämlich beliebig lang. Hat das Universum

also keine Energie, kann es zufällig als Quantenfluktuation entstehen und sehr lange existieren: Es wäre aus dem Quantenvakuum ins Dasein gesprungen, ähnlich wie ein radioaktives Teilchen quantenphysikalisch aus seinem Atom herauspringt. „Das Universum ist einfach eines der Dinge, die manchmal geschehen“, brachte es Edward Tryon auf den Punkt. http://www.bild-der-wissenschaft.de/bdw/bdwlive/heftarchiv/index2.php?object_id=32051585“

Sie sehen: Die Quantenphysik kommt nicht zum gleichen Ergebnis wie Aristoteles, der argumentierte, dass Leere zum "Nicht-Seienden" gehören muss. Sie geht davon aus, dass die Leere mehr ist als der philosophische Begriff des "Nichts". (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 11)

Oder habe ich da was falsch verstanden?

Viele Fragen bleiben:

Wenn formal von „ ΔE “ im Zusammenhang mit der Heisenbergschen Unschärferelation die Rede ist, muss es sich m.E. um eine „Änderung der Energie“ bzw. die damit verbundene Unbestimmtheit (Bezugsorientierung?) handeln und nicht um die Gesamtenergie „ E “ des Universums. Es ist daher m.E. zunächst nicht notwendig davon auszugehen, dass die Gesamtenergie „ E “ des Universums Null sein muss. Vielmehr geht es nur um die Unbestimmtheit von „ E “, also ΔE . Oder kann man dieses ΔE als die Änderung vor und nach der Quantenfluktuation sehen? Erst durch die Quantenfluktuation manifestierte sie sich. Wäre die Gesamtenergie „ E “ nämlich nahe Null, ist zunächst nicht klar warum die Temperatur der Singularität so hoch sein sollte (entsprechend $> 10^{32}$ Kelvin), wie sie in den Modellvorstellungen der Urknall-Experten formuliert wird. Woher käme dann die hohe Temperatur, korrespondierend mit hoher Energie? (Siehe Plausibilitätsberechnung 3: $E = 3/2 \times k_B \times T$). Keine Energie = keine Temperatur.

Oder ist die Gesamtenergie aufgrund von elementaren Symmetriebedingungen eine Summe von positiver (Materie, Energiefelder) und negativer Energie (Gravitation bzw. Gravitationsfelder)? Dann können beide Energien gleich aber nahezu beliebig groß sein und sich trotzdem in ihrer Summe zu Null oder fast Null aufheben.

Wenn ich Fomin und Tryon (s.o.) richtig verstehe, entspräche unser kosmisches Sein einer ganz speziellen Quantenfluktuation, die aus der Vergangenheit $\Delta t'$ von 13,8 Milliarden Jahren vor unserer Zeitrechnung, bis vielleicht $\Delta t''$ von 10^{160} Jahre in die Zukunft reichen wird. Kann man aber wirklich argumentieren, dass $\Delta t = \Delta t' + \Delta t''$ einen solchen ungeheuren Zeitraum umfassen könnte? Aber genau das scheint die kosmische Variante zu sein, die von den Theoretikern favorisiert wird (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 157): Unser Kosmos könnte

eine außerordentlich seltene Quantenfluktuation, mit extrem langer Dauer, und dafür mit einem gegen Null gehenden Gesamtenergie-Inhalt sein?

ΔE kann in diesem Gedankenmodell allerdings, wie wiederholt angesprochen, entsprechend den Regeln der Quantenphysik bzw. der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation, nicht zu Null werden. Wenn sich nämlich herausstellen sollte, dass der Kosmos kein Ende findet, wenn also $\Delta t \rightarrow \infty$ geht, muss $\Delta E > h/\infty$ gegen 0 gehen, was die Nullpunktsenergie nicht zulässt.

Ich habe da mit diesem formalen Argumentieren meine Schwierigkeiten. Hinsichtlich der bisherigen Annahmen zur Urknall-Entfaltung wäre es zunächst plausibel diese Ereignisse, Folgen der Heisenbergschen Unbestimmtheit, als außerordentlich kurz anzusehen, mit dem dann o.a. hohes positives (!) ΔE korrelieren muss. Es könnte ein äußerst unwahrscheinliches, zufälliges, völlig isoliertes Quantenereignis des Vakuums sein. Dieses energetische Ausnahmeereignis würde in seiner Entfaltung höchster Energie, eher zur Singularität passen. Es müsste sich, entgegen jeder Wahrscheinlichkeit kurzfristig ein gewaltiges positives Energiepotential aufbauen. Aber aus was soll der Aufbau erfolgen?

Im Gegensatz zu der bereits spekulativ diskutierten Variante der symmetrischen Entstehung von positiver und negativer Energie – denkbar erst in der GUT-Ära – reden wir bisher aber nur von positiver Energie, die für die Singularität wesentlich größer als Null sein sollte. Die Quantenfluktuation wäre dann lediglich ein Auslöser, um positive Energie und daraus Materie aus dem „Nichts“, infolge eines Symmetriebruchs, dauerhaft in das Raum-Zeit-Kontinuum zu transferieren. Für negative Energie wäre kein Platz. Symmetrie wäre nicht involviert.

Wenn der Ursprung besagter virtueller Quantenfluktuation die Unbestimmtheit von endlicher Zeit und Energie wäre, die dem "Nichts", dem Quantenvakuum sozusagen entkamen, könnte das "Nichts", das mit dieser "Mathematik" vielleicht interpretierbare Wesen von „Allem“ sein. Das „Nichts“ wäre also nur ein Teil von "Allem", das das "Nichts" und das Gestaltungspotential des zeitlichen Fortschreitens der Energieentfaltung" beinhaltet. Wenn man allerdings bedenkt, dass wir vernünftigerweise erst mit, bzw. nach dem Urknall, die Formierung von Zeit erklären, muss man sich fragen, welche Unbestimmtheit Δt das in der Quantenfluktuation vor dem Urknall sein soll. Kleiner als die Planck-Zeit? Da wird die Physik streiken s.o. Bertram Koehler.

Da passt m.E. nichts zueinander.

Spekulation:

Vielleicht befindet sich "Alles" und damit wir, immer noch mitten in der Quantenfluktuation mit dem ungeheuren Zeitintervall $\Delta t = \Delta t' + \Delta t''$ mit einem heutigen, bisherigen $\Delta t' = 13,8$ Milliarden Jahre? M.E. ist das aber nicht die Antwort. Siehe 1.5.2.2

Das kann zum Nachdenken hinsichtlich Zeit, Zeitpfeil und Entropie animiert. Scheinbar naheliegend folgte das durch die COBE-Untersuchungen (s.o.) aus denen zu resultieren scheint, dass die Gesamtenergie E des Universums (fast) Null ist: Leere. Und damit wäre $\Delta t = \Delta t' + \Delta t''$ sehr, sehr groß?

Vernachlässigen wir einmal die „wenigen“ 13,8 Milliarden Jahre $\Delta t'$, die seit dem Urknall vergangen sind, und betrachten wir nur die von Fritzsche und anderen Autoren vermutete kosmische Zukunft von 10^{160} Jahre als $\Delta t''$. Dann wäre ΔE

$$\text{bei } \Delta t = \Delta t' + \Delta t'' \approx \Delta t''$$

$$1 \times 10^{160} \text{ Jahre} = 1 \times 10^{160} \times 3,1536 \times 10^7 \text{ sec} = 3,1536 \times 10^{167} \text{ sec}$$

$$\Delta E > 6,6262 \times 10^{-34} \text{ Jsec} / 3,1536 \times 10^{167} \text{ sec} = 2,1012 \times 10^{-201} \text{ J}$$

Sie sehen: sehr klein, aber nicht null.

Diese Betrachtung einer Existenzzeit des Universums Δt , von bisher 13,8 Milliarden Jahren, plus die vermuteten 10^{160} Jahre der kosmischen Zukunft, führen letztlich nur zu einer sehr, sehr kleinen, aber trotzdem endlichen Zahl für $\Delta E > 0$, die aber keine Verbindlichkeit besitzt, da o.a. Zeitstrecke nur vermutet wird. Andererseits resultiert aber auch, wie bereits ausgeführt, dass das Universum zeitlich endlich sein sollte. Nach der weiter unten beschriebenen Betrachtung sollten sich positive und negative Energie, zur Vakuumenergie ΔE addieren. Auch wenn diese Summe immer kleiner wird, muss ein immer größeres, aber endliches Δt resultieren, da es immer eine minimale Energie, auch nahe am Nullpunkt geben muss (s.o.).

Δt kann nicht unendlich groß werden. Das wäre nur für $\Delta E = 0$ der Fall.

$$\Delta t > h / \Delta E \quad \Delta t > h / 0 \quad \Delta t \approx \infty$$

Was aber hat letztlich die Energie- und Massenansammlung bewirkt, die uns Menschen, wenn wir den Kosmos betrachten, so unendlich hoch vorkommt?

Ist der Grund die außerordentliche Größenordnung von Δt , dass die Zeit noch endlich, aber sehr nahe an Unendlich war? Das komplementäre ΔE musste dementsprechend außerordentlich klein sein. Gibt es einen naturgesetzlichen Zusammenhang, der aussagt, dass ein Symmetriebruch eines außerordentlich kleinen Energiebetrags, aus sehr hohen, gleichen summarischen Symmetrieanteilen aus positiver und negativer Energie, zu unserem Universum geführt haben kann?

Nun ist es aber offensichtlich, dass ganz ungeheure Energiemengen in Form von Quantenfeldern und Materie, einschließlich der Dunklen Energie und der Dunklen Materie, unser heutiges Universum zu ca. 95 % dominieren. Es könnte daher tatsächlich, wie o.a. angeführt, zwei Arten von Energie geben, die man positiv bzw. negativ einstufen kann und die sich im zeitlichen Mittel gegenseitig zu einer Null der kosmischen Gesamtenergie aufheben. Um diese Argumentation einordnen zu können, kann man versuchen, die Betrachtung von Paul Dirac zu verstehen, wenn auch seine Argumentation in Kreisen der Theoretiker heute nicht mehr aktuell zu sein scheint. Er betrachtete das Vakuum (Quantenvakuum) als einen See von besetzten Energieniveaus, von negativ unendlichen bis zu einem Maximalwert.

Dieser Zustand wird als Phase niedrigster Energie bzw. als Grundzustand definiert. Siehe (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 134). Alles, was wir an Energieabwicklung beobachten, muss sich oberhalb dieses Grundzustandes abspielen. Nach Dirac wird das Vakuum als Raum mit negativer Energie aufgefasst. Das würde die Nullpunktsenergie negativ einstufen. Wenn ein Teilchen aus diesem See negativer Energie in einen positiven Zustand gebracht wird, fehlt dem „See“, dem Vakuum, ein negatives Pendant. Das bedeutet aber, dass im See ein positives Pendant entstanden ist, d.h. es ist ein Antiteilchen. (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 132)

In diesem Kontext kann die Gravitation als negativer Energieträger angesehen werden. (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 157) Ich muss allerdings gestehen, dass einer solchen Beweiskette der Makel der spekulativen Konstruktion anhängt und man darf wohl gespannt sein, ob es gelingt greifbare Belege zu finden. Ist also der Urknall kein energetisches Nullsummen-Spiel? Vielleicht. Diese Aussage gilt es aber durch die Betrachtung zur Baryogenese (s.u. 1.5.5.2) zu ergänzen; sonst gäbe es uns nicht. Warum allerdings die unseren Kosmos bewirkende, ganz besondere Quantenfluktuation, solche, für unsere Wahrnehmung ungeheuren Ausbrüche von Energie bewirkt haben soll, ist mir rätselhaft. Das gilt auch für den Umstand, dass dieses Ereignis, aus unserer Sicht, einmalig zu sein scheint. Warum geschieht es nicht immer wieder? Oder gibt es doch Multiuniversen und ewige Zyklen von periodisch auftretenden Universen, wie sie Brian Clegg in seinem Buch, „Vor dem Urknall“ (Clegg) anklingen lässt? Warum sollten vergleichbare, folgenreiche Quantenfluktuationen nicht immer und ewig (?) aufflackern und zu Paralleluniversen mit jeweils ganz eigenen Raum-Zeit-Kontinuen führen?

Das Energierätsel kann allerdings auf elegante Weise gelöst werden, wenn man den Verlauf der kosmischen Inflation (Alan Guth) betrachtet, wozu wir noch kommen werden.

Vielleicht ist folgendes Konstrukt, das die angeklungenen Vorstellungen summarisch zusammenfassen möchte, plausibler, was natürlich nicht heißt: richtig. Voraussetzung: Der Zustand des Vakuums ist der höchste Energiezustand des Universums (Hasinger, 2009, S. 13, 26).

Nehmen wir an, die den Urknall auslösende Quantenfluktuation

$$\Delta E \times \Delta t \geq h$$

hätte sich in diesem Vakuum zufällig in eine **symmetrische Energieentfaltung** aufgelöst in:

+ E_X = positive Energie, getragen von starker, schwacher und elektromagnetischer Kraft (X-Kraft), temperaturabhängig transformierbar in Materie und Antimaterie

und

- E_{Gr} = negative Energie der Gravitation, die sich in Form der Gravitationskraft, der schwächsten aller Kräfte, in der GUT-Ära des ersten Symmetriebruchs, erst nach 10^{-43} sec nach dem Urknall, manifestiert haben soll.

Als sehr kurzfristigen Zwischenzustand könnte man postulieren:
Nach 10^{-43} sec gab es folgende Energieaufteilung:

Gesamtenergie:

$$\Delta E = (- E_{Gr}) + (+E_X)$$

Durch vehement abfallende Temperatur kam es zu einem Symmetriebruch, in Form einer symmetrischen Energietransformation von E_X in Materie und Antimaterie. Zwei weitere Symmetriebrüche folgten:

Gesamtmasse im ersten Moment der Baryogenese aus E_X :

$$m_{\text{gesamt}} = m_M (\text{Materie}) + m_A (\text{Antimaterie})$$

$$m_M = m_A$$

$$m_M \times c^2 = m_A \times c^2$$

massenäquivalente Energie:

$$E_X = m_M \times c^2 + m_A \times c^2 = c^2 \times (m_M + m_A)$$

Negative ($- E_{Gr}$) und positive Energie ($+ E_x$) addieren sich damit zur der Gesamtenergie ΔE , was (fast) einer Nullsumme entspricht, da beide, absolut gesehen, fast gleich groß sind.

$$\begin{aligned}\Delta E &= - E_{Gr} + E_x \geq 0 \text{ bzw.:} \\ - E_{Gr} &= \Delta E - (m_M \times c^2 + m_A \times c^2) \\ \text{Da } \Delta E &\approx 0 \\ /- E_{Gr} / &\approx /- (m_M \times c^2 + m_A \times c^2) / \quad (\text{absolut})\end{aligned}$$

Kosmos-Anfang und Ende:

1. Vor 13,8 Milliarden Jahren:

Masse-Vernichtung durch Nihilation von Materie und Antimaterie:

Materie und Antimaterie haben sich in der Baryogenese zu ca. 99,999999% gegenseitig unter dissipativer Energieabstrahlung E_{NMA} (Nihilationsenergie) vernichten (s.u.).

Nach diesem Symmetriebruch verbliebenen 0,0000001 % (1 Milliardstel gem. der CP-Symmetriebruch, s.u.) restliche Materie: $m_{NM'}$. Der Bruchteil war aus der positive Energie E_x der Quantenfluktuation als Materie "gerettet" worden.

Diese verbleibende Materie $m_{NM'}$ wird sehr langfristig, in vielleicht 10^{160} Jahren, durch Gravitationsfusion vernichtet. Dabei wird erneut dissipativ Energie $E_{NM'}$ frei.

$E_{NM'}$ ist 0,0000001 % kleiner als E_x

$$E_x = E_{NMA} + E_{NM'}$$

2. In vielleicht 10^{160} Jahren:

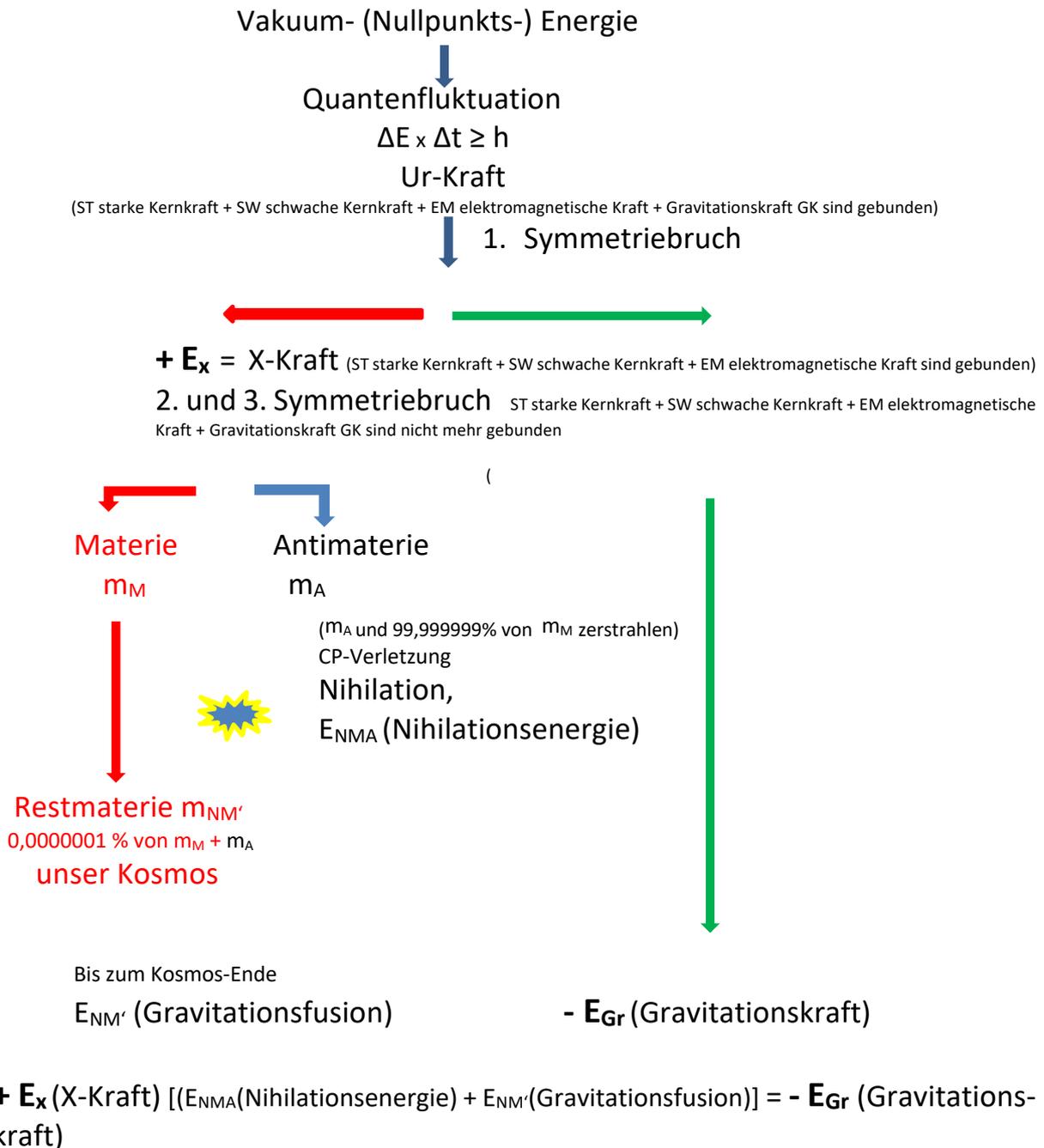
Restliche Masse-Vernichtung $m_{NM'}$ durch gravitative Kernfusion.

In beiden Vernichtungsaktionen wird dissipativ Energie freigesetzt. Damit aber das auslösende Nullsummenspiel gültig bleibt, müssen letztlich positive und negative Energien gleich sein.

$$E_{NMA}(\text{Nihilationsenergie}) + E_{NM'}(\text{Gravitationsfusion}) = - E_{Gr}(\text{Gravitationskraft})$$

Schematisch:

Baryogenese



Es ist mir bewusst, dass Kraft und Energie durcheinander geworfen werden. Letztlich ist wohl Wechselwirkung der geeignete Terminus.

Was bleibt, wäre der alte Zustand des Quantenvakuums, das wieder auf seinem ursprünglichen energetischen Zustand angekommen ist. Diese Spekulation entspricht dem "erkaltenden Zauberofen" (Fritzsich, 1983)

Bei Brian Clegg habe ich eine interessante Ergänzung zu diesem Konzept gefunden (Clegg, S. 132): Der Physiker Ernest Sternglass¹³⁹ geht davon aus, dass der Anfang durch ein besonderes Atom gekennzeichnet ist, in dem ein Elektron und ein Positron einander mit sehr großer Geschwindigkeit umrunden und dabei ein sehr massereiches Teilchen erzeugen. Dieses zerfällt in zwei weitere, ebenfalls sehr massereiche Teilchen. Dieser Vorgang setzt sich fort, usw. Viele Fragen bleiben: Woher kamen die beiden ursprünglichen Materie-Antimaterie Teilchen? (Eine Quantenfluktuation?) Wie wurde der Prozess der Spaltung des massereichen Teilchens in zwei Antiteilchen gestoppt? Gab es einen Materie erzeugenden Symmetriebruch? Usw. Die Idee verlief seit den 90iger Jahren allerdings wohl im Sand.

1.5.2.2 Wenn Δt die gesamte Weltexistenz umfassen würde

Ich schicke voraus, dass diese Fassung mein aktuelleres, aber nicht fertiges Verständnis von Quantenfluktuation beschreibt. Letztlich sehe ich heute, nachdem ich den Gedanken von Alan Guth zur kosmischen Inflation in den Grundzügen erfasst habe, dass meine bisherigen Plausibilitäten zu naiv sind. Ich werde abschließend (s. 1.5.5.2) auf Guths Argumentation eingehen.

Wie im Abschnitt Baryogenese (s. 1.5.5.2) noch beschrieben wird, könnte tatsächlich, infolge eines außerordentlichen Symmetriebruchs, ein winziger Bruchteil von Materie (also auch Energie), aus zunächst gleichverteilter Materie und Antimaterie übriggeblieben.

Dieser winzige Bruchteil ist die stofflich-energetische Basis unseres sichtbaren Kosmos

Zusätzlich muss aus Gründen der Symmetrie auch negative Energie in Form von Gravitationskraft übriggeblieben sein. Die freiwerdende Vernichtungsenergie (Nihilation) von Materie und Antimaterie ist in den Kosmos abgestrahlt worden und heute noch als Hintergrundrauschen messbar. Die Gravitation und die Summe aus sichtbarer Materie des Kosmos und freiwerdender Vernichtungsenergie der Baryogenese müssten als Nullsumme der Gesamtenergie des Kosmos entsprechen, die bei null liegt. Was wäre ansonsten mit dem Erhaltungssatz der Energie?

Wie sich Schwarze Energie und Materie in o.a. Überlegung einordnen, ist für mich offen. (Aktuell wird die Schwarze Energie als Resultat der Vakuumenergie diskutiert).

Ich vermute aber, dass sie ebenso wie die sichtbare Materie und Energie ergänzend dem Symmetriepartner Gravitation gegenüberstehen.

Was sagt die Wissenschaft zu o.a. Spekulationen?

Diskussionsbeitrag von Nick F., Chemieonline Forum, 02.03.2016: *"per se ist die Theorie nicht von der Hand zu weisen. Das Problem ist aber, dass sie auch keine Vorhersagen macht. Diese Theorie sagt nur voraus, dass die gesamte Energie des Universums so ziemlich null sein muss. ok. was sonst? Mit anderen Worten, wenn ich eine andere Theorie aufstelle, die auch Gesamtenergie = 0 vorhersagt und nichts weiter, so sind die beiden Theorien experimentell nicht unterscheidbar. Das macht es zu einer schlechten Theorie, denn im Wesentlichen ist es das physikalische Äquivalent zu "God done it". Eine gute Theorie soll möglichst viele (testbare) Vorhersagen machen, während die einzige mir bekannte Aussage dieser Theorie an a posteriori (aus der Erfahrung, Anm. d. V.) grenzt. Mit anderen Worten, die Theorie ist praktisch nicht falsifizierbar (vergleiche mit "heute in 1,000,000 Jahren wird es regnen" ist theoretisch falsifizierbar, aber nicht praktisch). Zusätzlich nimmt die Theorie an, dass die bekannten physikalischen Gesetze auch "außerhalb" des Universums gelten, also das gesamte Universum selbst den Gesetzen unterliegt. Wäre dem nicht so, warum sollte das Universum eine Quanten Fluktuation sein? Wir wissen nur, dass Quanten Fluktuationen innerhalb des Universums existieren. Ein ähnliches Beispiel wäre die Lichtgeschwindigkeit als maximale Geschwindigkeit in der allgemeinen Relativität. Diese Aussage gilt nur innerhalb des Universums. Das Universum in seiner Gesamtheit kann sich schneller ausdehnen und wir wissen, dass sich dies während der Inflation ereignet haben muss. Wenn also die allgemeine Relativität nicht auf das gesamte Universum "von außen" anwendbar ist, warum sollte Quantenmechanik schlagartig anwendbar sein? Weiterhin gibt es alternative Modelle, die a priori unser Universum genauso gut beschreiben, ähnlich einfach sind, und deutlich mehr messbare Vorhersagen machen (diverse zyklische Modelle zum Beispiel).*

Am bekanntesten ist wahrscheinlich das Steinhardt Turok Modell. arXiv: hep-th/0111030v2, arXiv: hep-th/0111098v2, und arXiv:astro-ph/0404480v1 etwas allgemeiner ist: arXiv:astro-ph/0612243v1".

Dass Quantenfluktuation aber kein Hirngespinnst ist, sondern experimentell belegt werden kann, muss wohl akzeptiert werden. So ist z.B. der Casimir Effekt¹⁴⁰ bei kleinsten Abständen zweier Gegenstände als eine Kraftentfaltung im Vakuum inzwischen experimentell bewiesen. Nano-Techniker müssen mit diesem Effekt rechnen.

Interessant ist auch folgender Gedanke hinsichtlich $\Delta E \times \Delta t > h$:
 Kann man für ΔE die Entropie-Änderung einführen? (Siehe Ergänzung 2):
 $\Delta S = \Delta Q/T$, also $\Delta Q = \Delta S \times T$, (ΔQ entspräche ΔE)

$$\Delta S \times T \times \Delta t > h$$

Nein, das sind verschiedene physikalische Welten.

Oder befinden sich doch "Alles" und damit wir, immer noch mitten in der Quantenfluktuation mit dem ungeheuren Zeitintervall $\Delta t = \Delta t' + \Delta t''$ mit einem heutigen $\Delta t' = 13,8$ Milliarden Jahre?

Das würde natürlich zum Nachdenken hinsichtlich Zeit, Zeitpfeil und Entropie animieren. Ich werde versuchen zu diesen drei Aspekten Stellung zu nehmen:

Quantenfluktuation und Zeit

Zunächst ist zu beachten, dass Zeit im Sinne der Quantentheorie keine Observable ist.

Observable sind beobachtbare, d.h. durch eine Messvorschrift definierbare physikalische Größen. Die Zeit ist in der Quantenmechanik kein Operator, sondern ein Parameter der Wellenfunktion. https://elearning.physik.uni-frankfurt.de/data/FB13-PhysikOnline/lm_data/lm_324/daten/kap_21/node9.htm

Zeit wäre mit diesem Befund endlich, nämlich $\Delta t = \Delta t' + \Delta t''$, wenn $\Delta t''$ ebenfalls endlich sein sollte. Dass $\Delta t''$ nicht unendlich sein könnte, habe ich versucht zu belegen.

Was ist nach dieser Endlichkeit? Was war vor Δt ? In beiden Fällen sollte es die „Leere“ des Quantenvakuums sein, die schon immer und auch in Zukunft Quantenfluktuationen zulässt. Die Antwort der Physik wird lauten: Was soll das? Vor der Planck-Zeit ist nur Spekulation möglich.

Wenn aber Δt plötzlich aus dem Virtuellen ins Reale wechselt, kann es das nur in Kombination mit weiteren Dimensionen erfolgen, soweit man Zeit als eine Dimension auffasst. Weiter sind da z.B. sich räumlich orientierende Maßstäbe. Das vierdimensionale Raum-Zeit-Kontinuum entsteht. Zeit allein ist ohne Raum oder Masse an nichts orientierbar.

Siehe Ergänzung 1: Raum und Zeit existieren nicht unabhängig voneinander, sondern sind in einem Raum-Zeit-Kontinuum verbunden. Ihr Vorhandensein ist

untrennbar mit der Emergenz von Materie verknüpft. Zeit und Raum sind über den physikalischen Begriff Geschwindigkeit, Weg pro Zeit, miteinander verknüpft.

Über die religiösen Aspekte eines solchen zufallsorientierten Seins möchte ich nicht noch mehr spekulieren.

Quantenfluktuation und Zeitpfeil

Das Fortschreiten der Zeit in eine Richtung wurde bisher mit der Entwicklung hin zur größeren Wahrscheinlichkeit begründet. M.E. ist es nicht möglich, unter Einbeziehung von Wahrscheinlichkeit, von der Umkehrbarkeit der Quantenfluktuation zu reden. Es ist nicht möglich, dass sich die Leere des Quantenvakuums nach Ablauf von Δt bzw. auch zu irgendeinem früheren Zeitpunkt zu einem zeitlich umgekehrten Vorgang entwickelt. Alle beschriebenen Symmetriebrüche müssten rückwärts, unter Verbrauch der dissipativ verloren gegangenen Energie wieder in Materie bzw. Antimaterie transformiert werden usw. Letztendlich müssten sich positive, negative Energie und die 4 Urkräfte reformieren und eine (nahezu) Nullsumme übrigbleiben. Wo sollte der Treiber sein?

Eine Rückentwicklung unseres bestehenden Alls in die spezielle Quantenfluktuation, die zu unserem Ursprungs-All, zum Urknall führte und letztlich zurück zum Quantenvakuum, erscheint unmöglich. Eine Materie bildende Quantenfluktuation, verursacht durch CP-Verletzung, lässt m.E. nur eine Richtung zu. Vor allem dürfte es die unüberwindbare Hürde der CP-Symmetrieverletzung sein, die diese an sich für jede Quantenfluktuation ohne Symmetrieverletzung gegebene Umkehr ausschließt. (Siehe: 1.3.2). Wenn diese Hürde nicht erreicht wird, ist m.E. eine Umkehrung möglich, da ja Materie und Antimaterie vor diesem Zeitpunkt in einem Gleichgewicht nebeneinander existieren. Dazu müssen aber die Energieerwartungsstufen das zulassen.

Quantenfluktuation und Entropie

Zu diesem schwierigen Thema möchte ich auf einen Artikel in „Heise-online, „Raumzeit – eine Folge von Unordnung?“ Dezember 2021“ verweisen.

Das zum Zeitpfeil Ausgeführte erscheint mir, wie nicht anders zu erwarten, auch für Gedanken zu Entropie zu gelten. Die zur Idee der kosmischen Entropie führenden Überlegungen, die z.B. die ständige Maximierung voraussagt, wird durch die Quantenmechanik ergänzt. Es gibt kein Zurück. Das Nullsummengleichgewicht lässt nicht zu, dass positive oder negative Energie jede für sich allein abnehmen (Synchronität ist unumgänglich, da sonst keine Nullsumme resultieren kann). Da dann die Entropie infolge der Energieabnahme immer kleiner würde, müsste die Symmetrie zunehmen; eine immer geringere Wahrscheinlichkeit wäre zu erwarten.

1.5.3 Vom Urknall zur Agnostik

Das „Alles“ könnte eine „göttliche Komödie“ der Symmetrie von positiver (aggregierender) und negativer (destruktiver) Energie und ihrem komplementären Nullsummenspiel zu sein.

In unendlich ferner Zeit wird die Gravitation alle durch die 3 Urkräfte aggregierten atomaren Strukturen durch Kernfusion in Energie – Strahlung - verwandelt haben. Dann muss aber auch die vierte Urkraft, die Gravitation verschwinden da es keine Massen mehr gibt, wenn es die Gravitations-Felder der Vakuumenergie nicht gäbe. Müßten alle 4 Urkräfte wieder in der hohen Symmetrie ihrer Vereinigung – wie vor dem Urknall? Das würde aber auch die entsprechende Temperatur des Urknalls voraussetzen, da nur dann die notwendige Energiestufe für die damit verbundene absolute Symmetrie gegeben ist.

Es gibt dann aber auch keinen Raum mehr, der ja in der Anwesenheit von Massen und Zeit begründet ist. Es bleibt das Vakuum, dessen Beschreibung hinsichtlich Größe und Zeit nicht mehr erfassbar ist. Es aber bekanntlich nicht völlig leer infolge der Nullpunktsenergie. Nullpunktsenergie, deren negativen Gravitationsfeld und absolute Symmetrie wären also alles, was einmal dieses Universum materialisiert hat.

Wie bereits sattsam beschrieben, ist energetische Symmetrie jedoch labil. Sie ist nicht von Dauer und kann nur durch Symmetriebrüche in stabileren, weniger symmetrischen Zustände z.B. Masse, stabilisiert werden. Wie sich das abspielen kann, wurde und wird in diesem Buch für unseren Kosmos dargestellt.

Somit besteht die Möglichkeit, wenn nicht sogar der Zwang eines neuen Anfangs, der im Prinzip eine neue, vergleichbare Quantenfluktuation auslösen könnte mit dem Potential sich wiederum durch eine Symmetrieverletzung in ein neues Raum-Zeit-Gefüge zu „retten“.

Wie gesagt scheint aber der grundlegende Unterschied der Emergenz des heißen Urknalls und der des ausgekühlten Endzustand in den völlig unterschiedlichen Temperaturniveaus zu bestehen. Wenn man allerdings die kalte Vakuum-Situation vor dem Urknall mit der kalten Vakuum-Situation des Universum-Endes vergleicht, verschwindet dieser Unterschied. Es bleibt die Spekulation, dass aus dem kalten Quantenvakuum und seiner Vakuumenergie, das dem heißen Urknall vorausging, eine Fluktuation entstand, deren Prozess von der Entfaltung von positiver und negativer Energie infolge eines Symmetriebruchs begleitet waren.

Das Vakuum ist in beiden Fällen kalt. Trotzdem kann es aber positive und genau so viel negative Energie beinhalten, die sich gegenseitig zu fast null ergänzen. Quantenfluktuationen und virtuelle, nicht messbare Teilchen entstehen und vergehen dessen ungeachtet ständig.

Woher soll die Energie und die ihr entsprechende Temperatur der Singularität aus der kalten Leere gekommen sein; ist doch die Gesamtenergie des Weltalls fast null? Sie könnte im Wesen von Quantenfluktuationen liegen, die das Potential zu einer Singularität haben. Letztlich ist die Temperatur der realen Singularität nicht die des gesamten Vakuums. Die Singularität kann nur eine „Zünder“ sein.

Die Antwort habe ich bei Allan Guths Theorie der komischen Inflation gefunden, auf die wir noch kommen werden.

WIKIPEDIA: Als Singularität bezeichnet man in der Physik und Astronomie Orte, an denen die Gravitation so stark ist, dass die Krümmung der Raumzeit divergiert, umgangssprachlich also „unendlich“ ist. Das bedeutet, dass an diesen Orten die Metrik der Raumzeit ebenfalls divergiert und die Singularität kein Bestandteil der Raumzeit ist. Physikalische Größen wie die Massendichte, zu deren Berechnung die Metrik benötigt wird, sind dort nicht definiert.

Das bedeutet, dass zwar nicht etwas vorliegt, was wir als Masse beschreiben würden – eine Komposition der drei Urkräfte – aber nicht greifbar ist-, das aber gravitativ wirksam ist und Raumzeit krümmen kann?

Da bleibt die Annahme, dass durch eine extrem kurze und damit extrem seltene Quantenfluktuation eine Singularität erreicht werden kann, die zu symmetrischer Entfaltung positive und negative Energie – eine Nullsumme – fähig ist. Ein System entstand, dass in jedem Zustand zumindest definitionsgemäß summarisch immer fast null ergibt.

Wenn in dieser Komplementarität einer der beiden Partner größer wird, muss der andere Partner ebenfalls wachsen. M.E. bietet sich die negative Gravitation an, die durch die ungeheuer schnelle, exponentielle räumliche Ausdehnung – Inflation - gewachsen sein könnte; parallel muss dazu das positive Pendant in Form von Energiefeldern und deren Wechselwirkungsteilchen gewachsen sein; z.B. die aus X-Teilchen (aus der GUT-Ära, Siehe 1.5.6).

Warum aber kam die inflationäre Ausdehnung später zur Verlangsamung, fast zum Stillstand? M.E ist das in den noch zu beschreibenden weiteren 2 Symmetriebrüchen infolge des Temperaturabfalls und der damit verbundenen Masse- und Teilchenbildung begründet. Wenn man die Einstein'sche Gleichung

$$E = m \times c^2$$

berücksichtigt, werden ja durch die Massebildung gewaltige Pakete „gefrorener“ Energie gebildet, was in übertragenem Sinn den Antrieb der Expansion ausbremst.

Energie wäre somit ein Ausfluss aus Symmetrie und Raumerfüllung der Leere.

Es ist naheliegend hier die Antwort auf alles Suchen nach dem Sinn unseres Seins zu vermuten und in der „Nullpunktenergie“ genannten, letzten uns mental zugänglichen Instanz etwas Göttliches zu sehen:
Agnostik

Lassen Sie mich den Spekulationen die Krone aufsetzen: warum sollte es nur unser Universum geben, hervorgegangen aus „unserer“ Quantenfluktuation? Im Quantenvakuum, einer dimensionslosen Entität, kann es viele, wenn nicht gar unendlich viele Fluktuationen geben. Wie viele davon zu einem Urknall mit nachfolgendem Symmetriebruch führen wird dann unerheblich, wenn wir Unendlichkeit annehmen. Dann gäbe es auch unendliche viele solcher, zu Welten führenden, Materieschöpfungen. Sie müssten nicht nur nacheinander sondern auch parallel gegeben sein.

Lägen sie parallel vor, könnte unsere evolutionär begrenzte Sichtweise im Hinblick auf alles Gegenständliche streiken da unser Vorstellungsvermögen streikt. In diesen Kategorien dürfen wir aber nicht denken. Eine unendliche Entität bietet auch unendlich viele Möglichkeiten. Ich bin darüber hinaus der Meinung, dass unser beschränktes Erkennen zur Frage: <Was ist groß und was ist klein?> nur in unserer Psyche von Bedeutung ist. Alles ist möglich, was Größe betrifft, außer der Welt der Elementarteilchen, wenn wir sie als gegenständlich betrachten.

Sie sehen, nicht nur die Stringtheorie führt zu Multiuniversen. Natürlich ist das unbeweisbare Spekulation und wird nichts daran ändern, dass in unserem Universum und auf unserer Erde morgens die Sonne aufgeht und abends am Horizont verschwindet. So wie es schon die Steinzeitmenschen beobachtet haben.

Resümee:

Die Fragestellungen 1.5.2.1 bzw. 2 könnten sich m.E. durch folgende Überlegung erübrigen: Δt müsste nur so groß sein, dass die Quantenfluktuation durch Symmetriebrüche in einen Fortbestand als Materie entkommen kann, also bis zur Inflation bei 10^{-32} Sekunden und dem Wirksamwerden des symmetriegebrochenen Higgs-Feldes. Die an früherer Stelle diskutierte Annahme, von einem Δt so groß wie die gesamte Weltexistenz, dürfte zu heuristisch sein.

Die wissenschaftlich akzeptierte Erklärung ist heute die kosmische Inflation (s.1.5.5.2)

1.5.4 Der abkühlende „Zauberofen“. Simulation des Urknalls

Stichpunkte: Grundlegender Unterschied der Abkühlung des Urknalls über Gleichgewichtszustände und der Abkühlung über Nicht-Gleichgewichtszustände. Symmetriebruch der ursprünglichen Gleichverteilung, Bildung von Quarks und Anti-quarks.

Die folgenden Betrachtungen sind über Theorie bzw. Experimente abgesichert, um nachvollziehbar darzulegen, wieso Materie und Energie des Kosmos entstanden sind. Allerdings mit einer Einschränkung:

Die Betrachtung setzt voraus, dass alles mit einer Singularität auf höchstem energetischem Niveau begonnen hat. Die Frage, wie es dazu gekommen sein könnte, ist m.E. ein zentrales Problem in der Kosmologie.

Kehren wir zurück zu unserem $> 10^{32}$ Kelvin heißen Schwarzen Strahler im Zustand höchster Symmetrie, identisch mit der o.a. beschriebenen Singularität.

Wir gingen in der bisherigen Betrachtung, während der gesamten Aufheizphase von Gleichgewichtszuständen aus. Das bedeutet, dass die Entwicklung als jederzeit umkehrbar definiert ist. Die Thermodynamik z.B. macht sich diese Methodik durch das Konzept der „Reversibilität“ zu Eigen. Eine Zustandsänderung kann, wenn man nur kleinste Schritte annimmt, gedanklich jederzeit wieder umgekehrt werden. Die entstandenen Materiebausteine, also die Elementarteilchen wie Protonen, Neutronen, Elektronen, Neutrinos, Quarks, Gluonen und Mesonen, usw. bzw. die jeweiligen Antiteilchen, sind aber nur auf definierten Temperaturniveaus, korrelierend mit Energie-Erwartungswerten, beständig. Ober- und unterhalb dieser Temperaturniveaus, nehmen sie reversibel einen anderen temperaturadäquaten Teilchencharakter an, solange die Temperatur-Veränderungen quasi in Gleichgewichtsschritten erfolgen.

Diese korrelierenden Energie-Erwartungswerte erinnern an die Quantelung, wie sie uns aus dem atomaren Mikrokosmos vertraut ist: Elektronenübergänge sind z.B. solche gequantelten Vorgänge. Nur genau definierte Energiezustände können von Elektronen dauerhaft besetzt werden. Es sieht so aus, als ob auch im Bereich der Hochenergie eine solche Quantelung, allerdings in gigantischen Dimensionen, bestimmend ist.

Was ist, wenn der auf 10^{32} Kelvin (entsprechende der o.a. Singularität) aufgeheizte Zauberofen wieder kalt wird? Diese Vorstellung entspräche dem gedachten Verlauf des Urknalls aus der im Zauberofen erzeugten Singularität.

Würde man den oben beschriebenen aufgeheizten, schwarzen Strahler gedanklich über umkehrbare Zustände abkühlen, mit einem Durchlaufen von Gleichgewichtszuständen, ergäbe sich, dass der Ofen nach dem Abkühlen auf 0 Kelvin genau so leer ist, wie er vor dem Aufheizen war. Die ganze erzeugte Materie

würde wieder in Energie, in Wärme überführt, die sich während des Abkühlens verflüchtigt.

Offensichtlich sind wir mit diesem Gedankenexperiment keinen Schritt weitergekommen. Da wir bekanntlich aber in einer realen, materiellen Welt leben, kann die Urknall-Materiebildung während des Abkühlprozesses so nicht verlaufen sein.

Der Schlüssel wäre eine irreversible, nicht umkehrbare Abkühlung über Nicht-Gleichgewichts-Zustände und dabei ausgelöste latente Symmetriebrüche.

Bei nicht umkehrbarer Abkühlung über Nicht-Gleichgewichts-Zustände, entsteht Materie z.B. in Form von Quarks aufgrund eines Symmetriebruchs. Ursache ist der ganz geringfügig unsymmetrische Zerfall zweier gleichwertiger Teilchen: der Zerfall der X- und den Anti-X-Teilchen (s.a.: Ergänzung 4: Zusammenstellung der Elementarteilchen und ihren Wechselwirkungskräften).

Konkret geht es den Physikern bei diesen Aussagen zu Symmetriebrüchen um Veränderungen der Symmetrie der Urkräfte. Zitat: *„Dazu muss man wissen, dass Physiker die Kräfte, die in der Natur wirken, mit Symmetrieüberlegungen beschreiben: Sie überlegen sich, ob ihre Experimente anders ablaufen würden, wenn die Zeit rückwärtsliefe, was einen Bruch der Zeitsymmetrie bedeuten würde. Oder sie prüfen nach, welche Auswirkungen es hat, wenn ein Teilchen negativ statt positiv geladen ist oder ob sich ein Experiment änderte, wenn man es durch einen Spiegel betrachtete“*. <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/forschak/1126739/>

Wie soll man sich ein solch „unsymmetrisches Verhalten“, gleichbedeutend mit „Symmetriebruch“, erklären? Im Prinzip eigentlich recht einfach, da uns gebrochene Symmetrie auf Schritt und Tritt begegnet:

Denken Sie an einen Kranz von weißen Blütenblättchen einer Wiesenblume, z.B. einer Margerite, die ein Verliebter in der Hand hält. Den Blütenkranz kennzeichnet hohe Symmetrie. Wenn Sie die Blüte am Stiel genau um ein oder mehrere Blütenblättchen weiterdrehen, im oder gegen den Uhrzeigersinn, werden Sie immer das gleiche Blütenbild vor sich sehen. Der Symmetriebruch beginnt mit dem Abreißen eines der Blättchen: „Sie liebt mich, sie liebt mich nicht“. Sobald das erste Blättchen fehlt, ist die Symmetrie unwiderruflich gebrochen. Jede Drehung ergibt ein verändertes Bild.

Oder stellen Sie sich eine Kugel vor, die Sie auf der Spitze einer genau senkrecht fixierten, dünnen Nadel platzieren wollen. Wenn Ihnen das für einen kurzen Augenblick gelingen sollte, haben sie ein rotationssymmetrisches, instabiles Gebilde erzeugt, das über erhöhte potenzielle Energie verfügt. An diesem Objekt zerrt aber die Gravitation und wird der Kugel unweigerlich ihre exponierte Lage streitig machen. Geringste Abweichungen vom idealen Balancezustand werden von der Gravitation in einen Symmetrie auflösenden Ablauf gezwungen. Gäbe es keine Gravitation, würde die Kugel jede x-beliebige Position ohne Folgen

annehmen. Gäbe es keine Gravitation entspräche dies aber dem Zustand vor der Freisetzung der vierten Urkraft (Gravitation). Allerdings gab es da noch keine Masse. Siehe Ausschnitt aus Tabelle 2:

Tabelle 2: Kosmos-Entstehung, Versuch eines Abgleichs der Populärliteratur

0 sec	?	?	Singularität,	Urknall: Alle 4 Ur- Kräfte sind vereinigt: ST = starke Kernkraft EM = elektromagnet. Kraft SW = schwache Kernkraft GR = Gravitationskraft
$<10^{-43}$ sec	10^{32} K	$>10^{19}$ GeV	Planck-Ära	
10^{-43} sec	10^{29} K	10^{16} GeV	GUT-Ära E 1	1. Symmetriebruch: Trennung der Gravitationskraft GR von der GUT-Kraft

Das Ergebnis ist, dass die Kugel unter Verlust von potenzieller Energie, von der Spitze fällt und in irgendeiner Himmelsrichtung ausrollt. Da das rotationssymmetrische Gravitationsfeld dafür sorgt, dass alle Richtungen gleichberechtigt sind, ist eine Richtungs voraussage nicht möglich; Zufall. Das System hat Energie verloren. Die Symmetrie ist spontan gebrochen.

Noch vertrauter wird ein Symmetriebruch, wenn ein solcher Bruch durch eine Energieänderung erfolgt, wie es beim Kristallisieren von Flüssigkeiten durch Abkühlung erfolgt.

Jedermann kennt den Effekt, wenn man Wasser – es muss allerdings möglichst sauber sein – unter 0° C abkühlt und es noch einige Temperaturgrade weiter abkühlt ohne, dass es durchkristallisiert. Erst beim leichten Antippen tritt dann spontan das Kristallisieren des gesamten Wassers ein. Die hohe Symmetrie des reinen Wassers wird in Kristalle aufgelöst. Sie ist gebrochen.

Damit zeigt sich, dass ganz allgemein symmetrische, isotrope, oder homogene Zustände Idealzustände sind, die energetisch labil bzw. nicht wahrscheinlich sind, wenn sie sich auf einem nicht angepassten Energieniveau befinden. Nach Verlust oder Nutzung des Potentials sind sie nicht mehr symmetrisch, dafür aber energetisch auf tieferem Niveau und damit stabiler. Der wahrscheinlichere Zustand wird real. Der isotrope Zustand nach der Urknall-Singularität könnte also nur für einen unvorstellbar kleinen Zeitraum stabil gewesen sein, wobei auf dem durch unvermeidliche Abkühlung eintretenden, energetisch tiefer liegenden Niveau der Raum-Zeit-Ausdehnung, seine Homogenität bzw. Symmetrie verloren ging.

Wie ist das aber mit der Entropie des o.a. balancierenden Kugelsystems?

Um das Kugelsystem herzustellen, muss ein Experimentator versuchen, die Kugel genau auf der Nadelspitze zu platzieren. Dazu muss er gegen die Gravitation Hubarbeit für die Kugel leisten und damit ihre potenzielle Energie erhöhen. Das ganze System ist von der Gravitation beherrscht. Damit ist die Änderung der Entropie vergleichsweise unbedeutend. Die Spontanität ist in diesem Fall allein durch die Energieänderung der potenziellen Energie und nicht durch Entropie-Änderung bestimmt. Die aufgewendete potenzielle Energie geht dem Gesamtsystem in Form von kinetischer Energie, Rotationsenergie und Wärme verloren.

Deterministisch betrachtet könnte man übrigens den Weg der Kugel vorhersehen, wenn man alle an diesem System involvierten Massepunkte mit Ihren Orts- und Impulskomponenten bestimmen könnte. (Das aber ist eine Situation, die nicht realisierbar ist).

Entscheidend im Urknall-Szenario ist, dass dieser Ablauf durch Temperatur, Symmetrie und damit der Energie determiniert war. Bei hoher Temperatur resultieren hohe Gleichförmigkeit (Symmetrie, Isotropie bzw. Homogenität) und hohe Entropie. Denken Sie vergleichsweise an sehr heißen Metaldampf: Er kann nur solange bestehen, wie die Temperatur über dem Verdampfungspunkt liegt. Bei Unterschreitung dieser Temperatur, wird die Homogenität des Dampfes gebrochen. Der Metaldampf wird unter Energieabgabe zur Flüssigkeit kondensieren und bei weiterem Temperaturabfall, unter den Schmelzpunkt, in einem festen, geordneten, kristallinen Metallgitter zur Ruhe kommen: Entropie-Erniedrigung. Kräfte, in diesem Fall die Gitterenergie¹⁴¹, die von der hohen Temperatur sozusagen energetisch überlagert waren, können sich erst bei tieferer Temperatur entfalten; bei höheren Temperaturen sind sie nur latent vorhanden. Die höhere Temperatur lässt einen Symmetriebruch nicht zur Entfaltung kommen.

Die nach dem Urknall mit der Raum-Zeit-Expansion anzunehmende irreversible Abkühlung, sollte das System aus der Gleichförmigkeit der Isotropie und Symmetrie, in einen zeitlichen und räumlichen Ablauf gezwungen haben, der die ursprüngliche Symmetrie der 4 Urkräfte aufhob und ihre hinter der hohen Temperatur verborgene Differenziertheit transparent machte. Das Gesamtsystem blieb geschlossen und sollte einzig von der durch die Raum-Zeit-Entfaltung irreversibel verlaufenden Temperaturabnahme bestimmt worden sein. Zwischenzustände wären die Überführungen in kurzfristig stabile, temperaturadäquate Phasen.

Der Energieinhalt des Systems könnte sozusagen gesplittet worden sein:

Ein Teil der Energie verwandelte sich in einen temperaturorientierten, strukturellen und materiellen Zustand erniedrigter Entropie. Der Rest der Energie, vergleichbar Kristallisationswärme, könnte als nicht mehr nutzbare Wärme verloren gegangen sein und damit die Erhöhung der Gesamtentropie bewirkt haben; ein Ablauf, wie er real mit der Abnahme von Entropie in abkühlenden Phasenübergängen einher geht: Dissipation. Man kann auch sagen, dass Symmetrie bei

niedrigen Temperaturen weniger beständig ist und sich latente Strukturierungsgesetzmäßigkeit entfalten können.

Lassen Sie mich nochmals die entscheidenden Gedanken in Harald Fritzschs Zauberofen zusammenfassen:

1. Im o.a. Gedankenexperiment wird ein Schwarzer Strahler gedanklich zunächst bis zur Singularität aufgeheizt und dann wieder über Gleichgewichtszustände abgekühlt. Als Endergebnis stellt sich die unveränderte Ausgangssituation ein.
2. Beim Urknall aus der Singularität heraus, kann es aber diesen Ablauf so nicht gegeben haben. Das anzunehmende Szenario könnte eine sehr schnelle, kosmisch inflationäre¹⁴², räumliche und zeitliche Ausdehnung durch Abkühlung gewesen sein, da die gegebene Ausgangsenergie in der anwachsenden Raumzeit verteilt wurde. Aus thermodynamischer Sicht werden damit alle Gleichgewichtszustände aufgehoben; nichts ist mehr umkehrbar. Da es zu keiner vollständigen, reversiblen Teilchen- und Antiteilchenrückbildung mehr kommen kann, führt das zu einer entscheidenden Wende in der Bilanz, wenn, aus welchen Gründen auch immer, Teilchen und Antiteilchen nicht völlig gleichzahlig auftreten.

Die außerordentlich schnelle, zeitweise inflationäre Ausdehnung mit Überlichtgeschwindigkeit und Abkühlung nach der Singularität wird heute von vielen Physikern als der Geburtshelfer des stofflichen Seins des gesamten Kosmos verstanden.

Wird ein masseadäquates Temperaturniveau unterschritten, stürzen die dann nicht mehr existenzfähigen Teilchen und Antiteilchen, unter Energieabgabe, in die bei dem nächstniedrigeren Temperaturniveau beständige Version von Teilchen und Antiteilchen. Dies könnte, zumindest im Anfang, in unvorstellbar kurzen Zeiträumen erfolgt sein. Der inflationäre Temperaturabsturz, beginnend mit dem gigantischen Energieniveau der Singularität im sich aufblähenden Raum-Zeit-Kontinuum, lässt für diese hochenergetischen Zustände oder Teilchen nur sehr kurze Zeiten Δt zu, was aber gemäß der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation $\Delta E \times \Delta t > h$ mit sehr hohen Energieänderungen ΔE verbunden ist.

1.5.5 Endlich eine plausible Theorie: Alles kommt aus dem Vakuum

In den bisher in diesem Buch erörterten Gedanken und Hypothesen zum Anfang des Universums und zu seinem Ende bin ich eigentlich nicht wirklich voran gekommen. Die Ansätze waren zu naiv. Vor allem sind die Fragen woher Energie und Materie, also Masse, kommen unbeantwortet. In den folgenden

Abschnitten wird dazu u.a. die schlüssige, in Fachkreisen weitgehend akzeptierte Theorie einer kosmischen Inflation dargestellt. Alan Guth ist Wegbereiter dieser.

Alles beginnt mit einer eine Singularität auslösenden Quantenfluktuation im Quantenvakuum, führt über die kosmische Inflation zur Baryogenese und damit in unser materielles Universum.

Die früheren Erwägungen sind populärwissenschaftlicher und vordergründiger Natur und taugen lediglich zum Heranführen an Fragen zum Urknall.

1.5.5.1 Der Zündfunke der Singularität

Könnte der Ursprung eine extrem seltene und extrem kurze Fluktuation im Quantenvakuum gewesen sein? So kurz, dass eine hohe Energiespitze von mindestens 10^{19} GeV, eine Temperatur von 10^{32} K in einer Zeit von $< 10^{-43}$ sec erreicht wurden also Bedingungen wie sie mit der Planck'schen Zeit korrelieren sollten. Dann gilt:

$$\Delta t \approx h / \Delta E$$

$$\Delta t \approx 6,6262 \times 10^{-34} \text{ J sec} / 1,22906 \times 10^{10} \text{ J sec}$$

$$\Delta t \approx 5,3912 \times 10^{-44} \text{ sec} \quad (= \text{Planck Zeit})$$

Also gleich der Planck Zeit, was ja zu erwarten war.

Aber noch kleinere Zeiten als die Planck Zeit stoßen an eine prinzipielle wissenschaftliche Grenze.

WIKIPEDIA

Die Planck-Zeit ($5,391247 \cdot 10^{-44}$ s) ist eine Planck-Einheit und beschreibt das kleinstmögliche Zeitintervall, für das die bekannten Gesetze der Physik gültig sind. Sie ergibt sich aus der Zeit, die Licht benötigt, um eine Planck-Länge zurückzulegen und eine theoretische Zustandsveränderung zu bewirken.

Es macht daher keinen Sinn noch höhere Energiebeträge in die Formel einzusetzen, um zu noch kleinerem Δt zu kommen, da sie physikalisch nicht relevant sind.

Allerdings kann dieser „Zündfunke“ nicht ausgereicht haben die ungeheure Dimension an Materie und Energie bereitzustellen, die zweifelsfrei das Universum bestimmen. Eine Erklärung dazu liefert die Theorie der kosmischen Inflation, die im Wesentlichen die Freisetzung von Vakuumenergie (= Nullpunktsenergie) dafür verantwortlich macht (s.u. 1.5.5.2). Damit wird der bisher immer wieder

erwogene Sachverhalt einer Singularität allein aus einer Quantenfluktuation heraus nur ein Teilaspekt sein könnte.

Es sei vorweg genommen, dass der Urknall durch Integration von Quantenfluktuation, Vakuumenergie, Allgemeine Relativitätstheorie und negativer Gravitation interpretiert werden kann.

1.5.5.2 Kosmische, exponentielle Inflation

Stichpunkte: Kosmische Inflation, GUT, Nullpunktsenergie, falsches Vakuum, negative Gravitation, Higgs-Felder und „Sombbrero“

An dieser Stelle möchte ich einige bereits erörterte Zusammenhänge erneut aufgreifen. Da dieses Buch wahrscheinlich nicht als Ganzes, sondern nur nach Stichpunkten gelesen wird, halte ich das für vertretbar.

Es empfiehlt sich die Tabelle 3, (Kosmos-Entstehung. Versuch eines Abgleichs der Populärliteratur) begleitend einzubeziehen.

Große vereinigte Theorien (Grand Unification Theories = GUTs) der Kosmologie sagen voraus, dass sich oberhalb sehr hoher Temperaturen 10^{29} K und 10^{16} GeV die elektroschwache Kraft, bestehend aus elektromagnetischer Kraft (EM) und schwacher Wechselwirkung (SW), mit der starken Kernkraft (ST) zu einer Einheitskraft, der X-Kraft verbinden. Es gibt dann nur die die X- Kraft und die Gravitation. Die Energieunterschiede zwischen den Kräften verschwinden. Diese hohe, instabile Symmetrie im sehr frühen Universum wurde bei einem schnellen Temperaturabfall des Urknalls spontan gebrochen. Bei solchen Symmetriebrechungen kommt es zu *topologischen Effekten* (Domain walls, kosmische Strings, magnetische Monopole usw.). In der Kosmologie kann man solche Symmetriebrechungen mit skalaren Higgs-Feldern beschreiben, die nach dem Bruch eine dem Higgs-Potential entsprechende Feldenergie annehmen. In diesem Theorien-Umfeld suchte Alan Guth nach zu erwartenden magnetischen Monopolen als Nachweismöglichkeiten für die Korrektheit der GUTs. Auf mathematisch bzw. physikalisch verschlungenen Wegen fand er Zusammenhänge, die zum einen ergaben, dass die gesuchten Monopole wahrscheinlich nicht auffindbar sind. Zum anderen aber konnte er, sozusagen als Nebenergebnis, mit der Annahme der kosmischen Inflation belegen, woher der ungeheure Energieinhalt des Weltalls stammt und wie die ursprünglich masselosen Elementarteilchen zu Materie wurde.

Für den Leser, der sich erstmalig mit dieser Theorie beschäftigt, möchte ich eine Erklärung vorausschicken, die den Einstieg, zumindest ging es mir so, erleichtert. Die Theoretiker verwenden immer wieder den Begriff des „falschen Vakuums“ bzw. des „echten Vakuums“. Das ist schon semantisch fragwürdig. Man kann sich

physikalisch nichts darunter vorstellen. Das Problem klärt sich, wenn man anstelle von „falschem Vakuum“ von Vakuumenergie (=Nullpunktsenergie) auf einem zu niedrigen (falschen) Temperaturniveau sprechen würde, was natürlich zu umständlich ist. Bei dem „echten Vakuum“ ist die Rede von Vakuumenergie (=Nullpunktsenergie) auf dem richtigen Temperaturniveau.

Schauen wir uns zunächst einige WIKIPEDIA-Erklärung an:

WIKIPEDIA: Die Hypothese dieser inflationären Expansion wurde 1981 von Alan Guth vorgeschlagen und ist kein Element des ursprünglichen Urknallmodells. Vorarbeiten zur Entwicklung der Inflationstheorie wurden bereits in den 1970er-Jahren von Andrei Linde geleistet, womit ihm dafür 2004 der Gruber-Preis für Kosmologie verliehen wurde. Anlass war die Feststellung, dass die relativistische Kosmologie zur Erklärung einiger fundamentaler Beobachtungen eine Feinabstimmung von kosmologischen Parametern erfordert, die ihrerseits wiederum einer Erklärung bedurfte. Die Inflationshypothese bietet dafür einen physikalischen Mechanismus, aus dem sich einige grundlegende Eigenschaften des Universums direkt ergeben. Danach ist die Ursache dieser Expansion die Zustandsänderung eines skalaren Feldes mit einem extrem flachen Potential. Dieses Inflatonfeld genannte skalare Feld hat eine Zustandsgleichung mit negativem Druck. Nach der allgemeinen Relativitätstheorie führt dies zu einer abstoßenden Kraft und damit zu einer Ausdehnung des Universums. Die Zustandsänderung des Feldes während der inflationären Phase ist mit einem Phasenübergang 1. Ordnung vergleichbar. Im Rahmen der großen vereinheitlichten Theorie werden die Bedingungen, unter denen der Phasenübergang auftritt, durch Higgs-Felder bestimmt.

Die Kosmologie geht davon aus, dass in allen Bereichen des Universums ein skalares Higgs-Feld vorhanden ist, das mit dem Urknall entstand. In diesem Zustand ergaben die Skalarwerte im Schnitt überall Null und nichts hatte Masse. Die Existenz von Higgs-Feldern ist die Grundlage für die Guth'sche Theorie der kosmischen Inflation. Erst durch einen spontanen Symmetriebruch, sehr kurz nach dem Urknall, entstand eine neue Konfiguration (Sombbrero bzw. Sektflaschenboden), wodurch das gesamte Feld im Mittel eine Energie von etwa 246 Gigaelektronenvolt beinhalten. Damit war ein Einfluss auf andere Felder und Teilchen gegeben, der sich als Massegebung äußerte.

WIKIPEDIA: Durch den Higgs-Mechanismus wird beschrieben, wie die grundlegende Eigenschaft „Masse“ auf der Ebene der Elementarteilchen zustande kommt. Als zentraler Bestandteil des Standardmodells der Elementarteilchenphysik erklärt der Mechanismus, warum bestimmte Austauschteilchen (die „Eichbosonen“ der schwachen Wechselwirkung) nicht die Masse Null besitzen. Demnach gewinnen sie ihre Masse durch Wechselwirkung mit dem sogenannten Higgs-Feld, welches im ganzen Universum allgegenwärtig ist. Auch die Massen aller anderen

(massebehafteten) Elementarteilchen wie Elektronen und Quarks werden hierbei als Folge der Wechselwirkung mit dem Higgs-Feld erklärt. Mit diesem Ansatz wurde es möglich, die schwache und die elektromagnetische Wechselwirkung als zwei verschiedenen starke Aspekte einer einzigen grundlegenden elektroschwachen Wechselwirkung zu deuten, was einen der wichtigsten Schritte zur Aufstellung des Standardmodells darstellt. Während das Higgs-Feld nicht direkt messbar ist, muss bei seiner Existenz ein weiteres Elementarteilchen auftreten, das „Higgs-Boson“. Dieses war lange das einzige Teilchen des Standardmodells, das nicht endgültig nachgewiesen werden konnte; mittlerweile gilt die Existenz eines Higgs-artigen Bosons als gesichert.

Eine vertiefte Darstellung findet der Leser in: *Spektrum.de, Lexikon der Astronomie*, Higgs-Teilchen Lexikon der Astronomie (spektrum.de)

An dieser Stelle dieses faszinierenden Themas wird wieder deutlich, dass Erkenntnisvertiefung, wie bereits früher angedeutet, „Zwiebel“-Charakter beinhaltet. Man liest sich in ein Thema ein, beispielsweise über WIKIPEDIA und stellt fest, dass man sich zunächst auf einer populärwissenschaftlichen Ebene, einer ersten Zwiebelschale, befindet. Spätestens dann wird einem das bewusst, wenn man in einem solchen WILIPEDIA-Artikel auf die blau unterlegten Stellen stößt, die man bekanntlich antippen kann und dann in eine vertiefte Wissens Ebene, die nächste Schale stößt. Und damit kein Ende. In jeder Ebene neue blaue Hinweise und tiefere Zwiebelschalen. Was tun? Nicht aufgeben! Manchmal genügen einige Tage über das, noch nicht, Verständene nachzudenken.

Die folgenden Betrachtungen sind eine Einführung in die Argumentation zur kosmischen Inflation gemäß Alan Guth: <https://www.heise.de/hintergrund/Missing-Link-Die-kosmische-Inflation-der-Knall-des-Urknalls-6320054.html>.

Kosmische Parameter während der spontanen Symmetriebrechung in der Inflation:

Anwachsen des Radius des Universums von 10^{-55} bis ca. 10^{+4} cm verlief in folgender Zeitspanne:

Zeitlicher Rahmen: 10^{-35} bis ca. 10^{-30} sec nach dem Urknall,

Der Leitgedanke ist, dass sehr schnell hohe Vakuumenergie eines hohen >Temperaturniveaus auf ein zu niedriges Temperatur-Niveau gelangte (Vergleichbar

reinem Wasser, das durch Unterkühlung nicht bei 0° gefriert, sondern erst deutlich unterhalb. Es beinhaltet vor dem Kristallisieren noch seine nicht freigesetzte Kristallisationswärme). Diese hohe Vakuumenergie bewirkte eine negative Gravitation, die zur Ausdehnung führte (Ergebnis aus der ART, Energie-Impuls-Tensor). Es wurde nämlich bei der schnellen Abkühlung die hohe Vakuumenergie „mitgenommen“ und in der Baryogenese in Materie überführt. Die Argumentation betrachtet die Veränderung der skalaren Higgs-Felder, die die Vakuumenergie repräsentieren. Die Veränderungen der Vakuumenergie lässt sich symbolisch am Modell der Fläche eines Sombreros verstehen:

Argumentationskette:

- Die **möglichen** Higgs-Feldstärken können in einer GUT durch ein-dimensionale (skalare), örtlichen Wert angegeben werden.
- Der **augenblickliche** Zustand aller skalaren zusammen, kann durch eine Koordinate in einem Higgs-Felder Koordinatensystem festgelegt werden, das je eine Achse pro Higgs-Feld enthält.
- Eine weitere Achse bildet die Energie (das Potential) ab, das durch Kombinationen der Feldstärken pro Achse entsteht.
- Die bildliche Darstellung von Higgs-Feldern zeigt für das Potenzial eine gewölbte Fläche, die an einen „Sombrero“ (auch der Boden einer Sektflasche wird als Vergleich herangezogen) erinnert.
- Den **aktuellen** Zustand der Higgs-Felder **an einem Ort** kann man sich durch eine **Roulette Kugel (RK)** auf der gewölbten Fläche des „Sombreros“ symbolisiert vorstellen.
- **Die Höhe der Kugel (RK) über der Grundfläche der Krempe, bestimmt den Betrag, der in den Higgs-Feldern steckenden Vakuumenergie (Potenzial) an diesem Ort, die auf Hutspitze (der Sektflaschen Delle) Null ist.**

Verhalten von der RK bei normaler Abkühlung, klassisch betrachtet

- Stabile Potenziale für die **RK** sind die Position der „Delle“ in der Hutspitze mit hohem Potenzial und die Position der Krempe des „Sombreros“ mit tiefem Potenzial. Die Krempe stellt die tiefsten Vakuumenergiepotenziale dar. Soweit gesichert ist, dass es außerhalb der Hutkrempe nicht noch tiefere Potentiale gibt. *(Siehe die komprimierte Darstellung: „Das Higgs-Boson - und dann?“ Scinexx das Wissensmagazin 2.7.2022, <https://www.sinexx.de/dossier/das-higgs-boson-und-seine-folgen/>).*

Als Vakuumerwartungswert wird in der Quantenfeldtheorie der Erwartungswert eines Operators im Zustand der niedrigsten Energie eines Systems, seinem Grund- oder Vakuumzustand bezeichnet. Im Regelfall ist der Vakuumerwartungswert eines einzelnen Feldoperators Null (gleichbedeutend zur Aussage, im Vakuum existiert kein Feld). Im Fall einer spontanen Symmetriebrechung nimmt der Vakuumerwartungswert einen von Null verschiedenen Wert an. Der bedeutendste Fall einer solchen spontanen Symmetriebrechung ist der Higgs-Mechanismus.

Vakuumerwartungswert: 246 GeV (WIKIPEDIA)

- Die Krempe ist durch Abkühlung für **RK** erreichbar und kann als Phasenübergang gesehen werden.
- Die „Delle“ entspricht dem fast höchsten Potenzial. („fast“, weil es eine Potenzialmulde! gibt) und steht für einen ersten Phasenübergang.
- **RK** kann die „Delle“ bei der Abkühlung klassisch nicht verlassen da die **RK** in einer Potenzialmulde liegt.
- Angeregte, instabile Potenziale sind alle Positionen auf der Sombrero Fläche
- Der Zustand der Higgs-Felder (versinnbildlicht durch die Roulette-Kugel = **RK**) kann, vergleichbar gefrierendem Wasser, einen Zustandsübergang (= Phasenübergang) durchlaufen.
- Bei hoher Temperatur: **RK** bewegt sich hin und her. Der mittlere Ort ist die Hutspitze mit hohem Potenzial (alle Teilchen sind dort masselos).
- Abkühlung, klassisch betrachtet, führt zu zwei Möglichkeiten:
 - a) Die **RK** fällt in das tiefe Potenzial der Krempe. Der Temperatur-Übergang der Energie-Felder und damit Phasengänge sind vollzogen. Die Teilchen erhalten Masse. Das Potenzial des Higgs-Feldes ist gebrochen und liegt bei ca. 246 GeV.
 - b) Die **RK** bleibt im hohen Potenzial der Delle gefangen. Alle Teilchen wären masselos, was nicht mit der Realität übereinstimmt.

Die Hypothese einer Unterkühlung und ihre Folgen ergeben ein anderes Bild.

Verhalten von RK bei Unterkühlung, quantenmechanisch betrachtet

- Wenn die Sombrero-Spitze eine Delle hat, wird die **RK** bei einer Abkühlung zunächst in der Delle verbleiben. Sie kann nicht ohne

- weiteres das der Abkühlung entsprechende tiefere Potenzial annehmen.
- Die durch die **RK** repräsentierte („erstarrte“) Vakuumenergie vor der Abkühlung bliebe also erhalten und ist damit höher als es der Abkühltemperatur entspricht. Das „falsche Vakuum“ ist erreicht. Das ist vergleichbar einer Unterkühlung. Grund: die Energie der **RK** reicht klassisch betrachtet nicht aus, um nach der Abkühlung aus der Mulde der Delle herauszukommen.
 - Auch in dieser Situation wäre die **RK** im hohen Potenzial der Delle gefangen. Alle Teilchen blieben masselos, was wiegesagt nicht mit der Realität übereinstimmt.
 - Durch den quantenmechanischen Tunneleffekt kann **RK** bei weiterer Abkühlung jedoch durch die Delle durchtunneln und seine „hohe Vakuumenergie“ kurzzeitig mitnehmen. Das Higgs-Feld ist also nicht komplett „eingefroren“. Bildlich kann die **RK** in der Krempe also das tiefste Potenzial, mit der „echten, hohen Vakuumenergie“ verzögert als „falsche Vakuum“ erreichen.
 - Es zerfällt das da sich das „echte Vakuum“ (entsprechend der Abkühlungstemperatur) mit Lichtgeschwindigkeit blasenförmig ausbreitet. Die **RK** landet im tiefen Potenzial der Hutkrempe.
 - Die Teilchen erhalten Masse.
 - Wenige Monopole entstehen

Alan Guth fragte sich: Ist ein Einfluss auf die Ausbreitung des Universums denkbar?

Ergebnis: Ja!

Aus dem Energie-Impuls-Tensor der ART folgt: die Energiedichte des Vakuums (Nullpunktsenergie?!) bewirkt einen negativen Innendruck im Urknall-System, wodurch eine abstoßende Gravitation entsteht; das Weltall expandiert beschleunigt. (Es war zunächst sehr viel kleiner als 1 cm^3 !!).

Kann dieser Gedanke auch auf die heutige zunehmende Expansion des gesamten Universums angewandt werden? Siehe hierzu 3.5.2.

Eine Energie- und damit Materiepumpe entsteht

Das Vakuum hat Energiedichte (Energie pro Volumen, Nullpunktsenergie). Volumenverdopplung bewirkt Verdopplung des enthaltenen Energiebetrags. Angenommen man hat einen Zylinder mit Vakuumenergie. Außerhalb gäbe es keine

Vakuumentnergie. (Leerer Bereich ohne Nullpunktsenergie?) Durch gedachtes Ziehen des Zylinderkolbens entsteht größeres Vakuum-Volumen, also mehr Vakuumentnergie. Die beim Ziehen aufgebrauchte Energie bedeutet geleistete Arbeit gegen eine Kraft, die den Kolben nach innen zieht, = **negativer Druck (Zugkraft) der Vakuumentnergie, der eine abstoßende Gravitation erzeugte.** (Von mir unverstanden. Folge aus der ART, Energie-Impuls-Tensor?).

Positiver Druck erhöht die Gravitation. Negativer Druck erniedrigt sie.

Knackpunkt:

Im leeren Raum gibt es keine Materie; das Vakuum enthält aber Energie (virtuelle Teilchen der Energiefelder der Nullpunktsenergie >0).

Grund für abstoßende Gravitation:

Einsteins Feldgleichungen bestimmen die Raumzeitgeometrie durch den Energie-Impuls-Tensor. Daraus leiten sich die Raumzeitkrümmung und damit die **Gravitation** ab.

Das Vorhandensein der Vakuumentnergie erzeugt eine negative Raumzeitkrümmung, die auf Objekte im Raum abstoßend wirkt, da diese der Raumzeitkrümmung folgen müssen

Alan Gut errechnete für sein falsches Vakuum eine Energiedichte von 10^{60} g/cm³. Diese sehr hohe Energiedichte sollte lt. Einsteins Gleichungen zu stark abstoßender Gravitation führen, (anstelle ein Schwarzes Loch zu bilden) und die Inflation um 10^{26} bis 10^{52} wachsen lassen.

Resümee: Das falsche Vakuum war nicht mit Materie, sondern Higgs-Feldern gefüllt. Bei der Expansion verdünnte sich sein Energieinhalt nicht, sondern es entstand ständig weiteres, falsches Vakuum mit der derselben hohen Energiedichte. Demgemäß erfolgte Energiezunahme (Energie/Volumen) mit der dritten Potenz des Radius! Formel des Kugelvolumens: $\frac{4}{3} \times \pi \times r^3$). Dann tunnelte das falsche Vakuum mit hoher Vakuumentnergie auf das Temperaturniveau des echten Vakuums mit weit geringerer Vakuumentnergie. Es verblieb ein Überschuss an Energie, die letztlich aus der negativen Gravitation stammte – also Energieerhaltung. Dabei wurde die Energie der Higgs-Felder als Strahlung freigesetzt. Das unterkühlte falsche Vakuum wurde zu einem heißen echten Vakuum in einem inflationären Ausdehnungsverlauf, dem Urknall. Energie stabilisierte sich als Materie.

Soweit, so gut. Es bleibt aber die Frage, was die entscheidenden Voraussetzungen für einen solchen Energietransfer – Vakuumenergie wird zu Strahlung und Materie! – sein könnten. Warum geschah das aus unserer menschlichen Erfahrung nur einmal? Vielleicht könnte das mit der schon angesprochenen Vakuumfluktuation (s.o. 1.5.5.1) erklärbar sein. Der o.a. Gedanke eines „Zündfunkens“ ist vielleicht gar nicht so abwegig. Vielleicht ist der entscheidende Schritt das Auftreten einer sehr hohen Temperatur, wie es durch $> 10^{29}$ K ($> 10^{19}$ GeV) verwirklicht wird. Möglich könnte das während einer so oft angesprochenen Quantenfluktuation gemäß der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation sein. Eine solche Energiespitze setzt eine sehr seltene, sehr kurze Fluktuation voraus. In diesem Akt wäre die Energiedichte so hoch, dass die drei Grundkräfte, die schwache Wechselwirkung, die starke Wechselwirkung und die Elektromagnetische Wechselwirkung in der GUT-Grundkraft vereinigt und nicht mehr unterscheidbar sind. Erst durch Temperaturabfall sind die oben beschriebenen Symmetriebrüche und damit der Effekt einer falschen Vakuum-Energieanhäufung mit anschließendem Zerfall zum Echten Vakuum möglich.

Eine weitere Frage ist, warum die Expansion ganz offensichtlich schwächer wurde, bis nur noch die heute registrierbare Ausdehnung stattfindet:

War es so, dass die Anhäufung von Vakuumenergie im Falschen Vakuum nicht endlos ablaufen konnte und so die gesamte Vakuumenergie in Strahlung und Materie überführt würde?

Oder war es vergleichbar sehr reinem Wasser, das auch nicht endlos lange immer tiefer unterkühlt flüssig bleiben kann? Zuviel Symmetrie bei der falschen Temperatur?

Die Lösung kam von Andrei Linde¹⁴³ der eine Vereinfachung des o.a. „Sombrero Modells“ vorsah: „The slow Roll Inflation“: Der „Sombrero“ hatte eine breitere Kempe. Die „Roulette Kugel“ rollte während der inflationären Phase langsamer in das Echte Vakuum“ aus wobei die Masse der Teilchen gebildet wurde.

Eine überaus lesenswerte Zusammenstellung zu diesem „Sombrero“-Modell und darüber hinaus zum Thema Higgs-Teilchen finden Sie in dem Buch von Harald Lesch, 2013, Bertelsmann, ISBN978-3-3570-10208-4, „Die Entdeckung des Higgs-Teilchens“. Beitrag von Martin P. Dittgen. Überraschend für mich ist die Tatsache, dass Alan Guth hier keine Erwähnung findet.

Ich muss bekennen, dass ich immer wieder versuche, sozusagen mechanistisch geprägt, mir einen Platz für unser Weltall, symbolisch als „Roulette Kugel“ in diesen Modellen auszusuchen und den restliche Bereich des Sombreros zu

verstehen. Es kann wohl nur so sein, dass unsere Weltall sozusagen friedlich und ruhig in der Klemme ruht, also einem rotationssymmetrischen, stabilen Energietal.

1.5.5.3 Baryogenese

CP-Verletzung, X-Teilchen und X-Antiteilchen, Zerfallswahrscheinlichkeit, Quarks, Neutronen, schneller Temperaturabfall, Neutronenzerfall, Deuterium.

Der folgende Verlauf wird in der Kosmologie als Baryogenese bezeichnet. Wichtigste Ereignisse waren Symmetriebrüche, die eingeleitet wurden in der kosmischen Inflation während einer ungeheuren Ausdehnung und einem nicht völlig symmetrischen Energiebruch (s.u. einer Symmetrieverletzung) während eines gigantischen Temperaturabfalls. Es ist der Zeitpunkt, der zur Stabilisierung von Energie in Materie durch die unvollständige Annihilation von Materie und Antimaterie führte. Ohne besagten unvollständigen Symmetriebruch würden sich Materie und Antimaterie allerdings gegenseitig vollständig vernichten. Die hohe Energie der Singularität würde sonst vollständig als dissipative Energie in der Nullpunktsenergie verschwinden.

Die Hochenergiephysik geht davon aus, dass nach dem Zerfall der Singularität, hin zum Urknall, in unvorstellbar winzigen Zeitabschnitten, durch die Abkühlung Symmetriebrüche erfolgt sind. (Siehe: Tabelle 3: Kosmos-Entstehung). Zunächst spaltete sich die Ur-Energie der hochsymmetrischen Urkraft in einem ersten Symmetriebruch in positive (?) Energie, verkörpert durch die GUT-Kraft (bestehend aus: ST = starke Kernkraft, SW = schwache Kernkraft und EM = elektromagnetische Kraft) und negative (?) Gravitationskraft (GK) auf.

Positiv und negativ sind in dieser Beschreibung sehr oberflächliche Einstufungen, wie aus der Darstellung der kosmischen Inflation hervorgegangen sein sollte. Erst mit der thematischen Vertiefung durch Einbeziehung der kosmischen Inflation und der Berücksichtigung der Tensor Mathematik der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) gewinnt diese Qualifizierung an Plausibilität s.u.

Und wieder bestätigen sich Zweifel an der so schönen plausiblen Theorie eines Anfangs von Positiv und Negativ. Vor allem die Einführung des Begriffs negative Gravitation bereitet Probleme solange keine Zusammenhänge mit ART einbezogen werden. Kann dieser wiegesagt heuristische Ansatz einen Kern einer akzeptablen Theorie enthalten? Inzwischen habe ich nach o.a. Beschäftigung mit Allen Guths Theorie der kosmischen Inflation erkannt, dass Zusammenhänge wesentlich komplexer sind (Wissen ist wie Zwiebeln aufgebaut).

Die Begriffe „positiv“ und „negativ“ im Zusammenhang mit Energie und Gravitation, die unwillkürlich an die Elektrostatik erinnern, ist M.E. irreführend, da von elektrostatischen Begriffen erst nach der Entfaltung aller vier Urkräfte, nach dem 3. Symmetriebruch, bei 10^{-11} s gesprochen werden kann (Siehe Tabelle 3).

Bereits im Abschnitt 1.3.5.2 ergab sich die Frage, ob die Diktion: „positive und negative Energie besser durch „strukturierbare“ und „strukturvernichtende“ Energie ersetzt werden sollten. Beides sind Bezeichnungen, die dem gegensätzlichen Charakter der Energie-Antipoden gerecht werden, ohne ein elektromagnetische Inhalte zu antizipieren. (Siehe auch: 1.3.5.2)

O.a. Energie-Antipoden sind mit Entstehung und Vergehen von Materie verknüpft. Die strukturierende (materialisierende) GUT-Kraft ist die Basis für Bildung und den Zusammenhalt von Materie - unser sichtbares Universum. Wenn aber Materie im Ablauf dieser Prozesse der ersten Sekunde entstanden ist, kommt die strukturvernichtende, Materie zerstörende (nunmehr nicht negative) Gravitationskraft zum Tragen, es ist das Menetekel der Materie-Vergänglichkeit.

Symmetrie erscheint in diesem Licht, wie auch in vielen anderen Bereichen unseres Seins, ein elementares Wesen unserer Welt zu verkörpern. Und zwar nicht beschränkt auf Positiv und Negativ.

Abgesehen von der Hochenergiephysik ist Symmetrie auch in unserem täglichen Umfeld, allgegenwärtig. Unübersehbar ist eine besondere Symmetrie - Chiralität - in der Biologie also der Lebensentfaltung. Es sind Prinzipien, die sich ganz natürlich aus der Dreidimensionalität ergeben. (Siehe: Biologischer Symmetriebruch 2.4.2.2)

Alles Sein präsentiert sich nur als Hülle für materialisierte Energiepotentiale, die ihren Gegenspieler im Energiefeld der Gravitation finden. Eine schwer bildlich zu durchschauende Symmetrie von Wechselwirkungskräften.

Die GUT-Kraft hat über weitere Symmetriebrüche zu den Quarks und damit Neutronen und Protonen geführt, die unsere chemischen Elemente also die bekannte Materie aufbauen.

Die im Vergleich mit den 3 Einzel-Kräften der GUT sehr schwache Gravitationskraft war von Beginn an zur langfristig vernichtenden Verdichtung der Materie unter enormer Energieerzeugung prädestiniert. Während der kosmischen Inflation wurden die in weiteren Symmetriebrüchen entstandenen Quarks und damit Neutronen und Protonen, jeweils als symmetrische Teilchen und Antiteilchen auf niedrigeren Energieebenen gebildet. Erst in dieser Inflationsphase, einem 2. Symmetriebruch, erfolgte die Massebildung aller Teilchen. Nun konnte die Massen-Gravitation wirksam werden. Zuvor war sie in Form von als Energiefelder aktiv.

Komplexe Symmetrien, mathematisch, optisch, energetisch, biologisch usw. sind Welt-immanent. Spaltung = Brüche sind ihr Los, weil Brüche dem wahrscheinlicheren Zustand entsprechen. Hohe Symmetrie ist nicht stabil, wie es das kosmische Geschehen ahnen lässt. Denn von Materie und Gravitation wird in vielleicht 10^{160}

Jahren nichts als Leere bzw. hochverdünnte Vakuumenergie bleiben. Wie zu Anfang könnte sich ein Zustand hoher Symmetrie einstellen. Ein Nullsummenspiel?

Alles ist Energie und Symmetrie

In sehr ferner Zeit wird die Gravitation alle durch die 3 Urkräfte (ST = starke Kernkraft, SW = schwache Kernkraft und EM = elektromagnetische Kraft) dominierten atomaren Strukturen durch Kernfusion in Energie – Strahlung - verwandeln (Anihilation). Dann müsste aber auch die vierte Urkraft, die Gravitation verschwinden, da es keine Massen mehr gibt, die gravitativ wirken können. Es bleiben aber die Energiefelder, die ebenso gravitativen Kräften ausgesetzt sind. Münden alle 4 Urkräfte wieder in der hohen Symmetrie ihrer Vereinigung; wie vor dem Urknall? Oder ist ein solcher Zustand auf die Ausbildung einer Singularität beschränkt?

Interessant ist auch die Frage, wie die Gravitation wirkt. Die Hochenergiephysiker erklären die Wechselwirkung der Urkräfte durch energetische Felder in denen „Überträger-Teilchen“ fungieren. In der Gravitation sollen das „Gravitonen“ sein, in den elektromagnetischen Feldern sind es „Photonen“, in den Kernteilchen gibt es die „Gluonen“. Ein Teilchen mit Masse wird von den 3 Kernkräften durch deren Felder zusammengehalten; gleichzeitig wirkt in diesem Teilchen und in seinem Umfeld das Feld der Gravitonen. Das hat ganz offensichtlich keinen Einfluss auf dessen Stabilität. Die gravitative Kraft ist ja auch um viele Größenordnung geringer als die Kernkräfte. Ein Atom wird sich nicht durch die Anziehungskraft seiner Massebestandteile zusammenziehen und selbst annihilieren. Das würde nur eintreten, wenn, aus welchem Grund auch immer, sich seine Ausdehnung unter einen bestimmten Radius verringert. Dann wird die Gravitation so stark, dass seine Struktur zusammenbricht. Erst die Potenzierung dieser Kraft in Gravitationsfeldern aus Milliarden von Milliarden von Teilchen bzw. deren energetischen Feldern und deren Addition können Auslöser von Kernfusion ist.

Dieses Szenario ist hinsichtlich Schwarzer Löcher interessant. Da diese von Gravitationsfeldern beherrscht sind, muss neben Energiefeldern auch Masse vorhanden sein. Die Massenakkumulation wird durch Gravitation (GK) immer höher verdichtet, bis sie mathematisch als Singularität, als Loch im Raum-Zeit-Gefüge, als höchste Gravitationskrümmung einzustufen ist. Diese Singularität muss von den 3 restlichen Urkräften beherrscht sein. Es ist davon auszugehen, dass diese Masse nicht durch die Summe von Protonen und Neutronen repräsentiert wird, sondern der Verdichtung dieser Bausteine über einen zusammengebrochenen Neutronenstern in einer Art punktförmigem Zentrum. Auch dann sollten m.E. die 3 restlichen Urkräfte, die ja als Symmetriebrüche von Energie als Masse einzustufen sind, noch wirken. Was aber ist in dieser Konstellation unter Masse zu verstehen? Gemäß der Kosmologie ist Masse eine Erscheinung, die den materiellen Gebilden (Urteilchen) der Urkräfte erst über Higgs-Felder zuteilwird? Oder ist die in einem Schwarzen Loch enthaltene Masse nur noch in Form ihrer Äquivalenz, der Energie, zu sehen?

Hochsymmetrisch vereinigt gab es die vier Urkräfte nur auf der Energiehöhe der Singularität, also um eine Zeit von $\leq 10^{-43}$ s, bei 10^{19} GeV und 10^{32} K.

Siehe auch <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/> . Gemäß dort angedeuteter Theorien könnte eine Ende in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen.

Was wird aus den 4 Urkräften in zwei so gegensätzlichen Phänomen wie im Quantenvakuum bei ≥ 0 K und einem Schwarzen Loch?

In einem schwarzen Loch kann es m.E. keine so hochsymmetrische Situation wie in der Singularität vor dem Urknall geben solange die Temperatur unter 10^{19} K liegt.

Im Quantenvakuum gibt es keinen Raum mehr, der ja in der Anwesenheit von Massen begründet ist. Es bleibt das Vakuum, dessen Beschreibung hinsichtlich Größe und Zeit nicht mehr erfassbar sind, das aber nicht völlig leer ist infolge der Nullpunktsenergie. Nullpunktsenergie und höchste Symmetrie wären also alles, was einmal dieses Universum dargestellt hat.

Wie bereits beschrieben, ist Symmetrie jedoch energie-labil und kann sich nur durch Symmetriebrüche in weniger symmetrische Zustände flüchten, wenn die Temperatur sie nicht stabilisiert. Wie sich das abspielen kann, wurde und wird in diesem Buch für unseren Kosmos dargestellt.

Somit besteht die Möglichkeit, wenn nicht sogar der Zwang eines neuen Anfangs, der im Prinzip eine neue, vergleichbare Quantenfluktuation auslösen könnte mit dem Potential sich wiederum durch eine Symmetrieverletzung in ein neues Raum-Zeit-Gefüge zu „retten“, Siehe 1.5.4. Treiber wäre die Erkenntnis, dass es nahezu unendlich viele Quantenfluktuationen in jeden Vakuumbereich des Kosmos geben könnte. Warum sollte nur eine das Potential haben aus der Virtualität in die Realität zu springen? Die Antwort ist: Wenn man die „unserem Urknall“ entsprechenden Verläufe wiederholen will, muss eine neue Quantenfluktuation das Hohe Energieniveau von 10^{16} GeV erreichen. Nur dann sind die weiter unten beschriebenen Verläufe der Baryogenese wiederholbar.

In den vorangegangenen Diskussionen werden Urkräfte, als Kräfte beschrieben aber als Energien behandelt. Kraft oder Energie? Die Newtonsche Physik der Mechanik beschreibt die Verknüpfung beider Größen in einer Formelsprache. Energie wird als das Wirken von Kraft längs eines Weges gesehen, womit in die Statik der Kraft „Bewegung“ kommt.

$$\text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung} \quad (\text{kg m/sec}^2)$$

$$\text{Energie} = \text{Kraft} \times \text{Weg} \quad (\text{kg m/sec}^2 \times \text{m} = \text{kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2)$$

Versucht man den Zusammenhang dieser zugrunde liegenden physikalischen Größen experimentell zu beweisen, bereitet das keine Schwierigkeiten wie wir alle im Physik-Unterricht gesehen haben.

Niemand wird aber erwarten, dass man diesen mechanistischen Zusammenhang auf das Verständnis von Urkräften anwenden kann. Zum einen trifft man auf eine Welt von unvergleichbarer energetischer Dimension und des Weiteren auf eine neue Ebene des beweisenden Experiments und nicht zuletzt auf die Mathematik der Quantenphysik mit besonderen Herausforderungen.

Wir bewegen uns in der Welt fundamentaler Wechselwirkungen. Es geht darum zu erfassen wie physikalisch Objekte (Körper, Felder, Teilchen, Systeme) prinzipiell einander beeinflussen können. Es sind das die Gravitation, starke und schwache Wechselwirkung und Elektromagnetismus also die vier Grundkräfte im Standardmodell der Elementarteilchenphysik. (Siehe Ergänzung 4)

Diese vier Naturkräfte sind die Ausgangsbasis bei nunmehr folgenden der Beschäftigung mit dem Urknall, dessen symmetrischer Entfaltung über Symmetriebrüche und der Generierung von Materie. Um ihre Entfaltung bzw. Wirkungsweise zu verstehen, muss man sich von makroskopischen Experimenten lösen und verstehen, dass sie über Felder mit besondere Austauschteilchen wechselwirken, die sehr genau erfasst sind.

Wiegesagt werden im Standardmodell aber parallel zu Urkräften auch deren Energiestufen erfasst. Es ist mir bisher nicht gelungen in diesem System eine klare Differenzierung zu finden, was natürlich an meinem Wissenstand liegen wird.

Andererseits ist da vielleicht auch nicht so entscheidend. Ich sehe in diesen vier Kräften vier Pfeiler, die in völliger Abhängigkeit von Energiestufen aus einem Meer von Bereich höchster Temperatur und Energie sichtbar werden, wenn man formal Entropie einbezieht, die für eine unfassbar kurze Zeit abnimmt, also einer Ordnungszunahme entspricht. Danach erfolgt gemäß Clausius ungebremster Entropieanstieg (siehe Abb. 3).

Wenn man davon ausgeht, dass unser Universum einer Gesamtenergie von fast null nahe kommt, muss man sich fragen, woher all die sicht- und vermutbaren Massen des Alls kommen sollen. Denn wenn die Energie gegen null geht, muss auch die Masse gegen null gehen ($E = m \times c^2$). Wozu dann noch Gravitation und vierdimensionaler Raum mit Quellen und Senken?

Akzeptiert man die Version, dass es Energieantipoden gibt, die Masse und Gravitation in x-beliebiger Höher ermöglichen sollte da sie sich als Antipoden ja zu null aufheben, wird diese Problem nebensächlich. Dann aber sprechen wir nicht mehr von Kräften – 4 Urkräften - sondern Energie. Also von Vektoren im Gegensatz zu Skalaren.

In diesen Umfeld spricht die Physik von fundamentalen Wechselwirkungen, die durch Austauschteilchen entstehen.

Immer wenn im Vorangegangenen von Urkräften die Rede war, handelte es sich eigentlich um Energien. Es ist wohl davon auszugehen, dass die 4 den Urkräften

entsprechenden Urenergien als solche gar nicht existieren, sondern nur als eine Art Synergismus, der der Nullpunktsenergie entsprechen könnte.

Dieser Transformationsprozess verkörpert die eigentlich unerklärliche Entstehung und Überführung von Energie in zunächst masselose Teilchen (Energiequanten), die nach sehr, sehr kurzer Zeit zu stofflichen und räumlich lokalisierbaren Strukturen erstarren. Energie stelle ich mir im Zustand ihres allerersten Wirkens als ein weitestgehend homogenes, hoch symmetrisches Potential von drei Urkräften vor, deren Wesen ich mir aber nicht erklären kann. Diese drei Kräfte stehen zunächst über einem räumlich-zeitlichen Zusammenhang und damit außerhalb der Möglichkeit einer Dimensionszuordnung. Aber, und das ist von entscheidender Bedeutung: Diese drei Kräfte stehen untereinander in einer komplexen Symmetriesituation. In Ihrer Summe scheinen sie sich, wenn sie sich als Energieträger manifestieren und die vierte Urkraft, die Gravitation einbezieht, zu einem Nullsummenspiel zu ergänzen (s.o.). Bewegendes ist lediglich die Temperaturabnahme also dem Herabstürzen in Energiestufen, die in definierten Sprüngen mit immer geringerer Symmetrie einher geht. Während dieses dissipativen Energieverlustes treten Brüche in neuen Symmetriestufen ein. Die Symmetrie könnte sich wie gesagt zunächst in zwei völlig verschiedene Erscheinungen aufgefächert haben: Masse (Phänomen von 3 der 4 Ur-Kräfte) und Gravitation (Phänomen der 4. Ur-Kraft), die einander bedingen. Genauer: Es entsteht Masse in Form von Materie und Antimaterie. Letztlich bleiben positive Materie und negative Gravitation. Das ist bereits mehrfach angeklungen.

An dieser Stelle bemühe ich eine heuristisch plausible Gegenüberstellung. Damit möchte ich zumindest einen Analogieschluss für die absolut verblüffende "Umformung" von hochsymmetrischen Energiefelder in die konkrete Struktur von Atomen bieten: Wir alle wissen, dass der Zustand eines Stoffes von der Temperatur abhängt. Steigt die Temperatur, folgen auf die feste und flüssige die gasförmige Phase: Entropie- und Symmetriezunahme. Wir erleben dieses Phänomen oft, wenn wir z.B. den Witterungsverlauf verfolgen: Wasserdampf kondensiert zu Tropfen (Regen) und geht bei entsprechend tiefer Temperatur in Eiskristalle (Schnee) über. Verbunden damit ist immer die enorme Zunahme an definierter Struktur. Wir können das punktuelle Entropie- und Symmetrieabnahme (Ordnungszunahme) nennen. Diese Zustandsveränderung ist wie gesagt ganz überwiegend von der Temperatur abhängig und führt immer wieder zu dem identischen Effekt der Materiemorphologie. Sie ist energiegesteuert. Dieses reversible, beliebig oft reproduzierbare Transformationsphänomen, muss ein immanentes Prinzip sein. Man kann unter diesem Blickwinkel die letztlich unerklärbare und ebenso verblüffende Strukturierung von Wassermolekülen aus der Hoch-Symmetrie des flüssigen Zustands zu einer kompliziert erscheinenden

Kristallstruktur, mit dem Verlauf des Urknalls vergleichen. Die überraschende Strukturfindung zu komplizierten Masseteilchen - Atome - aus einem hochsymmetrischen Kräftegebilde, wird durch stufenweisen Temperaturabfall reversibel bewegt. Je geringer die Temperaturstufe ist, umso konkreter und vor allem beständiger wird die sich bildende Teilchenstruktur. Am unteren Ende dieser Temperaturtreppe finden sich dann Atome in einem energetisch beruhigten Grundzustand. Der dann noch vorhandene Energieinhalt reicht gerade noch zur Aufrechterhaltung dieser komplexen elektromagnetisch fungierenden Stoffsysteme. Mit diesen Bausteinen sind kompliziert erscheinende chemischen Elemente und deren interaktiven Verknüpfungen durch das kreative Potential von Atomen und Molekülen möglich. Damit beginnt der Weg in die Biochemischen Evolution und in das absolute Phänomen Leben. Unter diesem Aspekt ist die Einsteinformel

$$E = mc^2 \text{ (Kraft x Weg = Masse x Beschleunigung x Weg = } \\ \text{Masse x Weg/Zeit}^2 \text{ x Weg = Masse x Weg}^2\text{/Zeit}^2\text{)}$$

eine uns nicht unmittelbar zugängliche, dualistische Transformationsbrücke. Links steht Energie als nicht erklärbares, gestaltloses Phänomen, rechts das äquivalente erlebbare, morphologische Pendant. Die Gleichwertigkeit wird durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit gebildet, einer Größe, die geometrisch einer Fläche entspricht. Vielleicht steht diese Formel auch gleichnishaft für die mögliche hohe und niedrige Entropie ein und desselben Phänomens des Seins.

Nun wollen wir von den rein gedanklichen Überlegungen, die aus den beiden Varianten des Zauberofens resultieren, Abkühlung über Gleichgewichte bzw. über Nicht-Gleichgewichte, zu plausibel erscheinenden Abläufen des Urknalls kommen.

Der Weg der X-Teilchen

(s.a. Plausibilitätsberechnung 2)

Letztlich spricht man bis 10^{32} Kelvin, in der GUT-Ära, von X-Teilchen¹⁴⁴ (Photonen, W- und Z-Teilchen), Bosonen, die die Kräfte der starken, der schwachen und der elektromagnetischen Wechselwirkung vereinigen.

Nach dem Urknall, während des Abkühlens über Nicht-Gleichgewichtszustände, verschwanden in der GUT-Ära nicht alle X-Antiteilchen bzw. deren energetischen Folgeteilchen. Als Grund wird eine nicht vollständige gegenseitige Vernichtung von X-Antiteilchen und X-Teilchen angenommen. Aus einem gigantisch hohen Energiezustand emergierte die sichtbare Materie in Gestalt von Quarks, die alle chemischen Elemente unseres Universums ausmachen.

Wie könnte das erfolgt sein?

Man geht davon aus, dass nach einer heute ca. 60 Jahre alten Theorie des Schotten Peter Higgs, das Higgs-Boson als Austauscheteilchen des Higgs-Feldes dafür verantwortlich ist.

Zitat: *"Die Quantenfluktuation des Vakuums erzeugt auf der Basis der Unbestimmtheitsrelation des Produktes Energie mal Zeit, im Gebiet mit der räumlichen Ausdehnung einer Planck-Länge 10^{-35} m, Energiequanten mit 10^{19} GeV und 10^{31} K (Planck-Temperatur in Kelvin). (Anm. d. V.: Dieser Vorgang wurde bereits erörtert.). In einer Anfangsphase, $t < 10^{-43}$ sec, ist die Energie des Universums in einem hypothetischen Higgs Feld konzentriert, das auch als "falsches Vakuum" (s.o. kosmische Inflation. Anm.d.V) bezeichnet wird. Das Higgs Feld besitzt im Zustand des falschen Vakuums eine konstante Energiedichte und deshalb einen negativen Druck und eine daraus abzuleitende negative Gravitation¹⁴⁵".*
<http://www.bertramkoehler.de/Kos1.htm>

Die bereits beschriebenen X-Teilchen und X-Antiteilchen (X-Bosonen), waren nur in den ersten 10^{-43} bis 10^{-35} Sekunden des Urknalls, bei einer Temperatur von 10^{29} bis 10^{28} Kelvin, in der GUT-Ära vorhanden. Beide Teilchen-Versionen entstanden in völlig gleicher Anzahl. Wesentlich ist, dass sie aufgrund eines Symmetriebruchs eine geringfügig differierende Zerfallswahrscheinlichkeit haben, wenn sie die Temperaturschwelle von 10^{28} Kelvin unterschreiten. Damit wird der ursprüngliche Teilchenzustand instabil.

Vergleich:

X-Teilchen zerfallen etwas weniger wahrscheinlicher zu Antiquarks und Positronen als

X-Antiteilchen, die geringfügig wahrscheinlicher zu Quarks und Elektronen zerfallen.

Das resultiert letztlich in einem winzigen Überschuss von
 1 000 000 001 Quarks
 gegenüber
 1 000 000 000 Antiquarks (Fritzsche, 1983, S. 224, 268).

Solange eine Temperatur von $>10^{28}$ Kelvin herrscht, spielt das keine Rolle, da sich die X-Antiteilchen jederzeit aus ihren Zerfallsprodukten, den Quarks und Elektron zurückbilden können. Die Situation ändert sich grundlegend, wenn das thermische Gleichgewicht durch schnelle Abkühlung gestört wird, wenn 10^{28} Kelvin exponentiell schnell unterschritten werden und keine Rückreaktion mehr möglich ist.

Diese unterschiedlichen Zerfallsgeschwindigkeiten sind von entscheidender Bedeutung für die Bildung von kosmischer Materie mit allen uns geläufigen Folgen

und damit letztlich auch der Entstehung von Leben. Ohne diese winzig kleine Differenz, gäbe es keine Materie und folglich keinen Kosmos aber auch niemand, der darüber nachdenken könnte.

Die Teilchenphysiker bezeichnen diesen Effekt als CP-Symmetriestörung oder CP-Verletzung. C steht für Ladung, P für Parität. Beide haben besondere Symmetrie-Eigenschaften und sollten sich in einem physikalischen System bezüglich bestimmter physikalischer Gesetzmäßigkeiten nicht ändern, wenn man sich Teilchen durch ihre Antiteilchen (charge = C) ersetzt denkt bzw. eine räumliche Spiegelung (parity = P) untersucht.

Eine CP-Störung ist eine der möglichen Ausnahmen von dem 1955 von Wolfgang Pauli¹⁴⁶aufgestellten grundsätzlichen CPT-Theorem¹⁴⁷.

Richtungsweisend für diese Theorie der Baryogenese, war 1964 die Entdeckung von James Cronin¹⁴⁸ und Val Fitch¹⁴⁹, dass Kaonen und Antikaonen nicht in identischer Weise zerfallen. (Siehe hierzu: (Schulz) <http://www.quantenwelt.de/elementar/kaonen.html>).

Beispielsweise fand man bei K^0 -Mesonen (eine andere Bezeichnung für ein Kaon) eine Differenz von ca. 2 Promille. Sacharow¹⁵⁰ erkannte 1967 als erster die Voraussetzungen für das Auftreten dieser Asymmetrie. Es stellte sich heraus, dass ein Symmetriebruch die Ursache ist: Aus einem homogenen Gefüge bilden sich zwei nicht völlig symmetrische Teilchen-Antiteilchen Gruppen. Eine Gruppe hat etwas andere Eigenschaften; die Symmetrie ist aufgehoben bzw. gebrochen. Die Zusammenhänge sind von Rüdiger Vaas anschaulich beschrieben (Vaas, 2013, S. 361). Aus seiner Sicht ist aber der gemessene Effekt einer CP-Verletzung von ein Milliardstel Materieteilchen, die überlebten, weitaus zu gering, um die kosmische Materie-Dominanz zu gewährleisten.

Auswirkung

Nach einem sehr kleinen zeitlichen Moment im frühen Urknallgeschehen sollen infolge des wahrscheinlicheren Zerfalls der X-Antiteilchen, mehr Quarks und Elektronen als Antiquarks und Positronen vorhanden gewesen sein (s.o.). Da durch das rasende Auseinandertriften aller Teilchen, unter ständiger Abkühlung, keine reversiblen Gleichgewichte mehr möglich waren, konnten sich keine X-Antiteilchen mehr zurückbilden, um dem entgegenzusteuern.

Die noch nicht vollständig verstandene Theorie besagt nun: Da sich Quarks durch Antiquarks und ebenso Elektronen durch Positronen gegenseitig, unter Umwandlung in Energie vernichten, müsste der schneller entstandene Überschuss von Quarks und Elektronen übrigbleiben.

Grund: Durch die schnelle Abkühlung im Urknall und dem damit aufgehobenen thermischen Gleichgewicht hätten die etwas langsamer zerfallenden X-Teilchen

weniger Zeit, sich in Antiquarks und Positronen umzuwandeln, weil sie vor dem Zerfall mit X-Antiteilchen zu Photonen zerstrahlten.

Frage:

Oder war es so, dass während des schnelleren Zerfalls der X-Antiteilchen zu Quarks und Elektron, das symmetriegestörte Verhältnis von X-Teilchen und X-Antiteilchen konstant blieb? Das würde erfordern, dass der Teil der X-Antiteilchen, der durch den Zerfall zu Quarks und Elektron dem Gleichgewicht der X-Teilchen und X-Antiteilchen verloren gegangen ist, sofort durch Umwandlung von X-Teilchen in X-Antiteilchen kompensiert würde. Letztlich liefe das dann ebenso darauf hinaus, dass tatsächlich mehr X-Antiteilchen zu Quarks und Elektron zerfallen sind als X-Teilchen zu Antiquarks und Positronen. X-Teilchen verschwinden also auf drei Wegen: Zum einen durch gleichgewichtsbedingten Rückwandel in X-Antiteilchen, zum Zweiten durch Zerfall in Quarks und Elektronen, die sozusagen aus dem Gleichgewichtssystem aussteigen und zum Dritten natürlich durch Annihilation mit X-Antiteilchen. (Allerdings ist der o.a. gleichgewichtsbedingten Rückwandel in dieser Argumentation fragwürdig, da Gleichgewichte in dieser schnellen Abkühlung eigentlich keine Rolle spielen konnten).

Damit blieben am Ende tatsächlich Quarks und Elektronen übrig, gebildet aus X-Antiteilchen, ohne jeden Rest von Antimaterie.

Zwar war der Effekt gering, da von etwa 1 Milliarde X-Antiteilchen nur 1 Quark und 1 Elektron übrigblieb; aber letztlich müssten es diese spärlichen Überbleibsel sein, die unser Sein und die sichtbare Materie in Form chemischer Elemente ausmachen.

Man rechnet heute mit ca. 10^{80} Quarks in dem uns sichtbaren Teil des Kosmos, die dieses Inferno überlebt haben (Fritzsch, 1983, S. 303).

Diese Theorie der Materieentstehung ist allerdings nicht unbestritten: Die gemessene Verletzung der CP-Symmetrie sei viel zu schwach, um die kosmische Asymmetrie zu erklären (Vaas, 2013, S. 217).

Es mehren sich die Aussagen, dass in diesem Inferno auch Dunkle Materie entstanden sein könnte und bringen die Formationen wie Protonen und Neutronen, die nicht aus 3 Quarks, sondern aus 6 aufgebaut sein sollen als Bausteine ins Spiel.

Bei diesem Symmetriebruch sind nebenbei gigantische Energiemengen, ungenutzt bzw. nicht in Materie transformiert, übriggeblieben. Was ist damit geschehen? Innerhalb von 10^{-43} bis 10^{-32} Sekunden nach dem Urknall, bei einer Temperatur von 10^{29} bis 10^{23} K, muss die Gesamtmasse des Universums in Form der Quarks vorhanden gewesen sein.

Wie groß könnte die Gesamtmasse des Universums damals gewesen sein und wie groß ist sie heute?

In einem Standardwerk der Chemie findet man eine Zahl für die Masse des heutigen Universums mit $1,187 \times 10^{50}$ t (Holleman, 1985, S. 1312). Eine durchaus beeindruckende Zahl, die aber sicher zu niedrig liegt, da zur Zeit der Veröffentlichung die Einbeziehung von dunkler Materie noch nicht erfolgt sein dürfte und damit wahrscheinlich nur etwa 4 % Materie erfasst sind. Den Rest machen Dunkle Materie und Dunkle Energie aus (siehe: Teil 3). Außerdem konnte ich nicht eruieren, wie diese Zahl abgeleitet wurde. John Archibald Wheeler¹⁵¹ gibt 1991 in seinem Weltmodell die Gesamtmasse mit 3×10^{23} Sonnenmassen an. Man kann von einer Sonnenmasse von $1,989 \cdot 10^{30}$ kg (WIKIPEDIA) ausgehen. Damit erhält man eine Gesamtmasse des Universums von $5,967 \cdot 10^{53}$ kg, also nicht um Welten entfernt von der Größenordnung Hollemanns.

Ein weiteres Fragenfeld resultiert: Bei der gegenseitigen Vernichtung von X-Teilchen und Antiteilchen sind diese energetisch – materiellen Gebilde, die aus drei der bereits beschriebenen vier Urkräften entstanden sind, vernichtet worden bzw. die von ihnen repräsentierte Masse ist wieder zu Energie (den drei Urkräften?) transformiert worden. Was ist aus ihrem negativen Symmetriepartner, der Gravitation geworden? Ist sie sozusagen in Kopplung mit vernichtet worden?

Das kann m.E. im Sinn der Energieerhaltung nicht sein, denn die Nihilationsenergie ist ja noch vorhanden, wenn auch nur als dissipative Energie. Es müssten also Energiefelder vorhanden sein, die gemäß der ART gravitativ wirken. Die Gravitationskraft müsste also ihren Symmetriepartner in dieser dissipativen Energien haben, die ja nach der SRT auch Masse entspricht.

Sie wäre aber körper- und masselos. Dass man in diesem Gedankenspiel an Dunkle Energie usw. denkt, ist sicher nahvollziehbar.

Plausibilitätsberechnung 4:

Berechnung der Gesamtmasse des Universums aus der Anzahl der Quarks:

Nach 10^{-6} Sekunden, unterhalb etwa 10^{14} K, korrespondierend mit einer Quantenenergie von 1-10 GeV, blieben nach der Quarks– Antiquarks Vernichtung, nur noch etwa 1 Milliardstel Quarks übrig. Dieser Rest beträgt endgültig etwa 10^{80} Quarks (Fritzsche, 1983, S. 303).

Man kann entsprechend der Formel $E = m \times c^2$ von Elektronenvolt auf Masse umrechnen ($m = E / c^2$), wobei $1 \text{ MeV } c^{-2}$ einer Masse von ungefähr $1,8 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$ ¹⁵² entspricht.

Wenn man berücksichtigt, dass die Masse von einem U-Quark = 1,5 -3,3 in $\text{MeV } c^{-2}$, und die Masse von einem D-Quark = 3,5 – 6,0 in $\text{MeV } c^{-2}$ entsprechen, erhält man für eine mittlere Quarks-Masse ca. $3,6 \text{ MeV } c^{-2}$.

Errechnete Gesamtmasse des Universums:

$$10^{80} \times 3,6 \times 1,8 \times 10^{-30} \text{ kg} = 6,48 \times 10^{50} \text{ kg} = 6,48 \times 10^{47} \text{ t}$$

Da fehlen 3 Größenordnungen zu Hollemann-Wiberg mit $1,187 \times 10^{50} \text{ t}$ s.o.)

Es ist aber zu bedenken, dass die Summe von 3 Quarks (3 Quarks bilden jeweils 1 Proton oder 1 Neutron, beides sind Hadronen), bei einer mittleren Quarks-Masse ca. $3,6 \text{ MeV}c^{-2}$, lediglich eine Gesamtmasse von ca. $10,8 \text{ MeV}c^{-2}$ für ein Hadron ergibt.

Ein Hadron, wie das Proton, hat aber tatsächlich eine Ruhemasse von ca. $940 \text{ MeV}c^{-2}$! Es muss also für ein Quark mit einer höheren Masse, nämlich ca. 313 ($940/3 = 313$) $\text{MeV}c^{-2}$, anstelle von $3,6 \text{ MeV}c^{-2}$ gerechnet werden.

$$10^{80} \times 313 \times 1,8 \times 10^{-30} \text{ kg} = 0,563 \times 10^{53} \text{ kg} = 0,563 \times 10^{50} \text{ t}$$

(s.o.: $1,187 \times 10^{50} \text{ t}$ lt. (Holleman, 1985, S. 1312))

Das klingt doch schon annehmbar!

Woher kommt dieser Energieunterschied von 3 Quarks zu einem Proton? Hasinger erklärt das wie folgt: Zitat: „*Der größte Teil der Protonen- und Neutronenmasse und damit unserer normalen, baryonischen Masse muss in der Bewegungsenergie der Quarks und der Bindungsenergie der Gluonen innerhalb der Baryonen stecken:*“ (Hasinger, 2009, S. 74)

Eine analoge Begründung finden sie bei Rüdiger Vaas (Vaas, 2013, S. 113), der ebenfalls die Hauptmasse der Baryonen aus der Bindungsenergie zwischen Quarks und Gluonen ableitet.

Etwas konkreter argumentiert Rüdiger Vaas (Vaas, 2013, S. 46): "*Außerdem besteht das Proton noch aus einer diffusen Verteilung virtueller Quarks und Gluonen. Deren Bewegungs- und Bindungsenergie macht fast 99 % der Masse des Protons aus, der Anteil der Valenzquarks ist also hierfür sehr gering*".

Ist das nun viel oder wenig? Wie sollen wir das einordnen? Vergleichsweise lebt eine Amöbe in einer Regenpfütze gefühlt (?) in einem kleinen Universum. Letztlich ist viel oder wenig nur ein subjektives Maß im scheinbar endlos Weltraum, vor allem wenn man die Möglichkeit der Existenz von Multiuniversen in Betracht zieht. Man muss diese Zahlen aber auch vor der Leere in jedem einzelnen Atom sehen und kommt ins Grübeln. Erschreckende Leere trotz all der greif- und fühlbaren Welt, die uns limitierend umgibt!

Andererseits ist die „Leere“ eigentlich das allgegenwärtige Vakuum. Dessen „Äußerungen“ in Form von Vakuumfluktuationen, durch

virtuelle Teilchen, verläuft immer symmetrisch: Teilchen und Antiteilchen – eine Nullsumme, die nur durch Symmetriebrüche aufhebbar ist. Energie ist also immer mit Symmetrie verbunden. Ansonsten wäre das Statement der Kosmologen, dass nämlich die Summe der Energie des Kosmos gegen Null geht nicht verständlich.

Nach Wheelers Weltmodell beträgt die Massendichte des Weltalls $15 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$! Unfassbar wenig! Rechnet man in Energie um, kommen natürlich große Zahlen heraus. Ist diese errechnete Energie viel oder wenig? Auch hier gibt es keinen Vergleich. Hatten die alten Griechen doch Recht, die latinisiert vom „horror vacui“ sprachen? Sie ahnten wohl schon, dass es außer der sichtbaren Materie ein Schrecken einflößendes Vakuum gibt, das, wie wir heute wissen, Materie emittieren kann, wenn es sich selbst stört.

Bezogen auf unsere menschliche Körpergröße stehen wir anscheinend in der Mitte: Um uns ein gigantisches Universum, in uns die Winzigkeit von Atomen. Mit beiden kommunizieren wir über elektromagnetische Energie-Felder bzw. Gravitation.

Vollends ins Grübeln kommt man aber, wenn einem bewusst wird, dass Elektronen und die Protonen und Neutronen aufbauenden Quarks, vor langer Zeit, in der kosmischen Inflation, nur über die Wechselwirkung mit den Higgs-Feldern überhaupt zu Masse kamen. In der Standardtheorie der Elementarteilchen, sind diese im Hochenergiebereich zunächst ohne Masse. Erst das Higgs-Feld verleiht ihnen Masse. (Siehe: Ergänzung 4: Zusammenstellung der Elementarteilchen und ihren Wechselwirkungskräften). Eine Einführung in diese komplexe Materie finden Sie in dem Buch „Verborgene Universen“ von Lisa Randall (Randall, 2005, S. 246).

Weiter oben haben wir gesehen, dass ein Energiequant von 1-10 GeV etwa einem Temperaturbereich von 10^{14} Kelvin entspricht.

Wenn, wie oben abgeschätzt, die gesamte Masse an Quarks des sichtbaren Universums etwa $0,563 \times 10^{50} \text{ t}$ beträgt, kann man sich fragen, welchen Bruchteil diese 10^{80} Quarks (Energiequanten) energetisch von der Gesamtenergie des Urknalls ausmachen. Denn nach den bisherigen Erörterungen könnte man voraussetzen, dass diese Masse ihren Ursprung in der Energie des Urknalls hatte bzw. im Urknall aus Energie entstanden ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die $0,563 \times 10^{50} \text{ t}$ nur der nach dem Symmetriebruch der Baryogenese verbleibende Teil an Quarks-Materie ist. Vor dem Symmetriebruch waren das ca. 1 Milliarde Mal ($= 10^9$) mehr Quarks und dazu verdoppelt sich die Zahl, da ja auch Antiquarks vorhanden waren.

Plausibilitätsberechnung 5:

Spekulative Masse aller Quarks vor dem Symmetriebruch:

(Siehe: Plausibilitätsberechnung 4,)

$$m = 0,563 \times 10^{53} \text{ kg} \times 10^9 \times 2 = 1,126 \times 10^{62} \text{ kg}$$

Umrechnung der Masse aller Quarks in Energie gemäß $E = m \times c^2$:

$$E = 1,126 \times 10^{62} \text{ kg} \times 9 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2 = 10,13 \times 10^{78} \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 6,2420 \times 10^{18} \text{ eV} = 6,2420 \times 10^9 \text{ GeV}$$

Energie aller Quarks vor dem Symmetriebruch:

$$\begin{aligned} E &= 10,13 \times 10^{78} \times 6,2420 \times 10^9 \text{ GeV} \\ &= 63,256 \times 10^{87} \text{ GeV} \approx 6,3 \times 10^{88} \text{ GeV} \end{aligned}$$

Weiter oben haben wir festgestellt: Ab 10^{14} Kelvin beträgt die mittlere Energie eines Energiequants etwa 1-10 GeV.

Damit sollten vor dem dritten Symmetriebruch und der gegenseitigen Vernichtung von Quarks und Antiquarks, formal "K"-Teilchen kurzfristig vorhanden gewesen sein:

$$K = 6,3 \times 10^{88} \text{ GeV} / 1 \text{ GeV} = 6,3 \times 10^{88}$$

Davon verbleiben durch den Symmetriebruch nur etwa 1 Milliardstel in Form von 10^{80} Quarks. Die Größenordnung stimmt in etwa.

(Ist diese Lösung eine notwendige Folge der Voraussetzungen, die ich annahm?)

1. Voraussetzung: Anzahl der Quarks vor dem Symmetriebruch = 10^{80} heute, multipliziert mit 2 Milliarden, also ca. 10^{89} .
2. Bei 10^{14} Kelvin beträgt die mittlere Energie eines Energiequants etwa 1-10 GeV bzw. 1000 – 10 000 MeV. Diese Energie entspricht einer Masse von 313 bis 3130 MEV/ c^{-2} .

Ergebnis: Diese Lösung ist trivial!)

Würde man die Gesamtenergie wie sie in der Plausibilitätsberechnung 1, mit $> a \times V \times (10^{32})^4 = a \times V \times 10^{128} \text{ eV} = a \times V \times 10^{119} \text{ GeV}$ gefunden wurde errechnen und diese dann durch die Energie eines Energiequants teilen, sollte sich ebenfalls $K = 6,3 \times 10^{88}$ ergeben. Dann wären aber Gesamtenergie und Energie eines Quants unabhängig voneinander errechneter Größen. Aber, wie sind die Größen a und V anzusetzen?

Oder umgekehrt:

$$a \times V \times 10^{119} \text{ GeV (Gesamtenergie) } / 6,3 \times 10^{88} = a \times V \times 10^{119} / 6,3 \times 10^{88}$$

Eine interessante Interpretation zur Masse des Universums habe ich bei Paul Davis gefunden (Davies, Der kosmische Volltreffer, 2006, S. 67):

Zitat Anfang: *„Neue Befunde, vor allem aus der WAMP haben bestätigt, dass das Universum als flach anzusehen ist, weil die durch die Sterne an sich bestehende Raumkrümmung durch einen gegenläufigen Effekt letztlich geglättet wird. Grundsätzliche Überlegungen, die davon ausgehen, dass die Gravitation als negative Energie anzusehen ist, gipfeln in der Feststellung, dass damit die Nettomasse des Universums null ist. Dieses verblüffende Ergebnis wird erhalten, wenn man davon ausgeht, dass im Hinblick auf das gesamte Universum die Gravitation als negative Energie bewertet werden kann, was aber damit auch einer negativen Masse von -10^{50} t entspricht. Zählt man aber die gesamte Masse in Form von Sternen und sonstiger Materie zusammen (s.o.), kommt man auf die gleiche, aber positive Zahl. Ein Nullsummenspiel“* Zitat Ende. Überraschend!

Zurück zur Baryogenese

Aus Energie ist Materie in Form von Quarks und Elektronen entstanden, und damit stehen wir unmittelbar vor der Geburt der chemischen Elemente.

Quarks sind die Bausteine der Atomkerne. Bereits 1964 hatten Murray Gell-Mann¹⁵³ und Georg Zweig¹⁵⁴ ein Quarks Modell vorgeschlagen, das besagt, dass Protonen und Neutronen aus jeweils drei Ergänzungen, den sogenannten Quarks bestehen. (Quarks ist ein von Gell-Mann eingeführte Bezeichnung, die sich auf ein nach James Joyce geprägtes Kunstwort bezieht). 1970 begann die experimentelle Suche nach den Quarks beim CERN-Forschungsinstitut. Das Resultat war die eindeutige Bestätigung dieser Hypothese.

Aus jeweils drei der verbliebenen Quarks, die den Materie-Antimaterie Vernichtungsprozess überlebt haben, entstanden zunächst gleich viele Protonen und Neutronen. Allerdings handelt es sich dabei um zwei verschiedene Quark-Typen. Das Proton besteht aus zwei u- und einem d-Quark, während das Neutron aus einem u- und zwei d-Quarks besteht.

Das freie Neutron ist aber, im Gegensatz zum Proton, kein stabiler Kernbaustein, sondern zerfällt unter Betastrahlung (β^-) in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino. Die Lebensdauer beträgt ca. 880 Sekunden (knapp 15 Minuten); dies entspricht einer Halbwertszeit von etwa 610 Sekunden. Diese kurze Zeitspanne hatte enorme Bedeutung für die Bildung der ersten zwei chemischen Elemente-Atomkerne des Kosmos, den Wasserstoff und das Helium. Nur aufgrund dieser relativ langen Lebensdauer von 880 Sekunden war die Voraussetzung gegeben,

dass die noch kürzere Abkühlzeit des Urknalls die Neutronen sozusagen als stabiles Deuterium¹⁵⁵ (s.u.) abfangen konnte, bevor sie zerfielen.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten des Neutronenzerfalls:

1. Temperaturbedingter Mechanismus des Neutronenzerfalls in der ersten Urknall-Sekunde; Proton-Neutron-Gleichgewicht:

Da die Neutronenmasse ($939,565\,346\text{ MeV}/c^2$) nur um etwa $1,3\text{ MeV}/c^2$ größer ist als die Protonenmasse ($938,272\,013\text{ MeV}/c^2$), wandeln sich Neutronen und Protonen, solange thermisches Gleichgewicht gegeben ist, sehr schnell in einander um. Beide sind dann im Mittel ständig vorhanden. Dies ist solange der Fall, wie die Temperatur deutlich oberhalb der Erwartungswerte bzw. den Temperaturniveaus der beiden Teilchen, also ca. 10^{13} Kelvin liegt. Ursache ist die Starke Wechselwirkung (s.a.: Ergänzung 4). Der Prozess konnte schon vor vielen Jahren in dem Teilchenbeschleuniger PETRA¹⁵⁶ durch die Wechselwirkung von einem Elektron und einem Positron beobachtet werden, ist also keine graue Theorie.

Plausibilitätsberechnung 6

Temperaturniveau des Neutrons:

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times 939,56 \times 10^6 = 7.269.041.000.000 \text{ Kelvin} \quad \text{also ca. } 7,27 \times 10^{12} \text{ Kelvin}$$

Temperaturniveau des Protons:

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times 938,27 \times 10^6 = 7.259.060.000.000 \text{ Kelvin} \quad \text{also ca. } 7,26 \times 10^{12} \text{ Kelvin}$$

Wenn die Temperatur auf $<10^{13}$ Kelvin gefallen ist und dieser Abfall sehr schnell geschieht – man hat dafür einen Zeitraum von ca. 1 Sekunde errechnet – wird dieses Gleichgewichts-Wechselspiel sozusagen eingefroren und mündet, bei einem Niveau von etwa

75 % Protonen und 25 % Neutronen,

in einem instabilen Zustand. Instabil, da freie Neutronen wie gesagt, nur für durchschnittlich 880 Sekunden stabil sind.

2. Zeitbedingter immanenter Mechanismus des Zerfalls des freien Neutrons

Freie Protonen sind nahezu unendlich beständig.

Siehe aber <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/> . Gemäß dort angedeuteter Theorien könnte eine Ende erst in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen.

Nach 880 Sekunden erreichen dagegen Neutronen den endgültigen Zerfall durch Betastrahlung (β^-) in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino. Wären im oben angeführten schnellen Abkühlprozess des Urknalls die 880 Sekunden deutlich überschritten worden, könnten letztlich nur Protonen überlebt haben.

Dem drohenden Zerfall können die freien Neutronen nur entgangen sein, indem sie sich in Sekundenschnelle in einen stabileren Zustand flüchteten: Ein Proton und ein Neutron vereinigten sich zu dem beständigen Wasserstoffisotop Deuterium. Die ungeheuer kurze Abkühlzeit des Urknalls ist in dieser frühen Phase ein ganz entscheidender Faktor in der Beschreibung der Nukleosynthese.

Setzen wir einmal voraus, dass dieser Unterschied von $1,3 \text{ MeV}/c^2$ im thermischen Ablauf des Urknalls langsamer durchlaufen würde, d.h. in einer Zeit die größer ist als 880 Sekunden, so blieben am Ende wie gesagt, nur Protonen übrig da die Neutronen genügend Zeit hätten, um unter Abstrahlung eines Elektrons und eines Antineutrinos zu einem Proton zu zerfallen. Mit Protonen allein gibt es aber, wie man aus dem Chemieunterricht weiß, keine chemischen Elemente über Wasserstoff hinaus. Denn alle Elemente mit größerer Ordnungszahl als Wasserstoff, enthalten im Kern eine mehr oder weniger große Anzahl von Neutronen, um die positive Ladungshäufung der Protonen im Atomkern zu stabilisieren. Ohne Neutronen gäbe es keine Materie. Für den Grundzustand der Atomkerne wurde ergänzend gefunden, dass dieser nicht eine willkürliche Anhäufung von Protonen und Neutronen ist. Die Kernphysiker haben für dieses Phänomen einen Zusammenhang entdeckt, den sie als magische Kernzahlen¹⁵⁷ (Neutronen- und Protonenzahlen in Atomkernen mit höherer Stabilität) bezeichnen. Durch die Annahme, dass der Temperaturabfall im Urknall so schnell erfolgt - es geht um wenige Sekunden – erklärt sich, dass die Neutronen vor dem 15-minütigen Zerfall von Protonen eingefangen werden und damit in stabiles Deuterium übergehen.

Hier liegt der Schlüssel zur Bildung aller chemischen Elemente; letztlich ist alles wieder eine Frage des Energieniveaus.

Das entstandene Deuterium fusionierte im weiteren Abkühlungsvorgang aufgrund des noch ungeheuer hohen Temperaturniveaus von immerhin noch >900 Millionen Kelvin und einem Druck, der dem in einer Supernova entsprach, sehr schnell zu Helium mit 2 Protonen und 2 Neutronen; ein Zustand, der den nun im Kern gebundenen Neutronen große Stabilität verlieh. Weitere Kernfusionen, z.B. zu Beryllium, Lithium oder Kohlenstoff, waren wegen des exponentiellen Temperaturabfalls nur ganz untergeordnet möglich. Erst in den Sternen von Galaxien kam und kommt es infolge der Gravitationskraft wieder zu weiteren Kernfusionen (s.u.).

Es muss sicher nicht betont werden, dass diese komplexe, zeit- und temperaturabhängige Selbststrukturierung von ID-Anhänger ganz konträr, nämlich, als Lenkungsakt interpretiert wird: "God has done it!".

Im Atomkern findet Neutronenzerfall erstaunlicherweise nicht statt.

Warum?

Beim Zerfall eines Neutrons wird ein Proton erzeugt. Die Protonen und Neutronen im Atomkern setzen dem Zerfall des Neutrons einen so großen Widerstand entgegen, dass das Proton überhaupt nicht erzeugt werden kann. Der Zerfall tritt im Atomkern nicht ein. (Fritzsche, 1983, S. 113). Diese Aussage ist nicht sehr erhellend. Etwas tiefer lässt das quantenmechanische Ausschließungsprinzip von Wolfgang Pauli¹⁵⁸ blicken, das besagt, dass für den Zerfall des kerngebundenen Neutrons kein Platz besteht. Das Ausschließungsprinzip wird uns im Teil 2, beim Aufbau der Elemente, und im Teil 3 im Zusammenhang mit Supernovae noch begegnen.

Zwischenzeitlich lag folgende, in Abhängigkeit von dem Temperaturniveau kurzfristige, energetisch instabile Materie-Verteilung vor:

88 % Protonen und 12 % Neutronen

1.5.6 Die chemischen Elemente Wasserstoff und Helium entstehen (Primordiale Nukleosynthese)

Stichpunkte: Standardmodell der Elementarteilchenphysik (SM), Wasserstoffkern (Protonen = Protium) und Neutronen, Deuterium, Helium-Kern, Ur-Plasma aus Wasserstoff- und Helium-Kernen, Photonen-Entkopplung, Elektronen, Wasserstoff- und Helium Atome

"Primordial" ist, wie erwähnt, das Adjektiv für alles, was die Frühzeit des Kosmos betrifft. "Nukleosynthese" ist der Fachbegriff für die Entstehung von Atomkernen. (Die Beschreibung der Entstehung der weiteren 90 Elemente, über Wasserstoff und Helium hinaus, folgt im Abschnitt 1.6.4 Kernfusion und primordiale Elementsynthese).

Es liegt gemäß dem Standardmodell der Elementarteilchenphysik sehr kurzfristig folgender Materiezustand vor:

Ca. 88 % Protonen und 12 % Neutronen, die aber auf Dauer, in Abhängigkeit vom Temperaturniveau, nicht nebeneinander existieren können da die Temperatur ständig rasant fällt. Von 100 Kernteilchen bestehen also etwa 88 aus Protonen und 12 aus Neutronen.

Anzahlverteilung: 88 Protonen und 12 Neutronen, (Summe: 100)

Masseverteilung: 88 % Protonen ($A_u = 1$) und 12 % Neutronen ($A_u = 1$)

*WIKIPEDIA: In der Chemie wird auf Empfehlung der IUPAC^[1] der Zahlenwert A_u für sich allein, ohne Einheit, als **relative Atommasse** (engl. atomic weight) bezeichnet und formal als eine eigene, dimensionslose Größe aufgefasst, nämlich als das Massenverhältnis des jeweiligen Atoms zu einem gedachten Atom der Masse 1u.. Im Unterschied zu dieser relativen Atommasse wird die in kg, g oder u angegebene Masse als **absolute Atommasse** (engl. atomic mass) bezeichnet.*

Summe der Atommassen A_u : 100 %

Wenn die Temperatur von 900 Millionen Kelvin unterschritten wird, vereinigen sich von 100 Teilchen bis zu 12 Protonen (Wasserstoff-Kerne) und 12 Neutronen zu 12 Deuterium-Kernen. Es sind also von 100 Teilchen nur noch 88 (100 Teilchen – 12 Protonen – 12 Neutronen + 12 Deuteronen) übrig:

Es verbleiben:

Anzahlverteilung: 76 Protonen und 12 Deuteronen (Summe: 88)

Prozentuale Verteilung: 86,4 % Protonen und 13,6 % Deuteronen (Summe: 100)

Masseverteilung: 76 % Protonen ($A_u = 1$) und 24 % Deuteronen ($A_u = 2$)

Summe der Atommassen A_u : 100 %

In diesem Gemisch aus Wasserstoff- und Deuterium-Kernen erfolgt eine finale Verschmelzung von 12 bzw. 6 x 2 Deuterium-Kernen zu 6 Helium-Kernen der Masse 4. Damit bleiben von 100 Teilchen nur noch 82 übrig:

Es verbleiben:

Anzahlverteilung: 76 Protonen und 6 Helium-Kerne (Summe: 82)

Prozentuale Verteilung: 92,7 % Protonen und 7,3 % Helium-Kerne (Summe: 100)

Masseverteilung: 76 % Protonen ($A_u = 1$) und 24 % Helium ($A_u = 4$)

Summe der Atommassen A_u : 100 %

Ergebnis der Energie-Masse-Transformation etwa 3- 30 Minuten nach dem Urknall:

Es verbleibt eine Atommassen A_u -Verteilung von etwa

76 % Wasserstoff- und 24 % Helium-Kernen,

was umgerechnet einer Anzahl von ca. 93 % Protonen- und 7 % Helium-Kernen entspricht.

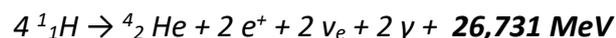
Es hat sich also ein Prozess der Kernfusion abgespielt, wie er sich zu einem viel späteren Zeitpunkt in den Wasserstoff-Sternen der erkalteten Galaxien bis heute ereignet.

Das stimmt recht gut mit der o.a. Vorsage von Alpher überein, der ein Verhältnis von etwa 10 zu 1 berechnete. Aktuelle spektroskopische Untersuchungen haben für das beobachtbare Universum einen Atommassen A_u -Anteil von $23,5 \pm 0,5$ % Helium und ca. 75 % Wasserstoff ergeben, was in Übereinstimmung mit der Theorie steht. Darüber hinaus rechnet man heute in unserer Galaxie mit 0,8 % Sauerstoff, 0,1 % Eisen und 0,1 % an restlichen Elementen des Periodensystems (Fritsch, 1983, S. 276). Bei diesen Vorgängen werden ungeheure Mengen an dissipativer Kernfusionsenergie frei.

Für den Vorgang der Heliumbildung muss sich die gleiche dissipative Energieabstrahlung ergeben haben, wie sie formal für das Wasserstoffbrennen in Sonnen errechnet wurde. Dieser Prozess sollte dem rasanten Abkühlungsprozess des Urknalls entgegengewirkt haben.

WIKIPEDIA: „Mit Wasserstoffbrennen wird die Kernfusion von Protonen (d. h. von Atomkernen des häufigsten Isotops ^1H des Wasserstoffs) zu Helium im Inneren von Sternen (oder, im Fall einer Nova, auf der Oberfläche eines weißen Zwergs) bezeichnet, also mit anderen Worten: die stellare Wasserstofffusion. Diese Reaktion stellt in normalen Sternen während des Großteils ihres Lebenszyklus die wesentliche Energiequelle dar. Alle Sterne der Hauptreihe beziehen ihre Energie aus dem Wasserstoffbrennen. Trotz der Bezeichnung handelt es sich nicht um eine Verbrennung im Sinne der chemischen Redoxreaktion, eine solche setzt bedeutend weniger Energie frei“.

Das Wasserstoffbrennen kann wie folgt **zusammengefasst** werden:



Bei der Fusion von vier Protonen entstehen also neben dem Heliumkern zwei Positronen, zwei Elektronneutrinos und zwei Gammaquanten. Aufgrund des auftretenden Massendefekts wird eine Energie von **26,731 MeV** frei.

Es ist bemerkenswert, dass es im Urknall nur ganz untergeordnet zu über Helium hinausgehender Kernfusion in Form von Lithium und Beryllium kam. Denkbar wäre ja die massenhafte Bildung von Beryllium aus 2 Helium-Kernen und daraus,

mit einem weiteren Helium-Kern, oder aus 3 Helium-Kernen, die Fusion zu Kohlenstoff. Die Fusions-Temperaturen waren ja sicher gegeben, aber eben nur für sehr, sehr kurze Zeit. Die Abkühlung schritt exponentiell voran und gerade das Isotop ^8Be (Halbwertszeit etwa 10^{-17} Sekunden) ist außerordentlich instabil.

Nie war der Kosmos massereicher als zu diesem Zeitpunkt. Weitere Baryogenese findet nicht statt. Alle darauffolgenden Phasen bis zum Ende des Kosmos, werden von der Gravitation und ihrer potenziellen Auswirkung, der Kernfusion, zur Transformation von Masse zurück in Energie beherrscht.

Ist dieses Standardmodell der Elementarteilchenphysik nur ein Konstrukt?

Man muss natürlich kritisch anmerken, dass diese o.a. Berechnungen, die von der Annahme des Urknalls ausgingen, auch genauso gut rückwärts möglich sind. Man kann also von einer Masse von 23,5 +- 0,5 % Helium und ca. 75 % Wasserstoff ausgehen und dann die Verteilung von 92 % Protonen und 8 % Helium-Kern im Urknall errechnen und weiter zurückrechnen wobei beschriebene Temperaturbereiche zu berücksichtigen sind bzw. angenommen werden müssen.

Allerdings hat Alpher, als Schüler von Gamow, wenn auch unfreiwillig, zusammen mit dem an sich unbeteiligten Hans Bethe, diese Ergebnisse schon um 1948 in der Zeitschrift „Physical Review“, mit dem Titel „Der Ursprung der chemischen Elemente“ veröffentlicht. M.W. war zu dieser Zeit aber die heute bekannte kosmische Wasserstoff-Helium-Verteilung noch nicht ermittelt worden.

Das wissenschaftliche Interesse an dieser Hochenergie-Physik dürfte übrigens auch der Vorgabe des amerikanischen Militärs geschuldet sein, die optimalen Zündbedingungen für eine thermonukleare Bombe, die Wasserstoffbombe, zu erforschen. Es geht dabei u.a. darum, gezielt Neutronenabhängige Folgefusionen z.B. von ^3He zu ^4He zu erzeugen, die außerordentliche Energiemengen freisetzen. In diesem "erfolgreichen Wirken" entstanden dann auch, einander ergänzend bzw. bedingend, die großartigen, digitalen Röhren-Rechner, z.B. der MANIAC, des Princeton-Instituts (Institute for Advanced Study, New Jersey). Nur mit deren Rechenleistung waren die komplexen Abläufe der Neutronenfluten im Zündablauf zeitnahe zu berechnen- und verwertbar, um diese in eine "erfolgreiche" thermonukleare Waffe umzusetzen. Wissenschaftler, wie u.a. John von Neumann, Gamow, Bethe, Teller, Ulam, Bigelow und natürlich auch Oppenheimer waren die Treiber. Ihr zeitweiser Einsatz für die Meteorologie oder für Evolutionsrechnungen (Barricelli, (Dyson, 2016, S. 326) sind da wohl eher Feigenblätter; vor allem wenn man weiß, dass v. Neumann, im Zusammenhang mit meteorologischen Rechnungen auch an Wetterbeeinflussung dachte.

Man mag argumentieren, dass mir als deutschem Staatsbürger (Geburtsjahr 1943) die folgenden Anmerkungen nicht zusteht: Die Protagonisten waren überwiegend Hebräer. Das entspricht leider unwiderlegbar den Tatsachen und regt zum Nachdenken an:

Warum war das so?

War es Rache am Hitler-Deutschland? Das kann nicht gelten, da der Krieg für den amerikanischen Imperialismus bereits mit der Atombombe längst gewonnen war. War es Pflichterfüllung gegenüber einem kapitalistischen Amerika, das sie gerettet hatte? Vielleicht.

War es die Angst vor dem russischen Waffen-Konkurrenten bzw. dessen undemokratischer, kommunistischer Führung? Das wäre verständlich. Was aber wusste man über diesen Konkurrenten, dessen gesellschaftspolitisches System von Medien des militärischen Amerikas durchaus ebenso manipulativ dargestellt worden sein mag, wie die nachweislich unbegründete Angst vor einer deutschen Atombombe. Die zweckorientierte Ethik kannte nur das Ziel: Den Krieg gewinnen. Moralische Bedenken wurden ausgeblendet.

War es Karriere-Sucht bzw. Erfolgsdruck, da die amerikanischen Drahtzieher alle Wissenschaftler mit Zeitverträgen an einer kurzen Leine hielten.

Oder haben es die Genannten selbst zu verantworten, infolge fast instinkthafter, Kritik überspielender Scheuklappen-Neugier, wofür meinerseits ein gewisses widerwilliges Verständnis besteht: funktioniert das Ganze?

Nun zu den von Kosmologen ermittelten Fakten über die Verteilung der Elemente im Universum:

Genauere Kosmos-Untersuchungen der Astrophysiker führten zur Unterstützung der Entstehungstheorie von Wasserstoff und Helium (Weiss A.). Dabei nutzte man Himmelsobjekte, die sich seit dem Urknall sehr wenig verändert haben: Zwerggalaxien. Diese finden sich zuhauf z.B. im Umfeld unserer Milchstraße, die, wie z.B. auch die Andromeda-Galaxie, zu unserer sogenannten "Lokalen Gruppe" gehört. Spektroskopische Untersuchungen haben ergeben, dass Zwerggalaxien erstaunlich wenig an schweren chemischen Elementen enthalten, was dafürspricht, dass die bekannten Kernfusionsprozesse im Sterninneren nicht recht zur Entfaltung kamen. Waren sie zu klein, um die ganze Palette der primordialen Elementsynthese abwickeln zu können? Diese sehr alten und sehr häufigen Gebilde sind in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der Suche nach Schwarzer Materie in den Blickpunkt der Astrophysiker geraten (Vaas, 2013, S. ab 280).

Mittels Radiowellen-Messungen ist die Verteilung von Wasserstoff und Helium ermittelbar. So strahlt z.B. Wasserstoff eine elektromagnetische Strahlung im Radiowellenbereich von 21 cm ab. Emissions- bzw. Absorptionslinien entstehen durch den Hyperfeinstrukturübergang im neutralen Wasserstoffatom. Das ist der Energieunterschied zwischen der parallelen und antiparallelen Spin-Orientierung des Elektrons relativ zum Spin des Protons. Die Energiedifferenz beträgt etwa $5,9 \cdot 10^{-6}$ eV, entsprechend einer Radiofrequenz von 1,42 GHz und einer Wellenlänge von 21 cm. Heute ist es den Astrophysikern gelungen, mit Hilfe dieser Strahlung die Wasserstoffverteilung in der Andromeda Galaxie zu bestimmen:

Element	Protonen im Kern	Neutronen im Kern	Elektronen in der Hülle	Relative Häufigkeit
Wasserstoff	1	0	1	76 %
Deuterium	1	1	1	3×10^{-5} von Wasserstoff
Helium 3	2	1	2	1×10^{-4} von Helium 4
Helium 4	2	2	2	24 %
Lithium 7	3	4	3	3×10^{-10} von Wasserstoff

Tabelle 4: Chemische Elemente der primordialen Nukleosynthese

Bitte beachten: Masseverteilung 76 % Wasserstoff- und 24 % Helium-Kernen, was umgerechnet einer Anzahl von ca. 92 % Protonen- und 8 % Helium-Kernen entspricht.

Das ist von besonderem Interesse, weil zum einen anhand astronomischer Untersuchungen der Beweis angetreten werden kann, dass die aus theoretischen Überlegungen des Standardmodells der Elementarteilchenphysik abgeleitete Massen-Verteilung der ersten Elemente, Wasserstoff ca. 76 % und Helium ca. 24 %, auch spektroskopisch im Kosmos nachweisbar ist.

Zum Zweiten haben alle Untersuchungen der Astrophysiker ergeben, dass die errechnete Wasserstoff-Helium-Verteilung im gesamten Kosmos gilt. Basis dieser Beurteilung wird wohl das „Kosmologische Prinzip“ (s.o.) sein, dass allerdings nicht unumstritten ist, z. B.: (Unzicker, 2012). Damit erhält die Theorie des Urknalls durch diese Beobachtung eine ganz wesentliche Stütze. Nur mit der Urknall-Hypothese ist das Vorhandensein von Helium im Weltall erklärbar. Dies trifft für die Theorie Hoyles nicht zu.

Gehen wir weiter im Standardmodell (SM):

Nachdem sich ein Plasma von Atomkernen aus Wasserstoff, Helium und zusätzlich aus Elektronen und Photonen gebildet hatte, war es nur eine Frage weiteren Temperaturrückgangs, bis diese Kerne, die ihrer Ladung entsprechende Anzahl von freien Elektronen einfangen würden. Das Proton vereinnahmte ein Elektron, der Helium-Kern (2 Protonen) zwei.

Elektronen sind ja, wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, im Urknall in ausreichender Zahl gebildet worden. Dieses Einfangen der Elektronen nach dem Urknall, als die Photonen-Entkopplung bezeichnet, lässt sich errechnen: Nach etwa 300 000 Jahren, etwa 100 000 Jahr lang, nach Erreichen von etwa 3 - 4000 Kelvin, muss das geschehen sein. Es ist der Übergang vom Plasma zum atomaren Zustand, also von nackten Atomkernen zu Atomen mit besetzten Elektronenbahnen. Oberhalb dieser Temperatur wurden im Plasma aus vollständig ionisierten Wasserstoff- und Helium-Kernen die Photonen ständig gestreut und damit war

es undurchsichtig. Unterhalb dieser Temperatur konnten die nackten Kerne Elektronen zu neutralen Wasserstoff- und Helium-Atomen einfangen. Sie wurden elektrisch neutral und die Lichtstreuung der Photonen war nicht mehr möglich, weil ihre Energie gerade noch für die Anregung von Elektronen zum Erreichen höhere Elektronenbahnen des Atoms ausreichte. Es ward Licht. Das Universum wurde lichtdurchlässig.

In diesem Zusammenhang möchte ich eine interessante Theorie – „*Die baryonische Oszillation aus „heise online vom 28.11.2021 : Das Rätsel der Dunklen Materie – der unsichtbare Elefant der Kosmologie“*“ vorstellen:

Sie sieht in der Dunklen Materie einen wesentlichen Faktor für die Hintergrundstrahlung: Es gibt Merkmale für die Entstehung winziger, örtlicher Temperaturdifferenzen. Sie resultieren aus submikroskopischen Dichteschwankungen, die durch die kosmische Inflation auf kosmische Dimensionen anwuchsen.

Damit lagen im Plasma Orte erhöhter Dichte mit einem Überschuss an Materie und Photonen vor. Das Plasma war wegen der freien Elektronen nicht transparent, weil sie die Photonen bei jedem Stoß ablenkten. Die Elektronen erhielten dadurch einen Stoß in die Gegenrichtung. An Stellen, wo ein Überschuss an Strahlung bestand, schoben die Photonen die Elektronen nach außen in weniger dichte Zonen. Die Elektronen zogen die Protonen mit und verdünnten das Plasma, das abkühlte. Demzufolge hätte eigentlich Durchmischung der Materie eintreten müssen und kleine Hintergrundstrukturen wären verschwunden.

Nun aber fiel die Materie wieder an den Platz zurück von dem sie gekommen war. Grund: Es war dort eine Masse verblieben, die weder vom Strahlungsdruck der Photonen noch von der elektrischen Kraft der Elektronen beeinflusst worden war: Dunkle Materie. Es folgte erneute Plasmaverdichtung. Das Spiel begann von vorn. Akustisch deshalb, weil das stoßweise oszillierende Plasma schallartige Druckwellen erzeugte. Als das Plasma zu Atomen rekombinierte, machte sich die Strahlung der zuletzt verbliebenen Strukturen geradlinig auf den Weg. Bis zu uns. Das NASA-Weltraumteleskop WMAP konnte tatsächlich diese Spuren finden [https://de. Wikipedia.org/wiki/Wilkinson_Microqave_Anisotropy_Probe](https://de.wikipedia.org/wiki/Wilkinson_Microqave_Anisotropy_Probe).

Ich muss gestehen, dass mich so viel Plausibilität überfordert-

Nicht unerwähnt bleiben darf die noch immer messbare Gegenwart von Photonen. Man nimmt heute an, dass den gesamten Kosmos ca. 400 Photonen pro Kubikzentimeter erfüllen. Das korreliert mit der Hintergrundstrahlung von 0,00002 eV und einer Temperatur von etwa 3 K. Damit gibt es heute etwa eine Milliarde Mal mehr Photonen als Elektronen oder Kernteilchen. Sie blieben bei der gegenseitigen Vernichtung von Materie und Antimaterie in der Baryogenese übrig.

Die Bedeutung von Helium und Neutronen für die Materiebildung

Nach dem Urknall waren zunächst in der Planck-Ära

WIKIPEDIA: "Die Zeit liegt vor der kleinsten messbaren Zeit, der Planck-Zeit bei etwa 10^{43} Sekunden. Die Temperatur zu diesem Zeitpunkt entspricht der Planck-Temperatur etwa 10^{32} Kelvin. Bis zu diesem Zeitpunkt gab es nach Meinung der Wissenschaftler nur eine fundamentale Kraft, die Urkraft. Bis heute gibt es keine allgemein akzeptierte Theorie für die Planck-Ära. Als mögliche Kandidaten gelten die M-Theorie und die Schleifenquantengravitation".

alle 4 Wechselwirkungs-Kräfte vereinigt. In der darauffolgenden GUT-Ära

WIKIPEDIA" Nach der Planck-Ära schloss sich nach einer spontanen Symmetriebrechung die Baryogenese an. Dabei spaltete sich die Urkraft in die X-Kraft oder GUT-Kraft und die Gravitation auf. GUT¹⁵⁹ steht für 'Grand Unified Theories' zu Deutsch: Große vereinheitlichte Theorie. Diese würde die starke Kernkraft, die schwache Kernkraft und die elektromagnetische Kraft vereinigen. Hochenergie-Experimente an Teilchenbeschleunigern deuten darauf hin, dass bei einer Energie von etwa $2 \cdot 10^{16}$ GeV die drei genannten Kräfte nicht mehr voneinander unterscheidbar sind. Oberhalb dieser Energie gäbe es daher nur eine Kraft, die als GUT-Kraft bezeichnet wird. Dies wäre ein Zustand höherer Symmetrie. Bei Energien unter diesem Wert bricht diese Symmetrie auf und die drei genannten Kräfte würden sichtbar. Allerdings kann derzeit die nötige Energiedichte in Laborexperimenten nicht erreicht werden um solche Theorien ausreichend zu prüfen".

spalteten sich die zunächst die Gravitationskraft ab und danach, in der Inflation, gemäß Alan Guth, die elektromagnetische, die schwache und die starke Kernkraft. Von nun an, etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall, wurde alles weitere stoffliche Geschehen von den beiden chemischen Elementen, Wasserstoff und Helium, sowie zunächst auf mikroskopischer, dann auf makroskopischer Ebene von der zwischen ihnen wirkenden vierten Kraft, der Gravitation bestimmt. Es sei jetzt schon darauf hingewiesen, dass in der weiteren kosmischen Entwicklung, im Gegensatz zu Helium, keine nennenswerten weiteren Mengen an Wasserstoff mehr entstanden sein dürften. Der Bestand an Helium dagegen war keine Konstante. Weiteres Helium und damit die im Helium-Kern enthaltenen Neutronen, wurden im Lauf der primordialen Elementsynthese durch Kernfusion in den Sternen aus Wasserstoff erbrütet und waren stoffliches Ausgangsmaterial für alle höheren Elemente.

Ohne die in Helium enthaltenen Neutronen aus der Baryogenese, hätten keine chemischen Elemente entstehen können.

Hoimar von Ditfurth¹⁶⁰ hat den daraus folgenden Ablauf in seinem Buch: „Am Anfang war der Wasserstoff“ angesprochen. Zwar muss man, wie dargelegt, davon ausgehen, dass neben dem Wasserstoff-Kernen auch Helium-Kernen die Hauptmasse der primordialen Nukleosynthese darstellten; im Grunde trifft die plakative Aussage Ditfurths aber den Tenor der weiteren Entwicklung. Nur liegt der Anfang eben noch vor der Entstehung des Wasserstoffs.

Im folgenden Literaturvergleich möchte ich die aus der Populärliteratur zugänglichen Daten gegenüberstellen. Die mit E1 – E8 bezeichneten Entscheidungsepochen fließen in weitere Betrachtungen ein.

Kosmos-Bildung in tabellarischer Form. Versuch eines Abgleichs der Populärliteratur

Kennzahlen				Quelle: Hasinger, u.a.		Quelle: Fritzsich	Quelle: Davis
Zeit (sec)	Temp. (Kelvin)	Energie (GeV)	Entscheidungs-Epo-chen	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall	Kräfte u. Austauschteilchen	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall
0 sec	?	?	Singularität,	Urknall: Alle 4 Ur- Kräfte sind vereinigt: ST = starke Kernkraft EM = elektromagnet. Kraft SW = schwache Kernkraft GR = Gravitationskraft	enthaltend: ST = stark (Gluonen) EM = elektromagnetisch (Photon) SW = schwach (W- u. Z-Bosonen) GR = Gravitation (Graviton)	Details sind unbekannt	Alle 4 Ur-Kräfte sind vereinigt. Höchste Kräfte-Symmetrie
<10 ⁻⁴³ sec	10 ³² K	>10 ¹⁹ GeV	Planck-Ära				
10 ⁻⁴³ sec	10 ²⁹ K	10 ¹⁶ GeV	GUT-Ära E 1	1. Symmetriebruch: Trennung der Gravitationskraft GR von der GUT-Kraft	GR + GUT (= ST + EM + SW) GUT-Kraft = X-Kraft wird durch X-Boso- nen übertragen	Teilchen stabilisieren sich vorüber- gehend auf niedrigeren Energienive- aus: Es entsteht ein Plasma aus Quarks, Elektronen, Neutrinos, Photonen, Gluonen, X-Teilchen und allen An- titeilchen.	
10 ⁻³⁵ sec	10 ²⁸ K	10 ¹⁵ GeV	Inflation E 2	Alan Guth: (Inflationstheorie) Vakuum mit sehr hoher Energie (Higgs-Feld), Zerfall des Vaku- ums führt zu abstoßender Wir- kung und inflationärer Ausdeh- nung. Alle Teilchen können ent- stehen und können ineinander übergehen solange Thermisches Gleichgewicht gegeben ist. Siehe: 1.5.5.2		Baryogenese: X-Teilchen zerfallen. Am Ende die- ser Epoche verbleiben neben 1 Milliarde Antiquarks nur 1 Milli- arde plus 1 überschüssige Quarks sowie 1 Milliarde plus 1 Elektro- nen gegenüber Positronen	SW und EM sind noch vereinigt
10 ⁻³² sec	10 ²³ K	10 ⁹ GeV	Inflation E 3	2. Symmetriebruch: X-Bosonen zerfallen (= GUT- Kraftteilchen), GUT –Kraft spal- tet in starke und elektroschwa- che Kraft, Phasenübergang, Energie wird frei	GR + ST + (EM + SW)		Higgs-Feld = 0, Teilchenmasse = 0 Damit ist Higgs-Feld symmetrisch, aber instabil. Temperaturabfall führt zu Symmetriebruch und Energiezuwachs des Higgs-Feldes sowie Massebildung aller Teilchen
Entropie und Fakten der Literatur				Quelle: Hasinger, u.a.		Quelle: Fritzsich	Quelle: Davis

Zeit (sec)	Tempo. (Kelvin)	Energie (GeV)	Entscheidungs-Epo-chen	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall	Kräfte u. Austauschteilchen	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall
10^{-11} sec	10^{16} K	10^2 GeV	E 4	3. Symmetriebruch: Elektro- schwache Kraft spaltet in schwache und elektromagnetische Kraft	Vollständige Trennung von: GR + ST + EM + SW		Eichsymmetrie wird durch das Higgs-Feld spontan gebrochen. Die Reichweite der SW sinkt enorm, sie wird schwächer als EM (Eichsymmetrie: Größen bleiben gleich, wenn man das Messsystem neu skaliert)
10^{-6} sec	10^{13} K	10^1	E 5	Protonen- und Neutronenent- stehung im Verhältnis 5:1. Die meisten Elektronen und Positronen zerstrahlen. Es bleibt der Bruchteil, der die Protonenladung ausgleichen kann,		Protonenzeitalter: Unter 1 GeV Zerstrahlung von Quarks und Antiquarks zu Photonen. Der 1 Milliardstel Überschuss an Quarks der 2. Epoche überlebt. Je 3 Quarks bilden Protonen und Neutronen	
10^2 sec	10^{10} K	10^{-3} GeV	E 6	Neutrino-Entkopplung		- Neutrinos werden entkoppelt - von 10^{-3} bis 100 sec zerfallen Neutronen zum Teil zu Protonen (Verhältnis: 25 zu 75, bis 12 zu 88) - Elektronen und Positronen vernichten sich. Nur der protonen-äquivalente Teil der Elektronen überlebt:	
						- instabile Deuterium-Bildung aus Neutron + Proton - stabile Helium-Bildung aus 2x Deuterium, Resultat: Stabile ca. 76 % Wasserstoff, 24 % Helium	
10^{13} sec = 3×10^5 Jahre	$< 10^4$ K	10^{-9} GeV	E 7	Photonen-Entkopplung		Atombildung. Photonen werden nach 300 000 Jahren bei ca. 4000 K entkoppelt. (Dauer: 100 000 Jahre) Die Materie wird nun von der Gravitation beherrscht. Folge: Kernfusion, permanenter Masseverlust und Abstrahlung von Fusionsenergie	
Entropie und Fakten der Literatur				Quelle: Hasinger, u.a.		Quelle: Fritzsich	Quelle: Davis
Zeit (sec)	Temp. (Kelvin)	Energie (GeV)	Entscheidungs-Epo-chen	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall	Kräfte u. Austauschteilchen	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall	Abläufe, veranlasst durch unge- heuren Temperaturabfall

$4,3 \times 10^{17}$ sec= $13,8 \cdot 10^9$ Jahre			E 8	heute		Galaxien, Sterne. Die Materie wird nun von der Gravitation beherrscht: Kernfusion, permanenter Masseverlust und Abstrahlung von Fusionsenergie ca. 76 % Wasserstoff, 23 % Helium, 0,8 % Sauerstoff, 0,1 % Eisen, 0,1 % restl. Elemente	

Tabelle 5: Kosmos-Entstehung, Versuch eines Abgleichs der Populärliteratur

1.5.7 Zurück zu 1.1 und o.a. Graphiken Tabelle 5

Lassen Sie mich noch einmal zurückkommen zum Abschnitt 1.1 und dem Konzept: s.: 1.1.6 „Die Entropie strebt einem Maximum zu“.

Eine spekulative Betrachtung zur Entropie

Im Abschnitt 1.1 wurde dargestellt, wie gemäß der Urknall-Theorie die Teilchen des Mikrokosmos entstanden sein könnten. Was kann für die Entropie in dieser Phase erwartet werden?

Ich lasse nochmals mein vermutetes spekulatives Prinzip anklingen:

Auf das Symmetrie-Hoch der Planck-Ära, nach dem Urknall, folgten nach 10^{-43} Sekunden (Planck-Zeit), die GUT-Ära, mit der Entfaltung der Gravitationskraft aus den ursprünglich vereinigten vier Ur-Kräften. Es kam zu Symmetriebrüchen. Ausgelöst durch diese Brüche, nahmen Isotropie und Symmetrie ab und Strukturierung zu. Formal gesehen musste daher auch die Entropie abnehmen. Sie fiel in einer Milliardstel Sekunde stufenweise in ein Minimum, wobei die restlichen drei Ur-Kräfte freigesetzt wurden, und die ursprünglich hohe Symmetrie verloren ging. Diese Symmetrieverringern war begleitet von der dissipativen Entfesselung ungeheurer Energiemengen, vergleichbar einer Kristallisation bei der Kristallisationswärme frei wird. Die Energie-Freisetzung ergibt sich aus der eingangs erwähnten Betrachtung des Zauberofens, der, wie erwähnt, als Modell des Urknalls herangezogen werden kann:

Wie gesagt: Die Gesamtenergie E in einem Volumen V eines schwarzen Körpers, steigt mit der 4. Potenz der Temperatur:

$$E = a \times V \times T^4$$

Da nach dem Urknall die Temperatur inflationär außerordentlich stark abfiel, entspricht dieses Minimum einem entsprechend wesentlich niedrigeren Energieniveau. Damit muss ein Großteil der Energie, der auf dem höheren Ausgangsniveau vorhanden war, aus Erhaltungsgründen noch irgendwo vorhanden sein bzw. in das Raum-Zeit-Kontinuum abgestrahlt worden sein: Dissipation.

Ich bin der Meinung, dass man in dieser Phase, der Zeit von 10^{-43} bis 10^{-6} sec, den Begriff Entropie zumindest formal diskutieren kann, da Entropie-Kriterien wie Symmetrie, Ordnung, Strukturierung und Wahrscheinlichkeit anwendbar erscheinen. Inwieweit vor 10^{-43} sec und letztlich für die Singularität bzw. die vermutete Quantenfluktuation formal ebenfalls Entropie-Kriterien anwendbar sind, ist allerdings fragwürdig bzw. physikalisch gesehen nicht sinnvoll.

Parallel entstanden Materie und Struktur, Synonyme für Ordnung im anthropogenen Sinn, in einer zeitorientierten Folge der ersten Sekunde nach dem Urknall. Es strukturierte sich der Kosmos, der zu Beginn kurzfristig nur mit hoch symmetrischem Plasma und energetischen Feldern erfüllt war.

Dieses Plasma ging unter weiterer Abkühlung in inhomogene Wolken von Atomkernen der Urelemente Wasserstoff und Helium über. Warum es zu Inhomogenität kam, ist an sich noch nicht endgültig geklärt und könnte vielleicht durch Quantenfluktuationen ausgelöst worden sein, ist sicher aber auch ein Ergebnis von Symmetrie zerstörendem Temperaturabfall. So wird z.B. angenommen, dass besagte Quantenfluktuationen während der inflationären Aufblähung der Raumzeit regelrecht eingefroren wurden und sich erst nach der inflationären Entfaltung makroskopisch verstärkt entfalteteten. Siehe: <http://www.drfreund.net/astrometry>. Die WMAP-Ergebnisse bzw. die Ergebnisse des Planck-Satelliten (s.: 1.1.2 und 1.1.3) könnten zur Klärung beitragen. Aus der Inhomogenität des Plasmas entwickelten sich durch die Gravitation Materie-Ballung und Komplexität, besser gesagt differenzierte Gestaltung, wie Galaxien, Sterne und Planetensysteme. Mit einem Wort: Die Entropie sollte, was Struktur und Materie betrifft sinken, wenn man den Entropie-Verlauf plausibel mit Ordnungskriterien erschließen will.

Andererseits erscheint mir diese vordergründige anthropogene Logik angreifbar. Unstrittig ist m.E. die Symmetrie von Ur-Gaswolke in großen, zusammenhängenden Bereiche höher als die von galaktischen Strukturen. D.h. also auch der Verlauf des Symmetriekriteriums – Abnahme an Symmetrie - spricht für eine Entropie-Abnahme, auch wenn man den permanenten Temperaturabfall einbezieht. Fallende Temperatur führt letztlich zu Symmetriebrüchen, also Entropie-Abnahme.

Betrachtet man den Verlauf allerdings unter dem Blickwinkel der Wahrscheinlichkeit, muss man m.E. konstatieren, dass die Wahrscheinlichkeit des dauerhaften Bestehens einer sich abkühlenden Gaswolke geringer ist, als die Bildung einer rotationssymmetrischen Schmelzkugel in Form eines Sterns sobald Gravitation im Sinne einer Selbststeuerung hin zur Aggregation wirken kann. Die Wahrscheinlichkeit für einen kugeldominierten Kosmos gegenüber Ur-Gaswolken steigt; das spräche für eine Entropie-Zunahme, wenn man den Temperaturverlauf außer lässt.

Wir sehen wiederum: in diesem komplexen Prozess der Materiestrukturierung, der durch viele elementare physikalische Abläufe überlagert wird, die man nur ganz oberflächlich kennt, kommen wir mit unseren bisherigen Entropie-Eingrenzungen in Probleme. Letztlich erscheint alles eine Frage der Temperatur zu sein, wobei hohe Temperatur mit hoher Entropie einher geht. Aber um welchen Temperaturverlauf handelt es sich dabei? Zum einen um die Gesamtabkühlung des ständig expandierenden, auskühlenden Universums, aber auch um die durch

gravitative Rückwandlung von Materie in Energie lokal gezündeten milliardenfachen Temperaturzentren der Sterne, womit es also unzählige lokale Entropie-Quellen gegeben haben sollte und heute noch gibt.

Vielleicht beurteile ich das aber auch zu konzeptionell aus der Sicht von Materie und Struktur und betrachte nur eine Komponente der entropischen Historie. Ganz sicher hat auch die Entropie eine holistische Komponente.

Was kann man zu den energetischen Begleiteffekten sagen?

Die Gesamtentropie, die sich aus diesen unzähligen strukturellen, materieorientierten Entropie-Komponenten, den energetischen Begleiteffekten und sicher weiteren, noch nicht erkannten Komponenten zusammensetzt, muss gestiegen sein. Hauptargument ist m.E. der Umstand, dass es durch diese kosmischen Sternengebilden, durch Gravitation, zunächst zur Entfaltung von Entropie erhöhenden Gravitationsfeldern (= Energie) bis in die fernsten Winkel des Raum-Zeit-Kontinuums kam und im Gefolge zu Kernfusionen, deren frei werdende Fusionsenergie in der Raum-Zeit dissipativ verströmte. Demgegenüber kann der Strukturierungseffekt, der sich durch die Bildung von chemischen Elementen darstellt, nur untergeordnet gewesen sein.

Können wir aus diesem Szenario bezüglich des Zusammenhangs von Urknall, Raum-Zeit, Temperatur und Entropie einen Gang ableiten? Ich habe versucht diesen Zusammenhang komprimiert und rein qualitativ in der folgenden Abbildung 6 darzustellen. Es handelt sich dabei um ein rein spekulatives Konstrukt, dessen Beweisbarkeit bzw. Falsifikation davon abhängt, ob die Hochenergie-Physik die kritischen Zeitbereiche um und nach der Planck-Zeit irgendwann in einer Theorie wie die Quantengravitation erfassen kann.

Urknall

T-, Energie, Symmetrie sind sehr hoch

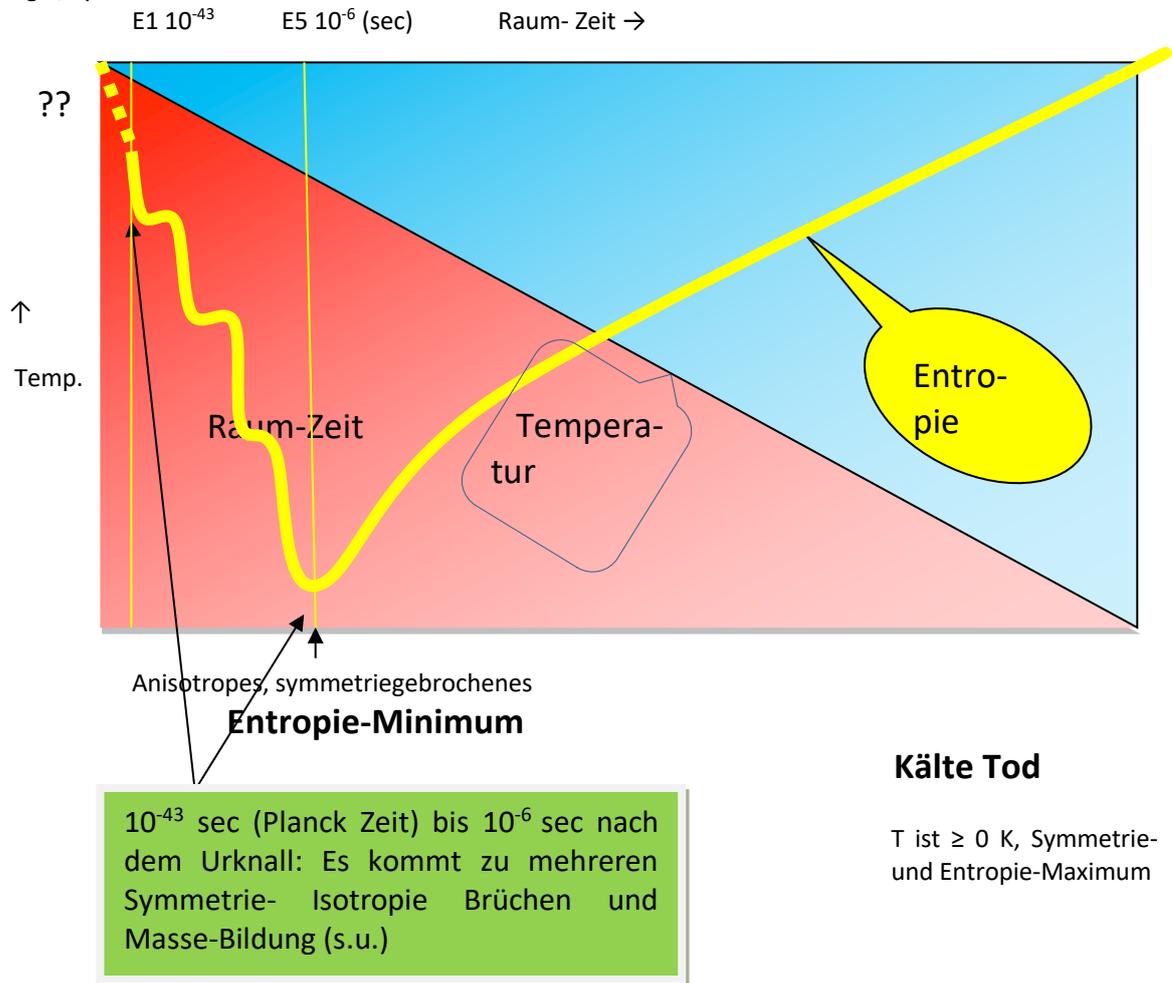
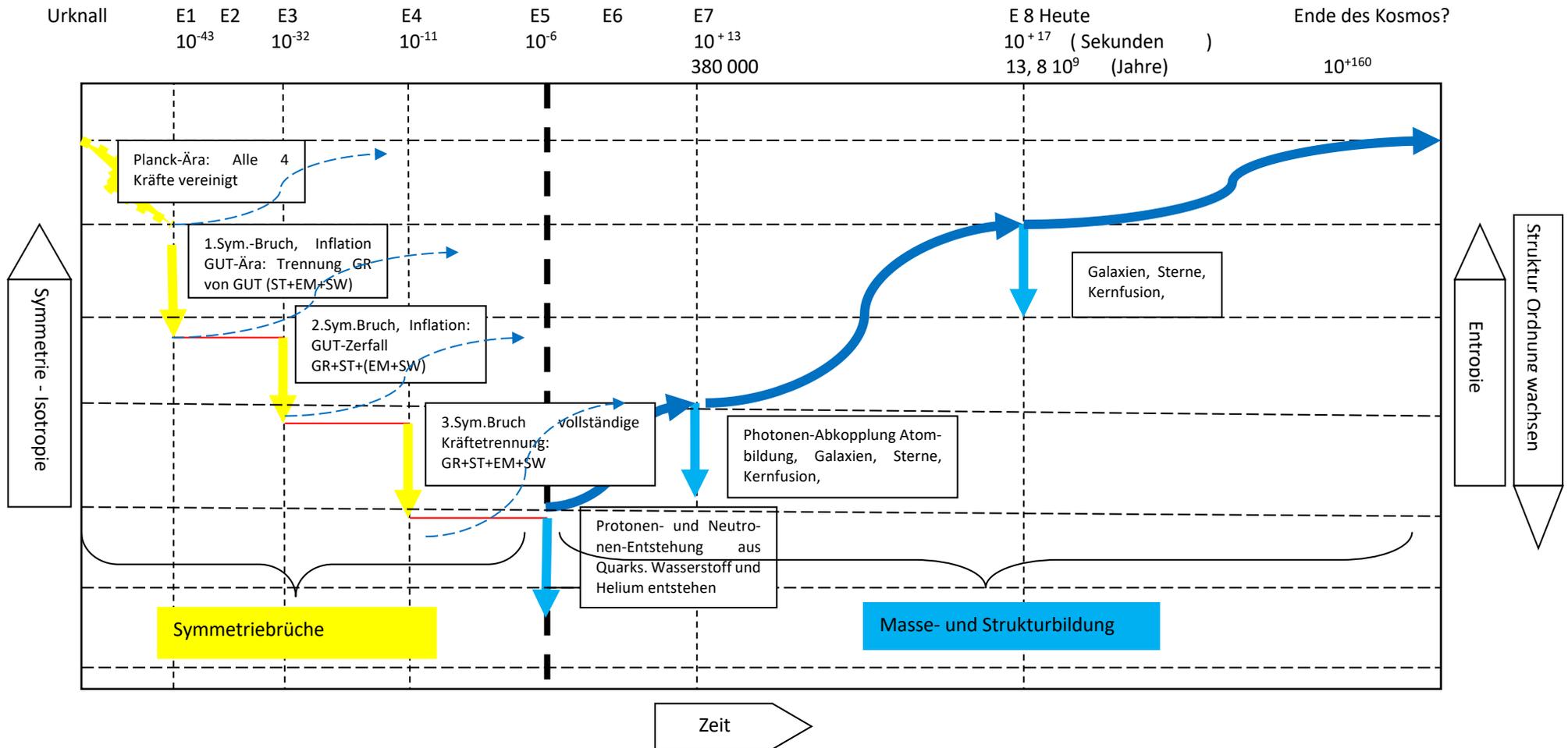


Abbildung 6: Urknall und Entropie (Erweiterung von Abb. 4)

Den oben schematisierten Verlauf des Ganges durch Entropie-Minima, können Sie detailliert aus der Tabelle 3: Kosmos-Entstehung, Literaturvergleich, entnehmen. In den beschriebenen Entscheidungsepochen E1 – E 8, könnte es zu folgender hypothetischer Entwicklung gekommen sein, die allerdings im Hinblick auf meine Entropie-Interpretation mit großer Skepsis zu sehen ist:

Entscheidungsepochen E1 bis E7 aus Tabelle 3



Legende: Gesamtentropie Änderung??? vor den Symmetriebrüchen

Gesamtentropie Änderung nach den Symmetriebrüchen

Abbildung 7. Entscheidungsepochen Urknall bis heute

Es folgt eine Zusammenstellung der mir über die o.a. Tabelle 3 hinaus zugänglich gewordenen hypothetischen Details. Hinsichtlich der Zeit und Temperatur gibt es starke Abweichungen zwischen den einzelnen Publikationen. Da sich gemäß Plausibilitätsberechnung 2, Temperatur und zugehörige Energie linear parallel entwickeln, gilt diese Aussage auch für die Zeit- und Energie-Angaben. Ich habe versucht meine Vorstellungen zur Entropie in dieser Phase einzubringen.

A) Urknall, Singularität, 0 bis $< 10^{-43}$, Planck-Ära:

Die im Abschnitt, Quantenfluktuation (s.: 1.5.2) erörterten Spekulationen sollen hier in Erinnerung gerufen werden:

Den Zustand des Vakuums, als potenziell höchsten Energiezustand des Universums (Hasinger, 2009, S. 13, 26), kann man sich, nach einer die Singularität verursachenden Quantenfluktuation, symmetrisch in Materie und Antimaterie aufgeklappt vorstellen. Jede dieser beiden Materiewelten entspricht durch ihren Energieinhalt der folgenden Masse:

$$m = E / c^2$$

Wenn man zusätzlich die Entwicklung **vor** dieser symmetrischen Materieentstehung einbezieht, könnte man vielleicht folgende Überlegung prüfen:

Was wäre, wenn sich die auslösende Quantenfluktuation nicht nur "einfach" in positive Energie- sondern in eine **symmetrische Energieentfaltung** aufgelöst hätte:

positive Energie der Materie und negative Energie der Gravitation

Positive Energie der Materie, getragen von starker, schwacher und elektromagnetischer Kraft (X-Kraft) und negative Energie, die sich in Form der Gravitationskraft als die schwächste aller Kräfte, in der GUT-Ära des ersten Symmetriebruchs, 10^{-43} sec nach dem Urknall aktivierte.

Dann erst folgten weitere Symmetriebrüche, die sehr kurzzeitig zu o.a. Materie und Antimaterie führten und die dann wohl auch von der Gravitation beeinflusst wurden.

Im Folgenden werden die aktuell diskutierten Vorstellungen aufgeführt. Es bleibt dem Leser überlassen o.a. Spekulationen einzubeziehen.

1. Eine Quantenfluktuation des Vakuums führt in der Planck-Ära zu einem Gebilde mit der Ausdehnung von $d = 10^{-35}$ m und Energiequanten von $>10^{19}$ GeV, bei $T > 10^{32}$ Kelvin.

Gemäß der Unbestimmtheitsrelation

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

kann es keine kleinere Zeit als 10^{-43} Sekunden gegeben haben, da hierfür keine Energiequanten existieren. (<http://www.bertramkoehler.de/Kos1.htm>)

Hypothetisch ist darin alle Energie in einem Higgs Feld mit negativem Druck und negativer Gravitation, aber konstanter Energiedichte verborgen (s.a.: Ergänzung 1, Überlegungen von M. Bojowald zu negativer Anziehung gemäß der Schleifen-Quantenkosmologie).

Vier in einer Ur-Kraft vereinigte Kräfte (GR Gravitationskraft + ST Starke Kraft + EM Elektromagnetische Kraft + SW Schwache Kraft) sind latent enthalten. Es liegt höchste Symmetrie vor.

2. Es gibt keine Masse und keine Struktur und formal nur eine Information: die Temperatur. Die Anwendung des Begriffs Entropie ist fragwürdig. Allerdings beginnt ein irreversibler Zeitablauf in die Raum-Zeit aus dem Quantenvakuum, das man sich mit höchster Symmetrie behaftet, vorstellen kann. Es sollte daher eine konzeptionelle Anwendung von Entropie als *Kriterium für Information, Ordnung bzw. Symmetrie und Isotropie möglich* sein. Dieses Ereignis endet mit der Auslösung des ersten Symmetriebruchs.
3. Schnelle Abkühlung und Expansion der Raum-Zeit.

B) E 1: 10^{-43} bis 10^{-35} Sekunden, GUT-Ära:

1. Erster Symmetriebruch:

Trennung der Gravitationskraft GR von der GUT-Kraft (= ST Starke Kraft + EM Elektromagnetische Kraft + SW Schwache Kraft). Negative Gravitation GR führt zur exponentiellen Ausdehnung des Kosmos.

Die Formulierung von negativer Gravitation und exponentieller Ausdehnung geht auf Alan Guth zurück, der mit diesem Konzept den vermuteten Effekt der Inflation (siehe: E2 und E3) erklärt:

Da die Energiedichte des Higgs Feldes konstant bleibt, muss durch diese Expansion dessen Gesamtenergie ansteigen. Diese wachsende Gesamtenergie des Higgs Feldes hebt sich gegen die negative Gravitationsenergie des ebenfalls wachsenden Gravitationsfeldes zu Null auf.

Allerdings ist die o.a. Beschreibung von M. Bojowald hilfreich: Er argumentiert im Rahmen seiner Schleifen-Quantenkosmologie mit

Hilfe eines diskreten, nicht homogenen Zeitablaufs, dessen Zeitschritte sich um die Planck-Zeit unterscheiden. In dieses Zeitraster passt nur eine endliche Energiemenge. Ist mehr Energie vorhanden, wird sie sich mit negativem Vorzeichen entfalten. Diese Argumente erinnern an das Auffinden des Planck'schen Wirkungsquantums. (Siehe Ergänzung 1)

Es kommt zur Abnahme der Symmetrie unter Energie-Freisetzung (formal Zuwachs an Ordnung?) also Entropie-Verringerung.

2. Strukturloses, masseloses Plasma in Form von Teilchen und Antiteilchen entsteht.
3. Weitere schnelle Abkühlung. Ungeheure Energiemengen werden frei. Ihr Verbleib im Sinn der Energieerhaltung ist unklar, denn verschwinden kann Energie nicht. Tragen sie zur Erhöhung der Gesamtentropie bei? Kann das eine Quelle der Schwarzen Energie sein?

C) E2 und E3: 10^{-35} bis 10^{-11} Sekunden, Inflation:

1. Zweiter Symmetriebruch in E3:
X-Bosonen und Anti-X-Bosonen (= GUT-Kraftteilchen) zerfallen zu Quarks und Antiquarks. GUT-Kraft spaltet in starke (ST Starke Kraft) und elektroschwache Kraft (EM Elektromagnetische Kraft + SW Schwache Kraft). Wiederum resultieren Abnahme der Symmetrie (Isotropie) und formal Zuwachs an Ordnung.
2. Strukturloses, zunächst noch masseloses Plasma aus Teilchen und Antiteilchen existiert vorübergehend, bei geringem Überschuss an Quarks gegenüber Antiquarks.
3. Weitere, schnelle Abkühlung. Freisetzung großer Energiemengen. Das Higgs-Feld ist noch symmetrisch und daher instabil. Weiterer Temperaturabfall führt zum nächsten Symmetriebruch und zu Energiezuwachs des Higgs-Feldes sowie Massebildung aller Teilchen. Weitere Erhöhung der Gesamtentropie?
4. Im Rahmen des CERN Programms wurde die Existenz des Higgs-Bosons sehr wahrscheinlich. Es weist eine Masse von $125,5 \text{ GeV}/c^2$ auf. Daraus kann man, wie in o.a. Plausibilitätsberechnung 6, auf das Temperaturniveau schließen, in dem es existiert:

$$T = 2/3 \times 11604,96693 \times 125,5 \times 10^9 = 970\,948,72 \text{ Kelvin} \times 10^9 \text{ also ca. } 1 \times 10^{15} \text{ Kelvin}$$

Das passt in Tabelle 3 in den folgenden Bereich E4:

D) E4: 10^{-11} bis 10^{-6} Sekunden, (10^{16} K bis 10^{13} K, 10^2 GeV bis 10^1 GeV)

1. Dritter Symmetriebruch:

Elektroschwache Kraft (EM Elektromagnetische Kraft + SW Schwache Kraft) spaltet in schwache (SW Schwache Kraft) und Elektromagnetische Kraft (EM Elektromagnetische Kraft). Vollständige Trennung aller vier Kräfte in: GR Gravitationskraft, ST Starke Kraft, EM Elektromagnetische Kraft und SW Schwache Kraft

2. Weitere schnelle Abkühlung. Es liegt ein instabiles Teilchen-Plasma vor. Am Ende verbleiben auf eine Milliarde Antiquarks, eine Milliarde **plus ein überschüssiges Quark** sowie eine Milliarde **plus ein Elektron** gegenüber den Positronen. Die Basis für Protonen- und Neutronen-Bildung aus dem **1 Milliardstel an überschüssigen Quarks** ist gegeben.

3. Wie könnte im Sinn der Entropie argumentiert werden?

Eine ungeheure Teilchenzahl von Quarks und Antiquarks haben sich gegenseitig bis auf einen Anteil von 1 Milliardstel Quarks und Elektronen zu Energie (Photonen) vernichtet. Ist damit neue Symmetrie in Form von elektromagnetischen Feldern entstanden?

Oder hat im Gegenteil die Symmetrie abgenommen, da sich nun ein quasi-stabiles, materielles System ausbildete?

Oder wird die Symmetrie und damit der der formale Entropie-Anstieg durch die Energiefreisetzung des dritten Symmetriebruchs und den schnellen Temperaturabfall kompensiert?

E) E5 bis E7: 10^{-6} bis 10^{+13} Sekunden:

1. Protonen- und Neutronenbildung erfolgt aus dem Rest der überschüssigen Quarks nach der Quarks-Antiquarks-Vernichtung. Es liegt ein instabiles Plasma aus Protonen und Neutronen vor. Kurzfristige Stabilisierung der Neutronen durch Deuterium-Bildung, langfristig durch Kernfusion von Deuterium zu Helium. Es entsteht letztlich die Basis von Wasserstoff- und Helium-Atome im Verhältnis von 90 zu 10.

2. Die Materiebildung ist abgeschlossen.

3. Weitere schnelle Abkühlung. Geht freiwerdende Quarks Vernichtungsenergie in die Erhöhung der Gesamtentropie ein?

4. Die dominante Kraft des Kosmos wirkt: Die Gravitationskraft da Masse und Energiefelder vorhanden sind.

5. Der Weg für die restlichen chemischen Elemente durch Kernfusion ist geebnet.

F) E7 bis heute E8: 10^{+13} bis 10^{+17} Sekunden:

1. Es folgte die Bildung der chemischen Ur-Elemente Wasserstoff und Helium. Die Raum-Zeit ist zunächst von einem Wasserstoff-Helium-Plasma erfüllt.

2. Inhomogenität führt zur Strukturierung: Man vermutet, dass ursprüngliche mikroskopische Quantenfluktuationen sich zu makroskopischen Störungen entwickelten, die sich dann zu selbstorganisierenden Gravitationsfeldern auswuchsen. Es formen sich strukturelle Materie-Zusammenballungen und daraus letztlich Galaxien, Sterne und Planetensysteme. Partiieller Symmetrie-Verlust und Ordnungsbildung erscheinen plausibel. Traten Entropie-Erniedrigung durch Strukturentstehung oder Entropie-Erhöhung durch Übergang in den wahrscheinlichsten Zustand, den glutflüssigen Kugelzustand von unzähligen Sternen, ein?
3. Gravitationsfelder führen in permanente, stellare Materieverdichtung, gefolgt von Kernfusion und Materie-Transformation in abgestrahlter Fusionsenergie. Dieser nicht sichtbare Teil der energetischen Entwicklung muss zur Erhöhung der Symmetrie, also Gesamtentropie, beitragen und die strukturelle Entropie-Erniedrigung übertreffen.
4. Die materielle Symmetrie war im Verlauf der letzten 13,4 Milliarden Jahren ständigem Wechsel unterworfen; zunächst durch die o.a. energetisch gigantischen Symmetriebrüche und dann, mehr oder weniger kontinuierlich bis heute, durch die permanente materielle Diversifikation im Kosmos auf allen Ebenen. Aus der Inhomogenität der Ur-Gaswolken aus Wasserstoff und Helium, entstanden durch Gravitation formal geordnet wirkende, materielle Strukturen wie Galaxien und Sterne. Ist das als Entropie-Abnahme des Sichtbaren bzw. Materiellen zu bewerten? Ausschlaggebend für diese Selbststrukturierung waren das permanente Absinken der Temperatur bis auf die heute noch messbare Hintergrundstrahlung von 2,7 Kelvin und die Gravitation.
5. Allerdings sind diese vermuteten Ordnungsprozesse und deren gegenläufigen Vernichtung nicht abgeschlossen. Wie noch gezeigt wird, bilden sich in Supernovae und Sternenwinden neue Materiewolken, die wiederum in diesen Gestaltungsprozesse einmünden und zu Sternsystemen der 2., 3. und weiterer Generationen führen. Es ist zu vermuten, dass der energetische Aufwand, der zu diesen Materiewolken führte, die Entropie mehr erhöhte als die Erniedrigung durch neue strukturelle Formierung.

Ein Ende dieser Entwicklung ist absehbar, wenn aller Wasserstoff aufgebraucht ist, der, wie in unserem Planetensystem zunächst zu Zündung des einfachsten und ergiebigsten Fusionsprozesses zu Helium führt. Weitere Fusionsprozesse bis hin zur Bildung von Eisen folgten. Wenn irgendwann nur noch Eisen existiert, findet keine freiwillige Kernfusion mehr statt, da solche Fusionsreaktionen zu wenig Energie liefern, um die Fusion aufrecht zu erhalten. Es kommt dann evtl. zu Riesensternen, die durch ihre Masse Prozesse herbeiführen, die zum

Zusammenbruch aller Kernstrukturen führen. Es resultieren Neutronensterne, die zu Schwarzen Löchern werden und in äonenlanger Zeit durch Gammastrahlung verdampfen.

Versuch einer Bilanz:

Clausius definiert:

„Die Gesamtenergie bleibt konstant“

Diese Gesamtenergie, nennen wir sie E_U , muss mit der gesamten Energie des Urknalls identisch sein, wenn wir von einem geschlossenen System reden. Alle energetischen Abläufe von E1 bis E7 und darüber hinaus, müssen dann in der Summe immer E_U ergeben.

In der ersten Sekunde nach dem Urknall, ist durch Symmetriebrüche die gesamte strukturelle Materie des Kosmos gebildet worden. Das sind alle Quarks des Kosmos. Dabei kam es zu einer Energie-Aufspaltung in masseäquivalente Energie E_M ($E_M = m \times c^2$) und Restenergie E_R , die durch die Symmetriebrüche, vergleichbar einer Kristallisationswärme, dissipativ freigesetzt wurde.

$$E_U = E_M + E_R = m \times c^2 + E_R$$

Clausius definiert:

„Die Entropie strebt einem Maximum zu“

Die dissipative E_R muss zur Erhöhung der Gesamtentropie beigetragen haben.

Die sozusagen als Masse gebunkerte Energie E_M , wurde, parallel dazu, durch Selbststrukturierung (Galaxien, Sterne), in hohem Maß ihrer ursprünglichen Symmetrie beraubt und in Struktur überführt. E_U blieb konstant.

Parallel mit der Strukturbildung begann durch die Entstehung von Masse der Teilchen sofort die Wirkung der Gravitation, die früher oder später in Kernfusionen oder zu Zerstrahlung in einem Schwarzen Loch führt. Als finales Resultat, in vielleicht 10^{160} Jahren, wird die masseäquivalente Energie E_M wieder in reine Energie E_F ($E_F =$ Fusionsenergie) überführt. Dabei werden Struktur und Ordnung auf atomarer Ebene zerstört, die Entropie steigt weiter; Wahrscheinlichkeit und Symmetrie ebenso.

Das kann allerdings nur der Fall sein, solange die ständig zunehmende Beschleunigung der Ausdehnungsgeschwindigkeit des Kosmos unter der Lichtgeschwindigkeit liegt. Danach kann die Gravitationskraft die Massen nicht mehr alle beeinflussen.

Die permanente kosmische Entropie-Erhöhung ist also letztlich das Resultat der massegebundenen Energie E_M und deren energetischen Instabilität, bewirkt durch die Gravitationskraft:

Später, bei der Betrachtung des Phänomens Leben, im zweiten Teil dieses Buches, wird deutlich, dass Entropie auch in anderen Teilbereichen, allerdings bei konstanter Temperatur und nur auf dem winzigen Energieniveau der Biologie abnehmen kann. Die Gesamtentropie aber steigt. Wendet man dieses Prinzip auf o.a. Ausführung an, muss tatsächlich ein zweiter, „unsichtbarer“ Entropie-Betrag zum Tragen gekommen sein, um die Erhöhung der Gesamtentropie zu bewirken. Es könnte das die o.a. Abstrahlung ungeheurer Energiemengen in Form von Photonen sein.

M.E. muss das nach dem 2. Symmetriebruch, nach der Epoche E4 (Masse-Entstehung durch Higgs-Bosonen, Freisetzung der gravitativen Kraft) bis heute, durch die negative gravitative Kraft erfolgt sein. Grund könnte der permanente positive Energieausstoß aus der Massevernichtung bei der Kernfusion sein. Er entsteht aus den gebildeten Strukturen (Galaxien, Sterne usw.) als positive Fusionsenergie in Folge der negativen Gravitation.

Zunächst verwirklichte sich im Raum-Zeit-Kontinuum ein Materieintermezzo aus der Energie des Urknalls. Bis zum Ende des Kosmos, wird durch Kernfusion und die Wirkung Schwarzer Löcher, die Rückwandlung in positive Energie erfolgen. In diesem Materie-Intermezzo wurde Energie in Form der mindestens 92 chemischen Elemente gespeichert, um letztlich, gezwungen durch negative Gravitation, nach allen Arten der Kernfusion, einschließlich der Verdampfung in Schwarze Löcher, wieder in Energie überzugehen. Die Gesamtenergie blieb konstant. Was sich in diesem gigantischen Spiel vorübergehend geändert hat, ist formal die strukturelle Ordnung und damit Entropie. Da ein Teil der Energie, materiell und selbststrukturiert in Form von Galaxien und Sternen gebunden ist, und sich in den Äonen der folgenden Jahrmilliarden, aus seiner Ordnung und niedriger Entropie durch Kernfusionen lösen wird, kann die formale Ordnung konzeptionell nur geringer werden und damit die Entropie steigen. Am Ende bleibt ein Energiefeld vollendeter Symmetrie, mit maximaler Entropie, in einem Raum-Zeit-Vakuum in der Nähe des Temperatur-Nullpunktes. Die Gesamtenergie, verrechnet mit der negativen Gravitation aber bleibt konstant bzw. nähert sich Null. Damit kann man unseren Kosmos letztlich als einen gigantischen Transformator von positiver Energie in Materie und zurück sehen. Dem Maximum an Materie bei 10^{-6} sec entspricht ein Minimum an Energie, die ja an diesem Punkt z.T. transformiert in Materie vorliegt.

Versuch einer graphischen Darstellung der Zusammenhänge des Energieverlaufs:

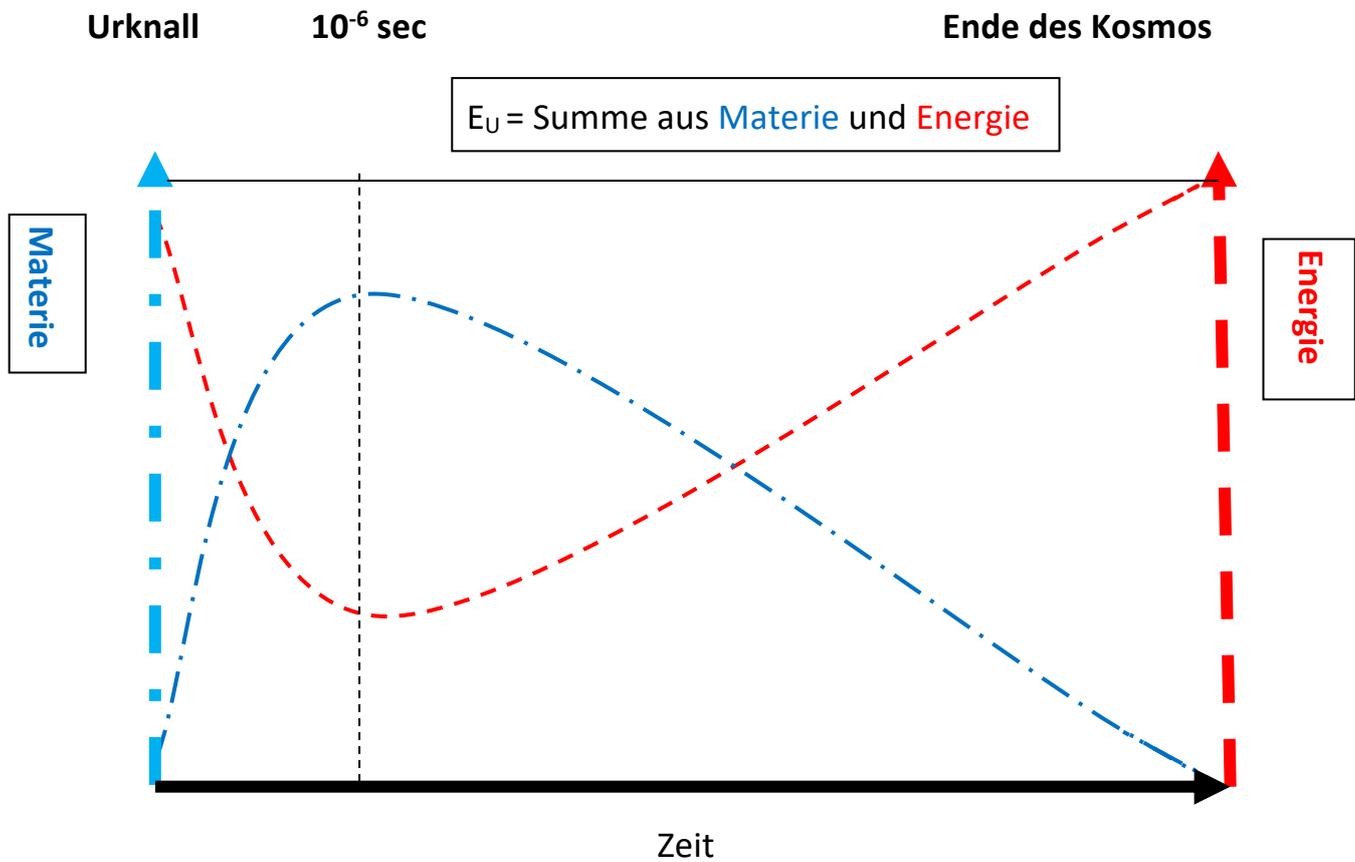


Abbildung 8: Formale Energie-Materie-Transformation

Und was vermute ich von der Entropie?

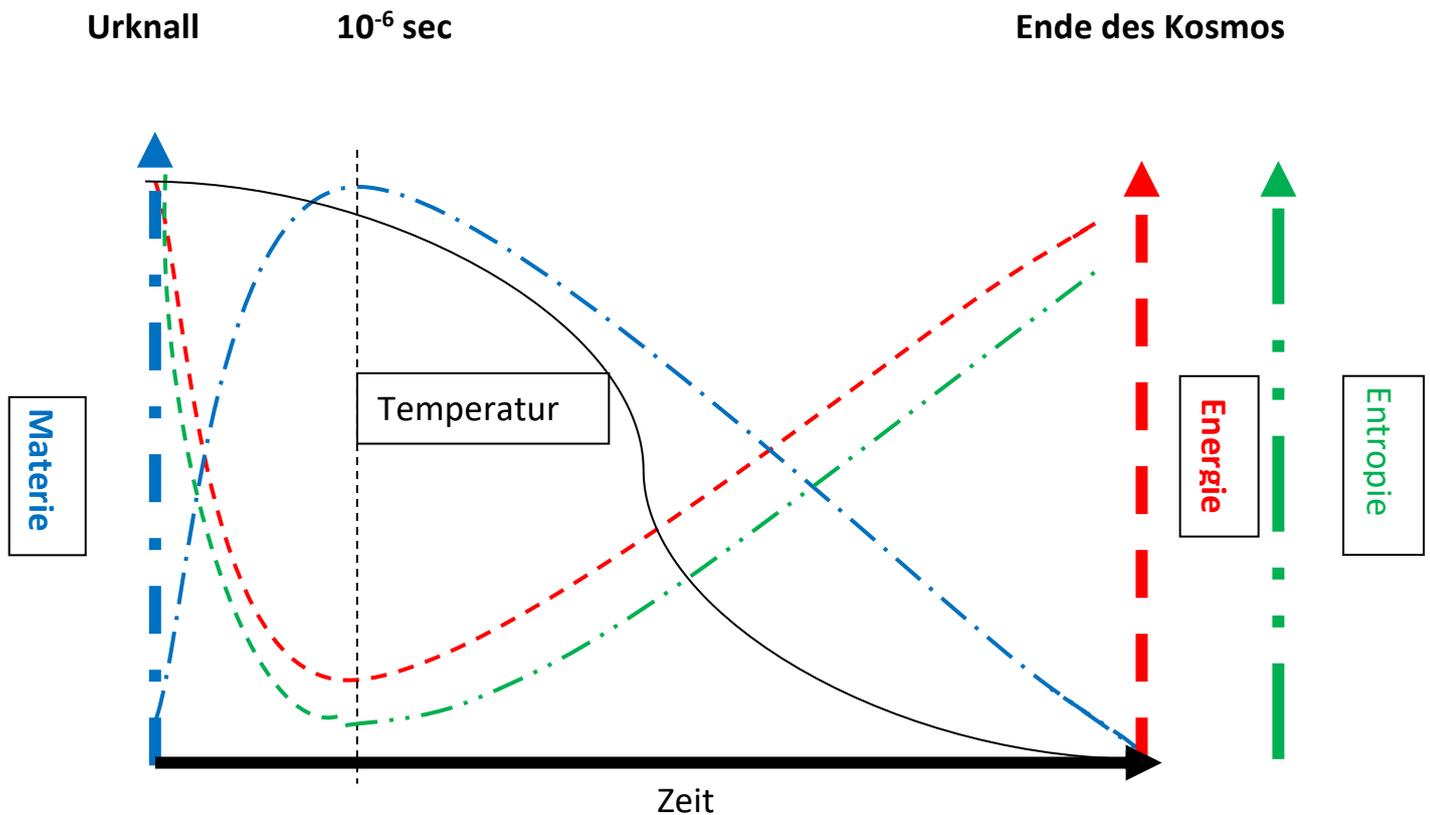


Abbildung 9: Energie, Materie, Entropie, Temperatur (formal)

Wir sehen einen formalen Gleichklang der kosmischen Energie- und Entropie-Entfaltung. Letztlich scheint Entropie ja tatsächlich eine „nach innen gekehrte, d. h. nicht mehr verwandlungsfähige oder nutzbare Energie“ zu sein. (Störig) Also eine Form der Energie:

$$\text{Aus: } \Delta S \text{ (kJ/K)} = \Delta Q / T \text{ (kJ/K)} \quad \text{folgt:}$$

$$T \text{ (K)} \times \Delta S \text{ (kJ/K)} = \Delta Q \text{ (kJ)}$$

Eine Entropie-Änderung ΔS ist eine auf ein bestimmtes Temperaturniveau bezogene Änderung von Wärme, die reduzierte Wärme. Diese Wärme ist ein Maß des Energietransfers zwischen Systemen verschiedener Temperatur. Wenn die Temperatur T sehr klein wird – am Ende des Kosmos ($\Rightarrow 0$ Kelvin) – muss der Quotient $\Delta Q / T$ (kJ/K), also die Änderung der Entropie ΔS (kJ/K), sehr groß werden.

In den folgenden Abbildungen 10 und 11 habe ich versucht, die beschriebenen Symmetriebrüche graphisch zusammenzufassen.

Abbildung 10:

Die Ordinate zeigt die Energiewerte der Tabelle 3 in GeV, in Abhängigkeit von den 8 Entscheidungs-Epochen der Planck-Ära einschließlich E7. Die Abszisse, in gleichlange Zeiträume 1 – 8 unterteilt, entspricht einem willkürlich angenommenen Verlauf in **zeitgleichen** Schritten.

Man könnte erwarten, dass sich ein linearer Verlauf oder eine stetige Kurve im Gleichklang mit der Temperaturabnahme des Urknall-Prozesses ergeben würde. Die 8 Entscheidungs-Epochen ab der Planck-Ära einschließlich E7, korrelieren mit temperaturkonformen Energieniveaus; sie korrelieren aber nicht mit linear verlaufenden Zeitpunkten. Die publizierten Zeitpunkte sind wohl das Ergebnis von Berechnungen im Rahmen des Standardmodells der Kosmologie, die mir nicht zugänglich sind.

Ich interpretiere den gefundenen Verlauf dahingehend, dass die beschriebenen Symmetriebrüche ihre Spuren hinterlassen haben.

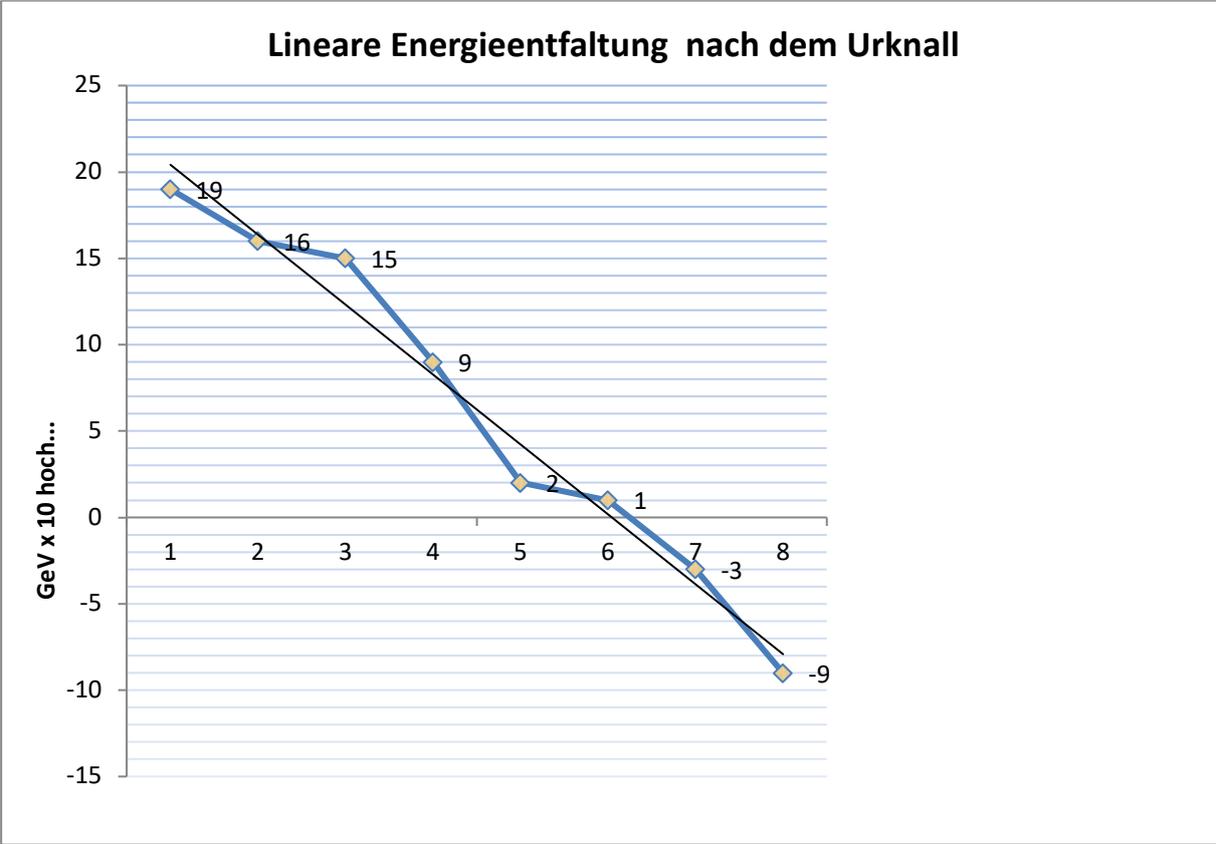
Bitte beachten Sie: Entscheidungs-Epoche 2 entspricht 10^{15} GeV, Entscheidungs-Epoche 5 entspricht 10^1 GeV. Vor allem der sehr große Energieabfall nach dem Zerfall der X-Bosonen, würde zumindest mit den Angaben aus der Literatur korrelieren. Die Massebildung der Teilchen war abgeschlossen. Danach kam es zu außerordentlichem Masseverlust infolge von Vernichtung von Materie – Antimaterie, begleitet von einer außerordentlich starken dissipativen Energieentfaltung, wohl primär in Form von Photonen. Was ist aus dieser Energie geworden? Nur Photonenstrahlung? Dunkle Energie?

Abbildung 11:

In dieser Darstellung habe ich versucht, die Energieentfaltung nach dem Urknall, in Relation zu den publizierten theoretischen Zeiten auf der Basis des Standardmodells der Kosmologie zu zeigen. Es fällt auf, dass eine vergleichsweise große zeitliche Differenz zwischen den Entscheidungs-Epoche 3 (entspricht 10^9 GeV) und der Entscheidungs-Epoche 5 (entspricht 10^1 GeV) liegt.

Beide in den Abbildung 10 und 11 dargestellten Effekte fallen mit den 3 großen Symmetriebrüchen zusammen.

Abbildung 10: Energieentfaltung im Urknall in willkürlich gleichen Zeitschritten 1 - 8



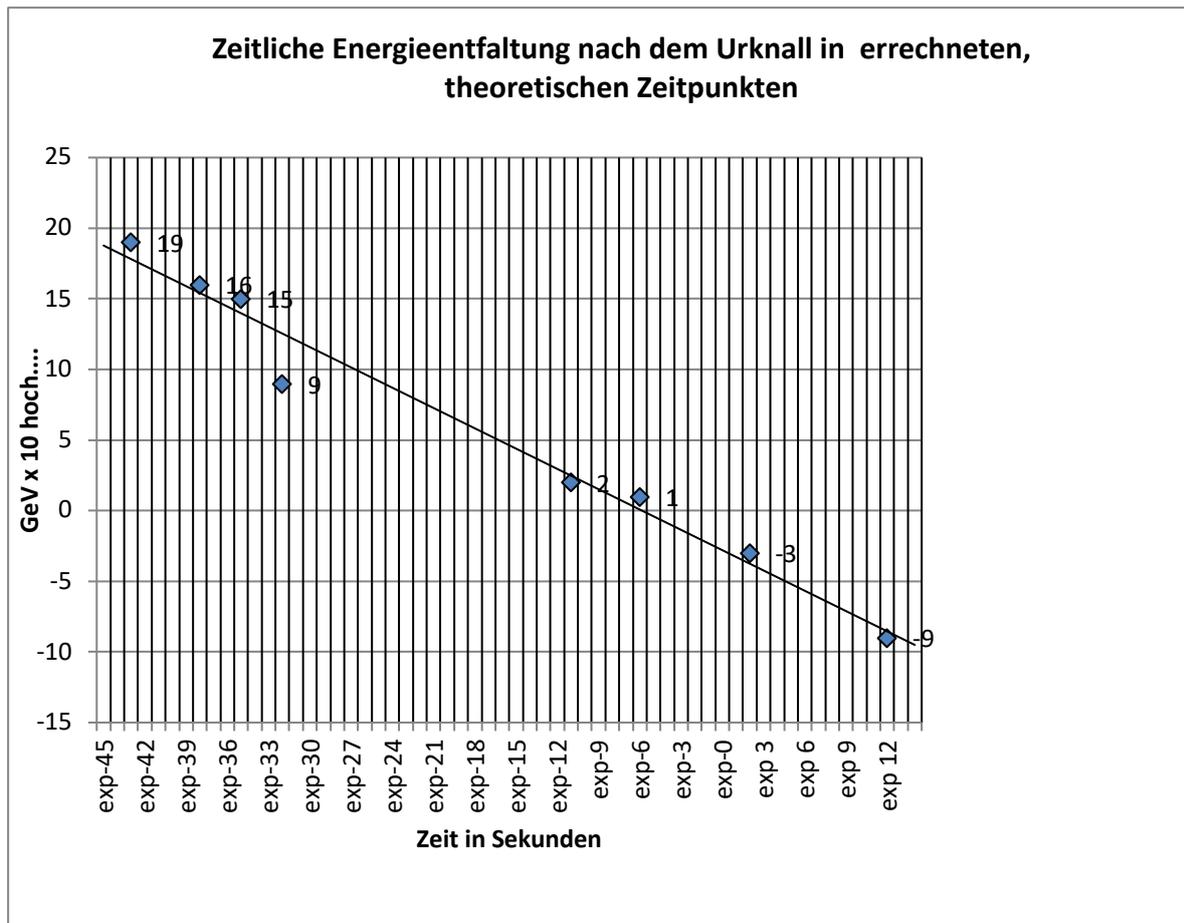


Abbildung 11: Zeitlicher Verlauf der Energieentfaltung im Urknall

Resümee

Die Entstehung der beiden wichtigsten chemischen Elemente, Wasserstoff und Helium, ist durch den Transfer von Energie des Urknalls in Materie erklärbar. Für ihre kosmische Bildung war die Entfaltung aller 4 Kräfte des Kosmos Voraussetzung. Für 380 000 Jahre war das der vorübergehende Abschluss dieser Transformation.

Alle weiteren chemischen Elemente entstanden auf andere Weise: Für diese nächste Stufe der Materieentfaltung waren wiederum gewaltige Energieniveaus notwendig, die sich im Gefolge der nun kosmisch dominierenden Gravitationskraft, durch Materieverdichtungen formierten. Für die Bildung dieser restlichen chemischen Elemente fehlte nämlich, trotz der ungeheuren Temperaturen des Urknalls, ganz einfach die Zeit, da sich die Urknall-Ereignisse außerhalb jeden Gleichgewichts, unfassbar schnell, bei exponentiell fallender Temperatur abspielten. Die restlichen Elemente haben sich im Gefolge, sozusagen systemimmanent, stufenweise durch Kernfusion gebildet.

In einer Physikalischen Evolution entstand also aus dem gegebenen Potential der beiden Ur-Elemente, etwa 4 % der heute sichtbaren Materie. Das Wesen des

Rests von ca. 96 % ist noch unbekannt und wird üblicherweise als Dunkle Energie und Dunkle Materie bezeichnet. Ob Dunkle Energie und Dunkle Materie aus dem gleichen Ur-Elemente Potential stammen ist völlig unklar.

Im Anschluss kam es auf energetisch noch wesentlich niedriger Basis, wiederum lokal begrenzt, zu einem Zusammenwirken dieser Elemente, die man als Chemische Evolution bezeichnet.

Die beiden Materiebausteine Wasserstoff und Helium, unsere Ur-Elemente, zwei der 92 natürlichen Elemente, gehören naturwissenschaftlich gesehen in die Welt der Atome. Deren Aufbau konnte, bis vor etwa 150 Jahren, in seiner Differenziertheit, aber auch seiner komplexen inneren Ordnung noch nicht erkannt werden. Es soll daher, in der Ergänzung 5, diese nur experimentell ergründbare, nicht direkt sichtbare, stoffliche Basis allen Seins etwas transparenter gemacht werden.

Zusammenfassung

Gemäß dem Standardmodell der Kosmologie entstehen aus Energie (vergleichbar einem schwarzen Strahler), in Abhängigkeit von der Temperatur, über Gleichgewichtszustände auf berechenbaren Niveaus hoher Energiedichte, theoretisch gleiche Anteile Materie und Antimaterie. Beide Materieversionen sind nebeneinander nicht beständig, sondern zerstrahlen wieder zu Energie: Symmetrie.

Wirksame Materiebildung aus Energie nach dem Standardmodell:

1. Abkühlung eines Zustands höchster Energiedichte und Temperatur, über eine Materie- und Antimaterie-Phase in Gleichgewichtszuständen, führt lediglich zum Ausgangszustand des Vakuums.

2. Das Geheimnis der Materieentstehung ist Abkühlung über Nicht-Gleichgewichtszustände und Symmetriebruch in der Gleichverteilung von Quarks und Antiquarks (= Materie und Antimaterie).

1 Milliardstel an Quarks überleben die Antiquarks, da ihre Vorläufer (X-Teilchen und Anti-X-Teilchen) unterschiedliche Zerfallswahrscheinlichkeit haben. Je drei Quarks können sich zu sich zu Protonen und Neutronen vereinigen. Protonen und Neutronen sind jeweils aus zwei Quarks-Arten aufgebaut. Da Neutronen wesentlich unbeständiger sind als Protonen, ergibt sich kurzfristig ein instabiles Verhältnis von ca. 88 % Protonen und 12 % Neutronen. Sehr schnell vereinigen sich alle Neutronen mit je einem Proton zu instabilem Deuterium. Deuterium fusioniert abschließend zu stabilen Helium-Kernen. Es bleibt stabiles Ur – Plasma aus ca. 92 % Protonen- und 8 % Helium-Kernen. Nach der Abkühlung wird elektrische Neutralität hergestellt, in dem jedes Proton und jeder Helium-Kern ein bzw. zwei Elektronen binden. Photonenentkopplung.

1.6 Urknall und Makrokosmos

Thema: Dieser Abschnitt will vermitteln, wie durch Gravitation die Galaxien und die 1. Generation von Sternen aus den Gaswolken der Ur-Gase Wasserstoff und Helium entstanden sein sollen. Als Ursache dieser Strukturierung werden u.a. frühere Quantenfluktuationen vermutet. In diesen Sternen bildeten sich durch Kernfusion weitere chemische Elemente. Der Motor war und ist die Gravitation. Aus Sternenwind und Gasausbrüchen des Gravitationskollapses von Supernovae entstanden, im Zusammenwirken mit den Ur-Gasen Wasserstoff und Helium, die Sterne der 2. und weiterer Generationen.

Das folgende zu beschreibende kosmische Geschehen wurde vor allem durch die Gravitation bestimmt. Die Gravitation ist eine der vier Grundkräfte. Über die grundlegenden Eigenschaften dieser 4 Kräfte, wie Symmetrie bzw. positiver/negativer Charakter, wurde bereits diskutiert. Die Gravitationskraft ist die mit großem Abstand schwächste der vier bekannten Wechselwirkungen und äußert sich ausschließlich anziehend. Das unterscheidet sie von der elektromagnetischen Kraft, die ladungsspezifisch anziehend (+ und -) und abstoßend (+ und + bzw. - und -) wirkt. Aufgrund der anzunehmenden unbegrenzten Reichweite der Gravitation und des Umstandes, dass sie sich mit keinem bekannten Verfahren abschirmen lässt, ist sie, trotz ihrer vergleichsweise Schwäche dennoch die Kraft, welche die großräumigen Strukturen des Kosmos prägt und so, im anthropologischen Sinn, ordnungstiftend zur Selbststrukturierung führt. Man kann sie daher als Motor zur vorübergehenden, strukturell-materiellen Entropie-Erniedrigung sehen, wenn man diese Strukturierung als Ordnungseffekt einstuft. Wie problematisch diese Sichtweise ist, habe ich bereits erörtert. Allerdings ist Materie, wenn auch auf sehr lange Sicht, ein instabiler Zwischenzustand, der sich letztlich in der Rückführung von Materie in Energie, Fusionsenergie, wieder auflöst. Gravitation spielt in der Kosmologie eine entscheidende Rolle. Sie wirkt akkumulierend und wächst damit selbstverstärkend mit der Materieanhäufung, getreu dem Spruch: *"Wer hat, dem wird gegeben"* (Matthäus 25:29).

Wenn Sie sich fragen, wie es zu dieser Transformation zurück von Materie in Energie kommt, sollten sie an das sicher recht primitive Modell des Zauberofens (s.1.5.1) denken, das aber mit Sicherheit einen verbindlichen Effekt richtig darstellt: Alles ist eine Frage der Temperatur.

Durch das unaufhörliche Wirken der Gravitation kommt es zur Masseverdichtung, begleitet von einer ebenso unaufhörlichen Temperaturerhöhung in gigantische Höhen (s. Teil 3). Der Rest ist das Erreichen der bereits erörterten masseadäquaten Temperaturniveaus, die mit Symmetrie-Veränderungen verbunden sind. Bei weiter fortschreitender Temperatur Erhöhung tritt Übergang in höhere Symmetrie ein und damit zurück zu den vereinigten 4 Urkräften.

1.6.1 Sterne der ersten Generation entstehen

Stichpunkte: Wasserstoff-, Helium-Gaswolken, Gravitation, Kernfusion, Galaxien, Sterne

In diesem Abschnitt liegt der Schwerpunkt auf der Interpretation, wie Sterne vor ca. 13,4 Milliarden Jahren durch Gravitation entstanden und Kernfusion zur Bildung der chemischen Elemente über Wasserstoff und Helium hinausführte. Zu jenem Zeitpunkt lag noch sehr viel unverbrauchter Kernfusions-"Treibstoff" in Form von Wasserstoff vor.

Beide Elemente haben übrigens einen sehr tiefen Schmelzpunkt:

Helium: -272,2 C°

Wasserstoff: - 259,14 C°

Auch in der Kälte des Weltraums ist daher nicht mit festem Helium zu rechnen, was für Wasserstoff nicht im gleichen Umfang gilt.

Das dürfte aber keine Rolle spielen, da im Fall einer gravitativen Annäherung und ev. möglicher Kumulation mit Feststoffbildung, das nur ein Zwischenzustand sein könnte, der sich ev. großräumig als Inhomogenität zeigen könnte. Im Laufe einer weiteren Verdichtung wird der unvermeidliche Temperaturanstieg solche Inhomogenität "ausbügeln".

Im 3. Teil komme ich auf die gleichen Prozesse nochmals zurück. Dann allerdings liegt die Betonung auf dem Sterben von Sternen und dem Szenario, das letztlich zu einem Ende des Universums führen könnte, da das Kernfusions-Material, vor allem Wasserstoff und Helium aber auch in Form der höheren Elemente verbraucht sein wird.

Wie gesagt wurde während der ersten Sekunde nach dem Urknall das Geschehen durch 3 der 4 Urkräfte diktiert. Danach begann, nach einer Plasmaphase, die Protonen- und Helium-Kern-Bildung. Es schlossen sich die Photonenentkopplung zu sehr heißen Plasma Wolken aus Wasserstoff und Helium an. Man geht davon aus, dass von Beginn an keine ganz homogene Plasma-Verteilung bestand, sondern, dass kleine Dichteschwankungen gegeben waren. Sie müssen vorhanden gewesen sein, da sich aus einer vollständigen Isotropie, ohne Brüche, keine galaktischen Strukturen formieren könnten. Grund für diese zunächst winzigen Effekte sollen wie gesagt minimale Quantenfluktuationen im Urknall gewesen sein, deren Strukturierungspotential sich infolge der inflationären Ausdehnung, quasi wie Kristallisationskeime nach einem Symmetriebruch, ins Makroskopische ausdehnte.

An dieser Argumentation irritiert allerdings die Einbeziehung von: "*minimale Quantenfluktuationen im Urknall*". Das setzt voraus, dass es im oder nach der bereits ausführlich diskutierten Quantenfluktuation des Urknalls zu weiteren "*minimalen Quantenfluktuationen*" kam. Es müssen das das zwar sehr kurze Ereignis

mit $\Delta t \rightarrow 0$ gewesen sein. Sie können aber nicht das Temperaturniveau des eigentlichen Urknalls erreicht haben. Ansonsten müssten weitere Urknall-Abläufe eingetreten sein.

Ohne diese Dichteunterschiede wäre die Erklärung für die „Entmischung“ der Ur-Gase zu Galaxien nicht möglich. Lange wurde nach einem Beweis für diese Dichteschwankungen gesucht, bis ab 1991, im Rahmen des eingangs erwähnten COBE-Projekts (s. 1.1.3) und später durch WMAP ernstzunehmende Argumente zur Inhomogenität der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung vorlagen. (Singh, 2008, S. 454)

Die Ursache für die makroskopische Entfaltung der Inhomogenität, wird heute auch in der Schwarzen Materie gesehen, die nicht mit Strahlung wechselwirkt. (Börner, 2011, S. 50). Man geht davon aus, dass es in diesem heißen Plasma zwei einander entgegengesetzte Kräfte gab. Zum einen die temperaturbedingte Bewegungsaktivität der Gas-analogen Teilchen, die sich in ständiger Materiezerstreuung äußerte und zum anderen die Gravitation, die zur Materieanhäufung führen musste. Offensichtlich hat die Gravitation überwogen, sonst gäbe es keine Galaxien. Theoretische Berechnungen haben ergeben, dass die damals vorhandene Plasmamasse aber nicht ausreichen konnte um eine so „schnelle“ Bildung unseres heutigen Kosmos, innerhalb von ca. 13,4 Milliarden Jahren, zu bewirken. Die Plasmamasse, umgerechnet in Gravitationsmasse, hätte allenfalls ausgereicht in 30 oder 40 Milliarden Jahren den heutigen Zustand zu bewirken. Es muss also noch mehr Masse dagewesen sein: ein Argument für die Dunkle Materie.

Eine aktuelle Darstellung zu Schwarzer Masse und Dunkler Energie finden sie unter Heise-online: (Siehe: 5 Aufsätze in *Heise-online*: „The Missing Link“, dort: „Die kosmische Inflation“, Dezember 2022).

Anmerkung zur kosmischen Inhomogenität:

Ich bin immer wieder überrascht, wenn ich die exorbitanten Bilder des Hubble-Teleskop von Überresten ferner Supernova-Explosionen sehe. Man könnte doch annehmen, dass es im Innern von Supernova-fähigen Sternen, zu völlig geordneten, absolut schalenförmigen Fusionszonen der einzelnen Elemente kommt. Wenn dann der GAU der Explosion bei Sternen geeigneter Größe eintritt, würde ich eigentlich eine hochsymmetrische Explosionskugel erwarten. Betrachtet man aber z.B. das Bild des Krebs-Nebel im Sternbild Stier - die Überreste eines Sterns, der im Jahr 1054 als Supernova explodierte - so findet man eine birnenförmige Struktur, durchzogen von gigantischen Materiefäden, die alles andere als kugelsymmetrisch verlaufen. Gab es unsymmetrische Dichtezonen im explodierenden Stern vor den Ausbrüchen? Oder sind Dichteschwankungen im Ausdehnungsbereich die Ursache?

Am plausibelsten erscheint mir das Argument der Instabilität von hoher Symmetrie. Aus welchen Gründen auch immer, beobachtet man rein phänomenologisch

diesen Effekt auf allen stofflichen Ebenen. Die Wahrscheinlichkeit für hohe Symmetrie ist mit Sicherheit eine Frage der Temperatur. Auch wenn es die hochsymmetrische Explosionskugel gegeben haben sollte, würde deren Symmetrie infolge des Temperaturabfalls gebrochen.

Nehmen wir einmal an, es hätte keine Dichteschwankungen im Ur-Gas aus Wasserstoff und Helium gegeben, sondern das homogene Gemisch des Ur-Gases wäre völlig isotrop im Raum-Zeit-Kontinuum verteilt worden. Welche Auswirkungen hätte das gehabt?

Man kann sich zwei Szenarien vorstellen:

1. Expansion

Wenn die Wasserstoff-Helium-Masse, einschließlich der Schwarzen Materie zu gering gewesen wäre, hätte das zu einer Flucht aller Materie in die sich ständig erweiternde Raum-Zeit geführt. Agglomerate, die durch Gravitation zu Galaxien oder Sternen führten, gäbe es nicht. Das Szenario ist vergleichbar mit dem expandierenden, völlig homogenen Weltall, das die Kosmologen als eine Version der möglichen Weltall-Entwicklungen in sehr fernen Zeiten diskutieren.

Das Ende einer solchen Entwicklung wäre dann vielleicht von der Lebenszeit der Protonen des Wasserstoffs und des Heliums bestimmt, das einer Hypothese zufolge eine Halbwertszeit von „nur“ ca. 10^{32} Jahren haben soll.

WIKIPEDIA schreibt dazu: „Der Protonenzerfall beschreibt den hypothetischen Zerfall eines freien Protons in andere Elementarteilchen. Er wird von einigen Varianten der Großen Vereinheitlichten Theorie (GUT) der Teilchenphysik vorhergesagt. Dort geht man davon aus, dass ein freies Proton nicht stabil ist, sondern lediglich eine sehr große Halbwertszeit hat.“

Demgegenüber sind Protonen im Standardmodell stabil, da hier die Baryonen-Zahl eine Erhaltungsgröße ist. Derzeit existieren keine experimentellen Beobachtungen, die die Hypothese des Protonenzerfalls unterstützen“.

Siehe auch <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/>. Gemäß dort angedeuteter Theorien könnte eine Ende erst in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen.

Sind Protonen, die im Helium-Kern nicht mehr frei, sondern zusammen mit Neutronen gebunden sind, beständiger? Ja: siehe das quantenmechanische Ausschließungsprinzip von Wolfgang Pauli¹⁶¹ das besagt, dass für den Zerfall des kerngebundenen Neutrons bzw. Protons kein Platz besteht.

2. Zusammensturz

Es hätte auch sein können, dass die homogenen Wasserstoff-Helium-Masse einschließlich der Schwarzen Materie ausreichend groß war, um nach einer Phase der Raum-Zeit-Entfaltung, eine absolut isotrope gravitative Rückentwicklung zu bewirken. Damit wäre ein Zusammenstürzen auf den Ursprung eingeleitet worden.

Ein Szenario wäre dann die Entstehung eines einzigen Riesensterns von gigantischen Ausmaßen, in dem all die Kernfusionsprozesse vorprogrammiert wären, wie sie sich in den Milliarden von Galaxien in Milliarden von Sternen tatsächlich abgespielt haben und heute noch abspielen. Der Unterschied zu den Endzeit-Modellen, die von den Kosmologen für unser reales Weltall diskutiert werden, ist für dieses angenommene Szenario allerdings beträchtlich:

Vor dem Ende unseres realen Weltalls dürfte eine weitgehende Umsetzung der Ur-Gase Wasserstoff und Helium stattgefunden haben. Aus ihm sind durch Kernfusion mehr oder weniger alle Elemente entstanden; das Ur-Gas ist verbraucht. Damit ist weiteres Fusionspotential erschöpft. Die 92 Elemente werden dann in einen Umkehrprozess der Verdichtung gezwungen. Darüber, welche Elementarprozesse in diesem Fall eintreten, kann man nur spekulieren. Ich könnte mir vorstellen, dass ein ungeheurer Neutronenstern, ein Pulsar, entstünde, der letztlich, unter völliger Transformation der Masse in Energie, zu einem Schwarzen Loch wird (s.u.)

In diesem homogenen Modell würden aber nur Wasserstoff und Helium in die Gravitations-Verdichtung eingehen, danach erst könnten sie ihr Fusionspotential ausspielen und über eine einzige Super-Supernova eine neue primordiale Elementsynthese einleiten.

Es könnte aber auch eine Rückentwicklung bis zur Singularität eintreten.

Ein weiteres, wahrscheinlicheres Szenario wäre, dass in einem solchen Fall ein ungeheures Schwarzes Loch entstanden wäre, das dann sehr, sehr langsam verdampft.

Realität ist, dass beide Szenarien nicht eingetreten sind. Es muss also Dichteschwankungen gegeben haben. M.E kann man o.a. Überlegungen als Argument gegen Skeptiker anführen, die den Ergebnissen des COBE-Projekts nicht so recht trauen, da die Genauigkeit der Messungen angezweifelt wird oder gar Manipulation in den Raum gestellt wird.

Zurück zur inhomogenen Verteilung

Den Rest erledigte die unaufhaltsam aktive Gravitation, die einer gleichmäßigen Verteilung von Wasserstoff und Helium im Raum-Zeit-Gefüge immer mehr entgegenwirkte und im Zuge einer Selbststrukturierung zur Ansammlung stetig wachsender, separater Gaswolken führte sobald unterschiedliche

Konzentrationen gegeben waren. Es galt das bereits erwähnte Prinzip: *"Wer hat, dem wird gegeben"*. Das aber ist m.E. letztlich ein Vorgang, der konzeptionell gesehen, strukturelle Entropie erniedrigt da die Symmetrie der Gaswolke verloren geht. Andererseits kann man argumentieren, dass die Wahrscheinlichkeit der Bildung kugelsymmetrischer, gravitationsbestimmter Systeme größer ist, was formal einer Entropie-Erhöhung entspräche.

In den letzten Jahren lassen Untersuchungen dieser dreidimensionalen Entfaltung erkennen, dass diese Strukturierung gleichsam zu Vernetzungen der Galaxien in Clustern und diese wiederum untereinander führten. Kosmische Bilder, vergleichbar mit neuronalen Netzen, zeichnen sich ab, allerdings in gigantischer Ausdehnung.

WIKIPEDIA: "Die Materieverteilung des Universums ähnelt astronomischen Beobachtungen und Simulationen zufolge auf großen Skalen einer Wabenstruktur, die durch Filamente (Materieansammlungen) und die dazwischenliegenden Hohlräume (Voids) gebildet wird".

Wie ist die Bildung von Galaxien aus den punktuell inhomogenen Gaswolken zu erklären? Denkbare Erklärungsversuch zur Rotationsauslösung, also letztlich spiralförmigen Galaxienrotation:

So könnten z.B. zwei Gaswolken A und B allein durch Gravitation aufeinander einwirken und so eine gegenseitige Rotation in Gang setzen. Allerdings kann diese Entwicklung nicht gleichzeitig alle Teilchen einer solchen Gaswolke erfasst haben. Man kann sicher davon ausgehen, dass diese Wolken von unvorstellbarer Dimension bestimmt waren, also Ausdehnungen von vielen Lichtjahren in diesen Wolken vorlagen. Da ein Gravitationsfeld sich, in seiner Ausdehnung durch Gravitonen (hypothetische Eichboson einer Quantentheorie der Gravitation) nicht schneller als mit Lichtgeschwindigkeit ausdehnen konnte, sollte dieser Rotationsvorgang zeitversetzt von der Wolke Besitz ergriffen haben und zu einer Art Schweifbildung, unter Erhalt des Drehimpulses führen. Die Folge wäre verstärkte Rotation und die Bildung von spiralförmigen Galaxien, vergleichbar einem Eisläufer, der seine Arme an den Körper zieht.

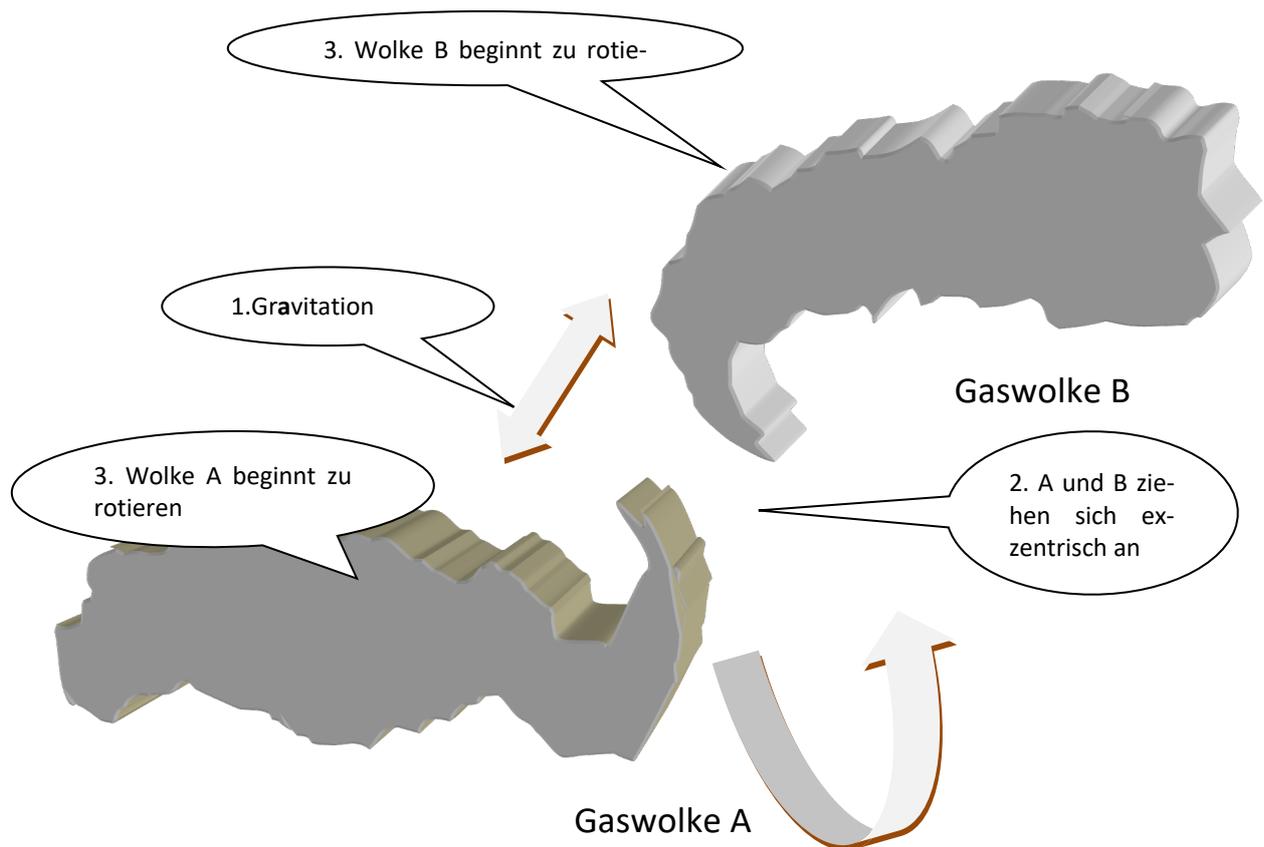


Abbildung 12: Denkbare Interpretation einer Galaxienbildung

Dieser Effekt potenzierte sich. Im Gefolge dieser irreversibel ablaufenden Zusammenstürze, resultierte Materie-Konzentration in Form von Wasserstoff- und Helium-Nebeln. Dabei entstanden bereits spätestens eine Million Jahre nach dem Urknall, aus rotierenden Ur-Nebeln, die rotierenden Gasstrukturen der Galaxien, sowie Kugelsternhaufen. Ca. 150 werden in unserer Milchstraße angenommen (Caldwell, 2014); einige können 100 000 Sterne enthalten, die aber nur wenige, schwere Elemente enthalten, was für ihre geringe Größe spricht. Zur Erbrütung schwerer Elemente dürfte die Aufheizung durch die Gravitation nicht ausgereicht haben.

Ein grundsätzlich anderer Effekt wäre die der Bildung einer, terrestrischen Wirbelstürmen vergleichbaren Situation von Gaswolken verschiedener Temperatur (= Energie). Die Meteorologen gehen davon aus, dass Luftmassen verschiedener Temperatur an Phasengrenzen ihre Energiedifferenz durch Wirbelsturmbildung abbauen. In der Meteorologie kommt allerdings wohl noch das Wirken der Corioliskraft¹⁶² dazu.

Für die Situation, die zur Galaxienbildung führte, müsste dann, zusätzlich zur Zentrifugalkraft eines rotierenden Bezugssystems, die Masse der Ur-Gaswolken innerhalb dieses rotierenden Bezugssystems nicht einfach nur „mit rotiert“ sein,

sondern sich relativ zum Bezugssystem bewegt haben. Das aber würde bedeuten, dass 380 000 Jahre nach dem Urknall ein rotierendes Bezugssystem existiert haben müsste. Was sollte die Ursache für eine rotierende Entfaltung nach dem Urknall sein?

Durch weiteres Wirken der Gravitation in diesen Gasstrukturen der Galaxien formten sich die Gas-Bälle der späteren Galaxien-Sterne, die sich nach entsprechender weiterer gravitativer Verdichtung, durch Kernfusion aufheizten und leuchtend Energie abstrahlten. Allerdings gibt es da Schwellen. Wenn sich Gaswolken durch Gravitation immer mehr verdichten, kommt es zunächst durch die Brownsche Bewegung und vor allem, bei noch mehr Verdichtung durch die abstoßende Wirkung der Elektronenhüllen bzw. der Atomkerne, nach der Überwindung der Elektronenhüllen, zu Gegenkräften. In einem bestimmten Verdichtungszustand muss die masseabhängige Gravitation so stark geworden sein, dass diese Bewegung überwunden wurde und die Plasmateilchen einander nicht mehr ausweichen konnten.

WIKIPEDIA: „Von entscheidender Bedeutung für das Zustandekommen einer Fusion ist der Wirkungsquerschnitt, das Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass die zusammenstoßenden Kerne miteinander reagieren. Ausreichend groß ist der Wirkungsquerschnitt meist nur dann, wenn die beiden Kerne mit hoher Energie aufeinanderprallen. Die ist nötig, um die Coulombbarriere, die elektrische Abstoßung zwischen den positiv geladenen Kernen, zu erklimmen und ihr schmales Maximum zu durchtunneln. Jenseits des Maximums, bei einem Abstand von nur noch etwa 10^{-15} m, überwiegt die Anziehung durch die starke Wechselwirkung, die Kerne haben fusioniert“.

Diese Schwelle ist temperaturabhängig, wird aber endgültig gebrochen, da in dieser zunächst entstandenen homogenen Suppe von Wasserstoff- und Helium-Atomen, durch Temperaturanstieg die Elektronenhüllen zusammenbrechen. Es muss ein Plasma aus Wasserstoff-, Helium-Kernen und Elektronen entstanden sein, das dann bereit war, bei weiterem Temperaturanstieg infolge der Gravitation in der Kernfusion ihr Energiepotential abzubauen. Erst ab diesem Zeitpunkt sind die Voraussetzungen zur Bildung der restlichen Elemente jenseits von Helium gegeben.

Sternengeburten, beginnend etwa 0,5 Million Jahre nach dem Urknall, sind nicht abgeschlossen, sondern spielen sich heute und auch in Zukunft vor allem in den leuchtenden Gaswolken der Galaxien-Spiralarme ab.

Innerhalb dieser Vorläufer der Galaxien kam es durch weitere Verdichtung von Wasserstoff- und Helium-Gas zu kugelförmigen Gebilden in Form von Kugelsternhaufen¹⁶³ und den eigentlichen Galaxien, den potenziellen Geburtsstätten von Sternen. (s.a.: Abbildung 13).

Wie aus den Untersuchungen von Hubble am Mount Wilson Observatorium in den 40iger Jahren des vorigen Jahrhunderts hervorgeht, sind die heute sichtbaren Galaxien tatsächlich durchaus unterschiedlich geformt und nicht immer als Spiralnebel ausgebildet. Wie gesagt laufen die beschriebenen Vorgänge auch heute noch und in Zukunft ab. So findet man scheibenförmige sphärische Galaxien oder mehr elliptisch geformte Systeme mit dichten und weniger dichten Galaxienarme.

Das steht im Einklang mit der Tatsache, dass es sehr alte, aber auch junge Galaxien gibt und diese Formen für verschiedene Entwicklungsstadien stehen, die wir heute beobachten. Entsprechend ihrer frühen Entstehung kann man die alten Kugelsternhaufen als Sternengreise bezeichnen, die heute noch in stark elliptischen Bahnen das Milchstraßenzentrum umkreisen. Da diese Sterne nicht sehr massereich sind, haben sie eine deutlich längere Existenzphase (Davies, Am Ende ein neuer Anfang, S. 57). Sie verbrauchen ihren Wasserstoffvorrat aufgrund des geringeren Gravitationspotentials langsamer und enthalten dementsprechend weniger schwere Elemente.

In diesem Sinn sind Bilder des Hubble-Teleskops HUDF (Hubble Ultra Deep Field, Start: 24.04.1990) um 1995 aufschlussreich, die u.a. sehr alte Galaxien aus der Frühzeit des Urknalls zeigen. Sie lassen erkennen, dass diese frühen Galaxien in Ihrer Geburtszeit sehr klein waren. Dagegen sind Galaxien, die einige Milliarden Jahre älter sind, wesentlich größer, was sich als Wachstumsprozess interpretieren lässt.

Wachstum auf welcher Basis? Denkbar ist ein Wachstum einer Galaxie, die sich in einer Gaswolke befindet oder auf der Basis, wie Fred Hoyle sie in seiner Theorie als permanente Selbsterzeugung formuliert hat.

Nach einer dpa-Meldung fanden Forscher der Universität von Kalifornien in Santa Cruz, Anfang 2011, mit dem HUDF, die zzt. wohl fernste Galaxie im Abstand von ca. 13,2 Milliarden Lichtjahren. Sie soll etwa 580 Millionen Jahre nach dem Urknall entstanden sein, also etwa 180 Millionen Jahre nach der Bildung der ersten Galaxien, zu einem Zeitpunkt, in dessen Folge die Sternenproduktion sich etwa verzehnfacht haben soll.

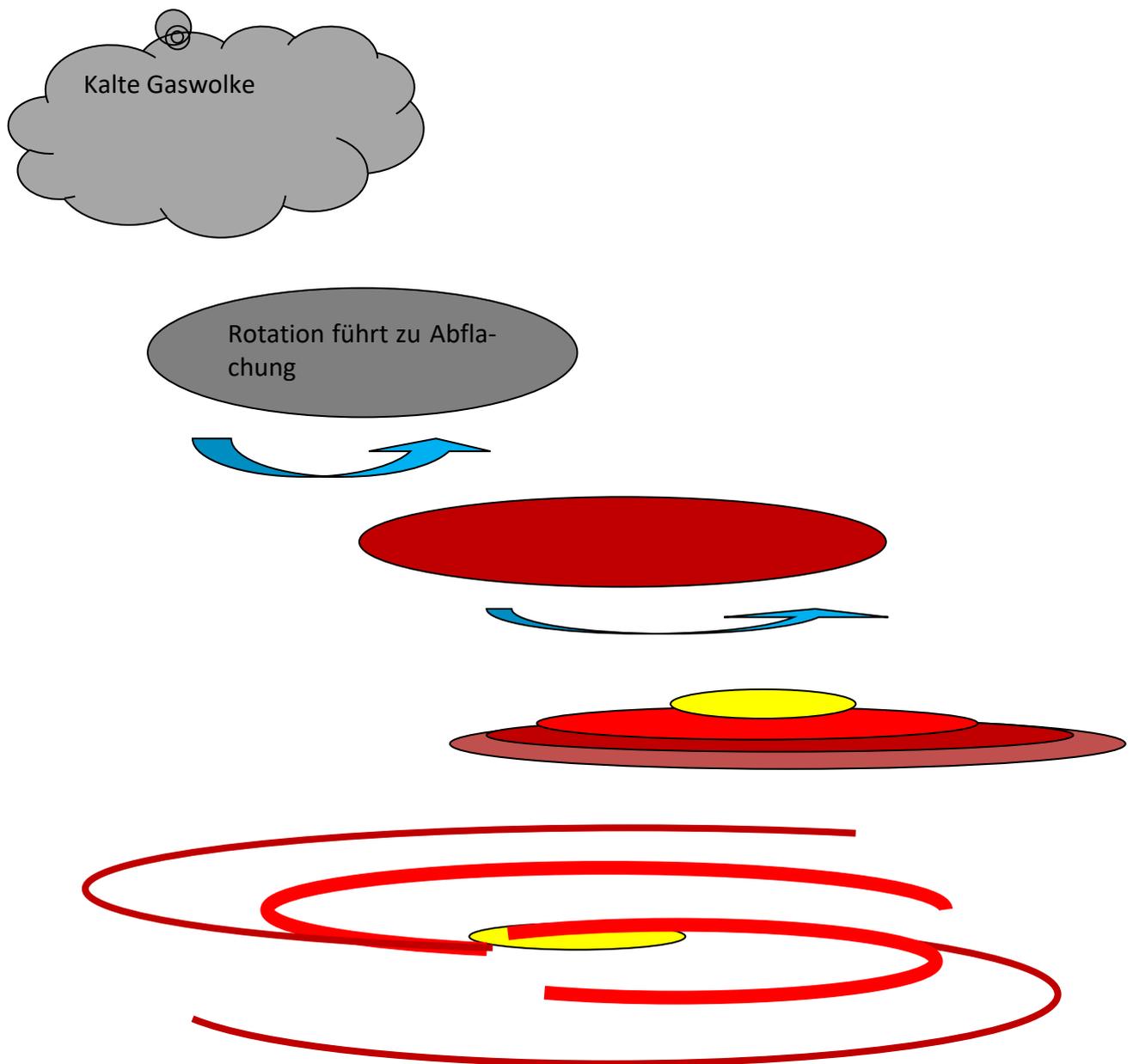
Galaxien sind nicht gleichförmig im Raum verteilt, sondern wie gesagt in Clustern angeordnet. Systematische Kartierungen des Universum, unter Einbeziehung der Dreidimensionalität (was wir am Sternenhimmel sehen ist ja eine zweidimensionale Entfaltung, die ja die optische Tiefe ausschließt; nur Entfernungsmessungen öffnen diese "dritte" Dimension) haben in den letzten Jahren erkennen lassen, dass diese Cluster in unerwarteter Weise miteinander verknüpft sind. Strukturen, vergleichbar Nervenzellen, werden erkennbar.

Ein interessanter Aspekt in der Galaxienforschung wurde bereits 1933 von Fritz Zwicky¹⁶⁴ gefunden. Er wendete als erster das Virialtheorem¹⁶⁵ auf Galaxienhaufen an. Eines der Ergebnisse war ein Beleg für die Existenz von Dunkler Materie.

Das resultierte aus dem Befund, dass der gravitative Zusammenhalt von Galaxienhaufen allein mit der Existenz von sichtbarer Materie nicht erklärbar war. Zusätzliche Gravitation war die Erklärung – Gravitation durch Dunkle Materie.

Der gleiche Befund lässt auch verstehen, warum die Spiralarme der Galaxien nicht auseinanderfliegen. Rein rechnerisch müsste dies nämlich infolge der Zentrifugalkraft der Fall sein, und nur die Annahme der Existenz von Dunkler Materie im Galaxienzentrum erklärt die Beständigkeit.

(Siehe Davies, Der kosmische Volltreffer, 2006. Seite 155)



Durch Gravitation erfolgt Verdichtung und Aufheizen

Abbildung 13: Interstellare beobachtbare Galaxienbildung

Sie werden vielleicht, wie ich, zu der Meinung kommen, dass dieser Ablauf, dem der weiter unten beschriebenen Bildung unseres Sonnensystems ähnelt: Gaswolken geraten in Rotation, flachen ab und bilden Rotations scheiben. Das Zentrum verdichtet sich durch Gravitation und heizt sich auf. Bei der weiter unten beschriebenen Bildung von Sonnensystemen, sind aber, außer Wasserstoff und Helium, noch schwerere Elemente beteiligt, die aus Sternenwind und Explosionen von Sternen, also aus Supernovae resultieren.

Vergleich von Galaxien- und Sonnensystem-Bildung:

- Die Galaxienbildung spielt sich in einer ganz anderen Größen- und Massenliga ab als die Planetenbildung.
- Die Galaxienbildung der ersten Generation erfolgte aus Gaswolken, die ausschließlich aus ca. 90 % Wasserstoff- und ca. 10 % Helium-Kernen bestanden. Planetensysteme können aus Sternenstaub entstehen.
- Dunkle Materie hält die Galaxien bzw. ihre Cluster gravitativ zusammen. Die Ausbildung eines Planetensystems benötigt keine schwarze Masse zum Zusammenhalt.
- Im Zentrum einer Galaxie kann (oder wird fast immer?) ein Schwarzes Loch entstehen. Nur bei entsprechender Größe des Zentralsterns ist das für ein Planetensystem denkbar

Klärungsbedürftig bleibt der grundsätzliche, strukturelle Unterschied zwischen beiden Abläufen. Die Galaxienbildung führt offensichtlich nicht zu einer zusammenhängenden Scheibe, die um einen Zentralstern kreist, es sei denn, anstelle des Zentralsterns entsteht ein Schwarzes Loch. Aber ein Schwarzes Loch entfällt m.E., da es sich erst nach der Geburt einer Galaxie bilden sollte. Es erscheint nämlich schwer vorstellbar, dass zunächst schwarze Löcher vorhanden waren, die sich dann mit einer Galaxie aus den Ur-Nebeln schmückten. Welche Massen sollten in den mehr oder weniger homogenen Ur-Nebelwolken Schwarze Löcher kreierte haben? Vielleicht ist dieser Effekt gegenüber der Planetenbildung in der außerordentlichen Massenanhäufung von Galaxien zu suchen, die eine Scheibe infolge der Fliehkraft in Spiralarme zerreißt. Wohl ist aber auch hier die Dunkle Materie wirksam, die in einer Galaxie als Gravitationsregler anzunehmen ist, aber für die Bildung eines Sonnensystems wie das unsere, aufgrund der involvierbaren Massen keine Rolle gespielt hat.

Offen ist für mich auch der zeitliche Ablauf der Bildung der Sterne der Ersten Generation. Entstehen sie aus den in Gas-Galaxien vorhandenen Gas-Massen der Spiralarme, oder wird aus den Wolken der Gas-Massen zuerst eine Vielzahl von Sternen gebildet, die sich dann in spiralförmige Galaxien orientieren? Vielleicht spielen sich aber auch, Massen abhängig, beide Vorgänge parallel ab?

Aktuelle Theorien

Wie es zur Sternenbildung aus einer rotierenden Gas-Masse aus Wasserstoff kommen könnte, beschreibt T. Schröder (Rüdiger, 2009): *„Durch einen magneto-hydrodynamischen Effekt (MRI „Magneto-Rotational-Instability“), wie er in ausgedehnten schwachen Magnetfeldern gegeben ist, können rotierende Scheiben aus Gaswolken zusammenbrechen und sich, je nach Masse, zu Sonnen (= Sternen) oder auch Schwarzen Löchern zusammenballen. Dabei soll dieser Effekt kreisende Wolken so weit abbremsen, dass sie entgegen der eigenen Fliehkraft, also durch die Gravitation zusammenstürzen. Woher die Magnetfelder stammen, ist allerdings noch unklar“.*

Die Astrophysiker versuchen die Erklärung mit physikalischen Grundgesetzen: *„Sterne entstehen in Scheiben. Ursache: Der Drehimpuls eines abgeschlossenen Systems ist konstant! Jede Scherbewegung (Eine Bewegung im rechten Winkel zur Kraftlinie (Anm. d. V.)) aus einer protostellaren Wolke führt beim Kollaps zu schneller Rotation. Durch die Zentrifugalkraft entsteht eine abgeplattete Scheibe. Sternentstehung erfolgt also über eine rotierende, nach außen auf geweitete Scheibe aus Gas und Staub“.* http://hera.ph1.uni-koeln.de/~ossk/Einfuehrung_Astronomie/Sternentstehung.pdf

Natürlich ist die Entstehung und Entwicklung von Galaxien als aktueller Forschungsgegenstand nicht abgeschlossen und somit noch nicht ausreichend sicher erklärbar. WIKIPEDIA: *„Neueste Studien gehen davon aus, dass Galaxien aus riesigen Gaswolken (Wasserstoff) hervorgehen, deren Zentren zu supermassiven schwarzen Löchern kollabieren. Diese wiederum heizen das umliegende Gas so weit auf, dass sich durch Verdichtung Sterne und letztendlich Planeten bilden. Die Größe der Galaxien und deren Zentren (supermassive Schwarze Löcher) stehen in direktem Zusammenhang: je größer eine Galaxie, desto größer das Zentrum“.* Das könnte eine Antwort auf meine o.a. Anmerkung sein.

Inzwischen verdichten sich die Informationen, dass auch im Zentrum unserer Milchstraße, ca. 27 000 Lichtjahre von der Erde entfernt, ein Schwarzes Loch beheimatet ist. Es trägt den Namen Sagittarius A im Sternbild Schütze und soll ca. 4,3 Millionen Sonnenmassen schwer sein. Da es sich im bisherigen Beobachtungszeitraum ruhig verhielt und kaum Materie vereinnahmte, emittierte es auch kaum Strahlung. Astronomen berichten allerdings in „Nature“ von einer bald in den Anziehungsbereich eintauchenden riesigen Gaswolke aus Wasserstoff und Helium, die wohl in den nächsten Jahren ab 2021 in dieser Materiefalle verschwinden wird. Es bietet sich damit erstmals die Gelegenheit in Echtzeit zu registrieren, was in diesem Szenario geschieht. Es wird erwartet, dass es durch das Aufheizen des Gases zu intensiver Röntgenstrahlung aus der Umgebung des Schwarzen Lochs kommt.

Unsere Milchstraße oder besser Galaxie,

WIKIPEDIA:

Den Namen Milchstraßensystem trägt das Sternsystem nach der Milchstraße, altgriechisch γαλαξίας (κύκλος) galaxías (kýklos), zu γάλα gála „Milch“,^[6] die als freiäugige Innenansicht des Systems von der Erde aus wie ein quer über das Firmament gesetzter milchiger Pinselstrich erscheint.

wird zzt. erneut vermessen, wobei der sogenannte innere Halo als Messgröße dient. (Jason Kalirai, Space Telescope Science Institute in Baltimore, „Nature“). Ein galaktischer Halo ist eine Ansammlung von Sternen und Kugelsternhaufen, die wie eine gigantische Kugel um die flache Scheibe unserer Milchstraße verteilt ist. Er soll aus einem inneren und einem äußeren Teil bestehen. Der innere Teil geht wohl auf die Verschmelzung massereicher Galaxienfragmente im jungen Kosmos zurück, während der äußere, der Verschmelzung massearmer Galaxienvorläufer zugeordnet wird. Das Alter des inneren Halos wurde anhand der Untersuchung von Weißen Zwergsternen mit ca. 11,4 Milliarden Jahren bestimmt. Die ältesten Objekte unserer Galaxie, sogenannte Kugelsternhaufen, sollen etwa 13,5 Milliarden Jahre alt sein. Es wäre interessant zu erfahren, ob in solchen, kurz nach der Entstehung des Kosmos vor 13,8 Milliarden Jahren stammenden Objekte, außer Wasserstoff und Helium, weitere Elemente nachweisbar sind. Damit sind wir im Makrokosmos angekommen.

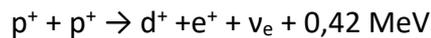
1.6.2 Energiegewinnung und Neutronenbildung in Sternen durch Kernfusion

Stichpunkte: Kernfusion, Kohlenstoff aus Helium, Masseverlust, Bindungsenergie, Bildung von Neutronen, die nicht aus dem Urknall stammen.

Schon im 19. Jahrhundert fragte man sich, wie das Licht der Sterne bzw. deren abgestrahlte Energie zu erklären seien. Zunächst wurde versucht, diese Erscheinung auf das Vorhandensein fossiler Sternbestandteile, also Kohle, zurückzuführen. Da Schätzungen dazu führten, dass dieser Brennstoff für die Energieabstrahlung unserer Sonne nur einige Millionen Jahre hätte ausreichen können, kam man zur Überzeugung, dass die Darwin'sche Evolution nicht stattgefunden haben konnte. Einige Million Jahre wären nicht ausreichend die Evolution zu gestalten (Dawkins, 2016, S. 139), was natürlich richtig ist. Ernstzunehmender waren folgende Überlegungen: Lord Kelvin¹⁶⁶ und Helmholtz¹⁶⁷ schlugen um 1900 eine Art Energiepumpe durch gravitative Schrumpfung vor. Unter dieser Kraft müsste sich die Sonne zusammenziehen, sich das Gas verdichten und dabei Wärme erzeugen. Diese Hypothese ist ebenso leicht auszuschließen, da der zeitliche Verlauf nicht für Milliarden von Jahre denkbar ist. Diese, über Energiebilanzen ad absurdum führbaren Gedanken, wurden bald zugunsten tragfähiger

Vorstellungen, der Verschmelzung von Atomkernen, revidiert. Schon 1920 schlug Arthur Eddington vor, dass die Sonne ihre Energie durch Kernfusion von Wasserstoff zu gewinnt. Dabei entstehen Neutronen aus Protonen.

Allerdings ist diese (temperaturabhängige) Fusion ein außerordentlich seltenes Ereignis, das im Sonnenzentrum im Durchschnitt ca. 5 Milliarden Jahre dauert. In dieser Kernreaktion fusionieren zwei Protonen in Kernfusionsreaktionen zu einem Deuteron. Dabei werden ein Positron, ein Elektron-Neutrino und Energie freigesetzt. (Cox, 2009, S. 174)



Deuterium enthält im Kern ein Proton und ein Neutron

1934 gelang Rutherford der erste Nachweis einer Fusionsreaktion im Labor, und 1938 wurde von Otto Hahn und Fritz Strassmann, der gegenläufige Vorgang, die erste Kernspaltung nachgewiesen.

Wirksam sind dabei vor allem die starke und die schwache Wechselwirkung in den Atomkernen, zwei der vier fundamentalen Ur-Kräfte. Bei chemischen Reaktionen werden „nur“ die elektromagnetischen Kräfte zwischen Elektronenhüllen von Atomen wirksam. Wegweisend war die Erkenntnis der kernphysikalischen Masse-Umwandlung in Energie, die nachvollziehbar durch Einsteins Formel,

$$E = m \times c^2$$

eine ganz andere Energiedimension erschloss.

Die Physik hatte experimentell ermittelt, dass Atomkerne bis zum Element Eisen, ab einem entsprechend hohen Temperaturniveau, wenn die Aktivierungsenergie erreicht ist, miteinander exotherm, unter Masseverlust, zu schwereren Atomkernen verschmelzen: Kernfusion. Das notwendige, hohe Temperaturniveau von mehreren Millionen Kelvin, ist auf der Erde technisch nur in „Magnetkugel“ (Kernfusionsreaktoren) kurzzeitig verwirklichtbar. Für Sterne ist das kein Problem da durch verdichtende, gravitative Effekte solche Verhältnisse in Form einer „Gravitationskugel“ jederzeit im Inneren von selbst entstehen. Der Masseverlust Δm dokumentierte sich als freiwerdende Fusionsenergie ΔE . Quantenmechanisch wird das durch den Tunneleffekt¹⁶⁸ beschrieben.

Carl Friedrich von Weizsäcker¹⁶⁹ und Bethe¹⁷⁰ klärten um 1938 die relevanten Kernreaktionen auf, die sich in der Sonne und in allen Sternen - im Prinzip auch in Wasserstoffbomben - abgespielt haben und heute noch und in langer Zukunft ablaufen werden.

Den Nobelpreis für diese Arbeit erhielt allerdings 1967, warum auch immer, nur Bethe. Vielleicht spielten da der Matthäus-Effekt und Zitierkartelle, wahrscheinlicher aber die Vita von Weizäckers eine Rolle. Siehe WIKIPEDIA, Matthäus-Effekt (Wer hat, dem wird gegeben), bzw. die Kritik und Zweifel an Weizäckers Rolle im Hitler-Deutschland. Vielleicht war es auch den grundlegenden Arbeiten Bethes geschuldet, die in den 50iger Jahren in Princeton, mit zur Entwicklung der Wasserstoffbombe beitrugen. Beschrieben in "Thurings Kathedrale (Dyson, 2016).

Mir bekannt sind zwei komplexe Kernfusionsmechanismen:

1. Gehen wir zunächst etwas ausführlicher auf den Bethe-Weizsäcker-Zyklus ein, auch CNO-Zyklus (Kohlenstoff-Stickstoff-Sauerstoff-Zyklus), oder CN-Zyklus (Kohlenstoff-Stickstoff-Zyklus) genannt. Er repräsentiert eine der beiden exothermen Fusionsreaktionen des so genannten Wasserstoffbrennens durch die Sonne, wie alle Sterne, Wasserstoff in Helium umwandelt. Die u.a. Proton-Proton-Reaktion ist der zweite, ältere Fusionsweg.

Der Kohlenstoff-Stickstoff-Zyklus entfaltet sich ab etwa 15 Million Kelvin. (Es liegen nackte Atomrümpfe vor). Der in der Sonne vorhandene geringe Anteil an Kohlenstoff wirkt als Katalysator. Er startet bei etwa 14 Millionen Kelvin und ist ab 30 Millionen Kelvin vorherrschend. Die Umsatzrate ist proportional zur vorhandenen Menge an ^{12}C ; er und konnte daher erst nach Erbrüten von Kohlenstoff, also nach der ersten Sterneneration aktiv werden.

- a) Kohlenstoff 12 + $1\text{ }^1_1\text{H}^1$ = Stickstoff 13 + Gammastrahlung
- b) Stickstoff 13 zerfällt unter Abgabe eines Positrons und eines Neutrinos zu Kohlenstoff 13 (1 Proton zerfällt)
- c) Kohlenstoff 13 + $1\text{ }^1_1\text{H}^1$ = Stickstoff 14 + Gammastrahlung
- d) Stickstoff 14 + $1\text{ }^1_1\text{H}^1$ = Sauerstoff 15 + Gammastrahlung
- e) Sauerstoff 15 zerfällt zu Stickstoff 15 unter Abgabe eines Positrons und eines Neutrinos (1 Proton zerfällt)
- f) Stickstoff 15 + $1\text{ }^1_1\text{H}^1$ = Kohlenstoff 12 + $1\text{ }^4_2\text{He}^4$ (alpha-Teilchen)

Summarisch:



Die verbleibende Masse ist um etwa 1 % geringer als die Masse der vier Protonen (Massendefekt). Die Massen-Differenz wird dabei nach $E = mc^2$ fast vollständig in Energie umgewandelt. Die Energiebilanz beträgt hier +25,03 MeV. (Andere Literatur, siehe 1.5.10, spricht von $4\text{ }^1_1\text{H} \rightarrow\text{ }^4_2\text{He} + 2\text{ }e^+ + 2\text{ } \nu_e + 2\text{ } \gamma + \mathbf{26,731\text{ MeV}}$)

In Kurzfassung: 4 Protonen werden zu 1 Helium-Kern (bestehend aus 2 Protonen und 2 Neutronen).

Dabei sind von 4 Protonen 2 in 2 Neutronen übergegangen und haben dabei 2 Positronen, 2 Neutrinos und Gammastrahlung freigesetzt.

Es entsteht eine Massendifferenz (Massendefekt) Δm :

$$4 \text{ Protonen: } 4 \times 1,00723 = 4,02892 \text{ Masseneinheiten}$$

Für ein Helium-Atom findet man aber nicht diesen Wert sondern „nur“ 4,00151 Masseneinheiten.

$$\begin{array}{r} 4,02892 \text{ Masseneinheiten} \quad 4 \text{ Protonen} \\ \underline{4,00151 \text{ Masseneinheiten} \quad 1 \text{ Helium-Atom}} \\ \text{Massendifferenz: } \Delta m = 0,02741 \text{ Masseneinheiten} \end{array}$$

Die sich ergebende Massendifferenz Δm von 0,02741 Masseneinheiten (0,73% der Ausgangsmasse), ist aber nicht verschwunden, sondern wird in dieser Kern-Reaktion als Energieäquivalent ΔE frei. Sie entspricht der Bindungsenergie, die bei der Vereinigung von 4 Protonen zu einem Helium-Atom frei wird.

Berechnung:

$$E = m \times c^2$$

Die Bindungsenergie ΔE entspricht Massendifferenz $\Delta m \times c^2$

$$\Delta E = \Delta m \times c^2$$

Einheiten:

Atomaren Masseneinheiten $u = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Avogadro-Konstante = $6,022 \times 10^{23} \text{ Mol}^{-1}$ (Teilchen, hier He-Atome pro Mol)

Lichtgeschwindigkeit $c: c^2 = (3 \times 10^8)^2 \text{ m/sec}^2$

$$\text{Gefunden s.o.} \quad \Delta m = 0,02741 \text{ u}$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= 0,02741 \text{ (u)} \times 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3 \times 10^8)^2 \text{ m/sec}^2 \times m = \\ &= 0,409629 \times 10^{-11} \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2 = 0,409629 \times 10^{-11} \text{ J} \end{aligned}$$

Das Energieäquivalent von $0,409629 \times 10^{-11} \text{ J}$ wird bei der formalen Fusion der 4 Protonen zu einem Helium-Atom frei.

Da 1 eV einer Energie von $1,6022 \times 10^{-19} \text{ J}$ entspricht, heißt das, dass bei dieser Kern-Reaktion $0,409629 \times 10^{-11} \text{ J} / 1,6022 \times 10^{-19} \text{ J} = 25,57 \times 10^6 \text{ eV}$ frei werden.

Pro Atom entstandenem Helium sind das $25,57 \times 10^6 \text{ eV}$. Diese Energie entspricht der Kernbindungsenergie der Kernbausteine.

1 Mol Helium enthält $6,022 \times 10^{23} \text{ Mol}^{-1}$ (Teilchen bzw. He-Atome pro Mol)

1 Mol Helium wiegt 4,003 g bzw. $4,003 \times 10^{-3} \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \Delta E \text{ für 1 Mol Helium} &= 0,409629 \times 10^{-11} \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2 \times 6,022 \times 10^{23} \\ &= 2,46679 \times 10^{12} \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta E \text{ für 1 g Helium} &= 2,46679 \times 10^{12} / 4,003 \times 10^{-3} \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2 = \\ &2,46679 \times 10^9 / 4,003 \times 10^{-3} \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2 = \\ &0,61624 \times 10^{12} = 6,1624 \times 10^{11} \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2 = 6,1624 \times 10^{11} \text{ J}\end{aligned}$$

Pro Gramm entstandenem Helium sind das $6,1624 \times 10^{11}$ J. Diese Energie entspricht der Kernbindungsenergie der Kernbausteine.

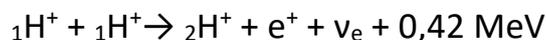
Pauschal gilt: Bei der o.a. Fusion zu ca. 1 kg Helium wird eine Energie frei, die um etwa 10 Millionen Mal größer ist als beim Verbrennen von 1 kg Steinkohle

Voraussetzung für den Ablauf ist allerdings eine Temperatur von $1,4 \times 10^7$ Kelvin (Finkelburg, 1964, S. 327)

2. Die Proton-Proton-Reaktion

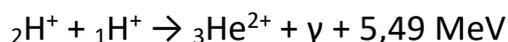
Effektiver ist allerdings der Vorgang, der zum Start „lediglich“ einige Million Kelvin benötigt und sich konzentriert im Sonnenkern abspielt, allerdings enorm lange Ablaufzeit benötigt. Alle beteiligten Atome sind vollständig ionisiert, ^1H entspricht also $^1\text{H}^+$, ^2H entspricht $^2\text{H}^+$, ^3He entspricht $^3\text{He}^{2+}$ usw.

Dabei werden zwei Protonen in Neutronen umgesetzt. Es kommt, wie oben, zur Freisetzung des Antiteilchens eines Elektrons, des Positrons, das so die positive Ladung übernimmt und zu Neutrinos. Wieder wird enorm viel Energie freigesetzt.

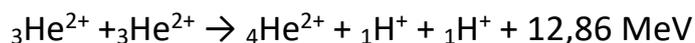


Es verschmelzen zwei Wasserstoffkerne $^1\text{H}^+$ (Protonen) zu einem Deuterium-Kern $^2\text{H}^+$, dabei werden durch die **Umwandlung eines Protons in ein Neutron** ein Positron e^+ und ein Elektronneutrino ν_e freigesetzt.

Das entstandene Deuterium kann anschließend (nach durchschnittlich nur etwa 1,4 Sekunden) mit einem weiteren Proton reagieren, wobei das leichte Helium-Isotop $^3\text{He}^{2+}$ entsteht:



Nach durchschnittlich **10⁶ Jahren** fusionieren zwei Helium-Kerne $^3\text{He}^{2+}$ zu $^4\text{He}^{2+}$ (α -Teilchen), wobei zwei Protonen freiwerden. Sie stehen für weitere Reaktion Schritte zur Verfügung.



Summarisch:



Wiederum sind zwei Neutronen aus 2 Protonen entstanden

Zur Ruhe gekommen ist unsere „liebe Sonne“ - ein Euphemismus, der angesichts der o.a. Abläufe nur aus großer Entfernung nachvollziehbar ist – natürlich heute noch nicht. Sie kann das, Gottseidank, in den nächsten Milliarden Jahren auch nicht erreichen. Allerdings wird unsere Erde beispielsweise in etwa 11jährigem Rhythmus von besonders heftigen geladenen Sonnen-Teilchenströmen in 3 Wellen bombardiert: Teilchen mit 10-20 % Lichtgeschwindigkeit, Röntgenblitze (Flares) mit Lichtgeschwindigkeit und Plasmawolken durch koronalen Massenausstoß (Werner Curdt, MPI für Sonnenforschung, Katlenburg-Lindau). Es handelt sich dabei um gewaltige Massen, die im Wesentlichen nur durch unsere Atmosphäre und das Magnetfeld der Erde aufgehalten werden, trotzdem aber zu beträchtlichen terrestrischen Sonnensturmfolgen (z.B.: Magnetfeld-Beeinflussung, Polarlichter, geomagnetisch induzierte Ströme, Funk, Satellitenbeeinflussung) führen können.

Das Prinzip der Helium-Fusion: Vergleichbar ist die Situation der o.a. Helium-Bildung mit vier Protonen auf vier Bergen. Auf jedem der vier Berge liegt ein Proton. Wenn nun alle vier Protonen, sehr vereinfacht ausgedrückt, ins Tal rollen, verschmelzen sie dabei zu einem Helium Atom, das somit im „Tal“ energetisch tiefer liegt und etwas leichter ist. Der Masseverlust Δm beim Verschmelzen in eine neue Bindungssituation, wird als Energie ΔE frei.

Wenn sich zwei Kerne eines Elements, das im chemischen Periodensystem vor Eisen stehen, bei entsprechender stellarer Temperatur ($> 10^9$ K) vereinigen, entsteht unter Freisetzung von Fusionsenergie „freiwillig“ ein neues Element, das energetisch tiefer liegt und wegen der frei werdenden Fusionsenergie $E = m \times c^2$ auch etwas leichter sein muss. Für das Element Eisen und seine Nachfolger im Periodensystem gilt das nicht mehr. Ab dieser Eisen-Grenze reicht die freiwerdende Energie nicht mehr für eine Kernfusion.

Abschließend noch einige Infos aus *Heise-online, Missing Link: Das Rätsel der Dunklen Materie*, vom 0.5.12.2021, die ich allerdings nicht so recht einordnen kann. Bei den Zahlenangaben fehlen z.B. die Einheiten. Ist von Gewichtsprozent oder Teilchenprozent die Rede?:

„Helium macht 25 % der Sonnenmasse aus...Die Sonne erbrütet in ihrem Kern Helium, aber nur ein kleiner Teil der Sonnenmasse nimmt an der Fusion teil, und es gibt keine Umwälzung bis an die Oberfläche wo das Heliumspektrum zu beobachten ist. Tatsächlich enthält schon das interstellare Gas 25 % Helium. Es findet sich z.B. im Vordergrund von Quasaren. Auch Deuterium und kleine Mengen Lithium zeigen sich im primordialen Gas. Lithium und Deuterium werden nicht in den Sternen gebildet, sondern durch Fusionsprozesse sogar zerstört.“

1.6.3 Neutronenbildung

Beide o.a. Prozesse sind von großer Bedeutung für die Bildung chemischer Elemente, da sie den Weg in höhere Kernfusions-Stufen bereiten und vor allem weitere Neutronen bereitstellen.

Wie bereits angedeutet (s.o.) ist die Umwandlung von Protonen in Neutronen so schwerfällig, dass die Sonne pro Kilogramm mehrere tausend Mal ineffizienter bei der Umwandlung von Masse in Energie ist als der menschliche Körper. Ein Kilogramm der Sonne erzeugt durchschnittlich nur 1/5000 Watt Leistung wohingegen der menschliche Körper etwas mehr als 1 Watt pro Kilogramm schafft. (Cox, 2009, S. 174). Alles eine Frage der Temperatur: mit den "nur" 15,6 Millionen Grad Kelvin im Sonneninneren (WIKIPEDIA) kann die für eine schnellere Reaktion notwendige Protonennähe untereinander nicht erreicht werden.

Alle chemischen Elemente, außer Wasserstoff, enthalten in ihren Kernen bekanntlich, außer Protonen, auch stabilisierende Neutronen. Die Anzahl der Neutronen im Kosmos war nach dem Urknall im Ur-Plasma festgelegt. Die instabilen „Ur“-Neutronen wurden zunächst im Helium-Anteil fixiert. Erst im Gefolge dieser beiden beschriebenen Helium Synthesen, durch Kernfusion von Wasserstoff, entstand weiteres neutronenhaltiges Helium, das sich bei noch höheren Temperaturen in Kernfusionen zu höheren Elementen umsetzen konnte. Dieses aus Wasserstoff (= Protonen) erbrütete Helium enthielt neue Neutronen (ehemals Protonen), die eine Voraussetzung zur primordialen Elementsynthese waren. Auf das Phänomen der magischen Kernzahlen (Neutronen- und Protonenzahlen in Atomkernen mit höherer Stabilität) wurde bereits hingewiesen.

1.6.4 Kernfusion und primordiale Elementsynthese

Stichpunkte: Kernfusionen in schalenartigen Fusionsbereichen im Sterninneren erbrüteten Elemente bis Eisen. Sternenwind. Durch Stern-Explosionen von Supernovae entstanden Elemente bis Uran. Interstellare neue Gaswolken enthalten nun alle restlichen Elemente.

"Primordial" ist wieder das Adjektiv für alles, was die Frühzeit des Kosmos betrifft. "Elementsynthese" ist der Begriff für die Entstehung von chemischen Elementen.

Jahrtausende lang hatte man rein phänomenologisch geglaubt, dass alle Materie aus nur vier Urelementen aufgebaut sei:

- Erde
- Luft
- Feuer

- Wasser

Später kam in der Philosophie und Alchemie noch eine fünfte Essenz, die Quintessenz hinzu, ein Synonym für Äther. Dieser Äther spielte einige Zeit eine Rolle vor und nach der Newtonschen Physik, als allgegenwärtiges, nicht greifbares Medium von kosmischer Ausdehnung. Mich erinnert dieser Begriff unwillkürlich an das, was wir unter physikalischen Feldern verstehen.

Diese aktuell naiv anmutende Vorstellung, geht auf Empedokles¹⁷¹, einen Zeitgenossen des Erfinders der Atom Idee, Demokrit, zurück. Er versuchte den atomaren Aufbau auf vier Elemente „Steinstoff“, „Wasserstoff“, „Luftstoff“ und „Feuerstoff“ zurückzuführen. Aus Mischungen dieser vier Elemente baute er seine Welt auf. Diese "verachtenswerten", materialistisch orientierten Denkansätze konnten sich allerdings damals nicht entfalten; zu idealistisch, spiritistisch war diese alte Griechen-Welt seit Platon befangen. (Vaas, 2013, S. 19)

Zu Beginn des Technologiezeitalters wurde diese schlichte, makroskopisch orientierte Überlegung nach und nach revidiert. Chemisches Element auf Element wurde gefunden. Die Gesetzmäßigkeit ihrer Interaktionen zur Bildung von Molekülen, und die sich dabei abspielende Veränderungen ihrer energetischen Zustände sind in beträchtlichem Ausmaß erforscht.

Aber erst aus der Theorie des Standardmodells der Elementarteilchen, ergänzt durch die Quantenmechanik und der Erforschung der Sternenaktivitäten, ergab sich eine grundsätzlichere Einsicht; die Entstehung, die Verteilung und der Aufbau dieser 92 natürlichen Elemente wurden erklärbar.

Energiegewinnung war nämlich nur eine Seite dieser Kernprozesse. Sozusagen als Nebeneffekt der Energiegewinnung der Sonne, bauten sich über die beschriebenen Kernfusionsreaktionen, in Abhängigkeit von der durch Gravitationsdruck erreichten Temperatur, weitere Kernfusionsprozesse auf, die letztlich zur Bildung der uns bekannten 92 chemischen Elemente führten und im kosmischen Geschehen heute noch führen.

Das hatte zur Folge, dass sich, beginnend etwa eine halbe Million Jahre nach dem Urknall bis heute, ein kleiner Teil der beiden Elemente Wasserstoff und Helium, durch Kernfusionsprozesse in den Sternen in die uns bekannte Palette der chemischen Elemente umwandelten. Die „Gesamtausbeute“ an Elementen im Universum, die aus den Ur-Gas-Elementen Wasserstoff und Helium bis heute entstanden sind, ist mit derzeit < 1 % allerdings eher mäßig.

Der nicht gerade naheliegende Gedanke, dass die chemischen Elemente durch Kernreaktionen entstanden sein könnten, soll übrigens den Physikern gekommen sein, die im Rahmen des Manhattan Projekts, in Los Alamos (New Mexiko) mit dem Bau der ersten Atombombe beschäftigt waren. Bei der Untersuchung

der radioaktiven Zerfallsprodukte nach den ersten Atombombenversuchen, wurden nämlich überraschend ganz unerwartete Elementisotope, über den bis dahin bekannten Isotopenzirkus hinaus, gefunden.

Wie kommt es zu dieser Elemententstehung?

Die ersten Sterne des zunächst dunklen Weltalls begannen ca. 400 Millionen Jahren nach dem Urknall zu leuchten, da thermonukleare Prozesse der Kernverschmelzung von Wasserstoff (Kernfusion) und die teilweise Rückführung von Materie in Energie einsetzten (Weiss A.). Danach hat sich die Häufigkeit der Elementverteilung der leichten Atome in Sternen, die als Kernfusionsreaktoren agieren, ständig verändert. Unentwegt verschmelzen leichte zu schweren Elementen, allerdings unter Freisetzung ungeheurer Mengen an Fusionsenergien.

Die Energieproduktion in einem Stern kommt durch die gravitative Kontraktion seiner interstellaren Mutter-Gaswolke zustande. Die Gravitation innerhalb dieser protostellaren Wolke führt durch Kontraktion zu immer höherer Dichte und Temperatur im entstandenen Gas-Ball. Bei der initialen Temperatur, etwa 10^7K , beginnt die Kernfusion in Abhängigkeit vom Wirkungsquerschnitt: *WIKIPEDIA: "Wirkungsquerschnitt, ist das Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass die zusammenstoßenden Kerne miteinander reagieren. Ausreichend groß ist der Wirkungsquerschnitt meist nur dann, wenn die beiden Kerne mit hoher Energie aufeinanderprallen. Die ist nötig, um die Coulombbarriere, die elektrische Abstößung zwischen den positiv geladenen Kernen, zu erklimmen und ihr schmales Maximum zu durchtunneln. Jenseits des Maximums, bei einem Abstand von nur noch etwa 10^{-15} m , überwiegt die Anziehung durch die starke Wechselwirkung, die Kerne haben fusioniert.... Erst 1928 konnte George Gamow solche Vorgänge auf der Basis der neuen Quantenmechanik mit dem „Tunneleffekt“ erklären".*

Zunächst findet das Wasserstoffbrennen, also Kernfusion von Wasserstoff zu Helium (s.o.) statt. Über die Oberfläche strahlt der Stern Energie ab; er wird durch Leuchten sichtbar und für Beobachter zum Phänomen. Seit es menschliches Bewusstsein gibt, wird dieses unerreichbare Feuer bis vor weniger als 100 Jahre staunend und ratlos erlebt. Entstehender Strahlungsdruck (Der Strahlungsdruck ist ein Flächendruck, ausgelöst durch absorbierte, emittierte oder reflektierte elektromagnetische Strahlung) im Sterninneren wirkt dem weiteren Zusammenstürzen durch den nach innen gerichteten Gravitationsdruck entgegen. Es entsteht ein dynamisches Gleichgewicht.

Nach dem Erlöschen des Wasserstoffbrennens, nach dem Verbrauch von fast der Hälfte an Wasserstoff (ca. 40 %), kontrahiert der Stern bei etwa 10^8 K und geht in das Verschmelzen von Helium zu Kohlenstoff über. Ein vorwiegend aus Neutronen bestehender Stern, wird durch Kräfte stabilisiert, die eine Folge des Pauli-Prinzips sind (s.o.: Neutronenstern).

Parallel könnte das Helium mit einem weiteren Proton, unter Bildung von Lithium fusionieren, das dann 3 Protonen und 2 Neutronen enthielte. Denkbar

wäre auch die Fusion von 2 Helium-Kernen zu einem Beryllium-Kern mit 4 Protonen und 4 Neutronen. Allerdings kommt es nicht zur Bildung nennenswerter Mengen von Lithium und Beryllium. Grund dafür ist, dass beide Elemente als Isotope, wie sie unter diesen Voraussetzungen entstehen können, nämlich als Lithium mit 3 Protonen und 2 Neutronen (stabil ist es nur mit 3 oder 4 Neutronen) bzw. als Beryllium mit 4 Protonen und 4 Neutronen (stabil ist es nur mit 5 Neutronen) instabil sind.

Im Detail sind die Abläufe wesentlich komplizierter:

Bethe war 1939 zu der irrigen Überzeugung gelangt, dass es im Innern von Sternen nicht zur Bildung von Kernen, die schwerer als Helium sind, kommen kann. Dagegen kam Ed Salpeter¹⁷² 1952 zu einer anderen Lösung. Er schloss aus den Temperaturen und der Dichte in Roten Riesensternen, dass der unwahrscheinliche Fall des Zusammenstoßes von drei Helium-Kernen, Kohlenstoff-12 Kerne erzeugen kann.

Hoyle konnte 1953 zusammen mit Fowler¹⁷³ am Caltech (California Institute of Technology) den wesentlich wahrscheinlicheren Vorgang beweisen, dass sich bei etwa 10^8 Kelvin, jeweils ein Helium-Kern und ein an sich instabiler, äußerst kurzlebiger Beryllium-8-Kern zu Kohlenstoff-12 vereinigen. Der Beryllium-8-Kern sollte aus 2 Helium-Kernen entstehen.

Dieser Beweis war von ganz besonderer Wichtigkeit, da bis zu diesem Zeitpunkt die Bildung von schweren Kernen aus Helium, vom Stand der Theorie aus nicht belegbar war. So ist es, wie bereits erörtert, höchst unwahrscheinlich, dass 3 Helium-Kerne so synchron zusammenstoßen, dass daraus Kohlenstoff entsteht. Das ist schon aus der primordialen Nukleosynthese im Urknall ableitbar, denn sonst hätte es schon zu diesem Zeitpunkt zur Kohlenstoffbildung kommen müssen. Nicht einmal zur nennenswerten Bildung von Beryllium, aus nur zwei Helium-Kernen, ist es aufgrund des ungeheuer schnellen Temperaturabfalls gekommen. In diesen 50iger Jahren war die Diskussion der primordialen Nukleosynthese, ausgelöst durch den Urknall (Big Bang, Gamow und andere) und C-Feld-Theorie (Hoyle und andere) in vollem Gang. Die Urknall-Theorie konnte zwar die Entstehung von Wasserstoff und Helium berechnen, scheiterte aber lange Zeit, wie die C-Feld-Theorie an überprüfbareren Belegen, wie die restlichen Elemente entstanden waren. Erst später stellte sich heraus, dass die primordiale Elementsynthese der schwereren Elemente nicht direkt im Urknall, sondern in Sternen durch Kernfusionen erfolgt.

In diesem Zusammenhang soll nicht verdrängt werden, dass diese Untersuchungen, wie bereits erwähnt, auch im Zusammenhang mit einem sehr militärischen Problem, dem Bau von Wasserstoffbomben in Verbindung steht. Motor war u.a. die Forderung des amerikanischen Militärs nach einer noch stärkeren Bombe als der Hiroshima-Atombombe.

Bereits nach dem ersten Weltkrieg waren in Princeton, New Jersey, die ersten digitalen Rechner konzipiert worden, um ballistische Probleme von Artilleriegeschützen in den Griff zu bekommen. Schnelle Detonations- und Fusion Szenarien, Schockwellenberechnungen, die vor allem den Weg zur Wasserstoffbombe ermöglichten, waren nur mit sehr großem Rechenaufwand zu lösen. Rechenkapazität musste geschaffen werden. Die Geburtsstunde der Computer schlug. Protagonisten waren allem von Neumann, Bigelow, Ulam, Teller, Oppenheimer und andere. Die von ihnen entwickelten Rechner - z.B. MANIAC - ermöglichten klare Konzeptionen für den Zündvorgang und Fusionsweg von Wasserstoffisotopen durch einen atomaren Zünder. Auch die o.a. Berechnung von Bethe über den Kernfusionsprozess von Wasserstoff zu Helium waren hilfreich.

Später wurde dieses beschleunigte Rechenpotential auch für Wettervorhersagen und in Berechnungen von Selbstorganisation sowie biologischen, evolutionären Entwicklung eingesetzt. Gerade die technischen Modelle zur Wasserstoff-Fusionsentfaltung haben auch die Vorstellungen von Sternentwicklung, auf die wir noch zu sprechen kommen, entscheidend gefördert. (Dyson, 2016, S. 256 ff)

Der Krieg ist eben doch der Vater vieler, wenn auch nicht aller Dinge

Wenn es gelingen würde, die kosmische Bildung von Kohlenstoff durch Kernfusion von Helium zu belegen, war die entscheidende Brücke zur Bildung der schwereren Elemente geschlagen, da die Bildung der schwereren Elemente keine der folgenden Hürden, wie z.B. die Kohlenstoff-Bildung, aufweist.

Das Kohlenstoff-Problem

Das aus zwei Helium-Kernen gebildete, instabile Beryllium-Isotop mit 4 Protonen und 4 Neutronen (stabil ist es nur mit 5 Neutronen, s.o.) und ein weiterer Helium-Kern, können sich nur für einen äußerst kurzen Zeitraum zu Kohlenstoff ^{12}C mit 6 Protonen und 6 Neutronen (Anteil im heutigen natürlichen Isotopengemisch: 98,89 %) vereinigen. Sie nehmen sehr kurzfristig dazu eine etwas höhere Masse an (Bindungsenergie), die als Fusionsenergie abgestrahlt werden muss. Die notwendige Energieabstrahlung dauert aber zu lange, um den Zerfall des Berylliums (10^{17} sec) zu überstehen.

Wie kann es dann zu einer Vereinigung des Beryllium-8-Kerns mit einem Helium-Kern kommen?

Hoyle sagte voraus und bestätigte mit einem Experiment im Caltech Institut, dass Kohlenstoffatome, außer im Normalzustand, auch in einen angeregten Zustand existieren. Der angeregte Zustand entspricht eine zeitlich etwas stabilisierten Resonanzsituation. Dies erfolgt durch Energiezufuhr. Also ist das angeregte Kohlenstoffatom durch das Mehr an Energie auch etwas schwerer. Hoyle hatte dieses Mehr mit 7,7 MeV errechnet. Wenn sich nun ein Beryllium-8-Kern mit Helium vereinigt und ein angeregtes Kohlenstoffatom mit geringfügig höherer Masse bildet, spielt die Abstrahlung der überschüssigen Energie keine tragende Rolle

mehr, da die Vereinigung zum angeregten, resonanzstabilisierten Kohlenstoff ja schon stattgefunden hat und die Energieabfuhr „in aller Ruhe“ erfolgen kann. (Singh, 2008, S. 402)

Mit dem Caltech-Experiment wurde tatsächlich bewiesen, dass Kohlenstoff-12 Kernspektren eine Resonanzlinie bei 7,65 MeV aufweisen, dass also der für die Elementsynthese so wichtige angeregte Kohlenstoffkern existiert; genau der Wert, den Hoyle errechnet hatte. Es gab ihn tatsächlich, diesen angeregten Kohlenstoff, und er bildete den Schlüssel zu der gesamten primordialen Elementsynthese ab Helium.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Vorgehensweise von Hoyle, der sich des „Anthropischen Prinzips“¹⁷⁴ bedient und etwa wie folgt argumentierte: *„Ich existiere auf der Basis von Kohlenstoff. Kohlenstoff ist die Voraussetzung für die gesamte Biologie und das Leben. Deshalb muss es diesen wahrscheinlicheren Weg zum Kohlenstoff-12 geben“*. Und er behielt Recht. Wir kommen auf dieses vermutete Prinzip noch zurück.

Hasinger weist auf die überraschende Tatsache hin, dass Sauerstoff bei 7,65 MeV keine Resonanzlinie aufweist, also bei Kernkollisionen in diesem Energiefenster nicht entstehen kann. Sonst gäbe es keinen Kohlenstoff, da sofort die Folgereaktion mit einem weiteren Helium-Kern zu Sauerstoff folgen müsste.

Hier eine interessante Ergänzung zu diesem Thema aus mehr theologischer Sicht:

Ist der Kosmos für den Menschen gemacht? Überlegungen zum Anthropischen Prinzip:

(E. Beckers, 1999): Zitat Anfang: *„Im Jahr 1954 erkannte nun der Astrophysiker und Kosmologe Hoyle, dass auch diese Reaktion nicht genügend ergiebig ist, es sei denn, sie läuft resonant ab. Das bedeutet: Da der angeregte Kohlenstoff-12-Kern nur ganz bestimmte Energieniveaus annehmen kann, läuft die Reaktion nur dann mit guter Ausbeute ab, wenn die Massenenergie und die kinetische Energie von Be-8-Kernen und He-4-Kernen zusammen gerade einem „erlaubten“ Energieniveau des Kohlenstoffs entspricht, wenn die Energien in Resonanz sind. Fred Hoyle sagte nun aufgrund der Tatsache, dass heute Leben auf Kohlenstoffbasis existiert, ein (damals noch unentdecktes) geeignetes Energieniveau des Kohlenstoff-Kerns voraus. Dieses wurde tatsächlich experimentell gefunden und liegt nur 4% über der Summe der Massenenergien der Stoßpartner. Dieser merkwürdige „Zufall“ kommt durch ein sehr kompliziertes Zusammenspiel der Kräfte der Starken Wechselwirkung in den Kohlenstoffkernen zustande. Der fehlende Energiebetrag wird leicht aus der kinetischen Energie der Kerne aufgebracht. Fast noch merkwürdiger ist, dass der Kohlenstoff nicht nach einem entsprechenden Schema sofort zu Sauerstoff-16-Kernen weiterreagiert und dann gar nicht mehr vorhanden wäre: $^{12}\text{C}^* + ^4\text{He} \rightarrow ^{16}\text{O}^*$. Tatsächlich hat Sauerstoff-16 ein „resonanzverdächtiges“ Energieniveau. Dieses ist aber für eine ergiebige Reaktion um 1%*

zu niedrig! Diese Differenz kann hier nicht durch kinetische Energie ausgeglichen werden, da diese ja immer positiv ist. Hoyle war vom Erfolg seiner anthropischen Voraussage sehr beeindruckt und bekannte später: Nichts hat meinen Atheismus so sehr erschüttert, wie diese Entdeckung. Diese Entdeckung muss noch einmal gewürdigt werden: Es geht nun nicht einfach darum, dass erst durch ein resonantes Energieniveau eine Fusion hin zu C-12 eine Ausbeute ermöglicht, die Leben auf Kohlenstoffbasis ermöglicht, sondern dass das äußerst knapp angeregte C-12 nicht gleich weiter zu Sauerstoff O-16 fusioniert“. Zitat Ende.

Da entsteht für esoterische Zirkel der Eindruck einer Suche nach geheimnisvollem Wirken, obwohl es sich tatsächlich um konkrete, messbare Fakten handelt. Koinzidenz, mehr kann ich nicht sehen. Aber vielleicht mache ich mir das zu einfach. Vielleicht aber sind die modernen Wege der Kosmologie von dieser Esoterik im Prinzip nicht mehr so weit entfernt. Die en vogue Erkenntnisse geraten in Gefahr zu Geheimwissenschaften zu werden, da sie oft wegen grundsätzlicher Energiebarrieren nicht mehr experimentell überprüfbar sind. Da bleibt oft nur der Glaube und das hat die Menschheit bisher zeitweise ruhiggestellt.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass Sauerstoff unter den chemischen Elementen eine Sonderstellung einnimmt. Er gehört, wie Wasserstoff, zu den Elementen mit besonderen "magischen" Eigenschaften des Atomkerns (s.o.) und ist eines der später zu beschreibenden „Lebenselemente“.

Es ist eine Ironie des Schicksals und zeugt von den geheimnisvollen und manchmal fragwürdigen Entscheidungen des Nobel-Komitees, dass der, warum auch immer, wenig beliebte Fred Hoyle den Nobelpreis für diese Leistung nicht bekam, sondern 1983 Willy Fowler, einer der Caltech Betreiber, der von Hoyle erst auf das Pferd des experimentellen Beweises gehoben worden war.

Zurück zu der primordialen Elementsynthese

Irgendwann geht der aus dem Ur-Gas (90 % Wasserstoff und ca. 10 % Helium) stammende und der aus Wasserstoff erbrütete Helium-Brennstoff in Sternen zu Ende. Es folgt gravitativ bedingte Sternkontraktion nach Erlöschen des Helium-Brennens da der Strahlungsdruck abnimmt. Wenn die Gaswolke soweit kontrahiert und so dicht ist, dass die Strahlung nicht mehr entweichen kann, ist die Wärme nicht mehr ausreichend abstrahlbar. Der ansteigende thermische Druck verhindert den weiteren Kollaps des Zentrums. Von den Randbereichen strömt weiterhin Gas nach innen und erhitzt diesen Kern weiter. Das Zentrum wird dadurch instabil. Der Kollaps setzt erneut ein. Aus den Außenbereichen des Sterns fällt weiterhin Plasma auf das Zentrum der Wolke zu, so dass die Hülle immer dünner wird, während im Kern Dichte und Temperatur weiter ansteigen. Aufheizen und Erreichen der nächsten Brennstufe zu noch schwereren Elementen, gemäß der steigenden Ordnungszahl des chemischen Periodensystems enden, wenn Eisen entstanden ist; jedoch nur wenn es die Masse des Sterns und

die damit erreichbare gravitative Temperaturerhöhung hergeben (s. u.). Fusionsenergie wird freigesetzt. Ist das Element Eisen erreicht, wandeln sich die energetischen Bedingungen grundlegend. Es sind wie gesagt zwar noch Fusionsreaktionen zu noch höheren Elementen möglich, nunmehr aber unter Energieverbrauch, und bei immer höheren Temperaturen.

Element-Geburten in einem Stern können daher nicht gleichzeitig ablaufen. Die Energiefreisetzung einer bei "geringer" Temperatur einsetzenden Fusion, wirkt der gravitativen Kontraktion des Sterns und dem damit verbundenen weiteren Temperaturanstieg im Zentrum entgegen. Ist der Brennstoff für diese Reaktion verbraucht, kommt es letztlich doch zur Kontraktion; nun steigt die Temperatur und die nächste Stufe einer Fusionsreaktion aus dem erbrüteten Material springt an.

Da diese Brennphasen in Sternen in zeitlich und räumlich aufeinander folgenden Abschnitten, von innen nach außen erfolgen, bildet sich eine zwiebelschalentartige Klassierung der durch Kernfusion gebildeten Elemente. Innen, im Zwiebelkern, befinden sich die schweren Elemente, wie Eisen, dann Silizium, gefolgt von Kohlenstoff und Sauerstoff, über Helium, bis zu nicht fusioniertem Wasserstoff (etwa 60 %).

Das ist eine typische Entwicklung für massereiche Sterne, die ab etwa 10 Sonnenmassen infolge der gravitationsbedingten, sehr aktiven Kernfusionen dieser ungeheuren Materieanhäufung nur für einige Million Jahre existieren. In der Folge laufen für solche Sterne allerdings eine Reihe höchst spektakulärer energetischer Entwicklungen ab. Höhere Elemente werden durch Neutronen-(s- und r-Prozess) und Protonenanlagerung (p-Prozess) gebildet (s.u. Literaturquellen¹⁷⁵: Kernbildungsprozesse (Müller, 2009))

Ersichtlich kommt es in diesen elementaren Vorgängen zu dem schon mehrfach angesprochenen Vorgang der Rückbildung von Energie durch den Masseverlust der Fusionsprozesse, verbunden mit Lichteffekten. Aus Materie wird letztlich wieder Energie. Astrologisch sichtbar werden solche elementaren kosmischen Vorgänge durch Lichtausbrüche wie Novae und Supernovae:

Nova:

WIKIPEDIA: Eine Nova ist ein Helligkeitsausbruch in einem engen Doppelsternsystem aufgrund einer explosiven Zündung des Wasserstoffbrennens auf der Oberfläche eines Weißen Zwergs.

Supernova:

WIKIPEDIA: Es gibt zwei grundsätzliche Mechanismen, nach denen Sterne zur Supernova werden können:

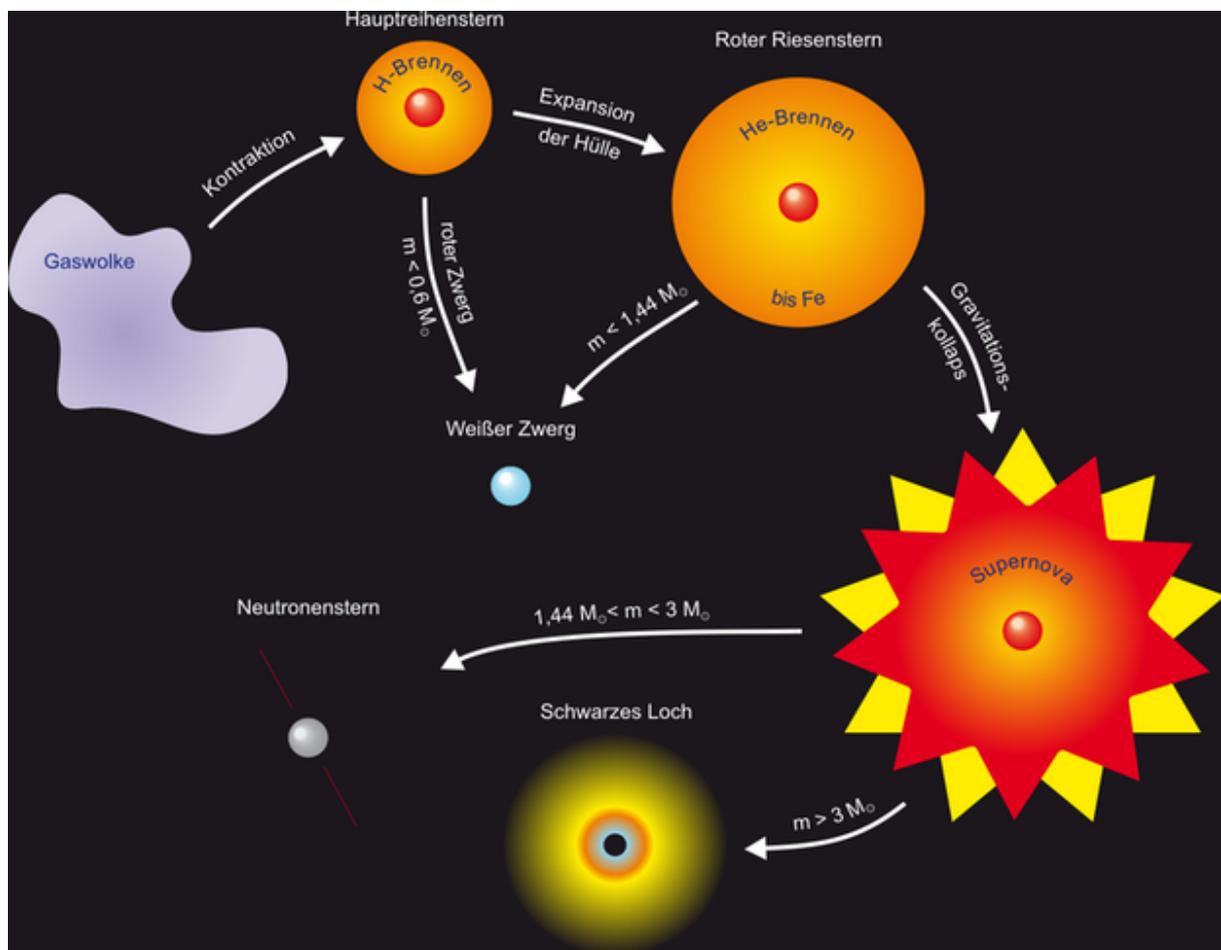
1. *Massereiche Sterne mit einer Anfangsmasse von mehr als etwa acht Sonnenmassen, deren Kern am Ende ihrer Entwicklung und nach Verbrauch ihres nuklearen Brennstoffs kollabiert. Hierbei kann ein kompaktes Objekt, etwa ein Pulsar oder*

ein Schwarzes Loch, entstehen. Dieser Vorgang wird als Kollaps bzw. hydrodynamische Supernova bezeichnet.

2. Sterne mit geringerer Masse, die in ihrem vorläufigen Endstadium als Weißer Zwerg Material (z. B. von einem Begleiter in einem Doppelsternsystem) akkretieren, durch Eigengravitation kollabieren und dabei durch einsetzendes Kohlenstoffbrennen zerrissen werden. Dieses Phänomen wird als thermonukleare Supernova oder Supernova vom Typ Ia bezeichnet.

1.6.5 Sternenwind und Supernovae

Stichpunkte: Sternenwinde und gigantische Supernovae-Explosionen schleudern neue Gaswolken ins Weltall, die nun außer Wasserstoff und Helium zusätzlich einige Prozente aller chemischen Elemente enthalten.



Schematische Darstellung der Sternentwicklung (Bild: <http://www.wikipedia.de>, frei)

Zunächst ruhen die erbrüteten chemischen Elemente im Schoß ihrer Sternemutter, der jedoch keinen Daueraufenthalt gewährleistet. Vielmehr verbirgt sich hier eine gigantische, gravitativ wirkende kosmische Pumpe von Materie zurück in Energie. Im Lauf von Milliarden von Jahren kam und kommt es heute und auch in Zukunft zur Energierückbildung, deren Abstrahlung und zur Emission der Kernfusionsprodukte durch Sternenwinde und Supernovae-Ausbrüchen in den interstellaren Raum. Damit findet eine Art Neuverteilung der Karten für zukünftige Sterne statt.

In ruhigen Phasen durch Sternenwind, explosionsartig aber bei besonderen Supernovae, wird der im Inneren der Sterne erzeugte Elementen-Cocktail in den interstellaren Raum geschleudert. Dabei sind die äußeren „Zwiebelschalen“ mit den leichten Elementen besonders betroffen. Die schweren Elemente werden allerdings nennenswert erst im Rahmen der Explosion einer Supernova, als Begleiterscheinung der Formierung eines Neutronensterns emittiert.

An dieser Stelle möchte ich darauf hinweisen, dass abgesehen von den restlichen 87 Elementen, damit die Bildung von Helium und den 4 Lebaselementen Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff im Rahmen der primordialen Nukleosynthese bzw. Elementsynthese, aus der Energie des Urknalls bzw. durch den Energiemotor von Kernfusionen gut erklärbar ist: Wasserstoff und Helium entstanden im Urknall; die restlichen chemischen Elemente einige hundert Millionen Jahre später in Sternen und deren Gravitationsextremen. Sie sind der uns unmittelbar zugängliche Teil, man könnte sagen das Erbe, der Physikalischen bzw. Kosmischen Evolution. Auf diese vier Lebaselemente: Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff, werden wir im Teil 2 noch detailliert eingehen. Diese Ur-Bausteine der Chemischen Evolution sind gleichsam die Protagonisten der chemischen Elemente in der Biologie. Aus ihnen entwickelte sich die Biologische Evolution und damit die stoffliche Grundlage, Emergenz und Entwicklung des bekannten Lebens.

Sicher ist den meisten Lesern geläufig, dass die chemischen Elemente einem sehr komplexen Aufbauschema unterliegen, was im Periodensystem der Elemente (PSE) deutlich wird. Wem dieses Prinzip nicht mehr oder noch nicht bekannt ist, sollte sich damit in der Ergänzung 5: Die Welt der Atome, vertraut machen.

Sternenwind

Sternenwind besteht, gestützt auf die Erkenntnisse der rezenten Erforschung unserer Sonne, aus elementaren Bausteinen wie Protonen und Elektronen bzw. aus Ionen wie Helium-Kernen und höheren Atomkernen. Es findet ein permanentes Emittieren aus Bereichen der äußeren Zwiebelschale von "brütenden" Sternen statt. Denken Sie dabei an die Sonnenkorona¹⁷⁶, die vor allem bei einer Sonnenfinsternis gut zu beobachten ist. Es ist ein Plasma; Elemente mit Elektronenhülle

sind darin nur untergeordnet vorhanden. Zusätzlich dürfte auch ein koronarer Massenauswurf, wie wir ihn aus Sonneneruptionen kennen, eine Rolle spielen. Dieses ausgestoßene Eruptionsplasma entlang gigantischer magnetisierter Girlanden, besteht hauptsächlich aus Elektronen, Protonen und aus kleinen Anteilen schwererer Elementkernen wie Helium, Sauerstoff und Eisen, also Kernfusionsprodukten, die mehr aus dem inneren Schalen des Sterns stammen. Vermutlich verursacht Rekonnexion¹⁷⁷ der Magnetfeldlinien die Eruptionen.

Gigantische Sonneneruptionen entwickeln sich, wie bereits erwähnt, als Schockwellenfronten mit einer gewissen Regelmäßigkeit z.B. am 14. Juli 2000, zwischen dem 19. Oktober und dem 5. November 2003 und im Juni 2011. Die Auswirkungen sind heute wesentlich gravierender als vor der Elektrifizierung und der globalen Vernetzung.

Sonnenwinde sind von gewaltigen Massenverlagerungen aus dem Sternenninneren in den interstellaren Raum begleitet. So verliert z.B. unsere vergleichsweise relativ kleine Sonne pro Sekunde etwa eine Million Tonnen ihrer Masse. Sie setzt pro Sekunde die Energie von 100 Trillionen Kilowattstunden bzw. $3,6 \times 10^6 \times 100$ Trillionen = $3,6 \times 10^{26}$ J frei.

Aber auch Eisen wird in den interstellaren Raum verteilt. Der Exoplanet WASP-121b (doppelt so groß wie Jupiter, 900 Lichtjahre entfernt) ist seinem Stern so nahe, dass dessen Strahlung die Gashülle (2100 Grad Celsius) ins All bläst, worin große Mengen Eisen enthalten sind (The Astronomical Journal 10.3847/1538-3881/ab2986, 2019).

Supernovae und Neutronensterne

(Siehe o.a. Gegenüberstellung: *Schematische Darstellung der Sternentwicklung*). Sterne, die massereicher als unsere Sonne sind, leben gefährlich da die masseproportional wirkende Gravitation wie eine Druckerhöhungspumpe fungiert, begleitet von Temperaturerhöhung. Sie sind infolge von thermonuklearen Prozessen auf beschleunigte Selbstvernichtung in gigantischen Explosionen programmiert. Je massereicher ein Stern ist, umso heißer wird es in seinem Inneren, umso heller strahlt er, aber umso kürzer ist seine Lebenszeit. Wenn der Wasserstoff zur Neige geht, blähen sie sich zunächst zu Roten Riesen auf. Im Kern, im Helium-Zentrum, das als „Asche“ des Wasserstoffbrennens übrigbleibt, beginnt das Helium-Brennen mit der Kohlenstoffbildung durch Fusion von drei Helium-Kernen (s.o.), sowie die Bildung schwerer Elemente. Das führt zur Bildung der o.a. „Zwiebelstruktur“. Allerdings wird die Energieausbeute immer geringer, je schwerer die Kerne sind, die verschmelzen, je höher sie also im Periodensystem der chemischen Elemente stehen und findet bei Eisen ein Ende, weil nach diesem Element, also ab Kobalt, die Fusion nur unter Energieaufwand verläuft. Ab Kobalt

verläuft die Energiegewinnung nicht mehr durch Fusion mit anderen Elementen, sondern durch deren Umkehrung, die Kernspaltung.

Höhere Elemente werden durch Neutronen- (s- und r-Prozess) und Protonenanlagerung (p-Prozess) gebildet, s.o.. Anhang: Kernbildungsprozesse (Müller, 2009). Im Sterninneren führt das bis zu Blei. Noch schwerere Elemente entstehen in den ungeheuer hohen Neutronenflüssen von Supernovae.

Die obere Grenze für die Erzeugung von Transuranen ist durch die spontane Spaltung gegeben. https://www.mppmu.mpg.de/~rwagner/skript/Synthese_schwerer_Elemente.html

Wenn ich meinen Ehering anschau (Goldanteil 585) komme ich ins Grübeln: Das Gold (chemisch definiert als $^{79}\text{Au}_{197}$) dieses kleinen Reifes, muss einer Supernova vor vielen Milliarden Jahren entstammen! Aber natürlich wird dieser Befund sozusagen noch getoppt von den in meinem Körper enthaltenen Wasserstoffatomen, die noch früher, direkt im Urknall entstanden.

Grundsätzlich kritisch wird die Situation, wie der Astrophysiker Chandrasekhar¹⁷⁸ 1930 herausfand, bei Sternen ab etwa 1,3 bis 3 Sonnenmassen, in Abhängigkeit von der Sternmaterie. Nach dem Erlöschen seiner Kernfusionsprozesse und der Aufblähung zum Roten Riesen, fällt ein Stern in sich zusammen und bildet zunächst einen Weißen Zwerg. Dies ist für alle Sterne möglich deren Masse kleiner ist als die o.a. Chandrasekhar Grenze. Ist die Masse größer, kann der Weiße Zwerg sich nicht gegen den gravitativen Druck stabilisieren. Verantwortlich ist die sinkende Energieausbeute und der damit sinkende Plasmadruck nach außen, da der gleichzeitig wirkenden Gravitation, die das Zusammenstürzen der Massen ins Sterninnere bewirkt, nicht mehr Paroli geboten werden kann. In Sekundenbruchteilen kollabiert der Rote Riese, nach den beschriebenen Brennphasen, auf eine Größe von etwa 30 km Durchmesser. Im Gefolge steigt die Temperatur auf ca. 100 Milliarden K. Protonen und Elektronen werden in Neutronen und Neutrinos umgewandelt. Es entsteht ein Neutronenstern, ein Pulsar, oder in Abhängigkeit von der Gesamtmasse, ein Schwarzes Loch. Mehr dazu im Teil 3.

Wie um 2007 ermittelt wurde, ist ab etwa 10 Sonnenmassen die bei diesem Zusammenbruch freiwerdende Energie so groß, dass sie die darüber liegende „zwiebelschalenartige“ Sternenhülle zerreißt und ins All schleudert. Eine Supernova erblüht. Dabei werden infolge der außerordentlich hohen Temperatur und des gigantischen Neutronenflusses, weitere Elemente wie Kobalt und Nickel bis zum Uran gebildet. Es spricht nichts dagegen, dass unter diesen Voraussetzungen sogar Elemente mit größerer Ordnungszahl als 92 entstanden sind, also Transurane bzw. Actinoide, die aber durch die Bank instabil sind und sehr geringe Halbwertszeiten aufweisen. Wie gesagt ist ihre Beständigkeit von der spontanen

Spaltung abhängig, und sie sind wahrscheinlich allenfalls kurzlebig in der Nähe von Supernovae Ausbrüchen detektierbar.

Man geht davon aus, dass es pro Galaxie alle 100 Jahre zu etwa 2 solcher Ausbrüche kommt. Weitere solche Materie- und Energieschleudern findet man in Doppelsternsystemen (Hasinger, 2009, S. 187). Auch in solchen massereichen Sternen werden, wie bereits erwähnt, schwere Elemente in r- und p-Prozessen bzw. s-Prozessen gebildet. Siehe o.a. Kernbildungsprozesse (Müller, 2009).

Bei diesen Abläufen wird das anfangs beschriebene Intermezzo der Materie-Bildung, die Baryogenese, sozusagen in das Gegenteil umgewandelt. Masse wird zurück in Energie gewandelt. Die Möglichkeit, die abgestrahlte Energie wieder in Materie zu überführen, also eine erneute Baryogenese zu zünden, kann aufgrund des nicht ausreichenden Energieniveaus und des rasanten Temperaturabsturzes solcher Ausbrüche ausgeschlossen werden.

An dieser Stelle möchte ich einfügen, dass es mir recht oberflächlich erscheint zu argumentieren, durch massenproportionale Gravitationsverdichtung steige die Temperatur ständig. Temperatur ist gemäß der statistischen Theorie der Wärme durch Teilchenbeweglichkeit zu charakterisieren. Die Beweglichkeit wird aber mit Sicherheit in diesem Gravitationskäfig immer geringer. Die statistische Theorie der Wärme ist hier an der Grenze ihrer Belastbarkeit. Es muss sich also um Effekte handeln, die sich, wie auch immer, als Temperaturanstieg interpretieren lassen. Das kann nur das Wirksamwerden der in dieser Grenzsituation zunächst nicht involvierten weiteren drei Urkräfte (Wechselwirkungen) sein, da durch die Gravitation die Abstände zwischen den einzelnen Spezies (Teilchen, Wellen?) sehr klein geworden sind.

Es gibt wie bereits angesprochen

- die starke Wechselwirkung (ST) oder Kernkraft, sie hält die Quarks der Atomkerne zusammen;
- die elektromagnetische Wechselwirkung (EM). Sie wirkt zwischen Kern und Elektronen sowie zwischen den einzelnen Atomen, ist also in diesem Kontext wohl unterrangig
- die schwache Wechselwirkung (SW), die in sehr kleinen Abständen wirkt.

Wie ist daraus eine Temperaturentfaltung ableitbar? Ich versuche mir das so zu erklären, dass ST, EM, SW (zusammen mit der Gravitation) Produkte der Urknall-Quantenfluktuation sind, die sie in die Realität katapultierte. Alle vier sind die grundlegenden Kräfte des Seienden. Im Urknall entfalteten sie sich kurzfristig durch einen irreversiblen Temperaturabfall bzw. eine Energieverdünnung in der

Raum-Zeit-Ausdehnung. ST, EM und SW wurden in einem materialisierten Umfeld, infolge von Symmetriebrüchen, neben der Gravitation, als eine Art materialisierte Dreifaltigkeit stabilisiert. Durch Gravitation werden sie, sobald Masse und Massenanhäufung entstehen, in einen Zustand gedrängt in dem die Dreifaltigkeit durch Massevernichtung, infolge der Gravitation wieder aufgelöst wird. Die alte Symmetrie von Materie und Gravitation wird wieder aufgelöst: EM spielt in diesem Zustand keine Rolle. Positive, materiegebundene Kräfte, ST, EM und SW, werden durch eine negative Kraft, die Gravitation wieder annulliert. Nullsummenspiel?

Die Temperatur ist einfach eine Art zweites Gesicht, der zu ihr proportionalen Energie.

Man kann versuchen das gravitative Geschehen mit dem Konstrukt des o.a. Zauberofen z.T. zu erfassen. Vergleichbar wird im Inneren von Sternen immer mehr Energie verfügbar durch die kumulierende und vor allem verdichtende Kraft der Gravitation. ST und SW werden aktiv, da die Teilchen-Abstände immer geringer werden. Gebrochene Symmetrien werden wieder aufgehoben, Energieniveau und damit Temperatur steigen.

Wie gesagt muss aber ein grundlegender Unterschied bestehen: Diese Entwicklungen verlaufen nicht mit dem gleichen Tempo, wie der unfassbare schnelle Urknall. Temporäre, aber instabile Gleichgewichte entstehen, die von der Verfügbarkeit von Fusionsmasse und damit von chemischen Elementen bis Eisen abhängen. Darüber hinaus werden aber die Temperaturen des Urknalls längst nicht erreicht. Man rechnet mit etwa 100 Milliarden Kelvin, also 10^{11} K (Urknall $> 10^{32}$ K). Trotzdem ermöglicht die zur Verfügung stehende Zeit, anders als im Urknall, wie gesagt die Bildung der restlichen schweren Elemente. Durch die "Kompression" erfolgt die Umwandlung von Protonen und Elektronen in Neutronen und somit zu außerordentlich hoher Neutronendichte. Neue o.a. Nukleosynthese Prozesse werden ermöglicht. Sie bewirken den Aufbau von Elementen bis zu einer Massenzahl $A = 210$.

1.6.6 Sterne der zweiten Generation entstehen

Stichpunkte: Sternenwinde und Supernovae der ersten Sternengeneration emittierten Gaswolken mit nunmehr allen chemischen Elementen. Erneut erfolgt durch Gravitation Verdichtung zu planetaren Systemen mit Zentralsternen – Sonnen. Chemische Evolution.

Sternenwind und Supernovae haben das Innere der ersten Sternengeneration nach außen gekehrt und dabei die restlichen, von Eisen bis Uran erbrüteten chemischen Elemente, temperaturbedingt zunächst als hochionisierte Atomrümpfe ins All geschleudert. Neuer interplanetarer Staub breitet sich aus: Potential für neue Sterne.

Diese chemischen Elemente stellen aber, Atom für Atom, winzig kleine Energiepotentiale der elektromagnetischen Kraft dar, die in dieser Form nebeneinander nicht unbedingt stabil sind. Auf einem Energieniveau, das viele, viele Größenordnungen unter den bisher diskutierten Energiestufen liegt, können sie interagieren. Es handelt sich hierbei um die Energie ihrer Elektronenhüllen, die sie nach dem Einfangen von Elektronen aufgebaut haben. Wenn diese Atome die Gelegenheit erhalten diese minimalen Energieunterschiede auszugleichen, nutzen sie das, indem sie miteinander zu noch energieärmeren Konglomeraten, den Molekülen, reagieren. Die Bühne der Chemischen Evolution öffnet sich.

Voraussetzung für dieses neue kosmische Szenario war wiegesagt, dass sich Entscheidendes im Energieprofil unseres Universums getan hatte. Das ursprünglich gigantische Energieniveau und die Temperatur des Urknalls hatten sich soweit abgesenkt, dass nunmehr, in gravitativ stabilen Bereichen, die strukturelle Entwicklung vorwiegend von der elektromagnetischen Kraft zwischen chemischen Elementen bestimmt wurde. Zwischenstadien waren beispielsweise Zustände, wie in einer Sonnenkorona oder Fusionsplasmen, wobei die Atome noch fast vollständig ionisiert waren. Voraussetzung dazu ist also ein entsprechend niedriges Energieniveau.

Die volle Elektronenhülle der Elemente liegen erst unterhalb der ersten Ionisationsenergie vor; typischerweise beträgt die Größenordnung „nur“ mehrerer Elektronenvolt (Beispiel Argon im Grundzustand: 15,7 eV). Solche beruhigten Bereiche sind Staubteilchen in interstellaren Zonen, aber auch Oberflächen von Himmelskörpern, allerdings unter sehr speziellen Voraussetzungen. Ab diesem Zeitpunkt spielen anstelle der Atomkerne, nur noch die Elektronenhüllen der Atome eine Rolle, wobei alle Atomaggregationen nahezu ausschließlich durch die äußersten Elektronenschalen stattfinden. Der ungeheure Energiesturm des Urknalls ist zu einem lauen Frühlingslüftchen, verteilt über den ganzen Kosmos abgeflaut.

Selbstorganisatorisch, also energieminimierend, haben sich zunächst im interstellaren Raum aus den durch Supernovae und Sternenwinden freigesetzten Elementen, u. a. Sauerstoff-Verbindungen des Siliziums und metallischer Elemente, die für die Erdformation so wichtigen Silikate gebildet. Natürlich waren auch Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor und alle weiteren Elemente in diese Abläufe eingebunden. Antrieb dazu stellt das höhere Energieniveau dar, in dem sich die Elemente gegenüber einer potenziellen Molekülbildung befinden. Betrachten wir z.B. die Bildung von Wasser. Chemisch gesehen, wird durch die Reaktion der Elektronenhüllen der Elemente Wasserstoff mit Sauerstoff das Molekül Wasser gebildet, wobei Bindungsenergie frei wird. Das Reaktionsprodukt Wasser ist nämlich stabiler als die beiden Ausgangsprodukte da Wasserstoff und Sauerstoff, sozusagen von ihren atomaren Energiebergen in das Energietal der molekularen

Verbindung Wasser gerollt sind. Bei dieser chemischen Reaktion wird Energie, Reaktionswärme (Reaktionsenthalpie ΔH), frei.

Wie komplex der chemisch beschreibbare Sachverhalt in diesem interstellaren Umfeld ist, mag aus der Beschreibung des GEPRIIS-Projektes hervorgehen, einem Projekt, welches die Deutschen Forschungsgemeinschaft von 1995 bis 2001 gefördert hat: *„Sterne entstehen in Molekülwolken. Die Molekülwolken sind kalt und dicht, so dass sie unter ihrer eigenen Gravitation kontrahieren. Aus kleinen Fragmenten der Wolken können sich Sterne bilden. Molekülwolken haben Temperaturen von etwa 10 K. Sie sind komplex aufgebaut (fraktale Struktur) und die Dichten liegen im Bereich von ca. $10^3 \dots 10^6$ H_2 -Molekülen pro cm^3 . Ausdehnung = $1 \dots 5$ pc. (Anm. d. V.: pc steht für Parallaxensekunde. $1 \text{ pc} = 30,86 \dots \times 10^{15} \text{ m}$)*

Gigantische Wolkenkomplexe aus Elementen und Molekülen können einen Durchmesser von bis zu 50 pc und Massen von bis zu 10^6 Sonnenmassen haben. Eric Herbst und William Klemperer fanden 1973 die wichtigste Reaktion zwischen positiv geladenen und neutralen Molekülen in der Gas-Phase des interstellaren Raums:



Diese Reaktion ist für das interstellare Medium wichtig, da die Ladung des Sauerstoff-Ions zu einer elektrostatischen Anziehung der Elektronen von neutralen Teilchen führt, was wiederum die Reaktion zwischen neutralen Teilchen begünstigt. Staubteilchen wirken als Katalysatoren für chemische Reaktionen. Beispielsweise kann das H_2 -Molekül sich nur auf Oberflächen von Staubteilchen bilden.“ (www.tls-tautenburg.de/research/eike/entstehung-sterneEG02)

Ergebnis dieser über Milliarden von Jahre anhaltenden Entwicklung war die langsame Entstehung von besagten Staub-, Gas- und Molekülwolken in unserer und natürlich auch den anderen Galaxien. Außerdem war der Weg in die Bildung von Wassermolekülen geebnet. Unvermeidlich sind sie ständig im Griff der Gravitation. Die Folge ist irgendwann der protostellare Kollaps.

Im Prinzip geschah nun das gleiche wie bei der Entstehung der ersten Sternengeneration: Zusammenballung von gigantischen Gas- und Staubwolken; verdichtete Materie formierte sich. Der Unterschied ist aber, dass nun neben Wasserstoff und Helium in den Gas- und Staubwolken, in geringem Ausmaß auch die chemischen Elemente enthalten waren, die im Laufe der Kernfusion der Sternemutter erbrütet wurden. Im gesamten Universum war so das Potential für eine Chemische Evolution entstanden da das Sammelsurium von chemischen Elementen nunmehr kosmosweit gegeben war.

Folgender Ablauf wird angenommen:

- Durch die Schwerkraft ziehen sich Gas und Staubteilchen gegenseitig an.
- Die Wolke stürzt unter ihrer eigenen Schwerkraft rotierend zusammen. (Warum rotierend? s.o. „Durch einen magneto-hydrodynamischen Effekt (MRI „Magneto-Rotational-Instability“), wie er in ausgedehnten, schwachen Magnetfeldern gegeben ist, können rotierende Scheiben aus Gaswolken zusammenbrechen und sich, je nach Masse, zu Sonnen (= Sternen) oder auch Schwarzen Löchern zusammenballen“.
- Gas, das immer weiter zusammengedrückt wird, heizt sich auf.
- Der Protostern beginnt zu glühen.
- Wenn das Gas heiß genug ist, zündet im Inneren die Kernfusion.
- Geburt einer neuen Sonne (Ossenkopf).

Ein solcher Entstehungsprozess verläuft, für kosmische Verhältnisse gerechnet, relativ schnell innerhalb von maximal 10 Millionen Jahren.

Was man sich unter den interstellaren Staubpartikeln vorzustellen hat, beleuchtet eine Forschungsarbeit von Prof. Dr. Uwe J. Meierhenrich (Meierhenrich, 2007), die ich sinngemäß zitiere:

„Kometensimulation: In einer Simulationskammer wurden künstliche interstellare Staubpartikel, bestehend aus einem silikatischen Kern, bei 10 Kelvin untersucht. Der Kern war mit organischem Material belegt, welches wiederum von einem gefrorenen Mantel kondensierter Gase wie Wasser, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Methanol und Ammoniak umgeben war. Das organische Material hatte sich gebildet, sobald die Mantelschicht mit energiereichem, ultraviolettem Licht bestrahlt wurde, wie es etwa von jungen Sternen emittiert wird. Derartige Bedingungen simulieren die Bestrahlung von organischen vereisten Mantelschichten auf silikatischen Kernen im präsolaren Nebeln (vor der Sonnenbildung Anm. d. V.) während der Entstehung des Sonnensystems.

Chemische Analysen des organischen Materials haben gezeigt, dass darin eine große Anzahl organischer Moleküle von präbiotischem (vor dem Entstehen von Leben, Anm. d. V.) Interesse, insbesondere 16 verschiedene Aminosäuren, vorkommen. Die durchschnittliche Lebenszeit eines solchen Partikels beträgt etwa 5 Milliarden Jahre, bevor es Teil eines neuen Sonnensystems wird.“

Neuere Computer Auswertungen von Hubble-Aufnahmen des Pluto könnten eine solche interstellare Synthese von chemischen Verbindungen bestätigen. Dieser früher zu den Planeten gezählte Himmelskörper umkreist in 248 Erdenjahren einmal unsere gemeinsame Sonne. Seit 1994 lässt sich eine zunehmende

Rotfärbung des Nordteils von Pluto registrieren (dpa, Neue Jahreszeit auf Pluto angebrochen, 2010). Er ist demnach nicht nur ein ferner vereister Felsbrocken, sondern er unterliegt saisonalen Veränderungen, die an unsere Jahreszeitenfolge erinnert. Man vermutet hinter der Verfärbung eine Zersetzung von Methan durch die UV-Strahlung der Sonne, zu einer kohlenstoffreichen rötlichen Masse.

Eine solche Masse sollte dann aber, wenn sie farbig erscheint, höher molekular sein und Doppelbindungen aufweisen. In Molekülen, die konjugierte Doppelbindungen ($-C=C-C=C-C=C-$) aufweisen, findet eine Anregung von Bindungs-Elektronen durch für uns Menschen sichtbares Licht leichter statt als in Einfachbindungen. Man denke nur an die weiß erscheinenden ausgedehnten Einfachbindungssysteme wie Polyethylen. Dagegen ist eine Verbindung wie Carotin, die lange Doppelbindungsbereiche, sogenannte konjugierte Doppelbindungen aufweist, für uns farbig. Das gilt auch für Gruppierungen wie $C=O$, $C=N$, $C=C$, $N=O$, allerdings erst, wenn sie mit weiteren Doppelbindungssystemen „in Konjugation“ (z.B.: $-C=C-C=C-C=C-$ usw.) sind. In diesen Bindungen kann Licht, also Photonen, mit den Bindungselektronen wechselwirken, wodurch das Lichtspektrum verändert wird: es fehlen dann bestimmte Wellenlängen im Lichtspektrum; daher erscheint uns ein Stoff farbig.

Das alles ist ein weiterer Hinweis dafür, dass unser Kosmos chemisch nicht tot ist. Da werden Bindungen geknüpft, Moleküle gebildet, eingefroren, aber auch wieder zerschlagen und das, auf den gesamten Kosmos bezogen, in unfassbaren Mengen.

Diese Forschungsergebnisse erinnern in ihrem Kern stark an die 1953 durchgeführten Versuche von Stanley Miller¹⁷⁹ und Harold Urey, an der Universität von Chicago, die in energetisch aktivierten Gasmischungen aus Methan, Wasserstoff und Ammoniak in Anwesenheit von Wasser, präbiotische Moleküle, u.a. Aminosäuren fanden. Auf diese Untersuchung komme ich später, im Teil 2 nochmals zurück (siehe: 2.4.1 Bildung der Haldane-Suppe in einer reduzierenden Atmosphäre).

Das interstellare Material änderte sich, bedingt durch Temperatur- und Druckdifferenzen in galaktischen Nebeln, wobei die ursprüngliche Zusammensetzung der Staubteilchen komplett verloren gehen kann. Einige Aggregate jedoch, die weit von den Regionen der Sternentstehung entfernt sind, können ihre ursprüngliche Zusammensetzung beibehalten haben. Sie sind heute in Kometen, Staubteilchen und interstellaren Wolken zu finden.

Man geht davon aus, dass sich die interstellaren Wolken verdichteten, sobald sie, etwa durch Änderung von Gravitationsfeldern, eine kritische Masse erreicht hatten. Die Staubpartikel sind letztlich Teil des oft zitierten „Sternenstaubs“, der zur Ausbildung eines Sternes bzw. eines Sonnensystems um diesen Stern führte. So entstand auch unser Planetensystem.

Diese Abläufe spielen sich seit der Bildung der zweiten Sternengeneration aber auch heute bzw. in Zukunft im Kosmos ab.

Es geht im Kosmos aber auch anders, dpa 20/21 Oktober 2012:

„US-Wissenschaftler entdecken Diamant-Planeten in kosmischer Nachbarschaft“. Ein Exo-Planet, 55 Cancri, im Sternbild Krebs unseres Sonnensystems, 40 Lichtjahre von uns entfernt, sei reich an Kohlenstoff (Yale University, New Haven, Connecticut). Der Planet sei doppelt so groß wie die Erde und 2150 ° C heiß. In diesem Kohlenstoffreichtum kann man wohl die Bildung von Diamanten – letztlich reiner Kohlenstoff - mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit vermuten. Kohlenstoff ist also keine irdische Ausnahme.

Und was kann man aus dem Blickwinkel der Entropie resümieren?

In dieser Phase der physikalischen Evolution wurde ein Zustand von neuer sichtbarer, struktureller Regularität erreicht, der aus menschlicher Perspektive einem Ordnungsprinzip zu folgen scheint:

Materie und Energie sind nicht mehr gleichverteilt, sondern haben im Mikrokosmos, in der Organisation der Atomkerne, deren Elektronenhüllen und damit der Elemente, eine von einer Gleichverteilung und Symmetrie der Singularität weit entfernte Besonderheit eingenommen.

Im makroskopischen Bereich haben sich, aufgrund der gravitativen Wechselwirkung, Materieballungen zu Galaxien und Sternen herausgebildet. Aus einem inhomogenen Ur-Gas etablierten sich Galaxien, Sterne und später z.B. die Erde (und andere Erden). Moleküle und daraus präbiologische Lebensvorstufen entstanden, die isoliert betrachtet aus menschlicher Sicht m.E. punktuell mit Zunahme von Ordnung charakterisierbar sind. Die punktuelle Entropie muss in diesen materiellen, strukturellen Inseln des Universums abgenommen haben.

Wie kann dann die Gesamtentropie in Übereinstimmung mit dem Satz von Clausius steigen?

Andere Effekte müssen diese Entropie-Abnahme überkompensiert haben. So ist z.B. die uns vertraute Ordnungs-Oase, unsere Erde, in diesem Kosmos derartig winzig, infinitesimal und unbedeutend, dass sie in der Gesamtbetrachtung keine Rolle spielt. Darüber hinaus ist es aber letztlich so, dass das, was wir Menschen als Ordnungszunahme interpretieren, nur eine Seite der Münze ist. Sie formiert sich zwar durch gravitative Materieballung zu Galaxien und Sternen, als aus menschlicher Sicht sichtbare Ordnung. Aber parallel laufen auch gigantische Energieverluste der gebildeten Galaxien, z.B. durch den Rotationsvorgang und Energie "verschleudernde" Kernfusion infolge gravitativer Aufheizung und Vernichtung von Materie ab. Diese freigesetzte Energie strahlt unumkehrbar und nicht nutzbar in den Kosmos: Entropie-Erhöhung.

Zudem ist wohl auch festzustellen, dass in diesem Zusammenhang nicht gemäß der Denkweise der klassischen Thermodynamik argumentiert werden kann. Es

liegen ja keine reversiblen Gleichgewichtszustände vor. Letztlich reden wir von „geordneten“ Nichtgleichgewichts-Systemen, deren ständige Transformation von Materie in Energie (= Symmetriezunahme), Entropie-Anstieg bewirkt. Wasserstoff und Helium der Ur-Gaswolken unterlagen der Gravitation und bildeten Materieballungen, die zu Galaxien und Sternen führten. In den Sternen kam und kommt es zu Materiewandlung durch Kernfusion, die sich als verlorene Energie äußert: Dissipation (Energiewandel in ungeordnete Teilchenbewegung).

„Der Fluss von Materie und Energie durch das System ist die treibende Kraft, die Ordnung aus dem "Nichts" erschafft“. (Kauffman, 1995, S. 39) Dieser Satz von Kauffman, gedacht für biologische Systeme, dürfte auch in diesem kosmischen Rahmen von Bedeutung sein.

Heute, 13,8 Milliarden Jahre nach dem Urknall, muss man infolge der permanenten Ausdehnung des Kosmos davon ausgehen, dass mit den rezent anzunehmenden etwa 200 Milliarde (anderer reden von einer Billion) Galaxien, 95 % aller möglichen Sonnen bereits entstanden sind (Kehse, 2017, S. 56).

1.6.7 Beobachten und Messen - anthropisches Prinzip

Wie real ist das leuchtende, elektromagnetische Szenario des sichtbaren Alls, das von uns Menschen suchend erschlossen wurde und weiterhin durchforscht wird? Denn tiefere Einblicke ermöglichen uns nur technische Hilfsmittel, die für unsere Augen nicht wahrnehmbare Wellenlängenbereiche des elektromagnetischen Spektrums, ev. auch durch Gravitationswellen, öffnen.

Zu dieser Erschließung werden selbstredend Beobachter benötigt. Dieses interpretierende Beobachten setzt Denkvermögen voraus, das Phänomene erkennen, vergleichen und ordnen kann, also Leben auf einer Ebene mit Urteilsvermögen. Speicherung dieser Informationen, Abrufbarkeit, Deutung, Verknüpfung und Kommunikation führen dann zur mentalen, aber individuellen anthropogenen Realisation. Anthropogen deshalb, weil ein Vogel, ein Insekt, ein Löwe usw. eine andere, eher diskontinuierliche Bewältigung seiner Umwelt erlebt.

Diese anthropogenen, kognitiven Elemente erinnern mich an die Architektur-Elemente in Computern im Sinn einer Turing-Maschine; allerdings ohne Steuerung. Es sei denn man akzeptiert den anthropogenen, also naturwissenschaftlich geprägten Bewusstseinsprozess als Steuerung und die erkannten Phänomene als Bausteine, die es gilt in einem Speicher abzulegen, anderen Phänomenen zuzuordnen, zu interpretieren, zu gewichten und vor allem im anthropologischen (menschlichen, naturwissenschaftlichen) Sinn zu verknüpfen. (*Wikipedia: Eine Turingmaschine ist ein wichtiges Rechnermodell der theoretischen Informatik. Eine Turingmaschine modelliert die Arbeitsweise eines Computers auf besonders einfache und mathematisch gut zu analysierende Weise. Sie ist benannt nach dem Mathematiker Alan Turing, der sie 1936 einführte.*)

Allerdings war es erdgeschichtlich ein sehr langer, mühsamer Pfad über die Chemische, Biologische und Zerebrale Evolution bis zu unserem bewussten Heute.

Eine Art Fiktion dieser Entwicklung ist für mich die Idee des anthropischen Prinzips, kurz AP, die besagt, dass das beobachtbare Universum nur deshalb beobachtbar ist, weil es alle Eigenschaften hat, die dem Beobachter ein bewusstes Leben ermöglichen. (*WIKIPEDIA: Das Adjektiv anthropisch beschreibt die Fähigkeit des Kosmos, sich im und durch den Menschen selbst zu erkennen*).

Das klingt verdächtig nach einem Pleonasmus, eher noch wie die Überhöhung einer Selbstverständlichkeit oder gar wie ein Zirkelschluss. (*WIKIPEDIA: Ein Pleonasmus ist eine rhetorische Figur, die einen Wortreichtum ohne Informationsgewinn beschreibt*).

Beinhaltet das anthropische Prinzip Glaubensideen wie Teleologie (Zielgerichtetheit) und Entelechie (im Organismus liegende Kraft, die seine Entwicklung und Vollendung bewirkt)? Sieht es eine Vorbestimmung des kosmischen Wegs vom Urknall zum Menschen? Gibt es eine geheime Kraft, die die menschliche Entwicklung und deren Vollendung bewirkt? Ist der Mensch ultimativer Bewusstseinsträger dieser Vollendung? Kann man dieses analytisch anmutende Urteile als a priori bezeichnen?

Andererseits ist dieses Beobachten nicht nur auf bewusstseinsfähige Individuen wie den Menschen beschränkbar. Auch Tiere müssen beobachten, lernen und agieren, ansonsten gehen sie unter.

Ich bekenne: ich habe meine Schwierigkeiten mit AP, denn ich sehe keine Antwort auf diese Fragen.

Wenn ich das Konstrukt richtig verstehe, besagt das anthropische Prinzip: Wir bewusstseinsfähigen Menschen geben dem Universum erst Sinn. Wäre das Universum nicht für die Entwicklung bewusstseinsfähigen Lebens geeignet, so wäre auch niemand da, der es beschreiben könnte; es wäre damit aus menschlicher Sicht nicht vorhanden. Trivial! Das dürfte aber für 99,999... % des Kosmos mit seinen mindestens 200 Milliarden Galaxien zutreffen. Ein winziger Bruchteil, zu dem auch die Erde gehört, genießt das Privileg den Kosmos zu beobachten, eine absolut verschwindende Minderheit. Daher ist dieses Prinzip m.E. als eine äußerst chauvinistische, menschliche Kopfgeburt anzusehen. Unausgesprochen steht im Raum: God has done it for us.

Warum diese teleologische also zielgerichtete Verschwendung an einen kosmisch gesehenen Fliegendreck wie die Erde? Oder, ist dieser gigantische kosmische Rest des Universums noch in einer Wartestellung der Bewusstwerdung? Das ist nur in Nischen, wie die unsere vorstellbar. Leben ist im Kosmos ein so unwahrscheinliches Phänomen, das lediglich existieren dürfte, weil die

Unwahrscheinlichkeit für Leben durch die gigantische Möglichkeit der Verwirklichung kompensiert wird.

Da sich das Universum absehbar mit steigender Geschwindigkeit ausdehnt und in berechenbarer Zeit eine kosmische Sichtbarkeit, wie wir sie kennen, erlöschen wird, könnte sich AP nur noch auf einen immer kleineren werden sichtbaren kosmischen Horizont jedes Sterns beschränken. Die Idee des Urknalls wäre wissenschaftlich für deren Bewohner nicht mehr nachvollziehbar und der o.a. teleologischen Entwicklung im Rahmen der AP der Boden entzogen.

Lassen Sie mich das Problem anders angehen: Es gibt mich, und ich beobachte das Universum. Also muss es das Universum geben und dafür geeignet sein, bewussteinsfähiges Leben hervorzubringen, es zu erhalten und sich durch dieses Leben interpretieren zu lassen. Diese Logik erinnert an Descartes: "Cogito, ergo sum". Das Bewegende in dieser Entwicklung ist die Energie, die eine unfassbare Vielzahl von Kombinationen ihrer materiegewordenen Bausteine ermöglicht und die sich selbstorganisatorisch auf immer komplexere Ebenen hin entwickeln. Das muss so sein, weil sie es können, denn sie beinhalten dieses Potential, solange es einen Energielieferanten gibt auf den wir noch ausführlich zu sprechen kommen.

Es ist aber zu bedenken, dass unsere menschlichen Definitionen von Leben, von Bewusstsein, Intelligenz und Interpretationsfähigkeit in diesem kosmischen Kontext unsichere Faktoren sind, da es sich um menschliche, erkenntnislimitierte Prägungen handelt. Diese sind darüber hinaus von vielen religiösen, historischen, kulturellen manchmal auch heuristischen Einflüssen, aber vor allem von ebenso fehlbaren Individuen, Erfahrungen und Lehrern, geprägt. Wir derart empirisch formatierten Wesen müssen uns an der Vergangenheit orientieren, um mit daraus erschlossenen physikalischen Gesetzmäßigkeiten und die Zukunft a posteriori erklären zu können.

Meine folgenden Betrachtungen versuchen anthropische Vorstellung kritisch zu hinterfragen:

Wenn es uns Menschen nicht gäbe und auch keine vergleichbaren intelligenten Wesen irgendwo im Kosmos, würde sich dieses Schauspiel vor leeren Zuschauerrängen abspielen, was ja sicher viele Milliarden Jahre lang, aus irdischer Sicht, der Fall war. Die vermutlich 5 Millionen Jahre der Hominiden Präsenz, sind da unerheblich. In einem Theater ohne Zuschauer fragt niemand nach dem Sinn des Bühnenstücks. Es agiert unreflektiert um seiner selbst willen. Was also gilt für die 99,999... % des Kosmos, in dem es kein Bewusstsein gibt bzw. gab? 99,999... % des Kosmos sind für uns formal ein ungeheures Informationsloch, von außerordentlich hoher Informationsentropie. Hat das Phänomen der naturwissenschaftlichen Reflektion des Alls sozusagen auf uns gewartet? Denn ohne terrestrisches Leben wäre der Kosmos mental nicht vorhanden.

Noch bedeutsamer wird dieser Zustand, wenn man berücksichtigt, dass unser sichtbarer Kosmos nur wenige Prozent des Gesamtuniversums auszumachen scheint. Eine gigantische Häufung von Dunkler Energie und Dunkler Materie dominieren möglicherweise das All. Latenz, die aber nicht durch Beobachten, sondern nur indirekt, durch Messen und letztlich als noch nicht völlig gesicherte "Lückenfüller", fesselnde Phänomene repräsentieren. Wenn diese Messungen (Beobachtungen) nicht vorlägen, wären Dunkle Energie und Materie im gleichen Sinn nicht vorhanden, so wie sie es bis Mitte des letzten Jahrhunderts ja auch nicht waren. Unsere Beobachtungen öffnen in diesem Sinn einen begrenzten, anthropisch orientierten, bisher nur errechenbaren a posteriori Blickwinkel. So hat, wie bereits beschrieben (s.o.), Fred Hoyle auf diesem an sich immanenten Prinzip beharrend, unerschütterlich und erfolgreich die Erklärung für die Bildung des Lebelements Kohlenstoff aus Helium formuliert. Immanent oder selbst-erklärend, weil das Vorhandensein von Kohlenstoff ja beweist, dass die Bildung nicht nur möglich, sondern real ist. Wie kann man sich über ein Phänomen wundern, wenn die Realität unübersehbar ist?

Leben das in Bewusstsein vorstößt, registriert mit den Sinnen wahrnehmbare, abgrenzbare, determinierte Einheiten des Erlebens, und versucht sie zu bewerten. Die Qualität unserer Bewertung ist u.a. abhängig von Messungen auf mathematischer Basis. Erst durch Messungen und darauf angewandte mathematische Regeln, potenziert durch kommunikative Zuteilung von abstrakten, verbindlichen Begriffen – Informationen -, bringen wir unsere ureigene menschliche Ordnung in unsere phänomenologisch erlebte Welt ein.

Eine zweite, noch abstraktere Verbindlichkeit von Objekt und Beobachter besteht im Mikrokosmos. Für diesen nur quantenmechanisch beschreibbaren Bereich konstatierte man seit langem in der Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik (**Fehler! Linkreferenz ungültig.** wellenfunktion/kopenhagen.html) und heute noch, in weitersuchender Begriffsbestimmung, die Unbestimmtheitsrelation Heisenbergs, z.B.:

$$\Delta E \times \Delta t > h$$

Ihr zufolge greift man durch Beobachten und Messung eines nicht determinierbaren, quantenmechanischen Effekts, im Gegensatz zu Beobachtung und Messung im Makrokosmos, unvermeidbar in die dem Effekt zugrundeliegende Wellenfunktion ein. Hierdurch findet man, durch deren damit unvermeidbare Veränderung (Zusammenbruch) ein zwar real verwertbares, aber nicht eindeutiges Ergebnis. Es gibt in diesem Kontext die Schwelle der Unbestimmtheit der Heisenbergschen Relation, die nicht unterschritten werden kann. Das Beobachten als

Element des anthropischen Prinzips, ist also im Mikrokosmos nicht durchgehend anwendbar, da ab einer gewissen Grenze keine eindeutigen Aussagen zur quantenmechanischen Basis des Alls möglich sind. Quantenobjekte sind für uns nicht durchgängig zu verifizieren und das Messbare unterliegt einer Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Aber auch für den Makrokosmos muss man mit einer grundsätzlichen Beschränkung unserer Erkenntnisfähigkeit rechnen. Letztlich ist das Universum für uns als ein chaotisches System anzusehen. Alles ist mit allem über die Gravitation, also Energie verbunden. Damit sind wir, auch unter Zuhilfenahme von Supercomputern, nie in der Lage, dieses Gesamtsystem nachhaltig zu erfassen. Das musste schon Newton erkennen, als er von dem Zweikörpersystem Erde - Sonne auf Mehrkörpersysteme schließen wollte. Geringfügigste Abweichungen in Ausgangsmessungen - unerkennbar ausgelöst z.B. durch Stoffverluste (Sonnenwind) - bewirken langfristig maximale Bahnänderungen infolge exponentieller Zusammenhänge; chaotisch eben. Dieser Zustand erscheint aber begrenzt zu sein. Wenn die Geschwindigkeit des Auseinandertriftens des Kosmos irgendwann die Lichtgeschwindigkeit überschreitet, endet die Kopplung des kosmischen, chaotischen Systems. Das chaotische Prinzip des Zusammenhangs aller Teile wäre nicht mehr gegeben.

Ob der Kosmos Leben ermöglicht oder gar mehr, also z.B. Bewusstsein (terrestrisches Leben ist ja nur zum geringsten Ausmaß mit Bewusstsein ausgestattet), ist aus der Aktivität unserer Beobachtung nicht zu entscheiden, da wir die mikroskopischen Grenze der Unbestimmtheit bzw. die makroskopischen Grenzen der Genauigkeit nicht überwinden können und somit nicht alle Zusammenhänge finden können. Gerade diese Unbestimmtheit ist aber, wie wir in der Molekularbiologie z.B. unter dem Aspekt Mutation noch sehen werden, ein ganz entscheidender Faktor für Leben und wahrscheinlich auch Bewusstsein. Diese Unbestimmtheit im Mikrokosmos macht es uns unmöglich alles, was geschehen könnte, vorab aus Messungen zu berechnen oder im Nachhinein daraus abzuleiten. Es dominiert, zumindest in der Quantenmechanik, der objektive Zufall. Molekularbiologie setzt den Einfluss von objektiven Zufälligkeiten voraus, der Leben und dessen Nachhaltigkeit beeinflusst.

Motor dafür ist für uns Terrestrische die DNA, die bekanntlich mutationsfähig ist. Durch Beeinflussung der Elemente der DNA z.B. durch Basen Austausch (Basen = Nukleotide), kann es zu mutationsauslösenden Veränderungen der DNA-programmierten körperlichen Proteinausstattung, dem Genotyp, kommen. Die Folge sind makroskopische Selektionseffekte, mit Auswirkungen auf den Phänotyp. *(WIKIPEDIA: Der Phänotyp oder das Erscheinungsbild ist in der Genetik die Menge aller Merkmale eines Organismus. Er bezieht sich nicht nur auf morphologische, sondern auch auf physiologische Eigenschaften und*

auf Verhaltensmerkmale). Und damit sind wir beim Prinzip der Evolution durch Mutation und Selektion, dem grundlegendsten Wirken von Leben, auf das wir im 2. Teil noch zurückkommen werden. Auf den Einfluss von Epigenetik kommen wir im Abschnitt 2.4.11.4 zurück.

Kann man sich ein anthropisches Prinzip (AP) ohne DNA vorstellen? Ich glaube nicht, es sei denn man bemüht die Vorstellung einer grundsätzlich anderen Lebensbasis. DNA ist das einzige uns derzeit bekannte Prinzip, das Evolution und damit AP erklären kann. Es muss also die Idee des AP auf dem Vorhandensein von DNA aufbauen, es sei denn man überlässt dieses Feld dem Glauben an eine Allmacht. Damit haben wir ein grundsätzliches Problem. Das Wirken von DNA ist den meisten Menschen zumindest oberflächlich bekannt. Aber bis heute wissen wir noch nicht verbindlich, wie sie entstanden ist; u.U. geschah das vielleicht nicht auf der Erde. Darauf komme ich im 2. Teil noch zurück. Ohne DNA kein AP. D.h. vor der DNA-Entfaltung in Zellen - etwa vor 3-3,5 Milliarden Jahren - war der Ausblick im Sinn des anthropischen Prinzips noch völlig ausgeschlossen. Wie ist das mit anderem, DNA-basiertem Leben in anderen Welten?

Aus dieser Sicht ist das anthropische Prinzip m.E. zu terrestrisch menschlich, um nicht zu sagen zu positivistisch. (*WIKIPEDIA: Der Positivismus ist eine Richtung in der Philosophie, die fordert, Erkenntnis auf die Interpretation von „positiven“ Befunden, Mathematik oder Logik zu beschränken, also solchen, die im Experiment unter vorab definierten Bedingungen einen erwarteten Nachweis erbracht*). Im Universum ist die Entwicklung zu bewussteinfähigem Leben offensichtlich nicht ausgeschlossen, aber sie ist unwahrscheinlich. Die gleichen Grenzen ziehen Entropie-Betrachtungen.

Warum gibt es aber trotz dieser geringen Wahrscheinlichkeit Leben und damit die Idee des anthropischen Prinzips? Das anthropische Prinzip besagt: "Wäre das Universum nicht für die Entwicklung bewussteinfähigen Lebens geeignet, so wäre auch niemand da, der es beschreiben könnte"(s.o.). Das klingt wiegesagt trivial. Soweit muss man aber nicht gehen und ist viel zu weitläufig - "universal" - gedacht. Das Potential zur anthropischen, besser Bewusstseins Verwirklichung, kann auf vielen Exoplaneten und darüber hinaus in nahezu unendlich vielen Galaxien gegeben sein. Aber die außerordentlich unwahrscheinliche, konsequente Verwirklichung ist der Grund, warum sie nicht zwangsläufig oder nur sehr selten erfolgte, was ja für das außerplanetare Universum von vielen Menschen auch so gesehen wird. Wäre das Universum tatsächlich nicht für die Entwicklung bewussteinfähigen Lebens geeignet, würde sich natürlich jede weitere Betrachtung erübrigen.

Es gibt m.E. keine erkennbar zielgerichtete terrestrische Entfaltung der Physikalischen -, Chemischen - und Biologischen Evolution, die eine messbare Wahrscheinlichkeit hin zu Leben bzw. der Krönung Mensch (?) erkennen lässt. Man kann versuchen, diesen Trend in die phänomenologische Vergangenheit

hineinzudeuten, verfängt sich dann aber unvermeidlich in Plausibilitätschlüssen, die einer objektiven Beurteilung nicht standhalten. Alles, aber auch wirklich alles in der Erd- und Menschheitsgeschichte, hätte ganz anders verlaufen können. Die teleologischen Bedingungen, die Leben zum Beobachten veranlassen könnten, um sich ein universales Publikum zu sichern, sind nicht auf der Erde und nirgends im All erkennbar. Nur das Potential zur Evolution ist absehbar. Das Wirken der quantenmechanischen Unbestimmtheit (Mutation) lässt eine solche gezielte Abfolge zur Lebenskreation nicht vorstellbar erscheinen. Das System ist aber offen für alles. Die Entelechie (*Im Organismus liegende Kraft, die seine Entwicklung und Vollendung bewirkt*) eines Aristoteles ist m.E. ein Art Wunschdenken. Ständig sind makroskopische Effekte, aber vor allem die mikroskopischen, unvorhersagbaren "Entscheidungen" des quantenmechanischen Zufalls wirksam. Die Eigenschaften des Universums ermöglichen ganz offensichtlich zwar Leben der Beobachter, sind aber im Sinn der alles bestimmenden Quantenmechanik im mikrokosmischen Innersten unbestimmt. Es gibt unvorhersagbare, mikrokosmische "Quanten-Wirkungen", die Lebenszukunft ermöglichen können, aber nicht müssen. Nur Mutation kann sozusagen genotypisch angestoßen werden, den Rest besorgt die Selektion, die sich an ihrer Aufgabe, als Phänotyp die Fitnesslandschaft (s.u.) zu bewältigen, orientiert. Wir können nie eindeutig wissen, wann und wo im Mikrokosmos diese Effekte entstehen. Es gäbe sie selbstverständlich auch ohne uns. Die Entropie spricht, wie wir noch sehen werden, ganz eindeutig gegen eine Lebensentfaltung.

Ausschließlich die ungeheure Zahl von Galaxien, Sternen und deren Planeten relativieren diese Unwahrscheinlichkeit, da hierdurch Milliarden und Milliarden von Möglichkeiten gegeben sind, die sich aber nur zum geringsten Teil im Sinn von Leben entwickeln.

Der Unterschied in der Beobachtung und Messung von Mikro- und Makrokosmos ist elementar. Im Mikrokosmos verändern wir wie gesagt mit jeder Messung das bewertete System. Im Makrokosmos sind wir, energetisch gesehen, nicht befähigt in irgendeiner Form eine nennenswerte Störung zu erreichen; trotzdem sind sie nur vorläufiger Natur. Zusätzlich sind unsere Messungen nie absolut genau; wir können nicht alle Nachkommastellen bestimmen.

Allerdings stimmt das mit der nennenswerten Störung heute nur noch bedingt. Die Möglichkeit einer atomaren Selbstvernichtung, oder aber die unaufhaltsame, ressourcenverbrauchende Bevölkerungsvermehrung, sind nicht zu übersehen, spielen aber gesamtkosmisch gesehen keine Rolle.

Mit Beobachten und Messen verbunden ist aber eine besondere Art der anthropologischen¹⁸⁰ Entropie-Erniedrigung, die sich lediglich in unseren Köpfen abzuspielen scheint und gleichzeitig das anthropische Prinzip mit dem Informationsaspekt der Entropie verknüpft: Menschen streben ständig nach intellektueller

Ordnungseinteilung ihrer beobachteten Phänomene und kreieren formal gesehen, kurzlebige, mentale Entropie-Senken in Form von mentalen Informationsspeichern. Würde keine menschliche Fakteneinteilung erfolgen, wäre die Fülle der Informationen überwältigend; die Wiederfindungsrate wäre bei null und damit wertlos. Das anthropische Prinzip würde verpuffen. Kurzlebig deshalb, weil vergleichbar der Kauffmanschen Fitnesslandschaft (s.u.), sich die Wertigkeit der Informationen ständig ändern kann.

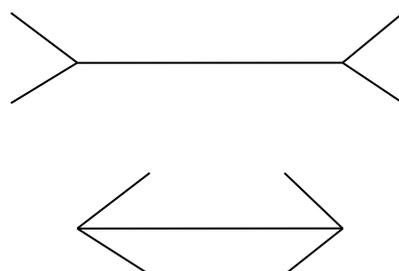
Wenn man nach Zusammenhängen von Mess-Ergebnissen fragt, muss man Messungen qualifizieren, quantifizieren, interpretieren und in diesen Informationen intrinsische Gesetzmäßigkeiten - z.B. die o.a. Algorithmen - suchen. Wir müssen klären, ob sie falsifizierbar sind. Diese Gesetze können wir mit abstrakten, rezent verbindlichen Begriffen formulieren; sie können aber naturgemäß nur so verlässlich sein, wie die Widerspruchsfreiheit der Informationen, die als Basis dienen bzw. so verbindlich sein wie die Kompetenz der Nutzer.

Grundsätzliches zu Thema Messproblematik finden Sie in meiner Ergänzung 4. Dort habe ich eine Diskussion in einem Internetforum - Chemieonline Forum - zum Thema, Masse des Gravitons, eingefügt. Zu den "abstrakten, rezent verbindlichen Begriffen" kommen außer unvermeidlichen Messfehlern, Abhängigkeiten: Zitat aus o.a. Chemieonline Forum: "egal wie du etwas misst, deine Methode hat immer intrinsische Auflösungs-grenzen. du kannst weder beliebig klein noch beliebig gross messen. um ein Objekt gut messen zu können, muss es in deinen Auflösungs-bereich passen. anderen falls sind deine Messergebnisse zunehmend unschärfer, bis du nur noch rauschen erhältst".

Max Planck konstatierte:

Wirklich ist alles, was messbar ist

Reine Beobachtungen können aber auch falsch interpretiert werden. Vielleicht kann diese Feststellung mit der bekannten Müller-Lyer-Illusion¹⁸¹ befeilter Linien transparent gemacht werden:



Wir halten das, was wir mit unseren Sinnen erfahren oft unkritisch für gesichertes Wissen. Vor allem sind wir anfällig für schnelle Bluffs, die das von David Kahnemann (Kahneman, 2012) so favorisierte langsame Denken überspielen.

Fragwürdig kann diese Sinneserfassung werden, wenn im Laufe eines Lebens oder auch durch äußere Einflüsse der personifizierte Vorgang des Erkennens nicht mehr kommunizierbar wird bzw. akzeptierbar wird. Es gibt z.B. Fälle von Demenz, die die Betroffenen in eine Wissensisolation abgleiten lassen. So sind Situationen bekannt, in denen der isolierte Mensch überall Wahrnehmungen erfährt, die nur ihm zugänglich sind. Er schafft sich seine eigene Validation (Horx, 2014, S. 240). Er sieht Insekten, hört Stimmen oder spricht mit Personen, die für niemand außer dem Isolierten verifizierbar sind und so zu Behauptungen werden. Von wie viel bzw. welcher Wirklichkeit ist dann noch auszugehen? Die Antwort erscheint zunächst einfach. Da der Betroffene wiegesagt völlig isoliert ist, fällt es uns leicht sozusagen statistisch vorzugehen: Eine Aussage, die von niemand bestätigt wird, ist nicht relevant. Zusätzlich fehlt damit das Prinzip der Messbarkeit; eine messende Beurteilung eines Phänomens wird sinnlos, wenn nur ich sie vornehme und in meiner Isoliertheit konserviere.

Wie aber verhalten wir uns z.B. gegenüber den Geistesgrößen, die einsame Hypothesen erstellen, die zunächst niemand versteht, bis sich diese Hypothese einer breiten Schicht erschließt. In diesem Zusammenhang sei an die ersten Jahre der Einstein'schen Relativitätstheorie erinnert. An diesem Beispiel ist ersichtlich, wie eminent wichtig Kommunikation ist. Ergänzt durch Messbarkeit, führt der Weg zu einer Theorie letztlich nur über die breite widerspruchsfreie Akzeptanz, der ihr zugrunde liegenden Hypothese, als einer zunächst isolierten Sicht der Dinge.

Was aber sehen bzw. akzeptieren wir wirklich, wenn man bedenkt, dass wir anfällig sind für Illusions-Fallen unserer Sinne und dominiert werden von der Qualität unserer geistigen Fitness. Warum das so ist, scheint in vielen Phänomenen ungeklärt zu sein. Schauen Sie sich die o.a. Zeichnung an. Wir halten z.B. spontan die obere Waagrechte zwischen den Pfeilspitzen für länger als die untere. Wenn wir beide Waagrechten mit einem Lineal nachmessen, werden wir überrascht feststellen, dass beide gleich lang sind: wir erlagen also einer optischen Täuschung. Und mit Sicherheit gibt es vergleichbare mentale Täuschungen. Wenn wir Überlegungen aus dem Buch „Schnelles Denken, langsames Denken“ (Kahneman, 2012) berücksichtigen, müssen wir uns eingestehen, dass wir oft vorschnelle, heuristische Rückschlüsse, auf der Basis von mentaler Kohärenzsehnsucht ziehen. Das scheint eine nachvollziehbare, tief verwurzelte menschliche Reaktion zu sein, aus dem Bedürfnis heraus, Wirkungen und Ursachen irgendwie harmonisch zu verknüpfen. Zu obigem Bild sagt uns unsere unterschwellige

Neigung zur kausalen Einordnung dieser sperrigen Darstellung: Die Pfeile in der oberen Waagrechten symbolisieren Öffnung, Entfaltung gegenüber Abschluss bzw. Enge. Die meisten Menschen präferieren Weite gegenüber Enge, und unser Unterbewusstsein favorisiert die Dominanz der Weite.

Ein m.E. erhellender Beweis für den Stellenwert von Messung und Beweisbarkeit ist z.B. die Hubblesche Rotverschiebung. Ohne die Messung von Spektrallinien wäre das Wissen um ein sich ausdehnendes Universum nicht möglich.

Die Wirklichkeit unserer Umgebung und der kosmischen Bühne, ist also nicht unbestritten. Wir können sie falsch interpretieren da wir nur unvollständige Informationen über sie besitzen. Das wird immer so sein. Präziser ausgedrückt: unsere evolutionär bisher entstandene mentale Verfassung kann absolute Wirklichkeit nicht endgültig beurteilen. Der Zustand unseres Informationspools ist nicht als Entropie-Minimum charakterisierbar. Sicher werden wir dieses Minimum auch nie erreichen, da alle, wirklich alle Informationen nie verfügbar sein werden. Denken Sie nur an Dunkle Energie und Dunkle Materie, deren Existenz letztlich zzt. nicht einmal gesichert ist. Wir erleben unsere Bühne im weitesten Sinn nicht in ihrer absoluten Realität. Wir beschreiben sie mit den Hilfsmitteln, die wir aus den Informationen über gemessene, interpretierte Phänomene ableiten bzw. aus unserer begrenzten Wahrnehmungsfähigkeit, wie es schon die Agnostiker (s.o.) erkannt haben. Das ist ein eindeutig bewusstseinsverfälschtes, menschliches Problem.

Warum sollten Vorgänge nicht ablaufen, die nie beobachtet werden; also 99,999999... % aller Vorgänge im Universum? Natürlich tun sie das. Sie sind nur im menschlichen Sinn nicht wirklich, weil wir über sie keine Informationen haben oder weil wir sie falsch einordnen und weil wir sie natürlich nicht messen können. Ihr entropischer Gegenwarts-Stand ist unbekannt; sie befinden sich für uns außerhalb des Zeitpfeils, da wir über sie nur abgeleitete Vergangenheits- oder nur Zukunftskriterien kennen, ganz abgesehen von nicht deterministischen, quantenmechanischen Einschränkungen. Im Prinzip war das so in den letzten 13,8 Milliarden Jahren, die wir ja nur retrospektiv, aus der Sicht der letzten 500-1000 Jahre wissenschaftlich messend beurteilen können.

Es ist also selbstverständlich, dass es ständig Entwicklungen gibt, die mit und ohne uns ablaufen, die es nicht kümmert, ob wir sie beobachten oder nicht. Den Menschen, als die Krönung einer kosmischen Entwicklung, zum Beobachter bzw. Schiedsrichter über Realitäten zu betrachten, ist unerheblich, da seine Beobachterrolle nur eine unvollständige Augenblicksaufnahmen erreicht und oft durch mangelhafte Operationen des Messens und durch täuschungsanfällige Sinne in der Heuristik versandet. Wir sind unwichtig. Wir können dieses Universum nicht beeinflussen, nur ertragen können wir es.

Zudem ist zu fragen: Warum sollen Intelligenz und Bewusstsein nur auf den Menschen beschränkt sein? Es könnte durchaus sein, dass viele uns heute als instinkt-orientiert erscheinende Lebewesen irgendwann Bewusstsein entwickelt und messend beobachten können.

Wie grundsätzlich das Problem des Beobachtens, Messens und der Theorienbildung zu sehen ist, mag für den Interessierten aus einem Streitgespräch zwischen Heisenberg und Einstein hervorgehen, das ich offen gestanden aber nicht so recht verstanden habe. (Heisenberg, 2012, S. 29-41)

In diesem Zusammenhang möchte ich nochmals auf die Untersuchungen des Kognitionspsychologen, Daniel Kahneman hinweisen. Er belegt, wie bereits erwähnt, in welchem hohem Maß unser Denken von unbewusst ablaufenden, oberflächlichen Assoziationsmechanismen beherrscht wird. Es steht für mich außer Frage, dass auch Naturwissenschaftler der Anfälligkeit für unkritische Kohärenz- und Harmoniesuche, vorschnelle Schlüsse, statistischen Fehlinterpretationen sowie Stimmungs-, Bahnungs-, und Ankereffekten usw. unterliegen. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf bereits erwähnte kausal orientierte Fehlinterpretationen von bloßen Korrelationseffekten hingewiesen (Kahneman, 2012, S. 229). Aber, Naturwissenschaftler werden Ergebnisse immer messen und einem ebenfalls messenden, vergleichenden Fachpublikum unterbreiten. So erreicht Naturwissenschaft eine neue Dimension nicht nur geglaubter Wahrheit, sondern gemessener, demokratischer Umweltinterpretation mit höherem Wahrscheinlichkeitscharakter.

Einige Literaturmeinungen zum Anthropischen Prinzip:

Das Anthropische Prinzip erinnert mich sehr an eine Textpassage aus: "Die Schlafwandler" von Christopher Clark (Clark, 2014, S. 467). Clark verweist auf ein Prinzip, das Georg Jellinek 1892 in seinem Buch: "*System der subjektiven Öffentlichen Rechte*" beschreibt, und das er als "*die normative Kraft des Faktischen*" charakterisiert: Es bestehe die Tendenz einem bestehenden Status eine normative Autorität zuzusprechen. "*Die Menschen täten dies, weil ihre Wahrnehmung des Ist-Zustandes von den Kräften geprägt werde, die in diesem Zustand zum Tragen komme*". Damit kann verbunden sein, dass die Wahrnehmung des Bestehenden zu der Annahme führt, dass ein bestimmter Zustand normal sei und somit eine gewisse moralische Notwendigkeit beinhalten muss.

Man unterscheidet im Wesentlichen zielgerichtete (teleologische) bzw. nicht zielgerichtete Intentionen dieser Interpretation der Geschichte des Universums. Naturwissenschaftlich gesehen ist die nicht zielgerichtete Version eindeutig vorherrschend da sie eine spekulative und theologisch orientierte Beweisführung vermeidet. So formulierte Brandon Carter (Brandon, 1974, S. 291) das schwache Anthropische Prinzip „*Was wir zu beobachten erwarten können, muss*

eingeschränkt sein durch die Bedingungen, welche für unsere Gegenwart als Beobachter notwendig sind“. Ich bin allerdings der Meinung, dass vergleichbare Argumentationen letztlich an einen Zirkelschluss¹⁸² heranreichen. So lässt sich nach Brian Clegg (Clegg, S. 30) das schwache Anthropische Prinzip auf die Aussage: *„Wir müssen zu existieren in der Lage sein, weil es uns gibt.“* zurückführen. Aber es existieren auch Amöben, Regenwürmer oder Walfische, sie könnten, wenn sie bewusstseinsfähig wären, so argumentieren. Für AP ist die reine Existenz aber zu wenig. Sie fordert bewusstseinsfähiges Beobachten, ist also ganz auf den Menschen fixiert.

Dieter Lüst (Lüst, 2011) beschreibt in seinem Buch "Quantenfische", die String Landschaft als ein Gebilde mit *"vielen benachbarten Tümpeln, mit ganz unterschiedlichen Bedingungen. Nur in den Tümpeln, wo die Verwirklichung bestimmter Eigenschaften gegeben ist, leben Fische. Ein Fisch, der von all diesen Gegebenheiten wüsste, bräuchte sich nicht zu wundern, dass sein eigener Teich bestimmte lebensfreundliche Eigenschaften besitzt. Anderenfalls könnte er ja nicht existieren und über die Welt nachdenken"*.

John Archibald Wheeler treibt das auf die Spitze indem er in seinem *Participatory anthropic principle* formuliert: *„Beobachter sind notwendig, um das Universum zu erzeugen.“*

Wie noch erläutert wird, erscheint mir diese Betrachtungsweise aber nicht nachvollziehbar, und der Gedanke, dass es sich im Prinzip um eine tautologische Ansicht handelt, ist nicht abzuweisen, denn wenn man keine Beobachter hat kann man auch nichts beobachten: Wenn es regnet, regnet es.

Im Sinn meiner o.a. Ausführungen darf sich das anthropische Prinzip (AP) aber nicht nur auf unsere passive, beobachtende aktuelle Anwesenheit stützen, sondern muss auch unsere begrenzte mentale, neuronale Ausstattung berücksichtigen. Des Weiteren erinnert mich AP, zumindest, soweit es sich um das Starke Anthropische Prinzip handelt, an eine chauvinistische, religiöse Beweisführung, wie sie von Kreationisten und Vertretern des Intelligent Designs favorisiert wird: Sie behauptet, dass all die Details unserer Welt so wunderbar geschaffen wurden, dass dem Ziel, die Schöpfung menschlichen Lebens, stringent die Wege ebnet wurden. Es ist m.E. aber gerade umgekehrt: Eine mögliche Ur-Welt hatte sich auf unserer Erde vor ca. 4 Milliarden Jahren in unserem Sonnensystem etabliert und sich durch vielerlei Einflüsse, völlig willkürlich, zufällig und ungeplant ständig verändert. Der quantenmechanisch begründbare Ansatz der zufälligen Mutation von DNA und bewertender Selektion war der Motor sobald Leben ins Spiel kam. Das Leben hat sich im Rahmen der Veränderung dieser Fitnesslandschaft (s.u.) durch Evolution ständig angepasst. Sicher gibt es in dieser Entwicklung, auf die im Weiteren noch detailliert eingegangen wird, Phasen von beträchtlicher Unsicherheit bzw. der erwähnten geringen Wahrscheinlichkeit.

Betrachtet man aber die ungeheure Weite des Universums mit den Milliarden und Milliarden von potenziellen Lebensinseln, so wiegen diese Häufung und die noch zu beschreibenden Fakten, wie z.B. Selbstorganisation, Mutation und Selektion dieses Manko auf. Die geringe Wahrscheinlichkeit für Lebensentfaltung wird, wie bereits ausgeführt, vor diesem Hintergrund relativiert. Auch aus einer wesentlich anderen terrestrischen Ur-Welt hätte sich m.E. Leben entwickeln können. Es musste aber nicht die Erde sein. Es steht für mich daher außer Frage, dass in den ungeheuren Weiten des Universums früher, heute und in Zukunft, vergleichbare Evolutionen ablaufen. Entscheidend sind Voraussetzungen, die es gestatten, dass ab sehr niedrigen, ganz definierten Energieebenen, Ordnungseffekte auf molekularer Ebene stattfinden können. Damit ist eine Entropie-Erniedrigung möglich, die in der quantenmechanischen Ausstattung unserer chemischen Elemente als Potential enthalten ist. Wenn diese Ausstattung durch andere harmonische Naturkonstanten erfolgt wäre, gäbe es uns vielleicht nicht, würde aber lediglich zu alternativen unbeobachteten Welten führen, wie es ja bereits zu 99,99999... % schon der Fall ist.

Gemäß populärwissenschaftlicher Ergebnisse der String-Mathematik, sind Multiuniversen denkbar. 10^{500} und mehr solche Systeme lässt sie zu. Interessanterweise, und eigentlich wenig überraschend findet man unter den String-Theoretikern Anhänger des anthropischen Prinzips. Die aus dieser Theorie resultierende Idee der Multiuniversen erscheint damit nachvollziehbarer: unter nahezu unendlich ungeeigneten Universen, muss es mehrere aber zumindest eines, unseres, geben. Wenn man nun davon ausgeht, dass jedes dieser Systeme aus seinen eigenen Satz von Naturkonstanten entstand, ist es vorstellbar, dass nur wenige, wenn nicht gar nur unser Kosmos sich als funktionsfähig erwies. Dann beruht unser Dasein, so wie ich Marc Aurel eingangs zitiert habe, tatsächlich auf einem Zufall von allerdings äußerst geringer Wahrscheinlichkeit, nämlich: $1: (10^{500})^x$. Lassen Sie mich noch eine andere Möglichkeit andeuten: In vielen Publikationen wird immer wieder darauf hingewiesen, dass die Konvergenz der Naturkonstanten unerklärlich erscheint. Diese Konvergenz, die zu allem materiellen Sein geführt hat, erlaubt auch bezüglich jedes Einzelwerts angeblich keinerlei Toleranz. Nur der gegebene Satz der Naturkonstanten beinhaltet in diesem unseren Kosmos das Potential zu Biologie und letztlich menschlichem Leben. Warum aber sollte z.B. eine um 1 % geringere oder höhere Lichtgeschwindigkeit jeden alternativen Kosmos in Frage stellen?

In spätestens 1 Milliarde Jahre werden alle terrestrischen Beobachter in ihre Atome aufgelöst sein. Für einen kurzen kosmischen Moment führten Menschen oder andere Intelligenz bis zu diesem Zeitpunkt möglicherweise Messungen durch, sammelten Informationen, ordneten, staunten und verschwinden zusammen mit den Informationen für immer. Die in unseren Köpfen stattgefunden

Entropie-Erniedrigung durch Messen und Zuordnen von Gesetzen und Informationsverdichtung wird endgültig gelöscht.

Nun die Frage zu stellen, warum das so ist, erübrigt sich m.E. Sie kann nur zu einer Antwort führen: alles geht mit und ohne uns, und wir bekommen nur die unserem begrenzten Erkenntnisvermögen, mittels gemessener Phänomene, begrenzte kurzlebige Antwort. Das aber ist völlig bedeutungslos, da wir in diesem Tanz der Energie allenfalls schmückendes, vergängliches Beiwerk waren.

Das „Warum“ resultiert aus unserer mentalen Zwanghaftigkeit, einen harmonischen Zusammenhang von Ursache und Wirkung für „das alles“ auszuloten, obwohl sich für uns keine verbindliche, anthropisch orientierte Institution eröffnet, die das zu interessieren scheint. Ob es diese Institution auf einer höheren Ebene geben könnte, ist allerdings eine andere Frage, auf die ich zum Abschluss dieses Buches eingehe.

Wie gesagt: Im Universum ist die Entwicklung zu bewussteinfähigen Leben zwar nicht ausgeschlossen, aber sie ist unwahrscheinlich. Nur die ungeheure Häufung von theoretischen Lebensoasen kann diese Unwahrscheinlichkeit auflösen. Das Argument: "*das musste so sein*", bedeutet, im Nachhinein eine höchst unwahrscheinliche Kausalkette aufzubauen und sich dann nicht zu wundern, dass sie tatsächlich abläuft; allerdings vor dem Hintergrund, dass man das Ergebnis erlebt hat. Es ist wie nacherzählen von historischen Abläufen mit dem Anspruch, im Voraus gewusst zu haben "*dass alles so kommen musste*". Wir sind eine verwirklichte, zufällige Unwahrscheinlichkeit, die aber möglich ist.

Oder man überlässt die Erklärung einer mentalen, unbeweisbaren Konstruktion: Gott. Hier ist Platz für Menschen, die diese Aussagen mit Teleologie auflösen mögen, da nur nicht erfassbare Allmacht die Unwahrscheinlichkeit auflösen könnte.

Zusammenfassung

Der Kosmos ist ein gigantisches Nichtgleichgewichtssystem. Im Urknall konnten nur Wasserstoff und Helium entstehen. Aus den Wasserstoff- und Helium-Gaswolken dieser Ur-Gase, bildeten sich durch Gravitation die Galaxien und Sterne der ersten Generation. Im Inneren der Sterne wurden durch Gravitation, bei entsprechender Masse, zeitlich gestaffelt und schalenförmig, Kernfusionen gezündet. Dabei wurden vor allem ungeheure Energiemengen abgestrahlt. Elemente bis Eisen entstehen. Es kommt zu einem Masseverlust, der als Fusionsenergie frei wird.

$$E = m \times c^2$$

Von besonderer Bedeutung war die Entstehung von Kohlenstoff aus drei Helium Atomen, als Brückenfusion zu den schweren Elementen bis Eisen. Durch die

Energieentfaltung in gigantischen Stern-Explosionen, in Form von Supernovae, wurden alle restlichen Elemente bis Uran gebildet. Sternenwind und Explosionen von Supernovae schleuderten diese neuen, aus dem Sterninneren stammenden Gaswolken ins Weltall, die nun aber nicht nur Wasserstoff und Helium, sondern alle chemischen Elemente enthielten. In den neuen Gaswolken formten sich durch Gravitation z.B. Silikat-Staubteilchen. Ablagerungen von interstellar entstandenen Molekülen auf diesen Staubteilchen, u.a. Wasser oder Kohlendioxid, stellten das Material für Planetensysteme bereit. Die Bildung neuer Sternengenerationen nach diesem Schema, ist kein abgeschlossener Vorgang. Sie erfolgt ständig im Kosmos.

1.7 Unser Sonnensystem entsteht

Thema: Dieser Abschnitt soll vermitteln, wie sich zufällig, vor ca. 4,6 Milliarden Jahren, eine durch eine Supernovae beschleunigte Gaswolke aus Sternenstaub verdichtete und durch magnetische Effekte und Gravitation zur rotierenden Scheibe wurde. Diese Scheibe trennte sich in Planeten und den Zentralstern, unsere Sonne. Energetisch gesehen wirkt die Gravitation.

Bevor wir auf die derzeit noch akzeptierte Theorie der Entstehung unseres Sonnensystems eingehen, erlaube ich mir einen kleinen Diskurs in die Historie zur Erfassung der Kosmos-Emergenz.

Wie in allen Theoriebildungen müssen aus vielen Quellen, oft in langen Zeiträumen, Beobachtungen zusammengetragen und deren innerer funktionaler Zusammenhang erkannt werden.

Die Periodizität von Sonne- und Mondaktivität und später auch die der Planeten unseres Sonnensystems, faszinierte die Menschen schon immer, wie aus unzähligen Überlieferungen hervorgeht. Allerdings bestanden die Beschäftigungen mit diesem „großen Uhrwerk“ bis vor etwa 500 Jahren nahezu ausschließlich in der augenfälligen Beobachtung von Planetenbahnen und deren mechanistischen Abläufe am Himmelsglobus, ohne technische Hilfsmittel. Allenfalls Visiereinrichtungen kamen zum Einsatz. Die Frage nach dem Ursprung und dem Zusammenhang diese ewigen nächtlichen Schauspiels, wurde bis zu diesem Zeitpunkt sozusagen verdrängt, da sie für den ganz überwiegenden Teil der Menschen des Abendlandes und auch für die wissenschaftlich arbeitende Intelligenz, durch die Tora (1. Buch Mose, Genesis), die Bibel (Altes Testament) und den Koran beantwortet schien. Alle Kulturen haben aber mehr oder weniger spekulative Überlegungen dazu angestellt, wie ich es bereits in der Einleitung erwähnt habe. Man muss aber auch konstatieren, dass die naturwissenschaftlich haltbaren Antworten auf diese Fragen, erst heute, mit den in den letzten 400 Jahren geschaffenen technischen Hilfsmitteln, vor allem den Teleskope, möglich war. Unter einem

Teleskop versteht man ein Instrument, das elektromagnetische Wellen nutzt, um dem Auge auch weit entfernte Objekte und Vorgänge zu erschließen.

Dann aber haben sich die Erkenntnisse sozusagen explosionsartig vermehrt. Zunächst wurden tragfähige Hypothesen über die Entstehung und die Funktionalität des Sonnensystems erarbeitet. Damit erschloss sich die nächste Dimension, unsere Milchstraße, und dann folgten die Hypothesen zur Entstehung und Funktion des Kosmos, beginnend mit dem Urknall.

Aber lassen Sie uns auf die alten Vordenker zurückkommen. Überliefert ist dieses Interesse am Himmelsgeschehen schon von den Priesterschaften der Kulturen von Sumer, Babylon, weniger anspruchsvoll von den Ägyptern, aber auch im nordeuropäischen (Stonehenge) und dem südamerikanischen Raum (Mayas und Inkas). Tausende von Keilschrift-Tontäfelchen aus dem Zweistromland zeugen von geduldiger Beobachtung und ungeheurem Beobachter-Fleiß. Dabei spielten wohl in erster Linie die agrarwirtschaftlichen Aspekte der Beobachtungsergebnisse eine Rolle. Die Zeit der Jäger wurde infolge des Bevölkerungszuwachses durch Sammler und Bauern abgelöst. Meteorologische Voraussagen wurden parallel zu steigender Population zu lebenswichtigen Faktoren, vor allem im Hinblick auf Sonnen- und Regenzeiten, Wärme- und Kälteentfaltung und damit Ernten. Aber auch machtorganisatorisch war die Ankündigung von jahreszeitlichen Abläufen wie Mond- und Sonnenfinsternisse von großer Bedeutung. Die Präsentation von zeitlich genauen Voraussagen der jahreszeitlichen Zyklen – unerklärlich für die Masse der Bevölkerung - war wichtig für die Demonstration priesterlicher Macht und Elite-Überlegenheit.

Leider muss man konstatieren, dass das kosmische Wissen heute für die Mehrheit unserer Mitmenschen eher noch unerklärlicher geworden ist. Zuviel an naturwissenschaftlicher Ausbildung muss vorausgesetzt werden, um in die sich immer komplexer darstellenden Zusammenhänge eindringen zu können.

Zwar geht es nicht mehr um die o.a. Beweggründe, aber die Zielsetzungen sind u.a. auch Potenzdemonstration der Wissenden und die Prestigesteigerung ihrer Geldgeber. Die Macht über Energiesysteme, über Antriebssysteme, über Ansprüche auf außerirdische Regionen werfen dunkle Schatten voraus.

In den angehäuften riesigen Datenmengen, die beispielsweise die Babylonier zusammengetragen haben, wurde aber nicht tiefer geschürft, um auf die dem System von Erde, Sonne, Sternen und Planeten innewohnenden Zusammenhänge von Kräften bzw. der Bewegung und deren Ursprung schließen zu können. Die Zeit war noch nicht reif, da das Durchschauen des wesentlichen kosmischen Wirkens mit den zur Verfügung stehenden Geräten nicht möglich war. Aus der damals nicht beantwortbaren Entstehungsfrage entstanden Mythologie und Götterglaube und damit Blockade jeder Klärung suchenden Fragestellung. Glaube, Wunder und pantheistische Esoterik betäubte Neugier, behinderte aber auch

die fehlende technische und mathematische Ausstattung tiefer gehende Erkenntnisse Suche. Da die ungeheure Größe und Entfernung der Himmelskörper nicht einsehbar und erkundbar waren, entstand auch keine mechanistische Idee, keine wissenschaftliche Theorie, woher diese Himmelsmechanik kam und wie es funktionierte.

Es war den „Alten Griechen“ vorbehalten die Fülle der Fakten als Basis einer neuen Dimension zu nutzen: Die wissenschaftliche, mathematisch orientierte Erschließung unseres Sonnensystems.

Um 300 v. Chr. wurde von Eratosthenes¹⁸³ der Erdumfang und damit der Erddurchmesser fast richtig bestimmt, wozu die Annahme der Kugelgestalt der Erde Voraussetzung war. Mit dieser Größe konnte der Durchmesser des Mondes, zu etwa einem Viertel der Erde, aus Beobachtungen von Mondfinsternissen erschlossen werden. Durch geometrische Dreieckvergleiche folgte die Bestimmung der Mondentfernung zu ca. dem Einhundertfachen des Monddurchmessers. Ebenfalls durch trigonometrische Betrachtungen konnte, überliefert durch Archimedes¹⁸⁴, von Aristarchos¹⁸⁵, die Entfernung zur Sonne als das Vierhundertfache der Mondentfernung festgelegt sowie der Durchmesser der Sonne abgeschätzt werden.

In diesen Dekaden der griechischen Denk-Eliten ist es auch zu einer 2000 Jahre lang völlig vergessenen, aber spektakulären Entfaltung von in Technik umgesetzter kosmischer Erkenntnis gekommen; hellenistische Technik, die man bis vor einigen Jahrzehnten nicht kannte, wurde gefunden. Mathematiker, wahrscheinlich Archimedes und außerordentlich geschickte Bronzeschmiede, schufen den Mechanismus von Antikythera. Sie konstruierten ein analogrechnendes, mechanisches Kalendarium aus Zahnrädern von erstaunlicher Präzision, u.a. auch geeignet zu der Voraussage von Mond- und Sonnenfinsternissen. (Wer sich für die Details interessiert, findet Literatur hierzu im Internet zuhauf). Diese Maschine und damit ihr Initiationspotential verschwanden aber leider in den römischen Eroberungskriegen völlig von der Bildfläche. Ein Exemplar wurde vor ca. 100 Jahren von Schwammfischern bei Kreta wiedergefunden, nachdem es etwa um 60 v. Chr. dort bei einer Schiffshavarie versunken war. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen ihren Mechanismus zu verstehen. Die Maschine passt in ihrer Philosophie, Präzision und Kompliziertheit nicht in das Bild, das wir uns von den „Alten Griechen“ zurechtgelegt haben. Wir müssen immer wieder akzeptieren, dass unser Weltbild ganz entschieden von mangelndem Wissen beherrscht wird.

Mit dem Denkansatz des Eratosthenes war eine Kette von aufeinander aufbauenden, aber im Einzelnen auch jederzeit rechnerisch überprüfbar Fakten zu einem großen Ganzen verknüpft worden – eine Hypothese, beruhend auf einem Algorithmus. Sie beinhaltete, dass die Erde eine Kugel ist, um die die Mondkugel und die Sonnenkugel kreisen (s.u.). Es mag sein, dass die quantitativen Ergebnisse teilweise beträchtlich gegenüber heute gemessenen Entfernungen

abweichen. Das spielt aber in dieser Betrachtung keine Rolle. Wichtig war, dass völlig neue Wege der Erkenntnisgewinnung erschlossen wurden.

Aristarchos entwickelte sogar die Vorstellung von einem heliozentrischen Sonnensystem, in dem die Erde mit ihrem sie umrundenden Mond um die Sonne kreist, ebenso wie die Planeten. Und das ganze vor einem fernen Fixsternen-Himmel.

Dass dieses geniale Modell für ca. 1500 Jahre beiseitegeschoben wurde, ist aber nicht verwunderlich. Zu viele scheinbare „Fakten“, waren mit den damaligen Beobachtungsmitteln nicht widerlegbar (Singh, 2008, S. 21). Dazu zählt z.B. das Fehlen einer kaum erkennbaren Parallaxe naher Sterne, beim halbjährlichen Vergleich des Sternenhimmels, wenn also unsere Umlaufbahn um die Sonne zur Hälfte zurückgelegt ist. Grund ist die große Distanz.

In dieser beschriebenen Theorie-Entwicklung findet sich das eingangs erwähnte Phänomen, das bei der Entstehung von wissenschaftlichen Theorien immer wieder zu beobachten ist:

Zunächst kommt die Phase des Sammelns von Fakten, die meist mehr oder weniger isoliert nebeneinanderstehen. Der rote Faden wird einige Zeit lang nicht erkannt. Dann kommt die Phase des Ordnen, Sichtens und Katalogisierens dieser Fakten. Zuletzt wird in einer Art Initialzündung, von einem großen Geist, das allen Fakten innewohnende Gemeinsame gefunden, das sich funktional beschreiben lässt. Man kann das vergleichen mit der Herausbildung eines komplexen, um nicht zu sagen chaotischen Informationsstandes. Wie die Chaostheoretiker herausgefunden haben, neigen ganz allgemein solche stark vernetzten, instabilen Fakten-Systeme aus einem nicht vorhersehbaren Anlass zum Kippen. Aus Sicht der Entropie ist das formal ein Übergang vom Chaos in geringere Symmetrie und damit geringerer Entropie. Der Symmetriebruch in Form des Auffindens von Ordnung, macht aus einem Informations-Konglomerat einen Zustand, der sich mit dem erwähnten Beispiel von Green vergleichen lässt. Die Ordnung des Tolstoi-Buches von Krieg und Friede, im Gegensatz zur willkürlichen Anordnung der Seiten. Oft sind das begnadete Menschen mit großem Abstraktionsvermögen und analytischem Verstand wie Kepler, Galilei, Planck, Heisenberg u.v.a.m. Vielleicht sind auch Selbstvertrauen und eine gewisse Sturheit einen heuristischen Gedanken konsequent zu verfolgen, Auslöser für solche Brüche. Denken Sie an Max Planck oder Albert Einstein - Wirkungsquantum und Relativitätstheorie. Eine Hypothese wird geboren, geprüft, verworfen, oder in eine tragfähige, überprüfbare Theorie überführt. Diese Theorie muss alle Zusammenhänge der Vergangenheit erklären können, aber auch konkrete, messbare Voraussagen ermöglichen. Aber: schon ein gesicherter, negativer experimenteller Befund, der der Theorie widerspricht, bringt sie zu Fall. Sie hat die Falsifikation nicht bestanden. So arbeitet Wissenschaft.

Typische Beispiele für solche Faktensammlungen sind die Berge von spektroskopischen Daten der chemischen Elemente, die letztlich u.a. den Boden für die Quantentheorie bereiteten. Oder die Datenberge der Biologen, Chemiker und Genetiker, die in der Auffindung der Erbsubstanz, der DNA, ihr übergeordnetes Prinzip erkannten.

Auf unser Thema angewandt, findet sich dieser Sachverhalt in dem weiter unten zitierten Arbeiten von Brahe und Kepler. Tycho Brahe, dänischer Adelige und Astronom, sammelte über Jahrzehnte hinweg eine Fülle von Messungen über die Planetenbewegungen, erkannte aber nicht die diesem Datenschatz innewohnende Ordnung. Das war Kepler vorbehalten, der nach dem ungeklärten Tod Tycho Brahes die Aufzeichnungen sichtetete und daraus die berühmten drei Keplerschen Gesetze ableitete.

Die Erkenntnisse der „Alten Griechen“ waren also schon nahe an der heutigen Beschreibung des Sonnensystems, verschwanden aber für die meisten Menschen wieder hinter den Weihrauchschleiern der christlichen Mystik und Scholastik, bis sie in der Renaissance wieder erweckt wurden und die Welt als Scheibe verworfen wurde. Ich nehme an, dass u.a. die nautische Herausforderung der sich langsam entwickelnden Eroberungsseefahrt eine treibende Kraft war. In den Weiten der Ozeane bot nur der interpretierbare Sternenhimmel Rückhalt und Orientierung. Spanien hat nach seinen Siegen über den Islam auf der iberischen Halbinsel viele ursprünglich griechische Werke als Hinterlassenschaft der abziehenden Mauren übernommen. Diese wiederum hatten das griechische Erbe in ihre eigenen astronomischen Erkundungen integriert.

So war es kein Wunder, dass sich bald „Entdecker“ wie Kepler fanden, die belegen konnten, dass die Planetenbahnen keine Kreise, sondern, wenn auch kaum wahrnehmbar, Ellipsen sind, dass die Sonne tatsächlich von der Erde umrundet wird, und dass um diese der Mond kreist. In der Folge erkannte Newton, dass es eine Anziehung der Massen gibt und berechenbare Kräfte wirken. Jedermann kennt die Namen Kopernikus, Kepler, Tycho Brahe, die die entscheidenden Anstöße gaben und Galilei, der wiederum durch das Experiment kurzfristige Denkhürden beseitigte. Um 1610 beobachtete er durch ein von ihm selbst konstruiertes Fernrohr - damalige Sprachregelung: Sinnes-Verlängerung -, dass die Venus Umlaufphasen aufweist, wie wir sie beim Umlauf des Mondes sehen: eine volle Beleuchtungsscheibe am Morgen- und Abendhimmel, wie ein Vollmond. Das war nur mit einer Umdrehung um die Sonne erklärbar. Darüber hinaus konnte er die Jupitermonde belegen. (Anschauliche Erklärung siehe: <http://www.galilei-online.de/pages/die-entdeckung-der-jupitermonde.php>) Damit war der Beweis für das heliozentrische Sonnensystem geliefert.

Leider dauerte es in dieser, vor allem durch die verheerenden katholisch-protestantischen Auseinandersetzungen im Heiligen Römischen Reich bzw., ab der zweiten Hälfte dieser mörderischen Auseinandersetzung, von den habsburgisch-

französischen Machtansprüchen in Spanien geprägten Zeit, die im Dreißigjährigen Krieg von 1618 bis 1648 eskalierten, noch einige Jahrzehnte, bis auch die Kirche endlich ihren Frieden mit dem neuen kosmischen Weltbild schloss. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts waren die starren Dogmen der Kirche, mit akribischer Bibelauslegung, der wahre Hemmschuh für Fortschritte.

Max Planck hat das Problem des wissenschaftlichen Fortschritts sehr treffend mit folgendem Ausspruch charakterisiert:

*Irrlehren der Wissenschaft brauchen 50 Jahre,
bis sie durch neue Erkenntnisse abgelöst werden,
weil nicht nur die alten Professoren, sondern auch ihre Schüler aus-
sterben müssen.*

Wie groß die Widerstände waren, mag aus einem Brief hervorgehen, den Galilei am 19. August 1610 an Kepler sandte:

„Was sagt Ihr über die Hauptphilosophen unseres Gymnasiums, die mit der Hartnäckigkeit einer Natter, obwohl ich auch tausend Mal mir Mühe gab und ihnen von mir aus ein Anerbieten machte, die Planeten, den Mond oder auch nur das Fernrohr selbst nicht sehen wollten! Wahrhaftig, wie Odysseus die Ohren, so haben diese die Augen gegenüber dem Licht der Wahrheit zugehalten. Das ist ungeheuerlich, aber es erregt keine Verwunderung bei mir. Denn diese Gattung von Mensch hält die Philosophie für ein Buch, wie es die Aeneis und die Odyssee sind. Sie glauben, dass die Wahrheit nicht in der Welt oder in der Natur, sondern in der Vergleichung der Texte (wie sie es ausdrücken) gesucht werden müssen.“

Hier spiegeln sich Verhaltensweisen wider, wie man sie immer in Machtkonstellationen findet, deren dogmatische Basis in Frage gestellt wird.

Dann aber wurden neue mathematische Wege erschlossen. Hier möchte ich nur an die Ausarbeitung der Differential Mathematik durch Leibniz und Newton und spätere mathematische Arbeiten der Jahrhundertgenies Gaus¹⁸⁶ und Leonard Euler¹⁸⁷ erinnern. Die Gravitationsgesetze wurden durch Newton formuliert.

Aber wie eingangs erwähnt: Türen wurden geöffnet, neue geschlossene Türen zeigten sich.

An dieser Stelle möchte ich eine der grundlegendsten Erkenntnisse der Mathematik durch Leibniz und Newton würdigen, die der Differentialrechnung den Weg gebahnt haben.

Wenn man die Ableitung (Tangentensteigung) einer Funktion $y=f(x)$ bildet, wird man im Unterricht zunächst über den Begriff des Differenzenquotients $\Delta x/\Delta y$ an den Differentialquotient dx/dy herangeführt. Mir hat dieser Übergang grundsätzliche Probleme bereitet, wenn man Zähler und Nenner gegen Null gehen lässt, um sich dem Grenzwert zu nähern (z.B., wenn man von der Durchschnittsgeschwindigkeit auf die Momentangeschwindigkeit schließen will resultiert ein Bruch $0/0$). Fakt ist, dass zwischen den beiden Brüchen $\Delta x/\Delta y$ und dx/dy ein wesentlicher Unterschied besteht: Während $\Delta x/\Delta y$ mit $0/0$ zu einem unbestimmten Ergebnis führt, bleibt für dx/dy immer die Funktion mit der man arbeiten kann, erhalten. Diese Funktion wird nicht zu Null; sie besteht fort, so winzig sie auch gedacht sein mag und leitet als Tangentensteigung zu einer konkreten Ableitung. Wenn in diesem Bruch dx/dy dy zu null würde hieße das ja, geometrisch betrachtet, dass die Funktion an diesem Punkt in einem kartesischen Koordinatensystem sozusagen instantan auf die X-Achse „abstürzen würde“ da sie nur dort den Wert null annähme; und das an einer Stelle, die nicht nur infinitesimal klein, sondern konkret null ist.

Die Mechanik am Himmelsglobus war in ihren Abläufen rückblickend und vorausschauend für jedermann nachvollziehbar geklärt. Wie aber war diese Himmelsmechanik entstanden? Wie hatte sich dieses Sonnensystem mit seinen Planeten gebildet? Warum liegen die Planeten nahezu alle in einer Rotations-Ebene? Warum gibt es Gesteins- und Gasplaneten in unserem Planetensystem? Warum wird es, je weiter man ins Erdinnere vordringt, immer heißer? Was bewirkt die Energieflut der Sonne und wie ist dieser Glut Ball entstanden, usw.? Von nun an waren Antworten auf grundsätzliche Fragen nicht mehr dogmatisch zu regeln.

George-Louis Leclerc, Graf von Buffon¹⁸⁸, glaubte an den Zusammenstoß eines Kometen mit der Sonne, der die Planeten durch ausgeschleuderte Massen erzeugte. Hierfür gibt es aber keine Belege. Allerdings ist das ein interessanter Ansatz, vor allem, wenn man die Entstehung des Mondes betrachtet, der tatsächlich durch eine Meteoren-Kollision mit der Erde entstanden sein dürfte.

Kant, der große deutsche Philosoph, war der Antwort Ende des 18. Jahrhunderts schon viel näher. Er war der Ansicht, dass der Ursprung in einer gewaltigen, rotierenden Gas-Masse, so groß wie das ganze Planetensystem, zu suchen sei. Allmähliche Abkühlung, gravitative Verdichtung, und zunehmende Rotationsgeschwindigkeit führten zu einer Abflachung und Trennung von äußeren, äquatorialen Materie-Ringen um einen Kern. Diese Ringe sollten sich dann zu Planeten verdichten. Bewundernswerte Gedanken in einer Zeit, die dafür noch nicht reif war!

Laplace¹⁸⁹ hat dieses Modell 1776 rein qualitativ weiterentwickelt. Maxwell, der geniale englische Physiker, konnte durch quantitative, mathematisch orientierte

Modellrechnungen schlüssige Hinweise liefern, dass die Massenverteilungen der Gashölle um die Sonne entscheidende Voraussetzung waren. Es ist plausibel anzunehmen, dass eine heute naturgemäß nicht mehr beobachtbare höhere Rotationsgeschwindigkeit des ganzen Gassystems einschließlich der Sonne vorgelegen haben musste. Ich interpretiere diese Zusammenhänge so, dass initiiert durch eine ursprünglich deutlich höhere Rotationsgeschwindigkeit der rotierenden Gas-Masse, die heute zu konstatierende Planetenabtrennung stattgefunden hat. Im Lauf der letzten ca. 4,6 Milliarden Jahre verringerte sich diese Rotationsenergie langsam.

C. F. von Weizsäcker¹⁹⁰ griff wieder auf die Erkenntnisse von Kant zurück: <http://www.spektrum.de/alias/dachzeile/universalist-querdenker-mystiker-carl-friedrich-von-weizsaecker/872761>: *"Weizsäcker, seit 1947 Abteilungsleiter am Max-Planck-Instituts für Physik, hatte schon in den 1950er Jahren eine eigene Theorie der Turbulenz entwickelt (seine mixing-length theory, publiziert in der „Zeitschrift für Physik“), die sich nicht nur auf die Bildung der Planeten im solaren Urnebel, sondern auch von Spiralarmen in Galaxien anwenden lassen sollte“.*

Ihm kamen allerdings grundlegende neue Erkenntnisse über den Aufbau von Sonne und Planeten aus den chemischen Elementen zugute. Zum einen gab es, infolge spektroskopischer Untersuchungen keinen Zweifel an der Tatsache, dass die Sonne zu einem hohen Prozentsatz aus den Ur-Gas-Elementen Wasserstoff und Helium aufgebaut ist. Zum anderen war hinreichend erforscht, dass die Erde sich in ihrer Element-Zusammensetzung hiervon grundsätzlich unterscheidet. Silizium, Eisen und Sauerstoff in Form der Oxyde dieser Elemente sowie weitere Schwermetalle sind die chemischen Strukturelemente unserer Erde und wahrscheinlich auch der anderen Gesteinsplaneten unseres Sonnensystems. Er entwickelte daraus die Theorie, dass sich die Sonne zunächst als Gas-Koloss aus Wasserstoff und Helium bildete und sich alle schwereren Elemente als Oxyde, Eiskristalle, CO₂-Kristalle usw. in Form von Staubkörnern, durch die Fliehkraft infolge der Rotation in äußeren Gasringen sammelten.

Kleinere Körnchen wurden von größeren Agglomeraten durch Gravitation einverleibt, die auf diese Weise immer mehr wuchsen. Dieses Wachstum spielte sich über etwa 100 Millionen Jahren ab. Übrig blieben die vier Gesteinsplaneten Merkur, Venus, Erde und Mars, die Gasplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun und dazwischen der Planetoiden-Gürtel; ein Bereich, in dem keine Materie-Aggregation bis hin zur Planetengröße stattgefunden hat.

WIKIPEDIA: *„Als Asteroidengürtel, Planetoidengürtel oder Hauptgürtel wird die Ansammlung von Asteroiden und Zwergplaneten im Sonnensystem genannt, die sich zwischen den Planetenbahnen von Mars und Jupiter befindet. Der Großteil der Asteroiden und Zwergplaneten des Sonnensystems befindet sich in diesem Bereich. Dort sind derzeit mehr als 600.000 solcher Objekte erfasst. Die*

Gesamtmasse aller Asteroiden des Hauptgürtels beträgt etwa 5 Prozent der Masse des Erdmondes und entspricht der des größten Uranusmondes Titania oder einem Drittel von Pluto“.

Große Mengen an ungebundenem Gas, das sich ursprünglich noch in diesen Gasringen befand, sind im weiteren Verlauf wieder ins Weltall zurückgeschleudert worden.

Warum aber sind acht kleine Planeten (Pluto wird auf Beschluss der IAU seit dem 24. August 2006 als Zwergplanet nicht mehr zu den Planeten gezählt) und nicht nur ein großer entstanden? Von Weizäcker formulierte die These, dass die ungeheure Anzahl damals vorhandener, winzigster Staubteilchen - 10^{45} wird vorausgesetzt - zunächst alle verschiedene Bahnen und Drehimpulse hatten und auf kreis- und ellipsenförmigen Bahnen um die Sonne eilten. Im Lauf der Jahrtausenden bildete sich eine Formation von mindestens fünf Wirbelsystemen pro spätere Planetenbahn aus. In den Überschneidungsbereichen, der aus mehreren Wirbeln bestehenden Bahnen, sollen sich dann die Planeten gebildet haben, da dort, aufgrund verschiedener Impulse, die häufigsten Zusammenstöße zu erwarten sind (Gamow, 1958, S. 212).

Nach aktuellen Beobachtungen amerikanischer Astronomen des California Institute of Technology (Bahnberechnungen im Kuipergürtel, s.u.), könnte es allerdings doch noch einen neunten Planeten geben. Er soll etwa die 10-fache Erdmasse besitzen und die Sonne in etwa 10 - 20 000 Jahren umkreisen (Astronomical Journal, 2016).

Dieses Teilchen-Bombardement erklärt auch die Temperaturerhöhung, die zur Ausbildung glutflüssiger Planetenkörper geführt hat und erst danach, als der Beschuss langsam aufhörte und zu einer festen oberflächlichen Kruste, in Form einer gleichmäßigen Kugel führte.

Die Kugelgestalt kosmischer Körper setzt einen glutflüssigen, gravitativ verformbaren Zwischenzustand voraus.

Unter dem Blickwinkel, dass alles letztlich aus Energie stammt und damit in einem universalen kosmischen Zusammenhang zu sehen ist, hatte sich das anzunehmende Chaos der energetischen Urknallentladung ziemlich stabilisiert. Geordnete Massen, in ein gigantisches Netz von Gravitationsfeldern eingewoben, ziehen ihre Bahnen. Die kumulierte Energie des Urknalls hatte sich weit im Raum-Zeit-Kontinuum verteilt, die Temperatur sank und die gebildeten Strukturen sind für sehr lange Zeit, aber nicht für immer, stabil. Weiterer Temperaturabfall und Energiedistribution sind vorprogrammiert und damit gewinnen neue energetische Landschaften der Energie-Dissipation an Wahrscheinlichkeit. Alle Massen und Felder des Planetensystems sind miteinander verbunden und stellen letztlich ein ungeheures chaotisches System dar, dessen langfristige

differenzierte Entwicklung nicht berechenbar ist, da wir keine der einflussnehmenden Faktoren genau bestimmen können. Infinitesimale Änderungen münden letztlich in makroskopischen Effekten.

Und hier das aktuelle Bild

Heute finden Sie bei einer Internet-Recherche zum Thema: Entstehung des Sonnensystems, nur einen wesentlich neuen Gedanken:

Die Entstehung des Sonnensystems begann vor ca. 5 Milliarden Jahren, mit dem gravitativen Kollaps des Sonnennebels, einer Wolke aus Gas und Staub, aus dem die Sonne als massives Zentrum hervorging. Ein Anlass zu diesem Kollaps, außerhalb der Eigendynamik dieses Sonnennebels, könnte eine erzwungene Verdichtung, ausgelöst durch die Strahlungswellen einer Sternexplosion – einer Supernova – sein, die regelrecht zur gravitativen Zündung in Form der Kernfusion von Wasserstoff führte. Sicherlich war diese Verdichtung nicht nur auf ein Sonnensystem, das unsrige, beschränkt.

Es ist verwunderlich, dass unsere Erde nach ihrer Entstehung, nicht wie andere Objekte, von den Gasriesen Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun eingefangen wurde. Es wird diskutiert, dass Sedna, ein transneptunisches Objekt, das vermutlich zu den Zwergplaneten gehört, unser Sonnensystem streifte und die Planetenbahnen so weit auseinander riss, dass der Erde dieses Ende erspart blieb. Die vier Gasplaneten gelangten dabei auf äußere Umlaufbahnen, wo ihre Gravitation nicht mehr ausreichte, um sich die Erde einzuverleiben. Sedna wurde weit ins Weltall hinausgetragen und *"umkreist die Sonne auf einer prograden, hochgradig elliptischen Umlaufbahn zwischen 76 AE¹⁹¹ und etwa 1000 AE Abstand zu deren Zentrum. Die Bahnexzentrizität beträgt 0,86, die Bahn ist 11,9° gegenüber der Ekliptik geneigt. Die derzeitige Entfernung zur Sonne beträgt rund 12 Lichtstunden bzw. 13 Milliarden Kilometer (zirka das 90-fache der Entfernung der Erde von der Sonne). Dies entspricht in etwa der dreifachen Entfernung des Neptun (des äußersten Planeten) zur Sonne. Sedna wird ihr Perihel Mitte 2076 erreichen"*. WIKIPEDIA

WIKIPEDIA: Perihel: Punkt der Umlaufbahn, an dem die Erde der Sonne am nächsten ist. Aphel: Punkt der Umlaufbahn, an dem die Erde am weitesten von der Sonne entfernt ist.

Am Ende der Planetenentstehung stürzten die meisten verbliebenen Planetesimale (Vorläufer und Bausteine von Planeten), in Abhängigkeit von ihrer Masse, entweder auf die Planeten oder wurden durch die Fliehkraft ins äußere Sonnensystem (Kuipergürtel¹⁹² und Oortsche Wolke¹⁹³) oder sogar aus dem Sonnensystem hinaus geschleudert.

Viele Einzeleffekte sind noch immer ungeklärt. Nach Abkühlung der einst heißen Gaswolke, kam es, wie bereits ausgeführt, zur Reaktion und Kondensation von Elementen in Form von einfachen Molekülen und winziger interstellarer Staubkörnern, z.B. den schon angesprochenen kleinsten Silikat Teilchen.

Wie real diese Materieteilchen sind hat sich erst kürzlich erwiesen, als das Schwäbische Tagblatt am 17.10.2010 berichtete:

Zitat Anfang. "Eine japanische Raumsonde hat erstmals Asteroiden-Staub heil zur Erde gebracht. Das Gefährt, das sieben Jahre unterwegs war, hat außerdem die Tür zu interplanetaren Flügen durch das All aufgestoßen. Junichiro Kawaguchi von der japanischen Weltraumbehörde Jaxa hat endlich Gewissheit. Die längste Rundreise eines von Menschenhand gebauten Raumschiffs war ein vollständiger Erfolg. Nach monatelangen Analysen konnten Kawaguchi und sein Team zweifelsfrei feststellen, dass die von ihnen gebaute Weltraumsonde Hayabusa (Falke) im Juni nach siebenjähriger Flugzeit, Sternengraub vom Asteroiden Itokawa - 300 Millionen Kilometer von der Erdumlaufbahn entfernt - zurückgebracht hatte. In der Kapsel fanden sie zwar nur rund 1500, weniger als 10 Mikrometer kleine Partikel. Aber die Bedeutung der Mitbringensel ist riesengroß: Hayabusa hat alle Aufgaben erfüllt". Zitat Ende.

Wir dürfen auf die Analyse dieser Staubteilchen gespannt sein! Jetzt schon zeigt sich, dass sie mit winzigsten Wasserbläschen beladen sind (s.u.). Hoffentlich sind das keine nachträglich eingeschleppten irdischen Artefakte.

Die Silikat Teilchen wirkten als Kondensationskeime für die Gase der sich verdichtenden Wolke. In solchen chaotischen Systemen gibt es Bereiche, die unterschiedliche Kräfteverteilung aufweisen und sich nicht völlig aufheben. Durch Gravitation kommt es zur Verdichtung. Die unterschiedliche Kräfteverteilung wird aus Gründen der Impulserhaltung zur Drehung der Wolke führen, da sich die Vielzahl der gegenläufigen Impulse nicht aufheben wird. Mit dieser Drehung wird durch Zentrifugalkraft die Gas-Masse nach außen verschoben: die Wolke plattet ab, es entsteht eine rotierende Scheibe. Gravitatives Zusammenziehen erhöhte die Rotation (Pirouetten Effekt), ebnet den Gas Ball ein und führt zu Auftrennung nach der Dichte.

Mit diesem Modell wird die Anordnung der meisten Planeten unseres Sonnensystems in einer Scheibe erklärt.

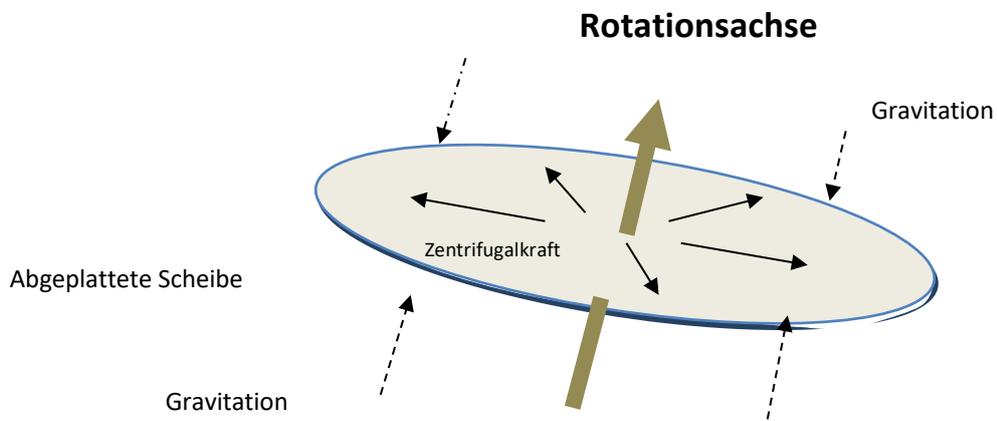
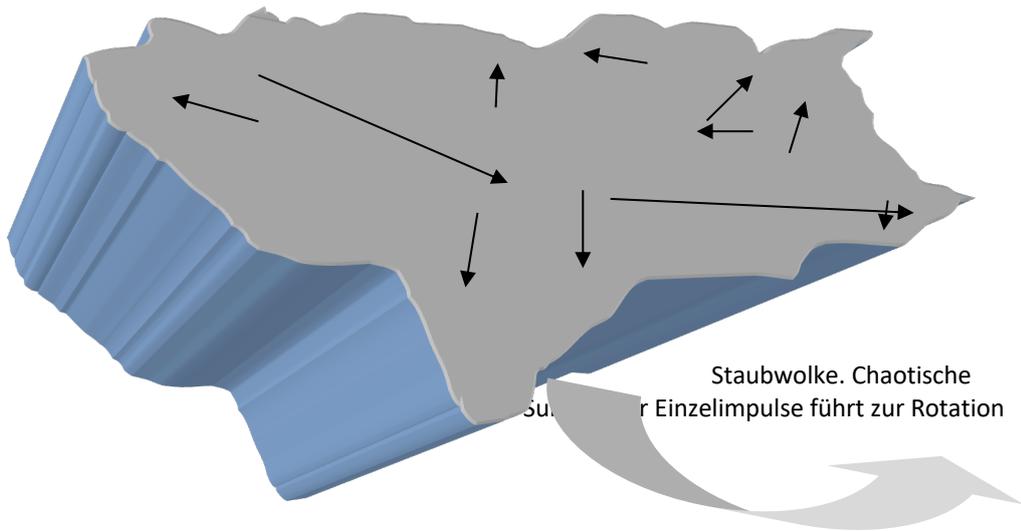
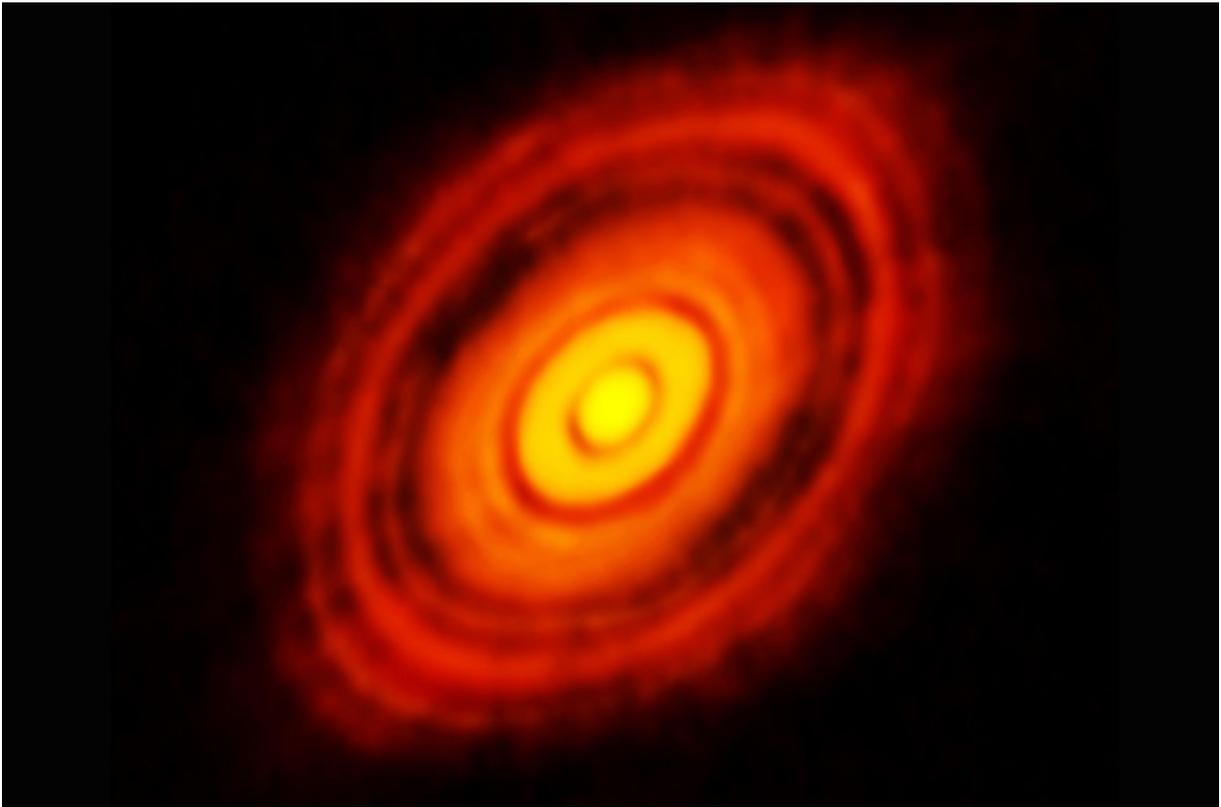


Abbildung 14: Das Sonnensystem entsteht



<http://www.welt.de/wissenschaft/weltraum/article134062290/Bild-der-Superalative-enthuellt-Planetenentstehung.html>

Die weitaus überwiegende Masse, vorwiegenden Wasserstoff und Helium (ca. 99 %) sowie 1 % an schwereren Elementen aus Sternenstaub und Gasmassen explodierter Sterne früherer Generationen (Supernovae), war im Zentrum angehäuft. Dort sprang dann auch bald wieder die Energiepumpe an, d.h. es kam zur gravitativen Verdichtung und zum Start der Kernfusion des Zentralsterns, also der Sonne.

Um diesen zentralen Bereich herum lag, planar verteilt in einer Scheibe, die gesamte, im Vergleich mit der Sonne fast vernachlässigbar geringe restliche Masse der verdichteten Gas- und Staubwolke. Auch dort herrschten chaotische Masseverteilung und das Gesetz des Stärkeren. Große Brocken werden auf Kosten der kleineren durch die Gravitation noch größer.

Geht man von der Annahme von Prof. Dr. Uwe J. Meierhenrich (s.o.) aus, müssen sich bei dieser Bildung immer größerer Gesteinsbrocken und damit auch die Reste der beschriebenen organischen Massen, auf jeden Fall aber die in den Mantelschichten kondensierten Gase, aus den beschriebenen interstellaren Molekülen und Elementen angehäuft haben.

Es entstanden, in Übereinstimmung mit den Vorstellung von C.F. von Weizäcker, die vier inneren Gesteinsplaneten Merkur, Venus, Erde, Mars und danach, weiter

außen, die Gasplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, weil hier die Ferne von der heißen Zentralsonne die Existenzbedingungen für Gasplaneten (angeblich! s.u.) erst ermöglichte. Bekanntlich befinden sie sich noch heute auf nahezu kreisförmigen Bahnen in einer gigantischen Scheibe um die Sonne versammelt. Unsere Sonne ist unser Zentralstern, ein vergleichsweise massearmer Stern. Im Inneren läuft die Helium-Bildung vor allem durch die Wasserstoff-Fusion und untergeordnet über den Kohlenstoff-Stickstoff-Sauerstoff Zyklus von Wasserstoff zu Helium ab. Sie ist mit unserem Planetensystem, also auch mit unserer Erde innerhalb unserer Galaxie ca. 30 000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt. Für einen Umlauf um das Milchstraßenzentrum benötigt sie ca. 250 Millionen Jahre. Das Milchstraßenzentrum führt in ca. 20 Millionen Jahren eine Umdrehung aus und das bei einer Geschwindigkeit von etwa 2 Millionen Kilometer pro Stunde. Mit hoher Wahrscheinlichkeit verbirgt sich im Mittelpunkt das Schwarze Loch, Sagittarius A, im Sternbild Schütze s.o.

Die Gemeinde der Interessierten war mit diesem griffigen Ansatz für die Kosmologen zeitweise zufriedengestellt. Man hatte eine plausible, in sich abgeschlossene Hypothese und konnte erwarten, dass sich diese Verteilung: Gesteinsplaneten innen, Gasplaneten außen, in Exo-Planeten¹⁹⁴ jederzeit wiederfinden ließ. Dann begann in den letzten Jahrzehnten die Erforschung der Exo-Planeten. Zzt. sind mit dem Stand vom 21. Januar 2020 **4168** Exoplaneten in 3093 Systemen in unserer Milchstraße registriert. Die AAS (Amerikanische Astronomische Gesellschaft) in Long Beach vermutet, dass jeder zweite Stern erdgroße Planeten besitzt. Das muss nun nicht heißen, dass es auf jedem dieser Himmelskörper Leben gibt. Andererseits ist es ziemlich unwahrscheinlich, dass sich bei der Anzahl von Sternen in unserer Galaxie, Leben, wenn auch nur in Form von Einzellern, allein auf unserer Erde etabliert hat.

Noch unwahrscheinlicher ist es aber darüber hinaus, dass es kein Leben in den mindestens 200 Milliarden von Galaxien des Kosmos geben soll. Es gibt keinen Grund, warum sich die weiter unten beschriebene Endfaltung des Lebens nur auf unserem Planeten abgespielt haben soll. Die Bedingungen für Leben dürften nach Abschluss der Physikalischen Evolution und deren Folgen, die Chemische und die Biologische Evolution, milliardenfach vorhanden gewesen sein, sind es noch und werden auch in Zukunft im Kosmos zu finden sein.

Zur ungläubigen Überraschung der Theoretiker wurden angeblich aber kürzlich Exo-Planetensysteme mit Gasplaneten direkt an ihrer Zentralsonne, mit Umlaufzeit von 4 Tagen, gefunden. D.h. Entstehungsszenarien wie sie Weizäcker für unser Sonnensystem formulierte, müssen nicht repräsentativ für andere Exosysteme sein. Viele Exo-Planetenbahnen liegen z.B. nicht in einer Ebene und sind u.U. stark elliptisch. (Henze Gunnar (ddp), 2010)

Die Weizäcker-Theorie ist also wahrscheinlich nicht verallgemeinerbar.

Das alles ist aber wohl nur eine Momentaufnahme in einer von Abermilliarden von Galaxien. Die Astronomen haben wie gesagt errechnet, dass jeder Stern unserer Milchstraße durchschnittlich 1,6 Planeten enthält. Planeten kommen häufiger vor als Sterne, berichtet Arnaud Cassan vom Astrophysikalischen Institut in Paris. Bis zu 10 Milliarden Sterne werden von Planeten mit flüssigem Wasservorkommen begleitet. Als „Beobachtungsinstrument“ hat man dazu Mikrogravitationslinsen¹⁹⁵ benutzt.

Freuen Sie sich, es gibt noch viel zu erforschen.

Die Theorie der Bildung von Sonnensystemen kann sogar im Kosmos sozusagen online beobachtet werden: Das Radioobservatorium Alma in Chile liefert das bislang schärfste Bild eines entstehenden Sonnensystems – es revolutioniert die Theorien zur Planetenentstehung.

Zzt. entsteht in Chile, im Rahmen eines neuen mega-Projektes der Europäischen Südsternwarte (ESO), das Extremely Large Telescope, kurz ELT. Es wird einen Hauptspiegel mit 39 Metern Durchmesser haben. Mit diesen Ausmaßen handelt es sich um das größte bodengebundene optische Teleskop der Welt für sichtbares und nahinfrarotes Licht. Die zu erwartenden Erkenntnisse dürften spektakulär sein. Bereits heute liefert, mit Hilfe adaptiver Optik, das bereits arbeitende Very Large Teleskop (VLT) Aufnahmen im Nah-Infraroten (1 bis 5 μm Wellenlänge), die Hubble-Bildern mit Auflösungsvermögen von unter 0,1" zum Teil in nichts nachstehen.

Eine neue Dimension von „Werkzeugen“ für diese Forschung, weit effektiver als beispielsweise optische Fernrohre, soll tiefer Einsichten schaffen. So sind momentan ESA-Raumsonden mit folgenden Aufgaben unterwegs:

Mars Express: Hat Wasser auf dem Mars entdeckt.

ExoMars: *WIKIPEDIA: Der ExoMars Rover ist eine für 2020 geplante Mission der Europäischen Weltraumorganisation ESA im Rahmen des ExoMars-Projektes in Zusammenarbeit mit der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos zur Erforschung der Marsoberfläche. Der Start war zunächst für 2018 geplant, wurde aber im Mai 2016 aufgrund von „Verzögerungen der industriellen Aktivitäten und der Lieferung der wissenschaftlichen Nutzlast“ auf 2020 verschoben. Der von der ESA gebaute Rover soll mit einer russischen Proton-Rakete gestartet und auf dem Mars mit einer russischen Landeplattform gelandet werden. Der Rover soll die Marsoberfläche nach Anzeichen auf ehemalige oder aktuelle biologische Aktivitäten hin untersuchen und Bohrungen vornehmen, um die Bohrkerne dann mit verschiedenen Instrumenten zu analysieren. Der ExoMars Trace Gas Orbiter soll dem Rover bei der Kommunikation zur*

Erde als Relaisstation dienen. https://de.wikipedia.org/wiki/ExoMars_Rover - cite_note-2

- Venus Express: Untersuchung des Treibhauseffektes auf der Venus.
WIKIPEDIA: Venus Express (abgekürzt VEX) war eine Raumsonde der ESA, die am 9. November 2005 mit einer Sojus-FG/Fregat-Rakete vom kasachischen Baikonur aus gestartet wurde. Sie trat nach 153 Tagen Reisezeit am 11. April 2006 in eine Umlaufbahn um den Planeten Venus ein und sendete Daten bis zum Ende der Mission Ende 2014 und ihrem erwarteten Verglühen in der Venusatmosphäre. Die Raumsonde war, nach etwa 20 erfolgreichen sowjetischen und US-amerikanischen Missionen seit den 1960er Jahren, die erste europäische Mission zur Venus.
- Huygens: Ladung auf dem Saturn-Mond Titan zur Untersuchung der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung. Nach fast siebenjährigem Flug an Bord des NASA/ESA/ASI-Orbiters Cassini, wurde die ESA-Sonde Huygens am 25. Dezember 2004 von ihrem Mutterschiff getrennt. Rund zwei Wochen später tauchte die an eine fliegende Untertasse erinnernde Raumsonde in die Atmosphäre des geheimnisvollen Mondes Titan ein und landete - an einem Fallschirm hängend, nach einem Sinkflug von 2 Stunden und 28 Minuten - auf dessen Oberfläche.
- Rosetta: Auf dem Weg zum Kometen 67P/Tschurjumov-Gerasimenko soll 2014 klären, ob Kometen für Wasser und Leben auf unserer Erde verantwortlichen sind. Die Mission wurde am 11. November 2014 mit der Landung des Minilabors "Philae" erfolgreich verwirklicht. Leider misslang die Landung und die Energiequellen versagten im Februar 2016.
- BepiColombo: *WIKIPEDIA: BepiColombo ist eine Raumsonde, die ursprünglich 2013 zum Merkur starten sollte. Die Entwicklung diverser Komponenten für die thermische Belastung in Sonnennähe dauerte länger als geplant, so dass der Starttermin immer weiter verschoben werden musste. Aktuell ist der Start für den 5. Oktober 2018 geplant.^{[2][1]} Die Mission ist eine Kooperation zwischen der ESA und der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA.*
- Ulysses: Gemeinsam mit der NASA werden Sonnenaktivitäten untersucht.
- Schiaparelli: Lander im Rahmen des ExoMars-Programms der ESA. Bei der ungeplanten harten Landung am 19. Oktober 2016 zerstört.

Zusammenfassung

Die aus Sternenwinden und durch Supernovae emittierten Gaswolken, die Reste der ersten Sternengeneration mit nunmehr allen chemischen Elementen, verdichteten sich durch Gravitation zu rotierenden Scheiben. Die entstandenen flachen, planetaren Staubscheiben formten sich im Zentrum zu Zentralsternen, Sonnen, in der Wasserstoff-Kernfusion einsetzte und Energie abgestrahlt wurde.

In der rotierenden äußeren Staubscheibe bildeten sich aus winzigen interstellaren Staubteilchen Gesteinsbrocken und daraus Planeten.

Die ungeheure Energiedichte, die zum Urknall, heraus aus der Nullpunktsenergie führte, hatte die 4 Urkräfte in sich vereinigt. Danach zerfielen sie in die zwei Energiebereiche der Gravitation und der Materie.

Die Folge war eine regelrechte energetische Pulverisierung in Atome und im Gefolge deren Vereinigung zu kosmischen Körpern. Ein „Verdampfen“ des Energiegipfels des Urknalls in immer winziger werdende Energieoasen von Galaxien, von Sternen, von Planeten, von Bergen und Tälern, von Wasser und Atmosphäre schloss sich an. Unaufhaltsam hat sich Energie, zumindest auf unserer Erde, auf ein noch niedrigeres Niveau verteilt und mit dieser Ebene das Phänomen Leben erreicht.

1.8 Unsere Erde entsteht

Thema: Dieser Abschnitt soll vermitteln, wie sich im Sonnensystem u.a. die Erde vor ca. 4,6 Milliarden Jahren, durch gravitatives Aufsammeln von protstellaren Staubteilchen bildete. Durch Gravitation und daraus resultierender kinetischer Energie dieser protstellaren Körper, formte sich eine glutflüssige Kugel, die sich im Inneren durch Gravitation entmischte, äußerlich abkühlte und eine reduzierende Atmosphäre ausbildete: Eisenkern, Silikat Kruste. Die protstellaren Staubteilchen waren Träger von interstellaren und präbiotischen Molekülen.

Trotz einer Vielzahl von desaströsen Ereignissen in den 4,6 Milliarden Jahren, ist unsere Erde Träger von Leben geworden. Wasser und ein stabiles Energieniveau waren entscheidende Faktoren.

Im vorhergehenden Kapitel wurde folgende Perspektive im kosmischen Ablauf angesprochen: „Weiterer Temperaturabfall und Energiedistribution sind vorprogrammiert und damit gewinnen neue energetisch-materielle Landschaften, auf einem noch tieferen Energieniveau an Boden.“

Damit verlassen wir den Makrokosmos und nähern uns der vertrauten energetischen Umgebung der Erde als Teil unseres Sonnensystems. Allerdings liegen noch einige tausend Kelvin und damit viel Energie zwischen der Entstehung dieses Planetensystems und heute. Viel war noch zu gestalten, um aus dem Chaos

unsere Lebensbasis herauszufiltrieren. Viel Energie in Form von Wärme wurde als Entropie-Erhöhung in den Weltraum abgestrahlt.

Zahlreiche Befunde deuten darauf hin, dass unser Sonnensystem und damit unsere Erde ca. 4,6 Milliarden Jahre alt sind. Dieses Alter lässt sich z.B. aus Kern-Zerfallsdaten von sehr alten Gesteinen aus Ostindien ermitteln, deren Anteil des Elements Neodym gemessen wird. Neodym hat eine Halbwertszeit von ca. 100 Millionen Jahren (Heisner, 2009).

Aktuelle Funde der ältesten Diamanten der Welt in den Jack Hills, Australien, in Form winziger Einschlüsse in Zirkon-Kristallen, bestätigen diese Zahlen. Über 4,4 Milliarden Jahre sind sie alt und damit etwa 150 Millionen Jahre nach der Erdentstehung gebildet worden (Menneken, 2009).

Geht man von der o.a. Annahme von Uwe J. Meierhenrich aus, müssen sich bei der Bildung immer größerer Konglomerate auch die Reste der beschriebenen organischen Massen, auf jeden Fall aber die in den Mantelschichten der Staubteilchen kondensierten und erstarrten Gase angehäuft haben.

Die terrestrischen Anfänge waren allerdings alles andere als harmonisch. Viele Millionen Jahre ging das Einsammeln von Masse in Form von größeren und kleineren Einheiten weiter. Durch den kinetischen Energieeintrag der auftreffenden Brocken, wurde und blieb die Erde lange Zeit durchgehend eine glutflüssige Kugel. Im Gefolge sammelten sich die spezifisch schwereren Elemente, Eisen und Nickel, durch Gravitation im Erdkern, und spezifisch leichtere Elemente, wie Silizium, stiegen als Silikate, also vor allem sauerstoffhaltige Verbindungen des Siliziums, an die noch glutflüssige Oberfläche. Ungeheure Massen an Gasen wie Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoff, Ammoniak, Wasser usw. wurden aus diesem heißen Inferno ausgetrieben, konnten aber bis auf Wasserstoff, sobald die Erdhülle abkühlte und eine feste Erdkruste entstand, unseren Planeten aufgrund der Gravitation nicht verlassen. Es bildete sich eine Ur-Atmosphäre aus diesen reduzierenden Gasen. Sauerstoff kann nur in Spuren vorgekommen sein, da es genügend Reaktionspartner gab, die ihn als Oxyde fixierten.

Ebenso waren schwerere Elemente, wie die Alkali- oder die Erdalkalimetalle und die restliche Summe der Metalle, also die Hauptmasse der Elemente, an die Erde molekular gravitativ gebunden.

Warum sie sich heute noch in der Erdkruste finden, also nicht in das Erdinnere abgesunken sind, lässt sich zum einen durch die geringere Dichte dieser Molekülverbände gegenüber Eisen, aber auch durch ständige Meteoriten- und Kometen-Einwirkung erklären, die zumindest in der Erdfrühgeschichte eine bedeutende Rolle gespielt haben. Demnach müsste dieser permanente Beschuss die Erdkruste mit diesen Elementen und ihren Verbindungen lange Zeit aufgefrischt haben. Das britische Fachmagazin „Nature“ stellte hierzu im September 2011 fest: *„Vor 3,8 -3,5 Milliarden Jahren sind viele der heute in der Erdkruste vorhandenen Edelmetalle, wie z.B. Gold oder Platin durch gewaltige Meteoriten auf die*

Erde gelangt. 20 Trillionen Tonnen Asteroiden-Material haben sich in der Erdoberfläche, zusammen mit vielen unserer Metalle und Edelmetalle eingelagert. Ein gravitativ bedingtes Absinken zum Erdkern war naturgemäß infolge der Verfestigung der Erdkruste nicht mehr möglich“.

Erst nach dieser Phase, in der die Erde durch gewaltige Meteoriten-Einschlägen entscheidend umgeformt wurde, trat einigermaßen Ruhe ein. In dieses Bild passt auch die Theorie, dass ein Großteil des irdischen Wassers nicht allein aus dem Erdinneren an die Oberfläche getrieben wurde, sondern durch unentwegten Einschlag protellarer Körper aus dem Weltall aufgebaut wurde, die ja, wie beschrieben, einen Mantel aus gefrorenen Gasen, u.a. auch Wasser, mit sich führten. Zur Klärung konnten, wie bereits erwähnt, die Untersuchungen der Raumsonde "Rosetta/Philae" durch ihre Sondierung des Kometen 67P/Tschurjumov-Gerasimenko 2014 beitragen.

Sauerstoff dagegen war auf Grund seiner Reaktionsfähigkeit in molekularer Form, also als Sauerstoff-Molekül (O_2) nicht vorhanden, sondern, wie schon erwähnt, vor allem an Silizium in Form von Silikaten, in Verbindung mit Alkali-, Erdalkali- und weiteren Metall als Oxid sozusagen feuerfest gebunden.

Das ist im Großen und Ganzen im Einklang mit der Elemente-Zusammensetzung unserer Erde in Atomprozent. Allerdings ist es mir nicht gelungen zahlenmäßig übereinstimmende Ergebnisse zu finden. Das ist sicher auch nicht einfach, da zwischen Erdkruste und den darunter liegenden Magma-Schalen große Unterschiede infolge des mehrere Milliarden Jahre dauernden Ausbaus und weitreichender Magmaumwälzungen entstanden sind. Auch zwischen Kontinenten und ozeanischen Platten dürften aufgrund der Entstehungshistorie beträchtliche Unterschiede in der Zusammensetzung bestehen. Im Prinzip ist aber festzuhalten, dass der Hauptteil in Form von chemisch gebundenem Sauerstoff, gefolgt von Eisen und Silizium und danach Magnesium und Aluminium vorliegt.

Diese Verteilung findet sich in etwa in der Erdrinde, die sich mit einer Dicke von 5 km (Ozeanboden) bis 60 km (Himalaya) als harte Schale um unseren Planeten erstreckt. Allerdings kommen in dieser Rinde auch weitere Elemente vor, die aber mengenmäßig so gut wie nicht zu Buche schlagen bzw. weniger als 1 % ausmachen. Es sind u.a. Elemente, auf die ich im zweiten Teil zurückkomme, die aber unsere biologische Basis ausmachen: Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, Phosphor und Schwefel. Es sind dies die Elemente der organischen und biologischen Verbindungen, die Lebaselemente.

Element	Gesamte Erde	Äußere Rinde ca. 60 km dick unter den Kontinenten und 5 km unter den Ozeanen
H (Wasserstoff)	0,1	2,9
O (Sauerstoff)	48,9	60,1
Na (Natrium)	0,6	2,2
Mg (Magnesium)	12,5	2,0
Al (Aluminium)	1,3	6,3
Si (Silizium)	14,0	20,8
P (Phosphor)	0,1	0,1
S (Schwefel)	1,4	-
K (Kalium)	0,1	1,1
Ca (Calcium)	0,2	2,1
Fe (Eisen)	18,9	2,1
Ni (Nickel)	1,4	-
C (Kohlenstoff)		0,087 (+Atmosphäre)
Summe	99,8 %	99,8 %

Tabelle 6: Prozentuale Verteilung einiger Elemente der Erde (Dickerson/Geis, 1983, S. 108)

Rechnet man die Prozentzahlen der folgenden Elemente der Erde auf Masse um, so erhält man gewaltige Mengen:

Masse der Erde = $5,973 \times 10^{24}$ kg (Holleman, 1985, S. 1312)

Element	Gesamte Erde	Masse in kg
C (Kohlenstoff)	0,087	$5,197 \times 10^{21}$
H (Wasserstoff)	0,1	$5,973 \times 10^{21}$
O (Sauerstoff)	48,9	$2,921 \times 10^{24}$
Si (Silizium)	14,0	$0,8362 \times 10^{24}$
Fe (Eisen)	18,9	$1,1289 \times 10^{24}$

Tabelle 7: Massenverteilung einiger Elemente der Erde

Schon die Zahl von 0,1 % Wasserstoff, entsprechend $5,973 \times 10^{21}$ kg, ist nahezu unfassbar groß und nur erklärbar, wenn man ihn in gebundener Form als Wasser einbezieht. In freier Form kommt Wasserstoff als alternativer Energiespender auf der Erde nicht vor.

1.8.1 Kurzfassung der Erdgeschichte im Überblick

Die folgende Tabelle, nach Unterlagen des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen (Nordrhein-Westfalen, 2009) und des Bertelsmann Lexikons, stellt in einer komprimierten Tabelle das weitere globale Geschehen aus der Sicht der

Geologen dar. Die relativ genauen Jahresangaben sind m.E. mit Vorsicht zu genießen. Ich denke, dass zumindest die Angaben ab dem Kambrium, teilweise auf 1 Million Jahre genau, nicht allzu belastbar sind.

Im Teil 2 werde ich auf einzelne Bereiche zurückkommen und die m.E. entscheidenden Höhen und Tiefen der Entwicklung etwas näher betrachten.

Erdzeitalter	Formation	Flora und Fauna	Klima	Geologie
Erdurzeit (Präkambrium, oder Proterozoikum)				
	Sternzeit 5 Milliarden – 4,6 Milliarden Jahre	Keine		Verdichtung kosmischer Wolken zur planetaren Scheibe, weitere Verdichtung zur Sonne und Planeten
	Azoikum 4,6 – 4,0 Milliarden Jahre	keine	u.a. Wasserdampf, Kohlendioxid, Stickstoff, Kein Sauerstoff	Erdentstehung, Glutflüssiger Erdmantel, Vulkanismus, Theia-Kollision bildet den Mond
	Archaikum (Altproterozoikum) 4,0 – 2,5 Milliarden Jahre	Cyanobakterien ¹⁹⁶ „Megaspähren“ erste Lebensspuren	Allmähliche Entwicklung der Sauerstoffatmosphäre	Vulkanismus, erste Erdkruste, erste Faltengebirge, älteste Gesteine, Urkontinente und Urmeere entstehen, Meteorhagel aus dem All
	Proterozoikum (Jungproterozoikum) 2,5 Milliarden - 543 Millionen Jahre	Aus Einzeller (Kiesel- und Blaualgen) bilden sich Mehrzeller, Algenkalke (Stromatolithen ¹⁹⁷), Rotsedimente	Weltweite Vereisung	Flachmeere und Festlandformen sich
Erdaltertum (Paläozoikum)				
	Kambrium 543 Millionen – 495 Millionen Jahre	Entfaltung wirbelloser Tiere im Meer, Trilobiten, Krebse	Warm, trocken	Fünf Kontinentalschollen bilden sich Ablagerung der ersten fossilführenden Sedimente
	Ordovizium 495 Millionen – 443 Millionen Jahre	Erste fischförmige Wirbeltiere, Kopffüßler,	Gleichmäßig mild, feuchtwarm	Beginn der kaledonischen Gebirgsbildung ¹⁹⁸
	Silur (Gotlandium) 443 Millionen – 417 Millionen Jahre	Erste Fische, Tiere und Pflanzen siedeln im Süßwasser und Festland an	Meist trockenwarm	Flachmeere mit Korallenriffen in Gotland (schwedische Insel) und Nordamerika, Salzlagerstätten, zwei Großkontinente, kaledonischen Gebirgsbildung (Nordeuropa) Heftiger Magnetismus
	Devon 417 Millionen – 358 Millionen Jahre	Lungenfische, Bärlappgewächse Erste Amphibien, Flügellose Insekten, Fische, erste Samenpflanzen	Trocken und warm	Weite Meeresüberflutungen, Ausklingen der kaledonischen Gebirgsbildung, Beginn der varizischen Gebirgsbildung, ¹⁹⁹
	Karbon 358 Millionen – 296 Millionen Jahre	Reptilien, flugfähige Großinsekten, Nadelbäume, Schachtelhalme, Siegel- und Schuppenbaum, Sumpfwälder	Nordhalbkugel feuchtwarm, Beginn der Perm karbonische Vereisung der Südhalbkugel	Rückgang der Meeresüberflutung, Sumpfwälder Grundlage der Steinkohlebildung, varizischen Gebirgsbildung mit starkem Vulkanismus, Entstehung

				eines Riesenkontinents-Pangäa
	Perm 296 Millionen – 251 Millionen Jahre	Raubechse, Aussterben Trilobiten und anderer Tiere	Nordhalbkugel Heiß und trocken, Vereisung der Südhalbkugel Südkontinent (Gondwana) unter Eisbedeckung	Abklingen der variszischen Gebirgsbildung Norden: ausgedehnte Wüsten aus verdunsteten Meeresbecken, Bildung von Kali- und Salzlagerstätten
Erdmittelalter (Mesozoikum)				
	Trias 251 Millionen – 208 Millionen Jahre	Primitive Säugetiere, Dinosaurier, Fische, Nacktsamer (Nadelbäume), Aussterben Bärlappgewächse und Schachtelhalme	Sehr warm, trocken, wüstenhaft	Beginnender Zerfall Pangäa ²⁰⁰
	Jura 208 Millionen – 142 Millionen Jahre	Erste Vögel, Baumfarn, Archaeopteryx	Mild und trocken	Weite Meeresüberflutung, Tethys im Bereich Mittelmeer-Alpen ²⁰¹
	Kreide 142 Millionen – 65 Millionen Jahre	Blütenpflanzen, Tyrannosaurus, Ammoniten, Riesenwachstum, späteres Aussterben vieler Tierarten (Dinosaurier, Ammoniten)	Zunächst feucht und kühl, später warm	Öffnung des Atlantiks, Ablagerung Kreidemeer, Alpenaufaltung beginnt, auflebender Vulkanismus
Erdneuzeit (Neozoikum)				
	Tertiär (Paläogen) 65 Millionen – 24 Millionen Jahre	Entfaltung Säugetiere	Feuchtwarm	Alpidische Gebirgsbildung ²⁰² auf der ganzen Erde, starker Vulkanismus, Einbruch des Mittelländischen Meeres
	Tertiär (Neogen) 24 Millionen – 2,4 Millionen Jahre	Wale, Haie, Erste Hominiden in Afrika, Mischwälder	Allmählich kühl und trocken	
	Quartär 2,4 Millionen Jahre – heute	Verbreitung des Menschen, Neandertaler, Mammut	Mehrfacher Wechsel von Kalt- und Warmzeiten Vereisung Nordhalbkugel,	Hebung der zentraleuropäischen Mittelgebirge, abklingender Vulkanismus

Tabelle 8: Globale Erdentwicklung aus der Sicht der Geologen

Die Entfaltung der Hominiden

Die in Tabelle 6 erwähnte Hominiden-Entfaltung in Afrika, ist die zzt. geltende Lehrmeinung zur Menschenentwicklung. Aktuell (Mai 2017) gibt es eine neue Theorie, die davon ausgeht, dass diese Kurationsphase ev. im Balkan stattgefunden haben könnte. Vor etwa 7,24 Millionen Jahren soll ein etwa Schimpansen großer Hominide namens *Graecopithecus freybergi* im heutigen Griechenland bzw. Bulgarien existiert haben, von dem ein Unterkiefer und ein Zahn gefunden wurden (Professor Madelaine, PLOS One).

Weitere Zahn- und Unterkieferfunde aus der Misliya Höhle im Karmelgebirge (12 km südlich von Haifa) in Israel, legen nahe, dass der moderne Mensch Afrika mindestens 50 000 Jahre früher verlassen hat als bisher angenommen. Die Funde sollen ca. 180 000 Jahre alt sein. (Spiegel Online 25.01.2018, Fachblatt "Science". Waren es wirklich Knochen eines "modernen Menschen"?)

Zunächst ist anzumerken, dass es nahezu unglaublich anmutet, dass trotz der überaus wechselvollen Erdgeschichte, Leben überhaupt entstanden bzw. nicht schon längst erloschen ist. Was sich da an weltweiten Katastrophen, wie Vereisung von Süd- und Nordkugel, heißen und kalten, feuchten und trockenen Phasen abgespielt hat, abgesehen von der Bildung des Mondes mit zunächst verheerenden Auswirkungen, Meteoreinschlägen, Vulkanismus, Änderungen des Magnetfeldes usw., war hundertfach geeignet, Leben soweit es seinen Anfang genommen hatte, aber auch heute noch, flächendeckend zu eliminieren.

Man muss an dieser Stelle aber sicher auch zwischen den verschiedenen Lebensformen differenzieren, die sich allerdings bis vor etwa 600-700 Million Jahren ausschließlich im Wasser aufhielten. Vergleichen wir uns Menschen und unsere tatsächlichen, aber auch gefühlt notwendigen Lebensvoraussetzungen, mit denen der Mikroorganismen, der Einzeller, die etwa 90 % der gesamten Biomasse ausmachen, so gibt es ganz wesentlich unterschiedliche Bedürfnisse. Was uns Menschen als lebensnotwendig erscheint, brauche ich nicht weiter auszuführen. Mikroorganismen dagegen können von beträchtlichen Minusgraden bis zu Plus-temperaturen von 120 °C leben, soweit sie zumindest zeitweise in wässrige Bedingungen agieren können. Als Energiequelle können sie auf chemotrophe²⁰³ oder phototrophe²⁰⁴ physiologische Prozesse zurückgreifen und weitere einfachste Lebensbedingungen, auf die ich im zweiten Teil noch eingehe. Und, sie sind überaus erfolgreich. Es gibt sie seit ca. 3,5 Milliarden Jahren auf und tief unter der Erde, in Gewässern und Meeren, unter dem Pol-Eis, in heißen Quellen und in Tropfsteinhöhlen, in saurem Milieu, einfach ubiquitär. Und sie werden aller Voraussicht nach auch weiter diesen Planeten „bevölkern“, auch wenn es uns nicht gelingen sollte, unsere gegenseitige Terrorisierung bis zur eigenen Vernichtung zu verhindern.

Die Rolle der DNA

Man kann sich nun auf den Standpunkt stellen, dass es gerade diese Stress-Ereignisse waren, die Leben zu der unserer Ansicht nach höchst entwickelter Form, dem Menschen, geführt haben im Sinn einer genetischen Pumpe. Das Lebensumfeld baut ständig neue Hürden auf, deren Überwindung durch evolutionäre Anpassung gelingt. Ohne Anpassung bleibt nur der Untergang. Voraussetzung für die Anpassung ist ein variationsfähiges Steuerungsprogramm, die DNA (s.u.). Viele der oft gravierenden Veränderungen der Umwelt stellen den erreichten Fitness-Fortschritt immer wieder punktuell und zuweilen global in Frage. Die Überwindung dieser Hindernisse war und ist nur möglich durch Anpassung und die Diversifikation der weiteren Lebensentfaltung, indem sich ständig Variationen in Populationen entwickelten. (Siehe hierzu unten: 2.1.4 Leben aus der Sicht eines Chaostheoretikers: „Fitnesslandschaft“). Diese Vielfalt des Lebens ist letztlich mehrheitlich ein Ergebnis des stetigen Wandels der DNA, durch Einflüsse, die

in ihren Programmelementen, den Nukleotiden, begründet sind: Punktmutationen. Dazu werden aber nicht unentwegt völlig neue Wege beschritten. Über viele Generationen stabilisiert sich ein DNA-Basisprogramm, das ständig, zufalls-gesteuert durch Umwelteinflüsse geringfügig modifizierter wird. Eine temporär erfolgreiche morphologische Hülle - der Phänotyp - oder Funktionalität eines DNA-gesteuerten Wesens, ist das Ergebnis und der Garant für erfolgreiches Überleben einer Population. Diese Morphogenese hat sich in der Vergangenheit bis heute bewährt und sich durch weiterer Zufalls-Variation fit für eine unbekante Zukunft erwiesen. Leben ist nur durch ständige Anpassung möglich. In diesem Zusammenhang ist auch die Epigenetik (s.a.:2.4.11.4) einzubeziehen. Darauf kommen wir noch zu sprechen.

Es war m.E. also nicht eine lenkende Hand, die sich immer wieder schützend über das aufblühende Leben legte und Hindernisse ausräumte, und es war auch nicht so, dass der Pfad des Lebens so angelegt war, dass letztlich der Mensch ins Rampenlicht treten musste. Vielmehr sehe ich in all diesen sich auftürmenden Hindernissen Fitness-Prüfsteine, die bisher erfolgreich überwunden wurden und zu neuen zukunftsfähigen Entwicklungen führten. Ich rechne diese Vorgänge zu den Koinzidenzen²⁰⁵ also ein zufälliges, zeitliches und/oder räumliches Zusammenfallen von Ereignissen oder Zusammentreffen von Objekten.

Die Entstehung des Monds

Schon ganz zu Anfang, also in der Phase der Planetenentstehung vor ca. 4-5 Milliarden Jahren, kam es zum gravierendsten Test in unserer Erdgeschichte, der Mondentstehung:

Es gibt dazu derzeit vier Theorien. Die wahrscheinlichsten, die Kollisionstheorie, sei hier zitiert.

„Sie wurde von William K. Hartmann²⁰⁶ und Donald R. Davis 1975 entwickelt. Nach dieser Theorie kollidierte in der Frühphase der Planetenentwicklung ein etwa marsgroßes Planetesimal, Theia, mit der Proto-Erde, die damals bereits etwa 90 % ihrer heutigen Masse hatte: eine Koinzidenz. Die Kollision erfolgte nicht frontal, sondern streifend, sodass große Materiemengen, bestehend aus Teilen des Mantels des Impakt Körpers Theia und des Erdmantels, weggeschleudert und im Erdorbit (kugelförmig gedachter Raum um die Erde) eingefangen wurden. Aus den Trümmern der Kollision bildete sich in weniger als 100 Jahren der Proto-Mond, der durch Gravitation rasch alle restlichen Trümmer einsammelte und sich nach knapp 10 000 Jahren zum Mond mit annähernd heutiger Masse verdichtet haben muss. Er umkreiste die Erde damals in einem Abstand von nur rund 60 000 km was zu extremen Gezeitenkräften geführt haben dürfte. Aufgrund der extremen Reibung der bewegten, flüssigen Gesteine führte das zu einer schnellen Abbremsung der Rotation um den gemeinsamen Schwerpunkt, worauf sich Erde und Mond auf heute etwa 300 000 km voneinander entfernten.

Die heutige Geschwindigkeit der Erdrotation ist demnach durch diese frühen Vorgänge beeinflusst“. Nach WIKIPEDIA

Aktuelle Untersuchungen, veröffentlicht im Fachmagazin „Nature Geoscience“ (doi:10.1038/ngeo 1429), konkretisieren diese Theorie durch Isotopenuntersuchungen des Elements Titan im Mond- und Erdgestein. Sie unterscheiden sich nur im Bereich von Millionstel. Eine Erklärung auf Zufallsbasis ist unwahrscheinlich. Plausibel erscheint die Annahme, dass es sich bei Theia um einen großen Eisklumpen aus dem Rand des Sonnensystems gehandelt haben könnte. Bei dessen Kollision sollte nur der Erdmantel mobilisiert worden sein; die „Wasserbombe“ konnte nichts zur Mondmaterie beitragen und dürfte durch die entstandene Hitze verdampft sein. Nach dieser Theorie sollte es auf dem Mond kein Wasser geben. Denn wenn vor 5 Milliarden Jahren die beschriebene Kollision stattgefunden hat, müsste alles Wasser, das der abgesprengte Mondvorläufer eventuell beinhaltet hat, infolge der Kollisionshitze tatsächlich verdampft sein. Das Magazin „Science“ veröffentlicht im Mai 2011 aber, dass die im Inneren des Mondes zu vermutenden Wasservorkommen 100 Mal größer sind als bisher angenommen. Zu diesem Ergebnis führten Untersuchungen der Mondgesteinsproben der „Apollo 17“-Mission, des bisher letzten bemannten Mondflugs. Andererseits hat es ja in der Frühzeit der Erde, vor 4-5 Milliarden Jahren, heftigen Meteoriten-Beschuss der Erde gegeben, der wahrscheinlich einen großen Teil des Erdwassers „eingeflogen“ hat. Das kann auf dem Mond ebenso stattgefunden haben.

Diese Kollisionsvorstellung wurde kürzlich durch eine erweiterte Trabanten-theorie, veröffentlicht in „Nature“ (Marin Jutzi und Erik Asphaug, 2011) ergänzt. Demnach soll der Mond selbst vor 4,5 Milliarden Jahren, mit einem zweiten Mond kollidiert sein, der mit einer Größe von 1200 km Durchmesser, zusammen mit unserem vertrauten Begleiter entstanden war. Infolge einer instabilen Umlaufbahn soll er bereits nach einigen 100 Millionen Jahren zu unserem heutigen Mond verschmolzen sein. Diese Theorie gibt Antworten auf die bisher ungelöste Frage nach der Unterschiedlichkeit des Mondes auf der uns zugewandten bzw. abgewandten Seite.

Viele Wissenschaftler nehmen an, dass es ohne Mond, mit hoher Wahrscheinlichkeit kein Leben auf der Erde gegeben hätte. Der Mond stabilisiert die Erdumlaufbahn und minimiert ein Schlingern da sonst die Schwerkraft der Nachbarplaneten unsere, die Jahreszeiten bestimmende schräge Rotationsachse, beeinflussen würde.

Für das Schlingern verantwortlich sind die Anziehungskräfte des Mondes und der Sonne. Durch sie verlässt die Erde die Idealform der Ellipse immer wieder, vergleichbar einem Kreisel, dessen Achse nicht mehr senkrecht zum Boden steht. Die

Achse des Kreisels beginnt sich um die Senkrechte zu drehen und beschreibt dabei die Form eines Kegels. Diese Bewegung der Erdachse heißt Präzession. Die Erdachse braucht ganze 25 780 Jahre für einen vollen Umlauf dieses gedachten Kegels. Auch der Mond weist eine solche Präzession auf. Sie bewirkt eine zusätzliche »nickende Bewegung« der Erdachse, die sog. Nutation
<http://www.wissen.de/bildwb/torkelt-die-erde>

Die Erde hat am Äquator durch die Rotation einen größeren Radius als an den Polen. Die Gravitation der Sonne und des Mondes greifen an dieser unsymmetrischen Masseverteilung an. Diese auf die Erde als Ganzes wirkenden Gezeitenkräfte erzeugen damit ein Drehmoment in Bezug auf den Erdmittelpunkt. Da die Erde ein ansonsten frei rotierender Kreisel ist, bewirkt das Drehmoment eine Präzession²⁰⁷ der Erdachse. Wäre die Sonne die einzige Ursache für eine Präzession, würde das im Jahresrhythmus umlaufende Drehmoment die Erdachse innerhalb von Millionen Jahren auch in die Bahnebene drehen. Dies würde ungünstige Umweltbedingungen für das Leben auf der Erde mit sich bringen, weil Polarnacht bzw. Polartag abwechselnd die gesamte Nord- bzw. Südhalbkugel im Halbjahresrhythmus erfassen würden. Das monatlich umlaufende Drehmoment des Mondes verhindert aber, dass die Erdachse diese Stellung annimmt. Auf diese Weise trägt der Mond zu dem das Leben begünstigenden Klima der Erde bei.

Erst so konnten sich stabile Klimazonen entwickeln. Die Gravitation des Mondes treibt aber auf der Erde nicht nur Ebbe und Flut in den Meeren an, sondern bewirkt auch Hebungen und Senkungen des Erdmantels.

Durch die konstante Abbremsung der Erdrotation tendiert das Erdinnere wegen seiner Trägheit dazu, bezüglich der Erdkruste differentiell (unterschiedlich) zu rotieren. Es wird vermutet, dass die dadurch entstehenden Kräfte im Erdinneren mitverantwortlich für die Entstehung des Erdmagnetfeldes sind. Dieses Erdmagnetfeld wiederum ist von grundlegender Bedeutung für die Ablenkung der ungebremst sehr gefährlichen Sonnenwinde und der kosmischen Strahlung (van Allen Strahlungsgürtel²⁰⁸).

Dieses Erdmagnetfeld ist übrigens keine unveränderliche Größe. Sowohl hinsichtlich Stärke als auch globaler Entfaltung, ist es in ständigem Wechsel begriffen. Es lässt sich anhand von Mikromagneten in Gesteinen oder auch Keramiken nachweisen, dass es in der Erdgeschichte sogar sehr oft zu einer vollständigen Umpolung von Nord- und Südpol gekommen ist; offensichtlich bisher ohne erkennbare, gravierende Einflüsse auf die Biologische Evolution. Vermutlich verlieren die Umpolungen nicht abrupt, sondern unspektakulär schleichend. Ob das auch für unsere hochtechnisierte, störungssensible Welt gilt - der turnusmäßig demnächst eine erneute Umpolung bevorstehen soll - wird die Zukunft zeigen.
Spiegel online 19.10.2014: "Vor 786.000 Jahren wechselte das Magnetfeld der

Erde seine Richtung um 180 Grad. Die Umpolung dauerte offenbar nur hundert Jahre und wird sich wiederholen. Dann sind Menschen, Stromnetze und Satelliten gefährdet".

Weitere Katastrophen, wie Vereisung der Süd- und der Nordhalbkugel, haben offensichtlich nicht ausgereicht, um den Lebensfunken, der vor ca. 3,5 Milliarden Jahren gezündet wurde, wieder auszublasen. Ebenso haben es bisher die bekannten Meteoreinschläge (Dinosaurier-Sterben) nicht verhindern können.

1.8.2 Regen und Ur-Ozeane

Stichpunkte: Erd-Wasser stammt aus Wasserstoff und Sauerstoff der primordialen Elementsynthese, kondensiert als Eis auf silikatischen Planetesimalen. Diese Planetesimale formten die Erde über ein Äonen lang wirksames Bombardement. Entscheidender Zuwachs aber erfolgte aus Meteoriten, die ebenfalls Eiskristalle mit sich führen. Wasser ist das unabdingbare Medium für die uns vertrauten biologischen Lebensvorgänge. Die molekulare Wasserstruktur ist für besondere Eigenschaften verantwortlich.

Letztlich stammt der weitaus überwiegende Teil des Wassers der Erde als Gabe aus den Weiten des Weltalls. Es bildete sich durch chemische Reaktion von Wasserstoff des Urknalls mit Sauerstoff, der in den Sternen aus Helium erbrütet wurde. Sauerstoff entsteht heute noch im Kosmos durch Kernfusion. Bei Supernovae-Ausbrüchen und durch Sternenwinde wird er freigesetzt und kann sich u.a. interstellär mit dem beim Urknall entstandenen Wasserstoff zu Wasser umsetzen. Vergleichbar entsteht Siliziumoxid aus Silizium und Sauerstoff.

Gigantische Mengen reisen nach wie vor als Wassermoleküle in Form von Eis, gebunden in Kometen²⁰⁹, Asteroiden²¹⁰ und Sternenstaub, durch unser Universum. Allein die Saturn-Ringe dürften mehr als das Dreißigfache des Wassers der Erde enthalten.

Wasser ist also sozusagen überwiegend uralt und in seiner Hauptmenge älter als unser Sonnensystem.

Pflanzen- und Tierzellen bestehen, ebenso wie der menschliche Organismus, zum überwiegenden Teil aus Wasser. Wasser in Humusschichten, Bächen, Flüssen, Seen und Ozeanen, kann sowohl Lebenssphäre als auch atmosphärischer Schutzschild in Form von Wolken sein. Auf seine gestalterische Kraft im Rahmen der Geologie gehe ich hier nicht ein. Es ist die elementare, stoffliche Matrix- und Reaktionskomponente, der weiter unten zu beschreibenden Photosynthese und damit der Biologie. Wasser vermittelt als Lösungsmittel die komplizierten chemischen und physikalischen Prozesse innerhalb und außerhalb der Körperzellen, regelt die Körpertemperatur, indem es durch Verdunstungsvorgänge dem

Organismus Wärme entzieht und sich in einem immerwährenden Kreislaufprozess ständig erneut zur Verfügung stellt.

Wasser ist darüber hinaus von entscheidender Bedeutung für die Verwirklichung von Leben, das letztlich mit punktueller Entropie-Erniedrigung einher geht. Außerdem weist Wasser einige ungewöhnliche physikalische Eigenheit auf, die von wesentlicher Bedeutung für die Geologie, meteorologische Effekte und vor allem für die Biologie also Leben sind (s.a.: Ergänzung 6, Wasser). Leben heißt ja gegen den allgegenwärtigen Trend der ständigen Vereinheitlichung und Einebnung von energetischen Potentialen zu schwimmen; ein ständiger, letztlich aussichtsloser Kampf gegen die Erhöhung der Gesamtentropie. Leben ist, thermodynamisch gesehen, an sich, wie schon oft betont, außerordentlich unwahrscheinlich. Nur durch ständige Zufuhr Freier Energie ΔG kann es sich verwirklichen. Zu dieser Energiekomponente gehört aber auch eine reaktionsmechanistische Komponente, die in jeder Zelle, für jede einzelne biochemische Reaktion an sich bestehende Umsatzhemmungen umgeht. Dies wird u.a. durch die Erhöhung Wasserentropie erreicht (s.a.: Teil 2 und Ergänzung 6, Wasser7).

Diese außerordentlichen Eigenschaften vermag Wasser naturgemäß nur auf der uns vertrauten, außerordentlich niedrigen Energie- und Temperaturebene der Erde auszuspielen. Hier kann es seine drei möglichen Aggregatzustände im Wechsel verwirklichen. Das gilt vor allem für die flüssige Form. In diesem Kreislauf ändert es temperaturabhängig seine Beschaffenheit von gasförmig zu flüssig und fest. Sicher ist das eine ganz entscheidende physikalische Eigenheit, die eine chemische Verbindung, sozusagen als Mitgift, in eine wie auch immer geartete kosmische Biologie einbringen muss.

Ausgangsbasis bilden die riesigen natürlichen Wasservorräte der Meere, die 73% der Erdoberfläche bedecken. Wasser bewirkt durch seine spezifischen Eigenschaften viele Veränderungen in der belebten und unbelebten Natur.

Man nimmt an, dass ein großer Teil des Wassers, das heute atmosphärisch, im Grundwasser, in Flüssen und Meeren bzw. Ozeanen vorhanden ist - immerhin 0,05 % der gesamten Erd-Masse - aus der Phase der Bildung der Erde durch gravitative Akkumulation interstellarer Masse stammt. Wasser war wohl primär im Laufe der beschriebenen Verdichtung von protellarem Staub, der wie gesagt, u.a. auch mit Wasser in Form von Eis belegt war, mit auf die Erde gelangt.

Ein weiterer großer Teil des Wassers unserer Erde soll wie gesagt aber auch dem Millionen von Jahren dauernden heftigen Meteoriden-Beschuss²¹¹ im Altproterozoikum zu verdanken sein. Kleine, größere und große Brocken aus unserem Sonnensystem, alle mit Wasser in Form von Eis und einfachen Molekülen belegt, haben viele Millionen Jahre lang diesen Wasserschatz vermehrt und nebenbei auch zu einer beträchtlichen Masse- und Volumenzunahme der Erde geführt.

Diese Ansicht ist durch letzte Veröffentlichungen im Wissensmagazin „Bild der Wissenschaft“ vom Dezember 2010 zumindest etwas relativiert worden. Der größte Wasseranteil könnte aus Kollisionen der Erde mit einigen Planetoiden aus dem äußeren Planetoiden Gürtel zwischen Mars und Jupiter stammen. Die Erde soll diese wasser- bzw. eisreichen Körper in grauer Vorzeit mehr oder weniger geschluckt haben. Diese Theorie, wird durch die massenspektroskopische Bestimmung des Deuterium Anteils (des ersten Isotops von Wasserstoff) anstelle von Wasserstoff in Wassermolekülen belegt. Im irdischen Wasser und in Kometen findet man nämlich deutlich unterschiedliche Anteile. Diese Belege sprechen für einen nur etwa 10%igen Anteil des Erdwassers aus Kometen-Eis. Inzwischen sieht es tatsächlich nach unterirdischen Wasservorräten auf dem Mars aus. Es gibt Anzeichen für eine „wässrige“ Vergangenheit unseres Mit-Planeten, die aber wohl vor vielen Millionen Jahren, aus welchen Gründen auch immer, ein Ende fand. Beobachtungen sprechen für eine jährliche Periodik von spektroskopisch nachweisbaren Methan-Ausströmungen. Auslöser könnten Methan produzierende Mikroorganismen sein, die natürlich, nach irdischem Biologie-Verständnis, ohne Wasser nicht agieren können.

Und heute? Die "Rosetta/Philae"-Mission im November 2014 hat ergeben, dass das meiste Wasser der Erde eher aus Asteroiden, als aus Kometen wie Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko stammen dürfte. Hierfür spricht, dass der Anteil an Wasser auf dem Kometen etwa drei Mal höheren Deuterium-Anteil aufweist als Erdwasser. (FOCUS online 1996-2014)

Sicherlich ist in der anschließenden heißen Verdichtung der Planetesimale bei der Erdbildung ein Großteil in den Weltraum abgewandert. Nachdem sich im Azoikum, vor 4,6 – 4,0 Milliarden Jahre, eine feste Silikat-Erdkruste gebildet hatte, war Wasser, temperaturbedingt, zunächst nur in gasförmiger Form vorhanden. Aber erst in kondensierter Form bietet es als Matrix Voraussetzung, um Leben zu ermöglichen.

Während und nach der Abkühlphase im Archaikum (Altproterozoikum), vor 4,0 - 2,5 Milliarden Jahren, begleitet von ausgeprägter Vulkanaktivität und Ausgasen des heißen Magmas, dürfte sich der noch vorhandene Rest zunächst in Form von riesigen Wolkentürmen um unseren Planeten gesammelt haben. Zusätzlich wurden in dieser Entwicklungsstufe auch Kohlendioxid - in Gesellschaft von Kohlenmonoxid, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und andere reduzierende Gase, sowie Stickstoff - aus dem Erdinneren ausgetrieben und in der Atmosphäre akkumuliert. Noch vor ca. 1 Milliarde Jahren lag der Kohlendioxid-Anteil bei etwa 16 % in der Erdatmosphäre. Heute beträgt er noch etwa 0,038 %.

Nach dem Abkühlen unseres Planeten kam es schließlich zur Kondensation, der in der Atmosphäre angehäuften gigantischen Wasserdampfmengen in Form von Wolken. Die Folge weiterer Abkühlung waren Regenfälle, die über Millionen von Jahren anhielten und im Archaikum, vor 4,0 – 2,5 Milliarden Jahren, unter permanenten Blitzentladungen, zur Wasseransammlung der Ur-Ozeane führten. (s.u. Millersche Experimente).

Wasser wird natürlich interstellar noch heute gebildet und ist dementsprechend auch spektroskopisch interstellar nachgewiesen. Auf dem Mond und dem Mars gibt es Oberflächenwasser bzw. Wassereis. NASA-Sonden haben Wasser an den Polen aufgespürt. Ein Bericht in „Science“ liegt vor. Die drei Mond-Sonden zeigen eine weit verbreitete Präsenz von Wasser oder Hydroxyl-Ionen (OH^-). Es wird vermutet, dass der Sonnenwind, der Wasserstoffteilchen (Protonen) enthält, auf Sauerstoff in den Silikat-Felsen des Mondes trifft und sich zu Wasser umsetzt (dpa, Spuren von Wasser überall auf dem Mond, 2009). Belege für diesen Vorgang hat John Bradley vom Lawrence Livermore National Laboratory aktuell gefunden (Proceedings der US-Akademie der Wissenschaften, Januar 2014). Bei der elektronenmikroskopischen Untersuchung interplanetaren Staubs aus der Stratosphäre, fand man, wie schon erwähnt, an den Rändern der Staubkörner winzige Wasserbläschen. Man rechnet mit bis zu 40 000 t solchen Staubs, der die Erde erreicht und zusätzlich auch Kohlenstoff enthalten soll. Bleibt nur zu hoffen, dass es sich nicht um Probenverunreinigungen handelt. Unklar ist auch, warum es sich um Wasserbläschen und nicht um Eiskristalle handeln soll.

Auf dem Saturn-Mond Enceladus hat die Raumsonde Cassini im März 2008, bei Messungen aus 50 km Höhe, Schwaden von Eis-Vulkanen in der Nähe des Südpols durchflogen. Gefunden wurden negativ geladene Wassermoleküle, die sich als Ring um den Saturn sammeln. Darüber hinaus wurden auch geladene Kohlenstoff-Verbindungen detektiert (cris, 2010).

Wasser war Voraussetzung für die biotische Entwicklung. Es ermöglichte in flüssiger Phase, durch seine besonderen physikalischen Eigenschaften, die ionische und molekulare Mobilisation. Unter unseren irdischen Verhältnissen liegt es bekanntlich, sozusagen gespeichert auch als Wasserdampf, in Form gigantischer Wolkengebirge und erstarrt als kontinentale Eispanzer vor. Keine andere Verbindung auf unserer Erde tritt wiegesagt gleichzeitig in den drei Phasen fest, flüssig und gasförmig in Erscheinung.

Wer an dieser Stelle, sozusagen noch im Dunstkreis der Anorganik²¹² etwas mehr über diese elementare, lebenswichtige Substanz Wasser und ihre Anomalien wissen möchte, sollte die Ergänzung 6 lesen.

Damit möchte ich den ersten Teil dieser Darstellung, die Physikalische Evolution, wie Materie in Form der chemischen Elemente aus der Energie des Urknalls entstanden ist, abschließen.

Zusammenfassung des ersten Teils

Zunächst sprach m.E. einiges dafür, dass eine seit 13,8 Milliarden Jahren und noch sehr lange andauernde Quantenfluktuation des "Nichts", im Urknall zu einer symmetrischen Entfaltung von positiver Energie (Schwache-, Starke- und Elektromagnetische Kraft) und negativer Energie (Gravitation) führte. Die Gesamtenergie des Alls könnte sich daher Null nähern.

Diese Ansicht ist falsch. Viel wahrscheinlicher hat eine sehr seltene und sehr kurze Quantenfluktuation zu einem kurzzeitigen ungeheuren Energieniveau (Singularität) geführt, in dessen Gefolge eine durch gigantische Mengen an Vakuumenergie gespeiste kosmische Inflation infolge von negativer Gravitation (ART) eintrat. Innerhalb der ersten Sekunde nach dieser Singularität hat sich durch Temperaturabfall und Symmetriebrüche die Basis von Materie verwirklicht.

Es wurde versucht darzustellen, wie in diesem Kontext aus der anfangs hochsymmetrischen Aufspaltung der positiven Energie in Materie und Antimaterie, durch Symmetriebrüche, Materie in Form von Quarks und daraus die Urelemente Wasserstoff und Helium entstanden. Dies war die erste universale, materialisierte Form von Energie. Es gibt keine Materie, keine Energie, kein Sein, keine Idee und keine Ordnung, die ihren Ursprung nicht hier hätten.

Durch das Wirken der vierten Ur-Kraft, der Gravitation, bildeten sich aus den inhomogenen, verdichteten Materie-Gaswolken der Ur-Elemente völlig neue Strukturen: Sterne und Galaxien. Im Sternenninneren kam es durch Verdichtung zu Kernfusionen; dabei wurden weitere chemische Elemente erbrütet. Durch Supernovae-Ausbrüche wurden alle restlichen chemischen Elemente erzeugt und zusammen mit Sternenwind in neuen Gaswolken im Kosmos verteilt. Aus diesem Potential wurden und werden ständig, durch die Wirkung der Gravitation, weitere Sternengenerationen geformt. Diese Wolken können Planetensysteme mit Zentralsternen erzeugen. Ein winziger Teil eines solchen Systems ist unsere Erde. Die Entstehung von Wasserstoff und Helium aus reiner Energie des Urknalls und von Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff und natürlich auch der restlichen Elemente durch Kernfusion in Sternen, ist hiermit dargelegt. Damit ist die Basis für den Übergang von einer Physikalischen (Kosmischen) zur Chemischen und letztlich auch Biologischen Evolution vorbereitet. Die chemisch und biologisch erfassbare Evolution verläuft nun allerdings auf Energieniveaus, die um viele, viele Größenordnungen unter der Urknallenergie liegen.

Die chemischen Elemente haben ein energetisches Potential, das sie über ihr totes anorganisches Dasein hinaus auszeichnet. Sie können miteinander unter Energieabgabe zu Molekülen reagieren, die sich zu komplexen Molekülen verbinden können. Sie sind aber auch in der Lage Energie der elektromagnetischen Strahlung aufzunehmen (s. Teil 2).

All diese Vorgänge erscheinen, bezogen auf das Gesamtuniversum, formal mit einer Zunahme der Entropie verbunden zu sein. Bezogen auf eine einzelne Galaxie ist zwar eine partielle, höhere strukturelle Ordnung entstanden; der Preis dafür ist der Masseverlust in Form von Fusionsenergie, verursacht durch die Gravitation, die Masse wieder in Energie überführt. Dieser Energieverlust wird in den kalten Weltraum um die Galaxien abgestrahlt. Die Gravitation findet ihren Symmetriepartner also in Energie und ebenso in Materie. Die Gesamtenergie des Universums bleibt konstant.

Eine befriedigende Erklärung für die strukturelle Ordnungszunahme des Kosmos in Form der Galaxien und der anzunehmenden Gesamtentropie-Erhöhung ist offen, soweit man überhaupt in diesen Größenordnungen mit dem Begriff Entropie argumentieren kann. Gibt es eine Gesamtentropie, die sich aus einem geordneten strukturellen (materiellen) Teil und einem ungeordneten energetischen Teil zusammensetzt? Gab es Energieverlust durch Aufbau von Gravitationsfeldern? Das könnte dafürsprechen, dass Gravitationsenergie als negative Energie angesehen werden kann. (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 157)

Teil 2: Chemische und biologische Evolution

Thema: Es wird zunächst dargestellt, wie es auf dem terrestrischen Energieniveau vor etwa 4 Milliarden Jahren, nach Abschluss der Physikalischen und der Chemischen Evolution, zu einer Biologischen Evolution kam. Zunächst werden einige rein chemisch orientierte Zusammenhänge vermittelt, die später durch biochemische Erkenntnisse ergänzt werden. Begriffe wie Selbstorganisation, Urzeugung, Evolution, Chiralität, Zellen, Replikation, Vermehrung und vor allem die Frage der lebenserhaltenden Energiekreisläufe werden angesprochen.

Die stoffliche Basis allen Lebens sind die chemischen Elemente. Bevor sich aber Leben in einer Biochemischen Evolution aus diesen Bausteinen entwickeln konnte, war zunächst eine Chemische Evolution Voraussetzung, der die im Teil 1 beschriebene Physikalische Evolution vorausging. Es ist anzumerken, dass dieser letztere Begriff an sich unüblich ist. Meist versteht man darunter Kosmologie. Gemeint ist damit die Formation der unbelebten Materie in Form der Elementarteilchen, die sich als Voraussetzung für die Chemische Evolution abgrenzen lässt.

Unter Chemischer Evolution im engeren Sinn versteht man die Reaktion von kohlenstoffhaltigen Atomverbänden zu organischen Molekülen und Molekülclustern. Diese "Mosaikstein" sind als Basis der Biochemischen Evolution anzusehen, die letztlich zu Leben führte. Zeitlich gesehen muss sich das zwischen der Entstehung der Erde vor etwa 4,6 Milliarden Jahren und der Biologischen Evolution, vor etwa 4,2 bis 3,8 Milliarden Jahren abgespielt haben.

Man weiß heute, dass für die Bildung und die Entfaltung von Leben auf der Erde vorrangig die chemischen Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, aber auch Phosphor und Schwefel von entscheidender Bedeutung waren. Mindestens weitere 16 Elemente sind ebenfalls essenziell beteiligt. Allerdings spielen diese 16 Elemente mengenmäßig eine wesentlich geringere Rolle, da sie nicht direkt an der Strukturbildung, den Proteinen, sondern mehr in den molekularbiologischen Funktionsebenen wirken. Vorrangig materialisieren die Lebenselemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel, in komplexen Kreisläufen, die Morphologie (Gestalt, Form), den Metabolismus (Stoffwechsel) und die Bioenergetik (Energiehaushalt der Zelle) von Lebewesen. Allerdings ist zu bedenken, dass die Organisation biochemischer Systeme, in vorwiegend linearen Grundstrukturen, einen ebenfalls geordneten Pfad voraussetzt, an dem sich diese Systeme aufbauen konnten. Es könnten das anorganische Strukturen, wie z.B. Aluminiumsilikate gewesen sein (Follmann, 1981, S. 78), die den Weg ebneten. Insofern möchte ich besagte, typisch anorganische Elemente wie Aluminium und Silizium, ebenfalls als Lebenselemente einstufen. Diese Erkenntnis ist allerdings noch keine 150 Jahre alt.

Versuchen wir einmal eine naturwissenschaftliche Einkreisung von Lebensentfaltung nach der Chemischen und Biologischen Evolution aus heutiger Sicht vorzunehmen.

2.1 Die Entfaltung des Erdenlebens

2.1.1 Erdenleben aus chemischer Sicht

Irdisches Leben ist, als Prinzip gesehen, eine höchst unwahrscheinliche Krönung biochemisch kommunizierender chemischer Elemente und Moleküle. Voraussetzungen sind ein energetisch sehr niedriges, beständiges Umwelt-Niveau, aber auch ununterbrochene Energiezufuhr. Es zeigt sich, dass eine evolutionär fortschreitende, selbsterhaltende Lebensentwicklung, langfristig auf einer Mindestmenge von interagierenden und erprobten Molekülen aufbaut. Verbrauchte energiearme Reaktionskomponenten scheiden kontinuierlich aus der Lebensmatrix aus. Energiereiche Reaktionskomponenten werden aber ebenso permanent in die Matrix eingeschleust: Stoffwechsel (Metabolismus). Alles ist eine energetische Frage. Der Organismus bleibt, zeitlich begrenzt, im Wesentlichen bestehen, altert aber, u.a. wegen einer prinzipiell substanziell limitierten und fehleranfälligen Entfaltung.

Etwas differenzierter: Leben ist die Krönung von Energie verbrauchenden, materiewandelnden biologischen Stoffkreisläufen; eine eigene Welt im Gegensatz zu unbelebter Materie. Allerdings ist es wiegesagt von entscheidender Bedeutung, dass das Energie- bzw. Temperaturangebot stimmen. Bei Temperaturen dauerhaft deutlich unter 0° Celsius, ist die uns vertraute aktive Lebensentfaltung

unmöglich, da die elementare Matrixkomponente, Wasser, gefriert und biochemische Vorgänge kinetisch blockiert werden. Allerdings können Zellen, infolge von Gefrierpunktniedrigung (s.a.: Ergänzung 6), bis zu beträchtlichen Minusgraden arbeiten. Bei tiefen Temperaturen sind temporäre Ruhephasen möglich, jedoch nur, wenn Zellen nicht durch Eiskristalle irreversibel zerstört werden. Bei Temperaturen über ca. 60° bis max. 120° Celsius, findet sich Leben allenfalls noch in seltenen thermophilen Mikroorganismen. In Vielzellern wie in Pflanzen, in Tieren und in Menschen werden dann u.a. die lebenswichtigen Peptide denaturiert und alle mikrobiologische Reaktionskreisläufe brechen ab. Bei Temperaturen um 500 bis 1000° Celsius hat nur noch der Entropie-Zuwachs das Diktat. Dann kommt es zur Zersetzung der meisten Moleküle in niedrigere Bausteine oder Atome; bei noch höheren Temperaturen bricht die elektronische Struktur der Atome zusammen.

Mit einem Wort: das Energiefenster für Leben wie wir es kennen, ist im Gegensatz zu dem im Teil 1 beschriebenen Energieverlauf, entscheidend begrenzt.

Unbelebte Materie, in Form der chemischen Elemente oder von Molekülen, hat nur ein chemisches Einmalpotential an Reaktionsenergie. Es ist das die Freie Energie ΔG (s.a.: Ergänzung 2), die nur einmal eine Reaktion ermöglicht, wobei diese Freie Energie abnimmt. Nach der Reaktion ist sozusagen „das Pulver verschossen“: der Stein ist den Berg hinuntergerollt. Es ist ein energieärmeres Reaktionsprodukt übriggeblieben, das von sich aus keine chemische Aktivität mehr entfaltet. Erst wenn es durch Aufnahme von Freier Energie ΔG gelingt wieder auf das energetische Niveau der Ausgangsprodukte zu gelangen, ändert sich das. Wenn ein (er-)tragfähiger und dauerhaft verfügbarer Energielieferant zur Verfügung steht, und sich zusätzlich eine stoffliche Reaktionsnische dieses Vorgangs z.B. in Form eines Kreislaufsystems etablieren kann, resultiert eine neue materielle Dimension mit der Fähigkeit zur Verselbstständigung.

In dieser neuen Materiederivation laufen biochemische Reaktionen ab, die sich bei konstanter Temperatur abspielen und, physikalisch gesehen überraschend trotzdem Arbeitsabläufe ermöglichen. Unsere Erfahrungswelt verknüpft Arbeitsleistung ja immer mit Temperaturdifferenz z.B. in Dampfmaschine und Verbrennungsmotor, oder mit gravitativen Potentialunterschieden, wie z.B. Wasserkraft. Letztlich sind es aber auch Potentialunterschiede, denen wir in diesen biochemischen Arbeitsabläufen begegnen. Allerdings handelt es sich, wie noch ausgeführt wird, um sehr viel subtilere Potentialänderung von Freier Energie ΔG in enzymgesteuerten, biochemischen Reaktionen. Lebewesen arbeiten ja alle in erweitertem Sinn permanent in irgendeiner Weise, d.h. sie verbrauchen Energie. Schon unsere Atmung, das Heben und Senken des Brustkorbs, ist ja Bewegung durch Muskelarbeit. Selbst Mikroorganismen arbeiten, indem sie sich fortbewegen, oder z.B. Nahrung aufnehmen, verdauen und Abfälle absondern.

Die Temperaturkonstanz, beim Menschen bekanntlich etwa 37° Celsius, ist ein ganz wesentlicher Unterschied zu den uns vertrauteren technischen Reaktionsbedingungen zur Arbeitserzeugung, wie man es z.B. von einer Dampfmaschine kennt. Wie bereits unter dem Begriff Entropie dargelegt, kann ein technischer Prozess nur dann Arbeit erzeugen, wenn eine Temperaturdifferenz besteht, die durch Ausdehnung eines Arbeitsgases z.B. in einem Kolbensystem Bewegung ermöglicht. Das gelingt der Technik seit der Erfindung der Dampfmaschine um 1712 durch einen Wärme erzeugenden Verbrennungsprozess, eine chemische Oxidationsreaktion also, in Verbindung mit einem Abkühlssystem.

In der nunmehr ca. 3,5 Milliarden Jahre dauernden Biologischen Evolution haben sich relativ einfache chemischen Reaktionen zu außerordentlich differenzierten, zyklischen Prozessen der Arbeitsgenerierung entwickelt, die Leben erst ermöglichen.

2.1.2 Erdenleben aus biochemischer Sicht

Alles irdische Leben ist untrennbar an Zellen gebunden. Sie sind das Ergebnis einer mindestens 3,5 Milliarden langen, evolutionären Entwicklung. Zellen sind sehr kleine, mit bloßem Auge kaum sichtbare Kompartimente. In einer wässrigen Matrix agiert im Inneren eine Vielzahl definierter Moleküle. Voraussetzung ist u.a. eine evolutionär entstandene, optimierte Zell-Substrukturierung. Zellen sind vermehrungsfähig und verknüpfbar. Sie fungieren selbstorganisatorisch und sind ausgestattet mit einem Informationsspeicher bzw. einem Codierungssystem (DNA, s.u.). Diese sichern z.B. die originalgetreue Reproduktion, der die Zelle lenkenden Struktur- und Katalysatorkomponenten und die Zellreproduktion. Alle Zellen sind auf dauerhafte Energie- und Materieversorgung angewiesen. In der Zelle laufen enzymgesteuerte biochemische Reaktionen ab, die weitgehend umkehrbar sind und in einem Fließgleichgewicht, einem sogenannten Steady State Zustand, agieren. Treiber ist letztlich die permanente Transformation von Sonnenenergie, stofflich gespeichert in Glukose, überführt in energiereiche Adenosintriphosphat-Moleküle²¹³ (= ATP), dem Reaktionsanschub für alle interzelluläre Metabolismen.

Wie die komplexen Zellmechanismen gesteuert werden, erhellt aus folgender Erkenntnis, die ich im Abschnitt "Biochemische Reaktionen" nochmals wiederholen werde:

Eine Vorstellung vom Zellgeschehen liefert der Vergleich von zwei elementaren Codierungsanweisungen in völlig verschiedenen Bereichen, die ich in dem Buch von Georg Dyson (Dyson, 2016, S. 404) gefunden habe: *In einem Digitalrechner, einem unbestritten anorganischen Bereich, liegen die Anweisungen in Befehlsform (Adressen) vor. Jede Adresse gibt exakt einen Speicherort an, der sich deuten lässt als: "TUE*

DAS mit dem, was du HIER findest und bringe das Ergebnis DORTHIN". Es muss also exakt formulierte Anweisungen geben.

Wie schon mehrfach beschrieben lautet In der Biologie einer Zelle das: "TU DAS mit der nächsten Kopie von DIESEM, die dir begegnet". Es gibt also keine numerischen Adressen, die einem physischen Ort zugeordnet wären. Es gibt ausschließlich molekulare Muster, welche die Identifizierung eines größeren, komplexen Moleküls anhand eines seiner kleineren, eindeutig erkennbaren Bestandteile ermöglicht. Deshalb bestehen Organismen aus Zellen von mikroskopischer Winzigkeit, denn nur wenn alle Komponenten einander unmittelbar physisch benachbart sind, wird ein stochastisches, auf Mustern basierendes Adressierungssystem schnell genug arbeiten können. Es gibt keine Adressenregister und keine Uhr. Viele Dinge können gleichzeitig geschehen.

Voraussetzung für diese permanente Beweglichkeit und die damit möglichen Geschehnisse, ist die Brownsche Molekularbewegung.

Hier bestätigt sich m.E. eine Interpretation von Bigelow bezüglich der Strukturierung und des Ablaufs komplexer Prozesse, wie z.B. in einem Computer: *"Die Bedeutung der Struktur für die Art und Weise, wie logische Prozesse ablaufen, nimmt in dem Maß ab, wie die Komplexität des logischen Prozesses zunimmt" ... "Strukturen sind trivial". (Dyson, 2016, S. 400).*

Eine sicherlich gewagte Erweiterung dieser Vorstellung ist die Überlegung, dass eine vergleichbare stochastische (d. h. scheinbar „zufällig“) Orientierung an Mustern, auch in den komplexen Labyrinthen zerebraler Bereiche eine Rolle spielen könnte. Angenommen unser Gehirn (nur da, bzw. in der Hirnrinde findet Bewusstseinsbildung statt) speichert Bewusstseins-elemente bzw. Attribute in hochdifferenzierter, molekularer Form, spricht sehr viel dafür, dass dies durch ein stoffliches, differenziertes Magazinieren in Speicherfeldern erfolgt. Wir wissen alle, dass beispielsweise kein Menschlein als Tabula Rasa das Licht der Welt erblickt. Elementare Anlagen, z.B. das Wirken der unwillkürlichen Muskulatur (autonomes bzw. vegetatives Nervensystem), aber auch mentale Verhaltensweisen, oder Elterncharakteristika, werden über die DNA der Elternchromosomen stofflich erweckt, bzw. im Phänotyp niedergelegt. Wir müssen also davon ausgehen, dass eine Übergabe einer Art Software für den stofflichen Aufbau von mentalen und somatischen Attributen der Eltern, über die Sperma- bzw. die Eizelle erfolgt.

Wie können nun embryonal entwickelte, bzw. im Lebensfortgang erworbene Attribute, in die komplexen, zerebralen Prozesse der Wiederfindung und Nutzung einfließen und sich u.a. als abrufbereite, bewusste Gedanken und Erinnerungen äußern? Sicher nicht durch gezieltes Ansteuern von codierten Gehirnzellen, eine nach der anderen.

Eine Wiederfindung der o.a. Attribute auf stofflicher, zerebraler Ebene, z.B. über die stochastische *Identifizierung größerer, komplexer Moleküle anhand kleinerer,*

eindeutig erkennbarer Bestandteile, wäre mit Blick auf die uns geläufige Bewusstwerdung, ein vergleichsweise viel zu langsamer Vorgang.

Elektromagnetische Impulse dagegen (siehe Magnetoenzephalographie) breiten sich entscheidend schneller aus und können über Nervenbahnen endosomatisch gleichzeitig ganz verschiedene Codierungsfelder (Muster) erreichen. Sie involvieren mit großer Geschwindigkeit – Lichtgeschwindigkeit- gleichzeitig eine Vielzahl von Gehirnbereichen. Es könnten Schnittmengen einer Vielzahl von tangierten Attributen erweckt werden. Auch der umgekehrte Mechanismus wäre denkbar: Die Schnittmenge wäre der Pfad der Erkennung, und die unterschiedlichen Teilmengen, codiert durch die Schnittmenge, ergäben das vielschichtige Gesamtbild. So könnten zum einen, ausgelöst durch Nachdenken, aber auch durch Sinneseindrücke, ein elektromagnetisches, zerebrales "Fluten" initiiert werden, das die angelegten mentalen und somatischen Bereiche zu solchen stochastischen Resonanzen veranlasst, die wir als Bewusstsein und Erinnerung erleben.

Ich bin mir natürlich bewusst, dass eine sozusagen exosomatische Fernwirkung solcher elektromagnetischen Effekte, zerebraler Wirkungen wie Assoziationen, eine ganze Reihe von psychosomatischen, oder ganzheitlichen Vorstellungen auslösen könnten z.B. Telepathie, Heilkunde, Homöopathie, Wasserkunde usw. bis hin zur Mystik. Das müsste aber messen bewiesen werden.

Ich habe versucht, in diesem Kontext einen naheliegenden Vergleich mit dem Wirken von Suchmaschinen im Internet zu erstellen, bin damit aber überfordert. M.E. gibt es dafür auch keine Basis. Suchmaschinen greifen, z.B. durch sogenannte Bus-Systeme, auf in Speicherplätzen niedergelegte Texte zurück, die mit Algorithmen in Form von Indexen, Verzweigungsbäumen, Gewichtung usw. ein Ranking-Ergebnis liefern.

Dazu kommt natürlich noch der ungeheure Dimensionsunterschied eines menschlichen Gehirns im Vergleich mit dem Netz. Zutreffend scheint der o.a. Ausspruch von Bigelow zu sein: *"Die Bedeutung der Struktur für die Art und Weise, wie logische Prozesse ablaufen, nimmt in dem Maß ab, wie die Komplexität des logischen Prozesses zunimmt"*. Das würde bedeuten, dass die Algorithmen des Internetzes tatsächlich kein Analogon im zerebralen Bereich aufweisen.

Es gibt m.E. noch einen weiteren Antrieb für biochemische Reaktionen, den ich im Zusammenhang mit Komplexität und Biodiversität weiter unten erörtern werde. Dieser Antrieb könnte sich aus dem Wirken der Wasserentropie (s.a.: Ergänzung 6), mit Hinblick auf die Maximierung der Gesamtentropie ableiten. Biochemische Prozesse verlaufen in einem ständigen Fluss als geschlossene Stoff-Kreisläufe (Steady State Ablauf). Es erfolgt permanent Anpassung an Veränderungen der Umwelt, durch unaufhörliche selektive Erprobung von Codierungsvariationen, verursacht durch zufällige DNA-Mutationen in den Zellen.

2.1.3 Leben aus Sicht der Thermodynamik

Leben ist aus dem Blickwinkel der Entropie ein sehr unwahrscheinliches Phänomen da Lebewesen durch Aufbau von geordneten Strukturen scheinbar ständig

die Entropie erniedrigen. Ist das ein Widerspruch zu dem Satz von Clausius, der ein Streben hin zum Entropie-Maximum postuliert?

Das Phänomen Leben beinhaltet zum einen, dass makroskopisch geordnet erscheinende Strukturen entstehen (formale Entropie-Erniedrigung). Zum Zweiten laufen die gestaltenden biochemischen Reaktionsfolgen, oberflächlich betrachtet, thermodynamisch nicht freiwillig ab.

Der Grund hierfür ist, dass Leben von biochemischen Reaktionen abhängt, die, isoliert betrachtet, nicht ablaufen können, da sich deren Reaktionsenthalpie (Wärme- bzw. Energieumsatz) auf molekularer Ebene erniedrigen muss, um überhaupt stattzufinden. Solche Reaktionen verlaufen nicht freiwillig. Sie verlaufen nicht spontan und müssen durch Aktivierung mit Freier Energie ΔG angeschoben werden. Dass sie trotzdem ablaufen, scheint im Widerspruch zu der Gesamtentfaltung der Entropie des Kosmos zu stehen, die ja wie Clausius formuliert hat, einem Maximum zustrebt. Aber: diese Entropie-Erniedrigung, ausgelöst durch Aktivierung, gilt nur für die jeweilige biochemische Reaktion selbst, nicht aber für die wässrige Zellmatrix, in der sie abläuft. Die Entropie des Reaktions-Umfeldes, der wässrigen Matrix, nimmt nämlich ständig zu. (Siehe z.B.: Ergänzung 6, Wasserentropie).

Nach dem Tod erfolgt nur noch Entropie-Zunahme, da keine Freier Energie ΔG mehr Eingang findet und dann Abbauprozesse, wie die Mineralisierung, zur Vernichtung der aufgebauten stofflichen Struktur und zerebralen Informationsanhäufung führen. Innerhalb kürzester Zeit bricht das ganze komplizierte Kreislauf-Geflecht von Stoff- und Energieaustausch zusammen. Schlagartig wird in jeder Zelle, diesen Inseln der Ordnung und der fließenden Entropie-Senken, sozusagen das Licht ausgeschaltet.

Zu Betrachtungen über eine jenseitige Unvergänglichkeit bzw. einem Leib-Seele (Materie-Geist) Spannungsfeld der Panpsychisten will ich nicht verhehlen, dass zunehmendes Alter zumindest eine Bereitschaft zum Zuhören mit sich bringen. Allerdings ist unkritisches, entmündigendes Glauben in diesem Umfeld das eigentliche Problem. Kein Messen, zu viel Hoffnung und Religionsnähe mit leeren Versprechungen.

Naturwissenschaftlich gesehen, ist die mit Leben in Erscheinung tretende Ordnung, wie gesagt ein wenig wahrscheinlicher Zustand und kann ohne energiegetriebene Stoff-Kreisläufe nicht bestehen. Nur durch die Wirkung eines ständigen Energielieferanten, der Sonne, werden die lebenswichtigen Vorgänge aus thermodynamischer Sicht durch portionierte Bereitstellung von Freier Energie ΔG (letztlich aus transformierter Sonnenenergie) möglich. Da Zellen mit ihrer Umgebung stofflichen und energetischen Austausch betreiben, sind sie im Sinn der

Thermodynamik keine abgeschlossenen, oder geschlossenen, sondern offene Systeme²¹⁴. Albert L. Lehninger deutet in seinem Buch „Biochemie“ die Problematik der wissenschaftlichen Interpretation an:

Zitat Anfang: „Die Grundsätze der klassischen oder Gleichgewichts-Thermodynamik, die wir (von) der Analyse der Energieänderungen isolierter chemischer Reaktionen kennen ..., gelten nur für geschlossene Systeme, d.h. für solche Systeme, die keine Materie mit ihrer Umgebung austauschen. Die Analyse geschlossener Systeme ist verhältnismäßig einfach, da wir nur den Anfangs- und End- bzw. Gleichgewichtszustand eines gegebenen Systems oder einer Materieansammlung zu betrachten haben. Aus derartigen Untersuchungen kann wesentliche Information über die Energetik einzelner enzymatischer Reaktionen gewonnen werden. Versuchen wir jetzt aber, diese Information auf die Analyse des Energieaustausches intakter lebender Zellen anzuwenden, so stellen sich uns große Schwierigkeiten entgegen, da lebende Zellen offene Systeme sind, d.h. Systeme, die tatsächlich Materie mit ihrer Umgebung austauschen. Darüber hinaus erreichen sie nie völlig ein statisches Gleichgewicht. Eine lebende Zelle befindet sich vielmehr in jedem gegebenen Augenblick in einem Fließgleichgewicht, in dem die Rate der Materie-Aufnahme gleich der der Materie-Abgabe ist. In diesem Fließgleichgewicht bleibt die Konzentration aller Zellkomponenten einschließlich des ATP konstant; unter diesen Bedingungen ist also die Bildungsrate jeder Komponente exakt gleich ihrer Verbrauchsrate.

Anm. d. V.: Ein Fließgleichgewicht, das man sich in übertragenem Sinn auch für die „Lebenszelle“ Erde wünscht. Kein weiterer Anstieg der Geburtenraten! 2014 muss diese Lebenszelle etwa 7 Milliarden Menschen verkraften, 2050 sind aber schon 10 Milliarden zu erwarten, bei exponentiell weiter steigender Tendenz.

Die Analyse von Größe und Effizienz des Energieaustauschs in oder offenen Systemen ist viel umfassender als in geschlossenen Systemen. Sie lässt sich nur unter Anwendung der Theorie der Thermodynamik offener Systeme oder irreversibler Prozesse durchführen, die als Erweiterung der klassischen Thermodynamik entwickelt wurde. Es sollen deshalb nur noch zwei allgemeine Charakteristika im vorliegenden offenen System erwähnt werden, die in der Biologie große Bedeutung erlangt haben. Ein offenes System ist in der Lage, Arbeit zu verrichten, weil es vom statischen Gleichgewichtszustand noch ein Stück entfernt ist; Systeme, die dieses Gleichgewicht bereits erreicht haben, können keine Arbeit mehr leisten. Darüber hinaus kann nur ein Prozess außerhalb des Gleichgewichtes reguliert werden. Der wesentliche Gesichtspunkt ist aber wohl folgender: Nach der Theorie der Thermodynamik offener Systeme kann als Fließgleichgewicht oder eines jeden reibungslos verlaufenden Prozesses und damit als der Sollzustand eines offenen Systems diejenige Situation angesehen werden, in der die Rate des

Entropie-Zuwachses minimal ist und das System unter den herrschenden Bedingungen mit maximaler Effizienz arbeitet. Die Bedeutung dieses Zusammenhangs wurde von A. Katchalsky, einem Pionier der Anwendung der Thermodynamik irreversibler Prozesse auf biologische Systeme, überzeugend beschrieben.“ Zitat Ende. (Lehninger. Albert L., 1979, S. 336)

Ich sehe in diesem Zusammenhang Leben als den dritten, sehr unwahrscheinlichen Akt auf der kosmischen Bühne, der aus menschlicher Sicht formal partielle Ordnung kreiert und damit zu punktueller Entropie-Erniedrigung führt. Dass trotzdem die Gesamtentropie steigt, wurde erörtert. Alle drei Akte sind energiegesteuert also temperaturabhängig:

- Der erste Akt war die Bildung der Urbausteine nach den großen Symmetriebrüchen: Quarks und daraus Protonen und Neutronen.
- Der zweite Akt war die Entstehung von Galaxien aus mehr oder weniger isotropen Wasserstoff- und Helium-Gaswolken nach dem Urknall. Dabei spielte sich parallel die primordiale Elementsynthese ab, bei der alle Elemente, die im Periodischen System nach Wasserstoff und Helium vorkommen, entstanden sind.
- Der dritte Akt, die Lebensbildung, ist ebenso eine Verwirklichung weiterer Einmaligkeit, mit allerdings außerordentlich geringer Wahrscheinlichkeit. Es handelt sich dabei aber um einen, aus der Sicht der Chemie gesehen, chemisch - organischen Vorgang: die Biologischen Evolution, getragen von den Lebenselementen (s.o.) auf einem sehr tiefen Temperaturplateau.

2.1.4 Leben aus Sicht eines Chaostheoretikers

Wenn man von einer chaosbestimmten Ur-Situation ausgeht, ist voranzusetzen, dass zunächst grundsätzlich andere Faktoren als heute eine Rolle spielten: Am Anfang herrschten die Anorganik und die Chemische Evolution; die Biologische Evolution war lediglich eine Option. Vorwiegend durch die energetischen Einflüsse der Sonne, kam es zu den bereits beschriebenen Interaktionen von reagierende Ur-Gase, Proproteine, Proorganik usw. Das chaotische Prinzip der permanenten Beeinflussung von allem durch alles, in Milliarden winziger Schritte, explodierte geradezu und bereitete ein biochemisches Schachbrett vor. Agieren und Reagieren dürfte das alles dominierende Potential zum energetischen Überleben der Proorganik gewesen sein. Nach diesem Prinzip muss man davon ausgehen, dass spätestens beim Entstehen von Zyklen, infolge des exponentiellen Wirkens dieser Komponenten, neue Dimensionen erschlossen werden. Es formierten sich völlig neue Strukturen und Möglichkeiten zur Interaktion. Ein Schritt hin zum Leben? Das ist natürlich eine totale Vereinfachung, denn viele

Komponenten, wie z.B. die Zellbildung, DNA-Steuerung, Energiespeicherung usw. waren ebenso wichtig.

Stuart Kauffman²¹⁵, ein Chaostheoretiker, konstatiert: "*Leben ist eine sich selbst steuernde Entfaltung, als Ausfluss einer eigenständigen Anpassung von selbstorganisierter Materie, an den permanenten Überlebenswettbewerb der umgebenden „Fitnesslandschaften“*" (Kauffman, 1995).

Wohl fühle ich mich bei dieser Argumentationskette offen gestanden nicht. Sie impliziert nämlich u.a., dass von Anfang an ein *Überlebenswettbewerb* stattgefunden habe. Da ist zunächst die Frage zu stellen, wie, durch wen oder was, und wann dieser Wettbewerb begonnen haben soll, bzw. was dieser Anfang war. Kauffman setzt m.E. nämlich voraus, dass die Evolutionselemente DNA, Mutation, Variation und Selektion von Anfang an wirksam war. Oder gibt es einen anderen, mir unbekanntem Wettbewerbsmechanismus, ohne diese Elemente, bei gleicher Auswirkung?

Es sollte m.E. allerdings eine vorgelagerte Phase völliger Regellosigkeit in der Biologischen Evolution gegeben haben, die mehr oder weniger willkürlich geradezu planlos, in die Zeit hinein floss: eine Zeit ohne "Blaupause", in der bequemerweise eine irgendwie geartete Entelechie als Steuerung (ohne DNA) gewirkt haben müsste. Entelechie setzt aber einen Dirigenten voraus, den Kauffman wohl mit dem schwammigen Begriff *Selbststeuerung* meint. Das aber ist erfahrungsgemäß nur über DNA möglich ist. Es sei denn, man akzeptiert tatsächlich einen Dirigenten.

Vielleicht hat in dieser Phase der *Ausfluss einer eigenständigen Anpassung von selbstorganisierter Materie* gewirkt. Was aber besagt diese *eigenständige Anpassung*, die ja wohl in irgendeiner Weise informationsgeregelt verlaufen sein muss? Wie soll sich ohne Information eine Selbstorganisation bzw. ein Existenz-Wettbewerb hin zu besseren Vermehrungschancen ergeben? Es ist ja auch nicht vorstellbar, dass ein toter Sandhaufen plant, welcher seiner Teilbereiche am ersten abstürzt. Er beinhaltet kein inneres Informationsgeheimnis, das einen Stabilitäts-Wettbewerb impliziert. Die Situation würde sich aber grundlegend ändern, wenn es eine Art Steuerung in diesem Sandhaufe gäbe, die jedes der Sandkörnchen kennt und beeinflussen könnte, wie es sich verhalten soll. Diese Steuerung gibt es aber aus naturwissenschaftlicher Sicht nicht.

Lebens-Steuerung, die bisher belegbar nur durch DNA erfolgt, stellt aber die Frage nach dem o.a. Anfang, also ihrer Historie. Es kann diese Steuerung ganz zu Beginn der thermodynamischen Lebensimmanenz nicht gegeben haben. Es könnte eine Situation gewesen sein, die allein von unzähligen mehr oder weniger nachhaltigen Nischen für chemische Abläufe bestimmt war. In diesen Milliarden von noch toten, organischen Inseln, mit milliardenfachen Fehlschlägen hinsichtlich einer Zukunftsfähigkeit, gab es aber auch die äußerst unwahrscheinliche Möglichkeit dauerhaft zu agieren. Ich sehe diese Chance der Zukunftsfähigkeit in

der Beschränkung dieser Nischen-Aktivitäten auf das Innere von Zell. Weiter unten werde ich auf die Vorteile, die Zelleben mit sich bringt, näher eingehen. (s.u.: In Membran-Systemen entstehen Protobionten²¹⁶- Zellen) Vielleicht liegt hier der Ursprung für die Entstehung der o.a. stochastisch orientierten Reaktionskinetik der Zelle, die wir bereits diskutiert haben. Es könnte mehr oder weniger eine Antwort auf eine ansteigende Stoffdichte mit ständig zunehmender Diversität sein. Es ist nicht einzusehen alle Startversuche, bei der ungeheuren Anzahl von Möglichkeiten, von vornherein als völlig chancenlos einzustufen. DNA hat sich mit einiger Sicherheit erst danach, vielleicht auch begleitend (s.u.) formiert, oder sie wurde vorher "eingeflogen". Erst durch, bzw. nach dem lenkenden Wirken von DNA in Lebensvorgänge (Zellen), konnte sich der Wettbewerbs-Mechanismus von Mutation und Selektion herausbilden. Der *Überlebenswettbewerb* hatte damit einen Motor.

„Fitnesslandschaft“ ist ein Begriff, den Kauffman mitgeprägt hat. Unter „Fitnesslandschaft“ ist in diesem Kontext symbolisch eine mehr oder weniger zerklüftete Landschaft mit Tälern und Gipfel zu verstehen, die chaosgeprägt, vor allem durch hohe Vernetzung aller Komponenten untereinander gekennzeichnet ist. Gipfel stehen für momentane positive Vorteilssituationen mit guten Vermehrungschancen; Täler sind demnach situative negative Stresszustände mit Überlebensbedrohung für die Nachkommen.

Diese Auffassung von Lebensentwicklung erinnert an den von Rovelli geprägten Ausspruch, dass Zeit letztlich Wandel ist, dass also Zeit nicht auf feststehende Dinge bezogen werden kann, sondern, dass Ihr Wesen der ständige Wandel ist (Rovelli, *Die Ordnung der Zeit*, 2018, S. 83): „*Die Welt besteht nicht aus Dingen, sondern aus Ereignissen*“.

Vielleicht wäre es angebracht, dieses Synonym, Fitnesslandschaft, mehrdimensionaler also mehr wie eine dreidimensionale Landschaft zu verstehen, da in o.a. Formulierung der entscheidende Faktor Zeit unberücksichtigt erscheint. Dieses dreidimensionale Bild entspricht einer Fotografie, einer Momentaufnahme. Vergangenheit und Zukunft sind ausgeblendet. Gerade der Zeitfortschritt, die permanente Auflösung der Gegenwart aber, erscheint wie eine treibende Kraft. Er sorgt für die ständige Konfrontation mit der unbekanntem Zukunft. Die Zeit konfrontiert Leben unerbittlich mit zufälligen Zustandsveränderungen, wobei im Sinne der steigenden Gesamtentropie, die Einebnung aller o.a. Gipfel und Täler am Horizont steht. Man könnte z.B. anstelle von Fitnesslandschaft, von einem Fitnesskontinuum sprechen, in welchem die Dreidimensionalität der augenblicklichen Fitnesslandschaft, durch die vierte Komponente, die Zeitkomponente, als die Entwicklungsrichtung ergänzt wird. In diesem Fitnesskontinuum entspricht die vierte, die zeitanaloge Dimension, der Entropie und verkörpert den Zeitpfeil.

Damit ist auch die Richtung der Fortentwicklung vorgegeben: Zeit schreitet immer nur in Richtung der Zukunft, nie zurück.

Ein biologisches Fitnesskontinuum ist für mich eine Stress-Maschine, die Leben ständig mit situativen, phänomenologischen Veränderungen konfrontiert. Sie ist ein Abbild, der sich unaufhörlich wandelnden, unvorhersehbaren Umweltbedingungen, getrieben durch das Diktat der Entropie-Erhöhung, infolge von Potentialausgleich. Sie ist damit Sinnbild für die treibende, permanente Herausforderung der unbekannteren Zukunft, in die wir ständig hineinleben, und die zur Diversifikation und Anpassungsnotwendigkeit von Leben führt.

Wir kennen aber nur das irdische Leben und seine Erscheinungsformen. Ist das ein Maß der Dinge? Wie verhält es sich mit Erscheinungsformen, die sich unter anderen kosmischen Bedingungen etabliert haben könnten? Da besteht kein Mangel. Ständig werden wir in Zukunftsfilmern mit letztlich anthropogen formatierten Alternativen konfrontiert. Die mentale Lösung von diesem fast schon chauvinistischen Hintergrund gelingt selten. Denken Sie nur an die Alien-Filme.

Vorgriff auf den übernächsten Abschnitt.

Diversifikation von Leben:

Ich muss bekennen, dass manche science fiction Filme mich trotz ihrer meist anöden ständigen Reproduktion der gleichen, quotentreibenden Schreckensabläufe, in einer Hinsicht ansprechen:

Sollten sie Dan O'Bannons und Ronald Shusetts Filme "Alien" gesehen haben, dürfte Ihnen ein äußerst wandlungsfähiges, intelligentes außerirdisches Monster gegenwärtig sein. Im Laufe des Spannungsbogens zeigt es sich dann - aus menschlicher Sicht - als drachengleiches, sabberndes, abgrundhässliches Wesen.

Ich fragte mich schon beim ersten Alien-Film: ist dieses Wesen, abgesehen von seinem Gesabber, wirklich hässlich, oder sind wir es? Gäbe es seine Welt und uns darin als "Fremde", würde ein menschliches Wesen dort wahrscheinlich die gleiche instinktive Ablehnung erfahren. Warum sollte die anthropische Variante bevorzugt sein?

Überhaupt ist zu fragen, ob die Kriterien, die wir für Lebenskennzeichen oder Schönheit halten, ausreichen

Im Sinn der Entropie sind in dieser Fitnesslandschaft aber nicht die Berge (Potentiale) wahrscheinlich, sondern vielmehr die Homogenität einer leeren Wüste, die alle Diversifikation einebnet. Gegen diese Gleichschaltung muss Leben ständig ankämpfen.

Leben muss für seine Entfaltung, die Herausforderungen eines zufälligen Ablaufs ständiger Brüche bewältigen. (Sie werden im Laufe diesen Buchs z.B. den Biologischen Symmetriebruch kennen lernen). Diese bewirken, dass in der drohenden Zukunft einer homogenen Entropie-Wüste, die o.a. Fitnesslandschaft solange "überleben" kann, wie Frei Energie ΔG verfügbar ist. Nur so besteht die Möglichkeit gegen die Entropie-Erhöhung zu arbeiten und zu leben. Ohne ΔG , z.B. aus

der Sonne, wird es natürlich auch weiter unaufhörlich Umweltveränderungen geben; Leben hat darin aber keinen Platz mehr, niemand beobachtet, registriert oder lernt. Das System ist tot.

Irdisches Leben hat sehr früh - wahrscheinlich vor 3,5 Milliarden Jahren - den Sprung in diese Landschaft geschafft, entgegen der Wahrscheinlichkeit, also gegen den Strom der Entropie-Erhöhung.

Die chaotische Vernetzung hebt das Fitnesssystem über eine reine Komponentenanhäufung hinaus und macht sie unberechenbar, wenn es sich um ein System handelt *„das die Eigenschaft besitzt, dass ... beliebig kleine Unterschiede in den Anfangsbedingungen = Clinamen (Anm. d. V.: Als Clinamen, griechisch: geringfügige Abweichung, bezeichnen Epikur und Lukrez das Element des Zufalls im Rahmen des Determinismus) im Laufe der Zeit zu starken Unterschieden im System führen; sie sind also sensitiv abhängig von den Anfangswerten“*. WIKIPEDIA. Es ist nicht möglich vorherzusagen, wie sie sich die Vernetzung entwickelt. Es bestehen geringfügigste, aber verknüpfte Anlässe, die in diesem vernetzten System latente und labile makroskopische Veränderungen auslösen können, infolge eines exponentiellen Zusammenhangs: der berühmte Flügelschlag des Schmetterlings (eigentlich: der Möwe, gemäß dem amerikanischen Meteorologen Edward N. Lorenz) als einer von sehr vielen möglichen Komponenten eines Hurrikans. Oder: ein einzelnes Sandkorn, das auf einen Sandhaufen fällt und unkalulierbar den Sandhaufen zum Rutschen bringen.

Es gibt kein Ausruhen auf einem Berg der Fitnesslandschaft; heute Gipfel, morgen Tal, wenn es zu Veränderungen des Umfelds kommt, die die erreichte Fitness überfordern. Es gilt unvorhersehbaren Herausforderungen, wie wechselnde Umweltbedingungen, Störfaktoren, oder Verbrauch durch Konkurrenz-Leben auszuweichen und mit Selbstorganisation und Vermehrung den Fortbestand der Population zu sichern: Alles Aspekte der Evolution.

In diesem Zusammenhang muss ich bekennen, dass die Chaostheorie für mich zwar eine Art Faszination ausübt, allerdings mehr auf einer emotionalen Ebene. Ihre Aussagen gelten für deterministische, mathematisch aber unzureichend beschreibbare, dynamische Systeme, deren zeitliche Entwicklungen unvorhersehbar erscheint, da nicht alle Anfangsbedingungen dauerhaft quantitativ erfassbar sind.

Chaostheorie ist, wie auch die Evolution, aktuell nicht quantitativ fassbar. Inwiefern, das an unseren Denkstrukturen liegt, vermag ich nicht zu beurteilen. Unberechenbare Evolution, Stochastik und Chaostheorie, sind für mich, neben der mathematisch, und messtechnisch nur in bestimmten Bereichen fassbaren Entropie, in einer bisher nicht quantitativ greifbaren Weise Säulen von Leben.

Allerdings ist folgender Zusammenhang nicht von der Hand zu weisen:

- In einem evolutionär fortschreitenden System, steigen aus anthropogenem Blickwinkel die sichtbare, morphologische Ordnung und Diversifikation. Die „sichtbare“ Entropie scheint zu sinken.

Das gilt vor allem für den Mutationen auslösenden Verlauf von Zellreaktionen, verursacht durch zufällige DNA-Variationen (s.u.). Entropie-Erniedrigung kann nur über Energiezufuhr erzwungen werden. Es muss daher auch die Entropie-Entfaltung im Umfeld eines solchen Systems gesehen werden. Da Leben sich auf dieser Ebene, wie Lehninger beschreibt, außerhalb eines Gleichgewichts stattfindet, muss ein Teil der Gesamtenergie verloren gehen: Die Gesamtentropie steigt.

- Steigende Entropie verknüpfen wir konzeptionell mit sinkender sichtbarer Ordnung und Zurückdrängen der Evolution. (Bitte beachten sie aber auch den Part der messbaren Entropie, den ich im Zusammenhang mit der klassischen Thermodynamik beschrieben habe).

Formal, rein qualitativ, lässt sich das durch eine umgekehrte Proportionalität so ausdrücken:

$$\text{Entropie} = P \times 1/\text{Evolution}$$

P wäre ein irgendwie gearteter Proportionalitätsfaktor. Es bleibt natürlich die Frage, ob Evolution überhaupt gewichtet werden kann.

Diese rein qualitative Proportionalität wäre evtl., wenn überhaupt, nur auf der statistischen Ebene greifbar. Ein Zusammenhang könnte vielleicht für quantitative Evolutionsfaktoren wie Mutation, Selektion oder andere zählbare Faktoren, letztlich DNA-Variationen, bestehen. Das würde darauf hinauslaufen, die Fitness, verkörpert durch den Vermehrungserfolg, als Maßstab zu sehen. Evolution verfolgt ja, mechanistisch gesehen, letztlich kein Ziel, wie z.B. die Erschaffung des Menschen. Unter diesem Blickwinkel erscheint sie uns blind agierend. Sie manifestiert sich in der Erfolgsfähigkeit einer Population, die sich ja darin zeigt, ob sie in der permanenten Konkurrenzsituation des Fitnesskontinuums überlebt und ihr Fitnessniveau durch Vermehrung stabilisieren kann.

Höhere Fitness =
 höhere Vermehrungsrate der DNA in einer Population =
 fortgeschrittener Informationsstand =
 Evolutionsfortgang =
 partielle Entropie-Abnahme

Was ist in diesem gedanklichen Zusammenhang mit dem Begriff Chaos anzufangen?

Ich denke wir müssen davon ausgehen, dass unser gesamtes Seins-Umfeld mehr oder weniger in einem chaotischen Zusammenhang steht. Und das gilt für das gesamte Universum. Das ergibt sich aus der Erkenntnis, dass sich dieses Umfeld in allen Unterelementen in einer mehr oder weniger ausgeprägten Kopplung von allem mit allem befindet. Nichts kann völlig isoliert bestehen. Früher oder später wird das transparent, wenn wir die Kopplungen stören. Und das tun wir Menschen ja bekanntlich permanent. Man kann das nicht nur in den bekannten Umweltauswirkungen, also Klima, Ökologie, Rohstoff Raubbau usw. sehen. Auch in gesellschaftspolitischem Zusammenhang gelten die gleichen Gesetze. Für mich besonders transparent wird das in der derzeitigen weltpolitischen Situation, in der besonders der Nationalismus das noch bestehende Gleichgewicht der Kräfte immer mehr untergräbt. Gegenseitige Abhängigkeiten werden kurzfristig zugunsten vordergründiger, nationaler Interessen negiert. Die Gemeinschaft wird geopfert. Man kann diese Gemeinschaft mit einem großen, ruhenden Sandberg vergleichen. Alle die Milliarden von miteinander losen verbundenen Sandkörnern befindet sich in einem labilen chaotischen Gleichgewicht. Nehmen wir an, eine Horde spielwütiger Kinder stößt auf diesen Berg. Jedes Kind möchte auf dem Berg spielen, graben usw. Im Endergebnis wird der Berg an einer Spiel-Stelle ins Rutschen kommen. Die entstehende Lawine wird andere Spielbereiche erfassen, und von dem ganzen großen Berg wird nur ein flacher Hügel übrigbleiben.

Gibt es geringes oder großes Chaos? Verhält es sich additiv, wie die Entropie? Stimmt es, dass Chaos so oder so, einer hohen Nichtordnung und damit hoher Entropie verwandt ist? Erst durch Energieverlust und Symmetriebrüche erfolgt Stabilisierung unter Ordnungsgewinn und Entropie-Verringerung. Chaos wird dann nicht nur geringer, sondern durch Ordnung schlagartig aufgelöst. Eine instabile Wetterlage kann sich z.B. unter, für Menschen u.U. schmerzlicher Energieentfaltung, zu einem zerstörerischen, aber endlichen Hurrikan stabilisieren. Chaos muss aber wohl für unser gesamtes materielles Umfeld als Grundprinzip akzeptiert werden. All unser Wissen beruht auf mehr oder weniger vordergründigen Erkenntnissen. Diese aber sind nur oberflächlich erkannt, da unsere Messmethoden beschränkt sind. Wenn unsere Messungen aber nicht bis in die letzte Stelle stimmen, muss man davon ausgehen, dass die unbekanntenen Stellen nicht ohne Bedeutung sind. Sie können, wie es aus der Meteorologie bekannt ist, das berechnete komplexe Wetter-System, infolge eines exponentiellen Zusammenhangs, zu ganz verschiedenen Ergebnissen leiten. Und das gilt ganz allgemein, nicht nur in der Meteorologie (Aigner, Florian, 2016).

2.1.5 Leben aus religiöser Sicht

Leben, das in den Bereich von Bewusstsein vorstößt, ruft unausweichlich immanente Fragen nach dem Warum und dem Ende auf. Es ist selbstverständlich, dass, im Gegensatz zu Tieren, der Mensch mit fortschreitender Kommunikationsfähigkeit seine ihn bewegenden Erkenntnissen Artgenossen mitteilen wollte.

Erst mitgeteilte Gedanken sind falsifizierbar oder verifizierbar und damit bewusstseinsrelevant. Seine, ihn aus dem tierischen Leben heraushebende Fähigkeit der Kontemplation, hat ihn bald eine Beseeltheit der so unerklärlichen Welt vermuten lassen. In diesem Kontext entwickelt sich die schon eingangs des Buches erwähnte Suche nach dem Sinn, dem Anfang, dem Ende und vor allem dem Danach, denn parallel zu fortschreitendem Sein wächst die Erkenntnis zur Unausweichlichkeit des Todes. Diese Erfahrung macht früher oder später jeder Mensch, vergleichbar den ersten Hominiden, deren cerebrale Entwicklung irgendwann zum Erwecken dieser Erkenntnis geführt haben wird. Die aus diesem Bewusstsein resultierenden Kompensationshandlungen lassen sich noch heute aus den Höhlenmalereien der Neandertaler, der Cromagnonmenschen und ganz offensichtlich aus den Beerdigungs-Bräuchen der alten Völker ableiten. Immer steht die zentrale Frage im Raum: gibt es ein Leben nach dem Tod? Verständlich, zumindest aber semantisch ein Widerspruch in sich selbst. Alle Ansätze zur Beantwortung dieser Frage sind wissenschaftlich gesehen fruchtlos. Es bleibt nur die Hoffnung und im Gefolge der Glaube, die Trost bieten können. Die in diesem Spannungsfeld entstanden Denk- und Bücherwelten können aber naturgemäß keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben, da sie letztlich immer auf mentalen Konstruktionen aufbauen. Edle Gedanken einer Beseeltheit von allem, führen in eine Endlosschleife der Kommunikation, getragen vom Drang der Erhellung und dem Wunsch nach allgemeiner Akzeptanz. Religionen entstehen so. Vorab so viel: Ich bin davon überzeugt, dass wir uns von Religionen freimachen müssen da sie uns u.a. zu diesem Thema in keinen Weg weisen können. Damit ist aber nicht gesagt, dass für Gottgläubigkeit das gleiche gilt, in der ich eine sehr ursprüngliche menschliche Sinn-Suche sehe. Religion ist m.E. ein politischer, besser gesagt ein Verwaltungsbegriff in dem Sinn, dass Sinn-Suchenden Jenseitsversprechungen gemacht werden, die nicht belegbar sind. Sie leiten sich aus Mythen tiefschürfender, großer Gedanken ab. Es wird Abhängigkeit für Suchende erzeugt und parallel eine sich immer verselbstständigende mystische Struktur, die letztlich nur dem Erhalt der Verwaltungsorganisation dient.

Zum einen fördern Religionen Entmündigung, und schläfern kritisches Hinterfragen ein. Sie geben vor, grundlegende Fragen zum Leben selbst und zu Existentielllem nach dem Tod beantworten zu können, was aber prinzipiell Glauben voraussetzt. Mit diesem Anspruch begibt sich Religion außerhalb der Rationalität und baut eine Welt von Dogmen, Glaubensgrundsätzen, von mysteriöser Gnade, von Sünde, Höllenstrafen und Vergebung auf aber vor allem die Aussicht auf eine ewige, rosige Zukunft. Sie konstruiert aus mehr als fragwürdigen mündlichen und schriftlichen Überlieferungen religiöse Ethik: Ein Festival der Semantik-Auswüchse, die uns in allen religiösen Bereich immer begegnen. Inwieweit das blinde, oft gnadenlose Sendungsbewusstsein zu den Völkerkatastrophen des

Altertums, des Mittelalters und der Neuzeit ursächlich beigetragen haben, mag jeder Leser für sich selbst erschließen.

Zum Zweiten sind sie Machtinstrumente, die ihre eigene hierarchische Struktur lange Zeit auf mächtige staatliche Bereiche übertragen haben, deren Protagonisten sie waren und sind; siehe Absolutismus: Das konkrete Leben des Einzelwens wird nur als unkritischer Glaubenseifer akzeptiert.

Zum Dritten wohnt Religionen der Gedanke der menschlichen Besonderheit, des Auserwähltseins (siehe Zionismus) inne; sie predigen die ständige sexuelle Vermehrung; natürlich auch um über wachsende Menschen-Massen Einfluss zu gewinnen. Gerade diese Einstellung zu menschlichem Leben, die ungebremste Vermehrung - 2050 werden wir 10 Milliarden sein - wird uns in die Katastrophe führen.

Leben kann sehr wohl ohne Religion existieren. Wieweit das für Glauben gilt, muss jeder Denker für sich selbst entscheiden.

2.1.6 Voraussetzungen zur Entfaltung des Erdenlebens

Was ist an Voraussetzungen zu uns vertrautem Leben nötig?

- Energie in nachhaltiger Verfügbarkeit, allerdings in einem sehr engen Fenster, und auf einem sehr tiefen Niveau verglichen mit dem gigantischen Energiepotential der Kernkräfte bzw. dem ehemaligen Urknall
- Beständigkeit der Umgebung
- Wasser
- materielle Bausteine, also chemische Elemente, in Form von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, Phosphor sowie mindestens 18 weiteren chemischen Elementen auf quantitativ wesentlich geringerem Niveau
- Immanente, selbstorganisierende Strukturgaranten, z.B. durch räumliche Bindungssysteme, wie sie im Kohlenstoffatom, in all seinen nahezu unendlich vielen molekularen Verknüpfungsvarianten gegeben sind und die, wie in allen Elementen aus der energetischen Ausstattung resultieren

Lassen Sie mich zunächst die bereits erörterten und noch zu vertiefenden Eckpfeiler des Lebens wiederholen:

1. Alle beschriebenen Entwicklungen hin zu Materie sind latente energetische Potentiale.

2. Sinkende Temperatur bricht die Symmetrie. 4 Ur-Kräfte entfalten sich. Energie nimmt Gestalt an in Form von massehaltiger Materie.
3. Zunächst entsteht Materie in Form von Quarks und Elektronen.
4. Quarks vereinigen sich zu Protonen und Neutronen.
5. Ein Teil der Protonen vereinigt sich mit den Neutronen zu Helium; parallel entstandene Elektronen stoßen dazu.
6. Das Ur-Gas aus Wasserstoff und Helium erfüllt das Raum-Zeit-Kontinuum in Form inhomogener Gaswolken.
7. Die Gaswolken aus Wasserstoff und Helium kontrahieren durch Gravitation zu Sternen der 1. Generation. Das Raum-Zeit-Kontinuum wird getrennt in Materie und Vakuum.
8. Sterne der 1. Generation bilden durch Kernfusion chemische Elemente bis Eisen.
9. Sehr große Sterne der 1. Generation kollabieren als Supernovae, bilden Elemente bis mindestens zum Uran und verteilen sich interstellar als Gaswolken der 2. Generation.
10. Sterne der 2., 3., ... Generationen entstehen aus Wasserstoff, Helium und den interstellar verteilten chemischen Elementen.
11. Planetensysteme um Sonnen entstehen.
12. Die Sonne liefert Energie in Form eines elektromagnetischen Feldes. Sie wird Energie-Basis für Leben durch partielle Entropie-Erniedrigung in lebenden Zellsystemen, bei kosmischer Gesamtentropie-Erhöhung.
13. Auf geeigneten Planeten bilden sich durch Selbstorganisation biotische, molekulare Vorstufen aus anorganischen Elementen. Bis heute bekannt nur auf der Erde.
14. Zellen entstehen.
15. DNA als universales Steuersystem der Zellen emergiert.
16. Die Biologische Evolution beginnt.
17. Mehrzeller entstehen

Im weiteren Fortschreiten der kosmisch-terrestrischen Entwicklung beobachten wir parallel, sozusagen im Windschatten, die Verwirklichung einer immer stärkeren Entfaltung von Biodiversität, Komplexität und partieller Ordnung bzw. Informationsanhäufung: Evolution. Sie gipfelt heute, in lebenden zellulären Systemen und scheinbar vor allem in der Emergenz des Menschen. Ziel erreicht? Kaum, denn wir sehen nur eine Augenblickssituation mit allen Voraussetzungen für eine Fortentwicklung.

Welch eine Transformation von unvorstellbarer, singulär konzentrierter Energie und ihren schlummernden Potentialen, hin zu den minimalen energetischen Reaktionen von Zellaktivitäten; ein langer Pfad! Am meisten beeindruckt in dieser

staunenswerten Entwicklung die ubiquitäre Aktivität von DNA, deren Entstehung und Optimierung auch heute noch nicht durchgängig verstanden sind.

2.1.7 Reaktionsdiversität - Biodiversität-Komplexität

Unfassbar ist das in allen Lebensbereichen zu beobachtende Phänomen der Biodiversität bzw. Komplexität, sichtbar am divergierenden Fortschreiten der Evolution.

Aus anthropogener Sicht sollte hohe Biodiversität mit hohem Informationsgehalt, hoher evolutionärer Ordnung und damit niedriger Entropie in Einklang stehen.

Als Einstieg halte ich es für sinnvoll, die materielle Basis, also die chemischen Elemente, mit ihrer komplexen Strukturierungsmöglichkeit, entsprechend ihrer Reaktionsdiversität zu beleuchten. Vorab sei bemerkt, dass dieser Begriff aus ökologischer Sicht ganz anders verstanden wird als aus der Sicht eines Chemikers.

- Reaktionsdiversität wird im ökologischen Sinn wie folgt beschrieben: *Hiermit ist die Bandbreite an Reaktionen auf Veränderungen von Umweltfaktoren innerhalb einer funktionellen Gruppe gemeint. Ein Beispiel: In einem Wald, in dem die meisten Baumarten sich den gleichen optimalen Temperaturbereich teilen, würden Schwankungen, die von diesem Bereich abweichen, die Primärproduktion des Waldes signifikant beeinträchtigen. Wenn im Gegenzug viele verschiedene Primärproduzenten mit verschiedenen Temperatur-Optima vorkommen, wird das Ökosystem als Ganzes von Veränderungen weniger beeinträchtigt. (Die Resilienz von Ökosystemen – Campus Goes Biodiverse (uni-bremen.de))*
- Was verstehe ich als Chemiker unter Reaktionsdiversität?
Das energetische Potential der chemischen Elemente des Periodensystems bietet mit seinen 92 natürlichen Element-Unikaten eine ungeheure Zahl von Vereinigungsmöglichkeiten zu eindeutig strukturierten Molekülen. Jedoch verwirklichen sich längst nicht alle kombinatorisch denkbaren Strukturen unter terrestrischen Bedingungen. Energetische, und vor allem quantenmechanisch begründbare unüberwindliche Hürden lassen nur einen Bruchteil der Kombinationen zu. Trotzdem ist der reale molekulare Zoo gigantisch. Auf diesen Zusammenhang komme ich im Abschnitt Selbstorganisation noch zurück.
- Was ist Biodiversität?

Biodiversität oder biologische Vielfalt bezeichnet gemäß der UN-Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity, CBD) „die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören. Damit umfasst sie die Vielfalt innerhalb sowie zwischen Arten, darüber hinaus die Vielfalt der Ökosysteme selbst. Nach dieser Definition besteht die Biodiversität auch aus der genetischen Vielfalt. WIKIPEDIA

- Was ist Komplexität?

Ich verstehe darunter Systeme aus vielen Teilen mit Verknüpfungspotentialen, die genutzt werden, indem sie sich, anthropogen gesehen, nach nicht offensichtlich einsehbaren Regeln organisieren. Beispiele sind im Kontext dieses biologisch orientierten Kapitels, Wachstum, die Bildung von Verzweigungssystemen, z.B. Verdopplung, oder die Formation von Mehrzellern aus Einzellern und natürlich der Zellarten an sich. Vor allem überraschende Spezialisierungen, Ausweichstrategien, Dominanzen, Überlebenslösungen auf verschlungenen Pfaden usw. Biologische Komplexität beschreibt Interaktionen, die im Laufe der Evolution selbstorganisierte, aber nicht chaotische Abläufe entwickelt haben. Kein Schmetterlingsflügel Schlag kann sie zum Kippen bringen, solange ihre Anzahl nicht eine kritische Grenze überschreitet. Diese Grenze scheint mir die Ernährungsvoraussetzung aber auch die Aufspaltung in unverträgliche Interessensgruppen zu sein. Zumindest gilt das für uns Menschen, die ja in jeglicher Hinsicht in ihren Aufspaltungen Gaußsche Verteilungsgruppen repräsentieren und einander oft irrational und unversöhnlich gegenüber stehen. Komplexität scheint nicht höherer Lenkung zu folgen und schließt damit Entelechie aus.

Zwischen Chemischer und Biochemischer Evolution liegen viele Millionen von Jahren, in denen eine nahezu unendliche Anzahl und eine ungeheure Menge noch toter organischer Verbindungen, gebildet aus Ur-Gasen, angehäuft wurden. Entstanden sein dürften sie in der Chemischen Evolution der terrestrischen Uratmosphäre, vor ca. 6 Milliarden Jahren. Die Brutstätte waren u.a. atmosphärische Reaktionswolken, in denen reduzierte (hydrierte) bzw. reduzierende Ur-Gase, bestehend aus Kohlenmonoxyd, (Kohlendioxyd), Ammoniak, Methan, Wasserstoff und Wasser, wahrscheinlich auch Schwefelwasserstoff, aber kein Sauerstoff, dominierten. Sie sehen, dass diese Verbindungen lediglich aus den vier chemischen Elementen Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff (untergeordnet: Schwefel) aufgebaut sind. Zwischen diesen vier Bausteinen bzw. den bereits im Weltraum entstandenen molekularen Verknüpfungen, ist aus

chemischer Sicht eine Vielzahl von chemischen Bindungen zu monomeren Molekülen möglich. Die dazu notwendige energetische Anregung erfolgte vor allem durch die elektromagnetische Strahlung der Sonne, atmosphärische Blitzentladungen, Erdwärme und Vulkanismus.

Stanley Miller hat diese Situation in einem 5 Liter Laborkolben erfolgreich simuliert (s.u.).

Es musste viele Million Jahre gedauert haben bis es zur Bildung von toten organischen, also kohlenstoffhaltigen Molekülen in dieser anorganischen Gasatmosphäre kam. Zwischenprodukte wie Formaldehyd und Cyanwasserstoff spielten eine wesentliche Rolle. Molekulare Ergebnisse waren, um nur einige wichtige zu nennen, Proteine, Nukleinbasen wie Adenin²¹⁷, Formaldehyd, Alkohole, organische Säuren usw. Alle Moleküle traten, insofern sie Asymmetrie Zentren aufwiesen, als Racemate auf (s.u.). Dieses reaktive organische Monomeren-Gemisch, gebildet in der Ur-Gas Atmosphäre, regnete ständig auf die noch biologisch inaktive, tote Erdoberfläche herab, die im Wesentlichen aus Wasser, Gestein, Vulkanasche und Grenzphasen dieser Urbereiche bestand. Um welche Mengen es sich bei diesen natürlichen Synthesen gehandelt haben dürfte, wird einem spätestens klar, wenn man bedenkt, welche Mengen bei den u.a. Miller-Versuche bereits nach einer Woche anfielen: 1 g! Mit Sicherheit spielten sich vergleichbare Reaktionen auch direkt auf der festen Erdoberfläche und in den Meeren, in der Nähe von aktiven Vulkanen und deren heißen Auswürfen ab.

Wenn man dieses Laborergebnis auf die gesamte Erde umrechnet und zusätzlich den ungeheuren Zeitfaktor von vielleicht 1 Milliarde Jahre berücksichtigt, sollten ungeheure Mengen an abiotischen Molekülen den Weg auf die Erde gefunden haben. Was ist daraus geworden? Ein geringerer Anteil müsste auf dem Festland angehäuft worden sein, der weitaus größere Teil sollte als relativ schwer lösliche Masse in den Ozeanen gelöst oder als Sediment versunken sein. M.E. ist es vorstellbar, dass sie zur Ausbildung von fossilem Material z.B. Erdöl beigetragen haben.

U.a. dürften sich vor allem auf dem Festland die wichtigen Porphyrine²¹⁸, begünstigt durch Metallionen, gebildet haben. Verdünnt oder konzentriert in Tümpeln jedweder Größenordnung, bei Temperaturen in Abhängigkeit von dem herrschenden Atmosphärendruck, sollten sich weitere Reaktionswege eröffnet haben, wenn in diesem Fall allerdings auch hydrolysierende Reaktionsbedingungen dominierten.

Man nimmt an, dass vor 2,7 Milliarden Jahren, entsprechend einem Atmosphärendruck von ca. 500 Millibar, Wasser bei ca. 60°C kochte. ([http://www.ingenieur.de/Themen/Klima-Umwelt/In-Urzeit-kochte-Wasser-60 C](http://www.ingenieur.de/Themen/Klima-Umwelt/In-Urzeit-kochte-Wasser-60-C)).

Dafür boten diese Tümpel aber, verursacht durch Wellenschlag und Schaumbildung, die Voraussetzungen abgeschlossene Kompartimente zu schaffen, den Vorläufern von Zellen; Zellbildung ist der wohl wichtigste Schritt hin zu Leben. U.a. trockneten diese Tümpel auf mineralischem Untergrund zu regelrechten biochemischen Reaktionsarenen und waren permanent Blitzentladung oder Hitze wellen aus vulkanischer Aktivität ausgesetzt. Von großem Einfluss waren der ständige, damals noch kürzere Tage-Nachtwechsel (Neigung der Erdachse) sowie die Sommer- und Winterperioden, die zu kurzfristigen Reaktionszyklen führten bzw. durch Eisbildung stabilisierende Randbedingungen schufen. Durch photochemisch aktive Substanzen, z.B. Porphyrine, mit ihren konjugierten Ringsystemen aus vier verknüpften Pyrollringen, wurde Elektronenanregung durch das elektromagnetische Feld der Sonne möglich. Sie stellten damit Energiepotentiale dar, die als elektronische Energiepakete, den Anstoß für eine Unzahl von Reaktionen lieferten, bei denen es zu Elektronenübergängen also chemischen Reaktionen kommt. Es sind das z.B. die lebenswichtigen Prozesse der Photosynthese, der Atmung, des stofflichen Metabolismus usw. also von Reduktions- und Oxidationsreaktionen. Die Photosynthese ist ja bekanntlich noch heute der zentrale Weg der Energietransformation in allen grünen Pflanzen, durch Reduktion von Kohlendioxid zu Glucose: der Kohlendioxid-Sauerstoff-Zyklus. Die Energie des elektromagnetischen Feldes der Sonne, wird in Bindungsenergie von Molekülen übertragen. Diesen elementaren Prozess werden wir noch ausführlicher diskutieren.

Vor allem haben sich thermische Kondensationen von Aminosäuren zu Proteinen abgespielt: der strukturellen und enzymatischen Basis von Leben. Das geht aus der Allgegenwart von Fauna und Flora hervor, wenn es auch ein sehr langer Weg dazu war, beginnend mit den Präproteinen vor 5-6 Milliarden Jahren. Eine aufschlussreiche Darstellung dieser Abläufe finden Sie bei Follmann (ab Kap. 1.4, Anfänge organischer Materie (Follmann H. , 1981, S. 51). Die Sonne als kosmische Energiequelle, stand ab etwa 6 Milliarden Jahren allgegenwärtig, allerdings im Tag- Nachtrhythmus, zur Verfügung sowie terrestrische Energie in Form von Erd- und Vulkanwärme. Die reaktionskinetischen Aktivitäten dieser molekularen Pro-Biomasse erfolgten wiegesagt durch elektronische Bindungsbildung, die sich billionenfach abspielten, was sie natürlich heute noch tut. Es entstand ein terrestrischer "Teppich" von Molekülen unterschiedlichster Art, mit Potential zur Weiterverknüpfung.

Es muss allerdings einen grundlegenden Unterschied hinsichtlich der Reaktionsdiversität in der Atmosphäre, gegenüber der auf der Erdoberfläche gegeben haben. In der matrixlosen Gasphase führen lediglich "einfache" Reaktionen zu einfachen, monomeren Molekülen, wie z.B. Aminosäuren. Interessant ist die Frage, ob in der Uratmosphäre auch phosphorhaltige Moleküle enthalten waren. Denkbar wäre z.B. einfache Wasserstoff-Phosphorverbindungen z.B. die sehr

reaktionsfähigen Phosphine. Sie könnten bereits in der Uratmosphäre mit Molekülen, die OH-Gruppen enthielten, reagiert haben und in dieser Kombination nach dem Auftreffen auf die Erde bereits als phosphorhaltigen, reaktionsbefähigte Gebilde eine Rolle gespielt haben. Monomeren bildeten sich schnell während kurzer, energiereicher Reaktionsspotts der Ur-Gase. Die thermodynamisch bevorzugte Rückbildung – Hydrolyse – zu den Monomeren fand nicht statt infolge der Abwesenheit einer wässrigen Matrix bzw. Verlassen dieser Spots angetrieben durch die Brownsche Molekularbewegung.

Diese abiotischen Monomeren trafen auf der Erdoberfläche auf ganz andere Bedingungen: anstelle von Gasphasenreaktionen liefen Flüssigphasenreaktionen in Wasser als Reaktionsmedium ab, der elementaren Matrix der Biochemie. Dabei handelte es sich aus Thermodynamischer Sicht bei der Hinreaktion überwiegend um nicht freiwillige Kondensationsreaktionen unter Wasserabspaltung (vorwiegend Aminosäuren zu Präproteinen und auch Peptiden). Die Gefahr der Rückreaktion war wesentlich größer als in der Gasphase, weil die gebildeten Biopolymere meist einer wässrigen, hydrolysierender Umgebung ausgesetzt waren.

Der notwendige Aufwand an bereitzustellender Freier Energie G für die Hinreaktion ist mit 2-4 kcal/Mol (Follmann H., 1981, S. 76) zwar vergleichsweise niedrig, muss aber durch Kopplung mit einer energieliefernden Reaktion (ein Prinzip, das wir noch ausführlich im Rahmen von Phosphorylierung besprechen werden) oder durch direkte Energiezufuhr bereitgestellt werden.

Wenn man sich vergegenwärtigt, dass viele wichtige biologische Systeme grundsätzlich in zunächst linearen, zweidimensionalen Verknüpfungen vorliegen, denken Sie nur an Kohlehydrate oder Ribonukleinsäuren, fragt man sich, was die Ursache sein könnte. Follmann (Follmann, 1981, S. 77) beschreibt das sehr anschaulich für Montmorillonite (geschichtete Aluminiumsilikate). Ein Ansatz ist die Orientierung, die bei der präbiologischen Proteininformation zu finden ist. Andererseits ist das natürlich nicht verwunderlich solange es sich um Moleküle handelt, die in der Regel oft nur zwei Reaktionszentren haben, die sie in Form einer Addition oder Kondensation in eine feste chemische Verknüpfung einbringen. Wenn diese festen chemischen Bindungen entstanden sind, kommt ein zweiter Weg des Molekülaufbaus ins Spiel. Es sind das vor allem Wasserstoffbrückenbindungen; wesentlich leichter knüpf- oder lösbar. Sie ermöglichen die Gestaltung von „Klumpen – Proteine“, als beste Beispiele -, die in die Dreidimensionalität führen. Offensichtlich spielten „Klumpen Moleküle“ wie sie heute z.B. in Enzymen vorliegen, zunächst keine Rolle. Aus heutiger Sicht war die durch diese „Klumpen Struktur“ mögliche Informationsspeicherung durch strukturelle Muster-Kennung noch nicht gefragt. Bekanntlich ermöglichen solche komplexen Strukturen ja eine Informationsspeicherung bzw. Reaktionsmarkierung nach dem gezielten Schlüssel- Schloss Prinzip, die sich wohl erst mit zunehmender Zahl möglicher oder ähnlicher biochemischer Prozesse ergibt.

Da fast alle Moleküle in irgendeiner Weise Polarität aufweisen, bildet sich sofort eine Wasserhülle aus Wasserdipolen. Bei allen Reaktionen, vor allem den Kondensationsreaktionen zu Biopolymeren, kommt es immer zu einer Verminderung dieser Hydrathüllen, was eine Erhöhung der Wasserentropie durch frei bewegliche Wassermoleküle bewirkte. Die an sich nicht spontane Bildung von Kondensationsprodukten, eine strukturelle Entropie-Erniedrigung, wurde so zu einem zusätzlichen Reaktionstreiber. Was aber darüber hinaus, könnte die Ursache für all die unendlich vielen thermodynamisch unfreiwilligen Kondensationsreaktionen der langsam einsetzenden Biochemie gewesen sein?

Ich denke, es könnte u.a. Phasenwechsel mitgewirkt haben. Wenn die irgendwie erreichte Kondensation von zwei und mehr Aminosäuren zu Präproteinen erfolgreich sein sollte, musste die Rückreaktion zu den Monomeren, verursacht durch Hydrolyse, unterbunden werden. Möglich wäre das, wenn das entstandene Kondensationsprodukt der Hydrolyse durch Austreten aus der Flüssigmatrix entzogen wurde; z.B. indem es als Feststoff aus der Wassermatrix ausschied. Es könnte auch die erschwerte Angreifbarkeit z.B. von Präproteinen oder Zuckerketten infolge der Ausbildung von schwerer löslichen Sekundär- und Tertiärstrukturen sein, denn nur in Lösung sind biochemische Umsetzungen möglich. Im Fall der Proteinfaltung ist übrigens anzumerken, dass Proteine, die aus α -Aminosäuren gebildet werden, gegenüber Proteinen aus anderen Aminosäuren, erhöhte Bildungstendenz besteht. Für Hexosen, also Zucker wie Glukose, gilt aus vergleichbaren stereochemischen Umständen der gleiche Befund hinsichtlich der Stabilität des Monomeren als auch den Polymerisationsprodukten wie Stärke.

Eine weitere Möglichkeit wäre das Entfernen des bei der Kondensation freiwerdenden Reaktionswassers. Das würde voraussetzen, dass das Protein also das Kondensationsprodukt, sich nach der Reaktion in einem heißen Umfeld befindet in welchem das Reaktionswasser und sicher auch das der Matrix verdampft.

Die beschriebenen Möglichkeiten der Präprotein-Bildung sind sehr vereinfachte Vorstellungen. Es erscheint plausibel, dass ein wesentlicher Motor das so einfach erscheinende Molekül, Blausäure sein könnte. Es wurde ja darauf hingewiesen, dass es ein bestätigtes Zwischenprodukt in der Chemie der Ur-Gase ist. Es verfügt über ungeahnte Möglichkeiten als Zwischenprodukt auf dem Weg zu Proteinen, organische Säuren aber auch Purinen. Polymerisation und Hydrolyse der polymeren Blausäure liefern ebenso Proteine und Präproteine. (Follmann, 1981, S. 58)

Es darf natürlich nicht übersehen werden, dass die beschriebenen präbiochemischen Wege zwar durchaus denkbare Entwicklungsphasen der Biochemischen Evolution waren, keinesfalls erklären sie aber in irgendeiner Weise den Urknall des Lebens. Nach dem bisher beschriebenen Ablauf liegen bestenfalls Lebensbausteine vor, denen zudem noch ein Entscheidungsprozess bevorstand, der neben der stofflichen Auswahl noch eine Art räumliche Wahl zwischen zwei

molekularen Möglichkeiten (Racemat) verlangte. Damit ist die Festlegung der sich entwickelnden Biochemie für ein Entantiomer angesprochen. Dieser überaus wichtige Schritt wird noch näher beleuchtet.

Freigesetzte Reaktionswärme verpuffte als Entropie-Erhöhung. Elektromagnetische Photonenenergie wurde einerseits in dissipative Reaktionswärme und damit in nutzlosen Entropie-Anstieg transformiert. Andererseits bildeten sich ständig neue chemische Verbindungen, was parallel einer lokalen Informationsverdichtung und strukturellen Entropie-Verringerung gleichkommt.

Diese Energietransformation des elektromagnetischen Feldes in stoffliche Systeme erinnert an den Urknall, wo Energie in Materie umgesetzt wurde (siehe Teil 1). In der Biochemie geschieht Vergleichbares auf einer meilenweit energetisch niedrigeren Basis, initiiert durch das elektromagnetische Feld der Sonne, und "nur" in Form von energieverbrauchenden Materieverknüpfung und in vielschichtigen komplexen Reaktionszyklen.

Man fragt sich, ob es eine immanente Eigenschaft von Energie sein könnte, unter Symmetrieverlust Materie zu formen bzw. zu verändern, also Ordnung zu formen und als Ausgleich einen dissipativen Anteil zu emittieren.

Da unaufhörlich Sonnenenergie nachgeliefert wird, muss dieser Parallelprozess unaufhörlich ablaufen: Immer weitere Verknüpfung von Materie zu immer verschiedeneren Strukturen und Abstrahlen des Energieüberschusses in den Kosmos.

Könnte das Fortschreiten der Entropie-Maximierung im Sinn von Clausius, ein evolutionärer wirkender Antrieb für die Biodiversität und Komplexität des Lebens sein? Eigentlich scheinen beide Effekte gegenläufig zu wirken.

Als Resümee muss ich bekennen, dass ich keine Erklärung für das Entstehen von Biodiversität in der Phase der Chemischen Evolution finden kann. Eigentlich ist das trivial da Biodiversität ja das Phänomen Leben voraussetzt. Erst der biochemische Quantensprung in die Evolution, der sich durch in Zellen wirkende DNA verwirklichte, konnte eine Diversifikation auslösen. Allenfalls die Wirksamkeit der o.a. Wasserentropie, könnte m.E. als Wegbereiter für die Breite der biochemischen Effekte herangezogen werden.

Fakt ist: In der überaus wechselvollen Geschichte unseres Planeten entstand Leben evolutionär, begleitet oder infolge von ständig zunehmender Diversifikation. Damit meine ich Spezialisierung, gefolgt von Biodiversität, was nicht als selbstverständlich anzusehen ist. Es muss die Antwort auf ein Fitnesskontinuum sein, das in hohem Maße ungleichmäßig verteilt war und mit sehr unterschiedlichen Herausforderungen aufwartete. Diese unterschiedlichen Anforderungen schufen bekanntlich ein riesiges Arsenal von kurzfristig angepassten biologischen Lebewesen. Erstaunlicherweise handelt es sich immer um eine höhere Form der Selbstorganisation, mit an sich verschwindend geringer Wahrscheinlichkeit. Alle

entstandenen und heute noch entstehenden Lebensformen erscheinen zunächst als unvereinbar mit der klassischen Thermodynamik, da die zugrundeliegenden biochemischen Reaktionen des Lebens nicht spontaner Natur sind. Sie sind endergon und müssen daher "angeschoben" werden, indem ihnen Freie Energie G zur Verfügung gestellt wird. Durch diese zugeführte Freie Energie G , werden sie spontan bzw. exergon. Wie diese Energie letztlich agiert, wird noch ausführlich erörtert (s.a. Abschnitt 2.5.: Die biochemische Energiefrage).

Man unterscheidet zwischen exergonen oder endergonen chemischen Reaktionen, wenn die Freie Energie ΔG der an der Reaktion beteiligten Komponenten ab- oder zunimmt.

Als exotherm bzw. endotherm werden Reaktionen bezeichnet, bei der Energie - die Reaktionsenthalpie ΔH , z.B. in Form von Wärme im Reaktionsprodukt freigesetzt bzw. als Bindungsenergie gespeichert wird.

Ich denke aber, dass es noch andere Aspekte gibt, die in der Evolutionsmaximierung mitwirken. Es ist das u.a., für Manchen vielleicht überraschend, der bereits angesprochene entropische aktive Einfluss von Wassermolekülen.

2.1.8 Wasser und Biochemie

Alle polaren anorganischen und organischen Stoffe sind in wässrigem Milieu mit Hydrathüllen umgeben. Das gilt ganz besonders für Kationen und Anionen von Elementen oder Molekülen. Diese Hydrathüllen-Bildungen haben die evolutionäre Biologiestabilisierung selbstorganisatorisch beim Kontakt von Ionen mit Wassermolekülen (Dipole, siehe Ergänzung 6) begleitet. Alle in Erosionsprozessen durch Wasser entstandenen und noch entstehenden anorganische Element- und Molekül Ionen, die im Rahmen ihrer Löslichkeitsprodukte (*WIKIPEDIA: Bei Temperaturen über dem absoluten Nullpunkt gibt es aus thermodynamischen Gründen (Entropie) für jeden Stoff in jedem anderen Stoff eine gewisse Löslichkeit...*) in ionogener Form vorliegen, sind mit definierten Hydrathüllen umgeben. Verantwortlich dafür ist der Dipolcharakter der Wassermoleküle. Diese Hydrathüllen sind nur locker gebunden. Ungeheure Mengen an Wasser sind und werden auch zukünftig, in Form von Hydrathüllen, z.B. im Gefolge von Mineralisierungsprozessen gebildet. Damit können sie aber keinen Beitrag zur Wasserentropie liefern da diese fixierten Wassermoleküle nicht mehr an der ständigen Fluktuation teilnehmen können: die Entropie des Wassers sinkt um diesen Anteil. Ich nehme aber an, dass diese durch Hydrathüllen-Bildung verursachte Entropie-Abnahme infolge von meteorologischen Effekten, wie Stürme, Strömungen, Verdunstung usw. weit überkompensiert wird und die Gesamtentropie der Ozeane trotzdem steigt.

Abgesehen von dieser mehr makroskopischen Präsenz muss man sich auch darüber im Klaren sein, dass die im Innern der Zellen, in allen enzymatischen Abläufen stattfindenden biochemischen Abläufe mit Hydrathüllen Veränderungen ständig, in jedem Schritt, einher gehen.

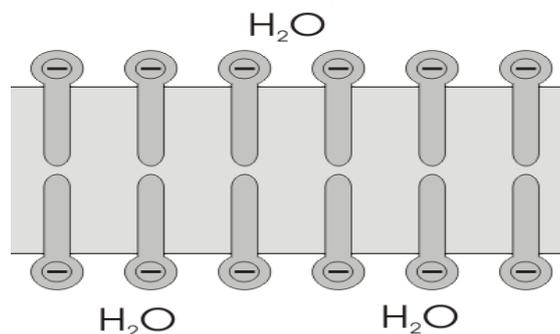
Betrachten wir als Beispiel die spontane Entstehung von umhüllten Bläschen. Man spricht bei diesen Biomembranen von Coacervaten²¹⁹, Vesikeln, wenn die Membranhülle aus Proteinen besteht und von Liposomen, wenn Lipide sie formen.

WIKIPEDIA: Vesikel in der Biologie sind intrazelluläre, sehr kleine, rundliche bis ovale Bläschen, die von einer einfachen oder doppelten Membran oder einer netzartigen Hülle aus Proteinen umgeben sind.

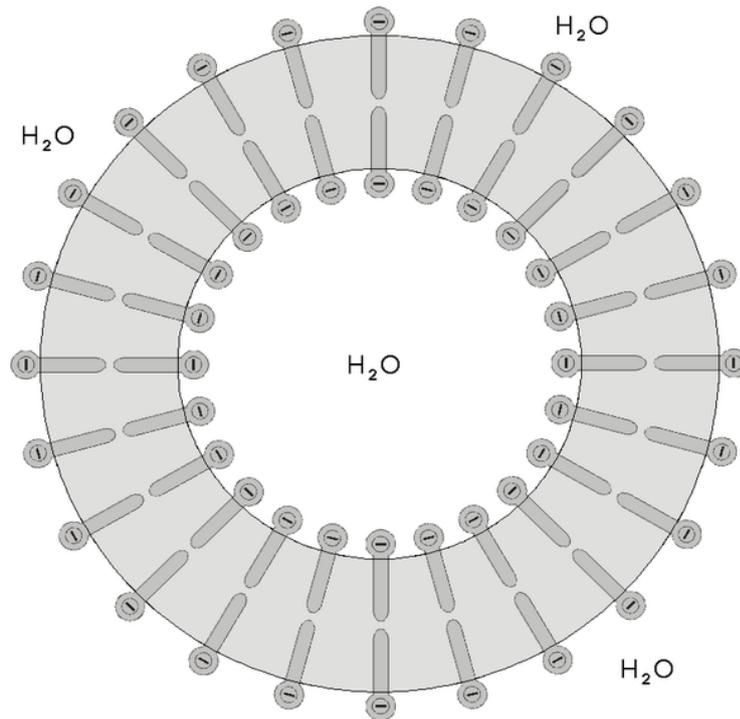
Sie können, wie die noch zu beschreibenden Coacervate (s.u.), als Zellvorläufer betrachtet werden. Sie sind eng verwandt mit den Mikrosphären (Protein-Protozellen), die auch als behüllte Coacervate bezeichnet werden.

Liposome z.B. entstehen mit Lipiden, die man vorsichtig in Wasser einbringt. Es bilden sich geschlossene Membranstrukturen in Form von sehr kleinen Kompartimenten.

Man könnte die Bläschenbildung als Ordnungserhöhung ansehen (Siehe folgende Abbildung) und damit Entropie-Minderung vermuten.



Doppelmembran (WIKIPEDIA: Kopie)



Liposom (WIKIPEDIA: Kopie)

Was geschieht tatsächlich?

Das thermodynamische Potential hinter dieser Bläschen-Bildung ist die Änderung der Freien Energie ΔG ; sie muss erfahrungsgemäß abnehmen, da der Vorgang spontan abläuft:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Die gemessene Freie Enthalpie Änderung ΔH ist positiv. Folglich muss, damit ΔG negativ ist, die Entropie-Änderung ΔS positiv sein, d.h. die Entropie muss zunehmen (Entropie nach Bläschenbildung ist höher als vor Bläschenbildung, also ist ΔS positiv; minus \times plus = minus).

Siehe auch weiter unten: ΔS_{reak} errechnet sich aus der Entropie des Reaktionsproduktes minus der Entropie der Ausgangsverbindungen.

Was also ist mit der o.a. Ordnungserhöhung? Antwort: Bei einer konsequenten Beurteilung, muss bei der Membranbildung nicht nur der Entropie-Verlauf der Monomeren, sondern auch der des Wassers betrachtet werden.

Erklärung für die nicht offensichtliche Entropie-Zunahme durch Betrachtung folgender zwei System-Zustände:

- Unstrukturierte, monomere Fettsäuren (Triglycerid Molekül)

Ursache des Anstiegs ist die Wasserentropie, die eng verknüpft ist mit der Bildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Wassermolekülen. Deren ständige Fluktuation stellt einen hohen Beitrag der Wasserentropie dar.

Freischwimmende, monomere Fettsäureketten sind im isolierten, unstrukturierten Zustand der Einzelmoleküle wasserabweisend, d.h. es können sich an ihnen die o.a. Wasserstoffbrückenbindungen des Wassers nicht ausbilden. Jedes isolierte Triglycerid Molekül schiebt sich zwischen einige Wasserstoffbrückenbindungen in der wässrigen Matrix seines Umfelds. Der Entropie-Beitrag dieser getrennten Wassermoleküle fehlt daher und die Wasserentropie nimmt ab. (Diese Abnahme ist sogar größer als die durch intensive Vermischung von Wasser und Lipid zu erwartende zunehmende Mischungsentropie).

- In Membranen strukturierte Fettsäureketten

Lagern sich die Lipidmoleküle jedoch zu o.a. kugeliger Bläschenstrukturen zusammen, können sich die durch die monomeren Triglyceride getrennten Wassermoleküle vereinigen und ihre systemischen Fluktuationen wieder aufnehmen. Die Entropie steigt in Summe, wie eingangs angeführt. Dem Wasser werden nämlich durch die Vesikelkugel wesentlich weniger "freie Flanken" von Fettsäureketten des Triglycerids präsentiert als in freischwimmenden Lipid-Molekülen. Es werden vergleichsweise wesentlich weniger Wassermoleküle dem Wirken für die Wasserentropie entzogen.

(Quelle: Lexikon: Chemie.DE, <http://www.chemie.de/lexikon/Entropie.html>)

Biochemische Reaktionen

Zunächst muss auf ein grundlegendes Problem hingewiesen werden: Da es sich bei biochemischen Reaktionen um Nichtgleichgewichts-Reaktionen (-Systeme) handelt, ist die folgende Betrachtung unter Einbeziehung der Entropie problematisch, um nicht zu sagen spekulativ. (Siehe o.a. Ausführungen zum Thema: Leben aus der Sicht der Thermodynamik von Albert Lehninger).

Biochemische Reaktionen verlaufen ausschließlich in einer wässrigen Zellmatrix. Ganz überwiegend sind sie endergon also nicht spontan. Sie müssen durch ein Energiepaket, z.B. ATP =Adenosintriphosphat²²⁰, angeschoben werden, um die notwendige Triebkraft für eine Reaktion zur Verfügung zu haben. Damit erhalten sie ein Reaktionspotential in Form Freier Energie G und werden exergon. In der eigentlichen Reaktion verringert sich die Freie Energie G des Systems aus Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten, wie es für eine spontane Reaktion notwendig ist.

Es können Reaktionsprodukte entstehen, die aus anthropogener Sicht einen höheren Ordnungszustand darstellen als die Ausgangsprodukte, z.B. Glukose gegenüber den Ausgangsprodukten Wasser und Kohlendioxid. Die Ordnung hat zugenommen und die partielle Reaktionsentropie ist gesunken. Die Thermodynamik lehrt aber, dass die Gesamtentropie immer zunehmen muss. Also muss in einem Begleitakt ein Ausgleich stattgefunden haben, der diesen partiellen Ordnungsvorgang durch einen Unordnungsvorgang überkompensiert. Hier kommt die Reaktionsmatrix - Wasser - ins Spiel.

Hydrathüllen-Entropie

Die Reaktionsteilnehmer in der Zelle, aber auch die involvierten, katalytisch wirkenden Enzymkomplexe sind von Hydrathüllen umgeben. Die lockere Anbindung erfolgt immer über den gleichen Mechanismus: Wasserstoffbrückenbindungen. Nur im eigentlichen Reaktionszentrum, den Enzym-"Taschen", wird diese Hydrathülle für die Reaktion vorübergehend entfernt. Das gilt insbesondere für die DNA und ihre Aktivität im Ein- und Abbau der DNA-eigenen Basen, der Mitose und Meiose, der Polymerase, der RNA, der Peptid-Bildung usw. (s.u.). Immer müssen zunächst die Hydrathüllen in den Reaktionszentren verdrängt werden. Das Reaktionsprodukt erfährt anschließend erneute Einhüllung durch Wassermoleküle, allerdings in der Regel mit verringerter Anzahl. In anabolische Prozessen, wie z.B. im o.a. Aufbau von Glukose aus Wasser und Kohlendioxid, ist das leicht einzusehen: es sind, nach Abschluss der Reaktion, die Hydrathüllen der Reaktionsteilnehmer im Reaktionsprodukt weniger geworden. Viele Wassermoleküle werden infolgedessen frei beweglich und steigern die Wasserentropie. Dieser Vorgang überkompensiert den o.a. mit Entropie-Verringerung beschriebenen Ordnungsvorgang.

Thermodynamik und Hydrathülle

Damit eine biochemische Reaktion abläuft, muss die Freie Energie G kleiner werden, also $\Delta G < 0$ sein (ΔG ist negativ). Das gilt für jede chemische Reaktion. In der Biochemie wird das sehr oft durch vorgelagerte Phosphorylierungsschritte z.B. mit ATP ermöglicht.

Die Änderung der Freien Energie ΔG der Reaktion, wird bestimmt von der Enthalpie-Änderung ΔH und der Entropie-Änderung ΔS_{reak} :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S_{\text{reak}}$$

Annahme: Die Enthalpie-Änderung ΔH spielt in der Biochemie mit ihren kleinen Schritten keine wesentliche Rolle. Wir betrachten daher nur die Entropie-Änderung ΔS_{reak} :

Man muss aber zwei entropische Effekte berücksichtigen:

1. Die Reaktionsentropie ΔS_{reak} :

ΔS_{reak} errechnet sich aus der Entropie des Reaktionsproduktes minus der Entropie der Ausgangsverbindungen.

1.a Ist ΔS_{reak} positiv - nimmt die Ordnung ab da die Entropie zunimmt - trägt sie zu $\Delta G < 0$ bei, da $T\Delta S_{\text{reak}}$ negativ bleibt (- $T\Delta S_{\text{reak}}$ bleibt negativ: $-T \times (+\Delta S_{\text{reak}})$)

ΔS_{reak} positiv ergibt sich, wenn die Entropie der Ausgangsprodukte geringer ist (Ordnung höher) als die Entropie des Reaktionsproduktes (Ordnung geringer)

Das Reaktionspotential steigt. (Z.B. manche katabolische Prozesse)

1.b Ist ΔS_{reak} negativ - nimmt also die Ordnung zu, da die Entropie abnimmt - wird die Abnahme der Freien Energie ΔG kleiner.

$T\Delta S_{\text{reak}}$ wird positiv: $-T \times (-\Delta S_{\text{reak}})$. Die Änderung trägt weniger zu $\Delta G < 0$ bei.

ΔS_{reak} negativ ergibt sich, wenn die Entropie der Ausgangsprodukte höher ist (Ordnung kleiner) als die Entropie des Reaktionsproduktes (Ordnung höher)

Das Reaktionspotential wird kleiner. (Z.B. manche anabolische Prozesse)

2. Die Wasserentropie ΔS_{Wasser} :

In allen biochemischen Reaktionen findet ein ständiger zusätzlicher Antrieb durch Zunahme der Wasserentropien S_{Wasser} (Steigende Unordnung von Wassermolekülen: immer positives ΔS_{Wasser}) in der wässrigen Zell-Matrix statt. Im Gegensatz zu Freier Energie G steigt sie immer. ΔS_{Wasser} würde nur abnehmen ($\Delta S_{\text{Wasser}} < 0$), wenn nach der Reaktion mehr Wassermoleküle in Hydrathüllen gebunden wären als zuvor. (Follmann, 1981) (Follmann, 1981): *die Wasserentropie (Unordnung der Wassermoleküle) nimmt insgesamt zu, denn das Makromolekül ist von weniger geordneten Wasserdipolen umgeben als alle Monomeren zusammen*. Sie steigt bei jeder Reaktion und steht damit im Einklang mit der Aussage von Clausius.

Sie muss größer sein als die Änderung der Reaktionsentropie S (ΔS_{reak}) der Reaktion, damit die Gesamtentropie S_{Gesamt} , wie es die Thermodynamik fordert, steigt (immer positives ΔS_{Gesamt}).

Die Änderung der Gesamtentropie ΔS_{Gesamt} , bestehend aus der Entropie-Änderung ΔS_{reak} der partiellen biochemischen Reaktion und der Entropie-Änderung ΔS_{Wasser} der Wasserentropie, muss größer sein als deren Summe und größer als Null. Die Gesamtordnung nimmt ab.

$$\Delta S_{\text{Gesamt}} > \Delta S_{\text{reak}} + \Delta S_{\text{Wasser}} > 0$$

Eine biochemische Reaktion benötigt ständig Zufuhr von Energie, hauptsächlich über einen Energie-Carrier wie ATP, der letztlich ganz überwiegend durch Sonnenenergie promoviert wird. Nur so werden die an sich nicht spontanen biochemischen Reaktionen und Ordnungserhöhung erst möglich.

Biochemische Reaktionen werden durch die beschriebene Energiezufuhr in Form von Freier Energie G erst möglich.

Zum zweiten werden sie durch die unvermeidliche Zunahme der Gesamtentropie ΔS_{Gesamt} , speziell der Wasserentropie ΔS_{Wasser} erleichtert.

Wenn sich Leben, verkörpert durch ein Sammelsurium von biochemischen Reaktionsteilnehmern, in einer Zelle etabliert hat und dauerhaft Energie (Sonnenenergie, ATP) zur Verfügung steht, entwickelt es sich im wässrigen Milieu der Zelle immer weiter, da viele die Wasserentropie störende Hydrathüllen in der Matrix vorhanden sind. Die ständige (Temperatur und damit energieabhängige!) Fluktuation der Wassermoleküle strebt nach Erhöhung der Entropie, was nur durch Verminderung von monomer vorliegenden, reaktionsfähigen Reaktionsteilnehmern gelingt. Dann werden nämlich deren in Hydrathüllen gebundene Wassermoleküle frei für die Entropie-Erhöhung durch Fluktuation. Monomere werden geradezu gezwungen zu reagieren. So muss die hochhydratisierte DNA z.B. ständig bestrebt sein, die Zellmatrix durch Peptidbildung (über RNA in Ribosomen) mittels Reaktion von Aminosäuren in diesem Sinn zu "entlasten".

Außerhalb von Zellen wäre dieser Antrieb sicherlich geringer, da die Wasserentropie in den viel größeren wässrigen Dimensionen keine so drängende Rolle spielen kann.

Die durch nichts zu bremsende ständige Zunahme der Gesamtentropie (Prinzip von Clausius), hier in Form der Wasserentropie, lässt keine Umkehr zu, solange zusätzlich als Anschubfaktor Sonnenlicht (Freie Energie G) unbegrenzt zur Verfügung steht. Weltweit sind in jeder Sekunde unentwegt Milliarden von solchen Abläufen unaufhaltsam am Laufen. Die Milliarden der online-Ergebnisse -

Lebewesen - sind zukunftsbestimmt über die DNA, nur von den bekannten Mutationseffekten beeinflusst. Das Wirken der DNA wird beherrscht durch den Filter der Selektion, der die Ergebnisse als Phänotypen der Fitnesslandschaft präsentiert.

Dieses Fitnesskontinuum selbst, ist der anorganischen, entropischen Veränderung ausgesetzt. Seine Zukunft ist der Entropie-Zunahme in Form von wahrscheinlicheren ("unordentlicheren") Zuständen ausgeliefert (Prinzip von Clausius). Berge werden kleiner, das Klima ändert sich, Ressourcen werden knapper usw. Ein vom Leben erreichter Fitness-Gipfel (hohe Vermehrungsrate) erweist sich als unbeständig, da hinter alten Gipfeln neue Gipfel erwachsen, die konkurrierend von Leben besetzt werden. Nur ein erreichter neuer Gipfel bietet eine endliche Zukunft; besser: eine Verschnaufpause. Leben reagiert in der gewohnten Weise, indem Alternativen - vorwiegend als Gruppe - überleben, die besser angepasst sind. Die alte Version verschwindet aber nicht sofort. Alte Versionen existieren neben neuen vermehrungsfähigeren Alternativen, bis irgendwann die alte Version ausstirbt. Die neue Alternative kann dann schon wieder alt, also gegenüber Konkurrenten nur begrenzt vermehrungsfähig sein. Es kommt aber nicht zum sofortigen Verschwinden.

Komplexität und Diversität sind damit unvermeidlich: alte Versionen vegetieren noch einige Zeit parallel, können aber nicht mehr aufblühen, da sich die Fitnesslandschaft im Zug der Maximierung der Gesamtentropie nicht zurück entwickelt. Leben ist biochemische gesehen ein Effekt mit geringem Arbeitsgewinn, unter geringstmöglicher Entropie-Erhöhung. Sonnenenergieverwertung und Erhöhung der Wasserentropie ermöglichen, bezogen auf biochemische Reaktionen, einen Verlauf unter partieller Entropie-Erniedrigung. Chemische Reaktionen finden statt, die ohne diese beiden Motoren nicht von selbst ablaufen würden. Sie sind die Basis für die Etablierung von Leben vom Einzeller bis zum Menschen.

Alle biochemischen Reaktionen in Zelle sollten durch diesen Effekt promoviert worden sein, ev. auch solche, die noch nicht durch Phosphorylierungen aktiviert waren, was für die Initiierung von Leben vor ca. 3-4 Milliarden Jahren gelten könnte.

Im Verlauf der Evolution sind so unentwegt Milliarden und Milliarden von Phänotypen als makroskopische Möglichkeit von organischen Lebensformen erreicht und wieder verworfen worden. Solche, die sich in der Selektion vorübergehend stabiler bzw. vermehrungsfähiger als andere erwiesen, überlebten zeitweise.

Gleichzeitig steigt aber die Gesamtentropie der anorganischen Umgebung unaufhaltsam in Sinn von Clausius.

Aber auch die ungeheure Entfaltung der Organik, z.B. durch die Zunahme der Wasserentropie, hat dazu beigetragen. Dieser anorganischen Umwelt-Herausforderung, die sich dem Leben als Fitnesslandschaft präsentiert, muss die

Organik gerecht werden, wenn sie überleben bzw. sich vermehren will. Sie kann das u.a. durch immer aktivere Entfaltung (Biochemie), damit immer neue Fitnessgipfel erreichbar werden. Der latente Antrieb, ständiger Entropie-Zuwachs durch Wasserentropie, wird als Treiber diese Entwicklung unablässig provozieren, entsprechend dem natürlichen Trend der klassischen Entropie-Voraussage von Clausius. Oder anders ausgedrückt: da die Gesamtentropie (Unordnung) unweigerlich wachsen muss, muss im Schlepptau die Wasserentropie (Wasserunordnung) wachsen und so die Ordnung in biochemischen Reaktionen ermöglichen.

Es folgt eine Erörterung aus dem Chemieonline Forum zum Thema Wasserentropie, die Sie jederzeit überlesen können. Sie ist nur für mich von Bedeutung:

Ich hatte das Thema "Entropie in der Biochemie" zur Diskussion gestellt und argumentiert, dass die Zunahme der Wasserentropie eine weitere Komponente für den Reaktionsfortgang biochemischer Abläufe ist:

Meine Argumente:

Biochemische Reaktionen verlaufen im wässrigen Milieu von Zellen. Alle in die Zelle eintretenden Reaktionsteilnehmer, einschließlich der anwesenden Enzyme und anorganischen Komponenten sind selbstorganisatorisch von geordneten Hydrathüllen umgeben. Die Thermodynamik erfasst energetisches Reaktionsgeschehen mit der Abnahme der Freien Energie G , bestimmt von der Enthalpie H und der Reaktionsentropie S_{reak}

$$\Delta G = \Delta H - \Delta S_{\text{reak}} (\Delta G < 0)$$

Folgende Argumente sprechen meines Erachtens dafür, dass die Wasserentropie eine weitere Komponente für den Reaktionsfortgang ist:

1. Alle Reaktionen werden von ständiger Neuordnung der Hydrathüllen begleitet, da die Reaktionszentren, z.B. in den Enzymen, der DNA, in Membranen usw., sowie die der Reaktionskomponenten nur frei von Hydrathüllen reagieren können. Also findet ständig eine Änderung der Ordnung von Hydrathüllen statt. Die freigesetzten, ungeordneten Wassermoleküle tragen zur Erhöhung der Wasserentropie ($+\Delta S_{\text{Wasser}}$) bei.

2. Reaktionsprodukte verfügend nach Reaktionen, wie z.B. Kondensationen, über geringere Hydrathüllen als die Reaktionskomponenten zuvor. Das Kondensationsprodukt hat eine geringere Oberfläche als die Summe der Reaktionskomponenten. Die so freigesetzten Wassermoleküle tragen ebenfalls zur Wasserentropie ($+\Delta S_{\text{Wasser}}$) bei. Die Erhöhung der Wasserentropie folgt dem Satz von der Erhöhung der Gesamtentropie wie es Clausius formuliert hat. Sie ist der wahrscheinlichste Zustand, da ein ungeordneter Zustand des Wassers eintritt.

So wie die Gesamtentropie der Welt immer wächst (Unordnung, Clausiussche Entropie--Maximierung), wächst auch die Wasserentropie in einer Zelle durch die o.a. milliardenfachen Hydrathüllenänderungen. Z.B. scheitert eine Kondensationsreaktion nicht an der auf den ersten Blick anzunehmenden, reaktionsverhindernden Zunahme der Ordnung ($-\Delta S_{\text{reak}}$), da die Wasserentropie-Zunahme ΔS_{Wasser} das überkompensiert. Der latente Antrieb des ständigen Entropie-Zuwachses durch Wasserentropie, wird indirekt, als evolutionärer

Treiber, diese Entwicklung unablässig fördern. Das ist im Einklang mit der Voraussage von Clausius zur Gesamtentropie.

3. Die Evolution hat Wasser nicht nur als Lösungs- und Reduktionsmittel genutzt. Der Dipolcharakter bewirkt über die bekannten Anomalien hinaus, Besonderheiten in biochemischen Reaktionen.

Literatur: "Hartmut Follmann: Chemie und Biochemie der Evolution, UTB & Meyer, 1981, Seite 80": *"Die negative Entropie der Polymeren Bildung (hier z.B. Peptide Anm. d. V.) ...was nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik nicht freiwillig passieren sollte, wird überspielt, wenn man das Gesamtsystem betrachtet. Da es sich stets um polare, hydratisierte Moleküle handelt, nimmt die Wasserentropie ...insgesamt zu, denn das Makromolekül ist von weniger geordneten Wasserdipolen umgeben als alle Monomeren zusammen, so dass die Gesamtentropie-Änderung positiv sein kann"*.

Dagegen spricht: Walter Kauzmann (WIKIPEDIA, Hydrophobie): Bei Entropie-Verringerung durch Hydrophobie handelt es sich *"insgesamt nicht um eine dramatische Einschränkung der lokalen Wasserbeweglichkeit"*.

Ergänzend einige Randbedingungen biochemischer Reaktionen:

1. Biochemische (= enzymatische) Reaktionsbedingungen:

Sie verlaufen im Cytoplasma von Zellen (u.a. 10-15 % Proteine und 80,5–85 % Wasser). Zellen sind begrenzt durch permeable Membran-Systeme → offene Systeme, mit Stoff- und Energie-Fluss infolge von Enzym-Substrat-Reaktionsketten (= Fließgleichgewichte → Gleichgewicht mit Entropie-Produktion). Alle polaren Zellbestandteile sind unvermeidlich, selbstorganisatorisch (Elektrostatik) von Hydrathüllen umgeben. In Enzym-Substrat-Reaktionsketten werden die Hydrathüllen am aktiven Reaktionszentrum des Enzyms und des Substrats kurzfristig entfernt. Offensichtlich ist das eine Reaktionsvoraussetzung, weil sonst die Schlüssel-Schloss-Beziehung gestört wäre.

2. Ablauf einer biochemischen Reaktion (Schlüssel-Schloss-Akt):

Freie Energie: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (J), wenn $\Delta G < 0$ dann: spontane Reaktion. Mehrere Phasen spielen m.E. eine Rolle:

- Dehydratisierung: Enzym und Substrat verlieren einen Teil der Hydrathülle. Schlüssel-Schloss-Zone wird frei. (Erfolgt dieser Schritt mittels eines mir nicht geläufigen Dehydratisierung-Enzyms?)
- Energieaufwand: Dehydratisierungswärme (+ ΔH), wird der Umgebung entzogen.
- Energiegewinn durch die elektrostatische Annäherung von Substrat und aktivem Enzymzentrum. Verdrängung der Hydrathülle?
- **Entropie-Erhöhung: Wasserdipole werden aus geordneten Hydrathüllen ungeordnet frei beweglich → + ΔS → Resümee: (+ ΔS) muss größer sein als (+ ΔH), unterstützt durch den Energiegewinn der elektrostatischen Annäherung von Enzym und Substrat → $\Delta G < 0$. Ansonsten würde G für den Vorgang der Hydrathüllen-Verdrängung nicht abnehmen und die Wasserverdrängung käme nicht spontan zustande. **Wasserentropie steigt da die Unordnung steigt.****

3) Reaktion: Schlüssel-Schloss-finden sich in der Reaktionszone.

Unter Reaktion verstehe ich den Substrat-Enzym-Umsatz in einem wasserfreien aktiven Zentrum, in die Richtung $\Delta G < 0$ für die eigentliche biochemische Reaktion. Z.B. Aminosäuren werden zu einem Polypeptid, mit Hilfe eines Ribosoms polymerisiert. Auf diesen ATP-gesponserten Reaktionsablauf und

die Wasserentropie-Erhöhung z.B. nach Faltung usw. habe ich bereits früher hingewiesen.

Hydratationswärme ($-\Delta H$) wird nach der Trennung von Enzym und Substrat durch spontane Hydratisierung der "enthdratisierten" Reaktionsteilnehmer frei. Wieder spielen wohl elektrostatische Kräfte die Hauptrolle. Begleitet wird diese Hydratisierung durch freigesetzte Hydratationswärme ($-\Delta H$), und unterstützt damit die Minderung Freier Energie. ΔG wird negativ. Unbekannt ist mir in dem o.a. Zusammenhang der Polypeptidbildung am Ribosom, ob es zwischen den einzelnen Verknüpfungen zu o.a. Hydratisierungseffekten kommt oder erst nach Abschluss einer solchen Polymerisation.

4) Rückhydratisierung: Enzym und abgelöstes Reaktionsprodukt selbstorganisiert erhalten neue Hydrathüllen (Elektrostatik).

Kurzer Diskussionsausschnitt:

1. Ich habe einige Zeit zu Statements über Wasserhüllen und Peptiden gesucht. Ein Ergebnis finden Sie als Anhang aus "Taschenatlas der Biochemie, Koolmann und Röhm, Thieme 2003, ISBN 3-13-759403-0".

M.E kann keine Rede sein von "*Das Wasser der Hydrathülle ist nicht gebunden, höchstens "orientiert" bzw. angezogen*". Offensichtlich ist eine nicht unbeträchtliche Aktivierungsenergie notwendig.

2. Die Ordnung des Systems nimmt eher ein klein wenig zu. Dazu kann ich nur sagen: in der nichtlinearen Thermodynamik wird ein Fließgleichgewicht (und darum handelt es sich hier wohl) als ein Gleichgewicht mit Entropie-Produktion (also Entropie-Zuwachs bzw. Ordnungsabnahme) gesehen. Man muss wohl das Gesamtsystem, also auch seine Umgebung einbeziehen. Siehe auch: "Biochemie, A.L. Lehninger, Verlag Chemie 1979, ISBN 3-527-25688-1, Seite 337: "Lebende Organismen erzeugen durch Aufrechterhalten ihres Steady State, die Entropie im kleinstmöglichen Raten". Ordnung kann auf Untersysteme bezogen steigen, im Gesamtsystem nimmt sie ab. Woher die Unordnung? Ist ein Teil davon zunehmende Wasserentropie?

Offensichtlich gehen Sie noch immer von techn. Polymerisationen aus, die Sie nach den Regeln der klassischen Thermodynamik für geschlossene, reversible Vorgänge beurteilen.

Meine Frage bezieht sich auf Wasserentropie in biologischen, lebenden Zellen. Das sind offene Systeme. Man versucht sie mit der irreversiblen Thermodynamik zu erfassen.

Das ist zwar auch Thermodynamik aber mit ganz verschiedenen Voraussetzungen. Aber bleiben wir einmal bei Polymerisation in der Biochemie:

Die "Polymerisation" von Aminosäure führt zu einem Peptid, das anthropogen gesehen, eine höhere Ordnung aufweist, d.h. die Entropie sinkt. Wenn das seit 3 Milliarden Jahren für alle die Gogols von Zellen so wäre, hätte Leben ein Höchstmaß an Ordnung erzeugt. Dem ist aber phänomenologisch gesehen nicht so, sondern das Gegenteil: "Leben ist in ständigem Kampf gegen die allgemeine Tendenz der Entropie-Zunahmen.... Lebende Organismen erzeugen durch Aufrechterhaltung ihres Steady State die Entropie in kleinstmöglichen Raten (Biochemie, Lehninger, Seite 337).

Was bewirkt, dass es letztlich für das Gesamtsystem doch zur o.a. Entropie-Erhöhung kommt? Wäre Wasserentropie nicht ein Ansatzpunkt? Welche anderen Entropie-Lieferanten gibt es?

Keine weiteren Diskussionsbeiträge.

2.1.9 Leben und Kosmos

Es spricht vieles dafür unseren Kosmos erst in 10^{160} Jahren im Ausklingen zu sehen.

Siehe aber auch <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/> . Gemäß dort angedeuteter Theorien könnte eine Ende erst in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen.

Bedenken wir, dass wir über diese Situation, heute, 13,8 Milliarden Jahren nach dem Urknall urteilen und Leben auf unserer **Erde** bereits vor ca. 3,6 Milliarden Jahren evolvierte; welche gigantische, kosmische Lebensperspektive für das **Weltall** eröffnet sich da!

Bereits nach ca. 10,2 Milliarden ($= 10,2 \times 10^9$) Jahren hat sich auf unserer **Erde** der "Lebensurknall" ereignet. Bezogen auf die vermutete Kosmos-Dauer von 10^{160} Jahren, wäre das eine unglaublich geringe Zeitpanne.

$$13,8 \times 10^9 - 3,6 \times 10^9 = 10,2 \times 10^9 \text{ Jahre}$$

Das Weltall hat also noch ca. 10^{150} Jahren Zeit weiteres Leben irgendwo zu entwickeln, wenn es das nicht schon vor langer Zeit , außerhalb unseres Planetensystems, bereits getan hat.

M.E. ist das ein wichtiges Argument für das ubiquitäre Prinzip Leben auf kosmischer Ebene, vor allem aber, wenn man zusätzlich die Milliarden von Sterne unserer Galaxie und darüber hinaus die Milliarden von Galaxien des Kosmos berücksichtigt. Wir waren und werden m.E. nie allein sein. Wir sollten allerdings bedenken, dass sich dieser Kosmos nach wie vor in ständiger Ausdehnung befindet. Damit rücken alle Galaxien und Sterne mit immenser Geschwindigkeit immer weiter auseinander. Wenn sich die Ausdehnungsgeschwindigkeit des Raum-Zeit-Kontinuums, wie anzunehmen ist, immer weiter der Lichtgeschwindigkeit nähert, wird irgendwann, lange vor 10^{160} Milliarden Jahren, ein Zustand der völligen Isolation aller galaktischer Kosmos-Inseln erreicht sein. Den Aussichten auf ein gesamtgalaktisches Imperium, wie es so manchem Science-Fiction Autoren vorschwebt, sind, wenn auch in ferner Zeit, Grenzen gesetzt. Es sei denn, es gelingt unseren Epigonen, die berühmten (berühmtesten!) Wurmlöcher des Universums zu erschließen, wenn auch die Aussichten darauf gemäß der Allgemeinen Relativitätstheorie gegen Null gehen.

Wurmlöcher sind theoretische Gebilde, die sich aus speziellen Lösungen (Kruskal-Lösungen) der Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie ergeben. Erstmals wurden sie im Jahre 1916 von Ludwig Flamm sowie erneut im Jahre 1935 von

Albert Einstein und Nathan Rosen beschrieben. Sie werden daher auch Einstein-Rosen-Brücke genannt.

Unbeantwortet ist die Frage, ob das Universum auch grundsätzlich andere Lebensformen als die unsere, die auf den beschriebenen chemischen Lebenselementen beruht, beinhaltet; so z.B. die noch zu beschreibende Basis Silizium anstelle von Kohlenstoff. Zumindest gilt aber ein Faktum: unter den uns bekannten Umständen basiert alles Leben auf diesen chemischen Elementen, auf dem Vorhandensein von Wasser und dem Energielieferanten Sonne.

Vom heutigen Stand der Wissenschaft und der Technik aus, ist darüber hinaus festzustellen, dass eine Kontaktaufnahme bzw. ein Gedankenaustausch mit anderer kosmischer Intelligenz sehr unwahrscheinlich ist. Zu groß sind die Entfernungen, selbst wenn es gelänge, sich mit angenäherter Lichtgeschwindigkeit zu bewegen. Wir können allerdings kosmische Informationen empfangen, wie wir das ja seit jeher tun: Licht, elektromagnetische Strahlung und vor allem anonymen Meteoriten und Sternenstaub, der uns letztlich formte. Die Gewissheit dieses Umstandes ist das Bindeglied, das uns trösten sollte. Ein untrennbarer Faden verbindet das gesamte irdische und außerirdische Leben mit den ersten Atomen, vor allem Wasserstoff, entstanden im sehr wahrscheinlichen Urknall vor 13,8 Milliarden Jahren.

2.2 Chemische Elemente und Moleküle als Bausteine des Lebens

Thema: Unsere gesamte stoffliche Umwelt ist aus 92 natürlichen chemischen Elementen aufgebaut. Ihr innewohnendes Muster, ihr strukturierter Aufbau, resultiert aus dem halbzahligen Elektronen-Spin und dem Pauli-Verbot. Hoch differenzierter Schalenaufbau der Elektronen in Atome ist das Ergebnis.

Interaktive Elektronenschalen-Kombinationen zwischen Elementen ermöglichen, unter Energieabgabe, Molekülverbände mit völlig neuen Eigenschaften. Moleküle sind nach den Elementen die nächste, höher organisierte stoffliche Lebensbasis.

Die Prinzipien des elektronischen Aufbaus der 92 natürlichen Elemente machen das Wirken der chemischen Elemente auf der Basis des Periodensystems verständlich.

Chemische Elemente

Ich bezeichne chemische Elemente als Protonen-Neutronen-Elektronen Individuen. Diese chemischen Elemente, außer Wasserstoff und Helium, sind, wie im 1. Teil dargestellt, seit ca. 13,5 Milliarden Jahren durch stoffliche Transformation der Energie des Urknalls und durch gravitative Energieentfaltung im Sterneneinernen entstanden.

Etwas weiterführende Informationen zu den chemischen Elementen und ihrer Charakterisierung im Rahmen des Periodensystems der Elemente (PSE), finden Sie in der Ergänzung 7.

Chemische Elemente sind der materielle Schlüssel zum Phänomen Leben. Man kann davon ausgehen, dass dieses Potential ursprünglich schon in den beiden Elementen des Ur-Gases, Wasserstoff und Helium bzw. deren Bausteine, den Quarks latent, d.h. als Potential, enthalten war. Konsequenterweise muss diese Latenz noch weiter, bis hin zum anzunehmenden energetischen Urknall gelten. Durch stufenweise Verschmelzung der Atomkerne dieser zwei Ur-Elemente, in den Kernfusionen der Sterne bzw. in Supernovae, bildeten sich weitere 90 Protonen-Neutronen-Elektronen Individuen. Damit waren 92 Elemente des Periodensystems verfügbar. Ab Bismut (83) sind alle Elemente ausnahmslos radioaktiv und somit in ihren Kernen instabil. Auch die Elemente Technetium (43) und Promethium (61) sind instabil. Daher kommen nur 80 stabile Elemente in unserem kosmischen Umfeld vor; alle anderen sind radioaktiv und einem mehr oder weniger beschleunigten Zerfall ausgesetzt.

Moleküle

Chemische Elemente haben durch ihre Elektronenschalen das Potential zu einer energetischen Stabilisierung. Es können sich, gegenüber den Elementen noch energieärmere, völlig neue Additions-Individuen (=Moleküle) formieren, die sogar im Stande sind, die Entropie zu minimieren, wenn Freie Energie zur Verfügung steht. Es wirkt ausschließlich die elektromagnetische Kraft.

Es ist deshalb von besonderer Bedeutung die Theorie des Aufbaus von Elementen aus Protonen, Neutronen und vor allem Elektronen etwas stärker zu beleuchten. Dazu werden Sie in den nächsten Seiten einige Grundzüge zum Aufbau des Periodensystems erfahren.

Die Bildung von Molekülen aus chemischen Elementen ist keinesfalls auf irdische Konditionen beschränkt. Seit der Anwendung der interstellaren Molekülspektroskopie (Scholz, 2016) wissen wir, dass sich gigantische Mengen verschiedenster Moleküle interstellär formiert haben und ständig weiterhin formieren. Es gibt darüber hinaus keinen Grund Molekülbildung auf terrestrische Bedingungen beschränkt zu sehen. Insofern es Planetensysteme gibt, die im Kosmos in etwa vergleichbare energetische Bedingungen aufweisen, ist Molekülbildung als wahrscheinlich einzustufen.

Zunächst kam es in den frühen Gaswolken aus Sternenstaub und Supernovae-Ausbrüchen im interstellaren Raum zu Interaktionen von Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und all den anderen in den Gaswolken der zweiten und weiterer Sternengenerationen enthaltenen Elemente. Dieser Prozess ist

keineswegs abgeschlossen, sondern sozusagen ein Basisvorgang, der heute und in Zukunft abläuft.

Da sind vor allem Phosphor, Eisen, Magnesium, Silicium, Aluminium, Schwefel usw. zu nennen. Durch chemische Reaktionen und Übergänge in energetisch günstigere Zustände, in Form einer Vielzahl präbiotischer Moleküle, wurde das Angebot für noch mehr Reaktionsvariationen ständig erweitert. Vor allem Wasser und Kohlendioxid, die sich als Voraussetzung für die Entstehung von Leben erwiesen haben, wurden gebildet. Das erscheint insofern plausibel, als ihre Bausteine Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff, gegenüber Elementen, wie z.B. Zinn oder Uran, in der primordialen Elementsynthese weitaus häufiger entstanden sind und die vor allem u.a. besondere Eigenheiten aufweisen.

Es sind physikalische und chemische Eigenschaften, die ihre Dominanz erklären: Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, wie auch Stickstoff, gehören nicht zu der Klasse der metallischen Elemente, sondern sind bis auf Kohlenstoff bei Normalbedingungen Gase, mit naturgemäß vergleichsweise hoher Entropie, im Gegensatz zu festen Elementen, wie Metallen. Sie sind als Gase außerordentlich mobil und können irdisch in drei Phasen gegenwärtig sein; als Gas, (auch gelöst in anderen Flüssigkeiten und anderen Gasen) und immobilisiert bei tiefen Temperaturen durch Verflüssigung bzw. Verfestigung. Ihre Oxide sind bei irdischen Normalbedingungen Gase (CO_2 , NO_x) bzw. Flüssigkeiten (H_2O).

Es sind Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff, die in selbstorganisatorisch stattfindenden molekularen Verknüpfungen, als Oxide - H_2O , CO_2 - bzw. als Kohlehydrat (Glukose) - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ - den elementarsten Kreislauf des Lebens, den Kohlendioxid-Glukose-Kreislauf verwirklicht haben (s.u.). Stickstoff ist in diesem Energie- und Stoffzirkel eher indirekt (metabolisch) aktiv, da es als Bestandteil von Proteinen (Enzymen) und in DNA lebenswichtige Steuerungsmoleküle mit aufbaut. Selbstorganisation gilt für die o.a. Oxide, die die einzigen thermodynamisch möglichen Verknüpfungen unter den sattsam erwähnten, irdischen Startbedingungen des irdischen Lebens darstellen. Selbstorganisation gilt aber auch für die erwähnte Glukose, allerdings unter ganz wesentlich anspruchsvolleren Voraussetzungen.

Summarisch gesehen haben diese anorganischen Komponenten (H_2O , CO_2 , O_2 , N_2) in synergistischer Wechselwirkung mit organischer Glukose einen energiegetriebenen (ΔG) Zyklus aufgebaut, der partiell permanent hohe Entropie (o.a. Gase) in niedriger Entropie (Glukose) zu überführen im Stande ist und so Leben ermöglicht. Dieser Zyklus ist aus der Sicht des Entropie-Konzepts der klassischen Thermodynamik und der Physikochemie sehr unwahrscheinlich und trotzdem hat er vor ca. 3,5 Milliarden Jahren seinen Anfang genommen.

Dagegen sind Feststoffe wie Metalle, für das Leben als Strukturbildner terrestrisch uninteressant. Sie sind schon in ihren strukturellen Verbänden

hochgeordnet mit vergleichsweise geringer Entropie. Das gilt auch für ihre Oxide, die im Gegensatz zu Kohlendioxid meist wiederum Feststoffe sind und als Element bzw. als Oxid keine Mobilität in einer biologischen Matrix entfalten können. Die Evolution hat sie als Bausteine für Lebensvorgänge nicht berücksichtigt. Ganz allgemein kann konstatiert werden, dass diese vier Lebenselemente Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff im Periodensystem einen besonderen Platz einnehmen, da sie durchweg nur mit 2 Elektronenschalen und maximal bis zu 8 Elektronen (Sauerstoff) ausgestattet sind. Sie machen ca. 99 % des menschlichen und sehr vieler tierischer Körper aus.

Sie können miteinander und untereinander komplexe Verbindungen, wie z.B. Aminosäureketten (Proteine), Enzyme (Proteine), Zucker, Säuren, Oxide usw. bilden und so durch sich anpassende Umstrukturierung, vor allem als Proteine, den ständig wechselnden Anforderungen der Evolution gewachsen bleiben. Die entstandenen Verbindungen sind leicht wieder in ihre Bestandteile zerlegbar. Oft genügt schon mäßiges Erhitzen zur Denaturierung oder zum Abbau. Sie können neue Potentiale entfalten, indem sie miteinander reagieren. Damit bieten diese Moleküle und ihre Ausgangselemente ideale Voraussetzungen für Kreislaufführungen auf energetisch tiefem Niveau, d.h. unseren Erdbedingungen. Und Kreislaufführung ist, wie noch zu zeigen sein wird, einer der Schlüssel für zukunftsfähiges Leben.

Darüber hinaus sind Elemente wie Phosphor und Schwefel von besonderer Bedeutung für hochkomplexe Moleküle mit weniger Stützstruktur- dafür mehr Funktionsaufgaben. Denken Sie z.B. an Zellmembranen, Lipide, Collagen, DNA usw. Calciumphosphat, typisch anorganische Verbindungen aus den Elementen Phosphor, Calcium und Sauerstoff; sie nehmen eine Sonderstellung im lebenden Organismus ein. Sie sind die Hauptbestandteile von mechanisch besonders stabilisierenden, aber auch belasteten Körperteilen wie Knochen und Zähnen.

Aber auch Elemente des Periodensystems mit mehr als 3 Elektronenschalen, z.B. Metalle, sind als Ionen in Enzymsystemen von elementarer Bedeutung für das Leben. Denken Sie an die Aktivitäten von in Porphyrine integrierten Eisenionen im Hämoglobin²²¹, das den Transport von Molekülen wie Sauerstoff oder Kohlendioxid durch moderate Fixierung ermöglicht. Oder die unglaublich komplexen Elektronenkaskaden, die über Eisen-Schwefel-Komplexe und Kupferionen den Transport von Elektronen in der Atmung bzw. der Lichtreaktion der Photosynthese u.v.a.m. abwickeln.

Während also die 4 Lebenselemente, zusätzlich Phosphor, Schwefel und einige Alkali- und Erdalkalielelemente, sozusagen Gerüstformation, Struktur, Steuerung und Morphologie übernehmen, haben sich die höheren Elemente des Periodensystems für Stoff- und Energietransport sowie Katalyse in Form von Coenzymen²²² etabliert.

Die Evolution hat wohl alle 92 verfügbaren elementaren Bausteine in ihre Entfaltung einbezogen, sozusagen anwendungstechnisch geprüft und eine Auswahl getroffen. Zzt. kennt man mindestens 18 weitere Elemente, die in die Lebensvorgänge integriert sind.

Ausblick: The Astrophysical Journal Letters 905, 2020: 450 Lichtjahre von uns im Sternbild Schlangenträger umrunden 2 Braune Zwerge (Oph 98A und 98B, 3 Millionen Jahre jung) ihren gemeinsamen Schwerpunkt. In ihren Atmosphären ist Wasserdampf nachweisbar. Spektren lassen den Schluss zu, dass sich bereits Moleküle gebildet haben.

Größenvergleich

Eine einfache Faustregel soll Ihnen einen ungefähren Blick für die Größenordnung von Atomen und Molekülen, gemessen in Zentimeter, geben:

Atome und Moleküle	0,00000018 cm	(x 1000.000.000 = 180 cm)
Bakterium	0,00018 cm	(x 1000.000 = 180 cm)
Ameise	0,18 cm	(x 1000 = 180 cm)
Mensch	180 cm	

2.2.1 Erklärung für die hohe Komplexität der Elektronen in den Elementen

Wie in Teil 1 beschrieben finden Atomkerne und Elektronen erst im untersten Niveau der Energieskala des Urknalls, bei etwa 3000 K, zueinander. Nackte Atomkerne an sich, könnten niemals Lebensbasis sein. Für ihre Interaktionen in Form von Kernfusionen wären Energiestufen Voraussetzung, die um viele, viele Größenordnungen über denen für chemische Umsetzungen zu Molekülen liegt. Das Ergebnis wären keine irgendwie aneinander gereichte „molekülartige“ Atomkernverbände, sondern gegenseitiges Zerstören oder Verschlucken der Atomkerne. Die Interaktion zwischen Atomkernen wäre nicht, wie es in der Chemie der Fall ist, durch elektromagnetische Kraft, sondern starke Kernkräfte gegeben.

Erst durch das Einfangen von Elektronen, die den Urknall in der genau passenden Anzahl überlebt haben, kommt „Leben“ in die Masse der Elemente. Es formt sich pro Atomkern etwas, das man in erster Näherung als Elektronenhülle bezeichnet. Diese Elektronenhülle ist das energetische Equipment für die Atominteraktion zu Molekülen, die letztlich die Voraussetzung von Biologie ist.

Wie bereits erwähnt, beruhen auch unsere spektroskopischen Methoden zur Elementidentifikation ferner Sterne, auf der elektromagnetischen Interaktion mit der Elektronenhülle.

Zunächst könnte man annehmen, dass es dem Atomkern sozusagen egal ist, wie sich die Elektronen zum Ladungsausgleich um ihn herum anordnen. Dem ist aber, wie wir in der Ergänzung 7 sehen, keineswegs so. Vielmehr ordnen sich die Elektronen, gemäß vereinfachender Atommodelle, auf verschiedenen Schalen, gleichbedeutend mit Energieniveaus und Unterniveaus um den Kern herum an. Das ist für die Reaktionsbereitschaft der Elemente untereinander von entscheidender Bedeutung.

Vorab ein Faktum: Chemie spielt sich fast ausschließlich in der äußersten Elektronenschale ab.

Dieses vereinfachende Schalenmodell hat in den letzten Jahrzehnten eine grundlegende Ergänzung im Rahmen der Quantenmechanik erfahren. Die Vorstellung von planetenartigen Elektronenbahnen mit konkreten Teilchen, wurde durch Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von Elektronen mit Wellencharakter ergänzt (Welle-Teilchen Dualismus).

Was sind die Gesetzmäßigkeiten für dieses komplexe System von Elektronenschalen bzw. elektronischen Aufenthaltswahrscheinlichkeiten?

Elektronen sind Leptonen bzw. Fermionen. Das sind "leichtgewichtige" Teilchen mit halbzahligem Spin (siehe Ergänzung 4). Dafür gilt das bereits erwähnte wichtige Pauli-Prinzip. Dabei handelt es sich um einen aus den Atomspektren, z.B. in Wasserstoff, in Verbindung mit einem Magnetfeld beobachtbaren Differenzierungs-Effekt (Zeemann Effekt²²³): Man findet eine Aufspaltung der Energieniveaus in Unterniveaus. Besetzt man gedanklich jedes davon nacheinander mit je zwei Elektronen mit antiparallelem Spin, so kommt man zu einem dem Periodensystem entsprechenden Aufbau der Elemente. Ursprünglich wurde dieses, nach dem österreichischen Physiker Pauli genannte Prinzip, tatsächlich so aus Atomspektren phänomenologisch abgeleitet. In seiner zuerst beobachteten und einfachsten Form gilt, dass in einem Atom keine zwei Elektronen in allen vier Quantenzahlen, die zu seiner Zustandsbeschreibung im Atommodell notwendig sind, übereinstimmen können.

Das ist die Basis für das Aufbauprinzip des Periodensystems der Elemente.

Die vier relevanten Quantenzahlen im Atom sind dabei die Haupt-, Neben- und die Spin-Quantenzahl sowie die Magnetische Quantenzahl, wobei die Hauptquantenzahl der bereits erwähnten Elektronenschale entspricht und in etwa mit den Elektronenbahnen im alten, überholten Bohrschen Atommodell übereinstimmt.

Wenn Sie den Grundzustand der ersten Elektronenschale im Periodensystem (Siehe: Ergänzung 7) anschauen finden Sie:

Grundzustand der ersten Elektronenschale mit maximal 2 Elektronen:

Die Schale besteht aus einem s-Atomorbital

1 Elektron stört das Pauli-Prinzip nicht; Wasserstoff.

2 Elektronen stören das Pauli-Prinzip ebenso nicht, wenn die beiden Elektronen antiparallelen Spin haben; Helium.

3 Elektronen stören das Pauli-Prinzip!

Mindestens 2 Elektronen hätten die gleiche Hauptquantenzahl (s-Schale) und gleichen Spin. Auf der ersten s-Schale haben aber nur maximal 2 Elektronen Platz.

Eine zweite Schale ist notwendig.

Grundzustand der zweiten Elektronenschale mit maximal 8 Elektronen:

(In der ersten 1s-Schale sind bereits 2 Elektronen untergebracht, die das Pauli-Prinzip nicht stören).

Die zweite Schale besteht aus einem s- und drei p-Atomorbitalen.

In der 2s-Schale kann man 2 Elektronen mit antiparallelem Spin unterbringen (vergleichbar der ersten 1s-Schale): Beryllium.

Nun ist aber auf der zweiten Schale wesentlich mehr Platz als auf der ersten.

Es ist sogar Platz für insgesamt 8 Elektronen.

Was tut die Natur, um die restlichen 6 Elektronen so unterzubringen, dass keine Identität entsteht?

Für 6 Elektronen werden mindestens 3, voneinander verschiedene Atomorbitale „bereitgestellt“, die antiparallel, mit je 2 Elektronen besetzt werden können (Bezeichnung: $2p_x$ -, $2p_y$ - und $2p_z$ -Orbitale). Diese Atomorbitale werden vereinfacht in einem räumlichen Koordinatensystem wie folgt dargestellt:

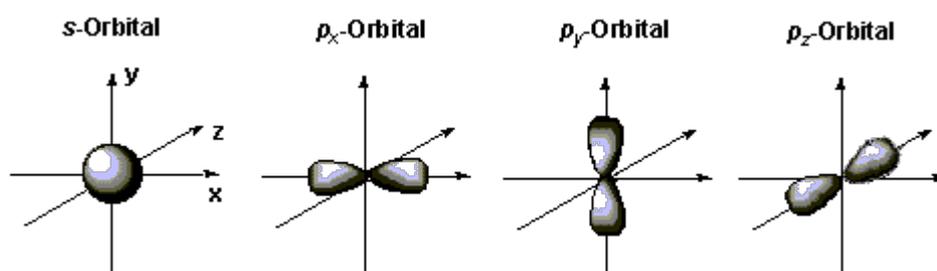


Abbildung 15: 2s- und 2p-Atomorbitale ab der zweiten Elektronenschale

Auf jedem der 4 Orbitale können maximal 2 Elektronen untergebracht werden.

Beispiel: Aufbau der 2. Reihe des Periodensystems:

Die erste Schale, 1 s ist bereits voll:

Wasserstoff bzw. Helium

Ab der zweiten Schale, 2 s gibt es folgende Zustände:

1 Elektron auf 2 s:			Lithium
2 Elektronen auf 2 s: antiparallel			Beryllium
2 Elektronen auf 2 s, antiparallel	1 Elektron auf 2P _x		Bor
2 Elektronen auf 2 s, antiparallel	1 Elektron auf 2P _x 1 Elektron auf 2P _y		Kohlenstoff
2 Elektronen auf 2 s, antiparallel	1 Elektron auf 2P _x 1 Elektron auf 2P _y 1 Elektron auf 2P _z		Stickstoff
2 Elektronen auf 2 s, antiparallel	2 Elektronen auf 2P _x 1 Elektron auf 2P _y 1 Elektron auf 2P _z	antiparallel	Sauerstoff
2 Elektronen auf 2 s, antiparallel	2 Elektronen auf 2P _x 2 Elektronen auf 2P _y 1 Elektron auf 2P _z	antiparallel antiparallel	Fluor
2 Elektronen auf 2 s, antiparallel	2 Elektronen auf 2P _x 2 Elektronen auf 2P _y 2 Elektronen auf 2P _z	antiparallel antiparallel antiparallel	Neon

In diesen energetischen Stufen sind die 92 Bausteine der Materie, die natürlichen Elemente, aufgebaut. Seien Sie aber beruhigt, nicht einmal ein Chemiker muss diese Regeln, die er im Studium gelernt hat, ständig parat haben. Man kann die meisten Aufgaben, die die Chemie stellt, auch ohne diese mehr quantenmechanisch orientierte Blickrichtung bearbeiten.

Kommen wir nun zum Zusammenspiel dieses chemischen Baukastens: der Reaktion von Elementen untereinander, mit dem Ergebnis der Molekülbildung.

Es gilt das Prinzip:

Elemente formen Moleküle » formen Makromoleküle » formen die materielle Basis des Lebens.

Dafür stehen den chemischen Elementen und Molekülen spezielle Bindungstypen zur Verfügung deren "Auswahl" durch die Energiestufen der äußeren Elektronenhüllen der beteiligten Elemente oder Moleküle bestimmt ist. Bitte denken Sie daran, dass die folgende Darstellung eine grobe Vereinfachung, der in Realität wesentlich komplexeren Prinzipien chemischer Bindungen behandelt.

2.2.2 Drei Bindungstypen bei der Molekülbildung

Stichpunkte: Kohlenstoff kann sich mit seinesgleichen und anderen Elementen zu einer ungeheuren Vielfalt von Molekülen verbinden. Manche Moleküle können sich aneinanderreihen – polymerisieren - und sich räumlich entfalten. Andere Konstellationen formen durch molekulare Verknüpfung biokatalytisch wirkende Komponenten, wie Enzyme usw. Die auf dieser molekularen Ebene aufbauenden morphologischen Erscheinungen präsentieren das uns umgebende Leben.

Die uns im Zusammenhang mit den vier Lebenselementen interessierende Chemie, z.B. die Bindungsbildung aus zwei Sauerstoff- und einem Kohlenstoffatom zu Kohlendioxid, spielt sich, wie es allgemein für die Chemie gilt, nur in den äußersten Elektronenschalen der drei beteiligten Atome ab.

Es ist nicht möglich in diesem Buch die Vielzahl und Differenziertheit des Zusammenspiels der Elemente bei der Molekülbildung darzustellen. Um Ihnen eine Vorstellung zu geben, möchte ich nur erwähnen, dass durch den Chemical Abstracts Service (Abkürzung: CAS), eine 1907 gegründete Unterabteilung der American Chemical Society, im Jahr 2016, über 109 Millionen registrierte organische und anorganische Substanzen erfasst und beschrieben wurden. Die meisten dürften Kohlenstoffverbindungen sein.

Hier einige kurze Statements:

Die Atome sind keine „winzig kleine Kügelchen“, die beziehungslos nebeneinander existieren. Ganz im Gegenteil. Die überwiegende Zahl der Atome bzw. chemischen Elemente, außer den Edelgasen, neigen unter Energieabgabe bzw. manchmal auch Energieaufnahme zu regen Vereinigungsbestrebungen. Die Elemente haben, außer in Gestalt der Edelgase, unvollständige äußere Elektronenschalen und liegen daher auf energetisch höherem Niveau als ein Molekül. Ein Molekül erreicht dagegen im Mittel sehr oft eine vervollständigte äußere Elektronenschale, die dann entweder mit 2 oder aber mit 8 Elektronen besetzt ist.

Atome verbinden sich nahezu ausschließlich nur über diese äußere Elektronenhülle miteinander zu neuen Einheiten, den Molekülen.

Grundsätzlich kann man ganz grob drei verschiedene Bindungstypen charakterisieren. Zur Erreichung der o.a. Elektronenhülle von je 2 bzw. 8 Elektronen gibt es die folgenden drei „Strategien“ der Atome:

- Ich suche Elektronen nur unter Atomen meiner Sorte.
- Elektronen zweier verschiedener Atome zu mir!
- Lasst uns die Elektronen von zwei verschiedenen Atomen aufteilen.

Bestimmend für diese möglichen Vorgänge ist auch hier wieder die Energie. Immer geht es darum aus energiereichen „Bergstationen“ in energiearme „Talstationen“ zu gelangen; gleichbedeutend mit der Abnahme der Freien Energie ΔG . Zur allgemeinen Verunsicherung muss ich erwähnen, dass damit das grausame Spiel erst anfängt: Es gibt über s und p hinaus noch fünf d Orbitale und sieben f Orbitale. Die Beschreibung der Zusammenhänge bis hin zu Uran ist hier natürlich nicht angebracht, kann aber in jedem Buch zur Einführung in die Chemie nachgelesen werden. (Siehe auch den Abschnitt: 2.2.5 Lasst uns die Elektronen von zwei verschiedenen Atomen gerecht aufteilen, oder die kovalente Bindung Im wahrsten Sinn: eine Bindung für das Leben).

2.2.3 Ich suche Elektronen nur unter Atomen meiner Sorte oder die metallische Bindung (Metalle)

Betrachten wir Natrium, ein weiches, schneidbares, an den Schnittstellen kurzfristig glänzendes Metall. Die atomare Struktur können Sie aus Ergänzung 7, Abbildung 87: entnehmen.

Das Natriumatom hat in der äußersten Elektronenhülle lediglich ein leicht bewegliches Elektron. Löst sich dieses Elektron vom Natriumatom durch energetische Anregung, verbleibt ein positiv geladenes Natrium-Ion. Dazu muss Ladungstrennungsarbeit geleistet werden. Wenn sehr viele Natriumatome zusammenkommen, bildet sich von selbst ein geordneter Verband von positiven Natrium-Ionen, die durch eine Art Gas von gleich vielen negativen Elektronen zusammengehalten werden. Das ist eine metallische Bindung. Das Elektronengas ist z.B. für die elektrische Leitfähigkeit verantwortlich.

Sie können davon ausgehen, dass mit reinen Metallen und metallischer Bindung keine uns geläufige Lebensform möglich ist.

2.2.4 Elektronen zweier verschiedener Atome zu mir oder die Ionenbindung (Salzbildung)

An dieser Stelle bietet sich an, wie in den meisten Chemiebüchern, die Salzbildung am Beispiel des Moleküls NaCl (Natriumchlorid, bekannt als Kochsalz) darzustellen. Das Natriumatom hat in der äußersten Elektronenhülle ein leicht bewegliches Elektron. Zum Oktett fehlen in dieser Schale 7 Elektronen.

Das Chloratom hat in der äußersten Elektronenhülle 7 Elektronen, zum Oktett fehlt 1 Elektron. Reagieren Natriummetall (Na) und Chlorgas (Cl_2) so entsteht ein ionischer Verband, indem das Natriumatom ein Elektron an das Chloratom abgibt. Bevor allerdings das Chloratom als Atom verfügbar wird, muss es sich aus

seinem Cl_2 -Verband lösen. Das Natriumatom wird zum positiv Natrium-Ion, das Chloratom zum negativ Chlor-Ion.

Und was sagt die Oktett Regel?

Natrium hat durch den Verlust des einen Außenelektrons aus der dritten Schale, nun als Na^+ -Ion den stabileren Oktett-Zustand erreicht, da seine zweite Schale, die jetzt sozusagen die Außenschale bildet, ja schon 8 Elektronen enthält.

Chlor hat durch die Übernahme eines Elektrons nun als Cl^- -Ion ebenfalls ein Oktett in der Außenschale erreicht.

Es bildet sich ein fester Verband aus NaCl ($\text{Na}^+ \text{Cl}^-$) - Spezies. Die entstehende kristalline Verbindung ist ein dreidimensional angeordnetes Kristallgitter. Makroskopisch nehmen wir NaCl als weißes, kristallines Kochsalz wahr. Es ist bei Normaltemperatur fest und schmilzt erst ab ca. 1000°C .

Bei dieser Bindungsbildung hat sich ein Elektron, das des Natriums, aus einer komfortablen energetisch höheren Lage einer nicht sehr festen Beziehung zu seinem Natriumkern, in die deutlich anziehendere Macht des Chlorkerns begeben. Chlor gehört zu den elektronegativsten Elementen. (Das ist eine etwas allgemein ausgedrückte Beschreibung eines Zustands, der relativ wenig geneigt ist, Elektronen abzugeben).

Dieser Bindungstyp ist der Prototyp der anorganischen, salzartigen, unbelebten Natur. Leben kann sich allein auf dieser Grundlage nicht formen. Es muss allerdings erwähnt werden, dass NaCl sowie eine ganze Reihe anderer salzartiger Verbindungen in der Lebensentfaltung, zwar keine strukturelle, dafür aber andere elementare funktionelle Aufgaben erfüllt, und zwar immer in gelöster Form, als Ionen mit einer Hydrathülle. Lösungsmedium (Matrix) ist für die gesamte Biochemie, wie bereits ausführlich dargelegt, Wasser.

2.2.5 Lasst uns die Elektronen von zwei verschiedenen Atomen gerecht aufteilen, oder die kovalente Bindung

Im wahrsten Sinn: eine Bindung für das Leben.

Ein Chloratom hat in der äußersten Elektronenhülle 7 Elektronen. Wenn es auf ein zweites Chloratom trifft, vereinigen sich beide zu dem Molekül Cl_2 . Nun hat jedes der beiden Chloratome, mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, Anteil an einem Elektron der Hülle des anderen Chloratoms. Im Mittel haben beide jeweils das Elektronenoktett erreicht. Es ist eine kovalente Bindung entstanden.

Die Erklärung für diese Molekülbildung ist wieder, dass sich die beiden Chloratome Cl . energetisch sozusagen auf einem Energieberg befinden, das Cl_2 Molekül dagegen in einem Energietal. Cl ., Chloratome sind zu reaktiv und vereinigen sich sofort zu einem Cl_2 Molekül oder reagieren mit anderen Elementen und Molekülen. Cl_2 ist zwar stabil aber immer noch ein äußerst reaktionsfähiges, aggressives, grünliches Gas. Warum reagieren dann metallische Natrium mit dem Chlorgas, anstelle sich gegenseitig einfach nicht zu behelligen? Weil das

Abbildung 16: Die 2s- und 2p-Orbitale des Kohlenstoffatoms

Verteilung der 6 Elektronen in einem Kohlenstoffatom:

1. Schale:

2 Elektronen befinden sich im 1s-Orbital mit antiparallelem Spin $\uparrow\downarrow$

2. Schale:

2 Elektronen befinden sich im 2s-Orbital mit antiparallelem Spin $\uparrow\downarrow$,

1 Elektron befindet sich im $2p_x$ -Orbital \uparrow

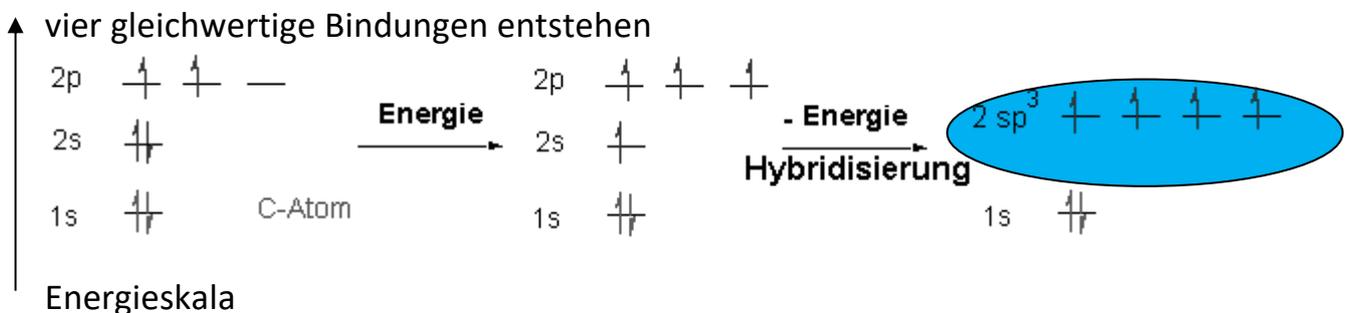
1 Elektron befindet sich im $2p_y$ -Orbital \uparrow

0 Elektronen befinden sich im $2p_z$ -Orbital

(Die obige Elektronen-Aufteilung auf $2p_x$, $2p_y$ und $2p_z$ ist rein willkürlich)

Das $2p_z$ -Orbital bleibt im Grundzustand frei, da die Orbitale zunächst immer einfach besetzt werden (Hundsche Regel²²⁵).

Im Reaktionsablauf kommt es durch eine energetische Hybridisierung (Mischung) zur Bildung von vier gleichwertigen, raumorientierten Bindungen (Siehe Ergänzung 8)



Alle nun zu beschreibenden Elektronenverknüpfungen spielen sich ausschließlich in der äußersten Schale ab. Die 4 Elektronen der zweiten Schale können im Wesentlichen drei verschiedene Bindungstypen eingehen.

2.2.6 Einfachbindungen (σ -Bindung) des Kohlenstoffs

In diesem Fall, z.B. bei der Verbindung mit Wasserstoff, werden 4 H-Atome um ein C-Atom über 4 Einfachbindungen gebunden. Damit hat das C-Atom im Mittel das Elektronen-Oktett erreicht und jedes H-Atom das energetisch vergleichbar günstige Elektronen-Dublett. Die entstehende Verbindung ist das Gas Methan, CH_4 .

Achten Sie bitte darauf, dass mit dieser formalen Betrachtungsweise zunächst nicht festzulegen ist, ob die fünf Atome des Methans alle in einer Ebene liegen oder irgendwie räumlich Vorzugsrichtungen einnehmen.

Eine oder mehrere dieser CH-Einfachbindungen kann z.B. durch eine weitere C-C-Einfachbindung ersetzt werden. Dann formen sich Verbindungen wie Äthan, (Summenformel: C_2H_6 , Strukturformel: CH_3-CH_3).

Bindungen dieser Art stellen die überwiegende Mehrzahl der Kohlenstoffbindungen in der Biologie dar. Da sind die Einfachbindungen in den Ringsystemen der Kohlehydrate (z.B. Glukose – Cellulose – Stärke) oder der Fette, Öle und Lipide, der Peptide, der DNA usw. zu nennen.

Über reine C-C-Bindungen hinaus gibt es noch eine ganze Reihe von C-X-Bindungen, wobei X hauptsächlich für Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor steht; Schwefel eher selten, wird vorwiegend in Proteinen, wie z.B. der Aminosäure Cystein gefunden.

Solche C-X-Bindungen sind aufgrund unterschiedlicher elektronischer Eigenschaften von C und X immer Angriffspunkt für Hydrolyse²²⁶ und Zersetzungsreaktionen.

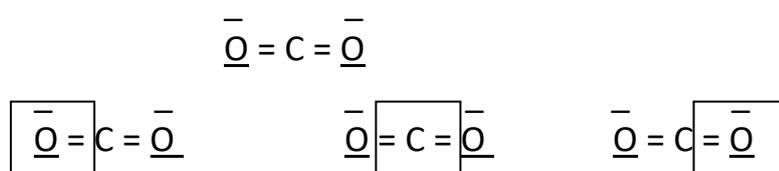
Kohlenstoff kann sich auch nur mit Kohlenstoff verbinden. Dann entstehen Verbindungen wie Diamant oder Grafit, oder die hochsymmetrischen Fullerene (sphärische Kohlenstoffbälle, s.u.).

2.2.7 Doppelbindungen (π -Bindung) des Kohlenstoffs

Die 4 Elektronen der zweiten Schale können sich aber auch für eine Doppelbindung entscheiden.

In diesem Fall entsteht eine quasi doppelte Bindung zwischen den beiden Doppelbindungspartnern, wie z.B. im Ethylen, (Summenformel: C_2H_4 , Strukturformel: $CH_2=CH_2$). Für den Fall der Bindung von Sauerstoff, entsteht Kohlendioxid CO_2 (Summenformel CO_2 , Strukturformel: $O=C=O$). Das C-Atom ist über 2 Doppelbindungen, mit je 2 O-Atomen über jeweils 2 Elektronenpaare, zusammen also 8 Elektronen, verbunden. Damit hat das C-Atom wieder das Oktett erreicht. Das O-Atom hat 6 Außenelektronen. Durch die eine Doppelbindung mit dem C-Atom hat es Anteil an 2 Elektronen des C-Atoms, verfügt damit also im Mittel auch über 8 Außenelektronen. Wieder ist das Oktett erreicht.

Bitte beachten Sie bei u.a. Darstellung, dass ein Strich zwei Elektronen entspricht. Jedes Atom, ob O oder C, hat mit Mittel Anteil an 8 Elektronen.



Auch in diesem Fall kann die formale Betrachtungsweise der Oktett-Regel allein nichts zur Räumlichkeit der Bindungen aussagen. Ist das Molekül gestreckt oder gewinkelt?

Der Nicht-Chemiker mag diese Frage für unwichtig halten. Die wissenschaftliche Beurteilung braucht diese Antworten aber als Basis zur Erklärung der makroskopischen Phänomene. Wie soll man die verblüffenden Eigenschaften von Wasser, von Molekülverbänden, z.B. von Kunststoffen, pharmazeutischen Wirkstoffen, modernen Werkstoffen wie Fullerenen oder, viel bedeutsamer, die von Lebensmolekülen interpretieren, ohne dieses Wissen? Wie könnte man ansonsten, ohne räumliche Vorstellungen, das Wirken von DNA, von Proteinen, von Enzymen usw. und den Effekt der Chiralität (Siehe: Ergänzung 9: Optische Aktivität – Chiralität - Händigkeit) erklären?

Doppelbindungen sind in vielen aromatischen²²⁷ oder heterozyklischen²²⁸ Ringssystemen verwirklicht. Deren leichte Anregbarkeit von Elektronen der π -Bindung, durch Absorption von Lichtquanten und dadurch ausgelöste Elektronenaktivierung, führt z.B. in den Rezeptoren unserer Augen zur Differenzierung der empfangenen elektromagnetischen Strahlung und damit zu Farbempfinden.

Von größter Bedeutung für die Biologie ist aber, die durch diese Elektronenanregung mögliche Energieverwertung der sichtbaren Sonnenstrahlung in Molekülen, wie z.B. Chlorophyll²²⁹. Im Abschnitt Photosynthese werden wir auf diesen Vorgang eingehen.

Aber auch lineare Moleküle mit alternierenden Doppel- und Einfachbindungen (konjugierte Bindungen), wie z.B. den Carotinoiden²³⁰ oder den Porphyrinen²³¹ usw. sind weit verbreitet.

Auch hier sind Bindungen der Art $C=X$ ubiquitär. Wenn X für Sauerstoff steht, erhalten wir Aldehyde und Ketone, wie sie z.B. in Glukose oder Fruktose und in Säuren, wie z.B. Essigsäure enthalten sind. X für Stickstoff ist in vielen heterozyklischen Ringsystemen, z.B. Porphyrinen und reaktiven Zwischenverbindungen verwirklicht.

2.2.8 Dreifachbindungen des Kohlenstoffs

Die 4 Elektronen der zweiten Schale des Kohlenstoffatoms können aber auch eine Dreifachbindung eingehen.

In diesem Fall entsteht eine dreifache Bindung zwischen nur zwei Kohlenstoffatomen, wie z.B. im Acetylen (Summenformel: C_2H_2 , Strukturformel: $CH\equiv CH$).

Dreifachbindungen sind in der Biologie allerdings eher selten.

In der Form $-C\equiv N$ haben sie in der Präbiologie, in Urbausteinen wie $H-C\equiv N$ (Cyanwasserstoff = Blausäure) als äußerst reaktionsfähige Zwischenverbindung eine wohl entscheidende Rolle gespielt. Verbindungen dieser Art sind auch interstellär spektroskopisch nachweisbar.

In der Ergänzung 8 wird versucht die Erklärung der Bindungstypen etwas zu erweitern, um vor allem die Räumlichkeit der entstehenden Moleküle verständlich zu machen. Diese Dreidimensionalität ist von enormer Bedeutung, vor allem für alle Peptide (z.B. Enzyme), die sich in Primär- (eine einfache helicielle Struktur), Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen²³² (s.u.) räumlich auffächern und damit erst ihre enzymkatalytische Wirkung entfalten können.

Darüber hinaus treten bestimmte Moleküle, bei gleicher chemischer Zusammensetzung, in zwei räumlich verschiedenen symmetrischen Varianten auf. Darauf kommen wir im Rahmen der Chiralität etwas ausführlicher zurück. Es handelt sich um ein prinzipielles Phänomen von Molekülen, das allen räumlichen organischen Strukturen eigen ist, wenn sie auch als Spiegelbild existieren können. (Siehe: Ergänzung 9: Optische Aktivität – Chiralität - Händigkeit).

2.2.9 Es gibt noch einen vierten Bindungstyp, die Wasserstoffbrückenbindung

Die Wasserstoffbrückenbindung wird im Abschnitt - Der molekulare Aufbau von Wasser, Ergänzung 6 -, näher vorgestellt. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass diese Art von Bindung sich nicht als zwischenatomare Elektronenverlagerungen der äußeren Elektronenhüllen abspielt, sondern durch Anziehungskräfte zwischen polarisierten Molekülstrukturen entfaltet. Definitionsgemäß ist immer einer der beiden Bindungspartner ein kovalent gebundenes Wasserstoffatom, das durch ein kovalent gebundenes, elektronegatives Atom in einen Molekül positiv polarisiert ist. Wasserstoffbrückenbindungen formieren sich dann, wenn sich kleine elektronegative Atome von Nachbarmolekülen, wie Stickstoff- oder Sauerstoffatome, mit partiell negativer Polarisation, in der Nähe aufhalten. Die Wechselwirkungsenergie wird mit etwa der sechsten Potenz des Abstandes schwächer! Eine tiefergehende Erklärung ist das Wirksamwerden des Casimir-Effekts.

Die entstehenden schwachen Bindungen sind von größter Bedeutung auf der Ebene der Chemie der Lebensvorgänge, der Biochemie. Dort sind Zwischenzustände, die leicht gebildet, locker stabilisiert, aber auch leicht gelöst werden können gefragt. Die Evolution hat sozusagen, im Rahmen von Energiesparmaßnahmen, Übergangssysteme ausgewählt, deren Formation bzw. Destruktion möglichst wenig Energie verschwendet.

Typische Beispiele sind Helices der DNA, die über solche Wasserstoffbrücken formiert werden und ihre komplexen Wirkmechanismen des Informationsflusses nur durch diese lockere Verknüpfung in der Helix abwickeln können (s.u.). Von vergleichbar elementarer Bedeutung ist diese Bindungsart für die verwickelte Faltung von Peptiden, die auf diesem Weg räumliche Tertiärstrukturen²³³ ausbilden, z.B. als Faltblattstrukturen. So entstehen dreidimensionale Proteinstrukturen, die zu Strukturelementen des Lebens wie Kollagen, Keratin, Myosin,

Fibrinogen (z.B. Haare, Muskeln usw.), aber auch Kugelproteinen wie Enzyme oder Immunglobulin werden. Dabei formen sich Proteinketten über Wasserstoffbrücken, Disulfidbrücken, Ionenbindungen und hydrophobe Wechselwirkungen zu Skleroproteinen und globulären Proteinen. Hämoglobin z.B. entfalten so die Fähigkeit Sauerstoff- und Kohlendioxidmoleküle locker zu fixieren und über den Blutkreislauf zu transportieren. Wieder andere können als Biokatalysator mit maßgerechten Reaktionszentren, als Enzym, z.B. Trypsin²³⁴wirksam werden. Die Anzahl der menschlichen Enzyme ist nicht genau bekannt, sollte aber weit über 25 000 liegen.

Antrieb für solche, uns kompliziert erscheinenden räumlichen sekundären bis quartären Proteinstrukturen, ist u.a. auch eine Verringerung der Entropie aufgrund einer Abnahme der Wasserhülle der Proteine. Bei einer Faltung aus der primären Proteinhelix zu sekundären bzw. Tertiärstruktur werden nämlich Wassermoleküle der gestreckten Proteinketten, die als Hydrathüllen fixiert sind, abgestoßen. Ihren Platz nehmen geeignete Abschnitte der Proteinkette im Ablauf der Bildung der Tertiärstruktur ein. Wassermoleküle werden freigesetzt und erhöhen die Wasserentropie, also die Gesamtentropie. Während also die partielle Ordnung durch die Bildung der Tertiärstruktur zunimmt und die Entropie des Proteins sinkt, steigt die Gesamtentropie.

Der Vollständigkeit halber will ich noch auf die Ausbildung von Quartärstrukturen aus Proteinen hinweisen. Dabei handelt es sich um Zusammenlagerung von kompletten Untereinheiten, wie z.B. im Hämoglobin, das aus zwei Alpha- und zwei Beta-Ketten durch die Wirkung der beschriebenen Bindungskomponenten entsteht.

Dieser Bindungstyp der Wasserstoffbrücken, ist m.E. ein entscheidender Faktor für die Verwirklichung von Leben. Entfalten kann sich diese Bindung nur auf minimalem Temperatur- und Energieniveau, da sonst diese lockere Verknüpfung durch thermische Aktivität der Moleküle verhindert wird.

Aber auch dieses Potential muss bereits in der Energieballung der Singularität vor dem Urknall als Realisierungsmöglichkeit vorhanden gewesen sein. Es war nur eine Frage der Temperatur bzw. Energie und der Zeit, wann sie sich entfalten konnte. Diese Omnipotenz der alles bewegenden Energie ist für jeden nach dem Warum Fragenden, der m.E. interessanteste Einstieg in das Mysterium unseres Seins.

Ob es noch weitere Kräfte gibt, die wir bisher aufgrund der heute gegebenen Temperatur oder einer noch nicht entdeckten Energienische nicht kennen, ist eine interessante Fragestellung. Unsere Bewusstseinsabwicklung könnte eine solche, noch zu manifestierende, nicht spirituell zu verstehende Energienische besetzt halten (s.a.: 2.6 Abschnitt: Aus Prokaryoten entwickeln sich Eukaryoten:

Daniel Kahneman (Kahneman, 2012, S. 59). „*Es könnte eine mentale Energie geben*“).

2.2.10 Die erkannten chemischen Lebenselemente

Wie ausführlich erläutert, wird unser gesamtes stoffliches Sein und alle daraus resultierenden Lebensäußerungen durch in Materie transferierte positive Energie des Urknalls erweckt. Etwas differenzierter betrachtet handelt es sich dabei um 92 chemische Elemente mit sehr spezifischen Eigenschaften.

Für die folgenden Betrachtungen ist die Berücksichtigung aller 92 natürlichen Elemente viel zu umfangreich. Für die Darstellung der für unser Leben wichtigsten Elemente genügt das folgende vereinfachte PSE-Schema.

Die achtzehn bzw. vier wichtigsten Elemente aus der (heutigen) Sicht des Lebens sind:

18 Erdrinden-Elemente:

Von den 92 natürlichen Elementen bilden nämlich nur 18, als Basiselemente 99,998 % der Erdrinde (s.u.: Abb. 17: grün, blau und gelb gekennzeichnet):

(Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Fluor, Natrium, Magnesium, Aluminium, Silizium, Phosphor, Schwefel, Chlor, Kalium, Calcium, Titan, Mangan, Eisen und Nickel).

11 Organismus-Elemente:

Nur 11 dieser Basiselemente machen 99,996 % der Basis der lebenden Organismen aus. (S.u.: Abb. 17: grün und blau gekennzeichnet):

(Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Natrium, Magnesium, Phosphor, Schwefel, Chlor, Kalium und Calcium).

4 Lebenselemente:

Von diesen 11 Elementen sind in biologischen Organismen Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff mit 99,35 % enthalten (s.u. Abb. 17: grün gekennzeichnet) nach (Dickerson/Geis, 1983, S. s.Einband).

Wie Sie aus Abb. 17 ersehen können, habe ich zusätzlich das Element Arsen - rot markiert - eingefügt. Ich möchte damit eine aktuelle Veröffentlichung von NASA-Forschern vom 02.12.2010 berücksichtigen, die in der Mikrobe "GFAJ-1" aus der Familie der Halomonadaceae (eine Bakterienfamilie), Arsen nachweisen konnten. Das Bakterium kann angeblich auch überleben, wenn es Arsenverbindungen in Eiweiße, Fette und sogar ins Erbgutmolekül DNA integriert hat. Dazu hat man es im Labor durch stetige Erhöhung der Arsenkonzentration veranlasst, nachdem es aus Sedimenten eines stark arsenhaltigen Sees isoliert wurde. Ich zitiere diesen Befund offen gestanden mit einiger Skepsis, da mir zumindest ein Einbau in

die DNA sehr fragwürdig erscheint. Arsen hat gegenüber Phosphor einen deutlich erhöhten kovalenten Radius (Phosphor: 110 ppm, Arsen: 121 ppm), der zumindest in der DNA eine bedeutende Strukturausweitung bewirken muss. In der Folge müsste sich der gesamte genetische Apparat einschließlich der m- und t-RNA sowie der RNA-Polymerase und der Ribosomen (s.u.) anpassen. Wenn sich der Befund bestätigen sollte, stimmt wohl das Statement der Nasa-Forscherin Mary Voytek: „Lehrbücher müssten nun umgeschrieben werden“. Für Experten sei es deshalb eine geradezu "schockierende Entdeckung", ergänzte James Elser von der Arizona State University. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,732542,00.html>

09.07.2012: „Science“ resümierte: Statt um eine neue, von Arsen lebende Lebensform, handele es sich bei dem Bakterium um einen Organismus, der sich einer extremen Umwelt mit hohem Arsengehalt angepasst habe. http://www.focus.de/wissen/weltraum/forschungsbericht-der-nasa-widerlegt-alien-lebensform-braucht-phosphor-zum-ueberleben_aid_779009.html. Die Lehrbücher bleiben also wie sie sind.

Arsen ist übrigens eines der 66 chemischen Elemente, die im Periodensystem nach Eisen kommen, also nicht auf „einfache“ Weise in der primordialen Elementsynthese der fortschreitenden Helium Fusion entstanden ist. Diese findet, wie bereits ausgeführt, mit Eisen ihr Ende. Vielmehr ist es erst in Supernovae-Ausbrüche gebildet worden und daher m.E. nicht so früh der interstellaren chemischen Reaktion mit Sauerstoff zugänglich gewesen wie Phosphor.

Ich möchte an dieser Stelle darauf hinweisen, dass es sich bei den vier „Lebens“-Elementen um die ältesten, nach dem Urknall gebildeten atomaren Bausteine handelt.

Wieder frage ich mich, warum es gerade diese Elemente sind. Ist es die frühe kosmologische Verfügbarkeit im Sternenstaub? Dem ist sicher so, aber natürlich zählen auch ihr einfacher atomarer Aufbau und die daraus resultierenden physikalischen Eigenschaften ihrer Verbindungen.

	Hauptgruppen (1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. Gruppe)																	
Periode	1.	2.	Übergangselemente										3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.Per.	${}_1\text{H}$																	
2.Per.														${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	
3.Per.	${}_{11}\text{Na}$	${}_{12}\text{Mg}$											${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$	
4.Per.	${}_{19}\text{K}$	${}_{20}\text{Ca}$		${}_{22}\text{Ti}$			${}_{25}\text{Mn}$	${}_{26}\text{Fe}$		${}_{27}\text{Ni}$					${}_{33}\text{As}$			
5.Per.																		
6.Per.																		
7.Per.																		

Legende: Die beigeordnete Zahl entspricht der Kernladung und damit der Elektronenzahl

Abbildung 17: Die chemischen Elemente, die 99,998 % der Erdrinde ausmachen

Auf den ersten Blick mag folgender Befund etwas verblüffend wirken:

„Nur die o.a. 4 Elemente machen 99,35 % der stofflichen Basis von uns Menschen und aller anderen Lebewesen aus? So wenig?“

Auf den zweiten Blick und notgedrungen nach intensivem Studium der Naturwissenschaften erhellt, dass ein äußerst komplexes Zusammenspiel dieser Elemente in einem geeigneten Energieumfeld in eine neue Qualität mündet. Sie geht weit über den rein mathematisch-kombinatorischen Aspekt von 2, 3 und 4 Bausteinen (Kombinatorik: die Bausteine können in $2! = 2$, $3! = 6$ und $4! = 24$ (! = Fakultät) verschiedenen Verknüpfungen vorliegen) hinaus, da alle 4 Elemente nicht nur einfach, sondern mehrfach und auch komplexer verknüpft sein können, was sich z.B. in den über Summenformeln hinausgehenden Strukturformeln äußert.

Wendet man dagegen die gleiche Kombinatorik auf die 18 Bausteine an, kommt man mit $18!$ zu 6.402.373.705.728.000 verschiedenen Verknüpfungen. Diese Betrachtung geht aber von der irrigen Voraussetzung aus, dass alle 18 Bausteine miteinander nachhaltige Verbindungen eingehen können. Das ist unter irdischen Verhältnissen weitaus überwiegend nicht der Fall.

Die erwähnten differenzierten Bindungssysteme dieser Elemente, nur beständig aufgrund von niedrigen Energieniveaus, wie sie in unserem Erden-Energieumfeld seit etwa 4 Milliarden Jahren gegeben sind, haben punktuelle Strukturen ermöglicht, denen wir phänomenologisch hohe Ordnung und damit geringe Entropie zuordnen; sie haben Leben hervorgebracht. Element-Verknüpfung von jeweils zwei Elementen, über Einfachbindungen, aber auch über mehrere Elemente, über Zwei- und Dreifachbindungssysteme, haben zu dreidimensionalen, räumlichen Molekülen und Polymeren geführt.

Die evolutionäre Spielwiese der weiteren Entwicklung war und ist die feste, wasserführende Erdoberfläche, ein beständiges Temperaturumfeld, mit einer

Schwankungsbreite von ca. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis max. ca. $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$, bei einem Mittelwert von etwa $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, Wasser und vor allem ein verlässlicher Energielieferant, die Sonne. Dies gestattet reaktive Umorientierung der Moleküle nach thermodynamischen Gesetzen oberhalb einer lähmenden Mindesttemperatur und unterhalb eines strukturzerstörenden, Entropie erhöhenden hohen Temperaturniveaus.

Wie bereits ausgeführt, liegen die wichtigsten biochemischen Systeme in linearen Informationsstrukturen vor. Das setzt einen geordneten linearen Pfad voraus, an dem sich diese Systeme, wie an einer Art Matrize aufbauen konnten. Das könnten anorganische Formationen, wie z.B. Aluminiumsilikate gewesen sein (Follmann, 1981, S. 78). Insofern möchte ich besagte, typisch anorganische Basiselemente wie Aluminium und Silizium - Metalle -, ebenfalls als Organismuselemente einstufen. Generell ist wohl anzunehmen, dass wir uns nicht zu endgültig an die Zahl 18 klammern sollten. Man kennt längst nicht alle biochemische Detailabläufe. In tropischen Meeren hat sich überraschend gezeigt, dass Eisenmangel wachstumsbegrenzend wirkt. (Fuchs, 2007, S. 21)

Noch einmal ist darauf hinzuweisen, dass es sich beim terrestrischen Temperaturumfeld um eine Dimension handelt, die gegenüber den im Rahmen der Urknalltheorie diskutierten, Energieniveaus, eine unfassbar winzige Nische darstellt. Aber nur in einer solchen Nische ist Erdenleben möglich.

2.2.11 Stoffkreisläufe von chemischen Elementen und Molekülen

Stichpunkte: Chemische Elemente, Leben, Kreisläufe, Selbstorganisation. Die atomare und molekulare stoffliche Basis ist Voraussetzung für Energiespeicherung in chemischen Bindungen, Energieverwertung und Entropie reduzierender Stoffdiversifikation. Nach der Lebensperiode werden die Elemente wieder an die Kreisläufe zurückgegeben. Der Energiespender ist die Sonne.

Durch die Untersuchungen der Naturwissenschaften der letzten Jahrhunderte ist evident geworden, dass die chemischen Lebens Elemente und die daraus zusammengesetzten Moleküle, im Lauf der Evolution, in Kreisläufe von Lebensprozessen integriert wurden. Der bekannteste irdische Kreislauf ist in diesem Zusammenhang der CO_2 -Kreislauf. Andere, weniger bekannte Kreisläufe sind deshalb nicht minder wichtig – denken Sie nur an Phosphor-, Schwefel- oder Stickstoffkreisläufe. Letztlich sind diese Elemente als Bausteine der Evolution synergistisch auf die eine oder andere Weise miteinander selbstorganisiert verbunden. Mit Sicherheit sind diese Verknüpfungen bisher nicht alle durchschaut.

Transparent werden diese Synergismen erst dann, wenn man einen der Kreisläufe oder damit zusammenhängende Metabolismen vollständig unterbindet. So haben anfangs des 20. Jahrhunderts beispielsweise die Vitaminforscher das Wirken von Vitaminen erkundet: Man unterband durch spezielle vitaminarme Ernährung die Vitaminversorgung eines Versuchstiers und registrierte die

Auswirkungen. So hat man heute z.B. erkannt, dass das Wachstum von Biomasse durch die Verfügbarkeit einer Reihe von Elementen begrenzt wird. Mangel an diese Elemente wirkt wachstumslimitierend. Es sind dies vor allem Stickstoff und Phosphor.

In diesen chemischen Stoffkreisläufen werden die Elemente, wie beispielsweise Kohlenstoff, in verschiedenster molekularer Verknüpfung vom lebenden Organismus aufgenommen und durch Bildung geeigneter Verbindungen, im Rahmen des Anabolismus²³⁵, für den Aufbau von Struktur und das Funktionieren des Organismus verwendet. Das erfolgt in inneren Kreisläufen jeder Zelle des Lebewesens, unter Verbrauch von Freier Energie ΔG , bei minimierter Entropie-Erhöhung dieser offenen Zellsysteme (Steady State Systeme). Die mir bekanntesten Beispiele sind die weiter unten beschriebene Photosynthese, die Glukoneogenese und der reduktive Zitronensäurezyklus. Die Energiequelle ist das elektromagnetische Feld der Sonne. Summarisch kommt es jedoch zu permanenter Erhöhung der Gesamtentropie, worüber noch zu sprechen ist.

Ich gestatte mir an dieser Stelle eine Assoziation zu den sogenannten „Seltsamen Schleifen“, wie sie Douglas R. Hofstadter in seinem Buch „Gödel, Escher, Bach“ definiert: Er spricht von diesem Schleifen-Phänomen, das immer dann auftritt, wenn wir uns durch die Stufen eines hierarchischen Systems bewegen und uns dann unerwartet wieder genau an unserem Ausgangspunkt befinden. (Hofstadter, 2003).

Die Hierarchie wird z.B. durch Energiepotentiale verkörpert. Oder habe ich da etwas missverstanden?

Nach dem Tod jeden Organismus erfolgt Mineralisation, d.h. Zusammenbruch und Abbau der komplizierten Kreisläufe der Lebensmoleküle zu einfachen, energiearmen Molekülen, wie Kohlendioxid, Ammoniak oder gar Elemente, z.B. Stickstoff. Auslöser sind, abgesehen vom finalen Verbrauch des genetischen Codes (Telomere²³⁶), das damit verursachte Beenden von Energieverwertung. Der Steady State Zustand mündet in unkontrollierter Entropie-Erhöhung und toter Chemie. Dieser Vorgang spielt sich in allen Lebewesen, aber auch ständig im Rahmen des Katabolismus²³⁷ ab. Denken Sie nur an die Verdauung. Die verbleibende tote Chemie steht nun wieder einem der Elementkreisläufe, z.B. des Kohlenstoffs, des Stickstoffs, des Schwefels, des Phosphors usw. zur Verfügung. (Fuchs, 2007, S. 17). Alles ist mit allem verbunden.

Aus dem Blickwinkel des Energiebedarfs betrachtet, findet Leben, wie schon mehrfach betont, in einer Energienische statt, die, verglichen mit der primordialen Elementbildung, eigentlich schon nahe am Erlöschen jeglicher Energieäußerung liegt; der Hauch des Lebens.

Die ersten spärlichen Lebensfunken könnten von komplexen, abiotischen Molekülen mit hoher Freier Energie ΔG gezehrt haben, und so den Energiebedarf des

eigenen „Glühens“ gedeckt haben. Vieles spricht dafür, dass sich ursprünglich rein energetische Verbrauchsvorgänge, d.h. endliche chemische Prozesse herausgebildet haben, die irgendwann an Ressourcengrenzen stießen. So ist es denkbar, dass z.B. Adenin in der reduzierenden Ur-Atmosphäre, entstanden aus 5 Blausäuremolekülen, mit mehrfach phosphorylierter Ribose zu energiereichem Adenosintriphosphat reagierte, und zwar in riesigem Ausmaß. Ein Produkt mit hoher Freier Energie ΔG könnte zu einem instabilen Potentialberg gewachsen sein.

Dieses durch die Phosphatgruppen energetisch aktivierte ATP, reich an Freier Energie ΔG , könnte ursprünglich die "Nahrung", besser Energiebasis früherer Stadien von selbstorganisierten Systemen gewesen sein, die ja als offene Systeme auf Materie- und Energiezufluss angewiesen waren. Eine direkte Verwertung der Energie des Sonnenlichtes in diesem Vorstadium des Lebens entfällt m.E. Wie noch zu zeigen ist, erfolgt die effektivere Nutzung von Sonnen-Energie nur indirekt, vielleicht über angeregte Porphyrine und nur über Kaskaden in kleinen Schritten.

Als Beleg für diese ATP-Hypothese lässt sich anführen, dass noch heute jeder lebende Organismus seine z.B. im Glukoseabbau gewonnene Energie in ATP umwandelt und mit diesem Energietransporter die energiefordernde Zellchemie am Laufen hält.

Die Adenosinphosphate-Komponente finden sich darüber hinaus in vielen elementar wichtigen Lebensbausteinen, wie DNA, NAD^{238} , FAD^{239} usw. Langfristig konnten sich aber nur die Prozesse stabilisieren, deren Lebens-Endlichkeit in die Nachhaltigkeit von stofflichen Kreisläufen eingebettet war und deren Energieversorgung indirekt über die Speicherung von Sonnenlicht (Glukose - ATP) erfolgte: Irgendwann sollte nämlich das in der Ur-Atmosphäre entstandene ATP weitgehend aufgebraucht sein. Eine Voraussetzung zu Fortführung der erreichten Lebensformen war es einen Weg zu finden, ATP nachhaltig selbst zu produzieren, und zwar in selbsterhaltenden biochemischen Kreisläufen.

Ohne solche Kreisläufe wäre Leben sehr schnell im Ressourcendefizit untergegangen. So gibt es Rechnungen, die zeigen, dass der gesamte heutige Kohlendioxid-Vorrat der Erde, ohne Mineralisation, also ohne Kreislauf, nur für ca. 2 000 Jahre reichen würde. (Fuchs, 2007, S. 17).

Es gibt in jedem Organismus innere und äußere Kreisläufe, die einander bedingen bzw. ineinandergreifen:

Auf der einen Seite finden wir endliche, lebensbedingte innere Kreisläufe in hochorganisierten Zellen wie Bakterien, bzw. in und zwischen Zellen von Individuen. Zellen sind geprägt durch Vermehrung, Umsetzung von Materie, Wachstum, Verbrauch von Energie und abschließendem Tod und Mineralisation. Es handelt sich um Fließgleichgewichte (Steady State Abläufe). Sie können nur über kurze Zeitspannen von max. einigen tausend Jahren ihren entropischen Verfall

stabilisieren. (1981 fanden niederländische Wissenschaftler in der Antarktis angeblich mehr als 10.000 Jahre altes Rindenmoos). Durch unvermeidliche Fehlerhäufung in der DNA-Steuerung kommt es zu finalen Fehlentwicklungen. Dazu kommt das lebensbegrenzende Wirken der Telomere (s.u.). Meldungen von 30 000 Jahre alten Pflanzensamen, die wieder zum Blühen gebracht worden sein sollen, stellen Sonderfälle dar. Es handelt sich dabei um Samen, der im Permafrost über 30 000 Jahre konserviert wurde. (Siehe taz.de, 21.03.2012) Durch diese Tieftemperaturlagerung wurden alle Lebens- und Kreislaufvorgänge eingefroren.

Auf der anderen Seite sehen wir die seit Milliarden von Jahren wirkenden, äußeren Kreisläufe der Elemente, z.B., wie bereits erwähnt, der des Kohlenstoffs, des Stickstoffs, des Schwefels und des Phosphors. Allerdings hängen diese äußeren, endlosen Kreisläufe von der permanenten Funktionsfähigkeit von Myriaden innerer endlicher Kreisläufe ab.

Z.B. wird Kohlenstoff als Kohlendioxid in der Pflanzenzelle aufgenommen und u.a. durch Sonnenenergie in das Energiehoch des Universalmoleküls Glukose transformiert: materialisierte Speicherenergie. In der Zellatmung fällt Glukose zurück in das Energietief des minimalen chemischen Potentials in Form von Kohlendioxid, das die Zelle verlässt, nachdem es seine enthaltene Bindungsenergie für die Lebensvorgänge eines Individuums abgeliefert hat. Der Kreislauf kann von vorn beginnen.

2.2.12 Selbstorganisation

Viele Naturwissenschaftler gehen bei der Erklärung für die Herausbildung lebensgesteuerter Kreisläufe von einer Selbstorganisation aus, womit allerdings nicht die Frage nach deren Initialzündung beantwortet wird.

Man sollte mit dem Begriff Selbstorganisation vorsichtig sein, da er, undifferenziert angewandt, zum Spekulieren verleiten kann. Das ist übrigens auch bei Begriffen wie Entropie, Evolution und Chaos eine große Gefahr. Deshalb habe ich eine m.E. leicht zugängliche Eingrenzung für Selbstorganisation angefügt.

WIKIPEDIA: *„Selbstorganisation ist das spontane Auftreten neuer, stabiler, effizient erscheinender Strukturen und Verhaltensweisen (Musterbildung) in offenen Systemen. Das sind Systeme, die sich fern vom thermodynamischen Gleichgewicht befinden, die also Energie, Stoffe oder Informationen mit der Außenwelt austauschen. Ein selbstorganisiertes System verändert seine grundlegende Struktur als Funktion seiner Erfahrung (? Da passt m.E. eher Überlebensfähigkeit. Anm. d. V.) und seiner Umwelt. Die interagierenden Teilnehmer (Systemkomponenten, Agenten) handeln nach einfachen Regeln und erschaffen dabei aus Chaos Ordnung, ohne eine Vision von der gesamten Entwicklung haben zu müssen. Das Konzept der Selbstorganisation findet man in verschiedenen*

Wissenschaftsbereichen wie z.B. Chemie, Biologie (Gerichtete Faltung und Assoziation von Proteinen, Helix-Bildung der DNA, ...), Soziologie usw.“

Wesentlich tiefere Einsichten findet der Leser bei Jantsch: Die Philosophie der Selbstorganisation. <http://www.bertramkoehler.de/Universum.htm> Selbstorganisation

M.E ist davon auszugehen, dass Selbstorganisation aus physikalischen Gesetzmäßigkeiten resultiert, die man als strukturschaffende, Immanenz (innewohnendes Wesen) bezeichnen könnte. Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten beruhen auf energetischen Zusammenhängen und werden sehr verallgemeinert „Kräfte“ genannt.

Eine physikalische Erklärung für das Phänomen Selbstorganisation ist m.E. also die energetische Komponente. Sie tritt aus ihrer Latenz heraus, wenn sich energieorientierte Prozesse abspielen. Die Begleiterscheinung oder der Auslöser, ist immer die Energieminimierung. Das sich selbst organisierende System ist nach Beendigung der Zustandsänderung, die spontan erfolgt, in einem energieärmeren Zustand. Die Freie Energie hat abgenommen:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Das bedeutet aber, und das ist durch die Spontanität eigentlich selbstverständlich, dass ΔH negativ sein muss, oder die Entropie muss ausreichend zugenommen haben da sonst ΔG nicht abnehmen kann.

Beispiele für $-\Delta H$, also Energieabnahme und $+\Delta S$, also Entropie-Anstieg:

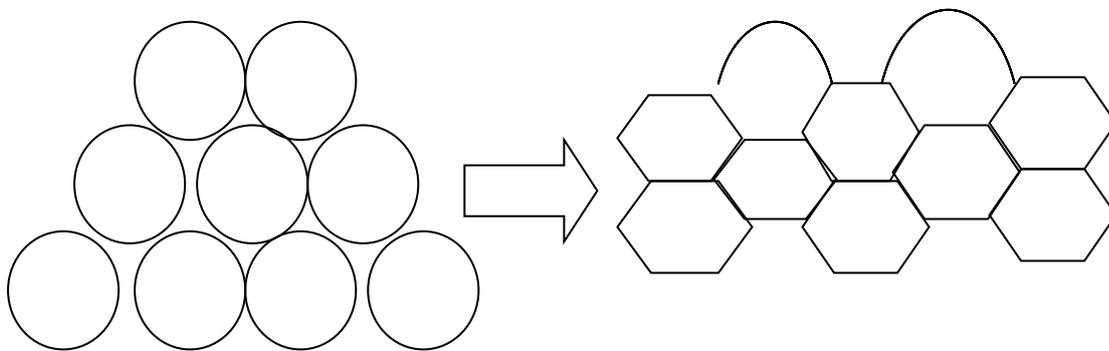
Bei genauer Betrachtung von Schneekristallen, werden Sie eine ausschließlich sechszählige Symmetrie finden. Die formale Ordnung - Struktur - wird von der Kristallographie quantifiziert. Die gestaltenden Kräfte der Kristallisation von Wasser zu Eis und Schneeflocken ergeben sich aus einem Phasenübergang (Symmetriebruch mit Symmetrieabnahme) in einen energieärmeren Zustand, wobei Kristallisationsenergie ($-\Delta H$) freigesetzt wird. Dazu kommt m.E. die Zunahme der Entropie ($+\Delta S$), die aus der Abnahme der Symmetrie resultiert, (flüssiges Wasser ist von höherer Symmetrie als Eis. Siehe dazu die Symmetriediskussion im ersten Teil des Buches).

Ein Beispiel für $+\Delta S$, also Entropie-Zunahme:

Bezeichnenderweise finden wir diese Sechszähligkeit im Zusammenhang mit Selbstorganisation auch im Kontext von Leben. Schauen Sie sich eine Bienenwabe an, deren hochgeordnete Struktur aus sechszähligen Röhrchen aufgebaut ist. Diese Form führt zu einer optimalen Flächenausfüllung ohne leeren

Zwischenraum. Vergleichbare Flächenerfüllung treffen wir auch bei den Facetenaugen der Insekten oder der Gestaltung eines Schildkrötenpanzers usw.

Im Sommer, wenn die Ernte eingebracht wird, finden wir auf den gemähten Feldern oft dicke, runde Walzen aus maschinell zusammengespresstem Stroh. Wenn diese Walzen dicht an dicht aneinandergelegt werden und eine zweite und dritte Schicht darauf gelagert wird, formen die Kontaktflächen, unter dem Einfluss des Eigengewichts, also der Gravitation, Sechsecke:



Selbstorganisierte Formung von Strohballen

Es stellt sich, wie im Fall der Bienenwaben, ein energetisch minimierter, leerraumfreier Zustand, bei optimalem Flächen (Raum) Nutzung ein. Es ist nämlich nicht so, dass Bienen einen genauen Bauplan für die Sechseckformation "im Kopf" haben (Kepler soll Bienen als Mathematiker eingestuft haben). Vielmehr formt sich dieses Muster ganz von selbst, wenn die zunächst rund aufgebauten Röhrchen bei geringer Erwärmung, für die die Bienen selbst sorgen, in diesen energetischen Tiefstand übergehen. Allerdings ist m.E. Voraussetzung, dass die Waben in einem Rahmen ruhen und nicht waagrecht liegen. Nur so kann die Gravitation auf jedes Röhrchen formend eingreifen, wie es ja auch im o.a. Strohballen Beispiel der Fall ist. Und nur so kann der Einfluss von Gravitationsenergie minimiert werden. Die Abnahme der Freien Energie G der Wabenstruktur resultiert aus der Freisetzung der Deformationswärme $-\Delta H$.

Allgemeine Randbetrachtung zu Polygonen

Warum aber gerade Sechsecke? Was ist mit Drei-, Vier- und Fünfecken und was mit anderen Vielecken, auf kugelförmigen oder anders gekrümmte Flächen (Kugeln)?

Durch Probieren werden Sie herausfinden, dass sich ebene, viereckige Flächen mit Drei-, Vier- und Sechsecken, deckend ausfüllen lassen. Es bleiben keine Leerstellen bis auf die Randbereiche bei Sechsecken. D.h. Bienenwaben könnten auch drei- oder viereckig sein, was sie aber aus energetischen Gründen durchgehend nicht sind.

Mit Fünfecken ist das nicht möglich, ebensowenig mit Sieben- oder Achtecken oder Kreisen. Das gilt allerdings nur für Ebenen. Es bleiben, abgesehen von den Randbereichen immer Leerstellen; abgesehen von Kugeln und gekrümmten Flächen.

Es gibt also zwei Klassen der Flächenbedeckung von Ebenen: solche ohne und solche mit Leerstellen:

1. Ohne Leerstellen:
Dreieck, Viereck, Sechseck

2. Mit Leerstellen:
Fünfeck, Siebeneck und alle weiteren, einschließlich Kreis

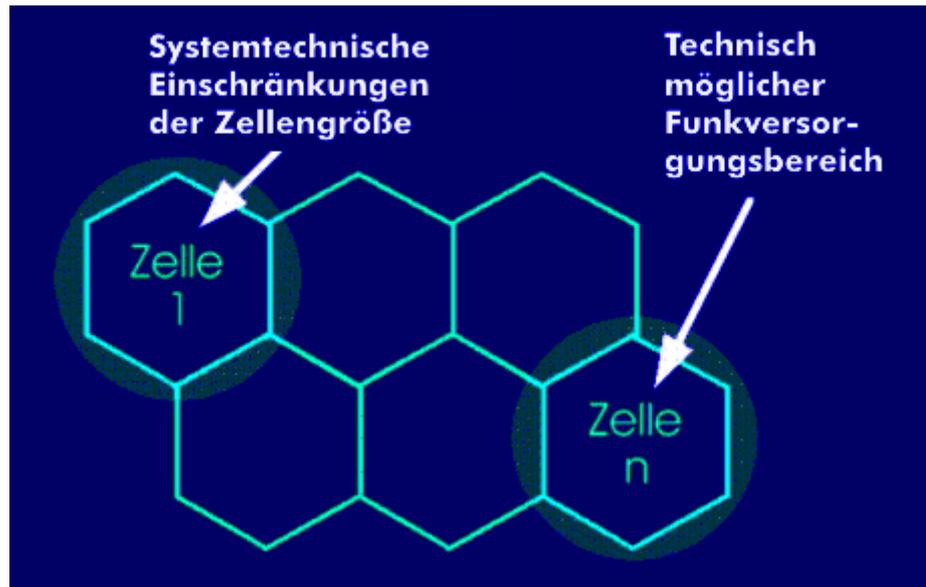
Diejenigen mit Leerstellen machen m.E. für Bienenwaben keinen Sinn. Es wäre Platz- und Ressourcenvergeudung. Das Präferieren von Sechsecken muss energetischen Grundsätzen folgen. Einsichtig ist zumindest, dass im Sechseck die geringste Winkelspannung vorliegt. Die Betrachtung gilt m.E. nur für ruhende Systeme. Bei Bewegung wird das Gravitationsfeld ständig gestört.

Berechnet man die Fläche von 3 Polygonen, dem gleichseitigen Dreieck, dem Quadrat und dem regelmäßigen Sechseck, bei gleicher Seitenlänge a so ergibt sich:

Dreieck	$a^2 \times 0,5$
Viereck	$a^2 \times 1$
Sechseck	$a^2 \times 3$

Sie sehen, dass die Einheit Sechseck bei gleichem Seitenaufwand a^2 die größte Fläche abgrenzen kann: Grenzflächenminimierung.

Dass eine Flächenaufteilung mit Sechsecken Vorteile bietet sieht man auch in der heutigen IT-Technologie:



Die derzeit betriebene Tele- und Datenkommunikation von und zu mobilen Endgeräten geschieht über Basisstationen mit Sendern und Empfängern, wobei die Versorgungsgebiete, d.h. die Reichweite der jeweiligen Basis-Sender, die Größe einer Funkzelle ausmachen. Theoretisch sind diese Funkzellen sechseckig in Form eines Wabenplans, praktisch wohl eher kreisförmig mit gewissen Überschneidungen
Kopie aus: IT Wissen.info, Technologiewissen online

Grundsätzliche Frage: Wird die Summe der Fläche der Leerstellen umso geringer, je größer die Kreise sind oder umgekehrt?

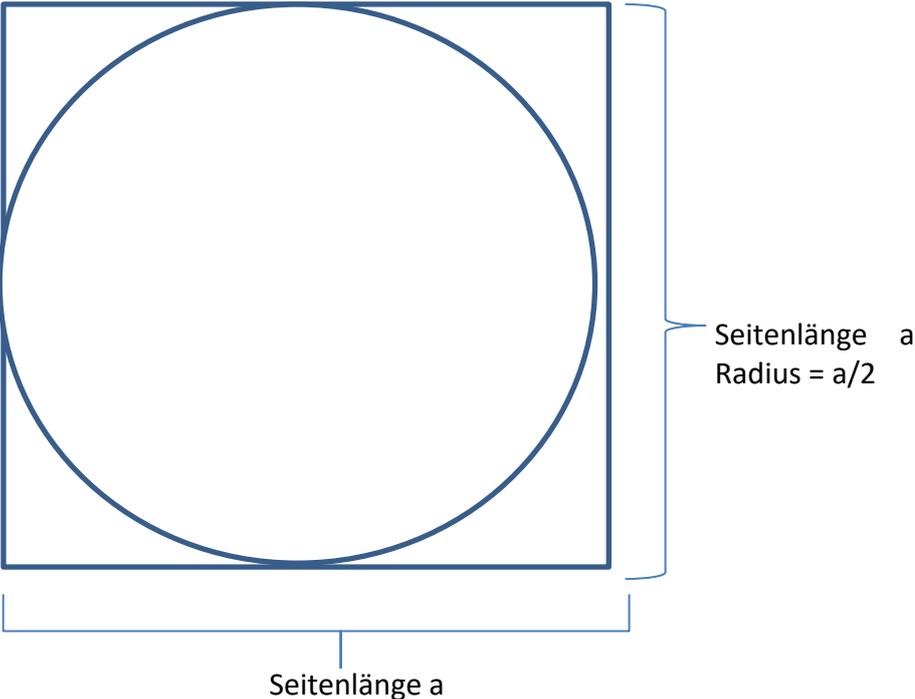
Überlegung: Wenn wir eine Fläche mit vielen, einander berührenden Kreisen betrachten, könnte man u.U. a priori konstatieren, dass mit immer kleineren Kreisen immer weniger Leerraum um die Kreise übrig bleibt. Stimmt das?

Jedermann kann sich einen Kreis bzw. vier, acht, sechzehn usw. einander berührende Kreise, anliegend, in einem Quadrat vorstellen. Es bleibt ein endlicher, berechenbarer Leerraum. Wir denken uns die Kreise durch immer kleiner werdende Kreise ersetzt. Wird der verbleibende Leerraum, bei einem Schrumpfen der Kreisradien ebenso schrumpfen? Legt man um jeden dieser Kreise ein anliegendes Quadrat, bleibt der Leerraum in jedem dieser Quadrate prozentual der gleiche wie bei einem einzigen anliegenden Kreis im Quadrat.

Antwort: Die Summe der Leerräume bleibt genauso groß wie bei einem einzigen, anliegenden Kreis nämlich: $a^2 - \pi \times a^2 / 4$

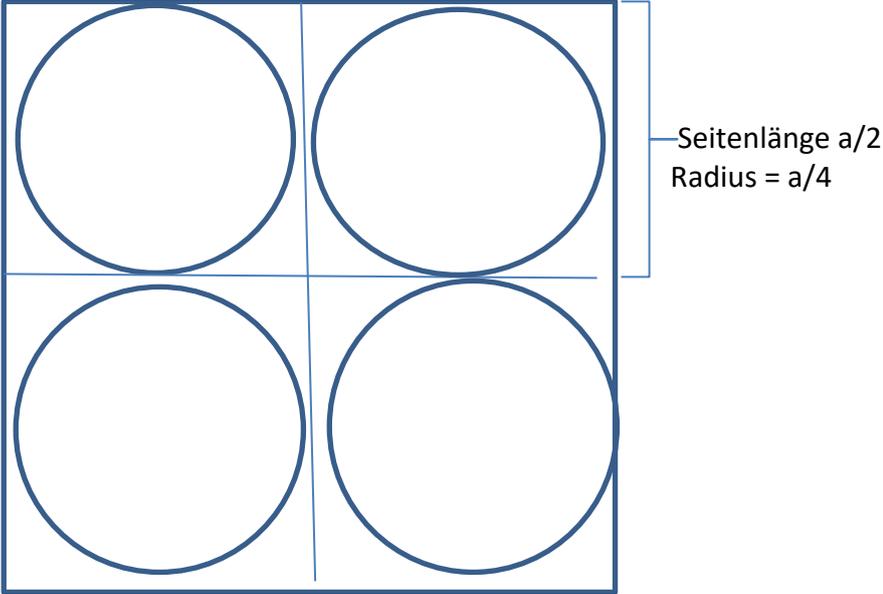
Beweis:

1 Kreis:



Leerraum = $a^2 - \pi \times a^2 / 4$

4 Kreise:



$$\text{Leerraum} = 4(a^2/4 - \pi \times a^2/16) = a^2 - \pi \times a^2/4$$

Für 16, 32 usw. Kreise ist der gleiche Befund anzunehmen.

Vergleichbares nehme ich für Kugeln an. Allerdings gibt es da auch verdichtete Kugelpackungen in der die Kugelschichten in o.a. Bild soweit verschoben sind, dass die Schichten nicht top gelagert sind, sondern in den Kuhlen zwischen darunter liegenden Schichten.

- Und was ist mit der Entropie

Die freien Flächen zwischen den Kreisen (das gilt m.E. auch für Räume mit Kugelfüllung, wobei ich unwillkürlich an Zellen denken muss und daraus auf die limitierte Zellgröße schließe) könnten einer höheren, (geringeren?) Ordnung entsprechen als die leerstellenfrei Flächen bei beispielsweise Sechsecken. Dementsprechend müsste die Entropie sinken (steigen?), wenn sich Sechseck-Flächen einstellen. Also Entropie-Erniedrigung (Erhöhung?).

Wahrscheinlich kann man genauso umgekehrt argumentieren bzw. ist es überflüssig in diesem Zusammenhang über Entropie zu sinnieren.

- Grenzfälle

Annahme: wir betrachten Kugeln und Würfel. Würfel kann man ohne Leerräume und Randprobleme zu größeren, leerraumfreien Gebilden aneinander setzen. Mit Kugeln geht das nicht- es entstehen, abgesehen von den Randproblemen, Leerräume. Eine Anhäufung von Kugeln muss also mehr leeren Raum – mehr Nullpunktsenergie – beinhalten als eine Anhäufung von Würfeln. Mehr Nullpunktsenergie – höhere, (geringere) Entropie?

Wie gesagt kann eine quadratische Fläche mit Sechsecken frei von Leerflächen belegt werden; allerdings bis auf die Randbereiche der 4 Quadratseiten. Dort bleiben unvermeidlich Leerflächen, wenn man keine halben Sechsecken einbezieht.

Ein Quadrat kann mit Kreisen nicht frei von Leerflächen belegt werden. Zusätzlich bleiben an den 4 Quadratseiten unvermeidlich weitere Leerflächen.

Betrachtet man eine zu belegende, große Fläche z.B. auf einer sehr großen Kugel, entfallen die Randbedingungen nicht; sie werden aber geringer. Sie wachsen linear, während die Fläche quadratisch wächst. Bei Kugeln müsste gelten: die Randbedingungen wachsen linear, der Kugelraum wächst jedoch in der 3. Dimension. Mit etwas mathematischem „Leichtsinn“ kann man die Randflächen in erster Näherung vernachlässigen.

Betrachtet man eine zu belegende Fläche auf einer sehr kleinen Kugel, entfallen die Randbedingungen auch nicht. Kugel bleibt Kugel.

Was geschieht aber in einer Annäherung, wenn die Kugeldurchmesser gegen null gehen und damit die Krümmung gegen unendlich? Es handelt sich dann um eine Krümmungssingularität, wie sie für Schwarze Löcher beschrieben wird, die alle Masse enthält und die Quelle der Gravitation Schwarzer Löcher ist. (Spektrum.de Lexikon der Astronomie, Singularität)

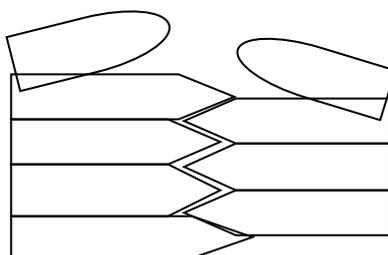
Ich gehe davon aus, dass Folgendes für einen Raum, den wir mit immer kleiner Kugeln auffüllen, gilt. Im Sinn der Energieerhaltung müsste jeder immer kleiner werdende Leerbereich der Kugeln weniger Energie pro Leerstelle einschließen als die Leerbereich zwischen wenigen großer Kugeln. In der Summe müssten beide Systeme aber jeweils den gleichen Gesamtenergieinhalt haben.

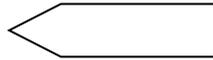
Wenn wir eine einzelne kleine Kugel betrachten, muss er, je kleiner der Radius wird, immer stärkere Krümmung verwirklichen. Grenzwert wäre Krümmungssingularität. Was geschieht, wenn wir in einem solchen Raum von sehr kleinen Kugeln alle bis auf eine wegnehmen? Blicke dann die gesamte Energie (Nullpunktsenergie) auf dieser Kugel übrig? Die Nullpunktsenergie ist nach wie vor da, und wird infolge der starken Krümmung der Kugel (Singularität) fixiert. Das wäre ein Ergebnis, wie es der ART entspricht. Was geschieht mit der Gravitation? Wird sie negativ, als Ausgleich für die positive Nullpunktsenergie? Denn energielos kann der Raum nicht werden. Ein Zustand, der einer Quantenfluktuation entspricht, und zwar einer ganz besonderen: der Quantenfluktuation, die zum Urknall führte. Natürlich kann man nicht annehmen, dass es im Bereich der Nullpunktsenergie, also im Quantenvakuum, nur eine einzige Quantenfluktuation gibt. Man kann aber argumentieren, dass der hoch symmetrische Zustand einer Phase von sehr vielen gleichen Quantenfluktuationen instabil ist, wie eben erfahrungsgemäß hohe Symmetrie instabil ist. Sie bricht, indem sich in einer einzigen Quantenfluktuation sehr viel Energie als Maximum der Symmetrie kumuliert hat und dann in einer Folge von Symmetriebrüchen und den Temperatursturz auf immer tieferem, letztlich materiellem Niveau stabilisiert.

Ein weiteres Beispiel, sind unsere Fingerspitzen, wenn wir sie von den Handinnenflächen aus betrachten



die Fingerspitzen aneinanderpressen, ergibt sich schematisiert von selbst folgendes Bild:





Es bilden sich gerade, d.h. verkürzte Berührungslinien.

Ein anderes Beispiel für Selbstorganisation: Sicher hat der eine oder andere schon einmal einen Ruderwettbewerb gesehen. Harmonisch scheinen z.B. in einem Achter die Ruderer auf synchronen Bewegungsablauf getrimmt worden zu sein. Nun ist es aber nicht so, dass jeder einzelne Ruderer völlig autark für sich arbeitet. Vielmehr ergibt sich aus der Notwendigkeit eines minimalen Leistungsaufwands ein Synergieeffekt. Jeder Einzelne muss, um die Synergie zu maximieren, in einem sich selbstorganisierenden Bewegungsablauf arbeiten. Bewegt er sich auf seiner Rollbahn zu schnell oder zu langsam, kollidiert er unweigerlich mit seinem Vorder- oder Hintermann. Zieht er mit weniger oder mehr Kraftaufwand als seine Mitstreiter, schadet er der Mannschaftsleistung oder verausgabt sich. Synergie erwächst aus der Rhythmusvorgabe des Schlagmanns, der sich alle anderen Ruderer im Sinn einer Erfolgsmaximierung unterordnen.

Helixbildung und Faltung von Proteinen sind schon erwähnt worden und durch das Wirken van der Waalscher Kräfte²⁴⁰ bzw. Wasserstoffbrücken-Bindungen erklärbar.

M.E. ist eines der plausibelsten Beispiele für Selbstorganisation, die außerordentlich begrenzte Zahl von möglichen, aus chemischen Elementen bestehenden Molekülen. Wenn man die 92 chemischen Elemente als ein Potential von unbegrenzten, willkürlichen Kombinationen zu Molekülen betrachtet, kommt man zu unendlich vielen Variationszahlen, die jenseits jeglicher Vorstellbarkeit liegen. (Man kann sich ja jede Kombination von Atomen unendlich oft durch eine weiteres Atom erweitert vorstellen). Tatsächlich ist es aber so, dass die zwar sehr große Zahl real existierender Moleküle trotzdem nur einem winzigen Bruchteil der mathematisch - kombinatorischen Variationsmöglichkeiten entspricht. Nur ein verschwindender Anteil dieser Variationen kann aufgrund der Gesetze der Quantenmechanik überhaupt stabil existieren.

Was steht hinter der Selbstorganisation, von der wir ja unterschiedliche Offenbarungen beobachten? Zum einen, aus rein physikalischer Sicht, scheint ein Treiber das bereits mehrfach angesprochene Streben nach Verminderung des Gesamtenergie-Status also des Potentials in einem abgeschlossenen System zu sein. Zum Zweiten ist der Gedanke an ein noch verborgenes Prinzip nur schwer

verdrängbar, solange Phänomene Menschen unerklärlich erscheinen. Schon Aristoteles hat sich mit dieser Frage beschäftigt und in Form der "*Entelechie als Eigenschaft von etwas, sein Ziel in sich selbst zu haben*" (WIKIPEDIA) diskutiert. Die Metaphysik hat diesen Begriff in vielfältiger Form aufgegriffen. U.a. findet sich das zugrunde liegende teleologische Denken bei Thomas von Aquin, in der Monadenlehre von Leibniz, bei Goethe und im Vitalismus oder Spinoza.

Trotz der Tiefgründigkeit dieser Gedankenwelten steht man aber m.E., wie eingangs erwähnt, auch in diesem Weltbild nur vor neuen Türen, hinter denen sich Unbekanntes verbirgt. Es sei denn, man resigniert und nimmt Zuflucht zu Wundern und Übernatürlichem. Einer Zielführung unreflektiert zuzustimmen, heißt aber selbstverschuldete Entmündigung. Wer oder was gibt das Ziel vor? Nun kann man einwenden, dass die Zielvorgabe ja nur dazu diene, die Krönung, den bewussten Menschen zu schaffen (für mich ein anthropozentrischer Chauvinismus). Mit dieser Krönung sei ein Mündigwerden erreicht worden. Ganz offensichtlich wurde die Zielführung aber durch den zeitgenössischen theologischen Hintergrund und damit Gottgläubigkeit im jeweiligen Kulturkreis konstruiert. Das ist verständlich, da noch mehr "Unbekanntes" als heute das Denken einengte. Und schon befinden wir uns in der Welt des Glaubens, auf die ich im Abschnitt 3.8 „Warum“, noch eingehe. Manche Autoren gehen soweit, den heutigen mechanistischen Wissenschaftsstand grundsätzlich in Frage zu stellen und als Ersatz auf das diffuse Konstrukt von "morphischen Feldern" auszuweichen. Was ist damit erreicht? Ein Konglomerat von nicht messbaren subjektiven Wunschvorstellungen. Dazu kommt eine nur vordergründige Behandlung von ernst zu nehmenden Fragen hinsichtlich der Holistik – Ganzheitsbetrachtung (Sheldrake, 2012). Es ist aber nicht zu übersehen, dass die Naturwissenschaften bis in die letzten Jahrzehnte in dieser Beziehung Antworten schuldig sind. Kann Spinozas²⁴¹ Vorstellung von einer gottgleichen „unendlichen Substanz“ ruhig stellen?

2.2.13 Urzeugung des Lebens

Thema: In einer durch die Physikalische und die Chemische Evolution entstandenen anorganischen – organischen Umwelt, finden sich die Voraussetzungen für eine Biologische Evolution. Evolutionstheorie von Charles Darwin. Wie die „Initialzündung“ zur Lebensentfaltung erfolgte, ist unbekannt.

Die sich unweigerlich aus der anthropologischen Lebens- und Bewusstseinsentfaltung ergebende philosophische Frage aller Fragen „Woher kommen wir, wohin gehen wir“, hat die Menschheit seit Urzeiten bewegt und bis heute zu keiner alle Menschen befriedigenden Antworten geführt. Das gilt sowohl für Jenseitsbeschwörung wie z.B. Kreationismus oder Intelligent Design, für Vitalismus (Lebenskraft) und Panpsychismus (Geist, Seele) aber auch für die

naturwissenschaftliche Betrachtung. Allerdings sieht sich die Naturwissenschaft diesbezüglich nicht in der Pflicht. Diese offenen Fragen sind, wie bereits erwähnt, die Wiege aller Religionen.

Scharlatane, Priesterkasten, Amtskirchen, Theologen, Philosophen und Wissenschaftler haben sich bemüht den Ursprung, vor allem aber den Sinn des menschlichen Daseins zu ergründen.

Wie sagte schon Marc Aurel: „*Die Welt ist entweder das Ergebnis einer Ursache oder eines Zufalls...*“? (Siehe: Einleitung). Es ergibt sich die Frage: War es ein Schöpfungsakt oder ist Leben spontan aus dem "Nichts" entstanden? Werden wir eine Antwort finden?

Lassen wir den religiös verbrämten Begriff des Schöpfungsakts, als nicht von der Naturwissenschaft zu beantworten beiseite, und widmen wir uns den Fakten, die die Entstehung von Leben als zumindest terrestrisches Phänomen zu erklären versuchen.

Bis zu den entscheidenden Experimenten von Louis Pasteur²⁴² glaubte die Wissenschaft weitgehend an spontane Lebens-Entstehung: an eine Urzeugung. Denn offensichtlich entstand Leben ganz natürlich: Maden bevölkerten unvermittelt altes Fleisch, in ausgetrockneten Seen schwammen nach erneutem Wasserzulauf bald wieder Fische, Asseln wimmelten aus dem Dunkel feuchter Keller-ecken hervor usw. Aus dem "Nichts" schien Leben zu erwachsen. Pasteur war es, der die Ursache mittels eines Mikroskops in der Allgegenwart von Mikroorganismen wie Bakterien erkannte und der Wissenschaft diese bisher unsichtbare Welt und ihre möglichen Gefahrenpotentiale eröffnete.

Louis Pasteur wies nach, dass durch Ausschluss von Mikroorganismen die Maden- oder Schimmelbildung verhindert wurden. Er entwickelte die Vorstellung, dass „Leben aus Leben entsteht“, die zwar im Ansatz richtig ist, aber den entscheidenden Schwachpunkt hatte, dass auch damit der Ursprung nicht fassbarer wurde.

Entscheidend und weitgehend anerkannt ist heute die Theorie einer biologischen Evolution.

2.2.13.1 Von der Chemischen- zur Biologische Evolution

Mit diesem Thema sind wir am Kern aller naturwissenschaftlichen Fragen zum Phänomen Leben angelangt soweit man den empirischen Ansatz akzeptiert: Wie und wann spielte sich der Übergang von unbelebter anorganischer bzw. organischer Materie hin zu der belebten Natur ab?

Zunächst muss bekannt werden, dass es bisher keine tragfähige Antwort gibt. Anorganische Bausteine also chemische Elemente, aber auch Moleküle, könnten mathematisch-kombinatorisch gesehen, zu unfassbar vielen Verbindungs-

Variationen führen. Kauffman (Kauffman, 1995, S. 74) beschreibt in seinem Buch „Der Öltropfen im Wasser“ beispielsweise eine solche Rechnung, die aber das Prinzip der Selbstorganisation oder Immanenz (s.o.) außer Acht lässt. Die Wahrscheinlichkeit zur Bildung eines wirksamen Enzyms aus 200 α -Aminosäuren liegt bei $1:10^{20}$, und für die Verdopplung eines Bakteriums durch das Wirken der notwendigen 2000 Enzyme, ergäbe sich die Wahrscheinlichkeit von $1:10^{40000}$. D.h. ziemlich unwahrscheinlich bzw. unmöglich!

Solche theoretisch gigantisch viele Stoff-Kombinationen werden aber in der Natur, wie bereits ausgeführt, nicht beobachtet. Vielmehr führen Gesetzmäßigkeiten des atomaren Aufbaus der Elemente und Energiebarrieren - ich habe sie als ordnungsschaffende Immanenz bezeichnet - zu einer radikalen Reduzierung der denkbaren Vielfalt. Nicht jedes Element oder Molekül reagiert mit jedem anderen in x-beliebigem Ausmaß. Das lernen Sie bereits zu Anfang des Chemieunterrichts. Die naturgesetzliche Beschränkung der chemischen Reaktionsvarianten ist eine der Leitlinien, die uns als eine Regel der Selbstorganisation - letztlich Quantenmechanik - entgegentritt und sozusagen beschränkend und damit ordnend eingreift. Nur ein winziger Bruchteil der theoretisch denkbaren Element- bzw. Molekül-Kombinationen, wird verwirklicht. Ursache ist, dass die allermeisten Reaktionen energetisch keinen Antrieb haben bzw. nicht möglich sind, weil kein Potential für Interaktionen bestehen; 99,9 % der denkbaren Kombinationen sind undurchführbar.

Wenn dem nicht so wäre, müsste vom Standpunkt der Entropie-Entfaltung aus gesehen, eine geradezu unendlich Ordnungsgestaltung, also Entropieerniedrigung möglich sein. Das würde aber eine nahezu unendliche Energiebereitstellung erfordern, da die Mehrzahl der Reaktionen Treiber-Energie benötigen.

Summarisch betrachtet, ohne die konkreten Abläufe zu kennen, muss es durch energetisch initiierte Interaktionen nach den quantenmechanischen Regeln der Selbstorganisation chemischer Bausteine, zu synergistischer Entfaltung von kleinsten Lebenszyklen in Zellen gekommen sein (siehe Abschnitt: 2.4.3 In Membran-Systemen entstehen Proteine).

Zellen und ihre wässrige Matrix im Inneren sind der Schlüssel zum Leben. Ihre Formierung ist der wahrscheinlich wichtigste und zukunftssträchtigste Impuls auf dem Weg zum "Urknall" des Lebens. Zellen können mit der Umgebung, über Kreisläufe von energiegetriebenen organisch-anorganischen Materiewandlungen, Strukturen und Aktivitäten aufbauen, die in Eigendynamik und partieller Unabhängigkeit münden.

Immanenz in der Chemie der Zelle, eigentlich schon Selbstorganisation, begegnet uns z.B. in der Morphologie von Proteinen, Kohlehydraten, Lipiden und Nukleinsäuren. Z.B. entstehen in der Zelle durch das Wirken der Ribosomen (s.u.) die

in der DNA vorgegebenen Polypeptid-Ketten aus einzelnen α -Aminosäuren. Vorwiegend durch Wasserstoffbrückenbindung, Ladungsausgleich im Molekül und Disulfid-Brücken in diesen Ketten, entwickeln sich aus diesen Polypeptiden selbststeuernd, die spezifischen Primärstrukturen der Polypeptidhelices. Daraus formen sich durch die beschriebenen zwischenmolekularen Kräfte aus dieser Helix, immer wieder die strukturell völlig gleichen Sekundär- und Tertiärstrukturen. So entstehen z.B. die Myriaden von hochkomplexen Enzymen, die allen Stoffwechsel in der Zelle katalytisch abwickeln. Ab einer bestimmten Anhäufung treten Peptidstrukturen aus dem molekularen Mikrokosmos, zellular verknüpft, in den sichtbaren Makrokosmos, wie z.B. in Haaren, Muskeln, Bindegewebe bzw. Collagen usw. Die Aufeinanderfolge von α -Aminosäuren, die das Protein bilden, verwirklicht durch die Arbeit des Ribosoms, legt durch das Wirken der Wasserentropie und die beschriebenen Interaktionskräfte ihrer atomaren Bausteine die Primär- bis Tertiär-Strukturbildung fest. M.E. sind das die Bausteine der Selbstorganisation.

Die Bildung von Helixstrukturen in DNA, von Membranen aus Lipiden, oder Helixform von Stärkemolekülen, bestehend aus Glukose-Einheiten, sind weitere Beispiele für diese chemische Selbstorganisation. Kein lenkender Eingriff von außen ist dazu notwendig da letztlich punktuell ein energieärmer Gesamtzustand verwirklicht wird.

Der Motor bzw. Energielieferant dieser gesamten selbstorganisierenden Vielfalt in einem verwickelten Konzert von Kreisläufen, ist die Sonnenenergie. Denn ohne Energiezufuhr können keine organisationsfähigen Moleküle entstehen. Allerdings muss die gigantische Sonnen-Kraft herunter gebrochen werden auf ein Niveau, das den minimalistischen Bedürfnissen von irdischem Leben gerecht wird. Auf diesen wesentlichen Punkt komme ich an anderer Stelle zurück.

Zelleinheiten können als höhere Zellgemeinschaften in biologischen Systemen selbstergänzend zusammenwirken. Sie können sich verdoppeln bzw. vervielfachen und sind aus sich heraus bewegungsfähig, wenn es bei den Pflanzen auch „nur“ das Wachstum von Wurzeln und Ästen ist.

Wie bereits ausgeführt, können die meisten rein mathematisch-kombinatorisch aufzählbaren chemischen Reaktionen terrestrisch nicht eintreten. Der Rest an tatsächlich möglichen Kombinationen muss aber eine Mindestkomplexität von Reaktionsprodukten erzeugen, die dann Voraussetzung für den Sprung der toten Materie in das Leben gewährleistet. Diesen Gedanken finden Sie ausführlich dargestellt bei Stuart Kauffman (Kauffman, 1995), einem Vertreter der Chaostheorie. Eine Aufspaltung in Komplexität ist ja ein generell zu beobachtender Trend von Leben. Aus Einzellern bilden sich wuchernde Mehrzeller und daraus Pflanzen und Tiere, wenn man ihnen ausreichend Zeit lässt. Die ursprünglich einfachsten Mehrzeller der Biologie entfalten sich im Lauf der Evolution in immer

komplexere Verzweigungen um dieses Mehrzellensystem synergistisch angepasst, überlebensfähiger zu machen. Es entstehen in Pflanzen hoch differenzierte und damit effektive Wurzel-, Ast-, Blatt- und Leitungsvernetzungen. Ungebremst äußert sich diese Fähigkeit in der Krebsbildung. In Tieren und Pflanzen haben sich gigantisch verzweigte Logistik-Systeme formiert, siehe z.B. den Blutkreislauf oder Nervenetze.

Leider wird mit diesem Vitalitäts-Gedanken, heraus aus einer sich entfaltenden selbstorganisierten Mindestkomplexität, der Quantensprung in die erste Lebensäußerung nicht greifbarer. Man kann sich allerdings vorstellen, dass es sich bei der von Kauffman in die Diskussion gebrachten gesteigerten Reaktivität um die katalytische Aktivität hoch differenzierter, aber sehr verwandter organischer Moleküle handeln könnte; Moleküle, deren Energiebarrieren für Interaktionen niedrig liegen. Solche niedrige Energiebarrieren sind z.B. dann gegeben, wenn Wasserstoffbrücken zwischen den Molekülen entstehen, die mit den bipolaren Wasserstoffbrücken des ubiquitären Lösungsmittels Wasser interagieren können. Vergleichsweise sind die u.a. Versuche von Miller, Lebensmoleküle zu erzeugen, viel zu grobschlächtig. Nicht Blitzentladungen in heißen Suppen aus Wasser und Ur-Gasen sind unbedingt notwendig. Geeigneter könnten passende Energiepäckchen sein, portioniert aus der Kontinuität von Sonnenlicht. Selbstorganisorisch gebildete Coacervate in lauwarmen, sauerstofffreien, wässrigen Brühen, könnten in ihren kleinen offenen Welten aus Grundsubstanzen wie Adenin, Phosphat und Glukose passende Energietransporter (ATP) für Reaktionszyklen zur Bildung von Lipiden, Aminosäuren, RNA usw. formiert haben.

Dass es solche Molekülbildungen gab und gibt, ist eindeutig belegt durch die Erkundungen des Kometen 67P/Tschurjumov-Gerasimenko (s.o.): Das Minilabor des Landers Philae der Rosetta-Mission, hat eine ganze Reihe von Substanzen wie Methyl-Isocyanat, Aceton, Propionaldehyd und Acetamid gefunden (Science 30.07.2015).

Die Frage, warum aus lebenden Einzellern komplexe Mehrzeller wie Tiere, Pflanzen usw. erblühten, ist gegenüber diesem Urereignis nicht so bewegend, da diese Entwicklung in vielen Punkten leichter nachvollziehbar und erklärbar ist. Der Quantensprung in das Leben hat sich dann ja da schon längst ereignet. Es geht dann „nur“ noch um die Frage, was die Evolution aus der lebenden Zelle, dieser Urform des Lebens gemacht hat.

Eine grundsätzliche Annahme sei vorausgeschickt: Es sprechen viele Fakten dafür, dass auf unserer Erde vor sehr langer Zeit, es dürften 3,5 – 4 Milliarden Jahre sein, Bedingungen herrschten, die diesen ominösen, spontanen Übergang von der toten Materie, der Anorganik, zu Leben ermöglicht haben. Die damaligen Bedingungen haben sich aber bis heute strukturell, geologisch, meteorologisch,

energetisch und hinsichtlich der anorganischen Ressourcen grundlegend verändert. Ursache dafür ist u.a. die Vielfalt und ubiquitäre Dominanz, der bis heute entstandene Lebensformen. Das Leben hat in diesem Zeitraum sozusagen ständig seine eigene Entfaltung in seinem Umfeld evolutionär optimiert und leider die Ausgangsbedingungen für seine Bildung vor 3,5 – 4 Milliarden Jahre völlig verwischt; damit sind die Schiffe hinter sich verbrannt. Leben ist heute allgegenwärtig. Unsere gesamte Erdoberfläche strotzt in jedem Kubikzentimeter unglaublich dominant von millionenfachem mikrobiologischem Leben. Eine Rückentwicklung und Simulation der Ausgangsbedingungen für den biochemischen Start ins Leben, ist und bleibt verschlossen, was ja auch einer der Kernsätze der Evolutionstheorie ist. Die Spurensuche mutete aussichtslos an.

Dieses Statement der Wissenschaft der verlorenen Wegweiser, wurde ab Februar 2011 relativiert. Johanna Lippmann-Pipke von der Forschungsstelle Leipzig des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR) et al, hatte im Fachmagazin „Chemical Geology“ einen Befund veröffentlicht, der fast ein bisschen an den Umdenkprozess nach Ozi, den Mann aus dem Eis erinnert. In den südafrikanischen Goldminen des Witwatersrand Basins, wurde in 3000 m Tiefe salzhaltiges Grundwasser entdeckt, das etwa 2 Milliarden Jahre alt sein könnte. In diesem Wasser sollen die ältesten mikrobiologischen Ökosysteme existieren. Darin finden sich angeblich Mikroorganismen, die ohne Licht und organische Nährstoffe, ausschließlich von dem zur Verfügung stehenden anorganischen Umfeld, also lithotroph leben. Damit könnte ein neuer Denkansatz initiiert werden. Diese Mikroorganismen müssten vernünftigerweise eine der ersten und ursprünglichsten Lebensformen der Erde repräsentieren. (Dapd/dpa.) Sollte sich dieser Befund bestätigen, dürfen wir auf die weiteren Forschungsergebnisse mehr als gespannt sein. Zumindest könnten repräsentative Umweltbedingungen ermittelt werden und eine Basis für Untersuchungen im Sinn der o.a. Versuche von Stanley Miller und Harold Urey geschaffen werden.

Damit ist aber auch ein systematisches kanonisches „Nachbauen“ von Leben aus unserer heutigen Ressourcen bisher unmöglich, da wir die systemrelevanten energetischen Umstände und die damals dominanten molekularen Bedingungen, noch vor Bildung der oben beschriebenen Stoffkreisläufe, nicht exakt genug kennen.

Um dennoch diesem großen Geheimnis näher zu kommen, bleiben nur Rekonstruktionen, die erhellen können, wie wir uns diese Ur-Situation vorzustellen haben. Dazu müssen viele wissenschaftliche Fakultäten wie Geologie, Paläontologie, Chemie, Mikrobiologie, Physik usw. ineinandergreifen und versuchen, die Erkenntnisgrenzen synergistisch immer tiefer in die Vergangenheit zu schieben. In gewisser Weise erinnert das an die Erforschung des Urknalls. Es muss nämlich ein Bruch, ein regelrechter „biologischer Urknall“ stattgefunden haben, der in seinem Ursprung bisher genauso ungeklärt ist wie der kosmologische, wenn

auch auf einem völlig anderen Energieniveau und sicher nicht beschränkt auf unser kleines Sonnensystem und unsere Erde.

Man ist versucht, in einem uns allen gegenwärtigen Phänomen die Antwort zu suchen: Für jedermann ist es offensichtlich, dass ein Toter sich in den ersten Stunden nicht von einem Schlafenden also einem Lebenden unterscheidet soweit er nicht gewaltsam verstarb. Trotzdem wissen wir, dass im Tod ein physisches, unumkehrbares Ende eintritt. Wodurch unterscheiden sich die Lebenden in diesen Momenten von den Toten?

Wir wissen, dass das Herz stillsteht, dass der Körper abkühlt, dass es keine Verhaltensreaktion mehr gibt usw. All das tritt innerhalb von wenigen Minuten ein. Was ist geschehen? Schon in der Antike war die Antwort: Die Seele ist aus dem Körper unwiederbringlich verschwunden. Es ist also kein allzu ferner Gedanke in der Umkehrung die Antwort zu suchen. Einem physiologisch funktionsfähigen Wesen wurde Psyche – Seele – eingehaucht. Ist das die Antwort? M.E. stehen wir damit nur vor einem Abgrund weiterer Unerklärbarkeiten. Es bleibt also nur der Glaube.

Ich sehe zumindest zwei formale Parallelen:

Aus Zuständen zufälliger Materie-Verteilung, mit vergleichsweise niedrigem Informationsgehalt, völlig ungeordnet, mehr oder weniger isotrop, haben sich thermodynamisch gesehen weniger wahrscheinliche Zustände entwickelt. Man könnte das formal gesehen als Ordnungsentfaltung interpretieren, allerdings in ganz unterschiedlichen Energiekategorien:

- Die Urknall-Hypothese impliziert, dass aus der isotropen Singularität anisotrope Ur-Gaswolken und daraus Strukturen in Form von Galaxien, Sterne und Planetensystemen entstanden. Die eingangs beschriebenen Symmetriebrüche haben die weitere Entwicklung in die beschriebenen Bahnen gelenkt.
- Es ist gesichert, dass sich, terrestrisch gesehen, aus einem Sammelsurium von 92 chemischen Elementen, einfache, aber zukunftsfähige Moleküle und interaktive Molekülverbände entwickelten. Diese waren aus chemischer Sicht wenig wahrscheinlich und, thermodynamisch gesehen, formal geordneter als ihre Ausgangsstoffe. Möglich war das aus physikochemischer Sicht nur durch Zufuhr von Freier Energie ΔG aus dem elektromagnetischen Feld der Sonne. Man kann auch elementare Symmetriebrüche ins Feld führen. So z.B. den noch zu erörternden Effekt der Chiralitäts-Entfaltung als grundsätzliches biologisch-physikalisches Phänomen. Chiralität ist das Resultat eines Symmetriebruchs und wurde zu

einem Initiator der Lebensentfaltung durch die Überwindung der Verschwendung racemischer, komplexer Molekülaggregate.

Durch Selbstorganisation, und promoviert von molekularen Energiegradienten, wurden sie zu einer Art gegenseitigen Nahrungs-, besser gesagt Energienutzung fähig. In dieser Phase könnte auch eine besondere Rückkopplung entstanden sein, die sich vielleicht aus dem Massenwirkungsgesetz der Chemie erklären lässt. Eine „Hin“-Reaktion in einer homogenen Phase beinhaltet grundsätzlich das Potential der „Rück“-Reaktion. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit von konzentrations- und energieabhängigen Steady State-Reaktionen in den anzunehmenden offenen Systemen. Diese könnten sich in Stoffkreisläufen stabilisiert haben, die als Motor die Energie von Photonen des elektromagnetischen Felds der Sonne nutzten. Frei Energie ΔG war tagsüber online über Licht-Absorptionskomplexe, auf Basis der sehr früh präbiotisch entstandenen Porphyrin verfügbar. Es wird diskutiert, dass der Tag- Nachtwechsel, zu zyklisch arbeitenden Kreisläufen z.B. durch Zyklus stabilisierende nächtliche Energiespeicherung geführt haben könnte. Über asexuelle Vermehrung wurden neue Wege der synergistischen Kooperation zwischen Einzellern gefunden, die durch Inkorporierung (gegenseitige Vereinnahmung) zu differenzierten Zellhaufen, also komplexem Leben führten. Vermehrung vielleicht als Folge eines Nahrungsüberangebots, das an sich zu immer größeren Zellen geführt haben sollte. Dem sind aber, wie noch erörtert wird, Grenzen gesetzt, da Zelle ab einer kritischen Größe zunehmend funktionsgehemmt sind.

Eines dieser einfachen Moleküle, das in diese Entwicklung in Form eines Kreislaufs eingebunden und unabdingbar für den „Erfolg“ wurden, ist z.B. das Kohlendioxid-Molekül.

Physikochemisch gesehen wurde hohes Entropie-Niveau in niedriges überführt. Natürlich auf Kosten der steigenden Gesamtentropie.

In beiden Gedankenmodellen gelangt man, je genauer man den konkreten Startpunkt bestimmen will, in ein Bereich, der sich bisher dem rationalen, wissenschaftlich-mathematischen bzw. chemischen Zugang verwehrt. Beide, die Singularität oder der spontane Sprung ins Leben, entziehen sich noch immer der völligen induktiven Einsicht. Wir verharren noch in der Kurzsichtigkeit von Plausibilitäten.

2.2.13.2 Evolution

Es sei angemerkt, dass sich meine Ausführungen zu diesem Thema nur an der wissenschaftlichen Oberfläche bewegen. Es gibt ganze Bibliotheken, die den aktuellen Wissenstand beschreiben und infolge von permanentem Erkenntniszuwachs ständig erweitert werden müssen.

Man versteht unter Evolution heute, die von Genen bzw. DNA (Genom) kodierte biologische Fortentwicklung von Organismen über die Generationen und deren Auseinandersetzung mit der Umwelt (Kauffmann: Fitnesslandschaft). Vereinfacht ausgedrückt zeigt sich Fitness in der Vermehrungs- und damit Überlebensfähigkeit von Arten. Sie erfolgt über Keimzellen und führt zur Vererbung von genetischen Populationscharakteristika. Der über das Genom festgeschriebene Genotyp eines Lebewesens, wird in seiner makroskopischen Entfaltung zum Phänotyp.

Zunächst sollen einige Stationen der Theoriebildung angeführt werden:

Jean-Baptiste de Lamarck:

Die Biologie war bis zu den Arbeiten von Jean-Baptiste de Lamarck²⁴³, der 1809 den Begriff Artenwandel einführte und die Untersuchung von Fossilien durch Georges Cuvier²⁴⁴ in dem Erklärungs-Dilemma befangen: „Was war zuerst, Hennen oder Ei“.

WIKIPEDIA: Die Art, ist die Grundeinheit der biologischen Systematik. Die klassische Systematik beschäftigt sich hauptsächlich mit der Einteilung (Taxonomie), Benennung (Nomenklatur) und Bestimmung (Identifizierung) der Lebewesen.



Lamarck präsentierte um 1802 seine Vorstellung von einer Evolution. Die Höherentwicklung von Lebewesen sollte seiner Meinung nach durch wiederholte Urzeugung erfolgen und so die einzelnen Klassen entstehen lassen. Als Nebenprinzip formulierte er die Vererbung von erworbenen Eigenschaften, die zur Artenvielfalt führt.

Vertretbar erscheint mir der Begriff der Urzeugung für die Hypothese der Chemischen Evolution als Voraussetzung für die Biologische Evolution.

Die in einer Generation erworbenen Eigenschaften sind jedoch für die Folgegeneration weitestgehend nicht vererbbar. Das Genom in einer Keimzelle, in Gestalt der für die Vererbung verantwortlichen DNA-Helix, kann ja nicht durch erworbene Eigenschaften des Phänotyps sozusagen rückwirkend, in geänderte Basenfolgen umprogrammiert werden. Das Genom ist in erster Linie für die Bildung von Peptiden verantwortlich. Es ist unmöglich, dass sich z.B. das Koordinationsvermögen, das sich ein Billardspieler antrainiert hat, einen Weg in die Basenfolge seines Genoms findet. Es sei denn, die Fähigkeit entwickelt und festigt sich in ihm, bevor er sich über Keimzellen vermehrt. Aber auch dann wird die Weitergabe nicht durch eine Veränderung der DNA verwirklicht, sondern durch Veränderung der Chromosomen-Aktivierung, durch Epigenetik.

Zu der Interpretation einer genetischen Höherentwicklung durch erworbene Eigenschaften erscheint mir ein interessanter gesellschaftspolitischer Aspekt erwähnenswert: 1870 kam es bekanntlich zur Kriegserklärung Frankreichs an Preußen, bzw. den Norddeutschen Bund. Der für Frankreich unrühmliche Ausgang war Anlass die "Fitness" der französischen Soldatenjugend, mit der der "Turner"-Generation von Deutschland zu vergleichen.

WIKIPEDIA: Als Pierre de Coubertin die Olympischen Spiele 1894 wiedererweckte, war er vom Geist des Neolamarckismus geprägt. In seinem Projekt des "rebroncer la France" wollte er die männliche Bevölkerung Frankreichs nach der Niederlage im Deutsch-Französischen Krieg durch Sport fit machen wie die Engländer, um so die deutschen Turner besiegen zu können. Er ging davon aus, dass man Fitness vererben könne und jede Generation leistungsfähiger würde als die vorherige – wenn sie nur genug trainieren würde.

Dass Fitness durch Training oder Doping erhöht werden kann, ist allgemein bekannt. Nur ist die Weitergabe dieser Fitness nicht über die Gene, der sich fortpflanzenden Sportler möglich.

Dieser Grundsatz der Genetik muss heute allerdings durch die Epigenetik (s.u. 2.4.11.4) ergänzt werden.

Charles Darwin:

Erst durch die Evolutionstheorie von Charles Darwin²⁴⁵, veröffentlicht 1838 und 1858, wurde der Horizont auf breiter Front für die Frage: „Was war zuerst, Hennen oder Ei“ sichtbar. Mit seinem elementaren Ansatz der evolutionären Entwicklung konnte man durch biologische, paläontologische und geologische Befunde auf eine Entwicklungskette zurückgreifen, die belegte, dass es kein „Henne und Ei“ Problem gibt, sondern, dass es vor der Henne oder dem Ei gefiederte Urvögel gegeben haben musste. Diese wiederum stammen von Reptilien ab, die

sich noch früher aus Amphibien als den evolutionären Nachfahren der ersten Knochenfische (Osteichthyes) ableiten, und die im Devon, vor etwa 416 bis 359 Millionen Jahren, im sogenannten Landgang, vom Meer aus, das Land besiedelten. Diese Fische wiederum konnten auf eine sehr lange Vergangenheit bis zu Einzellern zurückblicken. Wenn man also die Entwicklungslinien von Land- und Wasserlebewesen immer weiter zurückverfolgt, findet man sich wieder in grauer Vorzeit, wo Leben in Form von Einzellern geradezu spontan, interpretierbar als Urzeugung, in Erscheinung tritt. Diesen Zeitpunkt, dürfen wir vor etwa 3,5 Milliarden Jahren ansetzen. Weitere Vorläufer können nicht mehr mit unseren Vorstellungen von Leben vereinbart werden. Zuvor regierte der Zustand der unbelebten, ungeordneten und unorganisierten Moleküle, einer toten chemischen Diversität. Wir müssen folgerichtig eine anorganisch-organischer Realität annehmen, die über die Chemische Evolution zur Biologischen Evolution geführt hat. Für dieses anorganisch-organischer Zwischenspiel ist m.E. das Wirken von DNA, zunächst nur als eine Art stoffliches Angebot, vorstellbar.

Einleitend ein Zitat zu dem Begriff Evolution, die man auch als „sich anpassende Entwicklung“ definieren kann:

WIKIPEDIA führt aus: *„Die Evolutionstheorie erklärt und beschreibt die Entstehung der Arten als das Ergebnis von Evolution. Die Biologische Evolutionstheorie beschreibt den Stand der Forschung zu dieser Frage, wobei mehrere, sich im Detail unterscheidende Weiterentwicklungen, der von Charles Darwin erstmals in seinem 1859 erschienenen Buch „On the Origin of Species“ dargestellten Theorie der Evolution durch Natürliche Selektion bestehen. Die Unterschiede zwischen den Evolutionstheorien bestehen hauptsächlich hinsichtlich der Frage, wie sich die verschiedenen Evolutionsfaktoren in welcher Stärke auswirken und welche Evolutionsfaktoren bestimmend sind. Das Prinzip der Evolution ist dagegen innerhalb der Wissenschaft unbestritten“.*

Einige Grundbegriffe der Evolutionsbeschreibung

Heute, nach Ergänzung von Darwins phänomenologischer Evolutionsbeschreibung durch die aktuelle Molekularbiologie, charakterisieren wir ihr Wirken als die mikro- und makrobiologischen Aktivitäten von Mutation, Variation (Variabilität), Rekombination und Selektion. Ich möchte diese Evolution-Phänomene zunächst einmal in den Raum stellen und sie im Zug der weiteren Betrachtung vertiefen (2.4.5).

Mutation ist das Resultat zufälliger Veränderungen von Nukleotid-Bausteinen in der DNA eines Gens (s.u.). Es kommt hierdurch zu einer dauerhaften Umbildung der Basenfolge in einem Triplet (s.u.) dieses

Gens und damit des genetischen Programms, das die Aminosäurefolge bei der Proteinbildung (s.u.) steuert.

Rekombination ist die Durchmischung von genetischem Material und im engeren Sinne Austausch von Allelen. Allele (Genvarianten, s.u.) sind unterschiedliche Zustandsformen von Genen. Sie bilden sich vor allem während der Meiose durch Crossing-over (s.u.). Hierdurch kommt es zu neuen Gen- und Merkmalskombinationen (s.a.: 2.4.5).

Die **genetische Variation** bzw. **Variabilität** ist die Grundlage der Entstehung und Fortentwicklung von Arten im Zuge der Evolution. Im Laufe der Evolution ändert sich die Häufigkeit, mit der bestimmte Allele in einer Population auftreten. Die genetische Variation führt innerhalb der Population zum Polymorphismus. Innerhalb einer Population, wird sie durch Rekombination und Mutation verursacht. Sie ist die Basis für die Anpassung des Phänotyps an wechselnde Umweltbedingungen im Evolutionsprozess. Genetische Variation als Grundlage der Evolution, steht für kleine Unterschiede in den Bau- und Leistungsmerkmalen, die auf die nächste Generation vererbt werden. Nicht alle Variationen haben in der Fitnesslandschaft die gleich guten Erfolgchancen.

Diese Erbllichkeit ist letztlich als Treiber für die Entstehung und Weiterentwicklung der Arten zu sehen, da die fittere Variation mehr Nachkommen haben wird. Ursachen sind neue Varianten eines Gens, also Allele. Die Summe aller Allele (s.a.: 2.4.5) in einer Population ist ihr Genpool.

Selektion, natürliche Auslese, manifestiert den Fortpflanzungserfolg von Individuen und Populationen in der Konkurrenz um begrenzte Ressourcen. (In einem Schlaraffenland sollte es dementsprechend keine Evolution geben).

Es ist angebracht diese sehr vereinfachte Darstellung einer Evolutions-Motorik hinsichtlich der Mutation etwas zu ergänzen da Mutation der entscheidende Treiber ist. Ihr Wirken hat die o.a. Evolutions-Phänomene zur Folge.

Im Abschnitt 2.4.5 Mutation, Selektion und Variation werden sie vertiefend als Pfad des Wegs in die terrestrische Lebensentfaltung betrachtet.

Bekannt ist z.B., dass eine Punktmutation zu einer zufälligen Veränderung, wie z.B. der weit verbreiteten vererblichen Sichelzellenanämie führt. Grund ist eine Punktmutation auf dem Chromosom 11 an der Position sechs der β -Globin-

Protein-Untereinheit des Hämoglobins in Erythrozyten (rotes Blutkörperchen), wodurch die Aminosäure Glutaminsäure durch Valin ersetzt wird. Hierdurch wird die Quartärstruktur, also die Faltung dieser Untereinheit verändert. Die betroffenen Blutkörperchen verformen sich bei abnehmendem Sauerstoffpartialdruck sichelförmig, verfangen sich leicht in den Kapillaren und lysieren (Zerfall einer Zelle durch Schädigung oder Auflösung der äußeren Zellmembran (Nekrose)) überdies sehr schnell. Unbehandelt bedeutet dies den frühen Tod, eine Weitervererbung wäre damit so gut wie ausgeschlossen.

Trotzdem hat sich die Sichelzellanämie ausgebreitet. Tödlich verläuft sie nur, wenn die Genmutation homozygot, d.h. mit zwei Allelen der kritischen Mutationen für Hämoglobin vererbt wird. Eine unmutierte Version des Allels und eine kritische Version in der Genmutation (heterozygot) schützen jedoch vor Malaria, die jährlich fast eine Million Menschen tötet. Der Schutz vor Malaria scheint evolutionär also vorteilhafter zu sein als der Tod vieler Menschen.

Ein anderes Beispiel ist die unterschiedliche Verträglichkeit von Milchzucker (Lactose) im nördlichen Halbkreis der Erde, die wohl erst in den letzten 10 000 Jahren - einer relativ kurze Zeitspanne - auftrat.

Es ist zu dieser Mutation gekommen, da infolge des Übergangs der Jäger- zur Siedlerzeit, Haustiere z.B. Kühe und Ziegen domestiziert wurden. Tiermilch wurde in vielfältiger Weise als Lebensmittel genutzt, obwohl eine Verträglichkeit für Lactose nicht gegeben war. Durch Mutation wurde die Verträglichkeit für Menschen, von Muttermilch für Kleinkinder, auf Tiermilch für Erwachsene erweitert. Es bildete sich das Enzym Lactase zur Lactosespaltung. Muttermilch und Tiermilch enthalten 5-7 % des Kohlehydrats Lactose (Milchzucker ein Disaccharid aus Glukose und Galaktose).

Wie kam es zu solchen Mutationen in der Vergangenheit? Sicher erstmals und ursächlich an einem einzelnen biologischen Objekt also der DNA in einer Zelle, aber nicht gleichzeitig in einer ganzen Population, die diese Mutation allenfalls durch Vererbung übernehmen konnte.

Und das ist eine interessante Frage: Ein einziges Lebewesen erfährt eine genetische Beeinträchtigung z.B. durch besagte Punktmutation. Wie wird diese Mutation in die Population hineingetragen? Eine nahezu unendliche Zahl von solchen Punktmutationen war (und ist auch heute nebeneinander und nacheinander) allgegenwärtig, allerdings ohne sich phänotypisch auszuwirken, da sie über die innere Selektion (s.u.) nicht hinauskommen und daher makroskopisch nicht entfaltet. War und ist das alles nur Entropie erhöhender Fehllauf, Verschwendung? Wie konnte dieses "Trial-and-Error-Verfahren" seine eigene Vernichtung durch immer zukunftsunfähigere Variationen bisher vermeiden, sich nicht zu Tode

mutieren? (Es sei denn, man betrachtet den bewusstseinsfähigen Menschen als ein solches Fehlprogramm, fähig zur Selbstvernichtung).

Nun, die Experten werden mich belehren, dass geschlechtliche Vermehrung, Mutation, Rekombination und Variation sowie sehr, sehr viel Zeit dafür sorgten, dass irgendwann der heutige Zustand eintrat. Und da ist das Evolutionskonzept zzt. die tragfähigste Erklärung.

Vor 3,5 Milliarden Jahren hat sich Leben über Vorstufen von Zellleben in Form von frühen Einzellern etabliert. In deren Matrix-Sammelsurium, mit vermutlich von DNA-Vorläufern gesteuerter Selbstorganisation, müssen sich ständig DNA-Mutationen abgespielt haben. Auslöser dürfte es genügend durch Weltraumstrahlung, aber auch irdische radioaktive Strahlung gegeben haben. Hatten alle DNA-Veränderungen die gleiche Zukunftsfähigkeit? Natürlich nicht. Die Evolution hat sich bis heute genügend Zeit gelassen ein Optimum (uns Menschen?) zu verwirklichen.

Was aber war vor diesem Stadium? Können Leben und Evolution im biologischen Sinn außerhalb von Zellen stattgefunden haben? M.E. ist das nicht vorstellbar da u.a. die Vererbung durch Vermehrung – z.B. durch Mitose (s.u.) - außerhalb einer Zelle nicht zukunftsfähig erscheint? Erste Zellen, mit wahrscheinlich noch sehr dürftiger genetischer Ausstattung, müssen zuhauf vorhanden gewesen sein, fähig zur Klonbildung durch Zellteilung. Könnte in dieser Minimalausstattung der Zelle eine Vital-Mutation den endgültigen Weg ins Leben geebnet haben? Dabei denke ich nicht an ferne Stadien wie Bewusstsein, sondern vielmehr an physiologische Funktionsfähigkeit. Denn noch war in diesen einfachen Systemen das Absterben sicher allgegenwärtig. Diese Mutation müsste zum einen mit entscheidende Selektionsvorteile verbunden gewesen sein und zum Zweiten durch Zellteilungen und damit mitotischer Vererbung eine ganze Population kreierte haben, die so zukunftsfähig war, dass sie sozusagen nicht mehr zu bremsen war.

Ich favorisiere als ein bewegendes Momentum den Biologischen Symmetriebruch (2.4.2) im Zell-Sammelsurium, auf den wir noch zu sprechen kommen. Das ist der Symmetriebruch, der bewirkte, dass keine Ressourcen-Racemate (z.B. D-Glucose und L-Glukose, D-Desoxyribose und L-Desoxyribose, D- und L- α -Aminosäuren usw.), sondern reine Enantiomere (z.B. D-Desoxyribose, D-Glucose, L-Aminosäuren) in den Zell-Metabolismus involviert wurden.

Was aber wären das für DNA-Vorläufer gewesen? Es könnte zunächst "Versuchshelices" in den Urzellen gegeben haben, die gleichzeitig sowohl D- als auch L-Desoxyribose in ihrer Kette enthielten, aber auch solche mit mehr Sortenreinheit. D- und L-orientierte, enzymatisch wirkenden α -Aminosäuren bzw. Proteine, Zucker usw., waren allgegenwärtig. In diesem racemischen Chaos könnten sich bereits Molekül-Kreisläufe etabliert haben, die den chaotischen Zustand einer Kopplung von allem mit allem exponentiell verstärkten. Wie noch erörtert wird,

wäre dieser Urzellen Zustand durch die racemischen Ressourcen von hohem, überproportionalem stofflichem und energetischem Aufwand geprägt. Durch eine Art Chaos-Auflösung könnte eine zufällige Vital-Mutation, die Zukunftsunfähigkeit hin zu einer Symmetrie-Entscheidung bestimmt haben. Ich bin mir zumindest sicher, dass sich eine frühe, heute allgegenwärtige chirale Entscheidung, langfristig, infolge der damit verbundenen energetischen Minimierung des enzymatischen Aufwands und der Ressourcen-Einsparung, stabilisiert hat.

Eine Vital-Mutation könnte z.B. auf dem Weg Protein → DNA (Proteine formen DNA, s.a.: 2.4.9: Wie kam es zum genetischen Code?) auf die Zukunfts-DNA Einfluss genommen haben, die dann rückkoppelnd wiederum die Proteinbildung bestimmte. Dazu müssen, was recht wahrscheinlich ist, zuerst Aminosäuren bzw. Polypeptide entstanden sein, die sich mit passenden und mutationsfähigen Triplet-(Dublett?)-Codons aus Nukleotidphosphaten verbanden (Follmann H. , 1981, S. 116). In diese Ur-Codons sollten zunächst RNA-Vorläufer involviert worden sein, deren Anhäufung bzw. damit verbundene Speicherung dann rückwärts, hin zur DNA führte. Das könnte ausgelöst haben, dass eine Mutation in einem dieser Triplets in der Weise eine Rolle gespielt hat, dass es zu o.a. zufälligen, aber weitreichenden Phänomenen kam z.B., dass sich die uns bekannte rechtsdrehende DNA-Helix Version heraus mutierte, bzw. selektierte, mit der Folge, dass die daraus enantiomerenreinen Proteine aufgebaut wurden usw. usw. Natürlich kann man sich auch andere Wege vorstellen, die aber vor allem von energetischer Minimierung geprägt waren. Eine DNA-Helix aus D-Desoxyribose könnte einfach die energetisch günstigste Version sein. Beweise?

Allerdings stößt die klassische Betrachtung des ausschließlichen Wirkens der zufälligen Mutation auch für Laien wie mich auf Erklärungsbedarf:

WIKIPEDIA:" Die komplexer werdende Sicht auf das Entstehen von Variation im Organismus und die Selbstorganisationsfähigkeiten der Entwicklung lässt Evolutionswissenschaftler zunehmend fordern, dass neben den Theorien der Vererbung und der Selektion eine Theorie der Variation notwendig ist. Sie muss die eingeschränkte, klassische Sichtweise zufälliger Mutation überwinden helfen und erklären, mit welchen Prinzipien und Entwicklungsmechanismen der Organismus phänotypische Variation erzeugt. Konzepte hierfür finden sich in der Theorie der erleichterten Variation von Kirschner und Gerhardt und in verschiedenen Erkenntnissen von EvoDevo (evolutionary developmental biology). Die Ideen münden in Bemühungen um eine erweiterte Synthese in der Evolutionstheorie.

Die Synthetische Evolutionstheorie erklärt den Artenwandel, einschließlich der Bauplan-Transformationen (Makroevolution), seit ca. 1950. Die Synthetische

Evolutionstheorie wird manchmal mit dem „Neodarwinismus“ verwechselt. (Neodarwinismus: Weiterentwicklung der Evolutionstheorie von Charles Darwin. Sie setzt ausschließlich auf die Evolutionsfaktoren Mutation und Selektion. Lamarcksche Elemente wie die Vererbung erworbener Eigenschaften, die Darwin selbst noch zur Erklärung des Evolutionsgeschehens zu benötigen glaubte, werden ausgeschlossen)“.

Etwa ab 1970 sind die Theoretiker bei der informationstheoretisch geprägten Systemtheorie der Evolution angelangt. Lebende Organismen werden thermodynamisch als offene Systeme angesehen die in einem Fließgleichgewicht mit ihrer Umwelt stehen. (Siehe hierzu die o.a. Ausführungen von Lehninger 2.1.3: Leben aus der Sicht der Thermodynamik.)

So wird z.B. das Verständnis der Selektion vertieft und u.a. meine Frage, warum es nicht zu einem sich zu Tode mutieren kommt, beantwortet. Es kann allerdings sein, dass zu dieser Frage des sich nicht zu Tode Mutierens auch das Wirken der Regression, der Trend zum Mittelwert (s.u. Abschnitt Regression) eine Rolle spielt.

WIKIPEDIA: "Die Systemtheorie der Evolution ergänzt den Begriff der äußeren Selektion in der Definition Darwins um den der inneren Selektion. Ein Organismus muss in Bezug auf die Funktionalität seiner Untersysteme in sich stimmig sein, da er sonst nicht überlebensfähig wäre (innere Passung). Ist das nicht der Fall, so kann die äußere, klassische Selektion nicht wirksam werden. Zum Beispiel muss ein von der Natur entwickeltes Gelenk gemäß seinem Konstruktionszweck einwandfrei funktionieren. Eine Mutation im Gennetzwerk, das für das Gelenk codiert, kann diese angepasste Funktionalität stören und dadurch für den Organismus letal enden. Somit werden auch die Freiheitsgrade eingeschränkt, also jene Spielräume, die Mutation, Rekombination und Selektion bilden, um Organismen und deren Organe progressiv weiterzuentwickeln, d. h. zu verbessern im Hinblick auf die Funktion, die im Organismus erfüllt werden soll. Somit ergibt sich, dass die Veränderung der äußeren Selektionsbedingungen sich nur zunächst mittelbar, im Rahmen der durch die innere Passung gegebenen Randbedingungen, auswirken kann. Riedl bezeichnet diese innere Funktionalität als evolutionäre Bürde, weil sie sich Veränderungen widersetzt. So entstehen evolutionäre constraints, (Einschränkungen, Anm. d. V.) die letztlich zu als „Baupläne“ bezeichneten Konstruktionsprinzipien führen. Die Systemtheorie berücksichtigt, dass die Ausprägung von Merkmalen nicht allein durch die DNA-Sequenz eines Genes bedingt ist, sondern ein Ergebnis einer komplexen Wechselwirkung vieler Faktoren des Gesamtsystems Lebewesen im Zuge der Ontogenese (Entwicklung eines Einzelorganismus, Anm. d. V.). Dabei wirken nicht nur genetisch festgelegte Faktoren der direkten Erbinformation sowie der Steuerung durch Mechanismen der Genregulation (Riedl: epigenetisches System) und von Stoffgradienten innerhalb eines Organismus, sondern teilweise auch externe Faktoren wie die Temperatur oder die Einwirkung chemischer Stoffe während der Embryonalentwicklung.....

Systemtheoretisch ergeben sich durch die Komplexität der ontogenetischen Entwicklung Entwicklungskanäle. Damit wird also die Menge der möglichen evolutionären Dynamiken eingeschränkt. Die Entwicklungskanäle ergänzen das der synthetischen Theorie entstammende Konzept konvergenter Selektionsdrücke bei der Erklärung von Konvergenzen (zum Beispiel analoger Organe). Verlassen der Entwicklungskanäle ermöglicht größere Änderungen (⇒Makroevolution)".

Ein mehr anthropisch orientierter Beitrag ist das statu-viae-Modell Lauterbergs (www.statu-viae-modell.de). Es geht davon aus, dass Evolution aus seiner Sicht gerichtet verlaufen muss: *"Die zur Entwicklung der belebten Natur führenden Prozesse verlaufen unter dem Zwang zur Dissipierung äußerer stofflich-energetischer Potentiale in einer gerichteten Weise"*. (An sich ist Dissipation nichts anderes als unvermeidlicher Energieverlust in Form verlorener Wärmeenergie bei jedem energiehinterlegtem Vorgang.)

"Zwang zur Dissipierung" und "gerichtete Weise" umschreiben m.E. viele im Naturgeschehen ganz offensichtlich vorhandene scheinbare Ordnungsvorgänge, bedingt durch Selbstorganisation: Erreichen von energetischen Minima unter Verlust von Gesamtenergie. Dieser Effekt beruht auf dem allgemeingültigen Gesetz der Energieminimierung von Potentialdifferenzen und des Strebens nach dem wahrscheinlichsten Zustand, oder anders ausgedrückt: Minimierung der unvermeidlichen Zunahme der Entropie, also Energieverlust in Form von Wärme. Es gilt zu bedenken, dass Ordnungskriterien missverständlich interpretiert werden können und m.E. rein menschliche, also anthropogene Konventionen sind. Daher bereitet die Akzeptanz von *"dissipativer Leistung"* Schwierigkeiten, da sie Leben in einen teleologischen Vorgang einer anthropischen Ordnungsinterpretation einbinden. Unkritischer wäre der objektive Befund der ständigen Informationszunahme anstelle von Zunahme der *"dissipativer Leistung"*.

Die Umwelt (Fitnesslandschaft, Anm. d. V.) wird als Motor zur Erzwingung dissipativer Leistung (= Evolution, Ordnungsfindung) aufgefasst, die gerichtete Veränderungen in lebenden Systemen bewirkt. Die Auffassung, dass eine zufallsbestimmte Fitnesslandschaft vorhanden ist und das Leben sich ihr anpasst, erscheint als die zwanglosere Version, frei von Teleologie und Vorherbestimmung einer gerichteten Veränderung.

Ganz grundsätzlich gilt es m.E. immer folgenden Umstand im Auge zu behalten: Evolution wird oft nur aus dem Blickwinkel der "sichtbaren Phänotypen" betrachtet, d.h. wir sehen sie bevorzugt im Reich der Fauna. Das aber ist nur die Spitze des Berges.

Alles irdische Leben wurde im Ursprung, vor ca. 3,5 - 4 Milliarden Jahren, von Einzellern bestimmt. Es muss sich dabei um Einzeller ohne Zellkern, also Prokaryoten gehandelt haben. Heute wird die Anzahl der irdischen prokaryotischen Zellen auf die gigantische Menge von $4 - 6 \times 10^{30}$ geschätzt. (<https://austria->

forum.org/af/AustriaWiki/ Prokaryoten). Vor etwa 1,5 Milliarden Jahren sollen sich daraus, bewirkt durch Endosymbiose, Einzeller mit einem Zellkern also Eukaryoten entwickelt haben (<https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Eukaryoten>). Über die Zahl der heute existenten Exemplare liegen mir keine Quelle vor. Das war wohl der grundlegende evolutionäre Schritt des Lebens. Einzeller, die Größe liegt zwischen 0,2 und 700 µm, die sich zu Mehrzellern entwickelten, führten zu Organismen, die im Hinblick auf den Phänotyp für uns Menschen sichtbar sind.

Wenn wir von Evolution sprechen, denken wir vorwiegend an Mehrzeller, die aber in ihrer Verbreitung lange nicht an Prokaryoten heranreichen dürften. Dass diese begrenzte Sicht auf die Evolution der Mehrzeller unvollständig ist, sehen wir z.B. aus den Erkenntnissen über resistente also anpassungsfähige Bakterienstämme, über Kunststoff verdauende oder Abwässer bearbeitende Prokaryoten usw. Sie stehen ständig im evolutionären Überlebens- und Vermehrungskampf. Sie sind als Körper- bzw. Darmbakterien, in der Unsichtbarkeit arbeitend, entscheidend an der Lebensfähigkeit der mutierten sichtbaren Phänotypen beteiligt, wobei sie sich ständig selbst mutierend anpassen. Sie werden noch funktionieren, wenn Menschen diesen Kampf demnächst verlieren.

Diese Erkenntnis leitet zu einem zweiten Gedanken: Vielleicht beachtet man, wenn man spektakuläre evolutionäre Effekte, wie z.B. den Darwin-Finken oder Laktose Verträglichkeit, die die Europäer vor etwa 10 000 Jahren erworben haben, zu sehr den morphologischen Körper. Das kann aber nicht alles sein. So weist allein der menschliche Körper zwar etwa 20 Billionen eukaryotische Körperzellen auf, darüber hinaus aber weitere ca. 100 Billionen prokaryotische Körperbakterien auf der Oberfläche und im Darm. Ohne diese Einzeller, besser Prokaryotenarmee, kann es u.a. keinen Metabolismus geben. Diese gegenseitige Abhängigkeit muss im Evolutionsgeschehen eine tragende Rolle spielen. Wie das beispielsweise, ausgelöst in einer DNA-Punktmutation unserer Eukaryoten synergistisch abläuft, ist m.E. von hohem Interesse, ist mir aber bisher in der Literatur kaum begegnet. Kann es sein, dass aber auch DNA-Mutationen in unserer prokaryotischen Bakterienbesetzung ebenfalls evolutionäres Gewicht besitzen?

Man kann sich nun fragen, ob und inwieweit der Gedanke des evolutionären Prinzips in unser Denken weltweit Eingang gefunden hat. Grundsätzlich spielen m. E. der Bildungsstand und vor allem die religiöse Orientierung eine entscheidende Rolle

Desillusionierend ist z.B. das Ergebnis einer Umfrage, die im Spiegel am 04.01.2014, unter dem Titel: *Evolution versus Religion: Republikaner auf dem Weg zum Fundamentalismus*, veröffentlicht wurde:

Nur 60 % der erwachsenen Amerikaner glauben, dass sich der Mensch evolutionär entwickelt hat. 30 % sind der Meinung, dass er von Anfang an seine heutige Ausprägung hatte. Noch verheerender ist die Meinung der weißen Protestanten: 27 % glauben an eine Evolution des Menschen, 67 % sehen keiner Veränderung vom Anbeginn der Zeit.

<http://www.spiegel.de/fotostrecke/mehrheit-der-amerikaner-glaubt-an-goettlich-gelenkte-evolution-fotostrecke-105479.html>

Anm. d. V.: Die selbsternannte "Leading nation" USA ist von einer entwaffnenden Naivität geprägt: Die Einstufung des Durchschnittsamerikaners, als Angehöriger eines "rätselhaftes Kindvolkes", durch den Philosophen Peter Sloterdijk trifft, zumindest was den Evolutionsgedanken angeht, den Kern.

Zusammenfassung

Eine spontane Urzeugung des Lebens wie sie vor Pasteur noch im 19. Jahrhundert angenommen wurde, gibt es nicht. Belegt ist allerdings eine langwierige Evolution, die aus der Anorganik, über die Präbiotik zur Urzelle und danach zu den heutigen Mehrzellern führte. Vieles spricht für einen Start unter Beteiligung der Selbstorganisation von molekularen Gebilden, nachdem ein ausreichender Grad der molekularen Komplexität erreicht war.

Memtheorie

1976 hat der britische Evolutionsbiologe, Richard Dawkins²⁴⁶ mit der Memtheorie eine interessante Vorstellung zu einer über die biologische Genetik hinausgehende, evolutionsanaloge Entwicklung vorgegeben:

WIKIPEDIA: Das Mem (Neutrum; Plural: Meme) ist Gegenstand der Memtheorie und bezeichnet einen einzelnen Bewusstseinsinhalt, zum Beispiel einen Gedanken. Es kann durch Kommunikation weitergegeben und damit vervielfältigt werden und wird so soziokulturell auf ähnliche Weise vererbbar, wie Gene auf biologischem Wege vererbbar sind. Ganz entsprechend unterliegen Meme damit einer soziokulturellen Evolution, die weitgehend mit denselben Theorien beschrieben werden kann.

Siehe hierzu (Dawkins, 2016, S. 267). Ich fühle mich nicht kompetent dieses komplexe und durchaus konträr diskutierte Thema aufzugreifen, zumal es auch über den Rahmen meiner Faktensammlung hinausgeht.

Einige weiteren Aspekte der Evolution habe ich bereits im Abschnitt Komplexität und Biodiversität erörtert.

Ein mathematischer Ansatz (Dyson, 2016, S. 296) sieht das Evolutionsgeschehen als eine Art Computersimulation bzw. eine Version der Monte Carlo-Suche im Baukasten der Überlebenstüchtigkeit.

WIKIPEDIA: Monte-Carlo-Simulation ist ein Verfahren aus der Stochastik, bei dem eine sehr große Zahl gleichartiger Zufallsexperimente die Basis darstellt. Es wird dabei versucht, analytisch nicht oder nur aufwendig lösbare Probleme mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie numerisch zu lösen.

"Dazu durchlaufen und dokumentieren Suchmaschinen zufällige Suchpfade und werten die Ergebnisse statistisch aus, um schrittweise zu immer genaueren Ergebnissen zu gelangen. Aus einer überwältigenden Fülle von Informationen werden so die sinnvollsten Lösungen heraus gefiltert. Die Sinnhaftigkeit wird weg von den Endpunkten hin zu dem Weg dahin verlagert."

Zusammenfassung

Der sichtbare Kosmos besteht aus 92 natürlichen chemischen Elementen. Sie lassen sich durch ein Periodensystem, entsprechend ihrem atomaren Aufbau, klassifizieren.

Mindestens 11 Elemente bilden zu 99,996 % die Bausteine des Lebens. Die vier Leberelemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff machen 99,35 % der stofflichen Grundlage der Biologie aus.

Aus dem Periodensystem und dem daraus ableitbaren Aufbau der Elektronenschalen ist zu verstehen, wie durch Elementinteraktivität, unter Energiefluss, Moleküle entstehen. Nur ein Bruchteil der kombinatorisch denkbaren Vielfalt dieser Bausteine führt zu stabilen Molekülen.

Von besonderer Bedeutung ist die enorme Vielfalt von Bindungsmöglichkeiten des Kohlenstoffs; das zentrale Lebensmolekül.

Leben ist untrennbar mit anorganischen Stoffkreisläufen, dem Energielieferanten Sonne, Wasser und mit Zellsystemen verbunden.

2.3 Theorien zur Entfaltung des Lebens

Thema: Fundamentalistische Denkweisen manifestieren eine kreationistische Lebensklärung bzw. etwas fortschrittlicher, die Idee des intelligenten Designs, die in a priori Formulierungen die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Beweise der evolutionären Theorie weitgehend leugnen und durch Glaube ersetzen sollen.

Ernst zu nehmende Theorien vermuten die Entstehung extraterrestrisch bzw. terrestrisch in den Tiefen des Ozeans, der Bildung in warmen Tümpeln und in heißen Mineralien. Evolution bestimmt die Lebensentfaltung.

1650 errechnete James Ussher, Erzbischof von Armagh in Nordirland, auf der Basis der alttestamentarischen Beschreibung der göttlichen Schöpfung, die Entstehung der Welt und des Lebens zum 23. Oktober 4004 vor Christus. Über ein Jahrhundert war dies ein kirchliches Dogma. (Daran orientieren sich offensichtlich heute noch über 60 % der weißen amerikanischen Protestanten s.o.). Wir lächeln heute über solche präzisen Angaben, basierend auf biblischen Beweisen. Nun, belegbar war die Rechnung schon, aber auf einer rein religionsgeschichtlichen Bewertung von bruchstückhaften mündlichen und späten schriftlich

überlieferten, teils fragwürdigen Ereignissen im Sinne einer "stillen Post". Erst mit der Entwicklung der abendländischen Wissenschaften auf mathematisch-naturwissenschaftlichem Fundament, mit der Frage nach Funktionen, Zusammenhängen, Ursache, Wirkung und beweisbaren Fakten, mit deduktiver²⁴⁷ Beweisführung, wurde die rein biblisch orientierte Sichtweise als nicht belastbar erkannt.

Zur Einstimmung auf die Frage zur Lebensentfaltung möchte ich auf zwei rein religiös orientierte Betrachtungsweisen aufmerksam machen.

2.3.1 Kreationismus

Kreationismus firmiert auch unter Antievolutionismus (Junker R, 1998).

WIKIPEDIA: „Der „Kreationismus“ ist die Auffassung, dass die wörtliche Interpretation der Heiligen Schriften der abrahamitischen Religionen (insbesondere 1. Buch Mose) die tatsächliche Entstehung von Leben und Universum beschreibt. Der Kreationismus erklärt beides durch den unmittelbaren Eingriff eines Schöpfergottes in natürliche Vorgänge, was sich entweder auf die Schöpfung aus dem "Nichts"(creatio ex nihilo) oder die Entstehung von Ordnung aus zuvor existierendem Chaos (Tohuwabohu) beziehen kann. Kreationismus ist im 19. Jahrhundert, in Teilen des Protestantismus als Opposition gegen die frühen Ideen der neuzeitlichen Naturforscherbewegung zum Erd-Alter und zur Evolution entstanden und wird heute von fundamentalistischen und evangelikalen Richtungen des Christentums vertreten. Seit dem späten 20. Jahrhundert erlangt er auch im Islam und vereinzelt in kleinen Teilen des Judentums eine Bedeutung.“

Ich möchte hier einige persönliche Anmerkungen zum Standpunkt der Kreationisten hinzufügen: M.E. müsste ein Schöpfer, wenn er seine Schöpfung beobachtet, von einem Kreationisten zutiefst enttäuscht sein. Wäre es in seinem Sinn, wenn das Denken und die Suche nach Erkenntnissen durch willkürliche, oft dogmatische Glaubensvorschriften blockiert würden? Wenn wir davon ausgehen müssten, dass alles Sein seit Anfang der Zeit festgelegt und geleitet wird und wir eigentlich als Marionetten fungieren, bliebe nur der Fatalismus des Islam. Es wäre dies ein kleinlicher Gott, der es nötig hätte, über die Zusammenhänge seiner Schöpfung eifersüchtig zu wachen. Wenn er die Welt so angelegt hätte, dass sich uns als Erklärungsmöglichkeit z.B. die evolutionäre Idee anbietet, müsste er akzeptieren, dass wir diese Idee bis ins letzte durchleuchten.

Ich halte es daher, offen gestanden für einfältig, wenn sich Kreationisten auf einen Jahve²⁴⁸-Verschnitt als Urheber allen Seins beziehen. Wenn Menschen nach einem tieferen Sinn und nach Antworten auf die „Warum Frage“ suchen, sollten sie schon etwas mehr investieren als Mythen und Interpretationen der vergangenen Jahrtausende auszuschnüffeln und sich damit zufriedengeben, dass sich alle unbeantworteten Fragen nach der Apokalypse erhellen werden. Kreationismus läuft auf einen Dogmen konstruierenden Glaubensapparat hinaus, überwacht von Amtskirchen, der inquisitorisch, vergleichbar dem Islam, nur die eigene Lehre akzeptiert.

Eindeutig ernster zu nehmen als die Kreationisten sind die ID-Vertreter mit ihren pseudowissenschaftlichen Beweisen, wie sie Martin Neukamm (Neukamm, 2010) durchleuchtet.

2.3.2 Intelligent Design

WIKIPEDIA: „*Intelligent Design (engl. „intelligenter Entwurf“, intelligente Gestaltung“; abgekürzt ID) ist die Auffassung, dass sich bestimmte Eigenschaften des Universums und des Lebens auf der Erde am besten durch eine intelligente Ursache erklären lassen und nicht durch einen Vorgang ohne solche Leitung, wie die natürliche Selektion. Es ist eine moderne Fassung des traditionellen teleologischen (vorbestimmt, Anm. d. V.) Arguments für die Existenz des christlichen Gottes, die versucht, sich Aussagen über das Wesen oder die Identität des Designers vollständig zu enthalten. Diese Idee wurde von einer Gruppe von amerikanischen Neokreationisten entwickelt, die ihre Behauptungen aus der Kreationismus-Kontroverse abänderten, um gerichtliche Entscheidungen zu umgehen, die es in den USA verbieten, Kreationismus als Schulfach zu unterrichten. Die führenden Intelligent Design-Vertreter, alle US-Amerikaner, und dem Discovery Institute angehören, einer konservativen Denkfabrik, glauben, dass der Designer der christliche Gott ist“.*

Letztlich setzen diese Lehren ihre Beweisführungen, im Verleugnen von Koinzidenzen, voraus, dass der Mensch das angestrebte Ziel all diesen Designs ist. Ist er das wirklich?

Wer in den Aufnahmen des Hubble-Teleskops HUDF (Hubble Ultra Deep Field) die unfassbare Weite und die Galaxien-Vielfalt dieses Universums sieht, wenn auch nur in Bruchstücken, kann m.E. nicht ernsthaft an eine einmalige Erde und uns Menschen als einzigen Sinn dieses Dramas glauben. Und darüber hinaus: Was sagt ID zu der Tatsache, dass in spätestens 1 Milliarde Jahre die Existenz von Leben und damit auch der Mensch, also der Krone aller ID-Konstrukte, in der Hitze einer sich immer mehr ausdehnenden Sonne dahin schmelzen wird. Und einige Milliarden Jahre später, werden alle Erdmoleküle und Atome in Form von abstrahlender Energie eines Roten Riesen zu einem Weißen Zwerg anonymisiert sein. Nichts an materieller Information wird überleben. Kein immaterielles Testament ist dann vorhanden. War bleibt die Botschaft von ID? Für einige Millionen Jahre, einige hundert Milliarden verzweifelt sinnsuchende Beobachter zu erwecken, deren Beobachtungen aber keinerlei Bedeutung haben, da sie im "Nichts" untergehen werden? Wo soll da der ID-Sinn sein, dessen Superiorität sich so einäugig-fundamentalistisch mit dem Erdenmenschen befasst; im geheimnisvollen Überirdischen? Wissenschaft wird in diesen Betrachtungen durch Glaubens Schafft ersetzt.

Meine persönliche Einstellung zu den kreationistischen Überlegungen und ID-Ansichten deckt sich vollständig mit der folgenden Aussage von Martin Neukamm (Neukamm, 2010).

Zitat Anfang: "Es ist nun im Interesse der Wissenschaft angebracht, die Argumente kreationistisch motivierter Biologen kritisch zu durchleuchten und zu erörtern, weshalb eine Schöpfungstheorie keine wissenschaftliche Alternative zur Evolutionstheorie darstellen kann. Dies geschieht nicht etwa deshalb, weil uns der Glaube an eine transnaturale Schöpferkraft missfiel oder gar, weil wir deren Existenz widerlegen wollten (diese Aufgabe fällt definitiv nicht den Bereich der Wissenschaft). Die Frage, ob ein Schöpfer existiert, ist in diesem Kontext schlichtweg belanglos, und der weltimmanente Naturalismus, der allen Naturwissenschaften zugrunde liegt, ist kein Atheismus in dem Sinne, dass er die Existenz außerweltlicher Faktoren grundsätzlich bestreite! Auch die Evolutionstheorie, das muss in aller Deutlichkeit festgestellt werden, bestreitet nicht die Existenz eines Schöpfers, ist doch auch die Zahl derer, die an Evolution und Schöpfung glauben, unabschätzbar groß. Einzig und allein die intellektuelle Gefahr, die aus dem Wiedererstarken der fundamentalistischen Strömungen erwächst, erzwingt eine kritische Auseinandersetzung, denn deren Ziel besteht darin, wissenschaftliche Theorien aufgrund von Glaubensinhalten zu revidieren und die Kritik unter dem Deckmantel der Wissenschaft zu präsentieren. Diesen Motiven und Bewegungen gilt es aus zweierlei Gründen Widerstand entgegenzusetzen:

Zum einen stellt unser gegenwärtiger Erkenntnisstand ein Allgemeingut dar, das wir nicht leichtfertig aufs Spiel setzen dürfen. Da Antievolutionisten (Kreationisten im weiteren Sinne) stets konterrevolutionär in Erscheinung treten, drohen die Einsichten, die uns die modernen Naturwissenschaften in die Welt gewähren, schleichend im Obskurantismus zu zerfasern. Wenn wir mit anderen Worten irgendeine wissenschaftliche Theorie gegen die Schöpfungsthese eintauschten, könnten wir die revolutionären Einsichten und mit dazuhin auch die Methodenlehre der Naturwissenschaften abschreiben.

Andererseits beeinflusst der allgemeine Wissenshintergrund, den uns die Naturwissenschaften vermitteln, stets auch unsere Weltsicht, Denk- und Handlungsweisen in einem nicht unerheblichen Maß. Es ist kein Zufall, dass just mit der Aufklärung und Renaissance der Neuzeit (als die Erkenntnis in unser Bewusstsein eindrang, dass wir für unser Tun und Handeln selbst verantwortlich sind und keine götterartige Wesenheit in unser Leben eingreift) das absolutistische Herrschaftssystem, das auf einer gottgewollten Ordnung gründete, allmählich den modernen westlichen Demokratien wich. Parallel dazu fanden auch die Hexenverbrennungen, Zwangschristianisierungen sowie der finstere Aberglaube des Mittelalters ihr Ende". Zitat Ende

M.E. gibt es allerdings einen Ansatz, der in kosmischen Maßstäben gedacht, zumindest weniger glaubensorientierter Sinn-Suche eine Perspektive zeigen könnte. Es ist das die Idee des Phänomens Energie, auf die ich bereits mehrfach und auch des Weiteren hinweisen möchte.

Tatsächlich ist nicht zu verdrängen, dass es allgegenwärtig Ungeklärtes gibt, das einen ins Grübeln bringt. Da sind z.B. die als Koinzidenzen titulierte Phänomene, die sich um die Fundamente unseres menschlichen, biologischen Daseins bzw. die Naturgesetze ranken. Wie bereits gesagt, müssen die Prinzipien dieser Naturgesetze m.E. bereits in oder gar vor dem Urknall als Möglichkeit latent enthalten gewesen sein und sich über die gesamte beschriebene Entfaltung des Kosmos unerschütterlich erhalten haben. Nahezu unendlichfach aufgeteilt durch die Transformation des großen Energiepotentials des Urknalls, in Googols²⁴⁹ von Elementarteilchen und vier Urkräfte, war dieses Potential – Leben - gegenwärtig, um vor 4-5 Milliarden Jahren, zumindest auf unserem Planeten des Kosmos, zu emergieren. Zurückzählend versucht man dieses Prinzip zu ergründen, was wohl letztlich das Ziel der GUT (Große vereinheitlichte Theorie) bzw. der Quantengravitation ist.

Man kann sich auf den Standpunkt stellen, dass diese Latenz gegeben war und wir nur darüber nachdenken können, weil es sie und ihre Emergenz durch uns gibt. Dann sind wir aber keine Zufallsprodukte, was ja, wie bei Kauffman nachzulesen ist, schon aus rein statistischen Erwägungen heraus, höchst unwahrscheinlich ist. Soll man daher davon ausgehen, dass dieser Latenz ein großer Plan zugrunde liegt oder aber eine Möglichkeit, in der sich Energie offenbaren kann. Warum? Und schon sind die Naturwissenschaften überfordert.

Was ist Ihnen lieber, Plan oder Zufall? Wie eingangs gesagt war schon für Marc Aurel²⁵⁰, Stoiker²⁵¹ und römischer Kaiser von 161 bis 180, die „Welt entweder das Ergebnis einer Ursache (Kausalität) oder eines Zufalls. Im zweiten Fall ist sie trotz allem eine Welt, das heißt, sie ist von regelmäßiger und schöner Beschaffenheit“.

Meine derzeitige Antwort ist: Agnostik

"Als Agnostizismus bezeichnet man die philosophische Ansicht, dass bestimmte Annahmen – insbesondere solche theologischer Art, welche die Existenz oder Nichtexistenz einer höheren Instanz, beispielsweise eines Gottes, betreffen – entweder ungeklärt oder grundsätzlich nicht zu klären sind". WIKIPEDIA

Koinzidenz und Wunder

Das zufällige Zusammentreffen von Ereignissen wird in dieser "Koinzidenz-Philosophie" als Bestimmung interpretiert. Denken Sie nur an die Ängste vieler Menschen z.B. beim Zerschlagen von Spiegeln, bei Begegnungen mit schwarzen Katzen, die Zahl 13 usw. Alles Ereignisse, die uns begegnen können aber in

keinerlei Zusammenhang mit unserem Sein stehen. Von dieser Irrlehre sind auch Pseudowissenschaften nicht frei:

Immer wieder begegnet man, vor allem im Zusammenhang mit kreationistischen Betrachtungen, dem Prinzip des wunderbar gefügten Zusammentreffens von Fakten, die das anthropische Prinzip stützen.

Nun ist aber das anthropische Prinzip eine sehr menschen- und erdbezogene Ansicht. Niemand kann zzt. endgültig beantworten, ob es auf anderen Planeten, in anderen Galaxien, oder gar in anderen Universen ein von unserem Menschsein völlig verschiedenes Lebensprinzip gibt, dem deutlich andere Grundsätze zu eigen sind. In diesem Zusammenhang kann allenfalls ein Zoologisches Prinzip gelten.

Erwartungsgemäß sind diese Spekulationen zu einem Tummelplatz für Wissenschaftsdisziplinen jenseits der Physik geworden.

M.E. ordnet ID viele falsch bewertete Fakten zu einer multiplizierten Fragwürdigkeit eines alles beherrschenden Designs. Grundsätzlich ist dieser Ansatz falsch. Kein intelligenter Designer (eine Beleidigung für Gott!) hat über alle die Milliarden von Jahre immer wieder Wege geebnet, Hindernisse ausgeräumt, gehätschelt und gepäppelt, bis endlich der Mensch, die Krönung dieses Werkes, passiv auf dem Plan erschien. Es war genau umgekehrt: Die Probleme wurden von der Evolution, was immer diese auch antreibt, durch Anpassung an Veränderungen aktiv und durch Selbstorganisation gelöst.

Es gibt, wie ich im Folgenden anführe, einige Beispiele der angeblichen Feinabstimmung des Kosmos als Existenzvoraussetzung von Leben. Dies hindert aber zum Glück die Wissenschaft nicht daran, losgelöst davon, weiterhin an einer endgültigen Theorie für Alles zu arbeiten.

Beispiele für angebliche Koinzidenzen:

- Die unterschiedlichen Zerfallsgeschwindigkeiten von X-Teilchen und X-Antiteilchen, die einen geringfügigen Überschuss an Quarks gegenüber den Antiquarks bewirken. (Siehe: Baryogenese)
- Die Bildung von Kohlenstoff und die Resonanzniveaus von Kohlenstoff und Sauerstoff.
- Das Zeitlimit im Urknall für die Bildung von Neutronen (Siehe: Baryogenese)
- Wäre das Elektron kein Fermion mit halbzahligem, sondern ganzzahligem Spin, gäbe es Materie und natürlich auch uns nicht, da dann das Pauli Prinzip nicht gelten könnte bzw. keine differenzierten Elektronenbahnen und damit keine chemischen Elemente entstehen könnten.

- Den aus der Quantentheorie resultierenden Tunneleffekt, der aufgrund des Wirkens von Wellenfunktionen bzw. des Wellencharakters die Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium (Kernfusion) ermöglicht.

-

Wenn es diese Fakten nicht gegeben hätte bräuchten wir mangels Präsenz nicht darüber zu reden. Es sind einfach grundsätzliche Randbedingungen, die eine Materialisierung von Energie zu chemischen Elementen und damit zu Leben ermöglichen.

- die Sonnenstrahlung genau zum Absorptionsspektrum im photochemischen System passt. Da war aber nichts Wunderbares, es war einfach nur umgekehrt. Es überlebte durch die Evolution das Absorptionssystem, das zu einer gegebenen, stetig strahlenden Sonne passte und damit arbeiten konnte.
- Die Energiebilanz der Überführung von Glukose in ATP mit etwa 42 %, der Rest ist Körperwärme. Ohne eigene Körperwärme gäbe es kaum Überlebenschancen in unserem Kalt-Warm-Umfeld. Die Evolution hat diese 42 % als Optimum in der Selektionslandschaft erkannt.
- Die Entstehung des Mondes: Warum sollte es nicht zur Lebensentfaltung auf der Erde gekommen sein, wenn der Mond nicht entstanden wäre? Vielleicht wären wir größer oder kleiner, vielleicht würde sich die Entwicklung des Menschen erst in einigen Millionen Jahren vollziehen. Die Evolution hätte einen Weg gefunden. Gibt es einen Beweis für dieses muss?
- Der Mond stabilisierte die Erdumlaufbahn und verhindert eine Torkel Bewegung, da sonst die Schwerkraft der Nachbarplaneten unsere für die Jahreszeiten so wichtige schräge Rotationsachse beeinflussen würde. Die Evolution hätte einen Weg gefunden.
- Das monatlich umlaufende Drehmoment des Mondes bewirkt eine Stabilisierung der Erdachse. Ansonsten könnte die Polarnacht abwechselnd die gesamte Nord- bzw. Südhalbkugel erfassen, weil die Erdachse ganz in die Bahnebene des Sonnenumlaufs der Erde kippen würde. Auf diese Weise trägt der Mond zu dem das Leben begünstigenden Klima der Erde bei. Die Evolution hätte einen Weg gefunden.

Zum Abschluss dieser Ausführung kann ich es mir nicht verkneifen eine weitere dieser „merkwürdigen“ Koinzidenzen, die mit einem intelligenten Design in Verbindung gebracht werden könnte, selbst zu erwähnen: Wäre das Elektron kein Fermion mit halbzahligen, sondern hätte einen ganzzahligen Spin, gäbe es keine Materie und natürlich auch uns nicht, da dann das Pauli Prinzip nicht zum Tragen käme. Es gäbe dann nur maximal 92 undifferenzierte Elektronen auf einer Bahn, entsprechend der Protonenzahl. Ein Periodensystem wäre damit nicht möglich.

Die „Elementeigenschaften“ würden sich kontinuierlich von Wasserstoff bis zu Uran ändern.

Auch hier ist mein Standpunkt: Alle Koinzidenzbetrachtungen erblühen, wenn es Beobachter gibt, die versuchen vermutetes göttliches Wirken zu interpretieren. Den mühevolleren Weg geht die Analyse durch kritisch hinterfragende Menschen. Vor 5 Millionen Jahren, ja letztlich noch vor 100 Jahren, als viele naturwissenschaftliche Erkenntnisse erst messend erschlossen wurden, war eine solche ernstzunehmende wissenschaftliche Analyse nicht möglich.

Allerdings funktionierte der Kosmos auch ohne Beobachter; damals schon. Das wissen wir heute, denn durch beobachten und messen haben wir uns erklärende Prinzipien der Abläufe erarbeitet und versuchen ständig damit die Vergangenheit zu erklären. Mit diesen allerdings unvollständigen Informationen schließen wir auch auf die Zukunft. Letztlich ist unser Wissen lediglich unvollständiges, naturwissenschaftliches Denken in Form von Theorien; für manchen vergleichbar einer Religion, aber sie bestehen den Falsifikationstest, sonst werden sie verworfen! Falls wir uns in absehbarer Zeit gegenseitig eliminieren sollten, ändert sich an dieser Situation nichts. Eine von uns letztlich teilerkannte Physik spult sich ab. Es geht auch ohne uns weiter.

Ständig kann im Kosmos irgendwo Leben entstehen und vergehen; evtl. auf unserem oder höherem Niveau als unser rezenter Stand. Ob wir analysieren oder nicht, ist völlig belanglos und ohne irgendwelche Folgen für den Kosmos, der ja uns nur als Option enthält. Dass wir analysieren können, muss ein immanentes, Bewusstsein formendes Potential des materiellen Umfelds sein, beruhend auf dem Potential des Urknalls. Ich bitte aber, diese Anmerkung nicht als kalten Atheismus zu verstehen, denn letztlich wird damit die Frage aller Fragen nur verlagert.

Aber wir sind sicher nicht die Einzigen. Es gibt Wahrscheinlichkeiten für das irdisch biologische Programm, etwa gekoppelt an die Zahl der theoretisch belebten Planeten unserer Galaxie oder aller Galaxien. Allein unser Milchstraßensystem soll über eine Milliarde Planeten beherbergen. Dieses Programm ist aber nur eine Möglichkeit und kein Muss. Leben wird in unserem kosmischen Umfeld nur in Ausnahmefällen in Bewusstsein gipfeln. Die Gesamtentropie wird trotzdem unaufhörlich wachsen.

Man kann sich aber auch der Ansicht von Marcelo Gleiser, (Appleton Professor of Natural Philosophy und Professor of Physics and Astronomy at Dartmouth College) anschließen, der uns Menschen als etwas Einzigartiges ansieht. Er schreibt: „*Wir sind einzigartig*“. Natürlich weiß auch er um das ungeheure Lebenspotential im Kosmos. Er differenziert, aber eindeutig zwischen Leben von Einzellern und dem Leben, das wie das unsere, von „*Selbstbewusstsein*“ getragen wird. Dazwischen liegen Welten, deren evolutionär zwanghafter Weg zu diesem besonderen Zustand, heraus aus der Chemischen Evolution, zumindest bisher, nicht belegbar

zu sein scheint. Da er keine Möglichkeit sieht, mit vergleichbarer Intelligenz jemals in Austausch zu treten, können wir uns momentan tatsächlich auf diese „einzigartige“ Position zurückziehen. Ohne Austausch keine Information und damit nicht vorhanden.

Zurück zur Entfaltung des Lebens.

2.3.3 Vier Theorien

Im Wesentlichen lassen sich, in Verbindung mit der Evolutionstheorie, mindestens vier Ansätze unterscheiden:

- Der Ursprung liegt im Weltall. Meteoriten könnten Lebensbausteine wie α -Aminosäuren oder gar DNA auf die urzeitliche Erde befördert haben.
- Das Leben entstand in den Tiefen von Ozeanen.
- Leben ist eine inhärente Fähigkeit komplexer chemischer Systeme, siehe o.a. Kauffman.
- Leben begann erstmals in „warmen Teichen“; so formulierte es Darwin.

Darüber hinaus gibt es Theorien, die Leben in einem erweiterten Rahmen sehen, der über das naturwissenschaftlich vertraute Bild hinausgeht. Auf diese Vorstellung wurde bereits hingewiesen. Über Leben in der flüssigen Phase von kondensierten Gasen wie Methan, das z.B. auf Gas-Planeten dominiert, wird nachgedacht. Zu diesen spekulativen Hypothesen kann ich nichts Belegbares hinzufügen.

In plakativer Weise grenzen sich manche Protagonisten alternativen Lebens, von den Lebens-Modellen auf der Basis Kohlenstoff ab, in dem sie den gängigen Theorien Kohlenstoff-Chauvinismus²⁵² unterstellen, wenn extraterrestrisches Leben nur auf der Basis von Kohlenstoff diskutiert wird. In diesem Sinn gehen Überlegungen von vergleichbaren Beziehungen unter den Lebenselementen aus, wie sie sich aus dem Periodensystem der chemischen Elemente ableiten lassen. Da bietet sich vor allem das Element Silizium an.

Die dahinterstehende Idee bezieht sich auf die Stellung des Siliziums im Periodensystem der chemischen Elemente. Es befindet sich in der gleichen Gruppe, aber eine Periode unter dem Kohlenstoff, also mit einer Elektronenschale mehr. Wie daraus hervor geht, hat Silizium die gleiche Möglichkeit vier Bindungen wie Kohlenstoff zu tätigen. Siliziumdioxid z.B. hat aber mit 911 kJ/Mol eine viel höhere Standardbildungsenthalpie als Kohlendioxid (393 kJ/Mol) und damit lebenslimitierende makroskopische Eigenschaften z.B. für terrestrisch Systeme. So führt die Verbindung mit Sauerstoff zu einem Feststoff, dem erwähnten

hochschmelzenden Siliziumdioxid, während Kohlendioxid ein Gas ist. Vergleichbare Stoffkreisläufe, wie der noch zu erläuternde Kohlendioxid-Glukose-Kreislauf, sind auf dieser Basis, zumindest im gegebenen irdischen Temperaturbereich, undenkbar.

Allerdings ist bekannt, dass Siliziumdioxid und sicher auch andere Mineralien unter den besonderen Bedingungen von überkritischem Wasser (Wasser bei einer Temperatur von 647 K und einen Druck größer als 221,2 bar) unerwartete Eigenschaften annehmen. Es wird u.a. wasserlöslich. 2005 wurde überkritisches Wasser im Atlantischen Ozean in zwei Hydrothermalquellen gefunden. Ich kann nicht beurteilen, ob dieser Effekt in unserer präbiologischen Vergangenheit eine Rolle spielte. In fester Form hat sich Siliziumdioxid interstellär staubartig in sehr großen Mengen gebildet und nach der gravitativen Bildung des Sonnensystems, wie bereits ausgeführt, unsere Erdkruste mit aufgebaut. Wenn Silizium geeignet wäre eine irdische Lebensform zu gestalten, müssten noch heute Spuren dieser Evolutionsschiene vorhanden sein oder ein solcher Prozess noch heute ablaufen. Die Evolution hatte, wie für Kohlenstoff, 3-4 Milliarden Jahre Zeit gehabt einen Silizium-Kreislauf aufzubauen. Dass sie es nicht getan hat ist Aussage genug. Wissenschaftlich abgehoben, wird trotzdem von Wesen auf Silizium-Basis fabuliert, die in geschmolzenen Silikaten anderer Planeten existieren sollen.

Die Rolle des Kohlenstoffs

Wie bereits dargestellt, verfügt nur das Element Kohlenstoff über die Möglichkeit vier gleichwertige Bindungen zu Formation einer Vielzahl von Molekülen bereitzustellen, die in unserem irdischen Temperaturrahmen beständig, aber auch reaktionsfähig und damit wandel- und optimierbar bleiben.

Kohlendioxid wurde nach dem Urknall interstellär aus den durch Kernfusionsprozesse in Sternen gebildeten Elementen Kohlenstoff und Sauerstoff geformt und war lange vor der Entstehung unseres Sonnensystems im Kosmos überall vorhanden. Es wird im Kosmos auch noch da sein, wenn alles irdische Erdenleben längst untergegangen ist.

Kohlendioxid hat als Gas wesentlich mehr Aktions-Potential als Siliziumdioxid. Es kann sich in Wasser lösen, im Wasser oder im Raum gleichmäßig verteilen, durch feinste Poren diffundieren und es kann, in Enzymen fixiert, Niedertemperatur-Reaktionen eingehen, die Leben möglich machen. Vor allem aber bietet dieses Gas aus der Sicht der Thermodynamik einen unschätzbaren Vorteil gegenüber Siliziumdioxid. Es kann unter Mitwirkung von Enzymen, Wasser und Sonnenlicht, zu einem Speicherstoff, der Glukose, reduziert werden. Die Reduktion von Siliziumdioxid ist energetisch wesentlich aufwändiger.

Mit Glukose entsteht aus Kohlendioxid ein hochgeordnetes Molekül mit niedriger Entropie und hoher Freier Energie ΔG , die zum Transfer in die fein abgestuften Energiepäckchen des Adenosintri-phosphats (ATP) für den energetischen

Antrieb des Zellstoffwechsel zur Verfügung steht. Der Energietransfer aus Glukose – letztlich ein Sonnenenergiespeicher – in ATP geschieht im Zellmetabolismus durch Glykolyse und den Zitronensäurezyklus, kombiniert mit der Atmung (s.u.) zurück zu Kohlendioxid, das wieder in den atmosphärischen Gaskreislauf zurückfließt. Kohlendioxid ist fähig einen oxidativ und reduktiv geprägten Kreislauf auf niedrigster Energiestufe zu verwirklichen. Technischer Chemie ist das unmöglich.

Aus chemischer Sicht ist Kohlendioxid lediglich ein Molekül, das aus einem Kohlenstoffatom und zwei Sauerstoffatomen besteht. Diese Kombination zweier Elemente zu einem neuen Habitus, der in all seinen Eigenschaften völlig verschieden von den Ausgangselementen ist, ist ein Analogon für das Wesen unseres stofflichen Seins. Elemente verbinden sich nach festen Regeln zu Molekülen, die wiederum zu neuen Molekülen reagieren können. Diese Regeln gelten an jedem Ort der Welt, ja sogar in unserem Sonnensystem und darüber hinaus im ganzen Weltall. Alle Atome eines Elements sind absolut identische untereinander. Eine Unterscheidung von zwei Kohlendioxid Molekülen ist nicht möglich. Man kann lediglich zwischen Molekülen aus verschiedenen Isotopen der Elemente unterscheiden.

Kohlendioxid ist eine Verbindung, die in hohem Maß von einem immanenten, sowohl physikalischen als auch chemischen Wandlungspotential geprägt ist. Gestatten Sie mir einigen kritische Anmerkungen zu diesem Thema:

Unter Normalbedingungen, also bei Zimmertemperatur und normalem Luftdruck, liegt es als Gas vor und ist in unserer Atemluft zu 0,038 % enthalten. Das hört sich nach nicht viel an. Rechnet man aber die gesamte atmosphärische Hülle der Erde hoch, so ergibt sich ein Bestand von etwa 2,6 Billionen t.

Unberücksichtigt ist dabei der fixierte Kohlenstoff-Bestand in Form von 10 Billionen t, gebunden als Kohle, Erdgas, Petroleum, von ca. 2 500 Billionen t in Form von Sedimenten und von 130 Billionen t in den Ozeanen (Fuchs, 2007, S. 18).

Physiologisch gesehen ist es nicht giftig, wirkt aber erstickend, da es den Sauerstoff in der Atmung verdrängt.

In der medialen Darstellung hat Kohlendioxid in den letzten Jahrzehnten eine einseitige, politisch geprägte, überwiegend negative Darstellung als Klimakiller und Bedrohung der Zukunft erfahren. Ursache dürfte die Instrumentalisierung im Rahmen der Diskussion der Klimaerwärmung, des Raubbaus an fossilen Ressourcen und mangelnder Kenntnis, der in diesem Buch zu beschreibenden Zusammenhänge sein. Ich sehe die Gefahr, aus politischem Kalkül Kohlendioxid zu stigmatisieren, um die

Gefahr der heraufziehenden Verknappung der fossilen Energieträger zu verschleiern. Das wäre in gewissem Maß akzeptabel, wenn nicht die Gefahr bestünde, dass die überall propagierten Maßnahmen zur Kohlendioxid Minimierung eine Problemlösung vorgaukelt, die in Wirklichkeit nicht mehr greift. Es ist zu spät. Deutschlands Kohlendioxid Emission betrug 2012 2,5 % der Welt-CO₂-Emission. Seit 2017 steigen die Werte ungeachtet der absehbaren weltweiten Folgen.

Da gibt es z.B. die unverantwortliche Absicht alles Kohlendioxid aus großtechnischen Verbrennungsprozessen unterirdisch zu lagern in der Erwartung einer chemischen Bindung an Gestein zu Carbonaten. Kohlendioxid ist schwerer als Luft und würde sich bei unkontrolliertem Ausbruch als Erstickungswalze über das Land ausbreiten. So geschehen 1986 durch eine natürliche Kohlendioxid-Unterlagerung am Nyos-See in Kamerun mit 1700 Toten.

Was tun wir, wenn sich in den nächsten Jahrzehnten herausstellen sollte, dass die Klimaerwärmung vorwiegend durch Sonnenaktivität oder Umpolung der Erde verursacht wurde? Dann sind viele Jahre mit blindem Aktionismus vertan worden. In dieser Zeit haben wir zwar absolut begrüßenswert alternative Energiequellen verwirklicht und die fossilen Quellen geschont, aber die Klimaerwärmung ist in keiner Weise zukunftsorientiert für kritische terrestrische Bereiche angepackt worden.

Es gibt, langfristig gesehen, allerdings Aspekte der Klimaerwärmung, die zumindest aus anthropozentrischer Sicht positiv zu sehen sind. Im Oktober 2015 titelt dpa: "*Nächste Eiszeit wird wohl ausfallen*". H.J. Schellnhuber vom Potsdamer Institut für Klimaforschung (PIK) argumentiert, dass die in etwa 60 000 Jahren anstehende nächste Eiszeit ausfallen dürfte. Voraussetzung wäre allerdings, dass der Mensch keine fossilen Energieträger verfeuert hätte. Es seien seit Beginn der Industriellen Revolution ca. 500 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (in Form von Kohlendioxid Anm. d. V.) in die Atmosphäre verfrachtet worden sein. Das sollte ausreichen, um einen solchen Kälteeinbruch zu verhindern. Das absehbare "Land unter" wird wohl einfach verdrängt.

Aus biologischer Sicht ist Kohlendioxid Basis, Ausgangspunkt und Zukunft allen Erdenlebens. Seine außerordentliche Rolle erhellt aus den Lebensvorgängen und Kreisläufen auf unserer Erde. In den Weiten des Weltraums kann sich diese biochemische Entfaltung auf geeigneten Planeten zwar vergleichbar darstellen, muss aber sicher nicht genau so ablaufen. Es ist durchaus plausibel, dass unter anderen stellaren Bedingungen, andere Lebensformen auf der Basis von

Kohlenstoff entstehen könnten. Bei höheren oder tieferen Temperaturen, anderen Gravitationsbedingungen, abweichender Energieeinstrahlung usw. würde Leben andere Formen annehmen, sich aber in seiner Entfaltung und Lebenschemie nicht notwendigerweise grundsätzlich von unserem unterscheiden.

Kreationisten und ID-Vertreter sind der Meinung, wie wunderbar doch das schöpferische Umfeld in der Vergangenheit auf die menschliche Lebensentfaltung aufgepasst hat. Alles sei so gefügt und so gesteuert worden, dass wir Menschen als krönender Abschluss entstehen konnten. Die unzähligen Unfälle und Katastrophen wie Mond-Entstehung, Meteoriten-Einschläge, Vereisung im erdzeitlichen Urzustand sowie lebensermöglichenden Umstände wie Ausbildung von Mond, Magnetgürtel, Ozonschicht usw. werden als geplante, zielgerichtete göttliche Hilfestellungen dargestellt, damit wir das uns adäquate Jetztstadium erleben dürfen. Dies sind Koinzidenzen. Mit Wissenschaft hat das nichts zu tun. Stimmt das überhaupt? Selbstverständlich könnte das Fehlen eines Erdmagnetfeldes oder der Ozonschicht, um nur zwei Beispiele zu nennen, Leben in einem frühen Stadium auf einem ganz anderen Niveau eingefroren oder vernichtet haben. Warum aber war dem nicht so?

Entscheidend ist: man darf nicht zu viel in diese Entwicklung hineininterpretieren und vor allem darf man Ursache und Wirkung nicht verwechseln. Das menschliche Leben wurde nicht möglich, weil auf der Erde eine äußerst unwahrscheinliche und trotzdem dauerhafte, maßgeschneiderte Ziel-Nische 4 Milliarden Jahre freigehalten wurde. Im Gegenteil, die Bedingungen haben sich in den Jahrmilliarden der Erdgeschichte ständig verändert. Das Leben musste reagieren und sich immer wieder neue Nischen suchen und darin evolutionär entfalten. Dieser Weg ist aber für Pflanze, Tier und Mensch nie zu Ende. Kein vernünftig Denkender kann auf die Idee kommen, dass wir Menschen in unserer derzeitigen Erscheinungsform, mit unserer ungehemmten Entfaltung und unseren egozentrischen Anlagen, ein erstrebenswerter Abschluss sind. Ständig verändert sich die Fitnesslandschaft (Kauffman, 1995), und da wir das Ende nicht kennen, sollten wir auch aufhören, uns als die Krone der Schöpfung anzusehen. Viele Lebewesen sind mit uns bis zu 99 % und mehr genetisch identisch. Das könnte zwischen potenziellen Lebewesen auf anderen Planeten ebenso sein und zu vergleichbaren aber nicht den gleichen Ergebnissen führen.

Ich bin jedenfalls der Meinung, dass sich Leben auch auf anderen Planeten durchaus formiert haben kann sowie ständig entwickeln wird, und zwar ebenfalls auf der Basis der beschriebenen Lebens Elemente. Zu deutlich sind die Spuren, die aus diesen Elementen gebildet und spektroskopisch nachweisbaren Ver

2.3.3.1 Der Ursprung liegt im Weltall

Stichpunkte: Seit etwa 13 Milliarden Jahren, heute und auch in Zukunft, entstehen aus den in Sternen erbrüteten Elementen, im Sternenstaub, interstellar Moleküle. Meist Anorganika, aber auch organische, kohlenstoffhaltige Moleküle und Nukleinsäuren und sogar Bakteriensporen, sollen auf die Erde gelangt sein, sich zu weit komplexeren Molekülen verbunden, und Leben durch eine biologische Evolution von außen initiierten haben.

Diese Hypothese wird beflügelt von interstellaren Forschungen der letzten Jahre, die sich aufgrund von spektroskopischen Befunden der Radioastronomie ergeben haben und bezieht noch weiter zurück liegende Betrachtungen ein.

Der Gedanke von einem außerirdischen Lebensbombardement stammt von Svante Arrhenius²⁵³, der bereits Ende des 19. Jahrhunderts die Panspermia-Theorie entwickelte. Gemäß dieser Idee soll Leben, z.B. in Form von Bakteriensporen, also biologischen Zellen, durch das Weltall reisen und auf Planeten wie der Erde ihre Saat hinterlassen.

In Rahmen der „Gen-Hypothese: Leben ohne Proteine“, wurde die Hypothese aufgestellt, dass Leben letztlich auf der Basis von Nukleinsäuren aus abiotischen Genen entstanden ist. Um die damit fast unumgängliche Annahme, der Entstehung des Genetischen Codes zu umschiffen, haben Crick und Orgel, die alte Panspermia-Theorie wiederaufleben lassen. (Lehninger. Albert L., 1979, S. 863) Nachweise fehlen bisher, zumal mehr als fraglich ist, ob solch komplexe Systeme auf ihrer langen Reise durch das All das hochenergetische Strahlenbombardement überdauern würden. Übrigens hat der mittlerweile verstorbene Astrophysiker Fred Hoyle, „Erfinder“ der C-Feld Theorie (s.o.), die moderne Panspermia-Theorie maßgeblich mitgeprägt. Hoyle hat sich, wahrscheinlich veranlasst durch seine anthropisch orientierte Vorgehensweise bei der Entdeckung der Kernfusion von Helium zu Kohlenstoff (s.o.), später der ID-Ideologie genähert. Er berechnete, dass eine irdische zufällige Formation von Lebensmolekülen aus rein mathematisch-kombinatorischen Gründen höchst unwahrscheinlich ist. Ich habe diesen Fragenkomplex bereits erörtert und möchte nochmals auf den Begriff der Selbstorganisation hinweisen, der diese Problematik in ganz anderem Licht erscheinen lässt.

Zusätzlich müssten die Fragen nach dem Ursprung dieses reisenden Lebensborns geklärt werden. Wie, wo und wann entfaltetete es sich im Weltall?

Andererseits kann man die folgenden Entdeckungen nicht einfach abtun:

Inzwischen wurden nämlich viele Moleküle, Ionen und Radikale im Weltall, vor allem in Dunkelwolken nachgewiesen. Vorwiegend handelt es sich um Wasserstoff, Hydroxyl-Radikale wie $\cdot\text{OH}$, Wasser, Formaldehyd und Ammoniak (Follmann, 1981, S. 47). Aber auch schwergewichtigere Moleküle wurden

gefunden, vor allem kohlenstoffhaltige, wie z.B. Methan, Methanol, Methylamin, Ameisensäure, Ethanol, Blausäure, Propionitril usw. Neuerdings wurden sogar Aminosäuren nachgewiesen; alles natürlich vergleichsweise sehr einfache Verbindungen. Von 1965 bis heute, wurden mehr als 140 verschiedene Moleküle im Weltall identifiziert, sowohl in interstellaren Wolken als auch in ausgedehnten Hüllen um Sterne. Ein Großteil davon ist organisch, das heißt, auf Kohlenstoffbasis aufgebaut. (Siehe auch o.a. Philae-Rosetta-Mission).

Ein auf den ersten Blick besonders interessantes Molekül ist in diesem Zusammenhang das aus 60 Kohlenstoffatomen bestehende Buckminster Fulleren (s.u.). Es wurde durch Infrarotaufnahmen mit dem Weltraumteleskop Spitzer im planetarischen Nebel Tc 1 nachgewiesen. Es entsteht in den äußersten Schichten alter Roter Riesensterne, kurz bevor diese ihre äußere Hülle als planetarische Nebel abstoßen (Slawik R., S. 70). Wenn man dieses kompakten Molekül als eine Art Transporter auffasst, kann man sich gut vorstellen, dass Panspermisten (s.o.) damit das ideale Transportmedium von „Spermien“ zwischen den Welten gefunden zu haben glauben. Immerhin besitzt es einen Hohlraum mit einem Durchmesser von 700 pm. ($700 \text{ pm} = 700 \times 10^{-12} \text{ m}$). Zellen haben dagegen einen Durchmesser zwischen 1 und 30 Mikrometer, 30 Mikrometer = $30 \times 10^{-6} \text{ m}$). D.h. der Zelldurchmesser ist etwa 100 000 Mal größer. Was könnten an lebensvermittelnden Aggregaten in einem so kleinen Raum untergebracht werden? DNA? Das größte menschliche Chromosom enthält 247 Millionen Basenpaare. Der Durchmesser allein eines Basenpaares beträgt schon ca. 2,6 nm ($2,6 \text{ nm} = 2,6 \times 10^{-9} \text{ m}$) Das passt offensichtlich nicht.

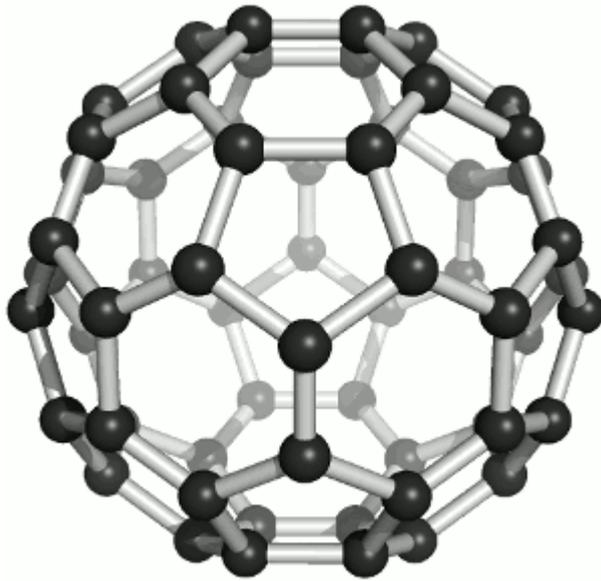


Abbildung 18: Buckminster Fulleren (Kopie aus WIKIPEDIA)

Auf dem Kometen Wild 2 fand sich kürzlich Glycin, die einfachste Aminosäure, nach Analysen von Kometenproben, welche die Sonde Stardust gesammelt hatte. Die bereits zitierten Arbeiten von Prof. Dr. Uwe J. Meierhenrich im Rahmen von Kometensimulation lassen in dieser Forschungsrichtung noch einige Überraschungen erwarten.

Was beweisen diese Arbeiten?

Im Prinzip handelt es sich dabei nicht um eine biologische, sondern „nur“ eine Chemische Evolution. Das Vorhandensein dieser präbiotischen Verbindungen ist lediglich ein Beweis für die aus chemisch thermodynamischer Sicht durchgegebene Wahrscheinlichkeit, dass sich sogar in der Kälte, aber auch strahlungsinintensiven Tiefe des Weltraums, einfache chemische Reaktionen abspielen, wobei die Betonung auf „einfach“ liegt. Diese Möglichkeit kann aber nicht auf den Weltraum beschränkt sein. Ganz offensichtlich ist die Erde als großflächige Matrix und sozusagen ressourcenüberladen mit anorganischen Komponenten, dafür wesentlich besser prädestiniert, und das bei günstigeren Temperatur- und Energieverhältnissen. Vor allem aber findet man terrestrisch adäquate Bedingungen und die Option, in einem z.B. durch Diffusion leicht durchmessbaren Umfeld, zukunftsfähige, präbiotische Moleküle zu kreieren, was im Weltraum fast auszuschließen ist; ganz abgesehen von der Überlebensfähigkeit. Warum also die Wurzeln im Weltall suchen?

Eine dieser Voraussetzungen zur Einleitung von molekularbiologischer Interaktion, also zur Reaktion miteinander, ist das Vorhandensein von flüssigem

Wasser. Erst wenn sich in wässrigen Lösungen, über längere Zeit, einfache Grundmoleküle anhäufen und damit durch Konzentrationssteigerung die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens erhöht, ist mit der Bildung neuer Molekülkomplexe durch Bindungsbildung zu rechnen. Diese Bindungsbildung aus ungeordneten Kleinmolekülen führt zu einer neuen Klasse von Makromolekülen aus polymeren Kleinmolekülen, mit formal höherem Anordnungsaufwand und höherem Informationsinhalt in einem thermodynamisch offenen System, also getragen von Energie- und Stoffaustausch mit der Umgebung.

An dieser Stelle möchte ich auf die frühzeitige terrestrische Entstehungsmöglichkeit – m.E. vor mehr als 3,5 Milliarden Jahren - von Adenin aus Blausäure und, nach Kombination mit Ribose und Phosphat, von Adenosin und Adenosinphosphat – dem wichtigsten Energietransporter in biochemischen Reaktionen - hinweisen. Das ist aber mit einer Entropie-Erniedrigung verbunden; ein an sich unwahrscheinlicher Vorgang. Warum erfolgt sie trotzdem freiwillig im Gegensatz zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik?

Wenn man von mehrfach phosphorylierter Ribose ausgeht, erklärt sich die Bildung von Adenosinphosphat durch das Reaktionspotential eines durch Phosphatreste aktivierten Systems.

Eine weitere Erklärung liegt, wie unter „Wasserentropie“ beschrieben, in der Ausbildung von Hydrathüllen um Moleküle in wässriger Lösung: Man darf nicht nur das „offenen“ System der Monomeren und das sich bildende Makromolekül betrachten, sondern das Gesamtsystem, einschließlich des Lösungsmittels Wasser. In der Biologischen Evolution haben wir es vorwiegend mit polaren Molekülen zu tun. Gelöst in Wasser, umgeben sich diese polaren Teilchen selbstorganisiert mit einer Hydrathülle aus Wasserdipolen; ebenso das gebildete Makromolekül, dessen Hydrathülle aber kleiner ist. Die Differenz der Hydrathüllen unterstützt die Entropie-Abnahme des Reaktionssystems und ist ein Maß der Erhöhung der damit verbundenen Gesamtentropie.

Die Wassermatrix unterstützt die Entropie-Abnahme ohne die kein Leben möglich ist.

Mitentscheidend für eine Ablehnung der Panspermia-Hypothese ist auch die damit einhergehende Unmöglichkeit, sich eine interstellare Lebensentfaltung aus Lebensmolekülen im Weltall auf zellulärer Basis vorzustellen. Ohne Zelle ist aber keine erklärable Lebensemergenz denkbar. Eine Zellbildung im All ist als unmöglich einzustufen.

Zusammenfassend bin ich der Meinung, dass eine Biologische Evolution in der interstellaren Leere des Weltalls nicht möglich ist und auch nicht für eine Entstehung von Leben vorausgesetzt werden muss. Wie das auf einem Exo-planetaren System aussehen mag, steht auf einem anderen Blatt.

Ein anderer gedanklicher Ansatz lässt allerdings eine „Besamung“ der Erde durch größere Meteoriten vor 4 Milliarden Jahren nicht völlig unmöglich erscheinen. Ein

solches kompaktes Gebilde könnte lebensvermittelnde Moleküle, z.B. DNA-Vorläufer enthalten haben. Bei der strahlungsgefährdeten Reise durch das Weltall und dem Verglühen der Außenschicht beim Eintauchen in die Erdatmosphäre, könnte das Innere dieses Lebensspenders intakt geblieben sein und als Lebenszünder gewirkt haben. Voraussetzung war, dass eine besamungsfähige irdische Situation mit ausreichend flüssigem Wasser, moderater Temperatur und interaktionsfähiger chemischer Landschaft vorlag, was wohl vorausgesetzt werden kann. Woher allerdings DNA gekommen sein soll, bleibt offen. Wenn diese Theorie zutreffen sollte, dürften solche Meteoriten aber kein kosmisches Einmalereignis sein und auch auf weitere kosmische Körper, mit und ohne Befruchtungspotential, aufgetroffen sein.

In diesem Zusammenhang sei nochmals etwas ausführlicher auf das bereits angesprochene aktuelle Forschungsprojekt "Rosetta" der ESA-Kometenmission vom 2. März 2004 hingewiesen. Die Mission besteht aus einem Orbiter und einer Landeeinheit "Philae". Mit dieser Landeeinheit ist, nach 10jährigem Flug, am 11. November 2014 eine automatisierte Landung auf dem Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko erfolgt. Da der Komet zu diesem Zeitpunkt so weit von der Erde entfernt war, dass Steuersignale eine halbe Stunde unterwegs sind, war eine Direktsteuerung von der Erde aus nicht möglich. Es wurde untersucht, ob auf der Kometenoberfläche eine Art Urzustand mit präbiotischen Molekülen und Wasser nachgewiesen werden kann. Das wäre ein konkreter Hinweis, dass Kometen eine Rolle in der Entstehung des Erdenlebens gespielt haben können, sofern man annehmen darf, dass solche Objekte die Erde vor 3-4 Milliarden erreicht haben. Inzwischen liegt als ein erstes spektakuläres Ergebnis das Vorhandensein von Wasser vor, mit einem dreifach höheren Deuterium Anteil im Wassermolekül gegenüber terrestrischem Wasser. Das erhärtet die Annahme, dass Erdwasser eher aus Asteroiden als aus Kometen stammen dürfte. Darüber hinaus wurde, wie bereits erwähnt, eine ganze Palette von organischen Molekülen gefunden. Es wäre natürlich eine absolute wissenschaftliche Sensation, wenn DNA-Vorläufer gefunden würden.

Für den fiktiven Fall, der von einer interstellaren Besamung unserer Erde mit DNA- oder RNA-Makromolekülen ausgeht, würde eine neue Seite aufgeschlagen. Befriedigend wäre das aber letztlich auch nicht, da zu klären wäre, wie und wo diese Moleküle entstanden sind, und von woher sie zu uns gekommen sein sollen. Zudem sollte eine derartige kosmische Gabe auch heute noch auf Protoplaneten nachweisbar sein. Andererseits ist DNA allein sozusagen nur die halbe Miete. Zudem ist DNA ein Komplex, dessen Bildung unter präbiotischen

terrestrischen Bedingungen bisher noch nicht durchgehend geklärt ist. Das sollte auch auf anderen Planeten gelten.

Eine Wirken von DNA kann nur innerhalb einer Zelle stattfinden. Noch unbefriedigender wäre die Version, nach der DNA von irgendeiner hochentwickelten Zivilisation vor mehr als 4 Milliarden Jahren in den Weltraum ausgesetzt wurde, wie es in manchen Science-Fiction Filmen durchgespielt wird. Dann sollte doch sicher eine Vielzahl von Planeten-Sonnensystemen gleichermaßen befruchtet worden sein. Das Rätsel des Lebens wäre damit nur in den Kosmos verschoben.

Eine interessante Bereicherung dieses Themas bietet die Veröffentlichung eines Forschungsteams um Yasuhiro Oba der Universität Hokkaido /Japan in der Fachschrift Nature. Alle fünf Nukleobase, die zum Entstehen von DNA und RNA notwendig sind, konnten aus drei Proben verschiedener Meteorite extrahiert werden (Wissenschaft, 3. 5. 2022 und Süddeutsche Zeitung. Evolution, 26.04.2022). Was sagt uns das? M.E. nur, dass diese Bausteine im Weltraum entstehen können, soweit es sich bei den Funden nicht um Artefakte handelt. Wie beschrieben ist eine Vielzahl organischer Moleküle als kosmische Reisende bekannt. Besagte Basen können aber auch auf der Erde entstehen. Grundsätzlich werden die fünf Basen nur dann zu Informationsträgern, wenn sie sich zu DNA und RNA in einem ganz speziellen Umfeld, bei schonendsten Bedingungen in der wässrigen Matrix einer Zelle chiral koordinieren können. Man kann ja auch nicht davon ausgehen, dass der im Kosmos allgegenwärtige Wasserstoff bzw. seine Isotope notwendigerweise zur Entwicklung der Wasserstoffbombe führen musste. Die Aussage, dass mit dem Auffinden dieser Basen das Leben gesichert war, verkennt das Potential der biologische Evolution und liebäugelt mit Schöpfungsakten. Zudem ist wohl zu bedenken, dass beispielsweise das Finden von Schrauben, Kabeln und Blechteilen nicht notwendigerweise unvermeidlich zum Bau eines Airbus A 380 führen müssen.

Sogar den Stoff, der angeblich für DNA im Weltall prädestiniert ist, hat man im Weltall spektroskopisch nachweisen können: Aminoacetonitril. Das ist allerdings eine mehr als oberflächliche Einstufung denn für diesen „Beweis“ gilt das bereits Gesagte. Entsprechende Spektrallinien wurden in der „Heimat der großen Moleküle“ in einem heißen „Gasklumpen innerhalb des Sternentstehungsgebietes im Sagittarius B2 (Sagittarius A*, supermassereiches schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße, im Sternbild Schütze) „Aminoacetonitril im Weltall nachgewiesen“ (URL: <https://www.organische-chemie.ch/chemie/2008mae/aminoacetonitril.shtm>)

Wie bereits ausgeführt wurde, haben sich eine Vielzahl von abiotischen Molekülen terrestrisch bereits aus den Ur-gasen, beginnend vor ca. 6 Milliarden Jahren auf unserer Erde gebildet. Viele abiotische, terrestrische Moleküle sind z.T.

identisch mit spektroskopisch interstellar nachgewiesenen präbiotischen Molekülen, die im Rahmen der Panspermie auf die Erde gelangt sein sollen. Welche Möglichkeiten gibt es zu einer Differenzierung des Ursprungs? Eine andere Isotopenverteilung? Sind sie überhaupt in nennenswerter Menge auf der Erde gelandet?

2.3.3.2 Das Leben entstand in den Tiefen von Ozeanen

Stichpunkte: Leben könnte in den Tiefen der Ozeane, in Verbindung mit „Schwarzen Rauchern“ entstanden sein.

Mit der Erschließung der Meere durch tiefseetaugliche Unterwasserboote, wurde die Wissenschaft auf die sogenannten „Schwarzen Raucher (Black Smoker)“ aufmerksam. Sehr bald erkannte man, dass es sich um unterirdisch austretendes Wasser von Thermalquellen handelt, das vor allem Sulfide und Salze der Elemente Eisen, Mangan, Kupfer und Zink gelöst enthält. Die bis zu 400 °C heiße, mineralreiche Brühe trifft mit dem etwa 2 °C kalten Wasser des Meeresgrundes zusammen, wobei durch Abkühlung Mineralien ausgefällt werden, die wie eine „Rauchfahne“ der entstandenen Schornsteine wirken. In diesem Umfeld beobachtet man die Bildung von organischen Verbindungen. Die extremen Umweltbedingungen, wie sie in der Nähe der Black Smoker herrschen, assoziieren die Verhältnisse in der frühen Erdgeschichte, in denen manche Evolutionsbiologen den Ursprung des irdischen Lebens sehen. Anaerobe chemosynthetisch aktive Bakterien (Chemolithotrophe Bakterien) und Archaeen (früher fälschlicherweise als Archaeobakterien bezeichnet), nutzen Schwefelwasserstoff oder Methan als Reduktionsmittel, um gelöstes Kohlendioxid in organische Verbindungen als Speichersubstanzen (wie in Pflanzen z.B. Glukose) zu überführen, ohne direkt auf Sonnenlicht als Energielieferant angewiesen zu sein.

Kohlendioxid ist also auch in diesen Lebenszyklen ein entscheidender Faktor. Sicher war er im Laufe der Erdgeschichte nicht ursprünglich auf den Zyklus der Kohlendioxid-Assimilation grüner Landpflanzen angewiesen da es genügend anorganisch entstandenes Kohlendioxid in den Meeren gegeben haben muss. Im Laufe der Evolution sollte er aber integriert worden sein.

Energie in Form von ATP, wird in diesem Ökosystem also nicht - wie von Pflanzen – direkt per Photosynthese aus der Lichtreaktion und der Atmung (s.u.) gewonnen. Die sich vermehrenden Bakterien werden von anderen Lebewesen als Nahrung genutzt. So entsteht rund um die Schlote eine bunte Vielfalt aus Muscheln, Röhrenwürmern und verschiedenen Arten von Krebstieren und selbst Fischen. Besagtes Kohlendioxid setzt allerdings auf Dauer das uns vertraute Ökosystem voraus, das durch die Photosynthese als Basiskreislauf zu kennzeichnen ist. Deren energetischer Motor ist die Sonne. Also sind m.E. die Schwarzen Raucher, wenn auch nur indirekt, an diesen grundlegenden Mechanismus gebunden.

Ohne Kohlendioxid müssten sie sich anderer reduzierbarer Grundsubstanzen bedienen. Das wären z.B. das System Sulfate - Schwefel. Entscheidend ist aber, ob ein geeigneter Oxidationsvorgang existiert, der wieder zurück zu Sulfat führt und nebenbei ATP bereitstellt. Auf solche Kreisläufe kommen wir noch zurück.

Nick Lane (Lane, 2013) hält ebenfalls die schwarzen Schlote der Tiefsee als Ort der Lebensentstehung für wahrscheinlich. Er sieht, berechtigt, massive thermodynamische Probleme in der Idee der Ur-Suppe, da sie sich seiner Meinung nach im Gleichgewicht befunden haben muss. Das würde tatsächlich jegliche chemische Reaktion ausschließen: Es gäbe *"keine treibende Kraft"*. (Da diese Ur-Suppe aber einem energetischen Einfluss durch Erdwärme und Sonnenenergie (Tag - Nacht – Rhythmus) sowie Stoffaustausch z.B. durch Vulkanismus oder Meteoriteneinschlag ausgesetzt war, kann das Vorliegen eines Gleichgewichts bezweifelt werden). *"Das ursprüngliche Leben begann in einem poröser Stein, der komplexe Moleküle und Energie erzeugte, bis zur Bildung von Proteinen und DNA selbst"*. Diese Argumentation lässt eine etwas willkürliche Verknüpfung der Idee der Lebensentstehung in Schwarzen Rauchern und einer Entstehung in heißen Mineralien an der Erdoberfläche von Sidney-Fox (s.u.) vermuten. Zudem halte ich die Bildung von DNA in dieser Konstellation für sehr unwahrscheinlich.

Der Gedanke der Lebensentfaltung in diesem Umfeld klingt vor dem Szenario der bekannten weltweiten Vereisungen als Überlebensgarant verlockend; ebenso im Hinblick auf die Meteoriten-Vergangenheit unserer Erde. Beides waren Einflüsse, die biotische Vorstufen oder Leben selbst entscheidend hätten behindern können. In der Tiefe von Ozeanen wäre hier mit besseren Überlebenschancen zu rechnen.

Heute ist gesichert, dass es in den letzten 1,8 bis 3,8 Milliarden Jahren etwa 70 verheerende Meteoriten-Einschläge gegeben hat, zu einer Zeit also, als Leben schon lange in den Weltmeeren existierte. Urheber des Bombardements ist ein ehemals vorhandener Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter. Brandon Johnson von der Purdue Universität hat diese Ergebnisse in „Nature“ veröffentlicht. Dieser Befund ergibt sich aus Gesteinsuntersuchungen, wobei winzige kugelförmige Einschlüsse, Spherulen, von geschmolzenem Material gefunden wurden. Sie entstehen bei Einschlägen von Asteroiden unter Verdampfung von Gestein, das hoch in die Atmosphäre geschleudert wird und zu Tröpfchen kondensiert. So wurden beispielsweise Spherulen in westaustralischem Gestein registriert, das „nur“ 2,6 Milliarden Jahre alt ist. Dass das Leben diese Herausforderung überstanden hat, ist am ehestens durch seine tatsächliche Entfaltung im Wasser, ob in der Tiefsee oder an der Oberfläche von warmen Meeren, erklärbar.

Zum Abschluss ein Hinweis auf eine relativ aktuelle Meldung aus dem Internet: „Umstrittener Sturz in die Vereisung“ (Planet-erde.de, 2010) erstellt von Holger Kroker:

Zitat Anfang: „Dreimal soll sich die Erde komplett in einen Schneeball verwandelt haben: vor 2,3 Milliarden Jahren, vor 730 und dann noch einmal vor 650 Millionen Jahren. Hunderte von Metern hoch soll sich damals das Eis an den Polen getürmt haben, selbst der Äquator war eisbedeckt - eine solche Idee fasziniert Wissenschaft wie Öffentlichkeit. Doch unumstritten ist sie nicht. Auf einem Workshop der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich am Lago Maggiore, wurde jetzt der jüngste Stand der Diskussion um den Schneeball Erde erörtert...

Doch wer trug daran die Schuld? Falls es diese Schneeball-Ereignisse gegeben hat, ist die Ursache der beiden jüngeren ein Geheimnis. "Für das älteste vor 2,3 Milliarden Jahren, das sage und schreibe 100 Millionen Jahre gedauert hat, glauben wir, dass das Leben selbst die Eiszeit ausgelöst hat", erklärt Joe Kirschvink, Geologie Professor am California Institute of Technology und einer der Väter der Idee. Speziell die Cyanobakterien produzierten damals reichlich freien Sauerstoff, den sie in die Erdatmosphäre freisetzten. Ein neuer Mitspieler war da. Zuvor hatten jedoch andere Mikroben mehr als eine Milliarde Jahre lang dafür gesorgt, dass sich in der Luft das Treibhausgas Methan angestaut hatte. Methan und Sauerstoff vertragen sich nicht - und so "verbrannte" das Methan zu Kohlendioxid. Kohlendioxid ist aber ein schwächeres Treibhausgas als Methan.

Doch die Erde braucht den Treibhauseffekt, um nicht einzufrieren. Ohne den natürlichen Heizeffekt von Kohlendioxid, Methan oder Wasserdampf läge die Durchschnittstemperatur heute bei -18 Grad, und damals strahlte die Sonne noch schwächer als heute. Der Kohlendioxidgehalt allein reicht nicht aus, um die Temperaturen über dem Gefrierpunkt zu halten - und die Erde kippte in eine Eiszeit", so Kirschvink. Dennoch ist Kohlendioxid offenbar der Schlüssel zum Ende der Eiszeit. Die Vulkane pumpten solche Mengen von Kohlendioxid in die Luft, dass schließlich ein galoppierender Treibhauseffekt die Erde wieder vom Eis befreite... Eine globale Vereisung kann die biogeochemischen Zyklen so verändern, dass die Evolution sozusagen angetrieben wird. Unter dem Eis entsteht ein für Algen und Cyanobakterien nährstoffreiches Wasser, so dass sie nach dem Abschmelzen regelrecht explosionsartig wachsen. Zum anderen könnten damals erstmals sehr primitive Pilze, Flechten und einzellige Pflanzen die Kontinente erobert haben. Die Idee basiert darauf, dass Steine durch biologische Aktivität anders verwittern - und damals entstehen plötzlich Böden, nicht mehr nur bloße Mineraltrümmer wie Sand“. Zitat Ende

Es bleibt die Frage, ob sich gemäß dieser Variante Leben initiiierend und ursprünglich in der Tiefe von Ozeanen entwickelt hat oder ob sich diese Erscheinungsform als eine Folge einer vorgelagerten Lebensbildung an der Erdoberfläche, nachträglich in der Tiefsee eingestellt hat. Bakterien der Meeresoberfläche verschiedenster Provenienz könnten aus der im Weiteren zu beschreibenden Ur-Suppe, in die Meere gespült, abgesunken sein und sich an die heißen Quellen

angepasst haben. Es muss diesbezüglich erwähnt werden, dass erdgeschichtlich sehr früh in Erscheinung getretene, anaerobe, aber photosynthetisierende Bakterien, die den heutigen Purpur- und Schwefelbakterien vergleichbar sind, aus Licht, Kohlendioxid und reduzierenden Verbindungen wie Schwefelwasserstoff, Zellsubstanzen und Energie gewinnen konnten (s.o. und u.). Da ist ein adaptiver Schritt unter allmählicher Abkopplung vom Tageslicht ins Dunkel der Ozeane.

Allerdings bleibt auch hier das Problem, sich die zelluläre Basis des Lebens vorzustellen. Zellen entstanden aus Coacervaten bzw. Mikrospären, die sich an flüssig-Gas-Phasengrenzflächen ausbilden können.

Können solche Systeme aus dem Wirken von schwarzen Rauchern entstehen? Sicher bilden sich beim Ausströmen der überhitzten wässrigen Phase, nach dem Entspannen Gas-Blasen. Dabei dürfte es sich aber nicht um Coacervate handeln, sondern leere, durch Kavitation²⁵⁴ gebildete Systeme. Ist deren Inbesitznahme durch Zellbiologie als eine mögliche Zellvariante möglich?

Was spricht noch dagegen, dass zellartige Systeme in der Tiefsee dennoch entstanden seien? Armen Mulkidjanian, von der Universität Osnabrück, sieht in diesem Zusammenhang die prohibitive Abweichung des biochemischen Chemiecocktails der Zelle, von den in den Tiefseequellen gelösten Chemikalien. Deren Regulierung gelang den Zellsystemen erst deutlich später.

2.3.3.3 Leben als inhärentes Potential komplexer chemischer Systeme

In seinem Buch „Der Öltropfen im Wasser“, das ich schon im Kapitel 2.2, „Urzeugung des Lebens“, erwähnte, vertritt Stuart Kauffman folgende Ansicht: „...*die Entstehung des Lebens ist nicht an die magische Kraft der Watson-Crickschen Basenpaarung oder an andere spezifische Mechanismen der Matrizenreplikation gebunden. Der Ursprung des Lebens besteht vielmehr in der katalytischen Abgeschlossenheit, die ein Gemenge von Molekülarten erzielt*“.

Zufällige Entwicklung von Leben schließt Kauffman aufgrund von Stochastik-Betrachtungen gänzlich aus, da sie weit außerhalb jeder Wahrscheinlichkeit liegt. Nach seiner Ansicht gibt es, auf der Basis chemischer Grundgesetze, autokatalytische Mechanismen, die in Molekülgemischen hinreichender Komplexität, durch Selbstorganisation zwangsläufig zu Leben führen müssen. Ein für Chemiker und die Thermodynamik an sich verführerischer Gedanke, da chemische Gesetze berechenbare Systeme erwarten lassen. Leider ist dem nur auf den ersten Blick so. Chemie und Thermodynamik sind einigermaßen quantifizierbar für einfache Systeme, vor allem Gleichgewichtssysteme. Gleichgewichtssysteme sind aber tote Systeme, und Leben ist ein Nichtgleichgewichtszustand, z.B. als Fließgleichgewicht (Steady State). Wenn eine Zelle im Gleichgewichtszustand ist, lebt sie nicht mehr. Für Fließgleichgewichte gibt es bisher nur näherungsweise thermodynamische Lösungsansätze.

Wenn es nur auf die Komplexität ankäme, sollte es eigentlich möglich sein, genügend Chemie unter physiologischen Bedingungen zusammenzurühren, zu warten und irgendwann Lebens effekte aufblühen zu sehen: eine weitere Variante der Millerschen Versuche (s.u.). Natürlich spricht diese Theorie auch für die plausible Annahme, dass Leben in Sonnensystemen des Kosmos ubiquitär vorhanden ist.

Kauffman hat seine Hypothese, soweit ich sie verstehe, auf folgende Überlegungen aufgebaut:

Sich ständig differenziert fortentwickelnde Systeme stehen in Abhängigkeit zueinander: Sie sind verknüpft. Das damit entstehende Netzwerk wird infolge von Fortreaktionen und des sich gegenseitigen Bedingens immer fragiler und stör anfälliger: Es befindet sich in einem chaotischen Zustand, der, wie in der Chaosliteratur plakativ dargestellt, durch den berühmten Flügelschlag einer Möwe, unvorhersehbar Auswirkungen nach sich zieht. Es handelt sich hierbei nicht um einen Schneeballeffekt oder eine Kettenreaktion, sondern das Abgleiten eines chaotischen Systems in einen völlig neuen, nicht vorhersagbaren Zustand, der eintreten kann, weil geringfügigste Änderungen exponentiell ansteigende Auswirkungen haben können. *"Der Flügelschlag ist nicht der Auslöser, sondern eine von unzählig vielen Komponenten der Anfangsbedingungen, die alle gemeinsam die Zukunft bestimmen"* (Aigner, Florian, 2016, S. 44). Bezeichnend ist, dass sich chaotische Systeme durch unvorhersehbare Brüche in größere Stabilität geringeren Potentials entladen: eine Beobachtung der Meteorologen. Wenn wir z.B. Kauffmans Sandhaufenbeispiel betrachten, wird diese Unstetigkeit deutlich: Bei ständigem Aufstreuen von Sand auf dessen Spitze, wird irgendwann unvermeidlich ein nicht vorhersagbares Abgleiten ganzer Sandlawinen in einen stabileren Zustand führen.

Der Übergang eines chaotischen Systems in größere Stabilität durch Brüche erinnert übrigens an den Übergang hoher Symmetrie in geringere, stabilere Symmetrie ebenfalls durch Brüche.

Kauffman vergleicht das mit einem Phasenübergang. Er geht, in Analogie zu Wasser, von drei Phasen aus: Gasförmig-chaotisch, flüssig, fest-eingefrorenen, Sinkende Symmetrie in dieser Reihenfolge wurde bereits erörtert. Nach seiner Ansicht liegen viele genomische Netzwerke als geordnete Phasen nahe dem Phasenübergang zum Chaos vor. In diesem Übergangszustand befinden sich Bestand und Fortentwicklung in unmittelbarer Nachbarschaft. Allerdings ist das, zumindest für mich, eine recht kryptische Argumentation: woher kommen die Genome, die diese Netzwerke bilden sollen?

Kauffmans Modell entfernt sich gar nicht so weit von den Gedankengängen von Oparin und Haldan (s.u.). Er lässt seine komplexen Reaktionsfolgen in

Coacervaten ablaufen, die er als offene Systeme definiert. Die Energiezufuhr soll über Versorgung mit Nährmolekülen, was immer das auch sei, erfolgen. In diesen Urzellen reagieren Moleküle miteinander; die gebildeten Produkte werden in weitere Reaktionszyklen einbezogen. Moleküle sollen also sowohl als Ausgangsstoffe, als auch als Katalysator wirken können. Tatsächlich können Proteine, aber auch RNA-Moleküle so agieren. Es entsteht Gebilde von hoher Diversität. Irgendwann mündet diese Reaktivität in ein System zunehmender katalytischer Möglichkeiten und damit Erniedrigung der Aktivierungsenergie. Es entsteht ein kollektiv-autokatalytischer Verband, da der Zuwachs an Reaktionen größer ist als der Zuwachs an Molekülen. In einem solchen System formiert sich durch Austausch von Freier Energie ΔG , eine vorübergehende Selbsterhaltung in einem chemisch reaktionsfreudigen Pool. Dieses Energiepotential ΔG kann z.B. ein durch intensive Sonneneinstrahlung oder Hitzeeinwirkung entwässertes Agens sein, das unter Wasserabspaltung verlaufende Reaktionen anschiebt (s.u. Phosphorylierung). Zunächst ohne RNA oder DNA-Steuerung, also auch ohne Mutation (soweit man nicht zufällig entstandene, mutierende Proteine einbeziehen will) wird diese Freie Energie ΔG genutzt und damit Reaktionskaskaden angeschoben, womit es zur Selbstorganisation nicht mehr weit ist. Vorübergehend deshalb, da eine dauerhafte Energiezufuhr noch nicht geregelt ist. Selbstorganisation ist Vorabbedingung für Kreisläufe, auf die wiederum alle Lebensäußerungen aufbauen. Ein solcher Zusammenhang sollte sich experimentell belegen lassen.

Man kann nun folgende Hypothese aufstellen:

Wenn eine große molekulare Vielfalt mit energetischem Potential ΔG sich selbst überlassen bleibt und sich unter geeigneten Bedingungen, gelenkt durch immanente chemische Gesetzmäßigkeit, zu immer größerer Diversität bzw. Komplexität aufschaukelt, nähert sich das Netz von Reaktionen einem chaotischen Zustand. Diese Entwicklung ist m.E. mit immer stärkerer Entropie-Zunahme, durch Einebnen der ursprünglichen Potentialdifferenzen verknüpft. Das Reaktionsgeschehen muss, wenn es ohne Energiezufuhr bleibt, irgendwann zum Stillstand kommen, da sich das System unter Energieaufzehrung zu Tode reagiert. (Das Wasser des Stausees ist verbraucht). Diese Dynamik könnte im Sinne eines Symmetriebruchs umgekehrt werden, wenn, analog einem Phasenübergang von gasförmig zu flüssig, eine punktuelle Ordnungszunahme eintritt. Das kann z.B. der Fall sein, wenn sich ein verlässlicher Energielieferant einschaltet: ein Art Symmetriebruch, der ins Leben leitet, denn Leben ist der ungleich höhere Ordnungszustand. Das gilt auch für den später noch zu diskutierende Effekt des biologischen Symmetriebruchs: Entscheidung für nur eines der beiden möglichen Enantiomeren, z.B. α -L-Aminosäuren oder D-Glukose. Die enorme Diversität chemischer Reaktionen wird durch Energiezufuhr in dieses offene System und durch latente

Immanenz, resultierend aus den physikalisch chemischen Gesetzen, in geordnete Bahnen gezwungen, also vor dem Erlöschen bewahrt.

Was aber löste solche Symmetriebrüche aus? M.E. führte die Diversität dieser Reaktionsabläufen zu einem immer niedrigeren Niveau an Aktivierungsenergie, da durch selbstkatalytische Effekte, die ursprünglich in den Ausgangsprodukten vorhandene Frei Energie ΔG , pro Zyklus abnimmt. Nur wenn ab und zu ein aktiviertes Nährmolekül zu einer der Folgereaktionen stößt, gibt es wieder einen energetischen Anschlag, bevor der chemische Stillstand, der „Tod“, resultiert. So könnte ein Einpendeln des energetischen Umfeldes durch ständiges Abfallen auf die Aktivierungsschwelle von potenziellen Reaktionssystemen, hin zum physiologischen Energiebereich eingetreten sein. Damit steigt das Potential der Reversibilität der Reaktionen. Reversibilität ist ein Kennzeichen von lebensunterstützenden chemischen Kreislaufreaktionen. Solche Reaktionssysteme steuern sich selbstorganisatorisch durch Konzentrationsdifferenzen.

Es gibt weitere entscheidende, lebensunterstützende Kriterien:

Da ist die dauerhafte Anwesenheit von Wasser, die schon in Ur-Coacervaten gegeben war. Alle biologischen Moleküle sind polar aufgebaut. Sie umgeben sich in ihrer Reaktionsentfaltung mit Hydrathüllen, also Wasserhüllen aus Wasserdipolen. Hydrathüllen wiederum sind mitentscheidend Faktoren, die Entropie erniedrigende biochemische Reaktionen unterstützen. Wie bereits ausgeführt, geschieht das im Fall der Bindungsbildung, durch Verringerung der Hydrathülle, unter Freisetzung von Wassermolekülen, die die Entropie-Erniedrigung der Bindungsbildung durch das ungeordnete Freisetzen von Wassermolekülen überkompensieren: Wasserentropie, s.u.

In diesem Zusammenhang darf nicht der o.a. biologischen Symmetriebruch vergessen werden, der zur Entfaltung des Lebens in achiraler Form führte. Von den zwei Möglichkeiten der räumlichen Orientierung von vier verschiedenen Substituenten an einem zentralen C-Atom, hat sich die Evolution durchgängig und frühzeitig für eine Form im Metabolismus des Lebens entschieden (s.u.). Z.B. für die L-Aminosäuren oder D-Glukose. Spekulativ könnte man argumentieren, dass in dieser Entscheidung Hydrathüllenänderungen bei der Bindungsbildung eine Rolle spielte, was experimentell zu beweisen wäre. Erwägungen zum Thema des biologischen Symmetriebruchs werden im Zusammenhang mit der Initiierung von Leben noch weiter unten erörtert (s.u.:2.6 Aus Prokaryoten entwickeln sich Eukaryoten).

Sicher kommen, bedingt durch das Regime der o.a. immer niedrigeren Energieniveaus, noch weitere Mechanismen zum Tragen. Das sind m.E. vor allem intermolekulare Wasserstoffbrücken. Sie ermöglichen strukturelle und reaktionskinetische Interaktionen, die sich wesentlich von normalen chemischen Reaktionen unterscheiden. Leicht formier- und lösbar, chemisch energetisch auf unterstem Niveau, bilden sie die entscheidenden sekundären, tertiären und quartären

Proteinstrukturen und ermöglichen die reversiblen Abläufe - Kreisläufe-, die z.B. für die Entfaltung von Enzymen, DNA und RNA nach dem Schlüssel- Schloss Prinzip so bestimmend sind.

Wenn das Energieumfeld passt, wenn Wasser, präbiotische Moleküle, wie Proteine, Zucker, aktivierende Phosphorverbindungen usw. und vor allem viel Zeit gegeben sind, und wenn Wasserstoffbrücken aktiv werden können, sind m.E. elementare Voraussetzungen für Leben gegeben. Dass in Coacervaten gegebene, inhärente Potentiale komplexer chemischer Systeme gemäß Kauffman, ist in diesem Umfeld gut vorstellbar.

2.3.3.4 Oparin – Haldan –Theorie zum Ursprung des Lebens

Stichpunkte: In der reduzierenden Ur-Atmosphäre entstanden die ersten präbiotische Moleküle, die zunächst einen einfachen Verbraucher-Stoffwechsel aufbauten. Zellbildung könnte über Coacervate erfolgt sein und bis zur Ausbildung der Photosynthese geführt haben.

Eine erste naturwissenschaftlich orientierte Hypothese zum Ursprung des Lebens stammt von dem russischen Chemiker Oparin²⁵⁵ um 1922 und unabhängig davon von dem englischen Biologen Haldane²⁵⁶ um 1929.

Beide argumentierten aus einem mechanistisch orientierten Umfeld, das von Enzymen und Proteinen nichts Genaues und vom genetischen Apparat noch nichts wusste. Atmung, Photosynthese und Kohlendioxid-Kreislauf waren biochemisch nicht erforscht.

Die elementare chemische Zusammensetzung von lebenden biologischen Systemen, wie Mensch und Tier, Pflanze und ozeanischen Lebewesen, war allerdings bekannt: Alle waren mehr oder weniger gleichverteilt aus den Lebaselementen Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff aufgebaut.

Die Atmosphäre der Ur-Erde gab den Weg ins Leben vor

Oparin und Haldan setzten voraus, dass der Sprung ins Leben vor 3-4 Milliarden Jahren erfolgte, als die Atmosphäre noch eine völlig andere Gaszusammensetzung als heute aufwies.

Heute liegt eine oxidierende Atmosphäre vor, die sich zunächst über Millionen von Jahren schleichend, spätestens nach dem Präkambrium vor ca. 600 Millionen Jahren, von einer Stickstoff- und Kohlendioxid-dominierten Atmosphäre in eine Stickstoff- Sauerstoffatmosphäre gewandelt hat.

Aktuell besteht sie aus 78,08% Stickstoff, 20,95% Sauerstoff, 0,93% Argon und Spurengasen, mit einem Anteil von weniger als 1%. Dazu gehören u.a. 0,038% Kohlendioxid, Wasserdampf, Helium und Ozon.

Diese heutige Atmosphäre ist infolge des hohen Sauerstoffgehalts in der Lage, Metalle, wie z.B. Eisen, aber auch Metall-Kationen unter Bildung von Oxiden anzugreifen oder z.B. das Braunwerden und Vergilben von Papier zu bewirken. Unter dem mineralisierenden Einfluss von Mikroorganismen und Sauerstoff, verwittert organische Materie nach dem chemischen Prinzip einer Oxidation.

Die Atmosphäre ermöglicht trotz des hohen Stickstoffanteils das Verbrennen - Oxidieren - von organischen Materialien, unter Flammerscheinung, begleitet von der Bildung von Kohlendioxid und Wasser.

Der atmosphärische Sauerstoff ist aber auch Voraussetzung für die „stille Verbrennung = Atmung“ in Zellsystemen bei Körpertemperatur, mit dem gleichen stofflichen Ergebnis. Allerdings ist das nur mit enormem enzymatischem Aufwand möglich; natürlich ohne Feuer und Rauch. Energiegewinnung für die Zelle ist das Ziel.

Bei einem Angriff von Sauerstoff auf „brennbare“, besser gesagt oxidierbare Elemente und Moleküle, werden z.B. folgende Stoffe in Oxide überführt:

- Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid und Kohlendioxid
- Methan zu Wasser und Kohlenoxiden
- Stickstoff zu Stickoxiden
- Wasserstoff zu Wasser
- Schwefel zu Schwefeloxiden
- usw.

Allerdings geschieht das bei Zimmertemperatur nur sehr langsam. Der Grund ist, dass für diese Reaktion eine hohe Aktivierungsenergie aufgebracht werden muss, um sozusagen eine Hemmschwelle zu überwinden. Es sei denn, ein Katalysator wird eingesetzt, der hilft diese Hemmschwellen, die Aktivierungsschwellen, zu überwinden. Man kann sich diese Barriere vereinfacht als den abstoßenden Effekt vorstellen, der durch die Wirkung der negativen Elektronenhüllen von zwei Reaktionspartnern auftritt. Vor einer solchen Reaktion, die durch Beteiligung der Elektronen der Reaktionsteilnehmer erfolgt, muss zunächst dieser energetische Wall der Aktivierungsschwelle überwunden werden.

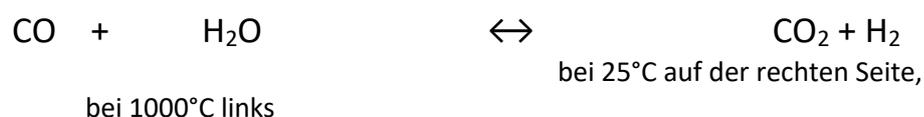
Oparin und Haldane waren diese Reaktionsmöglichkeiten des Sauerstoffs bekannt. Sie gingen daher von der plausiblen Annahme aus, dass eine oxidierende Atmosphäre für den Start von lebensfähigen Komplexen, die ja zu 99 % aus den vier Lebaselemente C,H,N und O bestehen, tödlich gewesen wäre. Solche Molekülkomplexe sind durch die Bank durch Sauerstoff leicht angreifbar. Es musste also, damit es zur Bildung präbiotischer Moleküle und Zellsystemen kommen konnte, eine völlig andere Atmosphäre bestanden haben, mit keinesfalls oxydativem, eher mit reduzierendem Charakter. Vielleicht waren zu dieser

Entwicklung zunächst thermophile (wärmeliebende) Anaerobier-Vorläufer in einem sauerstofffreien Umfeld in der Lage. Die Evolution hat bewiesen, dass sie befähigt waren, aus Molekülen wie z.B. Adenosintriphosphat, anaerob Aktivierungsenergie zu gewinnen und später sogar aus einfachen Molekülen wie Kohlendioxid als Kohlenstofflieferant, Speichermoleküle wie Glukose aufzubauen. Es ist allerdings nicht von der Hand zu weisen, dass es schon sehr früh, vor der Bildung der Sauerstoffatmosphäre durch die Photosynthese (s.u.), Sauerstoffspuren in der Atmosphäre gegeben hat, die Spuren hinterließen. Ursache war die Radiolyse von Wasser. Durch die von ionisierender Strahlung bewirkte Dissoziation von Wassermolekülen in der Atmosphäre, bildeten sich Sauerstoff und Wasserstoff. Man schreibt diesem Effekt u.a. die Sauerstoff-Oxidation von niederwertigen Oxiden, z.B. Eisen²⁺ zu schwerer löslichen Eisen³⁺ Verbindungen auf der Erdkruste zu. Unklar ist, warum sich diese beiden Gase unter diesen Bedingungen nicht wieder vollständig zu Wasser verbunden haben. Fehlt die o.a. Aktivierungsenergie? Es könnte sich um einen durch geologische Oberflächen katalysierten Effekt handeln, wodurch Sauerstoff schneller von oxidierbaren Substanzen wie Eisen²⁺ abgefangen wurde, bevor er auf Wasserstoff traf, um wieder zu Wasser zu reagieren.

Oparin und Haldane kannten aus den frühen Arbeiten über die Entstehung der Erde, eine solche terrestrische Phase vor ca. 4 Milliarden Jahren. Damals gab es einen zeitlichen Abschnitt, in der Gase wie Wasserstoff, Wasser, Ammoniak, Methan, Schwefelwasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid die archaische Gashülle der Erde bildeten. Aber: Es gab damals keinen freien Sauerstoff; er existierte nur gebunden in Oxiden.

Die Verteilung dieser Gase muss sich, da temperaturabhängige Gleichgewichte vorliegen, mit zunehmender Abkühlung der Erdoberfläche geändert haben. Folgende Gleichgewichtsreaktionen sind dem Physikochemiker bekannt.

Reaktionsgleichgewichte:



Die Elemente Stickstoff und Sauerstoff sind Atome, die sich in Sternfusionen gebildet hatten und im interstellaren Raum in Sternenwinden, zusammen mit dem

Wasserstoff des Urknalls, in Milliarden Jahren zu Molekülen formten. Unter irdischem Normaldruck, in etwa vergleichbar unserer heutigen gewohnten Umgebung, liegen alle gasförmig vor. (Allerdings ist es wahrscheinlich, dass damals ein wesentlich höherer „Luftdruck“ gegenüber heute herrschte). In dieser irdischen „Schutzgasatmosphäre“ sind aus anorganischen Elementen einfache Moleküle entstanden bzw. haben sich im interstellaren Raum gebildet und u.a. über Meteoriten auf die Erde gelangt; die erste vorbiotischen Verbindungen. Kein Sauerstoff war vorhanden, der sie schädigte; dafür aber die ungebremste UV-Strahlung der Sonne. Zudem siedelten die beiden Wissenschaftler das Szenario in Wasser, besser gesagt in den Ozeanen an. Damit war eine wichtige Voraussetzung gegeben. Wasser bot ausgleichenden Schutz vor zerstörerischen Temperaturspitzen (jahreszeitliche Spitzen und Tag- Nachtschwankungen) und ermöglichte gleichverteilte, geringe konzentrierte Lösungen der Gase bzw. Molekül sowie Schutz vor zu viel Strahlung. Denn vergleichbar wie im interstellaren Raum durch energiereiche UV-Strahlung Moleküle z.B. Wasser aus den Elementen entstehen, konnten sich bei der vergleichsweise milden periodischen Tag-Nacht Sonneneinstrahlung neue Bindungssysteme, neue und komplexere Moleküle ausbilden. Eine schützende Ozonschicht war noch nicht vorhanden. In diesem Kontext muss auch an den Entropie-Motor der irdischen Wasserentropie erinnert werden, die thermodynamisch ungünstige - endergone - Reaktionen fördert, deren Freie Energie ΔG zunimmt.

Allerdings ist der UV-Anteil auch nicht zu hochzubewerten, da er anteilmäßig nur etwa 1 % der Sonneneinstrahlung unterhalb von 300 nm ausgemacht haben dürfte. Erst unterhalb dieser Wellenlänge ist die UV-Strahlung energiereich genug, um photochemische Reaktionen, aber auch Zerstörung entstandener präbiotischer Komplexe zu bewirken.

Sicher hat auch der o.a. Effekt der allmählichen, Jahrtausende dauernden Temperatur-Abflachung und damit der Verschiebung der reduzierenden Gasgemische, eine wichtige Rolle gespielt. Wird nämlich die Reaktionstemperatur um 10 K erhöht, dann erhöht sich die Reaktionsgeschwindigkeit um das 2- bis 4-fache und umgekehrt. (RGT-Regel, Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel für Reaktionen mit einer Aktivierungsenergie um die 50 kJ/mol).

Präbiotische Moleküle, die erst nach der Unterschreitung einer Zersetzungstemperaturschwelle entstanden sein konnten, retteten sich gewissermaßen in die Präbiotik hinein. Leben wird, wie bereits angesprochen, gekennzeichnet durch das Nichtgleichgewicht in Steady State Systemen (minimale Entropie-Zunahme) der Lebensvorgänge, die parallel zum Zeitpfeil wirken. Das kann aber nicht immer so gewesen. Organische Moleküle, z.B. entstanden aus Ur-gasen gemäß den Miller-Versuchen, müssen aus einer Reaktion stammen, in der die Ur-gase (Kohlenoxide, Wasser, Ammoniak usw.) in einem Gleichgewicht vorlagen. Reaktions-Gleichgewichte in der Chemie liegen nicht nur für Elemente, sondern

für jede chemische Reaktion vor. Durch den Phasenwechsel in einen Feststoff, z.B. ein racemisches D, L-Aminosäurederivat, kann, infolge der Geringfügigkeit der Feststoffbildung, keine Störung aufgetreten sein. Es lag in der Uratmosphäre nach wie vor ein "totes" Gleichgewicht vor. Dieses anorganische Gleichgewicht befand sich in einem stationären Zustand, in dem Hin- und Rückreaktion einander kompensierten. Erst die Feststoffbildung hat aus dem Gleichgewicht herausgeführt. Für diese "organischen Moleküle" wird eine Art Zeitpfeil für Leben erstmals wirksam da sie irreversibel entweder in den Zustand einer Lebenstauglichkeit gelangten oder einfach verbraucht und aus einer hohen Ordnung in den wahrscheinlicheren Zustand der Zerlegung mündeten.

Man kann sich für diese Phase der Biotik-Entwicklung einen Einfluss der Reaktionskinetik auf mögliche Produkte und deren Stabilität vorstellen:

So sind für Reaktionsverläufe, bei denen Edukte zu verschiedenen Produkten reagieren können, zwei unterschiedlich kontrollierte Grenzfälle bekannt:

Die thermodynamische (energiekontrollierte) oder

die kinetische (geschwindigkeitskontrollierte) Reaktion.

Bei thermodynamisch kontrollierten Reaktionen entstehen Produkte mit einem Minimum an freier Energie ΔG . Sie sind den Energieberg sozusagen so weit als möglich hinab gerollt.

Bei kinetisch kontrollierten Reaktionen können weniger stabile Produkte entstehen, wenn die aufzuwendende Aktivierungsenergie zum Anstoß der Reaktion für ein Zwischenprodukt geringer ist als für das Endprodukt. Die Reaktion zum Zwischenprodukt ist noch nicht ganz unten im Energietal angekommen.

Es dürften unter der kinetischen Kontrolle zumindest kurzfristig interessante Zwischenverbindungen gebildet worden sein, denen sich außer dem Übergang in den thermodynamisch stabilen Endzustand mit einem Minimum an freier Energie ΔG , weitere Reaktionsmöglichkeiten boten. Die entstandenen Komplexe sollten dann in einfachen chemischen Reaktionen ersten geordneten Stoffaustausch betrieben haben. Erleichtert wurde das durch Einschluss in kugelförmigen Tröpfchen, sogenannte Coacervate (s.o.), die sich aus heftig bewegten flüssigen Phasen mit kolloidalen Anteilen absonderten. Waren das die Vorläufer von Zellen?

Oparin und Haldane sahen die weitere Entwicklung offensichtlich in Wachstum, Teilung, Energiegewinn und vor allem in Zellsystemen, die organische Moleküle vor „Vergärung“ schützten. Mit Vergärung muss wohl der anaerobe Abbau von

Zuckersubstanzen, z.B. Glukose zu Pyruvat, unter Gewinnung von ATP gemeint sein. Diese, auch Glykolyse (s.u.) genannte Umsetzung, ist der wohl älteste biochemische Weg, um aus organischem Material Energiepakete in Form von ATP, den energetischen Treiber für den Zellstoffwechsel zu gewinnen.

Oparin hat hierzu ein Modell entwickelt, das ähnlich dem noch zu besprechenden Sidney-Fox - Modell, von den erwähnten Coacervaten ausgeht. In der weiteren Hypothese ist dann unvermittelt die Photosynthese als neue Energiegewinnung im Spiel. Als Grund nimmt man wachsende Nahrungsmittelverknappung an.

Sauerstoff wurde aus Wasser, bei der biochemischen Kohlendioxid-Reduktion zu Speichersubstanzen wie Glukose freigesetzt – Photosynthese - häufte sich an und schaffte in Form einer Ozonschicht Schutz vor zu energiereicher Sonneneinstrahlung. Die heutige Atmosphäre entstand.

Nun gut, so kann es sich vielleicht in großen Zügen abgespielt haben. Leider wird aber ganz offensichtlich mit dieser faktenorientierten Betrachtung der Kernpunkt der spontanen Lebensentstehung, sozusagen die Zündung, nicht transparenter. Hier schlummert nach wie vor ein faszinierendes Rätsel.

Wenn auch aus der o.a. Beweisführung, der m.E. entscheidende Punkt der spontanen Lebensbildung nicht erhellt, kann man das Problem zumindest insofern einkreisen, indem wir Beweise für die begleitenden postulierten Abläufe untersuchen.

Vielleicht sollten wir auch das *"Trendwende-Phänomen"* von Malcom Goldwell²⁵⁷, abgeleitet aus der Chaostheorie, das Brian Clegg (Clegg, S. 84) im Zusammenhang mit dem Wandel komplexer Systeme beschreibt, nicht außer Acht lassen: *"Während ein großer Teil des Wandels allmählich und gleichförmig geschieht, ist es sehr leicht ein komplexes System in einen Zustand zu bringen, wo äußerst geringfügige Modifikationen der Anfangsbedingungen zu einem umfassenden und rasch sich verändernden Ergebnis führen"*. Solche Trendwenden scheint es, ganz allgemein kosmisch gesehen, immer zu geben: Auf lange Perioden der Gleichförmigkeit folgt abrupter Wandel. Vergleichbar ist das dem Prozess der wissenschaftlichen Theoriebildung: Phasen des Sammelns von Fakten, wie Körner auf einem Sandhaufen, werden abrupt durch eine Art heuristische Erhellung des Zusammenhangs aufgelöst.

M.E. schlummert in diesen bisher mathematisch m.W. nicht fassbaren Effekten der Chaostheorie, noch manche Überraschung.

Es muss allerdings auch erwähnt werden, dass es Stimmen gibt, die den Betrachtungen von Oparin, Haldan und den noch zu diskutierenden Versuchen von Miller und Urey kritisch gegenüberstehen:

Harald Binde, Studium Integrale Journal 10. Jahrgang / Heft 2 - Oktober 2003
Seite 65 - 73:

Der derzeitige Stand der präbiotischen Chemie lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Es ist nicht erkennbar, wie dieser Forschungszweig in absehbarer Zukunft Erkenntnisse zur Lebensentstehung beitragen kann. Voraussetzung dafür wäre u. a. die Klärung grundlegender Fragen, die den Bereich der Naturwissenschaften überschreiten. Die Frage der Verfügbarkeit biologisch bedeutsamer Substanzen ist derzeit mit „ja, aber“ beantwortet. Einige Stoffe ja, aber die jeweiligen Synthesebedingungen sind nicht miteinander vereinbar. Sobald man versucht, die einzelnen Schritte in einen größeren Zusammenhang zu stellen, verlieren die Modelle ihre Plausibilität, man befindet sich in einer Sackgasse.

Auch die Einwände von Berg und Fuchs (s.u.: Kritik der beschriebenen Theorie zur Entfaltung des Lebens) sind sehr ernst zu nehmen.

Aktuell erfahren diese Hypothesen aber erneut Bestätigung in „Proceedings of the National Academy of Sciences“ (dpa, Februar 2012): Rund um Geysire und heiße Schlote soll sich aus Brühe, die von kondensierendem Dampf gebildet wurde, in geothermalen Tümpeln die gleiche Chemikalienmischung wie heutiges Zellcytoplasma kreierte haben. Damit entstand die optimale Quelle zur Zellbildung. „In der sauerstoffarmen Ur-Atmosphäre der frühen Erde kam die Brühe in den geothermalen Tümpeln dem internen Zellmilieu am nächsten“.

Der Vorstoß in die Meere könnte erst nach Ausbildung dichter Zellmembranen erfolgen sein und sich danach aus der lokalen Präsenz in die Globalität ausdehnt haben.

Zusammenfassung

Es gibt heute eine antiwissenschaftlich kreationistische, eine durch Intelligent Design und eine naturwissenschaftlich geprägte Denkweise zur Entwicklung und Evolution von Leben.

Die naturwissenschaftlich evolutionären Theorien gehen von der Entstehung im Weltall, oder den Tiefen des Ozeans, oder der terrestrischen Bildung aus. Viel spricht für die terrestrische Variante.

Leben auf einer anderen Basis als Kohlenstoffbasis, z.B. Silizium, ist wenig wahrscheinlich.

Das Leben hat sich ständig an die wechselnden Bedingungen angepasst.

Es gibt Anhaltspunkte zu mehreren verheerenden Vereisungen vor 2-3 Milliarden Jahren, die für eine Lebenserhaltung in dieser Phase in den Ozeanen sprechen.

Eine ernst zu nehmende Theorie der Lebensentstehung geht von einer reduzierenden Ur-Atmosphäre, unter Bildung von präbiotischen Molekülen, einfachstem

Verbraucher-Stoffwechsel, Zellbildung über ein Tröpfchenmodell und Etablierung der Photosynthese aus.

2.4 Ein möglicher Weg ins Leben

Thema: Entstehung des Phänomens Leben auf unserer Erde, in einer reduzierende Ur-Atmosphäre. Präbiotische Moleküle entstanden und blieben erhalten. Oxidierender Sauerstoff fehlte.

Leben ist auf molekularer Ebene untrennbar mit Chiralität verbunden da fast alle biologischen Verbindungen immanent mindestens ein symmetrisches Pendant, ein Spiegelbild – ein Antipode -, haben.

Leben ist ursächlich verbunden mit schützenden Zellen als Lebensursprung und Zellkonglomeraten, die als Mehrzeller eine höhere Ebene des Lebens verkörpern. Betrachtungen, wie sich die Steuerung der komplexen Zellchemie über die DNA etabliert haben könnte, und wie die Zelle über anorganische Stoffkreisläufe mit Sonnenenergie versorgt wird.

(Diese Zusammenstellung lehnt sich an die Darstellung „Das Drama Leben“ in Dickerson, Geis, Seite 645).

Unvermeidlich müssen wir nun in das Terrain der Biologischen Evolution etwas tiefer eindringen. An dieser Stelle erscheint es mir sinnvoll, für die weitere Darlegung einige Fachbegriffe der Mikrobiologie zu erläutern; sie werden immer wieder auftauchen:

Fachbegriffe der Mikrobiologie

Ernährungsweise:

Von Tieren: Aufbau der Zellsubstanz aus organischen Verbindungen:	Heterotroph
---	-------------

Von Pflanzen: Aufbau von Zellsubstanz ausschließlich durch CO ₂ -Fixierung:	Autotroph
--	-----------

Zelluläre Energiegewinnung von Organismen:

Mittels Lichts: Grüne Pflanzen, Algen, Cyanobakterien sowie Bakterien die keinen Sauerstoff produzieren:	Phototroph
--	------------

Mittels chemischer Reaktion: Eine Vielzahl von Bakterien z.B. in der Abwasserbehandlung und

Methan-Gas Gewinnung:	Chemotroph
Organismen, die organische Verbindungen als Reduktionsmittel verwenden:	Organotroph
Anorganische Elektronenlieferanten (H ₂ , NH ₃ , NO ₂ ⁻ , H ₂ S, S, usw.):	Lithotroph

Kombinationen sind an der Tagesordnung

Z.B.: Für die Aufgaben der Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft sind chemo-organo-heterotrophe (coh)- Bakterien von großer Bedeutung.

Siehe auch Reaktionsdiversität-Biodiversität-Komplexität.

2.4.1 Bildung der Haldane-Suppe in einer reduzierenden Atmosphäre

Stichpunkte: Es gibt konkrete kosmische und geologische Anhaltspunkte dafür, dass die Ur-Atmosphäre der Erde aus reduzierenden Gasen bestand. Die Bildung von präbiotischen Molekülen unter solchen Bedingungen kann im Labor nachgespielt werden.

Welche Beweise für den geschilderten Verlauf können wir aufbieten? Schauen Sie sich dazu bitte die u.a. Tabelle 6: Globale Erdentwicklung aus der Sicht der Geologen, an.

Befassen wir uns zunächst mit der Frage der reduzierenden, sauerstofffreien Ur-Atmosphäre. Gibt es dafür Belege aus der planetaren Umgebung unseres Sonnensystems? Des Weiteren sind terrestrische Fakten zu nennen, die die Geologen in Zusammenarbeit mit der Chemie und Physik erarbeitet haben: Es gab sie wirklich, die reduzierende Atmosphäre Oparins und Haldans, und es gibt sie heute noch; allerdings nicht mehr auf unserer Erdoberfläche.

Außerterrestrisch finden wir reduzierende atmosphärische Verhältnisse, wie im Azoikum vor 4,6 – 4 Milliarden Jahren, wenn wir unsere vier planetarischen Nachbarn, die Gasplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, spektroskopisch untersuchen. Sie bestehen heute noch aus den ehemals in unserer Ur-Atmosphäre vorhandenen reduzierenden Gasen wie Wasserstoff, Methan oder Ammoniak. Auf diesen Planeten fand, wie Satellitenobservationen belegen, bisher anscheinend keinerlei in Biologie mündende Entwicklung statt.

Sauerstoff dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit elementar auch in anderen Sonnen- und Planetensystemen nicht vorhanden sein. Es ist als zweiatomiges Gas-molekül (O₂), besonders aber als Radikal (z.B. interstellares Hydroxyl-Radikal OH[·]), zu reaktiv. Nur in molekularer Verbindung mit anderen Elementen wie, z.B. Kohlenstoff als Kohlendioxid und Kohlenmonoxid oder Wasserstoff als Wasser

ist seine Reaktivität „entschärft“. Sauerstoff ist auch in Vulkanausgasungen nicht enthalten. Wie noch darzustellen sein wird, ist Sauerstoff ein Fanal für Leben. Wenn heute in fernen Sternensystemen freier Sauerstoff neben brennbaren Gasen, wie z.B. Methan nachgewiesen wird, kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit von einer mit unserer Erde vergleichbaren Belebung ausgehen da biologische, Sauerstoff produzierende, wahrscheinlich lebende Quellen anzunehmen sind. Denn dieses Nebeneinander kann nur bestehen, wenn Sauerstoff durch Kreislauf-Biologie ständig nachgeliefert wird. Ansonsten wird er sehr schnell mit Methan zu Kohlenstoffoxiden weiter reagieren. Sauerstoff zählt daher, wie auch Ozon, Wasser, Kohlenoxid und Methan in der Astrobiologie zu den Biomarkern bzw. zur Biosignatur.

Da lässt die Meldung der Raumsonde „Venus-Express“ der ESA, „*Venus besitzt eine Ozonschicht*“ vom Oktober 2011 aufhorchen. Diese Schicht soll sich in etwa 100 km Entfernung in der Venus-Atmosphäre befinden. Gab oder gibt es eine biologische Welt auf der so heißen Venus? Stammt der das Ozon bildende Sauerstoff aus der Radiolyse von Wasser? Man darf auf weitere Ergebnisse gespannt sein.

Auf einem anderen Blatt steht die Entdeckung von molekularem (?) Sauerstoff auf dem Kometen "Tschuri" (Rosetta Mission). Dieser Sauerstoff müsste sehr alt sein und wahrscheinlich ev. aus der Entstehung des Sonnensystems stammen. Sicherlich sollte man noch etwas abwarten, inwieweit diese Entdeckung belastbar ist, stellt sie doch einige Modelle zur Entstehung des Sonnensystems infrage. (Nature)

Das wirft natürlich die Frage auf, warum die Erde sich in ihrer Atmosphäre so grundsätzlich gewandelt hat. Schließlich sind die heute vorhandenen 20 % Sauerstoff kein Pappenstiel. Wenn 0,038 % Kohlendioxidanteil in unserer Atmosphäre $2,6 \times 10^{12}$ t entsprechen, dann ergibt ein Sauerstoffanteil von 20 % immerhin $1,37 \times 10^{15}$ t. Woher kommen diese ungeheuren Mengen, nachdem die Formierung der Erde und die Abkühlphase vorbei waren? Diese Frage werden wir im Zusammenhang mit dem Kohlendioxid-Sauerstoff-Kreislauf aufgreifen.

Sie sehen schon jetzt: Da müssen sich gewaltige, globale Veränderungen abgespielt haben. Da auch im Erdinneren kein freier Sauerstoff vorhanden war, können es keine tektonisch geographischen Veränderungen gewesen sein. Akkumulation aus auf die Erde einstürzende Sauerstoff-Meteoriten wäre evtl. denkbar. Es gibt dafür aber keinerlei Belege. Was als Ursache primär in Frage kommt ist Biologie und damit Leben. Dieser Zusammenhang ist mir persönlich schlagartig vor vielen Jahren durch das bereits erwähnte Buch, "Im Anfang war der Wasserstoff", von Hoimar von Ditfurth, zugänglich geworden.

2.4.2 Terrestrische Beweise in der Erdgeschichte

Wenn wir unsere terrestrische Vergangenheit zurückverfolgen, verdichten sich die Belege für dieses Phänomen des atmosphärischen Leitgaswandels.

Erdzeit- alter	Formation	Flora und Fauna	Klima	Geologie
	Azoikum 4,6 – 4,0 Milli- arden Jahre	keine	u.a. Wasser- dampf, Kohlendi- oxid, Stickstoff, frei von Sauer- stoff	Erdenstehung, Glutflüssiger Erd- mantel, Vulkanis- mus

Abbildung 19: Ausschnitt aus Tabelle 6. Globale Erdentwicklung aus der Sicht der Geologen

Sauerstoff kommt in der terrestrischen Vergangenheit und unserer Gegenwart ganz überwiegend chemisch gebunden an Elemente, wie Silizium als Siliziumdioxid und in Metallsilikaten vor. Die o.a. Oxide machen den geringeren Anteil aus. Silikate formen den Hauptteil unsere Erdkruste und sind ursprünglich während der planetaren Formation der Erde und später durch Meteoriten angehäuft worden.

Wie verhalten sich die Verbindungen der Erdkruste in reduzierender oder oxidierender Umgebung? Kann man im Rückblick die Ausgangssituation vor Milliarden von Jahren noch rekonstruieren?

Geologen haben herausgefunden, dass Mineralien, die damals an der Erdoberfläche lagerten, sehr dünne, oxidierte Oberflächenschichten aufweisen. Das spricht für einen nicht allzu langen Kontakt mit Sauerstoff. Was da oxidiert wurde, führte zu Metallkationen²⁵⁸, die zusammen mit diversen Anionen²⁵⁹ ausgewaschen und als Tonminerale abgelagert wurden. Sedimentschichten, die in den letzten 500 Millionen Jahre in atmosphärischem Kontakt waren, bestehen tatsächlich aus Tonmineralen, Silikaten und Carbonat-Konglomeraten. Letztere sind Relikte von Leben, in Form von Kalkgerüste abgestorbener maritimer Lebewesen. Der Befund spricht daher für eine oxidierende Atmosphäre, erst in den letzten 500 Million Jahre.

Unter reduzierenden Bedingungen bilden sich keine höheren Oxidationszustände von Metallkationen aus. Die vorhandenen Metallkationen niedriger Oxidationsstufe (es wurden nur ein oder zwei Elektronen „weg-oxidiert“), sind aufgrund ihrer damit verbundenen, geringeren Löslichkeit weniger der Gefahr des Auswaschens ausgesetzt. Resultierende Sedimente wurden in Kanada, Brasilien und Südafrika gefunden und ihr Alter durch radiometrische Altersbestimmung auf etwa 1,8 bis 3 Milliarden Jahre festgelegt. Daraus schließen die Geologen,

dass die ursprüngliche Erdatmosphäre tatsächlich reduzierend gewesen sein muss.

Aus diesen Untersuchungen kann man resümieren, dass sich eine aggressive, sauerstoffreiche Atmosphäre, erst seit etwa 2 Milliarden Jahren sehr langsam aufbaute. Als Ursache wird heute weitestgehend die mit der Photosynthese einhergehende Bildung von freiem Sauerstoff akzeptiert. Die Photosynthese als erdverändernder Vorgang, entfaltete sich allmählich vor etwa 3,5 Milliarden Jahren, bevor sie im Kambrium, vor etwa 600 Millionen Jahren, dominant wurde. Sie lässt sich auf die Aktivität der Cyanobakterien zurückführen. Diese haben, wie die Pflanzenzellen, die Fähigkeit zur Photosynthese entwickelt. Das bedeutet, dass sie in der Lage sind, durch Reduktion von Kohlendioxid, mit Wasser als Reduktionsmittel und Freier Energie ΔG aus Sonnenlicht, Sauerstoff und den Speicherstoff Glukose zu erzeugen.

Es muss aber nicht unbedingt das Reduktionsmittel Wasser in diese Kreisläufe einfließen. Andere photosynthetisierende Bakterien haben sich in grauer Vorzeit, bei der Abwicklung von Lebensvorgängen für die Reduktion von organischen Substanzen hin zu Glukose z.B. für Schwefelwasserstoff oder Wasserstoff als Reduktionsmittel entschieden. Aber darauf kommen wir noch zu sprechen.

Lange Zeit hielt man Cyanobakterien für Algen bzw. Blaualgen. Da sie aber über keinen Zellkern verfügen, zählt man sie heute zu den Prokaryoten; sie sind nicht mit den eukaryotischen Algen verwandt. Sie gehören zu den Bakterien und dürften bereits seit mehr als 3,5 Mrd. Jahren begonnen haben die Erde zu besiedeln.

Erdzeit-alter	Formation	Flora und Fauna	Klima	Geologie
	Archaikum (Altproterozoikum) 4,0 – 2,5 Milliarden Jahre	Cyanobakterien „Megasphären“ – erste Lebensspuren	Allmähliche Entwicklung der Sauerstoffatmosphäre	Vulkanismus, erste Erdkruste, erste Faltengebirge, älteste Gesteine, Urkontinente und Urmeere entstehen, Meteorhagel aus dem All
	Proterozoikum (Jungproterozoikum) 2,5 Milliarden - 543 Millionen Jahre	Aus Einzeller (Kiesel- und Blaualgen) bilden sich Mehrzeller, Algenkalke (Stromatolithen), Rotsedimente	Zeitweise weltweite Vereisung	Flachmeere und Festland formen sich

Abbildung 20: Ausschnitt aus Tabelle 6. Globale Erdentwicklung aus der Sicht der Geologen

Ohne der späteren Erörterung zu sehr vorwegzugreifen, will ich kurz darstellen, wie die Photosynthese arbeitet.

Sie beruht auf dem pflanzlichen Anabolismus von Kohlendioxid, Wasser, Sonnenlicht und grünen Blattfarbstoffen in Kreisläufen der Flora durch eine ganze Palette sehr spezifischer Enzyme als Katalysatoren.

Kohlendioxid der Atmosphäre, wird durch Wasser, unter Anschlag mit Sonnenenergie (Freie Energie ΔG), mit Hilfe komplexer Enzymsysteme reduziert. Alle Chlorophyll nutzende Land- und Meeresflora ist dazu in der Lage. Es entsteht dabei überwiegend die Speichersubstanz Glukose, die zu Stärke, Cellulose bzw. Polysacchariden polymerisieren kann. Als Nebenprodukt fällt Sauerstoff an. Glukose ist der ubiquitäre chemische Energiespeicher der irdischen Biochemie. Glukose kann über vielstufige, enzymatisch beherrschte "kalte" Oxidationsschritte, in den universellen, zellularen Energietreiber ATP überführt werden.

Dazu wird pflanzliche Glukose (Stärke) wieder zu Kohlendioxid abgebaut bzw. oxidiert. Auch in der Pflanze findet diese Reaktion in untergeordnetem Maß zur zellularen Energiegewinnung (ATP) statt. Im Endergebnis wird aus Glukose, durch stille Sauerstoff-Oxidation, wieder Kohlendioxid und Wasser, womit der erdbeherrschende Kohlendioxid-Glukose-Kreislauf geschlossen wird.

Die Tierwelt, also die Fauna, kann Kohlendioxid nicht direkt nutzen. Sie verwertet u.a. Pflanzen bzw. Fleisch anderer Tiere und gewinnt über den Stoffwechsel, unter Sauerstoffverbrauch, ebenfalls Energie in Form von ATP. Als "Abfall" entsteht wieder Kohlendioxid. Die katabole Verwertung von Fleisch von erjagter bzw. gezüchteter Fauna, erfolgt in Prozessen wie dem Zitronensäurezyklus, auf den wir noch zu sprechen kommen. Auch in diesen Abläufen spielt ATP als Zielprodukt die zentrale Rolle.

Sie sehe, mit diesem Schritt wird der Kohlenstoffanteil des gasförmigen Kohlendioxids der Atmosphäre, durch Überführung in Polysaccharide (Glukose, Stärke, Cellulose) gebunden und in Lebensvorgänge integriert. Die für diese nicht spontane Reaktion erforderliche Zufuhr an Energie, wird dem Sonnenlicht entnommen und als Bindungsenergie in der Glukose gespeichert. Sechs Moleküle Kohlendioxid werden summarisch den Energieberg hinaufgeschoben und ordnen sich zu einem Molekül Glukose, das dann oben auf der Bergspitze als Energiepotential dem Leben zur Verfügung steht. Summarisch wird pro Molekül Kohlendioxid ein Molekül Sauerstoff freigesetzt. Bedenken Sie, dass sich einst Billionen t an gasförmigem Kohlendioxid in der Atmosphäre befanden. Vor etwa 1 Milliarde Jahren waren es noch ca. 16 %. Heute ist mit ca. 0,038 % nur noch winziger Bruchteil in der Atmosphäre verblieben.

Wo sind das Kohlendioxid bzw. der enthaltene Kohlenstoff geblieben?

1. Ein Großteil des Kohlendioxids hat sich in den Ozeanen gelöst. Dazu haben sich nach dem Erkalten der Erde, durch Kondensation von Wasserdampf in Wolken, sintflutartige Regenfälle eingestellt, die über 50 000 Jahre angehalten haben sollen. Ungeheure Mengen an Kohlendioxid wurden aus der Ur-Atmosphäre ausgewaschen. Dabei bildeten sich aus Metallionen, wie z.B. Calcium⁺⁺ und Magnesium⁺⁺ schwerlösliche Carbonate (z.B. CaCO₃ = Kalzit, Dolomit), die sich zunächst als Sedimente ablagerten. Dass wir sie heute auf der Erdoberfläche in Bergen und Gebirgszügen wiederfinden, ist der unaufhörlichen Umwälzung dieser Erdkruste zu verdanken.

2. Ein Großteil des Kohlendioxids war, wie oben angedeutet, über die Photosynthese der Pflanzen, in biologisches Stützmaterial - Cellulose bzw. pflanzliche Stärke - übergegangen.

3. Cellulose und pflanzliche Stärke sind Glukose-Polymere und dienen sowohl als universelle Strukturbildner aber auch als Nahrungs- und damit Energiequelle in der Biologie. Im Zug der zellulären Energiegewinnung durch biologischen Stoffabbau, werden diese Polymere im Tier- und auch im Pflanzen-Metabolismus zunächst zu Glukose gespalten und dann vielstufig in ATP überführt. Glukose ist wie gesagt in der gesamten Biologie die grundlegende Energiequelle für den Metabolismus. Katabolisch sorgt sie mittels ATP-Energie für das Entropie erniedrigende Fließgleichgewicht der Zelle. Im Anabolismus ermöglichen gegenläufige, ATP-gesteuerte Lebensvorgänge, den Stoff- und Strukturaufbau aller Lebewesen. Transport und Logistik von Kohlendioxid und Sauerstoff erfolgen über den Blutkreislauf, auf den hier nicht näher eingegangen werden kann.

Prinzip der Glukose-ATP-Energie Versorgung.

Ein Vorgriff auf Abschnitt 2.5

Glukose, entstanden in der o.a. oxygenen Photosynthese, ist portionierte, materialisierte chemische Bindungsenergie, die aus der Energie des elektrischen Feldes der Sonnenstrahlung stammt.

Die Bereitstellung von Energie für Leben auf Zellbasis geschieht im Glukose-Abbau durch komplexe, enzymbeherrschte Stoffwechselfvorgänge (s.u.). Die dabei schrittweise verfügbar werdende Glukose-Bindungsenergie, wird zunächst kurzfristig auf die bereits erwähnten Energie-Carrier-Moleküle, wie NAD/NADH und FAD/ FADH₂ (s.u.) übertragen. Diese relativ großen Energiepakete in Form von NADH und FADH₂, werden kontinuierlich in der parallel ablaufenden Sauerstoff-Atmung (s.u.), in noch kleinere Päckchen in Form von in ATP transferiert. ATP liefert damit die chemische Energie in passenden Portionen und stofflicher Form, zu Reaktionen der Metabolismus-Kreisläufe in die Zelle. Erst mit dieser stofflich chemischen ATP-Anschubenergie versehen, kann über energieverbrauchende

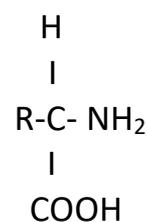
Abläufe in Zellen, das Leben in einem Fließgleichgewicht aufrechterhalten werden. Das darf man aber nicht als Übergabe eines irgendwie gearteten Energiepakets in Form von Wärme sehen. Vielmehr handelt es sich um die enzymatische Übertragung von aktivierenden Phosphatgruppierungen aus Adenosintriphosphat auf ein Molekül im Zellsystem, das so in eine an sich nicht spontane Reaktion eingehen kann. Damit wird dessen Freie Energie ΔG erhöht und die Reaktion läuft ab, da die Gesamtreaktion letztlich unter Verbrauch von Freier Energie erst so möglich wird. Aus Adenosintriphosphat, wird im Reaktionsverlauf Adenosindiphosphat (ADP), das z.B. in der Atmung, in Kombination mit dem noch zu beschreibenden Zitronensäurezyklus, wieder in ATP überführt wird: stoffliche Energieübertragung.

Die Glukose-Abbaureaktion findet deshalb statt, weil summarisch gesehen, die Freie Energie abnimmt. Das Gesamtsystem verliert Energie und geht damit in einen wahrscheinlicheren Zustand über.

Wieder erhellt das Grundprinzip von allem. Es geht letztlich nur um Energie. Die symmetriegebrochene Energie des Urknalls hat sich in Myriaden von kosmischen Materie- und Energieinseln verströmt. In einer Insel, der Erde - der bisher einzigen bekannten - glimmt für einige wenige Milliarden Jahre ein winziger Energiefunke, der Leben ermöglichte und zu Wesen führte, die darüber nachdenken, was Energie sein könnte.

Oparin und Haldane waren wohl der Überzeugung, dass sich in der reduzierenden Ur-Atmosphäre, durch Energiezufuhr aus Sonnenstrahlung, aber auch durch die Wirkung von natürlicher Radioaktivität (z.B. durch den Wärmeanteil des radioaktiven Zerfalls von Kalium-40, einem natürlichen Isotop des Elements Kalium bzw. Radioaktivität der Elemente Uran und Thorium) und die gestaute Wärme des Erdinneren, einfache Moleküle bildet z.B.:

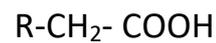
Einfache α -Aminosäuren



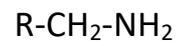
Nitrile



Organische Säuren und



Basen



Diverse organische Moleküle sollen so u.a. in der Atmosphäre entstanden sein, die infolge von Jahrtausenden dauernden Regenfällen in die Ozeane und auf die Landmassen gespült wurden und sich im Lauf von hunderttausenden von Jahren zu einer dünnen „Haldane-Suppe“ zusammenbrauten. Es war mit hoher Wahrscheinlichkeit eine sehr dünne Suppe, die da angerichtet wurde und es ist anzunehmen, dass erst Effekte, wie ständige Wasserverdunstung und somit permanentes Konzentrieren in kleinen Tümpeln, zu den bereits erwähnten reaktionsfähigen Gemischen führten.

Gibt es für solche Abläufe Belege?

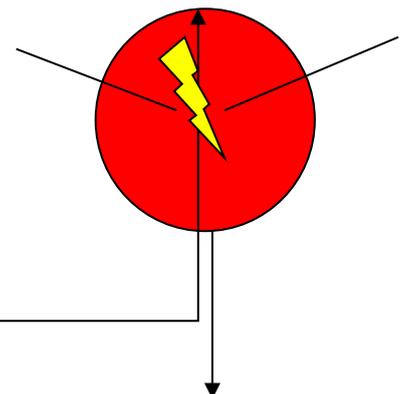
2.4.2.1 Millers Versuch

1953 führte der Chemiker Stanley Miller, ein Schüler von Harold Urey²⁶⁰, eine Ur-Zeit Simulation durch, die frappierende Ergebnisse lieferte.

Miller wollte die vermutete Situation, die vor 4 Milliarden Jahren auf der Erde wahrscheinlich herrschte, im Labor nachvollziehen. Er ging davon aus, dass die Ur-Atmosphäre sauerstofffrei war und u.a. aus Methan, Wasserdampf und Ammoniak bestand. In dieser reduzierenden Gasmischung sollten Blitzentladungen die Gas-Moleküle zur Reaktion zu neuen komplexeren Molekülen anregen.

In einer geschlossenen Umlaufapparatur leitet er Wasserdampf, Methan, Ammoniak und Wasserstoff (Verhältnis: 2:2:1), durch eine Funkenentladungsstrecke und kondensierte das Gasgemisch in einem Kühler. Das Kondensat floss über ein U-Rohr, einen Siphon, in den Glaskolben. Durch den Kühler wurde durch Kondensation ein Zwangsumlauf im Uhrzeigersinn bewirkt.

Funkenentladung



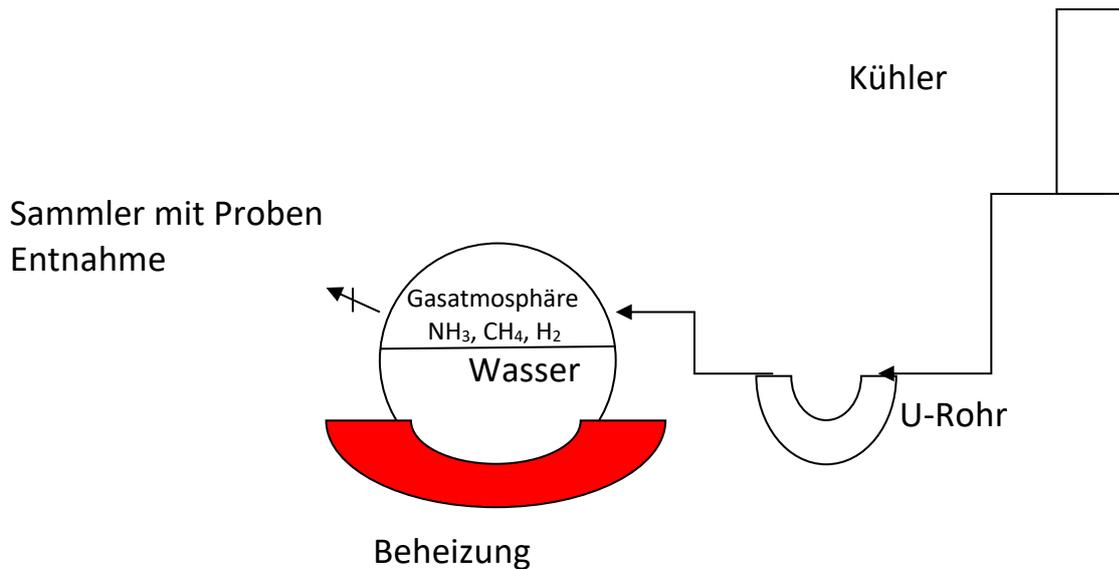
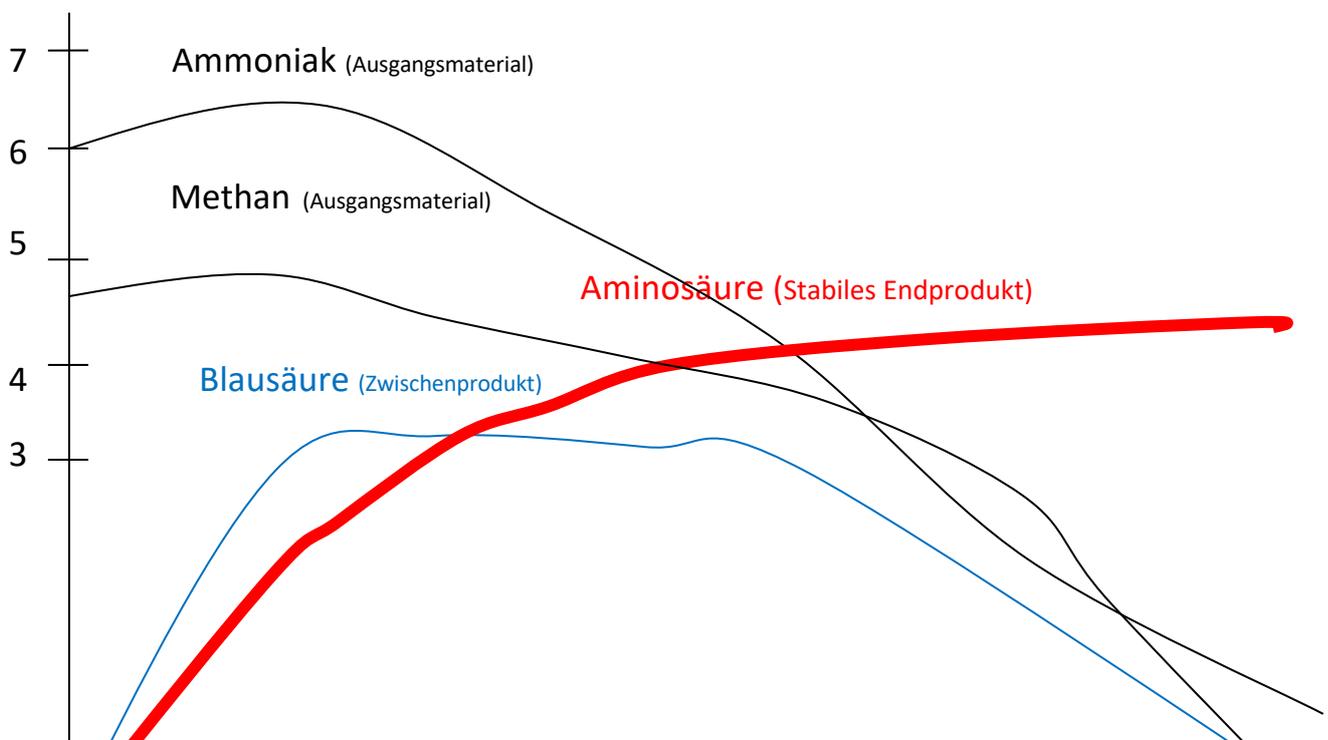


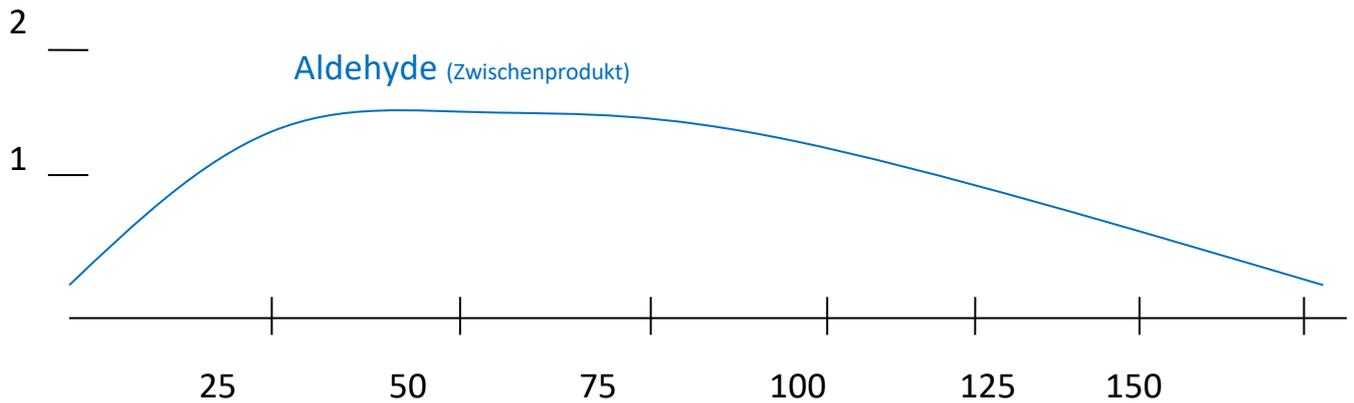
Abbildung 21: Der Millersche Reaktor

Die Abbildung 22 zeigt den durch Probenahmen ermittelten Umsatz der Reaktion: Die Abnahme der Ausgangsverbindungen, die vorübergehende Entstehung von Zwischenprodukten und das Einschwingen auf stabile Endprodukte in Form von Aminosäuren. Diese Aminosäuren sind im Gegensatz zu den Ausgangs- und Zwischenverbindungen nicht mehr gasförmig und haben damit keine Möglichkeit am weiteren Reaktionsgeschehen in der promovierten Gasphase teilzunehmen.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass die Verhältnisse graphisch vereinfacht dargestellt sind, ohne auch den Wasserstoff einzubeziehen.

↑ Konzentration in Mol





Dauer der Reaktion unter Funkenentladung bei etwa 80 °C in Stunden (schematisch) →

Abbildung 22: Verlauf des Stoffumsatzes im Millerschen Apparat (Schematisch)

Der Reaktionsablauf ist zeit- und temperaturbestimmt. So gibt es z.B. für Ammoniak ein temperaturabhängiges Gleichgewichtssystem mit Stickstoff und Wasserstoff, das bei hoher Temperatur auf der Seite der Dissoziation von 2 Molekülen Ammoniak (NH_3) zu 1 Molekül Stickstoff (N_2) und 3 Molekülen Wasserstoff (H_2) liegt; ganz im Sinne der Entropie.



bei 1000°C ganz links

bei 25°C ganz auf der rechten Seite

Schon an der Farbveränderung während der langwierigen Prozedur war für Miller erkennbar, dass etwas passierte: Mit der Zeit färbte sich der Inhalt des Sammlers immer dunkler. Nach einer Woche war etwa ein Gramm nicht flüchtiger organischer Substanz entstanden, die somit durch Phasenwechsel (Feststoffbildung) weiteren Reaktionen entzogen waren.

Folgende Verbindungen, vor allem aber α -Aminosäuren, wurden gefunden:

Glycin, Alanin, β -Alanin, Sarkosin, Aminobuttersäure, Asparaginsäure, Iminodiessigsäure und Glutaminsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Milchsäure, Harnstoff, Methylharnstoff und Spuren von Porphyrinen, dem Grundgerüsten von Chlorophyll.

Während des Versuchs konnten im Reaktionsgemisch Cyanwasserstoff und Formaldehyd nachgewiesen werden. Offensichtlich werden Methan und Ammoniak verbraucht, wohl unter Bildung sehr reaktiver Zwischenprodukte, wie

Formaldehyde und Blausäure. Diese wiederum reagieren weiter zu stabilen Endprodukten, wie Aminosäuren.

Spurenweise wurden auch rote Porphyrine ermittelt. Auf diese interessanten Moleküle kommen wir später im Rahmen der Photosynthese zurück.

Man braucht nicht viel Fantasie, um sich auszumalen, welche ungläubiges Erstaunen dieses Experiment, übrigens von Urey angeblich nur widerwillig genehmigt, auslöste. (Er war wohl um diese Zeit zu sehr in den Bau der ersten Atom-bombe bzw. Wasserstoffbombe involviert). Im Schlepptau dieser Grundidee sind tausende von vergleichbaren Untersuchungen mit unterschiedlichen Gasgemischen und Varianten des Energieeintrags durchgeführt worden und haben zu einem Sammelsurium von organischen Molekülen geführt.

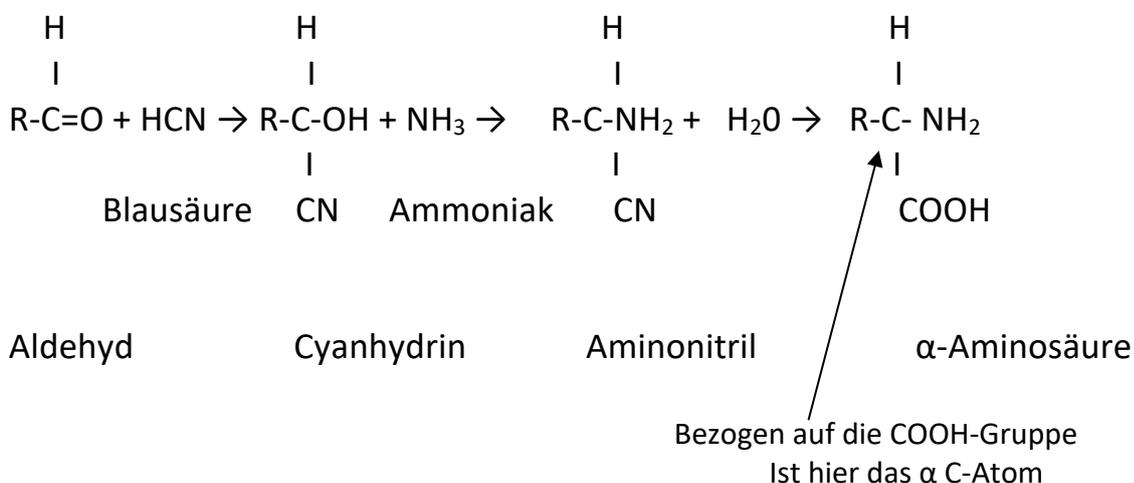
Zur Versuchsgestaltung gibt es heute allerdings Vorbehalt:

<http://www.bio.vobs.at/evolution/e05-millerurey.htm> „Heute ist jedoch bekannt, dass die für biologische Belange relevante erste Atmosphäre wahrscheinlich eine grundlegend andere Zusammensetzung hatte als noch von Miller angenommen. So war sie wahrscheinlich nur schwach reduzierend, und es erscheint als sicher, dass sie nicht diese hohen Konzentrationen an Methan und Ammoniak beherbergte, wie noch zu Ureys Zeiten vermutet worden war“.

Der ermittelte Reaktionsablauf in Millers System ist jedoch nicht völlig neu. Bereits 1850 hat Strecker²⁶¹ folgende Reaktionsfolge veröffentlicht:

Die Addition von Blausäure an Aldehyde führt zu Cyanhydrinen, die mit Ammoniak zu Aminonitrilen reagieren. Bei der danach durchgeführten Hydrolyse mit Mineralsäuren bleiben α -Aminosäuren übrig.

Wie Sie aus der o.a. Tabelle zum Stoffumsatz der Millerschen Reaktion sehen, sind die Zwischenprodukte Blausäure und Aldehyde und die Ausgangsverbindungen bei Miller bzw. Strecker weitgehend gleich.



Man kann nun in diesem Synthese-Zusammenhang die Frage stellen, ob und wann sich der im Folgenden noch häufig angesprochene, elementar wichtige energetische Zwischenspeicher ATP gebildet hat? Können sich ATP oder Vorstufen dieses Moleküls, wie Adenin (eine biochemische Base) und Adenosin (Adenin verknüpft mit Ribose) bereits in grauer Vorzeit entwickelt haben und nicht erst später, im Zuge des Glukose-Abbaus? Adenin und Adenosin sind, wie noch gezeigt wird, außer in ATP, auch in den so elementar wichtigen Nukleinsäuren wie DNA enthalten.

Tatsächlich konnte die Bildung von ATP unter den Millerschen Bedingungen nachgewiesen werden:

Siehe: <http://www.bio.vobs.at/evolution/e05-millerurey.htm>:

„Nach einer Woche konnte man in der Lösung verschiedene Aminosäuren, Formaldehyd, Milchsäure, Blausäure und in weiterer Entwicklung daraus verschiedene Zucker nachweisen. Änderte man die Rahmenbedingungen des Versuches (z.B. UV-Strahlung, Infrarot usw.) so entstanden sogar noch komplexere Moleküle wie beispielsweise ATP“. (Woher kam der Phosphor, oder ist nur Adenosin entstanden? (Anm. d. V.))

Es ist also anzunehmen, dass in der reduzierenden Atmosphäre vor 3-4 Milliarden Jahren, aus den Ur-Gasen Adenin entstanden ist. Wie es zur Bildung der anzunehmenden Zwischenverbindung Blausäure kommt, zeigen die diskutierten Versuche von Miller.

Darüber hinaus ist seit 1850 durch Adolph Strecker bekannt, dass Blausäurelösung tatsächlich, wenn sie längere Zeit auf 90°C erhitzt wird, zu dem in Zellsystemen allgegenwärtigen Molekül Adenin also pentamerer Blausäure führt. Juan Oro konnte 1961 die Bildung von Adenin und Guanin durch Wärmepolymerisation von Ammoniumcyanid in wässriger Lösung beweisen. Man kann davon ausgehen, dass dieses Bildungsprinzip von grundlegender Bedeutung für Leben in jeder Form ist. Auf diese Weise könnten auch die anderen 3 organischen Basen der DNA: Guanin, Thymin und Cytosin entstanden sein.



Abbildung 23: Abiotische Adenin Bildung aus Blausäure

Gehen wir nun wieder zurück zur Situation, wie Oparin sie am Anfang des Lebens einschätzte.

Grundsätzlich kann man folgende Fakten festhalten: Unter reduzierenden Bedingungen, mit hydrierten Ausgangsverbindungen, bei obligater (unerlässlicher) Abwesenheit von Sauerstoff und nicht zu viel Kohlendioxid, kommt es zur Bildung reaktionsfähiger Zwischenprodukte, wie Blausäure und Formaldehyd und daraus weiterem Molekülaufbau. Es bildeten sich viele Verbindungen durch Kohlenstoff-Wasserstoff Verknüpfung und Polymerisation bzw. Polykondensation. Im Sinn der klassischen Chemie werden Bindungselektronen dabei relativ mittig zwischen Atomen, wie Kohlenstoff und Wasserstoff, mit durchschnittlicher Elektronegativität platziert. Typisches Beispiel sind Kohlehydrate. Solche Moleküle beinhalten erhöhte Frei Energie ΔG , gegenüber Molekülen mit Bindungen zwischen Atomen mit niedriger und hoher Elektronegativität, wie es in Kohlendioxid der Fall ist. In diesen Molekülen rücken die Bindungselektronen nämlich näher an den elektronegativen Partner, den Sauerstoff. Auf dieses Prinzip kommen wir noch.

Wieder ist es die Energie, die alles dominiert.

Viele Wege zur Erklärung des Anfangs von Leben wurden untersucht: Z.B. hat Sidney Fox²⁶² o.a. reduzierende Gase durch 1000 °C heiße Tonerde oder gemahlene Lava strömen lassen und nach dem schnellen Abkühlen Aminosäuren bzw. polymere Aminosäure, also Peptide, nachweisen können. Wichtig ist, dass die energieliefernde Zone für diese reaktionsfähigen Zwischenverbindungen schnell durchlaufen wird, um der Zersetzung der formierten Moleküle keine Zeit zu lassen. Verbindungen mit relativen Molekulargewichten bis zu 300 000 wurden gefunden. Ihre Bildung ist in der anorganischen, trockenen und heißen Umgebung leichter erklärbar als in wässriger Lösung, die eher die Rückreaktion, nämlich die hydrolytische Spaltung von bereits gebildeten Peptid-Bindungen fördert. Schon bei 100°C entstanden aus zufälligen Gemischen von Aminosäuren, Aminosäuren-Polymerisate nicht zufälliger Art, sogenannte Proteinoide. Ein Teil dieser Proteine könnten übrigens für die Bildung von Coacervat-Hüllen eine wesentliche Rolle gespielt haben. Wie noch angesprochen wird, sind ja Proteineinlagerungen in Membranen von enormer Bedeutung für die Mechanismen des Zellstoffwechsels.

In diesem Kontext ist folgende Beobachtung von Interesse: Entstehung von Peptiden an anorganischen Materialien, wie Pyrit (FeS_2 , Eisen (II)-Disulfid). Entweder bildeten sich polar orientierte Peptide bzw. Enzymvorläufer in lokal hoher Konzentration auf diesen anorganischen Flächen oder Metabolite (Zwischenprodukt in einem biochemischen Stoffwechselvorgang) wurden sehr frühzeitig auf diese Polarisierung festgelegt. Der Gedanke für diese frühe Entwicklung des Lebens stammt Günter Wächtershäuser²⁶³:

WIKIPEDIA: „Die Energie kommt durch die Reduktion von Eisen in Eisen-Schwefel-Mineralen wie Pyrit (FeS_2) mit elementarem Wasserstoff (H_2) zustande (Reaktionsschema: $\text{FeS}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{FeS} + \text{H}_2\text{S}$) und liefert genug Energie, um eine präbiotische Ammoniaksynthese und auch um endergone Synthesereaktionen für monomere Bausteine von Biomolekülen und für deren Polymerisierung anzutreiben“.

Damit mag schon eine gewisse Weichenstellung einher gegangen sein. Tatsächlich findet man heute im Stoffwechsel überwiegend ionische bzw. negativ geladene Metabolite, die sich ursprünglich an positiv orientierten anorganischen Flächen, wie Pyrit, oder polarisierten Enzymen, ausgerichtet haben. (Fuchs, 2007, S. 197)

Für eine Peptid-Bildung und die weiter unten beschriebenen Kohlehydrat-Bindungen in wässrigen Systemen geht man davon aus, dass sie über Zwischenverbindungen mit hoher Freier Energie ΔG entstehen müssen, um thermodynamisch die entsprechende Entropie-Erniedrigung durch Bindungsbildung zu ermöglichen. Das sind die in der Molekularbiologie so wichtigen vorübergehenden Verknüpfungen der Monomere mit Phosphatgruppen.

Eine weitere Verbindungsgruppe, die neben den Aminosäuren von entscheidender Bedeutung für Entstehung von Leben ist, sind die Zucker und hier an erster Stelle Glukose. Wie kann man sich ihre Entstehung vorstellen? Zu diesem Thema liegen erste Arbeiten von Butlerow²⁶⁴ aus dem Jahre 1855 vor, der in alkalischer Lösung die Selbstaddition von Formaldehyd zu Formose, einem süß schmeckenden Gemisch diverser Zucker fand. Aufwändige und schwierige Trennungen durch Emil Fischer ergaben 1888, dass in dem sirupösen Gemisch, Glykolaldehyd, Glycerinaldehyd, Dihydroxyaceton und über diese Diosen und Triosen hinaus auch Pentosen und Heptosen entstehen.

Nur Chemiestudenten, die sich im Rahmen der präparativen Chemie mit diesem "Zuckerschleim" beschäftigen und zur Krönung der Herausforderung noch auf rezente Hilfsmittel wie alle Arten der Chromatographie verzichten mussten, können nachvollziehen, welche Probleme diese Grundlagenforscher zu bewältigen hatten. War doch damals, ohne saubere Trennung der Gemische und Kristallisation der isolierten Verbindungen - ein Feststoff - für eine Elementanalyse, eine Strukturklärung nahezu unmöglich.

Die Bildung von Glycerin, einem elementaren Bestandteil von Ölen und Fetten, aus Glycerinaldehyd und Dihydroxyaceton, durch Reaktion mit Schwefelwasserstoff, ist beschrieben. Glukose, Mannose, Galaktose, alles Hexosen, usw. entstanden. Lange Zeit sah man aber in der thermischen Instabilität dieser Produkten keinen rechten Weg für eine nachhaltige Biochemie dieser vorwiegend leicht hydrolysierbaren Verbindungen.

Damit können wir konstatieren, dass die Annahme der Ur-Suppenbildung von Oparin und Haldan, in reduzierendem Milieu, nicht im Widerspruch zur geologischen Entwicklung der Erde und auch nicht konträr zur Chemie der potenziellen Bildung einfacher organischer Verbindungen aus anorganischen Bausteinen steht.

Es erscheint plausibel anzunehmen, dass sich, fixiert auf anorganischen Festkörpern (z.B. auf Zeolithen, also Alumosilikate mit großer innerer Oberfläche, geeignet für Ionenaustausch- oder Absorptionsprozessen) oder aber in geschützten Bereichen, wie in einem Coacervat, ein Schutz- bzw. Selektionsvorteil ergab. Dieser Mechanismus könnte präbiotische Moleküle in die Lage versetzt haben, gegenüber ungeschützten Systemen als Destruenten bzw. als chemische Verbraucher Folgereaktionen einzugehen. Es könnten sich langsam Reaktionszentren etabliert haben, die sich solange halten konnten, wie ausreichend geeignete, ungeschützte Moleküle zur Verfügung standen. Besagte Reaktionszentren, die sich primär auf Ausnutzung von Molekülen in hoher Präsenz spezialisiert hatten, sollten dominieren. Weitere Folgereaktionen wurden damit wahrscheinlich. Ausschlaggebend dürften daher primäre Stoffabläufe gewesen sein, die auf hohe und langfristige Konzentration eines geeigneten Reaktionspartners aufbauten und die thermodynamisch günstig abliefen, weil die Freie Energie ΔG abnahm. Das kann z.B. in einer Zelle realisiert werden. Auf dieser Basis ergaben sich besagte Möglichkeiten für diversifizierte Folgereaktionen. Das klingt alles soweit plausibel, ist aber reine Spekulation!

Es gilt aber immer wieder darauf hinzuweisen, dass die beschriebenen Abläufe sich nicht von heute auf morgen, sondern erst nach vielen Millionen Jahren und dann nur sehr langsam etablieren konnten. Wir sind allerdings erst bei den Anfängen der Biochemischen Evolution; es ist noch ein sehr weiter Weg zum Leben. Ein Gedanke ist allerdings sicherlich realistisch. Während dieses Millionen von Jahre dauernden Zusammenkochens der vier Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff aus den Ur-gasen zu vorwiegend Aminosäuren, müssen die entstandenen Feststoffgemische in gigantischen Mengen angefallen sein. Sie sollten aus den Ur-Gaswolken auf die Erdoberfläche - Land oder Ozean - herabgeregnet sein und sich dort angehäuft haben. Sicher wurde ein Großteil, auf Grund der thermischen Verhältnisse auf der festen Oberfläche denaturiert bzw. zu nicht flüchtige Anteile wie Kohlenstoff abgebaut. Ein nicht geringer Teil sollte aber z.B. entsprechend den Versuchen von Cox, den Weg zu Polypeptiden, in die Anfänge der Biochemie gefunden haben. Es ist das, der später noch zu beschreibende erdumfassende Teppich aus Informationsbausteinen, denn das sind Aminosäuren bzw. Polypeptide.

Was ist mit Rest geschehen?

Die denaturierten Stoffanhäufungen, im Wesentlichen Kohlenstoffhaltig, müssen auf Grund der Verschiebung und des Abtauchens von Kontinentalplatten auf Nimmerwiedersehen verschwunden bzw. zu Oxiden wie Kohlenstoffdioxid verbrannt sein. Ob es noch Rest-Flächen geben könnte, müssen Geologen beantworten.

Ein wahrscheinlich noch größerer Teil, sicher zunächst nicht denaturiert, wird in den Ur-Ozeanen verschwunden sein. Wurden die Verbindungen hydrolysiert? Zu Kohlendioxid und über Ammoniak zu Stickstoffoxiden u.v.a.m. Oder sanken sie auf unerreichbare Tiefen und lieferten sehr lange vor der vertrauten Erdölentstehung aus abgestorbenen Mikroorganismen, Voraussetzungen zu einer ganz anderen Erdölentstehung in ungeheuren Mengen?

Bitte denken Sie aber daran: Es handelte sich bei diesen Versuchsergebnissen nicht um einen Beweis wie Leben entstanden ist; allenfalls vergleichsweise um das unterste Basislager beim Besteigen des Mount Everest.

2.4.2.2 Biologischer Symmetriebruch

Stichpunkte: Durch die dreidimensionale Vierbindigkeit des Kohlenstoffatoms werden Moleküle gebildet, die nicht eben sind, wie es die chemische Formel-Schreibweise auf einem Blatt Papier vortäuscht. Bei 4 verschiedenen Substituenten an einem zentralen, vierbindigen C-Atom, entstehen unvermeidlich 2 räumlich differenzierte Moleküle, die sich nur in der Drehung von polarisiertem Licht unterscheiden. Quantenmechanisch gesehen resultiert dies aus der sp^3 -Hybridisierung der Kohlenstoffbindungen, siehe Abschnitt 2.2.2. Die Evolution hat sich auf molekularbiologischer Ebene weitgehend für eine von beiden Möglichkeiten entschieden - biologischer Symmetriebruch. Symmetrie und Dualität sind durch die Vierbindigkeit des Kohlenstoffs bedingt.

Das Phänomen des Biologischen Symmetriebruchs

M.E. eignet sich die Evolution der Peptide und damit die der Aminosäuren am besten zu Beschreibung des Prinzips.

Von weitreichender Bedeutung ist z.B. für alle Aminosäure-Synthesen über Blausäure der oben beschriebenen Art, dass stets zwei gleichberechtigte α -Aminosäuren entstehen, die in ihrer atomaren Zusammensetzung, ihrer Summenformel und ihren physikalischen Eigenschaften, bis auf einen Licht-Effekt, völlig identisch sind. Sie werden durch spezielle Nomenklaturen z.B. als D- und L-Enantiomeren beschrieben und beeinflussen die Schwingungsebene von polarisiertem Licht gegenläufig. Diese Eigenschaft wird als optische Aktivität bezeichnet und ist der prägnanteste physikalische Effekt, durch den die beiden Enantiomeren unterscheidbar sind (s.u.).

Dabei handelt es sich um Stereoisomerie chemischer Verbindungen, die sich zwar in ihrer zweidimensionalen Konstitutionsdarstellung decken, sich aber in

den räumlichen Strukturen, also unserer Realität, wie Spiegelbilder verhalten. Man nennt sie daher auch Spiegelbildisomere.

Wenn man nämlich die räumliche Anordnung betrachtet, erkennt man zwei verschiedene Erscheinungsformen, die nicht zur räumlichen Deckung zu bringen sind.

Zur Verdeutlichung sei darauf hingewiesen, dass man sich einen Tetraeder vorstellen muss, in dessen 4 Ecken die 4 Substituenten A, B, C und D, also vier verschiedene (!) Substituenten im dreidimensionalen Raum angeordnet sind. Im Mittelpunkt des Tetraeders befindet sich z.B. das α -Kohlenstoffatom (C^*) der Aminosäure.

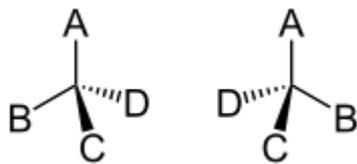
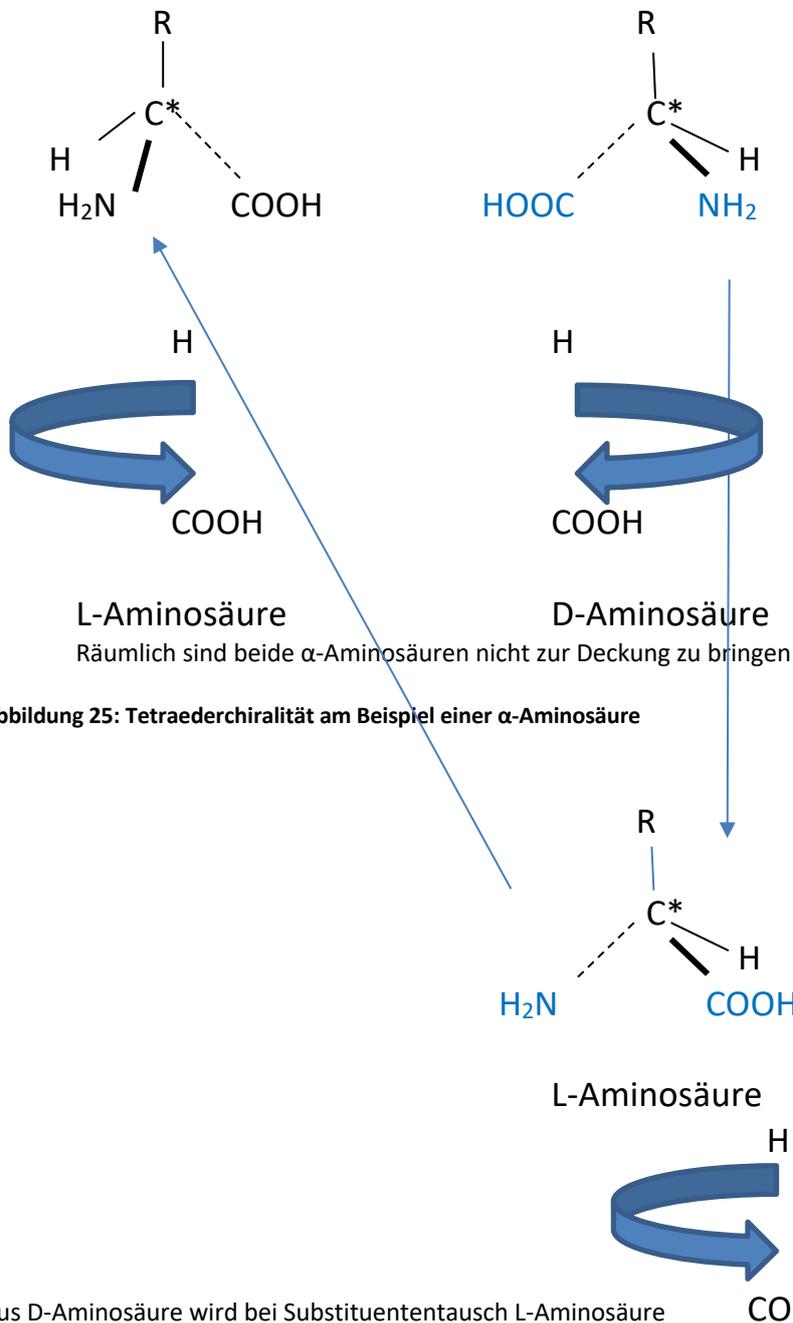


Abbildung 24: Tetraederchiralität (Kopie aus WIKIPEDIA)

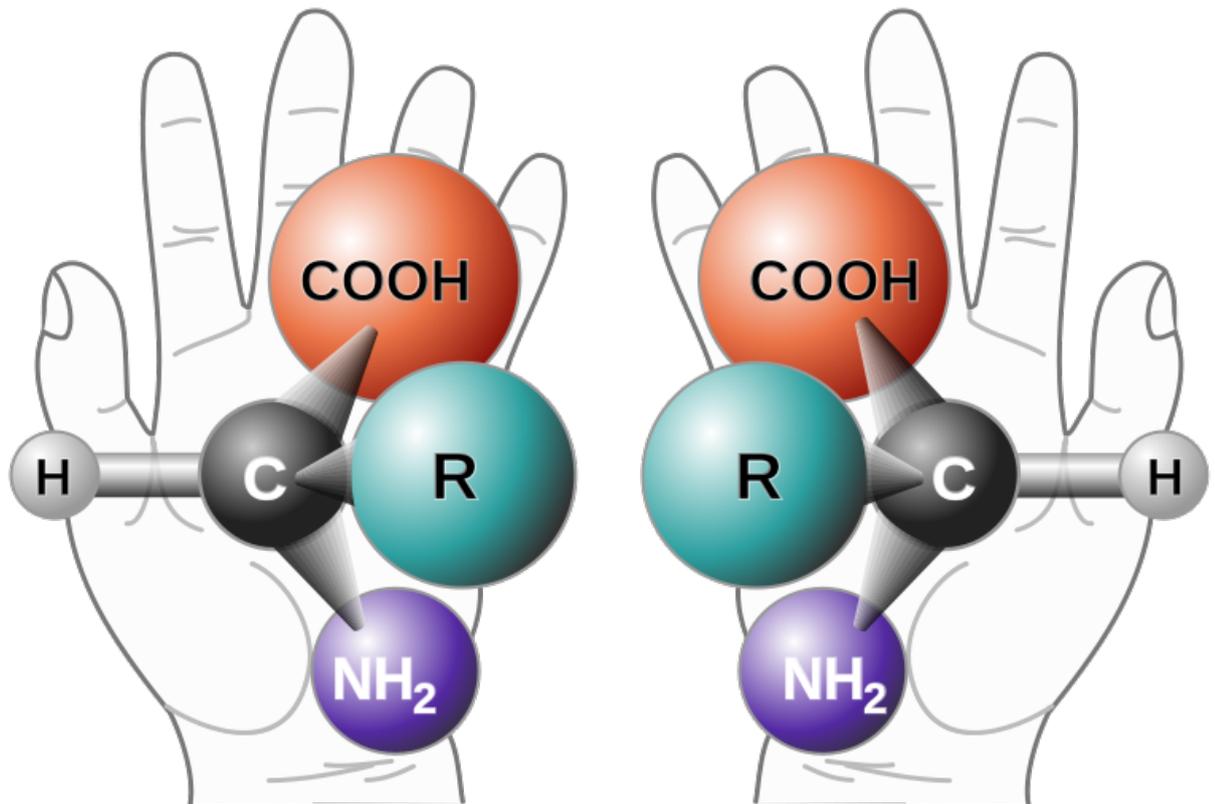
Ganz allgemein zeigen Enantiomere chiraler Moleküle in der Regel aber unterschiedliche physiologische Wirkungen, also auf der molekularbiologischen Ebene. Sie haben einen unterschiedlichen Geschmack, Geruch, unterschiedliche Toxizität und unterschiedliche pharmakologische Wirkung. Grund ist, dass biochemische Reaktionen meist durch Enzyme bewirkt werden, die selbst Enantiomere sind und dementsprechend in ihren Reaktionszentren Chiralität aufweisen zu der die Chiralität des Reaktionspartners passen muss: Schlüssel - Schloss-Prinzip.

Zwei räumlich symmetrische α -Aminosäuren erkennen Sie z.B. aus folgender Gegenüberstellung:

A steht für R, B steht für H, C steht für NH_2 und D steht für COOH in o.a. Abbildung 24.



Ganz offensichtlich, wenn auch für manchen Leser der Zusammenhang zunächst nicht erkennbar ist, wird das Chiralitäts-Phänomen an einem Paar Hände. Sie sind räumlich nicht zur Deckung zu bringen. (s.a.: Ergänzung 8)



WIKIPEDIA: Diese Datei ist gemeinfrei

Beide Anordnungen stellen ebenfalls Enantiomere dar, die als Bild und Spiegelbild aufzufassen sind.

Kehren wir zum Thema des biologischen Symmetriebruchs zurück und schauen uns die molekularen Voraussetzungen etwas vertieft an.

Die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen organischen Molekülen und ihrer Raumentfaltung, sollen durch folgende Abbildung 26 etwas deutlicher gemacht werden. Wie Sie sehen, ist optische Aktivität ein Sonderfall der Molekülstruktur, der oft als Biologischer Symmetriebruch bezeichnet wird

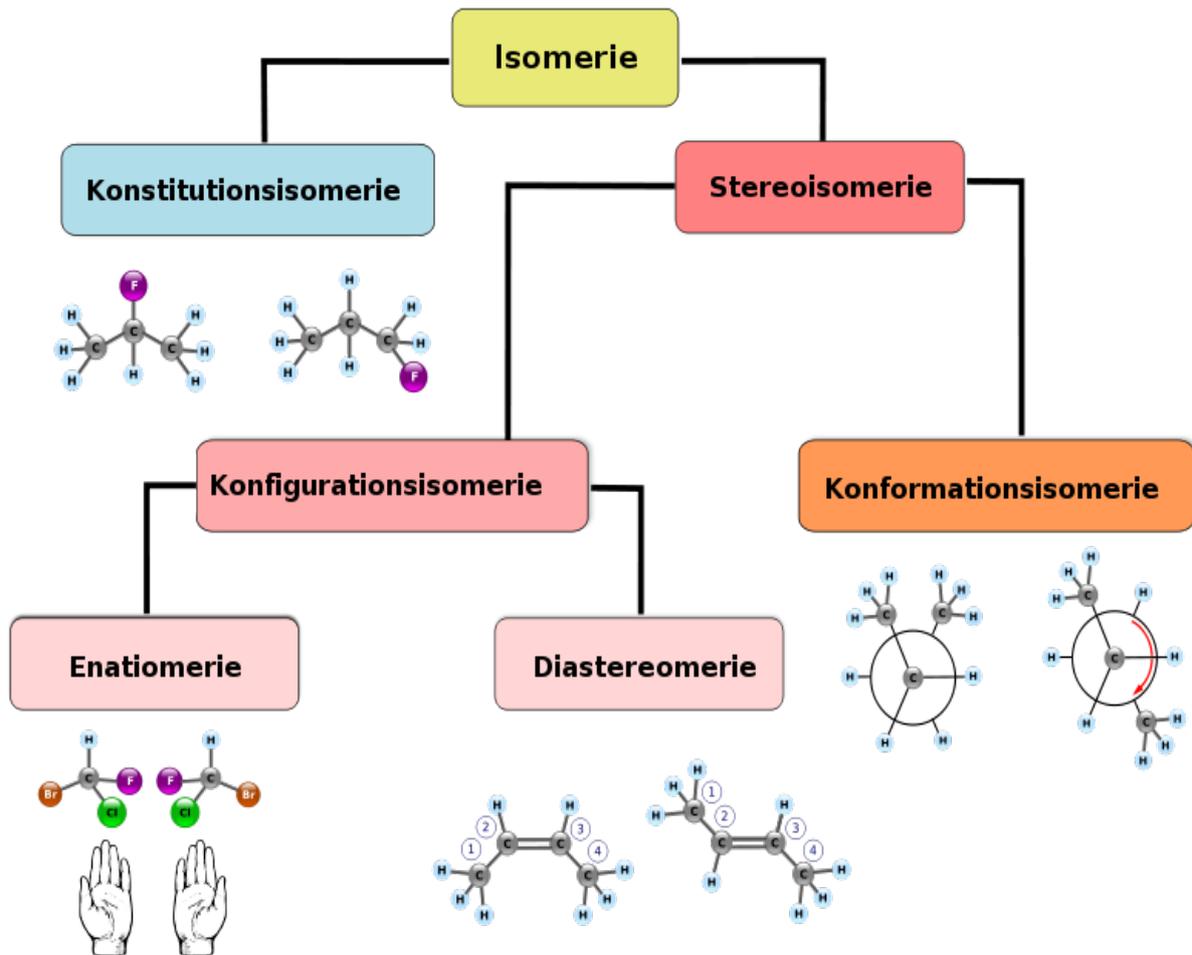


Abbildung 26: Molekulare Isomerie (von Isomerism-ball-de.svg: *Isomerism-ball.svg: Yassine Mrabet).

Bedeutung für die Entwicklung von Leben

Was hat das alles mit Leben zu tun?

Aufgrund der räumlichen Vierbindigkeit des Kohlenstoffatoms, muss jede Molekülbildung, die auf diesem Prinzip aufbaut, unvermeidlich Chiralität erzeugen. Das ergibt sich zwangsläufig, wenn an diesem C-Atom vier verschiedene Substituenten hängen. Lebensmoleküle, z.B. α -Aminosäuren oder Zucker unterliegen eben diesem Effekt.

Nehmen wir eine einfache Aminosäure, dargestellt in der sogenannten Fischer Projektion²⁶⁵.

Beispiel: Asparaginsäure, eine der 23 proteinogenen α -L-Aminosäuren. Die natürliche Form ist überwiegend die L-Asparaginsäure. In der folgenden Darstellung 29 sieht man das Asymmetrie Zentrum, das α -C-Atoms, erkennt aber auch sofort das Fehlen eines molekulinternen Symmetrieelements; nur die externe Spiegelebene ist naturgemäß vorhanden.

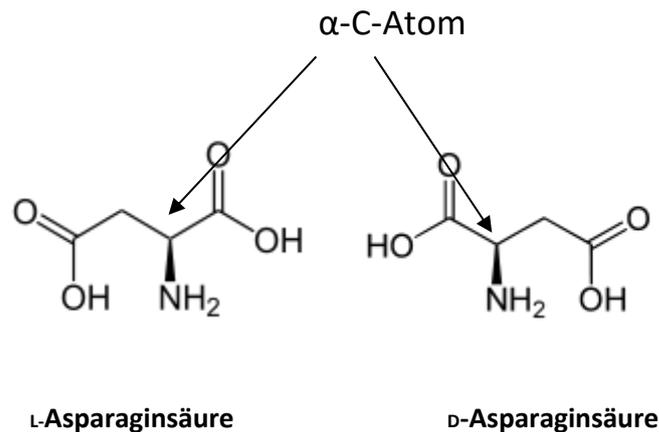


Abbildung 29: D- und L-Asparaginsäure (Kopie aus WIKIPEDIA)

Offensichtlich gibt es zwei Möglichkeiten, wie aus Abbildung 29 hervorgeht. Beide Formen stehen zunächst völlig gleichberechtigt nebeneinander. Man weiß das seit langem und hat den beiden Möglichkeiten, nach der von Emil Fischer entwickelten Methode, die Buchstaben D und L zugeordnet. Die Basis, dieser Nomenklatur zu präsentieren, würde zu weit führen. Siehe: Die Cahn-Ingold-Prelog-Konvention (kurz: CIP-Konvention oder (R,S)-System)

Welche der beiden Dreh-Formen, nur D (lat. dexter „rechts“) oder nur L (lat. laevus „links“), beobachten wir in der Natur?

Man beobachtet bei den natürlichen α -Aminosäuren in ganz überwiegendem Maß die L-Form!

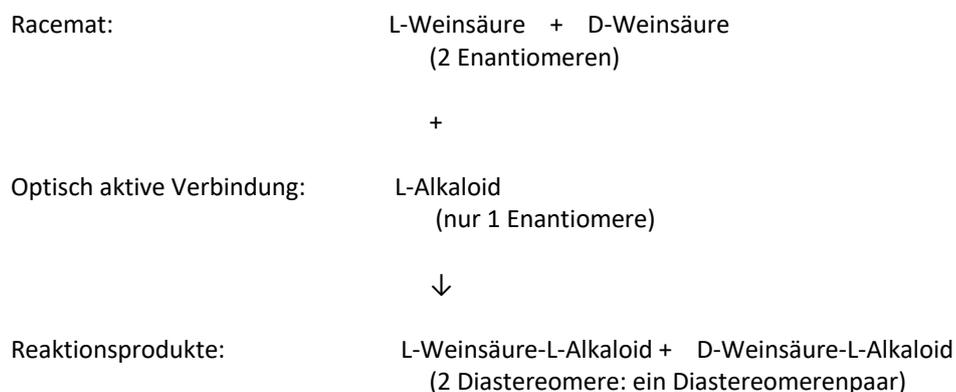
Es gibt aber auch Ausnahmen: WIKIPEDIA: D-Aminosäuren sind in allen bekannten biologischen Systemen wesentlich seltener als ihre L-Isomere vertreten, die in Form der 23 proteinogenen Aminosäuren wichtige Bausteine des Lebens sind. Man ging deshalb lange Zeit davon aus, dass D-Aminosäuren überhaupt keine biologische Funktion haben und „unnatürlich“ sind. Seit dem Beginn der 1990er Jahre hat sich dieses Bild gewandelt. Heute weiß man, dass D-Aminosäuren zum

Beispiel in von Bakterien hergestellten Peptid-Antibiotika enthalten sind sowie in verschiedenen Pflanzen, wie Reis, Knoblauch und Erbsen. Einige α D-Aminosäuren erfüllen auch beim Menschen wichtige physiologische Funktionen. Insbesondere im Zentralnervensystem sind dies D-Serin und D-Asparaginsäure. α D-Aminosäuren scheinen aber auch bei bestimmten Erkrankungen, wie zum Beispiel Schizophrenie, eine Rolle zu spielen. Dieses Forschungsgebiet ist vergleichsweise neu, und viele Funktionen der freien und in Peptiden oder Proteinen gebundenen D-Aminosäuren sind noch weitgehend unbekannt oder unverstanden.

Wie ist die Bildung der beiden enantiomeren Formen prinzipiell zu erklären? Schauen wir uns die Versuche von Stanley Miller an. Dort entstehen in einer Art präbiotischen Ur-Suppe α -Aminosäuren, aber natürlich immer die D- und die L-Form im Verhältnis 1:1, da beide Enantiomeren selbstorganisatorisch die gleiche Bildungswahrscheinlichkeit aufweisen. Ein solches D-L-Gemisch wird als Racemat bezeichnet. (Ein Racemat ist ein 1:1 Gemisch von zwei optisch aktiven Enantiomeren). Man nennt das eine natürliche Enantiomeren-Verteilung.

Eine Trennung in die zwei reinen Enantiomere ist durch Diastereomerenbildung möglich. Aus der Stereochemie ist seit langem bekannt, wie man ein solches Gemisch in die reine D- und reine L-Form trennen kann. Eine der ältesten Methoden, schon Pasteur hat sie angewandt, ist die Reaktion des Racemats mit einer Verbindung, die selbst optisch aktiv ist. Es können sich dann zwei verschiedene Reaktionsprodukte bilden (Diastereomere), die nun keine Enantiomere mehr sind und damit verschiedene physikalische Eigenschaften aufweisen, wie z.B. Löslichkeit oder Schmelzpunkt.

Beispiel einer klassischen Enantiomeren-Trennung



Wenn man das Diastereomerenpaar aufgrund seiner physikalischen Unterschiede getrennt hat, kann man aus jedem der entsprechenden Diastereomere, durch hydrolytische Schritte, entweder L-Weinsäure oder D-Weinsäure als reines Enantiomer isolieren.

Gab es präbiotische Trennmechanismen?

Es ist bekannt, dass manche Enantiomere mit chiralen Reaktionspartnern mit unterschiedlicher Reaktionsgeschwindigkeit reagieren. Daraus kann die bevorzugte Reaktion von einer optisch aktiven Form resultieren. Durch Racemisierung bildet sich aus dem nicht verbrauchten Enantiomer das bevorzugte Enantiomer nach. Damit sind wir aber noch nicht weiter, denn: wo gab es in der Urgeschichte des Lebens eine chirale Substanz, die z.B. mit o.a. proteinogenen Racematen Diastereomere gebildet haben könnte, deren Eigenschaften so verschieden waren, dass nur eine Form überlebte?

Nun, es müssen nicht unbedingt optisch aktive Verbindungen sein, um eine Racemat Trennung zu bewirken. Es genügen in manchen Fällen auch chirale Oberflächen. So ist z.B. bekannt, dass Quarz aus achiralen Schmelzen in chiraler Form auskristallisiert. Warum Quarz und viele andere Verbindungen das tun, ist mir nicht geläufig.

Eine abschließende Erklärung für dieses L-Phänomen gibt es noch nicht. Allerdings gibt es einige Ansatzpunkte:

Polarisierte Strahlung

Aminosäure-Racemate wurden einer zirkular polarisierten Synchrotronstrahlung ausgesetzt,

WIKIPEDIA: Als Synchrotronstrahlung bezeichnet man die elektromagnetische Strahlung, die tangential zur Bewegungsrichtung geladener Teilchen abgestrahlt wird, wenn diese sich mit relativistischer Geschwindigkeit bewegen und aus einer geraden Bahn abgelenkt werden. Da die Ablenkung im physikalischen Sinne eine Beschleunigung (Änderung des Geschwindigkeitsvektors) darstellt, handelt es sich um eine besondere Form der Bremsstrahlung.... Beispiele für kosmische „Synchrotronquellen“ sind Pulsare, Radiogalaxien und Quasare.

um eine enantioselektive Zersetzung durch Licht herbeizuführen (Nur eines, oder bevorzugt eines der beiden Enantiomere wird zersetzt). Zum Beispiel: man bestrahlte ein 1:1-Gemisch von D- und L- Leucin mit zirkular polarisiertem Licht, das also eine Vorzugsdrehrichtung aufwies. Als Ergebnis erhielt man einen Überschuss von 2,6 % L-Leucin! Es ist denkbar, dass vergleichbare Enantiomeren-Anreicherungen bereits vor 4 Milliarden Jahren durch Kometen- und Meteoritenbeschuss auf die Erde gekommen sind. Der Versuch wurde durchgeführt im Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement Electromagnétique LURE, Centre

Universitaire Paris-Sud, in Franc. Zirkular polarisiertes Licht wird durch Synchrotronstrahlung von Supernovae verursacht (Rauch, S. 301)

So wird z.B. durch polarisierte β -Strahlung aus dem natürlichen ^{90}Sr -Zerfall auch D-Tyrosin stärker zerstört als L-Tyrosin (Follmann H. , 1981, S. 73).

Aufgrund der Paritätsverletzung bei der Schwachen Wechselwirkung ist jedoch der Energiegehalt zweier Enantiomere nicht exakt gleich. Der Energieunterschied ist aber so gering, dass mit Recht die Frage gestellt werden kann, ob er überhaupt bedeutsam ist. Weiterführend ist der Artikel von Prof. Dr. Michael Reggelin, "*Paritätsverletzung, Biologische Homochiralität und asymmetrische Synthese*", Labor & More, 06/2010. Reggelin diskutiert u.a. die Paritätsverletzung im Rahmen der Elektroschwachen Wechselwirkung und ihren Einfluss auf chirale Moleküle sowie einen magnetochiralen Effekt als fundamentale Ursache für einen initialen Symmetriebruch, der zur biologischen Homochiralität geführt haben könnte. Schwere Kost!

Welche Auswirkungen hat Chiralität in der Biochemie?

Annahme: Auf präbiotischem Weg sei z.B. eine Aminosäure entstanden. Da die D- und die L-Form völlig gleichberechtigt sind, entsteht immer eine 1: 1 Mischung, ein Racemat dieser Aminosäure, in der D- und der L-Form.

Diese Mischung stellt sozusagen ein dreidimensionales symmetrisches System dar. Wenn diese 1:1 Mischung in einem molekularbiologischen Verarbeitungsapparat, letztlich mittels Enzyme, verwertet oder verknüpft werden soll, müssten, entsprechend dem Schlüssel-Schloss-Prinzip zwei Enzymsysteme vorhanden sein. Eines für die D- und eines für die L-Form, denn beide Enzymsysteme müssten der unterschiedlichen Chiralität der beiden enantiomeren Aminosäuren angepasst sein. Banal ausgedrückt heißt das: Es passt eine linke Hand nur in einen linken Handschuh und die rechte nur in den rechten, usw. Unter solchen Voraussetzungen wäre ein enzymatisch arbeitendes doppeltes Verarbeitungssystem notwendig, was reiner Verschwendung entspräche. Die Evolution hat sich aber irgendwann entschieden , verursacht durch u.a. Gründe, vorwiegend eine Version, die L-Form zu verwenden und dafür eben auch nur das passende Enzymsystem zu pflegen.

Es ist nämlich zu bedenken, dass eine Biologie auf zwei Schienen, der D- und der L-Schiene, eine Verdopplung der Ordnung bzw. des Informationsgehaltes bedeuten würde. Das entspräche formal einer verdoppelten Entropie-Erniedrigung. Dazu käme als dritte, völlig unübersichtliche Komponente, die Behandlung von D- und L-Mischverbindungen. Das verträgt sich nicht mit der Thermodynamik, die bekanntlich unbeirrt die Entropie-Maximierung aber auch Energie-Minimierung fordert. Ich halte das für einen bemerkenswerten zeitlichen Gleichklang von Energie, Entropie und Evolution. (s.a.:2.6 Aus Prokaryoten entwickeln sich Eukaryoten).

Man kann folgende Überlegung zu einer Trennung eines Aminosäure-Racemats anstellen (L wird hier als l und D als d dargestellt):

Was geschieht, wenn ein Säuren-Racemat 1 auf ein Basen-Racemat 2 trifft?

Racemat 1:

l-Säure + d-Säure
(zwei Enantiomere)

Racemat 2:

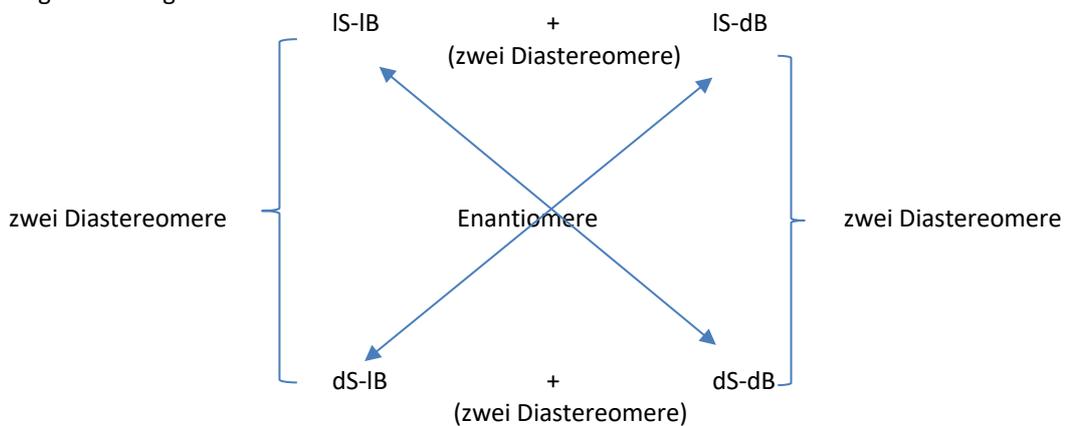
l-Base + d-Base
(zwei Enantiomere)

Beim Vermischen können vier (salzartige zunächst gelöste) Reaktionsprodukte entstehen:

l-Säure-l-Base + l-Säure-d-Base
(zwei Diastereomere)

d-Säure-l-Base + d-Säure-d-Base
(zwei Diastereomere)

Abgekürzt ausgedrückt:



In wässriger Lösung liegt diese Verteilung vor. Beim Konzentrieren der Lösung können sie als Salze auskristallisieren. Wenn das eine oder das andere Diastereomere bevorzugt kristallisiert ist das begleitet vom Kristallisieren des enantiomeren Partners.

Wenn zuerst l-Säure-l-Base auskristallisiert wird das auch sein Enantiomer d-Säure-d-Base tun. Als Enantiomere haben sie gleiche physikalische Eigenschaften.

Wenn zuerst d-Säure-l-Base auskristallisiert wird das auch sein Enantiomer l-Säure-d-Base tun.

Es kristallisieren immer die Enantiomere mit aus, egal ob man sich auf die Säure oder die Base bezieht

Resümee: Es kommt zu keiner Trennung Form von zwei Enantiomeren

Aminosäure-Racematen und chirale Peptide

Volker Schurig (Schurig, 2015, S. 36) führt dazu aus: *"Ein Peptid mit nur 3 Aminosäurebausteinen weist bereits 2^3 stereoisomere Formen auf, wenn es aus racemischen D,L-Gemischen aufgebaut wird (LLL, LLD, LDL, LDD, DDD, DDL, DLD, DLL)"*. Liegt nur die L-Form vor, finden wir, wie es in der Natur auch zu beobachten ist, nur die homochirale LLL-Form: das entspricht einer ungeheuren Vereinfachung, denn alle o.a. 8 Misch-Peptide haben unterschiedliche Eigenschaften: z.B. in der Faltung.

Die Entscheidung in der Prä-Biologie für eine Enantiomeren-Form erinnert an das Phänomen eines Symmetriebruchs, das in der Physik von grundlegender Bedeutung ist. Unvermeidlich entsteht an Asymmetrie Zentren durch die grundsätzliche Bildung der D- und L-Form, z.B. von Aminosäuren, immer ein symmetrisches D, L-System. Die Evolution umgeht diese Verschwendung, nutzt nur ein System und stört damit die Symmetrie da eine Nutzung beider Möglichkeiten mit riesiger Verschwendung einher gehen würde bzw. keine einheitliche Morphologie entstehen könnte. Der energetische Aufwand wird minimiert. Aber: die Symmetrie geht verloren.

Wie könnte es dazu gekommen sein?

- Fand dieser Symmetriebruch statt nachdem zunächst alle chiralen, präbiotischen Moleküle, entsprechend der natürlichen, racemischen Entstehung zu 100 % im 1:1 Racemat-Verhältnis vorlagen?
- Oder kam es erst, initiiert durch eine geringe Symmetrieverletzung und durch die Beihilfe der Enzyme, zum Bruch?
- Oder haben sich alle chiralen Moleküle von Anfang an in einem geringfügig gebrochenen Verhältnis gebildet?
- Oder wurden sie, wie bereits erwähnt, von außen auf die Erde transportiert?

Fakt ist wie gesagt, dass das Leben im Lauf der Evolution diese weitreichende Entscheidung, aus Gründen der energetischen Minimierung, seit mindestens 3,5 Milliarden Jahren beibehalten hat. Die überwiegende Zahl der α -Aminosäuren und auch alle enzymatisch gebildeten organischen Moleküle, wie beispielsweise die Kohlehydrate, liegen in optisch aktiver Form vor. Die Evolution hat sich eindeutig und weitgehend für nur eines von zwei möglichen Enantiomeren entschieden.

Ich vermute, dass dieses Prinzip auch außerterrestrisch gilt. Sollte es bei der Suche nach außerirdischem Leben zum Auffinden von enantiomeren reinen Biomolekülen kommen, ist m.E. vom Vorliegen von Leben auszugehen.

Ist das das Werk von Enzymen? M.E. ist das die plausibelste Erklärung. Die überwältigende Masse an α -Aminosäuren ist in der L-Form aktiv. Letztlich hat also

vor 3-4 Milliarden Jahre eine Art evolutionäre Selektion und ein Biologischer Symmetriebruch stattgefunden. Natürlich bleibt die Frage nach der Herkunft der Chiralität der Enzyme, die diese geprägte stereochemische Eigenheit enzymatisch weiterreichen. Aber auch Enzyme – bzw. ihre Reaktionszentren - sind nur als eins von zwei möglichen Enantiomere wirksam, müssen also irgendwie durch Symmetriebrüche entstanden sein. Gab es ursprünglich beide optisch aktive Versionen für jedes Enzym in dem zunächst noch kleinen Sammelsurium dieser Biokatalysatoren? Waren beide Versionen völlig gleichberechtigt, oder gab es eine geringfügig bevorzugte Form? Gab es eine zufällige Entscheidung für eine Form, die sich dann kontinuierlich durch das ganze hochkomplexe Reaktionsgefüge der Biologie durchgeboxt hat?

Mein Eindruck – mechanistisch geprägt - ist, dass es eine Reihenfolge der Chiralitäts-Entscheidungen vor 3-4 Milliarden Jahren gegeben hat. Es scheint plausibel zu sei, dass der erste Symmetriebruch im Aktionsfeld der Proteinsynthese stattfand. Wie bereits dargelegt gehören α -Aminosäuren fast durchgehend zu den ersten entstandenen Bioorganika mit einem Asymmetriezentrum in einer reduzierenden Uratmosphäre: Enzyme bestehen aus Proteinen bzw. Peptiden, die wiederum aus Aminosäuren aufgebaut sind. Enzym-Bildung muss, wie es im Kapitel 2.4.9: „Wie kam es zum genetischen Code“ beschrieben wird, über Ribozyme (ursprünglich Enzymvorläufer, Ribozyme sind katalytisch aktive RNA-Moleküle, die wie Enzyme chemische Reaktionen katalysieren) erfolgt sein. Im Gefolge haben sich dann, warum auch immer, echte proteische Enzyme formiert. So z.B. die Enzyme, die später den Aufbau von D-Glukose lenkten, dem alles dominierenden Energiespeicher der Zelle und weiter das ganze ungeheure Enzym-Spektrum der Biochemie. Wenn man sich dann vor Augen führt, wie heute und wahrscheinlich schon von Anbeginn, L-Peptide aus L-Aminosäuren über RNA-Vermittlung entstehen, erscheint es plausibel die kritische Phase der L-Aminosäure-Verknüpfung als Dirigenten anzusehen. Es gab die Möglichkeiten über Ribozyme nur L-Verknüpfungen, nur D-Verknüpfungen oder willkürlich D-L-Verknüpfungen zu verwirklichen. Ich nehme an, dass die Phase der Bindungsbildung, heraus aus der Linearität der molekularen, ribozymen RNA-Gegebenheit und hinein in die kurzlebige Linearität eines entstehenden primären L-Peptids, im Gefolge mit einer energiminimierenden Morphologie-Ausprägung verknüpft war. Wenn mehrere L-Aminosäuren verknüpft sind, kommt selbstorganisatorisch die Formation einer durch potenzielle Wasserstoffbrücken vorprogrammierten Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturierung des Peptids zum Tragen. Dieser Effekt könnte die weitere Verknüpfungs-Neigung beeinflussen, vielleicht sogar rückkopplend die Verknüpfungs-Arbeit der RNA beeinflusst haben, die ja in mehr

oder weniger, nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip, also in einer Art strukturell angepasstem Reaktionskäfig eines Ribozyms abgelaufen sein muss. Es könnte somit ein Präferieren der energetisch günstigsten Verknüpfung zustande gekommen sein, also z.B. anstelle von D- mit L- nur L- mit L-Aminosäuren. Der Irrweg in die ungeheure Zahl der möglichen D-L-Mischungen (s.o.) dürfte mangels Funktionsfähigkeit der Misch-Enzyme als erster vermieden worden sein, da jedes dieser D-L-Enzyme andere Faltungen aufweisen musste und keinen Weg in reproduzierbare Abläufe ermöglichte. Allenfalls haben sie zur Erhöhung der Gesamtentropie beigetragen und so einen Rest an struktureller Entropieerniedrigung für den D- oder L-Weg offengehalten.

Ob die universale permanente Gesamtentropie-Erhöhung allein möglich ist und nicht immer von einem geringen Betrag an struktureller Entropie-Erniedrigung begleitet wird, ist damit eine grundsätzliche Frage. Zumindest in der Biochemie scheint das so zu sein. Denken Sie an die Erhöhung der Wasserentropie, die z.B. ohne die Entropie-Erniedrigung einer Bindungsbildung nicht stattfindet.

Ein Präferieren von L-Aminosäuren könnte den Anfang in einer Bevorzugung der α -Helix mit L-Aminosäure genommen haben.

Alpha-Helix, WIKIPEDIA

Die α -Helix ist eine rechtshändig gedrehte Spirale (bevorzugt von α L-Aminosäuren) mit durchschnittlich 3,6 Aminosäureseitenketten pro Umdrehung. Pro Windung wird eine Länge von $p = 0,54 \text{ nm}$ ($5,4 \text{ \AA}$) erzielt. Dieser Fortschritt wird als Ganghöhe bezeichnet. Sie ist das Produkt aus Schiebung (auch Translation genannt) ($0,15 \text{ nm}$) und Resten pro Windung ($3,6$).¹ Dieser Abstand zwischen den Resten ist der Grund dafür, dass Aminosäuren, die in der Primärstruktur drei oder vier Stellen voneinander entfernt sind, sich in der Helixstruktur in unmittelbarer Nähe befinden. Stabilisiert wird die α -Helix durch eine Wasserstoffbrückenbindung zwischen dem Carbonylsauerstoff der n-ten und dem Amidproton der (n+4)-ten Aminosäure desselben Moleküls.

Zudem stelle ich mir die Frage, ob es bei dieser Folgestrukturierung zu eindeutig enantiomeren Proteinen, vor allem im Bereich der Quartärstruktur kommt. Gibt es ein Präferieren besonderer Folgestrukturen, die sich aufgrund der bekannten Disulfidbrücken oder Wasserstoffbrücken einen chiralen Bereich verwirklichen, weil aufgrund räumlicher Gegebenheiten eine enantiomere Form spannungs- oder energiearm bevorzugt ist? Das wäre natürlich für den biologischen Symmetriebruch von weitreichender Bedeutung.

Das sind aber Effekte, die auf dem Vorliegen schon vorhandener chiraler Akteure (Ribosomen bzw. deren Vorläufe) - alle mit optisch aktiven Zentren - aufbauen. Wenn man noch einen Entwicklungsschritt zurück geht, also in achirale Zustände, trifft man auf mögliche Gegebenheiten wie sie Follmann angesprochen hat: Natürliche Zeolithe an die sich D- bzw. L-Aminosäuren anlagern und zu D-, L- oder DL-Peptiden verknüpfen können s.o.:

Grundsätzlich ist es vorstellbar, dass sich Anlagerungsstrukturen unterschiedlichster Folge gebildet haben: DL, DD, LL, DD...DL...L, LL...LL usw. Bereiche von längerer Homochiralität sind vorstellbar. In diesen Konstellationen kann Peptidverknüpfung durch Wasserabspaltung eingetreten sein, wenn thermische Effekte günstig waren. Längere DDD...oder LLL...Reihen traten auf, die sich ablösen könnten und aus dieser linearen Primärstruktur in eine Sekundärstruktur in Form einer Helix übergingen. Voraussetzung ist allerdings das intramolekulare Vorliegen von Strukturelementen, die Bereiche enthalten, die sterisch zur Wasserstoffbrückenbildung überhaupt befähigen. Das gilt natürlich auch für die weiteren Faltungen zu Tertiärstrukturen usw. Wie zitiert ist eine α -Helix zu erwarten, die aber energetisch bevorzugt aus L-Aminosäuren entsteht. Eine solche Helix bietet den Vorteil gegenüber Destruenten geschützt zu sein, da sie als Feststoff auftritt und somit aus der wässrigen Matrix L-Aminosäuren abzieht. Alle anderen Helices waren somit einem erhöhten Abbau ausgesetzt und verschwanden langsam aus dem System. Die verbleibenden L-Helices lieferten nach langsamer Hydrolyse dann L-Aminosäuren als ausschließliches L-Angebot.

Die Tatsache, dass denaturierte Tertiärstrukturen von Polypeptiden sich nach Stresssituationen wieder in der alte Tertiärstruktur stabilisieren, erscheint mir in diesem Sinn ein Effekt der enzymatisch wirkenden Enden der instabilen offenen Linearstruktur zu sein. Sein können sich real gar nicht entfalten. Sicher gibt es bei solchen Abläufen auch fehlorientierte Strukturen. Es wäre m.E. wichtig solche Ent- und Rückfaltungsuntersuchungen unter Bedingungen durchzuführen, die quantitativ ermitteln, in welchem Umfang die perfekte Rückbildung erfolgt. Wie viel Abfall gibt es?

Berücksichtigt man diese Fakten scheint auch das Problem, das R. Sheldrake hinsichtlich der ungeheuren Zahl möglicher Tertiärstrukturen von Polypeptiden (Sheldrake, 2012, S. 191) aufwirft, beantwortbar zu sein. Die Zahl der energiearmen Tertiärstrukturen eines Polypeptids von beispielsweise 150 Aminosäuren beträgt rechnerisch 10^{45} Konformationen. Eine stattliche Zahl. Im Sinne der Panpsychistik ein starkes Argument, dass nur durch die Zielorientierung die "richtige" Konformation zu erklären sei. Man könnte aber auch argumentieren, dass die o.a. Linearität der molekularen, ribozymen RNA-Gegebenheit und damit die kurzlebige Linearität eines primären Peptids, immer mit einem

energieminimierenden Schritt verknüpft ist. Kaum sind einige α -Aminosäuren verknüpft befindet sich das Gebilde in einer Chreode (Sheldrake, 2012, S. 187), die vergleichbar einem Enzym, entscheidenden Einfluss auf die weitere Gestaltung der Sekundär- und Tertiärstruktur nimmt. Das System ist durch seine Passung im Käfig eines Ribosoms (hier die Chreode) und seine eigene Startstruktur festgelegt. Alles läuft sozusagen zu 99 % nach Plan A: Es entsteht nicht eine durchgehend lineare Kette von vielen Aminosäuren, die später in eines oder viele der unzähligen Energieminima der Faltung fällt. Vielmehr etabliert sich sofort das Minimum, das sich direkt nach der ribosomalen Entstehung der ersten drei bis vier Verknüpfungen bietet. Pläne B, C usw. mögen marginal auch Form annehmen, werden aber über die Autophagozytose (s.u.) eliminiert. Posttranslationale Veränderungen sind möglich.

Es muss aber immer im Blickfeld bleiben, dass sich die beschriebenen proteische Strukturbildungen und resultierende Morphologie nicht in der Weise abspielen, dass die Zelle lediglich als Produzent von Proteinen dient, die in irgendeiner Weise immer aus der Zelle herausgelangen und irgendwo im Körper eingebaut werden. Alle Proteinbildung erfolgt in und vorwiegend für die Zelle, in der sie sich auf dem Weg DNA - mRNA - tRNA – Ribosom abspielt, denn auch in der Zelle ist ein großer Proteinbedarf in Form von Enzymen gegeben. In einer einzigen Leberzelle sind z.B. etwa 50 000 Millionen Eiweißmoleküle enthalten. Wenn nur jedes tausendste Molekül ein Enzym ist, sind das 50 Millionen Enzym-Moleküle pro Zelle. (Sullivan, 1969, S. 64 Ich gestehe, dass mir die Zahlen fast unglaublich vorkommen). Die gebildeten Zell-Proteine finden auf komplexen Wegen die genau definierten Bedarfsorte in der Zelle. Wie ist das erklärbar? Es sind das z.B. das endoplasmatische Retikulum oder Organellen wie den Chloroplasten, Mitochondrien usw. Die produzierten extrazellulären Proteine erhalten ein N- oder C-terminale Signalsequenz, die dem stochastischen Erkennen am Zielort dient. Bekanntlich gibt es ca. 200 Gewebetypen, die auf diese Weise, beginnend mit der Zygote, verwirklicht durch Mitose z.B. den menschlichen Körper formen. Ihr Aufbau und Erhalt, aber auch miotisch (genetisch) bedingte Veränderung werden von den Genen und darüber hinaus im Rahmen der Epigenetik (2.4.13.4) durch Genaktivierung bewirkt. Diese Aktivierung wirkt dann auf die angedeutete Proteinexpression in der Zelle ein. So werden z.B. eine ganze Reihe von Proteinen (Hormone) wie Insulin in Zellen (Langerhans'sche Inselzelle, Bauchspeicheldrüse) gebildet, die auf komplizierten Pfaden über die Zellmembran ins Blut gelangen um u.a. den Blutzuckergehalt zu regeln (Glukose Energietransformation in ATP). Um den Weg und das Ziel dieser besonderen Proteine zu erreichen, werden sie auf sehr spezielle Weise durch o.a. Signalsequenzen markiert.

Es gibt allerdings auch andere z.B. einen mehr mathematisch orientierten Lösungsgedanken zu dem Problem des biologischen Symmetriebruchs, der die evolutionäre Entscheidung auf Basis einer Zufallsbetrachtung erklären könnte:

Rudolf Taschner geht in seinem Buch „*Zahl, Zeit, Zufall, Geheimnisse der Wissenschaft*“ (Taschner, November 2009) von einem Modellversuch mit 10 weißen und 10 schwarzen Kugeln aus. Sie werden aus einem großen Vorrat von Kugeln (Behälter A) entnommen. Die 20 ausgewählten Kugeln werden in einen Sammelbehälter (Behälter B) gegeben. Nun entnimmt man blind aus diesem (Behälter B) 10 Kugeln und schaut dann nach, wie viele weiße und schwarze Kugeln noch darin sind. Zu jeder noch verbliebenen weißen Kugel, wird aus dem Vorrat (Behälter A) eine weiße Kugel und zu jeder verbliebenen schwarzen Kugel eine schwarze Kugel in den Sammelbehälter (Behälter B) gegeben, bis wieder 20 Kugeln enthalten sind.

Den Vorgang wiederholt man einige Mal.

Der unerwartete Effekt ist, dass sich nach mehreren solcher Entnahmen und Ergänzungen nicht etwa die Ausgangssituation mit 10 weißen und 10 schwarzen Kugeln irgendwann wieder einstellt. Vielmehr stellt man fest, dass sich, nach einigen Entnahmen und Ergänzungen, eine Situation ergibt, in der die Lage im Sammelbehälter sozusagen kritisch wird, wenn rein zufällig z.B. weniger schwarze Kugeln enthalten sind. Es ist nun leicht möglich, dass beim nächsten Eliminieren weitere der verbliebenen schwarzen Kugeln entnommen werden. Wenn sich dieser Trend fortsetzt, sind nach wenigen Entnahmen und Ergänzungen, nur noch weiße Kugeln im Sammelbehälter. Dann aber hat ein zufälliger kritischer Zustand zu einer Entscheidung geführt. Das System hat ein Enantiomer zufällig überleben lassen. Diese Situation erinnert auch an das o.a. *"Trendwende-Phänomen"* von Malcom Gladwell.

Ich möchte versuchen, dieses Spiel mit dem evolutionären Anpassungssprung des biologischen Symmetriebruchs zu vergleichen:

Die Farben Weiß oder Schwarz sollen in dieser Überlegung für jeweils ein Enantiomer von Aminosäure stehen. Der große Vorrat (Behälter A) an gleichviel schwarzen wie weißen Kugeln (L- und D-Aminosäuren) sei das Racemat der Ursuppe um ein Coacervatbläschen (Behälter B), das diffusionsbestimmt von der Brownschen Molekularbewegung beherrscht wird. Durch die Coacervathülle (siehe 2.4.3 Membransysteme) könnten Aminosäuren ein und hinaus diffundieren. Auf Zufallsbasis könnten im Mikrobereich des Coacervats, das sicherlich wesentlich kleiner als eine rezenten Zelle ist, zeitlich kurzfristige Verteilungen auftreten, die nicht der 1:1 Gleichverteilung des Racemats entsprechen. Es könnte, wie in Taschners Spiel beschrieben, einer kurzfristigen Dominanz von schwarz oder weiß also der L-Form oder der D-Form von Aminosäuren in diesem

Mikrobereich auftreten. Wenn es im Gefolge zu einer Anlagerung an einen peptidformenden Körper – Nukleinsäure, RNA Vorläufer von Ribosomen, Fox-Matrizen usw.) – kommt, wäre eine Peptidstruktur entstanden, die o.a. Vorteile der Zukunfts-Effektivität von Peptiden auf Basis von nur einem Enantiomer hätte.

Mit Sicherheit könnte sie sich, infolge ihrer anzunehmenden Schwerlöslichkeit dem weiteren destruktiven Reaktionsgeschehen entziehen bzw. könnte selbst als Matrize fungieren.

Ganz unterschiedliche Wege zur Erklärung des Anfangs von Leben wurden untersucht: Z.B. hat Sidney Fox o.a. reduzierende Gase durch 1000 °C heiße Tonerde oder gemahlene Lava strömen lassen und nach dem schnellen Abkühlen Aminosäuren bzw. polymere Aminosäure, also Peptide, nachweisen können. Wichtig ist, dass die energieliefernde Zone für diese reaktionsfähigen Zwischenverbindungen schnell durchlaufen wird, um der Zersetzung der formierten Moleküle keine Zeit zu lassen. Verbindungen mit relativen Molekulargewichten bis zu 300 000 wurden gefunden. Ihre Bildung ist in der anorganischen, trockenen und heißen Umgebung leichter erklärbar als in wässriger Lösung, die eher die Rückreaktion, nämlich die hydrolytische Spaltung von bereits gebildeten Peptid-Bindungen fördert. Schon bei 100°C entstanden aus zufälligen Gemischen von Aminosäuren, Aminosäuren-Polymerisate nicht zufälliger Art, sogenannte Proteinoide. Ein Teil dieser Proteine könnten übrigens für die Bildung von Coacervat-Hüllen eine wesentliche Rolle gespielt haben. Wie noch angesprochen wird, sind ja Proteineinlagerungen in Membranen von enormer Bedeutung für die Mechanismen des Zellstoffwechsels.

In diesem Kontext ist folgende Beobachtung von Interesse: Entstehung von Peptiden an anorganischen Materialien, wie Pyrit (FeS_2 , Eisen (II)-Disulfid). Entweder bildeten sich polar orientierte Peptide bzw. Enzymvorläufer in lokal hoher Konzentration auf diesen anorganischen Flächen oder Metabolite (Zwischenprodukt in einem biochemischen Stoffwechselvorgang) wurden sehr frühzeitig auf diese Polarisierung festgelegt. Der Gedanke für diese frühe Entwicklung des Lebens stammt Günter Wächtershäuser.

Kleine Abschnitte von L-Peptide aber natürlich auch D-Peptide wären möglich. (Vielleicht könnte die Peptid-Verknüpfung durch energieaktivierte α -Aminosäuren ohne RNA-Matrix oder an Strukturelementen der Coacervat-Wandung erfolgt sein). Der gesicherte durchgehende Entscheid für L-Aminosäuren wäre zufallsbedingt, es sei denn, eine energetische Komponente spricht für prinzipiell für die L-Form. Die Verknüpfung sollte mit sehr einfachen (frühen!) Aminosäuren erfolgt sein, die in dem angenommen frühen Entscheidungszeitpunkt - vor 3 Milliarden Jahren – sozusagen aus dem Urhimmel regneten. Vergleichbar dem Spektrum der Miller-Versuche.

Ich wiederhole o.a. Ausführungen und stelle mir vor, dass in Coacervaten entstanden, enantiomere Proteinoide in den folgenden Ausführungen eine Rolle spielen könnten, wenn sie in mit geplatzten Coacervaten zur Verfügung stehen.

„Viele Wege zur Erklärung des Anfangs von Leben wurden untersucht: Z.B. hat Sidney Fox²⁶⁶ o.a. reduzierende Gase durch 1000 °C heiße Tonerde oder gemahlene Lava strömen lassen und nach dem schnellen Abkühlen Aminosäuren bzw. polymere Aminosäure, also Peptide, nachweisen können. Wichtig ist, dass die energieliefernde Zone für diese reaktionsfähigen Zwischenverbindungen schnell durchlaufen wird, um der Zersetzung der formierten Moleküle keine Zeit zu lassen. Verbindungen mit relativen Molekulargewichten bis zu 300 000 wurden gefunden. Ihre Bildung ist in der anorganischen, trockenen und heißen Umgebung leichter erklärbar als in wässriger Lösung, die eher die Rückreaktion, nämlich die hydrolytische Spaltung von bereits gebildeten Peptid-Bindungen fördert. Schon bei 100°C entstanden aus zufälligen Gemischen von Aminosäuren, Aminosäuren-Polymerisate nicht zufälliger Art, sogenannte Proteinoide. Ein Teil dieser Proteine könnten übrigens für die Bildung von Coacervat-Hüllen eine wesentliche Rolle gespielt haben. Wie noch angesprochen wird, sind ja Proteineinlagerungen in Membranen von enormer Bedeutung für die Mechanismen des Zellstoffwechsels.

In diesem Kontext ist folgende Beobachtung von Interesse: Entstehung von Peptiden an anorganischen Materialien, wie Pyrit (FeS_2 , Eisen (II)-Disulfid). Entweder bildeten sich polar orientierte Peptide bzw. Enzymvorläufer in lokal hoher Konzentration auf diesen anorganischen Flächen oder Metabolite (Zwischenprodukt in einem biochemischen Stoffwechselvorgang) wurden sehr frühzeitig auf diese Polarisation festgelegt. Der Gedanke für diese frühe Entwicklung des Lebens stammt Günter Wächtershäuser²⁶⁷“

Hat dieser Vorgang etwas mit Symmetrie zu tun? Man könnte argumentieren, dass die Ausgangssituation einer natürlichen materiellen Lage entspricht, die eintreten muss. So kann z.B. bei der Bildung von D- und L-Aminosäure im Miller-Versuch keine Bevorzugung eines Enantiomer denkbar ist. Entsteht so eine „unnatürliche“ Symmetrie auf erhöhtem energetischen Niveau, die nur haltbar ist, wenn ständig beide Enantiomere nachgebildet werden. Was ist, wenn der Nachschub fehlt? Kipp das Phänomen, so wie Taschners das beschreibt, in einen Symmetriebruch?

Allerdings muss man zwei Szenarien bedenken.

Für den Fall, und das ist sehr wahrscheinlich, dass ein als Trennapparat fungierender evolutionärer Vorgang in der Urzeit, an vielen Stellen (z.B. in vielen Ur-tümpeln) vorkommt, ist nicht einzusehen, dass durch Zufall in jedem Tümpel immer nur das gleiche Enantiomere zum Zuge kommt. Vielmehr wird es insgesamt, über alle Tümpel gesehen, wieder eine 1: 1 Entscheidung geben und wir sind wieder keinen Schritt weitergekommen. Eigentlich; aber

Anders liegt der Fall m.E., wenn die Entscheidung für ein Enantiomer, in einem selbstorganisierten, sich vermehrenden System erfolgt, also z.B. in einer Zelle

bzw. in einem Coacervat. Dieses eine Coacervat könnte die evolutionäre Entscheidung stabilisieren und auf Dauer alle parallel entstandenen Zellen verdrängen.

Wie soll das geschehen?

Der Zufall ist nochmals gefordert:

Nehmen wir an, es liegt eine große Zahl von Coacervaten im Verhältnis 1:1 vor, deren eine Hälfte jeweils nur ein Enantiomer z.B. eine L-Aminosäure metabolisiert (verursacht z.B. durch eine Mutationsvariante im angenommenen DL-Metabolisierungsapparat). Die restlichen Coacervate metabolisieren weiterhin die D- und L-Aminosäure mit dem gleichen DL-Metabolisierungsapparat. Nun könnte, wie in dem o.a. evolutionär fungierenden Trennapparat, der gleiche Vorgang des zufälligen Entscheids für eine Coacervat-Art, mit der in ihr bevorzugten L-Aminosäure erfolgt sein. Dann wäre der weitere Weg in eine erfolgversprechende Zukunft mit nur einem Enantiomer denkbar. Die so in einem „warmen Tümpel“ verbleibende Coacervat-Art hätte sogar einen wichtigen evolutionären Vorteil, durch Nutzungsverzicht auf die „falsche Hälfte“ des D, L-Enzymapparats. Sie könnten sich effektiver erhalten bzw. vermehren, da sie von dem alten D, L-Metabolisierungsapparat, ressourcensparend nur noch die L-Variante nutzen. Der nunmehr chirale L-Apparat der Zelle, könnte sich langsam weiter einnisten und in eine gemeinsame Vorteilssituation einschwenken, bei halbiertem Metabolismus-Aufwand. Die Entropie müsste sinken, da ein Symmetrieverlust eintritt. Die gleiche Situation ist aber auch in einem anderen „warmen Tümpel“ für die D-Aminosäure vorstellbar. Dann bliebe nur der Faktor Zeit, der dem einen Tümpel eine längere Ausbausituation ermöglicht und so die Dominanz einleitet. Dann aber könnte die Entscheidung anstelle für α -L-Aminosäuren genauso gut und rein zufällig auch für α -D-Aminosäuren gefallen sein. Entscheidend könnte dann eine geringfügig effektivere Energienutzung über das ganze System, bestehend aus Metabolisierungsapparat (RNA), Übergangszustände, gebildetes Protein usw. durch die L-Form gewesen sein (s.u.). Siehe auch (Hoppe, S. 954) *"Zufällige Anhäufung optisch aktiver Molekülformen, die spezifisch mit D- und L-Bestandteilen reagieren und eine Selektion einleiten"*.

Wenn die Evolution diesen Weg nicht gewählt hat, bleiben die grundsätzlichen Fragestellungen:

Sind die einzelnen D- und L-Enantiomeren von z.B. Aminosäure (20 gibt es) alle einzeln, jede für sich, mühsam in einem solchen Auswahlverfahren, als L-Aminosäure aussortiert worden?

Wäre es nicht viel effektiver, wenn es Systeme (Anabolismen) gegeben hätte, die aufgrund ihrer enzymatisch präferierten Struktur, alle α -Aminosäuren in die L-Form geführt haben? Wir kommen auf diesen Punkt im Rahmen der Frage der Priorität von Peptiden oder RNA noch zurück.

Dieses Prinzip Zufall erscheint auch aufgrund folgender Betrachtung helicaler Proteinstrukturen plausibel. Peptide bilden durch Wasserstoffbrücken-Bindungen und hydrophober Wechselwirkung, ionischer Effekte und Knüpfung von Disulfidbrücken recht stabile α -Helices als Sekundärstrukturen. Diese können rechts- oder linksgängig sein. Sie können aus L-Aminosäuren und D-Aminosäuren gebildet werden (s.o.). Stabile α -Helices können aber nicht aus einer zufälligen Folge von L-Aminosäuren und D-Aminosäuren entstehen. Zusätzlich zeigt sich, dass rechtsgängige Helices, die aus L-Aminosäuren bestehen, stabiler sind als eine linksgängige. So könnte es daher einem evolutionären Zufall zu verdanken sein, dass sich nur L-Aminosäuren in den Proteinen aller Organismen durchgesetzt haben.

Lehninger weist in diesem Zusammenhang übrigens darauf hin, dass die Dominanz der α L-Aminosäuren letztlich ein weiterer Hinweis auf die Lebensentstehung aus einer einzigen Quelle, der Urzelle ist. (Lehninger. Albert L., 1979, S. 857)

Chiralität in Makromolekülen

Es lässt sich zeigen, dass chirale Proteine, wenn sie in der α -Helix-Form vorliegen, durch Ausfällung vor Hydrolyse geschützt sind. Sie liegen dann mehr oder weniger, als schwer angreifbare Festkörper vor und bieten eine kleinere Angriffsfläche. Damit wird die rückführende Spaltung in einzelne Aminosäuren erschwert. Es wäre interessant zu erfahren, ob diese größere Beständigkeit nur für die α -Helix-Form gilt, oder von der Ausbildung einer Helix-Struktur an sich abhängt.

Im Rahmen der Photosynthese entsteht übrigens auch nur eine von zwei möglichen enantiomeren Glukosen, die ebenfalls mit der D, L-Nomenklatur beschrieben werden können. Es ist das die D-Glukose, der ubiquitäre und essenzielle Energiespeicher. Sie ist der Baustein in der Helixstrukturen von Cellulose und Stärke. Allerdings ist das Chiralitätsphänomen in der Zuckerchemie noch deutlich komplexer, da außer den beiden Enantiomeren der D- und L-Glukose (Hexose), noch weitere 7 Enantiomeren-Paare (ebenfalls Hexosen) möglich sind und in der Natur auch gefunden werden.

Einen vergleichbaren Symmetriebruch, wie die Entscheidung der Evolution für die L-Form von α -Aminosäuren oder die D-Form der Glukose, stellt übrigens auch die Entscheidung für die rechtsgängige Helixform der DNA dar. Auch hier wäre eine linksgängige Form, m.W. ohne Funktionsverluste, jederzeit möglich gewesen. Auch hier finden wir einen Symmetriebruch mit der ausschließlichen Nutzung der rechtsgängigen Form, die von der Evolution letztlich seit Urzeiten genutzt wird.

Symmetriegebrochene Chiralität, also nachhaltige Entscheidung für ein Enantiomer, ist untrennbar mit Leben verbunden. Ohne Leben gäbe es keine durchgehende, sich selbst steuernde und erhaltende Chiralität. Optisch aktive Moleküle, entstanden durch irgendwelche außerirdische gerichteten elektromagnetischen

Strahlungsfelder, dürften im Lauf der Zeit vergehen, da kein schonendes, selbst-erhaltendes Wirken von Enzymen vorliegt. Vielmehr erfolgt der energetische Input durch solche Felder, auf einer ungleich höheren, zerstörerischen Energiestufe, als dem nachhaltigen und subtilen Wirken von Enzymen.

Mein allgemeiner Eindruck zu Symmetrie in der Biologie:

Pflanzen, also ortsgebundene autotrophe Lebewesen, weisen meist keine Symmetrie bezüglich der Gesamtmorphologie auf. Ein Baum hat als Ganzes keine evidenten Symmetrieelemente. Diese treten erst in den Funktionselementen, wie Blätter und Blüten hervor. Das gilt auch weitgehend für die restliche Pflanzenwelt. Nahezu jedes Blatt hat eine Spiegelebene bzw. eine zweizählige Symmetrieachse. Blüten haben, je nach Anzahl der Blütenblätter, zwei- bis hundertzählige Symmetrieachsen; denken Sie z.B. an eine Sonnenblumenblüte.

Zoologische Wesen, also ortsunabhängige heterotrophe Lebewesen, sind dagegen in der äußerlichen Gesamtmorphologie sofort als symmetrisch angelegte Wesen erkennbar. Durch jeden Menschen, jeden Haifisch, jede Giraffe, jede Kakerlake jede Fliege usw. kann man sozusagen eine Symmetrieebene legen.

Das gilt allerdings nur für die äußere Form. Jedermann weiß um die unsymmetrische Verteilung der Organe im Inneren von zoologischen Lebewesen, solange sie als Einzelorgane angelegt sind.

Warum hat sich die Evolution so entschieden? Sie hätte ja eine wesentlich höhere Symmetrie bevorzugen können z.B. eine kokonartige Form. Eine solche Version wäre natürlich, zoologisch gesehen, kaum lebensfähig, da sie unfähig zur Interaktion wäre. Sie hat diese Kokon-Symmetrie der ursprünglichen Zelle übergangen und eine einfache, Spiegel-Symmetrie verwirklicht, die doppelte Extremitäten beinhaltet und mit dieser Ergänzung die Überlebenschance verbessert. Eine höhere Symmetrie, wie in der o.a. Sonnenblumenblüte, wäre natürlich des Guten zu viel gewesen. Die Evolution leistet sich keine Verschwendung.

Man muss sich aber darüber im Klaren sein, dass das eine sehr terrestrische Sichtweise ist. Völlig andere Lebensformen, mit grundsätzlich anderem Stoffwechsel, in anderem gravitativen, klimatischen und energienutzenden Ambiente, könnten Wesen hervorgebracht haben, die diesen Äußerlichkeiten nicht gerecht werden.

2.4.3 In Membran-Systemen entstehen Protobionten²⁶⁸- Zellen

Stichpunkte: Die Zelle ist die Wiege des Lebens. Man nimmt an, dass sich aus winzigen Tröpfchen Coacervate bzw. Mikrokapseln als Zellvorläufer bildeten. In diesem energetisch und stofflich begünstigten zellulären Matrixsystem könnte sich Selbstorganisation entfaltet haben.

Membranen nutzende Systeme können zu Zellsystemen führen. Da sind wir schon nahe am Phänomen Leben.

Fragen wir uns doch einmal, was irdisches Leben u.a. funktional kennzeichnet:

Enzymatischer Stoffwechsel

Chiralitätsentscheidung (siehe 2.4.2 Aminosäure-Racematen und chirale Peptide; Symmetriebruch)

Stoff- und Energie Kreislauf auf ATP-Basis

Direkte oder indirekte Nutzung von Sonnenenergie als Treiber biochemischer Zell-Reaktionen durch Energietransfer von Sonnenenergie in chemische Speicherenergie

Nutzung von Oxidationsmitteln wie Sauerstoff oder Schwefel

Energietransfer von Wärme, z.B. aus Vulkanismus oder Kernreaktionen

In diesem Sinn könnte dieser Energietransfer bereits vor der Sonnenenergie gewirkt haben, die Porphyrine zur Energiegewinnung voraussetzt. Vulkanismus als durchgehend gegebenes Phänomen im Kosmos, ist gemäß den Forschern der Exo-Planeten der entscheidende Faktor zur Lebensbildung.

Vermehrung

Selbstorganisation

Beweglichkeit

Lernfähigkeit (Informationsspeicherung)

Anpassung an Veränderungen (Fitness-Kontinuum)

Benutzung der Umgebung

Alle biologischen Systeme bestehen aus mehr oder weniger differenzierten winzigen Lebens-Kompartimenten, d.h. Zellen bzw. Zellagglomerate. Die Zelle ist der ultimative Anfang von Leben. Erst durch die Zelle werden die Funktionalität von Energieverwertung, Stoffwechsel, Wachstum, Vermehrung und Tod, aber auch Fit-Erhaltung dieser kleinsten lebenden Einheit auf unterster Ebene mit minimalem Aufwand organisierbar. Der menschliche Körper enthält mehr als 20 Billion Körperzellen in ca. 250 Zelltypen.

Wenn Sie diese Zahl von 20 Billion Zellen nachvollziehen wollen, müssen Sie nachrechnen, was abläuft, wenn sich eine Zygote²⁶⁹ (Zelle nach der Befruchtung) teilt. Sie tut das im Rahmen der Mitose (s.a.: 2.4.11.1) etwa 44 Mal²⁷⁰ während eines Lebens. Jedes Mal kommt es zu einer Verdopplung: Aus einer Zelle werden zwei, aus zwei Zellen werden vier, aus vier acht, aus acht sechzehn usw. Es wird eine Potenzreihe mit der Formel $Y = 2^x$ durchlaufen:

$$Y = 2^{44}, Y = 17.592.186.044.416$$

Manche Quellen gehen von $10^{14} = 100$ Billionen Zellen aus.

Es bleibt die Frage, ob sich diese Zahlen auf die gesamte Lebenszeit beziehen. Das muss eigentlich so sein, denn schließlich erfolgen die ca. 44 Teilungen ja während der gesamten Lebensphase und nicht gleich bei der Geburt.

Allerdings besteht hier eine beträchtlicher „turnover“, da täglich Millionen von Körperzellen absterben und in etwa, zumindest bei jüngeren Menschen 1: 1 ersetzt werden. Zusätzlich ist ca. 2 kg Bakterienmasse in Form von bis zu 100 Billion Zellen im Darm enthalten. Deren denkbaren Einfluss im Rahmen der Evolution, habe ich bereits angesprochen.

Wie aber kann ein solches Sammelsurium von 250 verschiedenen Zelltypen aus Zygoten aufgebaut werden und durchgehend billionenfach funktionieren? Wer sagt jeder Zelle aus denen der Mensch aufgebaut ist, davon allein 20 Milliarden Neuronen im Gehirn, was sie tun soll?

Wie man heute weiß, erfolgt diese synergistische Steuerung vorwiegend durch die in jeder Zelle vorhandene DNA im Cytoplasma²⁷¹ der Prokaryoten²⁷² bzw. im Zellkern der Eukaryoten²⁷³. Dazu kommen vielfältige Einflüsse wie Selbstorganisation, systembiologische Effekte, Einflüsse aus der Umwelt und mit Sicherheit auch vielen Abläufe, die noch zu erforschen sind. Ein relativ neuer Zweig dieser Forschung ist die Epigenetik (s.a.: 2.4.13.4) die immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Wer das Rätsel der ungeklärten Zündung der spontanen Lebensentfaltung lösen will, muss vor allem die grundsätzliche Frage zur Entstehung der DNA lösen.

www.gutenachrichten.org glaubt den Schlüssel gefunden zu haben: Zitat Anfang: *„Drei deutsche Forscher haben eine Theorie zur Entstehung des Lebens vorgelegt, die für Aufsehen sorgt. Der Biochemiker Christof Biebricher vom Göttinger Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie untersuchte gemeinsam mit dem Chemiker Wolfgang Schröder und dem Physiker Hauke Trinks winzige Kapillaren, die sich in Meereseis bilden. Dabei habe sich gezeigt, dass in diesen Kanälen komplexe chemische Reaktionen in Zeitlupe ablaufen. Insbesondere setzten sich in diesen Eiskanälen einfache chemische Grundbausteine spontan zu langen Ketten von Ribonukleinsäure (RNA) zusammen. Diesem Stoff wird eine Schlüsselrolle bei der Entstehung ersten Lebens vor rund 3,6 Milliarden Jahren zugeschrieben. Bisher war es rätselhaft, wie die langen Kettenmoleküle aus Nukleosiden (Nukleobase mit fünfgliedrigem Zuckeranteil) entstanden sein können. Zwar gebe es Indizien dafür, dass viele der frühesten Organismen in der Nähe heißer Quellen am Meeresboden gelebt hätten. Die RNA jedoch sei bei hohen Temperaturen nicht stabil. Das deutsche Forschertrio geht deshalb davon aus, dass sich die ersten chemischen Schritte auf dem Weg zum Leben in gefrorenem Meerwasser abgespielt haben. Sie verweisen darauf, dass in dieser frühen Phase der Erdgeschichte vermutlich große Teile der Ozeane vereist gewesen seien“* Zitat Ende.

Eine erste Eiszeit gab es vor 2,5 Milliarden Jahren, eine weitere vor etwa 1 Milliarde Jahren. Die ausgedehntesten Eiszeiten herrschten vor 750 bis 580 Millionen Jahren, mit Höhepunkten um 730 und 650 Millionen Jahren. Damals sollen selbst Gebiete am Äquator vereist gewesen sein. Das wäre zu spät für diese Theorie, da um diese Zeit bereits Cyanobakterien und sogenannte „Megasphären“ (älteste, strukturierte Lebensspuren) als erste Lebensäußerungen vor ca. 2,5 Milliarden Jahren nachweisbar sind.

Bei den weiter oben beschriebenen, abiotischen erzeugten polymeren Aminosäuren (Sidney Fox), die durch trockenes Erhitzen in anorganischen Materialien gebildet werden können, beobachtet man in wässriger Suspension einige unerwartete Effekte, die einen unwillkürlich an Vorstufen von Zellen, zumindest was die Hülle betrifft, denken lassen.

So bilden sie kleine Mikrokapseln, die Konzentrations- und pH-Wert²⁷⁴-abhängig schwellen und schrumpfen können. Sie können sich teilen, und ihre Wandungen sind halbdurchlässig, d.h. ab einer bestimmten Molekülgröße findet kein Ein- und Aus-Durchgang statt.

Wie im vorhergehenden Abschnitt angeführt, haben schon Oparin und Fox sich mit diesem Thema auseinandergesetzt. Ihnen war die Bedeutung des zellulären Aufbaus von biologischen Systemen bekannt. Im ausgehenden 19. Jahrhundert und beginnenden 20. Jahrhundert hatte sich der Begriff und das Wissen um Leben und Zellen immer mehr durchgesetzt.

Bedenken Sie bitte, dass der Aufbau, der uns umgebenden biologischen Systeme aus Zellen, einschließlich des Menschen, nicht unmittelbar evident ist. Zum einen sind die meisten Zellen außerordentlich klein und ohne Mikroskop kaum sichtbar, und zum anderen hatte der technologisch orientierte Abendländer des 17. Jahrhunderts und natürlich auch davor, in der von ihm geschaffenen Welt, meist große, homogene Bauelemente wie Steine, Eisenträger, Balken, Baumstämme usw. im Sinn. Ein Aufbau aus kleinsten Untereinheiten erschien „unvernünftig“ komplex und nicht unmittelbar einsichtig, da er nicht sichtbar war. Man wusste um die Gerüstelemente, also z.B. das Knochengerüst der Wirbeltiere, oder den Chitinpanzer²⁷⁵ der Insekten als stützende Außenhülle. Die einzelnen Organe waren ebenso geläufig. Die aktive weiche Masse der Zellen, die Matrix, war aber lange Zeit in ihrem Aufbau und Wirken unerforscht.

Zellgrößen bewegen sich im Bereich von etwa 20 – 100 µm. Die Größe von Zellen variiert stark. Zellen haben im Durchschnitt einen Durchmesser von 30 µm. Bei einer Vergrößerung um das 10 millionenfache, wären sie etwa 300 Meter groß.

1 Mikrometer µm = 10⁻⁶ m = 0,001 mm

Die Eizelle eines Straußes wird aber sogar über 7 Zentimeter groß. Beim Menschen ist ebenfalls die Eizelle mit 110–140 Mikrometern (ca. 0,15 mm) die größte Zelle und die einzige, die mit bloßem Auge erkennbar ist.

M.E spielen bei der Beurteilung der optimalen Zellgröße auch regressive Einflüsse (s.a.: 2.4.6) eine Rolle. In einer zu großen Zelle kann sich der stochastische Charakter der enzymatischen Reaktionen nicht ausreichen entfalten. Die Reaktionen verlieren an Geschwindigkeit und „Treffsicherheit“. In einer zu kleinen Zelle ist es schwierig alle lebenswichtigen Abläufe unterzubringen. Myriaden von Zellen werden so selektioniert worden sein, bis das optimale Mittelmaß selbstorganisiert dominierte.

Erst 1665 entdeckte Robert Hooke²⁷⁶ Zellen, nachdem er feine Schnitte von Korkplatten angefertigt hatte und Zellwände bemerkte. Er benutzte dazu ein selbstgefertigtes Mikroskop. Ebenso mit einem Mikroskop, fand Antoni van Leeuwenhoek in Teichwasser „kleine Tierchen“ also Bakterien und die innere Struktur von Blutzellen. Es folgten reihenweise Untersuchungen von biologischem Material aller Art, vor allem Nervenzellen, später verfeinert durch spezielle Anfärbetechniken. Der große Durchbruch erfolgte aber erst 1930 mit der Anwendung der Elektronenmikroskopie. Nun erst gelang es, den überaus differenzierten Aufbau von biologischen Strukturen zu erforschen (Lewis, 2009, S. 26). Da aber Elektronenmikroskope nur mit Vakuum arbeiten können bzw. die Bilder sozusagen nur die speziell präparierten Oberflächen der Proben darstellen können, war es bisher nicht möglich damit lebende Zellen und deren Inneres abzubilden.

Eine neue Dimension in der durch Mikroskopie gestützten Forschung, wurde mit der Entwicklung des Sted-Mikroskops (Stimulated Emission Depletion) durch Stefan Hell erreicht, der hierfür den Nobelpreis 2014 für Chemie erhielt (Chemie-Nobelpreis 2014 für Stefan Hell, Eric Betzig und William Moerner). Es ermöglicht den Einblick in die lebende Zelle in einer nie für möglich gehaltenen Hochauflösung. Laser-Licht regt Moleküle zur Fluoreszenz an, die sich zu einem Bild entwickeln lässt. Abläufe in lebenden Zellen werden sichtbar.

Bei der Erforschung des Kosmos waren und sind es die großen Teleskope, die uns die Augen für die unfassbare, Erkenntnis liefernde Weite des Weltalls öffneten. Mit Mikroskopen wurde das Gegenteil möglich: Sichtbarmachung von kleinstem. Beide neuen, aber dem Menschen ohne Technik verborgenen Welten, wären uns ohne technische Mittel immer verschlossen geblieben und der Mensch stünde ohne diese Hilfstechniken immer noch vor den Schattenwelten Platons (Höhlengleichnis). Aus dieser Schattenwelt sind wir herausgetreten. Die von Sokrates dem Glaukon (Glaukon war ein älterer Bruder des Philosophen Platon) in diesem Zusammenhang vorausgesagte Blendung durch das Licht der Erkenntnis scheint ausgeblieben zu sein, wenn wir nicht Verblendung einbeziehen.

Diese Entwicklung ist übrigens ein weiteres Beispiel für den Gang der Erkenntnis der großen Zusammenhänge:

- Anhäufung von Daten und deren Sichten und Ordnen
- Erstellen einer Hypothese und Beweisführung durch Sichtbarmachung
(Vielleicht spielt auch hier wieder das bereits mehrfach zitierte "*Trendwende-Phänomen*" von Malcom Gladwell, abgeleitet aus der Chaostheorie, eine Rolle.)

Und wo steht der Mensch? Größenordnungsmäßig steht er in etwa in der Mitte. Ein angeblicher Aphorismus zum Thema: *Mittelmäßigkeit*, von Michael Richter, ein deutscher Zeithistoriker, lautet:

Der Mensch ist das Mittelmaß aller Dinge.

Richter erfasst unsere Situation wohl aus naturwissenschaftlicher Einsicht und vergleicht ganz einfache Größenverhältnisse. Mittelmäßigkeit und Mittelmaß sind zwei, aber verschiedene Quantitäten.

Dieses Mittelmaß, wahrscheinlich eine Kopfgeburt des anthropischen Prinzips, verliert an Bedeutung, wenn man aktuelle, wissenschaftliche Erkenntnis-Maßstäbe anlegt:

Der Maßstab in Richters Aphorismus ist materiegebunden. Er vergleicht die ganze Vielfalt der erkannten Stofflichkeit - vom einzelnen Atom bis zur Galaxie als Atom-Anhäufung. Unsere menschliche Situation wird m.E. am treffendsten als Mesokosmos zwischen der Welt des Makrokosmos (das Universum) und der des Mikrokosmos (Atome, Moleküle) gekennzeichnet.

Inzwischen wissen wir um die Leere der Atome und die Leere, die zwischen den Galaxien existiert und vor allem die Leere, in der Materie letztendlich aufgelöst wird: in vielleicht 10^{160} Jahren. Wahrscheinlichkeit und Symmetrie. Zwischen Leere im Kleinsten und Leere im Größten, kann es kein Mittelmaß geben, da es keine mittlere Leer gebe kann.

Ohne Teleskope und Mikroskope, wären wir wohl wiegesagt für immer in der Welt Platons gefangen geblieben, die nicht die Dinge selbst, sondern nur deren Schatten zu erkennen glaubte. Inwieweit die heutigen Erkenntnisse tatsächlich über die Welt der Schatten hinausgehen, ist sicher ein abendfüllendes Thema für Erkenntnistheoretiker.

Beschäftigen wir uns nun mit den von Oparin und Haldane in dieser reduzierenden Atmosphäre postulierten ersten Zellsystemen. Beide gingen, wie heute auch die meisten Wissenschaftler davon aus, dass das gesamte rezent vorhandene Leben von einer einzigen Urzelle ableitbar ist, in der eine Art biologischer Urknall stattgefunden haben muss. Ein absolut faszinierender Gedanke, der natürlich

damit auch die Basis zur Beantwortung der Frage nach Ursprung des Lebens einschließt.

Eingeschlossen in eine urzeitliche, sehr einfache Zell-Membran, müssen sich Stoff- und damit Energieaustausch durch diese Zellwand entwickelt haben. Darüber hinaus bot die Zelle den Vorteil einer wesentlichen Beschränkung von biochemischen Reaktionen auf relativ kleinem Raum. Sie stellt eine winzige, stofflich variable, bevorzugte, aber nicht autarke Welt dar. Mit großer Sicherheit darf man, schon aus thermodynamischen Überlegungen davon ausgehen, dass der nächste Schritt entscheidend war: Jede Zelle ist nur im schon oft angesprochenen Steady State Zustand existent, was so viel heißt wie: sie lebt indem sich Stoff- und damit Energieeinlass und Auslass von verbrauchtem Material bzw. erzeugten Verbindungen selbstorganisatorisch entfalten. Damit wird sie zu einem dauerhaften, winzigen Energiepotential. Sie ist thermodynamisch gesehen ein offenes System. Die Entropie, die in diesem kleinen Kraftwerk durch biochemische Prozesse unaufhörlich ansteigen müsste, ist auf einen minimalen Anstieg begrenzt und es kann Arbeit geleistet werden ohne, dass ein Gleichgewichtszustand erreicht wird.

Diffusion²⁷⁷, verursacht durch die thermische Eigenbewegung der Moleküle, ist als Transportmechanismus in der Zelldimension völlig ausreichend und im Wesentlichen eine Funktion der Temperatur und der Viskosität des Cytoplasmas.

Die Zelle stellt den elementaren Schnitt in der Abgrenzung gegenüber einer kontraproduktiven Umwelt dar, die im Sinn der Entropie-Erhöhung nur verdünnen und ausgleichen will. Leben spielt sich aber nicht als homogenes Gleichgewicht ab, das wäre vielmehr der Tod; nichts ändert sich dann mehr, kein Energiepotential treibt mehr an. Es stellt sich vielmehr ein ständiges offenes Fließgleichgewicht ein, mit Stoff- und Energieaustausch nahe am Gleichgewicht. Aus biologischer Sicht wird in einer lebenden Zelle, die aus thermodynamischer Sicht natürliche Lebensfeindlichkeit ausgegrenzt.

Die Zelle ist ein entscheidender Schritt zu Initiierung und Kontinuität des Lebens. Sie kann Energiepotentiale nach stochastischen Prinzipien in stofflicher Form speichern und verwerten; sie ermöglicht nach dem gleichen Stochastik Prinzip eine Konservierung und Endo- bzw. Exo-Produktion von vielfältigsten molekularen Einheiten und damit von Information auf kleinstem Raum. Durch die niedrige physiologische Zelltemperatur wird diese stofflich molekulare Informationsdichte gegen Destruktion stabilisiert. Sie enthält Entropie-Senken, z.B. in Form der Informationsanhäufung von Peptiden und DNA.

M.E. kann man die Zelle, vergleichbar der grundlegenden Wirkungseinheit h – das Planck'sche Wirkungsquantum – als grundlegende Lebenseinheit ansehen.

Zellbildung, Coacervate

Ich bin auf diese enorm wichtigen, lebensstiftenden Zellvorläufer bereits im Zusammenhang mit Evolution, Komplexität, Biologischer Symmetriebruch und Biodiversität eingegangen (s.o.).

Oparin und Fox haben Modelle entwickelt, die von einem chemisch physikalischen Effekt ausgehen: Gesättigte Lösungen von Biopolymeren bilden beim leichten Schütteln eine Art Zweiphasensystem. Im Gefolge des durch das Schütteln bewirkten Lufteintrags, entstehen winzige Tropfen von etwa 20 µm Durchmesser, sogenannte Coacervate (Liposome und Vesikel), die überraschenderweise Konzentrationsgefälle zur Lösung um das Coacervat herum aufweisen. Im Inneren findet sich nämlich eine höhere Konzentration der Biopolymere. Das System wird durch Bildung einer Außenhaut stabilisiert. Oberflächenspannung spielt sicher eine mitgestaltende und energiemindernde Rolle.

Z.B. kann eine solche „Zellhaut“ aus Lipiden bzw. Phospholipiden, als Liposom entstehen. Das sind organische Moleküle, bei denen eine oder bis zu drei Fettsäure mit langem Kohlenwasserstoffende über ihre Säuregruppe (Carboxylgruppe) mit Glycerin verestert sind. In Phospholipiden ist eine der drei Fettsäuren durch eine Phosphatgruppe ersetzt. Diese Konstellation ist präbiotisch durchaus vorstellbar, wenn geklärt ist, ob zu diesem frühen Zeitpunkt bereits Glycerin und langkettige Fettsäuren bzw. Phospholipide vorhanden waren. So könnte man einwenden, dass Glycerin erst nach Kreation der Glykolyse verfügbar war, als nämlich die Spaltung der sicher früh vorhandenen Glukose, während der Glykolyse, über Glukose-6-phosphat zu Phosphoglyceraten aktiv wurde. Die Chemie der Präbiotik belegt eindeutig, dass Glycerin durch Selbstaddition von Formaldehyd zu Glycerinaldehyd entstehen kann, der durch Erwärmen mit damals ubiquitärem Schwefelwasserstoff zu Glycerin reduziert wird.

Es wird diskutiert, dass Aminosäuren, die ja präbiotisch schon vorhanden waren, stabilisierend an Zellmembranen binden. So sollen sich kleiner Moleküle auf engem Raum anreichern, was u.a. zur Bildung von Proteinen geführt haben könnte. Zusätzlich binden Fettsäuren in Gegenwart von Salzen und Aminosäuren mehrwändige, zwiebelartige Strukturen, wie sich auch in lebenden Zellen vorkommen. Damit wird die Bemühung von unwahrscheinlichen Zufällen zur Lebensentstehung unnötig. Einfache chemische und physikalische Prozesse sind am Werk (PINAS 10.1073/pnas. 1900275116, 2019), Selbstorganisation steuert das Schiff. Eine Entropie Abschätzung eines Liposoms ist nicht einfach. Ein solches Molekül hat bezüglich des langen Fettsäureendes unpolare, hydrophobe, wasserabweisende Eigenschaften, während der restliche Molekülkomplex, also die Veresterungsgruppe mit dem Phosphatrest, hydrophile, wasserliebende, polare Eigenschaften aufweist. Grund dafür ist die gegenüber dem Fettsäureende erhöhte Polarität der Veresterungsgruppe, die mit dem ebenfalls polaren Lösungsmittel

Wasser über van der Waals-Kräfte in Wechselwirkung tritt. Rein physikalisch gesehen sind es letztlich elektrostatische und energiemindernde Effekte, die eine solche liposome Kugelkonformation hervorbringen können, die sich selbstorganisatorisch, ohne „Dirigentenstab“ geradezu bilden muss. Die Hydrathülle um das Coacervat wird minimiert, da die Kugel der geringstmöglichen Oberfläche entspricht: Effekte, die Entropie senkend wirken. Aber es muss auch die Wasserentropie beachtet werden da sich durch die o.a. Kugelformation die überwiegende Zahl an hydrophoben Fettsäureenden aneinander lagert. Somit sind in der wässrigen Matrix der Liposome wesentlich weniger freie Störenfriede der Wasserentropie vorhanden, verglichen mit frei verteilten Fettsäuremolekülen. Die Zahl der gestörten Wassermolekülbereiche wird weniger. Wassermoleküle finden wieder zueinander. Die Wasserentropie steigt.

Was begrenzt die Größe? Die Größe einer solchen kleinen Kugel ist sicher limitiert durch das Spiel der Kräfte von Zellhaut zu Zellinnerem. Die Stabilität der Zellhülle ist begrenzt durch den Krümmungsradius und die Oberflächenspannung. Kommt es in der Zelle zu einer druckerhöhenden Erwärmung, wenn die Energie der Brownschen Molekularbewegung oder die der Reaktionsenthalpie nicht abgeführt werden können, reißt sie. Je größer die Zelle, umso kleiner wird, relativ gesehen, die Oberfläche im Verhältnis zum Inneren.

Darüber hinaus belehrt uns wie gesagt auch die Thermodynamik, dass dieser, unter Entropie-Verringerung verlaufende Ordnungsgewinn des Coacervats, durch die Entropie-Erhöhung der Wasserentropie überspielt wird. Die einzelnen zum Coacervat zusammenfindenden Monomeren der Coacervathülle haben ja zunächst alle ihre Hydrathülle. Nach der Bildung ist für das Coacervat jedoch eine deutlich geringere Hydrathülle vorhanden. Die beim Zusammenschluss aus den Hydrathüllen der Monomeren freiwerdenden Wassermoleküle werden regellos freigesetzt und besorgen die Erhöhung der Gesamtentropie s.o.

An dieser Stelle möchte ich auf einige Gedanken zurückkommen, die ich bereits unter dem Aspekt Komplexität und Biodiversität erörtert habe. Gerade dieser Effekt der Erhöhung der Gesamtentropie durch die Wasserentropie, scheint mir von besonderer Bedeutung zu sein. Wenn es aufgrund von Coacervat-Bildung zu Einschlüssen von biochemischen Reaktionskomponenten - Monomeren - gekommen ist, könnte der Weg in biochemische Reaktionsprodukte aus diesen Monomeren, aufgrund des entropischen Potentials der Erhöhung der Wasserentropie, angestoßen worden sein. Alle biochemischen Reaktionen der Zelle sollten durch diesen Effekt promoviert worden sein, ev. auch solche, die noch nicht durch Phosphorylierungen aktiviert waren.

Nach der Tröpfchen Bildung befinden sich in der Coacervathülle die Lipide als Außenhaut in einer streng geordneten Struktur. Die hydrophoben Enden weisen nach außen und die hydrophilen nach innen, in den wässrigen Zellbereich; die Matrix. Bei weiterer Berührung mit Lipidmolekülen legt sich nun um dieses

Tröpfchen eine zweite Hülle aus diesen Lipiden. Nun allerdings tritt eine Umkehrung der Orientierung der Lipidmoleküle ein. Sie ordnen sich so an, dass sich die hydrophoben Fettsäureenden, mit denen der bereits vorhandenen Hülle koordinieren und nun hydrophilen Enden in den Außenbereich ragen. Es ist eine simple Doppelmembran entstanden. Allerdings sind diese einfachsten Coacervate nur kurzzeitig beständig und zerfallen leicht unter Ausschüttung ihres Inhalts.

Coacervat - Zelle

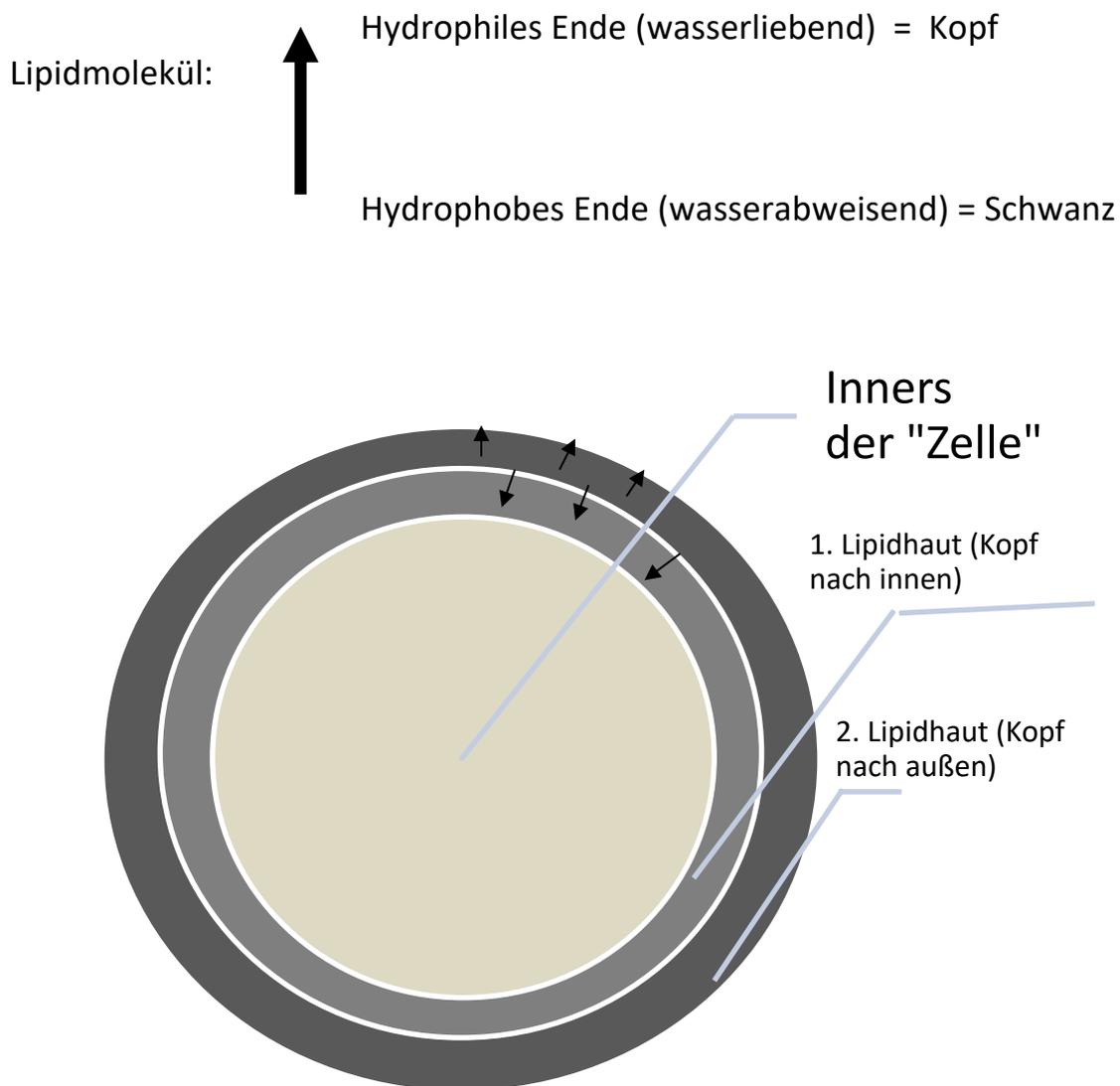


Abbildung 30: Coacervate als Zellvorläufer

In Versuchsreihen mit Coacervaten wurde ermittelt, dass einfache molekulare Bestandteile im Inneren konzentriert werden. Es können u.a. energiereiche

Verbindungen, die die Speicherenergie einer Phosphatgruppe enthalten, hinein diffundieren. Diese Phosphatgruppe kann im Zellinneren hydrolysieren und die freiwerdende Phosphat-Bindungsenergie in diesem Coacervat für biochemische Reaktionen z.B. zur Knüpfung neuer Bindungen einsetzen. Wenn Enzyme in den Tröpfchen eingeschlossen sind, werden im Inneren Reaktionen katalysiert, deren Produkte dann nach außen diffundieren. Bei Einschluss von Chlorophyll konnten mit Sonnenlicht Reaktionen nachgewiesen werden, die im Dunkeln ausbleiben usw. (Dickerson/Geis, 1983, S. 644)

Mikrosphären- Zelle

Wesentlich stabiler werden diese Gebilde, wenn es, wie bereits angeführt, zur Integration von Proteinoide in die Hülle kommt. Wenn sich hydratisierte Proteinoid-Schichten, aufgrund elektrostatischer Effekte an die Lipid-Formation anlagern, bilden sich Protein-Lipid-Doppelschichten oder sogenannte Elementarmembranen (Follmann, 1981, S. 85), die in einigen Belangen durchaus zellähnliches Verhalten, wie Stoffaustausch, Anfärbbarkeit und granulares Inneres zeigen.

Fox und Mitarbeiter haben heiße Lösungen thermisch gebildeter Proteinoide langsam abgekühlt und die spontane Entstehung zellartiger Strukturen beobachtet, die Lipid ähnliche Membranen aufweisen. Sie entwickeln Stoffwechsel durch die Membran, sie können schrumpfen bzw. anschwellen und können sich sogar in Form von Sprossung teilen. Mit den zellbildenden Proteinoide befinden sich in dieser "Verpackung" auch die ersten informationstragenden Bausteine: die Proteine bzw. α -L- Aminosäuren. Proteinoide könnten die Polynukeotide im Zellinneren selektioniert haben (Lehninger. Albert L., 1979, S. 859). Wir werden auf diese interessante Problemstellung, was war zuerst, Protein oder DNA bzw. wer hat wen zuerst „informiert“, unter dem Aspekt RNA, DNA, Protein, noch zurückkommen.

Unter der Voraussetzung der Bildung einer Haldane-Suppe in geeigneter temperaturstabiler Umgebung mit periodischer Sonneneinstrahlung und vor allem sehr, sehr viel Zeit, könnten in diesen präbiotischen Zell-Kochtöpfchen Reaktionen angelaufen sein, die irgendwann stabil und selbsterhaltend wurden. Durch den Tag- und Nachtwechsel war eine Periodizität vorgegeben, von der zu ahnen ist, dass sie nicht ohne Bedeutung war. Denken Sie an die Überlegungen von Kauffman. Manche Forscher sehen hier die Ursprünge der Photosynthese.

Die Evolution schwenkte ein auf die sich selbstoptimierende Zell-Strategie hochkonzentrierter Chemie in sehr kleinen "Töpfen". Das ergibt kurze Reaktionswege, eigenständige Energie- und Stoffverwertung und Schutz vor Überhitzung durch Wärmeabstrahlung über eine vergleichsweise hohe Oberfläche. Bekanntlich wächst das Volumen in der 3. Potenz und die Fläche nur in der 2. Potenz. In einer großen Kugel ist es viel schwieriger Wärme über die Oberfläche

loszuwerden, als in einer kleinen Kugel. Diesbezüglich ist von Interesse, dass die ubiquitäre energetische Verwertung von Glukose in der Zelle durch Überführung in ATP „nur“ mit einem Wirkungsgrad von etwa 42 % erfolgt (s.u.), der Rest muss als Reaktionswärme abgeführt werden und heizt die Zelle auf: das führt zu ständig verfügbarer Körperwärme und ermöglicht das Leben von Warmblütern.

Die ubiquitär festzustellende Winzigkeit der kleinsten lebenden Einheit aller Organismen, die Zellgröße, scheint ein Limit darzustellen, deren Überschreitung u.a. zu Wärmestau führt. Damit unser Körper, der aus Billion von Zellen besteht, nicht ständig überhitzt, kann nur durch unser äußerst effizientes System der Blutzirkulation und der Transpiration vermieden werden. Damit erklärt sich auch, dass Landlebewesen nicht über die Maximalgröße eines Elefanten hinauskommen. Wie es die noch viel größeren Saurier vor 100 Millionen Jahren geschafft haben dieses Problem zu lösen, ist mir nicht klar. Es ist aber leicht einzusehen, dass die an sich nicht unbedingt tödlichen Hitzewellen des ominösen Meteoriten Einschlags vor 60 Millionen Jahren, sehr schnell an die Grenze führten. Den Walfischen der Ozeane scheint dieser Hitzestau, durch die ständige „Wasser-Kühlung“, ein geringeres Problem zu bereiten.

Die Hülle bot zudem Schutz vor Molekül-Ortung und „Verwertung“ durch Konkurrenzsysteme. Parallel könnte es in Zellvorläufern zur stofflichen Informationserhöhung durch besonders adaptierte spezielle Moleküle, RNA – Vorläufern, oder auch Proteine und damit Steuerung gekommen sein. Das damit räumlich abgeschottete kleine, stotternde Uhrwerk, tauschte als offenes System im Sinn der Thermodynamik, ständig Energie und Stoff mit dem Umfeld aus. Dieser permanente Umsatz war von entscheidender Bedeutung, da er das Eintreten eines Gleichgewichtszustandes ausschloss. Gleichgewicht hätte das präbiotische System sofort zum Stillstand und damit in den präbiotischen Tod geführt. Durch den ständigen Umsatz war punktuelle Entropie-Erniedrigung im Inneren - enzymatisch beherrschte biochemische Reaktionen - möglich. Bei der katabolischen Energiegewinnung (ATP) entstandener Abfall, z.B. Kohlendioxid, wurde über die Membran entsorgt.

Darüber hinaus verfügte die Zelle wahrscheinlich sehr bald über weitere Wege der Abfallentsorgung: Der Prozess nennt sich Autophagie und wird durch das Protein Atg 1 bewirkt. Wird diese Entsorgung behindert, können Alzheimer und Krebs die Folge sein. (Molecular Cell, Januar 2014, DOI:10.1016/j.molcel.2013.12.011).

Ein Fließgleichgewicht, aber kein Gleichgewicht, war etabliert. Dieses synergistische Konzert gelingt ohne erzwungene, energieverbrauchende Stoffbeförderung - vergleichsweise der Blutförderung durch das pumpende Herz - nur in kleinen Zellen durch die Brownsche Molekularbewegung.

Nun kann man argumentieren, dass günstige Umweltbedingungen für die Entwicklungen solcher Pro-Zellen auch zu deren Wachstum geführt haben müssen. Wachstumsbedingt war sicher irgendwann die Rückhaltefähigkeit der Membran erreicht. Nahezu unendlich viele Zellen werden auf diese Weise geplatzt sein und ihren Inhalt schon „fast lebenden“ Zellen unfreiwillig zur Verfügung gestellt und so die Entropie erhöht haben.

Einige werden aber, unter günstigen Umständen, kleine Bereiche samt Membran ausgestülpt oder durch Abschnürung gar ausgegliedert haben, die dann weiterwachsen. Zu einem späteren Zeitpunkt könnte es dann bei dieser Ausgliederung kleiner Matrix-Bereich, nicht nur zur Mitnahme von Stoffen und katalytisch wirkenden, einfachen Enzymen gekommen sein; es wurde auch Steuersubstanz der Matrix der Mutterzelle in Tochter-Coacervate verlagert. Das trug bei zu angepasster Cytoplasma-Ergänzung in dem Mutter-Coacervat, aber auch zur Gleichschaltung der abgeschnürten Einheiten, aufgrund der entführten stofflichen Informationsblöcke. Dies wären dann Vorläufer von RNA, DNA, Enzyme oder Proteininformanten, die aber in dieser einfachsten Struktur über Jahrmilliarden ständig optimiert wurden und damit in ihrer Ur-Version heute somit unauffindbar sind.

Ein solcher Weg könnte einen evolutionären Vorteil beinhaltet haben, denn er ist der Weg, der letztlich zur gesteuerten Vermehrung und damit noch mehr zellulärer Entropie-Kontrolle führte (natürlich bei gleichzeitiger Erhöhung der Gesamtentropie!).

Ich frage mich allerdings wieder, ob zu diesem frühen Zeitpunkt überhaupt von biologischer Evolution geredet werden kann. Biologische Evolution ist mit Leben, DNA und deren Mutationseffekten, verbunden. Die über Selektion am besten angepasste, vermehrungsfähigste biologische Population, in einer sich ständig veränderten Umgebung überlebt und wird über die DNA, durch die Zellteilung weitergereicht. Leben und DNA waren aber in diesem Stadium allenfalls in Vorstufen vorhanden. Oder muss man sich im Hinblick auf die biologische Evolution von diesen beiden Begriffen lösen?

Andererseits waren auch diese Vorstufen und ihre Informationsträger dem permanenten Bombardement der Höhenstrahlung ausgesetzt. Damals wie heute fand damit eine permanente molekulare Veränderung der frühen Informationsträger statt. Die sich über ständig ändernde Mittler zufällig verwirklichenden Lebensformen, wurden dann der Fitnesslandschaft ausgesetzt und mussten ihre Überlebensfähigkeit beweisen oder verschwinden.

Lassen wir wieder einmal die Entropie mitreden. Alles bisher über die Protobionten Gesagte heißt im Klartext: Es spielen sich punktuelle Entropie-Erniedrigung in energetisch und stofflich offenen Zellsystemen ab. Als Beispiel sei die biochemische Bildung von Glukose aus sechs Kohlendioxid-Molekülen genannt.

Andererseits ist die Gesamtzunahme der Entropie unvermeidbar. Es werden ja beispielsweise Reaktionswärme und Wasser-Moleküle aus Hydrathüllen freigesetzt.

Der Motor dieser punktuellen Ordnungsgewinnung ist der Energiegradient, den die Sonne für das Zellleben bereitstellt. Eine Vermehrung von Protobionten bedeutet eine zusätzliche lokale Entropie-Erniedrigung durch Schaffung weiterer stofflicher Ordnung, mehr Information in diesen offenen Systemen usw. Andererseits muss durch gegenläufige Effekte, z.B. die verlorene Reaktionswärme, die Zunahme der Wasserentropie oder die permanente Freisetzung von Ordnung aus Zellinhalten zerstörter Pro-Zellen, die Zunahme der Gesamtentropie erfolgen.

Das bedeutet m.E. aber für den Start ins Leben, dass zu einem Zeitpunkt X ein kritischer entropischer Zustand mitentscheidend war. Milliardenfach gab es immer wieder ein Zurück zur toten Anorganik da kein zukunftsfähiger Energiegradient erschlossen war. Erst durch eine Art Initialzündung entstand ein erstes energiegetriebene Fließgleichgewicht, das in einer ersten echten Ur-Zelle auf Äonen von „Toten“, wenn auch nur Pro-Zellen, aufbaute. Wie gesagt weist auch Lehninger darauf hin, dass die Lebensentstehung aus einer einzigen Quelle erfolgte. (Lehninger. Albert L., 1979, S. 857)

Die ersten zellartigen Gebilde konnten aber mit Sicherheit sehr lange Zeit nicht, die unter 2.4.3 beschriebenen, Leben kennzeichnenden Abläufe, erfüllen.

Ich nehme an, dass zunächst eine Art kritische molekulare Anhäufung Voraussetzung war, denn sonst kann die weiter unten beschriebene stochastische Abfolge nicht wirken:

Was die Zelle vor allem kennzeichnet, ist folgender Zusammenhang, den ich im Abschnitt "Biochemische Reaktionen" nochmals wiederholen werde: Eine wohl sehr zutreffende Vorstellung vom Zellgeschehen gibt uns der Vergleich von zwei elementaren Codierungsanweisungen in völlig verschiedenen Bereichen, die ich in dem Buch von Georg Dyson auf Seite 403 (Dyson, 2016, S. 404) gefunden habe: *In einem Digitalrechner, einem unbestritten anorganischen Bereich, liegen die Anweisungen in Befehlsform (Adressen) vor. Jede Adresse gibt exakt einen Speicherort an, der sich deuten lässt als: "TUE DAS mit dem, was du HIER findest und bringe das Ergebnis DORTHIN". Es muss also exakt formulierte Anweisungen geben.*

In der Biologie einer Zelle lautet das: "TU DAS mit der nächsten Kopie von DIESEM, die dir begegnet". Es gibt also keine numerischen Adressen, die einem physischen Ort zugeordnet wären. Es gibt ausschließlich molekulare Muster, welche die Identifizierung eines größeren, komplexen Moleküls anhand eines seiner kleineren, eindeutig erkennbaren Bestandteile bzw. Strukturkenn ermöglicht. Deshalb bestehen Organismen aus Zellen von mikroskopischer Winzigkeit, denn nur wenn alle Komponenten einander unmittelbar physisch benachbart sind, wird ein

stochastisches, auf Mustern basierendes Adressierungssystem schnell genug arbeiten können. Es gibt keine Adressenregister und keine Uhr. Viele Dinge können gleichzeitig geschehen.

Was kann diese Initialzündung ausgelöst haben? M.E muss sich ein elementarer stofflicher Vorgang, initiiert von einem wachsenden Energiedefizit, zu einem Energie und Komponenten sparenden Kreislaufsystem optimiert haben. Dieser Kreislauf war eine Art energetischer Stabilisator und damit ein evolutionärer Vorteil, da Zellen zukunftsfähig und unabhängiger von zufälligen Ressourcen wurden. Ein Kreislaufsystem entspricht auch den Voraussetzungen für die u.a. "Oszillierende Reaktionen", die bekanntlich eine der Voraussetzungen für Leben sind²⁷⁸. Kreislaufsysteme enthalten nämlich mindestens zwei verschiedene stabile, stationäre Zustände, wie sie z.B. in dem noch zu besprechenden Kohlenstoffkreislauf mit den Fixpunkten Kohlendioxyd, Glukose und Kohlenstoff zu finden sind.

War es die weiter unten beschriebene Glykolyse und ihre Umkehrung, die Glukoneogenese, kombiniert mit einem Vorläufer der Atmung? War es die Möglichkeit, in Porphyrin-Ringsysteme die elektromagnetische Energie der Sonne „anzuzapfen“ und in ATP zu speichern? Damit stand biochemisch nutzbare Energie im Tages-Nacht-Rhythmus an jedem Ort der Erde bereit. Die Abhängigkeit von punktuell verfügbarer vulkanischer oder nuklearer Wärme wurde damit umgangen. Oder war es die enorme Entropie-Erniedrigung, als sich der Metabolismus für eine von zwei Variante von Chiralität entschied, also der biologische Symmetriebruch? Das setzt allerdings voraus, dass zu diesem Zeitpunkt bereits enzymatisch arbeitende, enantiomere metabolische Doppelsysteme existiert haben. Hier liegen für mich Ansatzpunkte der ersten Lebensentfaltung.

Der chemiekundige Leser wird sich bewusstwerden, dass die bisherigen Ausführungen eine gewisse Nähe zu dem Phänomen der "oszillierenden Reaktionen" und damit zu "Dissipativer Struktur" aufweisen. WIKIPEDIA führt dazu aus: Belousov-Zhabotinsky-Reaktion:

Unter einer oszillierenden Reaktion versteht man in der Chemie eine Form des Ablaufs komplexer chemischer Reaktionen, bei denen die Konzentration von Zwischenprodukten und Katalysatoren keinen stationären Zustand einnimmt, sondern periodische Schwankungen aufweist. Es handelt sich dabei um einen Sonderfall dissipativer Strukturen. Unter bestimmten Voraussetzungen kann es auch zu aperiodischen, nicht-monotonen Änderungen kommen – das System verhält sich dann chaotisch.

M.E. sind vor allem heterogene Systeme in ihrem Verhalten an Phasengrenzflächen für oszillierende Reaktionen im Zusammenhang mit der Lebensentwicklung

von Bedeutung. Ein Coacervat oder eine Mikrosphäre sollte den Voraussetzungen eines heterogenen Systems mit Phasengrenzfläche entsprechen.

Kann z.B. der schon vor dem Beginn von Biologie allgegenwärtige Tag und Nacht Rhythmus im Sinn eines oszillierenden Motors gewirkt haben?

Andere Effekte, die eine Oszillation auslösen, könnten auf Oberflächenwirkungen beruhen. Sind chemische Reaktionen an Oberflächen gebunden, kann es zu periodischem Überwuchern dieser aktiven Flächen mit dem Reaktionsprodukt kommen. Die eigentliche Reaktion klingt solange ab, bis eine Konkurrenzreaktion die Oberfläche wieder freireagiert hat. Danach beginnt das Spiel von vorn solange eine Fließgleichgewicht besteht, das allerdings hierdurch, zu welchen Folgen auch immer, stabilisiert wird. Ein erster Schritt?

WIKIPEDIA: "Mit dem Begriff Dissipative Struktur (zerstreuende Struktur) wird das Phänomen sich selbstorganisierender, dynamischer, geordneter Strukturen in nichtlinearen Systemen, fern dem thermodynamischen Gleichgewicht bezeichnet. Dissipative Strukturen bilden sich nur in offenen Nichtgleichgewichtssystemen, die Energie, Materie oder beides mit ihrer Umgebung austauschen. Beim Aufbau geordneter Strukturen nimmt die Entropie lokal ab; diese Entropie-Minderung des Systems muss durch einen entsprechenden Austausch mit der Umgebung ausgeglichen werden".

Die Biologie weist eigentlich durchgehend in ihrer Vielfalt dissipative Elemente auf. Soviel gemeinsames Wesen sollte uns nachdenklich stimmen.

Ich bin mir sicher, dass diese selbstorganisatorischen Zusammenhänge für den Schritt ins Leben von entscheidender Bedeutung waren. Vor allem die Untersuchungen Ilya Prigogine²⁷⁹ sind hier zu beachten. Er fand, "*dass in offenen Systemen, in denen autokatalytische chemische Reaktionen ablaufen, in der Nähe des thermodynamischen Gleichgewichts zunächst Inhomogenitäten auftreten. Beim Erreichen eines Übergangspunkts, fern vom Gleichgewicht, kann das System Symmetriebrüche zeigen, indem es zur Ausbildung geordneter Dissipativer Strukturen kommt*".

Das klingt soweit alles recht plausibel, aber eben nur plausibel. Wenn Sie aber eine Arbeit über den Stand der Wissenschaften zum Phänomen "Zelle" in die Hand nehmen, z.B. das außerordentlich empfehlenswerte Buch „*Wie wir leben und warum wir sterben*“ von Lewis Wolpert, werden sie sehr bald sehr, sehr ernüchtert sein, ob meiner oben diskutierten, platten Plausibilitäten. Sie brauchen sich nur einmal die Passage über Zellteilung, die Mitose, ab Seite 34 anzuschauen. (Mitose und Meiose, 2.4.11.1 und 2.4.11.2, dürften evolutionsbiologische vor etwa 1,5 Milliarden Jahren entstanden sein. Das sind nur 1,5 Milliarden

Jahre Entwicklungszeit! Mir erscheint das kurz). Für meine Person kann ich nur sagen: Ich werde immer ratloser angesichts dieser unglaublichen Perfektion in aller kleinsten Detailbereichen, der raffinierten Eigenkontrolle und der unbeirr- baren Nachhaltigkeit, mit der Zellen ihre Programme abspulen. Und vor allem wirkt eine perfekte Logistik in jeder einzelnen Zelle. Wachstum, Synthese neuer Moleküle für den gesamten Zellapparat, die dazu notwendige Energiegewinnung und Anpassung an evolutionäre Herausforderungen für alle die Billionen Zellen, aus denen wir bestehen, laufen unbeirrt nebeneinander ab.

So ist es z.B. absolut verblüffend, dass ein Bakterium, ein Einzeller bzw. Proka- ryot, innerhalb von ca. 30 Minuten eine perfekte Kopie seiner selbst mit allem chemischen Komponenten wie sie genetisch vorgegeben sind, anfertigen kann: Mitose. (Sullivan, 1969, S. 51)

Man kann gegen diese Skepsis zu Recht einwenden, dass es genügend paläontolo- gische Funde gibt, die die heute in der Biologie allgegenwärtige Komplexität ein- deutig als einen kontinuierlichen, selbststeuernden Optimierungsprozess erken- nen lassen.

Es liegen zwar gewaltige evolutionäre Entwicklungen zwischen den Einzellern und der heutigen Flora und Fauna, die einem selbstorganisatorisch fast nicht erklärbar erscheinen. Trotzdem wurde wissenschaftlich nachvollziehbar und unstrittig diese Barriere überschritten. Ganz offensichtlich ist diese Selbstgestaltung immer noch am Werk und muss von uns als systemimmanent akzeptiert und verstanden wer- den.

Der Start im Archaikum vor etwa 4 Milliarden Jahren, beginnend mit einzelligem Leben (Bakterien, Archaeen, Prokaryoten), über vielzellige Tiere (z.B. Schwämme und Hohltiere, Eukaryoten) vor 2,5 Milliarden Jahren im Proterozoikum, hin zu Burgess-Fauna, Wirbeltieren und Kopffüßler vor 542 Millionen Jahren, zu Fischen, Landtieren, Reptilien, ersten Säugetieren, bis hin zu Primaten vor 65 Million Jah- ren, ist belegt, nachvollziehbar und kommt ohne jeden erdachten außerbiologi- schen Ordnungs-Eingriff aus. Es scheint eindeutig das Ergebnis der DNA-Mutation auf die Herausforderung der Fitnesslandschaft zu sein, die einfach genügend Zeit hatten sich immer wieder selektiv anzupassen.

Die große Herausforderung ist und bleibt aber die Klärung des "Biologischen Ur- knalls", also den nach wie vor unbekanntem Impetus aus der Anorganik hinein ins Leben.

Einige Fakten über die „Arbeit moderner Zellen“ zeigen, welcher Unterschied zu den frühen Protobionten im Gegensatz zu der heutigen Zelle, nach 4 Milliar- den Jahren der Zellevolution, besteht. Ich greife dabei um einiges voraus, da wichtige Entwicklungen, wie die Glykolyse, der Zitronensäurezyklus (ZSZ), die At- mung, die Photosynthese und der Übergang von den Prokaryoten zu den Euka- ryoten, erst später besprochen werden.

Die Herausbildung der Glykolyse, des Zitronensäurezyklus, der Atmung und der Photosynthese, sind biochemische Zyklen, die sich nur in Zellen aufbauen

konnten. Außerhalb einer Zelle, in den Weiten von Ozeanen, Seen, Bächen oder Tümpeln, besteht, wie schon gesagt, keine Chance der Hydrolyse, der Verdünnung und den molekularen Fressfeinden bzw. überall lauernden, Kreislauf beendenden Akteuren zu entkommen. Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, bietet erst die Zelle den räumlichen Vorzug und damit die hohe Wahrscheinlichkeit des Aufeinandertreffens geeigneter Reaktionspartnern. Die Möglichkeit zur Generierung komplexer biochemischer Verknüpfungs-Reaktionen und vor allem zur "Überlistung" der Entropie, wird in der Zelle potenziert.

Wir Menschen bestehen, wie bereits erwähnt, aus ca. 20 Billion Körperzellen, die sich in ungefähr 250 verschiedene Gewebearten einbringen. Versorgt und entsorgt werden alle Zellen in unserem Körper, über die Blutgefäße, die sich, um dieser Aufgabe in diesen Mikrobereichen gerecht zu werden, in ca. 40 Milliarden Kapillaren aufteilen.

In der Zelle herrscht ein irrsinniges Gedränge von Molekülen, vorwiegend Proteinen, die auf diesem kleinsten Raum zusammengedrängt, enorme Reaktionsmöglichkeiten in einer wässrigen Matrix haben. Wie o.a. sind z.B. in einer einzigen Leberzelle etwa 50 000 Millionen (Sullivan, 1969, S. 64 Ich gestehe, dass mir die Zahlen fast unglaublich vorkommen) Eiweißmoleküle enthalten. Alle Komponenten sind von Hydrathüllen umgeben. Abgesehen von hochorganisierten, informationstragenden Proteinen, die sich, entstanden aus etwa 20 verschiedenen α -L-Aminosäuren, zu hochspezifischen Katalysatoren, den Enzymen zusammenfügen, gibt es z.B. Kohlehydrate, Fette und Nukleinsäuren u.v.a.m. In Sekunden ergibt sich die Chance zu millionenfachem, komplexem Kontakt, und bei geeigneter Passung, zu einer Reaktion. S.o. die Ausführungen aus Dysons (Dyson, 2016, S. 404).

Ich bin davon überzeugt, dass eine lebende Zelle ein technisch nie verwirklichtbares Phänomen darstellt. Die unglaubliche Komplexität, die thermodynamische Herausforderung des Steady States, die Differenziertheit, um nur einige zu nennen, können nur in diesem über Jahrmilliarden erreichte evolutionäre Produkt verwirklicht werden. Lediglich die Temperatursensibilität mag eine Schwachstelle sein.

2.4.4 Steuerung (RNA, DNA, Proteine)

Stichpunkte: Der genetische Code der DNA wird transformiert in messenger-RNA und transfer-RNA. Transfer-RNA bewirkt die Peptid-Synthese aus den 20 natürlichen α -L-Aminosäuren in den Ribosomen der Zelle. Die Aminosäure-Reihenfolge wird von Nukleotid-Triplett-Condons der DNA geregelt. Die Entstehung von Trägern des Genetischen Codes bleibt im Dunkeln.

Wurden bisher vorwiegend die chemischen Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff für die Struktur- und Energieträgermoleküle diskutiert, gewinnt nun das Element Phosphor entscheidenden Anteil, allerdings mengenmäßig von untergeordneter Bedeutung.

Alle im Folgenden beschriebenen Phänomene spielen sich auf einem energetisch gesehen sehr niedrigen biochemischen Niveau der molekularen Wechselwirkungen ab.

Eine ungeheure Vielzahl von Verknüpfungen dieser 5 Elemente ist denkbar, nur einen Bruchteil davon nutzt die Evolution, letztlich entsprechend den Gesetzen der Quantenmechanik. Die erstaunlichsten Moleküle sind in diesem Zusammenhang Nukleinsäuren, wie die Erbsubstanz DNA (Desoxyribonukleinsäure, auch als DNS gekennzeichnet). In eukaryotischen Zellen ist im Gegensatz zu prokaryotischen Zellen ein Zellkern enthalten, der z.B. beim Menschen, komprimiert in 2 x 23 Chromosomen (diploid, $2n$), die menschliche DNA enthält. Das ist auch überwiegend für Organellen von höheren Pflanzen und Tieren der Fall.

Unabhängig davon findet sich in den Mitochondrien der meisten Zellen, außerhalb des Zellkerns weitere DNA (mtDNA), die vor ca. 2,5 Milliarden Jahren von Cyanobakterien übernommen wurde (Meyer, 2015, S. 104). Mitochondrien werden nur von der weiblichen Eizelle, neben DNA, Zellwasser und Zellorganellen in der Zygote bereitgestellt.

Abgespult nähme der DNA-Strang, das Genom jeder einzelnen Zelle eines Menschen, etwa 2 m Länge ein. Dieses Genom ist der Träger von ca. 26 000 Genen: „Baupläne“ für Proteine oder Moleküle, die bei der Proteinsynthese oder u.a. in der Regulation des Stoffwechsels einer Zelle beteiligt sind. Dieser DNA-Strang, setzt sich aus etwa 3,2 Milliarden Bausteinen (Basen) zusammen (Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin). Das ist die haploide ($1n$) Sichtweise; real, diploid ($2n$), sind es also ca. 6,4 Milliarden Basen. Die DNA aller Zellen eines Menschen zusammen ergäbe eine Länge von größenordnungsmäßig etwa 100 Milliarden Kilometer (genauere Berechnung: s.u. Nukleinsäuren).

Entsprechend riesig ist die Speicherkapazität der DNA:

WIKIPEDIA: Sie konnte bisher nicht biochemisch nachgebildet werden. 1 Gramm getrockneter DNA enthält den Informationsgehalt von 1 Billion Compact Discs (CD). Mit der Informationsdichte in einem Teelöffel getrockneter DNA könnte die aktuelle Weltbevölkerung etwa 350 Mal nachgebaut werden.

Die Aufgabe der DNA ist es u.a. die Zellteilung, das Wachstum, die Steuerung jeder Zelle im Organismus, deren volle Entfaltung, den Erhalt des Lebens und letztlich dessen Ende permanent zu lenken. Ein geringer Anteil steuert in jeder Zelle die Synthese von Proteinen, Enzymen (Katalysatoren bzw. Wirksubstanzen des Stoffwechsels und Energiehaushalts), von Speicher- und Struktursubstanzen

u.v.a.m. direkt oder indirekt, zeit- und ortsgerecht. Und, sie ist als einziges Molekül in der Lage, von sich selbst eine Kopie zu erstellen um, im Sinn einer Staffelholzübergabe, nachhaltig die Zukunft des Lebens zu sichern. Durch diese Weiterreichung von Steuersubstanz ist jedes neue Leben kein völliger Neuanfang. Vielmehr erfolgt die Übergabe und Fortführung eines Konzeptes, das äonenlang erprobt ist und das sich ständig anpassen muss, da es den Umweltherausforderungen im Fitnesskontinuum nicht ausweichen kann.

Allerdings entfallen nur ca. 2 % des Genoms auf den Proteinaufbau - man sagt: codieren ihn. Es sind das sogenannte Exons (Basen-Triplets), im Gegensatz zu den ca. 26 % der nichtcodierenden Introns und dem Rest von 72 %, (zusammen also 98 % non-coding DNA) dessen Funktionen noch nicht geklärt sind. Introns scheinen eine Art *Grammatik* zu enthalten. Der besagte Rest scheint die Funktion von Gen-Schaltern zu übernehmen und umfasst weitere geschätzte 8 bis 40 Prozent des Genoms (Meyer, 2015, S. 111).

2 %	Exons	Codierende DNA
26 %	Introns	nicht codierende DNA
8-40 %	u.a. Gen-Schalter	nicht codierende DNA

WIKIPEDIA: Als Exon wird der Teil eines eukaryotischen Gens bezeichnet, der nach dem Spleißen (Splicing) erhalten bleibt. Demgegenüber stehen die Introns, die beim Spleißen herausgeschnitten und abgebaut werden. Das typische humane Gen enthält durchschnittlich acht Exons mit einer mittleren Länge der internen Exons von 145 Nukleotiden. Introns sind im Durchschnitt mehr als 10-mal so lang, in einigen Fällen sind sie sogar noch wesentlich länger... Die zunächst in der Transkription gebildete prä-mRNA enthält noch Introns und Exons. Durch das Splicing werden die Introns entfernt und die angrenzenden Exons miteinander zur fertigen mRNA verknüpft....

Nichtcodierende DNA ist vor allem charakteristisch für Eukaryoten, bei denen sie den größten Teil des Genoms ausmacht, während ihr Anteil bei prokaryotischen Genomen nur 5-20 % beträgt. In der menschlichen DNA werden zurzeit etwa 95 % der Nukleotide als nichtcodierende DNA betrachtet, das heißt, maximal 5 % der Nukleotide, aus denen die DNA besteht, codieren Erbinformation für Proteine.

Heute hat die Gen-Forschung herausgefunden, dass es sich bei dem oft abwertend als bezeichnet DNA-Schrott der nicht codierenden DNA, größtenteils um unverzichtbare Schalter handelt, die Gene an- und ausschalten kann. (Reno, 2018 , S. 30).

Wie erfolgt diese Anpassung? Es leuchtet ein, dass ein starres, nicht anpassungsfähiges Steuerungssystem früher oder später an den sich permanent ändernden Umweltbedingungen scheitern wird. Ein nachhaltiges System muss daher dem Lebewesen die Chance bieten, auf bedrohliche Entwicklungen mit Umgehung antworten zu können. Es sind das in erster Linie Mutation und Selektion (s.o. Evolution), ausgelöst durch molekulare Veränderungen in Nukleinsäure-Helices, also der DNA. Diese Veränderungen zeigen sich auf molekularer Ebene im sich herausbildenden Genotyp, der dann sozusagen makroskopisch im Phänotyp in Erscheinung tritt.

2.4.5 Mutation, Selektion und Variation

Stichpunkte: Im Wesentlichen sind es diese drei biologischen Aktivitäten, die den evolutionär bestimmten Gang des Lebens antreiben.

Es sei nochmals angemerkt, dass sich meine Ausführungen zu dem ganzen Thema nur an der wissenschaftlichen Oberfläche bewegen. Es gibt ganze Bibliotheken, die den aktuellen Wissenstand beschreiben und die ständig erweitert werden.

(S.a.: 2.4.11.6 Evolution)

Die durch Charles Darwin (s.o.) gefundenen elementaren evolutionären Impulse der Variation und Selektion sowie der um 1901 von H. de Vries²⁸⁰ eingeführt Begriff der Mutation, können weitgehend beschreiben, wie sich die Organismen in der Biologie in den letzten 3-4 Milliarden Jahren hin zu uns Hominiden entwickelt haben. Ist damit in irgendeiner Weise ein krönender Endzustand erreicht, wie es halbwissend und vermessen anthrochauvinistisch, vor allem aber durchgehend von allen Religionen propagiert wird? Nach meiner Ansicht ist das nicht der Fall. Selbstkritisch und ohne larmoyantes Gehabe müssen wir erkennen, dass Evolution nahtlos auch ohne uns Menschen ablaufen würde, solange es Leben in irgendeiner Form gibt. Wohin weiß niemand, da die kommenden Ereignisse allenfalls auf kosmologischer Ebene in groben Zügen erahnbar sind. Im Übrigen gewährt diese chaotisch dominierte materielle Bühne prinzipiell keinen seherischen Zugang.

Die elementare Zukunfts-Frage heißt also: "Was hält die Evolution an Zukunft für das Leben parat?" Der Tod eines Einzelwesens ist letztlich unbedeutend; nicht aber das Aussterben einer Population. Es geht dabei grundsätzlich um die nachhaltige Reproduktion von zellulärem Leben, in ungeschlechtlicher, aber auch in geschlechtlicher Weise, die den zukunftsfähigen Fortbestand der Populationen in der Fitnesslandschaft, der sie ausgeliefert sind, ermöglicht.

Betrachten wir daher kurz folgende treibenden Elemente.

Mutation

Durch zufällige Änderungen in der Basenfolge (s.u.) der DNA kann sich die Zelle und der gesamte Organismus den Herausforderungen der wechselnden Umwelt-Zukunft durch Mutations-Selektionsangebote anpassen. DNA ist in diesem Sinn eine Art ständig aktualisierte Betriebsanweisung der Evolution. Rückblickend erkennt man in ihr den Zukunftsgaranten, der sich aufgrund erfolgreicher Aktivität bei der Überlebensstrategie von und in Populationen als absolut und unglaublich funktional erweist.

Diese phänomenologische Sicht der Dinge lässt sich auf molekularbiologischer Basis durch folgende zufällige Änderungen in der Basenfolge auf der Ebene der DNA-Struktur erklären:

- Punktmutation:

Es kommt zum Austausch einer einzelnen Base der DNA

- Deletion:

Verlust von einzelnen Basen bis hin zu großen Bereichen des Gens. Ganze Gene können unwirksam werden

- Triplett-Expansion:

Vervielfachung einer Sequenz von drei DNA-Basen

- CNV (copy number variation):

Ganze Gene oder größere Genomabschnitte sind vervielfacht

Einer von vielen Faktoren, der o.a. DNA-Variationen hervorrufen kann, ist z.B. die ionisierende Wirkung von Radioaktivität. Werden aus den Bausteinen des DNA-Moleküls, den Nukleotiden, Elektronen durch ionisierende Strahlung herausgeschlagen, kann das zu Ionen- bzw. Radikalbildung führen. Damit werden Folgereaktionen ausgelöst, die sich in Veränderungen der Erbinformation auf molekularer DNA-Ebene auswirken: Veränderung der Basenfolge. Wenn jetzt die internen DNA-Reparaturmechanismen nicht greifen, ist eine Beeinflussung der Nukleotid-Botschaft das Resultat. Sie bewirkt, dass die Proteinsynthese der Zelle beeinflusst wird, was sich letztlich auf den Phänotyp auswirken kann. Durch Mutationen können Körperzellen (somatische Mutationen) als auch Keimzellen (generative Mutation) betroffen sein. Im zweiten Fall kann die Mutation bei der nächsten Zellteilung an die Tochterzellen, in Form einer Keimbahnmutation

(Meiose, vererblich) oder einer somatischen Mutation (Mitose, nicht vererblich) weitergegeben werden.

Offensichtlich hat sich die Evolution u.a. mit der schon immer ubiquitären Radioaktivität arrangiert. Wenn zwar die vor 3-4 Milliarden Jahren noch wesentlich wirksamere natürliche Radioaktivität heute keine so große Rolle mehr spielt, ist sie z.B. über das in der Umwelt und damit der Biologie allgegenwärtige Element Kalium immer noch gegeben. Kalium besteht zu 0,012 % aus dem radioaktiven Isotop ^{40}K und hat eine spezifische Aktivität von 31.200 Becquerel pro Kilogramm. Fast 10 % der natürlichen radioaktiven Belastung eines deutschen Bundesbürgers werden durch körpereigenes Kalium verursacht (0,17 mSv/a bis zu 2,1 mSv/a, Dimension: 1 Sv = 1 J/kg). Damit ist auch weiterhin einer von vielen natürlichen Mutationsmotoren aktiv, der sich in den meisten tierischen Organismen mit einem Kalium-Gehalt von 3,5 – 5 mmol/l im Blutserum findet. Werte darunter werden kritisch eingestuft.

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass eine strahlungsinduzierte Mutation mathematisch-statistisch gesehen, ein objektives Zufallsergebnis ist. Davon zu unterscheiden sind subjektive Zufälle (s.a.: 1.2.6). Im Sinne einer klassisch determinierten Physik, die annimmt, dass Wirkungszusammenhänge in subjektiven Zufällen nur deshalb nicht erkennbar sind, weil uns verborgene Parameter nicht zugänglich sind, also im Prinzip alles durch Ursache und Wirkung erfassbar ist, gibt es für den objektiven Zufall keine deterministisch beschreibbare Ursache. Es handelt sich um einen quantenmechanischen Effekt, der sich durch Unbestimmtheit unserem Zugang der Zeit- und Orterfassung entzieht. Es besteht kein kausaler Ursache-Wirkungs-Mechanismus bzw. es ist kein Grund verborgen. Siehe (Camejo, 2006, S. 90)

Mutationen bzw. Reproduktionsfehler in der DNA treten rein statistisch mit endlicher Wahrscheinlichkeit auf (s.u.: Allele). Gerade in großen Populationen, z.B. Bakterienpopulationen, sind Mutationen permanent gegeben. Niemand vermag vorauszusagen, wann und wo im Informationscode der DNA eine Mutation eintritt. Diese kann sich wiegesagt in einer veränderten Folge der Aminosäuren von Proteinen und damit u.U. in der Morphologie bzw. dem Phänotyp des biologischen Wesens zeigen. Mutationen stehen einem sich unvorhersehbar veränderlichen biologischen, meteorologischen, geographischen und kosmischen Ereignis-Umfeld gegenüber, letztlich dem Chaos, das ihnen als zu bewältigende Fitnesslandschaft vorgegeben ist. Ist die Population erfolgreich im Überleben, d.h. in der Vermehrungsrate, hat sich die Mutation bewährt - bis zur nächsten Herausforderung. Denken Sie z.B. an das Entstehen von Antibiotika-Resistenz.

WIKIPEDIA:

Mutationen in einem bestimmten Gen können Veränderungen im Aufbau des entsprechenden Proteins verursachen, woraus sich folgende mögliche Auswirkungen auf die Funktion ergeben:

Die Mutation bewirkt einen Verlust (Veränderung Anm.d.V) in der Proteinfunktion; solche Fehler mit teils vollständigem Wegfall (Veränderung Anm.d.V) der Proteinaktivität liegen vielen erblichen Krankheiten zugrunde.

- *Die Mutation bewirkt bei einem Enzym die Erhöhung der Enzymaktivität. Dies kann vorteilhafte Wirkung haben oder ebenfalls zu einer Erbkrankheit führen.*
- *Trotz der Mutation bleibt die Funktion des Proteins erhalten. Dies wird als stille Mutation bezeichnet.*
- *Die Mutation bewirkt eine funktionelle Veränderung, die vorteilhaft für die Zelle, das Organ oder den Organismus ist. Ein Beispiel wäre ein Transmembranprotein, das vor der Mutation nur in der Lage ist, den stoffwechselbaren Metaboliten A aufzunehmen, während nach der Mutation auch der Metabolit B regulierbar aufgenommen werden kann und sich dadurch z. B. die Nahrungsmittelvielfalt erhöht.*

Allele:

Wie bereits angesprochen entstehen durch Mutation Allele. Das sind verschiedene Ausprägungen eines Gens, die zu verschiedenen Erscheinungen des Phänotyps führen können. Einfache Beispiele sind die Haarfarben oder Blütenfarben. Das Gen agiert als grundsätzlicher Plan, was an Protein in der Zelle hergestellt werden soll; hier z.B. Haar oder Blütenblätter. Von diesem Gen kann es nun verschiedene Varianten - Allele - geben, die die Art der Ausführung, in diesem Fall die Farbe, bestimmen.

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/allel/2168>Allele sind Zustandsformen von Genen (Gen), die durch Mutation ineinander übergeführt werden können, z. B. Wildtyp-Allele und mutierte Allele eines Gens. Verschiedene Allele eines Gens sind vergleichbar mit verschiedenen (durch Mutation, also letztlich Änderung der Nukleotidsequenz von DNA) fixierten Schalterstellungen. Bei diploiden Organismen (Diploidie) liegen alle Chromosomen (außer den Geschlechtschromosomen) in zweifacher Ausführung vor (homologe Chromosomen). Auf identischen Abschnitten homologer Chromosomen liegen definitionsgemäß immer die gleichen Gene, die entweder als identische Allele vorliegen (Homozygotie) oder durch verschiedene Allele vertreten sind (Heterozygotie). Auf molekularer Ebene ist prinzipiell jede Veränderung der Nukleotidsequenz eines Gens gleichbedeutend mit der Bildung eines neuen Allels. Nach dieser molekularen Definition ist für jedes Gen eine enorme Vielzahl von Allelen möglich – man spricht von multipler Allelie. Die phänotypisch beobachtbare Vielzahl, die man häufig bei multipler Allelie beobachtet, liegt jedoch weit darunter (bis zu 50 Allele werden für einzelne Gene gefunden). Die Ursache dieser Diskrepanz liegt darin, dass viele

molekular definierte Allele (Einzelaustausch, Deletionen, Insertionen von Basen eines Gens) zum gleichen Phänotyp des betreffenden Gens, besonders häufig zum Ausfall der betreffenden Genfunktion, führen. Ein Beispiel multipler Allelie ist das ABO-System mit den drei Allelen i^A , i^B und i^0 , deren unterschiedliche Kombination im diploiden Organismus mit unterschiedlichen Dominanz-Rezessivitäts- (Dominanz) und Codominanz-Beziehungen (Codominanz) zur Ausprägung von vier verschiedenen Blutgruppen führt. Je nach der bestimmten Allelfrequenz (Allel Häufigkeit) werden Allele auch als seltene Allele bzw. als Allele bezeichnet. Genkonversion, Mendelsche Regeln (Farbtafel), Vererbung.

Selektion

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/selektion/60907>: ... natürliche Selektion, natürliche Auslese, natürliche Zuchtwahl, ein von den Merkmalsausprägungen (Phänotyp) der Individuen abhängiger Vorgang. Individuen einer Art mit unterschiedlichen Phänotypen konkurrieren miteinander um ökologische Ressourcen sowie Geschlechtspartner und haben daher einen unterschiedlichen Fortpflanzungserfolg (Fitness). Den Prozess, der zu diesem relativen Erfolg führt, nennt man Selektion

WIKIPEDIA: "Selektion ist ein grundlegender Begriff der Evolutionstheorie. Sie besteht

- als natürliche Selektion in der Reduzierung des Fortpflanzungserfolgs bestimmter Individuen einer Population mit der Folge, dass andere Individuen, die im Rückblick als „überlebenstüchtiger“ erkennbar sind, sich stärker vermehren. Die entscheidenden Einflüsse üben äußere Faktoren der Umwelt, sog. Selektionsfaktoren, aus. Entscheidend ist, dass die Erbanlagen von Individuen nicht mit der gleichen Wahrscheinlichkeit weitergegeben werden.
- als sexuelle Selektion in der Auswahl von Individuen durch die Sexualpartner. Entscheidend ist, dass Erbanlagen derjenigen Merkmale weitergegeben werden, die von den Sexualpartnern bevorzugt werden.
- als künstliche Selektion in einer vom Menschen gesteuerten Zuchtwahl. Sie steigert den Fortpflanzungserfolg jener Individuen, die die vom Züchter geförderten Eigenschaften besitzen.

Variation

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/variation/12398>

In o.a. Link definiert Spektrum Variation ...als die Mannigfaltigkeit unterschiedlicher Ausbildungen eines Merkmals bei einer Art. V. ist das Ergebnis

der Variabilität der einzelnen Eigenschaften, die sich im Phänotyp manifestieren. Ein Individuum zeigt jeweils als Variante eine bestimmte Eigenschaftsausprägung in der Variation aller Eigenschaftsausprägungen der Art. Die Variationsbreite gibt das Ausmaß der Variabilität einer Eigenschaft an. Wie bei der Variabilität kann man unterscheiden:

a) modifikatorisch, d.h. durch Außeneinflüsse bedingte V. (Modifikation). Als modifizierende Außeneinflüsse wirken dabei besonders Ernährungsbedingungen, Temperatur, Licht, Tageslänge (Foto-Morphose, Gestaltbildung durch Licht, Anm.d.V.) Morphosen). Solche Variationen sind häufig kontinuierlich;

b) genetisch bedingte V., die auf Erbunterschieden beruht. Sie kann kontinuierlich und diskontinuierlich sein;

c) ontogenetische V., die vorliegt, wenn unterschiedliche Merkmalsausprägungen zu verschiedenen Zeiten der Individualentwicklung (Ontogenese) auftreten.

Vielleicht etwas leichter verständlich:

Dickerson/Geis erklären: „Die Reproduktion ist bei allen Lebewesen niemals perfekt. Bei den Nachkommen zeigen sich Variationen, die ihnen erlauben unterschiedlich mit der Herausforderung einer bestimmten Umgebung fertig zu werden. Die Umgebung übt eine selektive Kraft auf die Population der Nachkommen aus: Die am besten Angepassten überleben am zahlreichsten und produzieren neue Nachkommen. Die Merkmale, die in einer bestimmten Umgebung das Überleben erleichtern, werden also erhalten. Während sich die Anpassung an eine bestimmte Umgebung verbessert und sich die Umgebung allmählich auf dem Planeten ändert, ändern sich auch die Organismen, passen sich an und entwickeln sich“. (Dickerson/Geis, 1983, S. 629)

2.4.6 Regression zur Mitte

Da, wie bereits ausgeführt, zwischen Mutation und Selektion stochastisch beschreibbare Zusammenhänge (s.a.: 1.2.6 Zufall) bestehen, bietet es sich gemäß den folgenden Überlegungen an, den Begriff Regression²⁸¹ einzubeziehen.

Auf molekularbiologischer Ebene besteht wie gesagt folgendes Zufalls-Prinzip: WIKIPEDIA: "Durch geringfügige Variationen in der Basensequenz der DNA entstehen verschiedene Ausprägungsformen – Allele - von Genen als mögliche Zustandsformen eines Gens".

Es sind zufällige Effekte, die zu geringfügigen DNA-Variationen, verursacht durch was auch immer, führen. Sie sind wie gesagt der Motor für Mutationen auf rein objektiver Zufallsbasis, wobei folgende mechanistische Zusammenhänge bestehen:

Gene (DNA-Segmente) steuern und reproduzieren ständig u.a. den Aufbau von Proteinen aus α -Aminosäuren in jeder Zelle. Änderungen in der Folge der

Aminosäuren im Protein ändern dessen Ausformung (z.B. Faltung aber auch Wirksamkeit) und damit die Aktivität des Proteins. Diese Protein-Enzyme sind intrazellulär von höchster Bedeutung, entfalten aber auch extrazellulär ihre spezielle Wirkung (z.B. Insulin-Bildung). Im Gefolge ändert sich auch das Wirkungsspektrum des produzierten Enzyms, das ja aus Proteinen besteht. Enzyme katalysieren in der Zelle komplexe biochemische Metabolismen für die Zelle selbst aber auch für ihre Umgebung. Veränderungen im Aufbau der Enzyme können daher makroskopische Folgen für die Zelle bzw. ganze Zellsysteme (Gewebearbeiten) nach sich ziehen.

Was haben diese Folgen mit Progression zu tun?

Definition:

Mit Progression wird in der Regel ein komplizierter werdender Aufbau, mit Regression dagegen eine strukturelle Vereinfachung bis zur vollständigen Reduktion bezeichnet.

Beide Effekte treten an einem Gesamtorganismus oft parallel auf, eine eindeutige Zuordnung zu einer bestimmten Reihe ist oft schwierig, denn Progressions- und Regressionsreihen können eine Spezialisierung und damit eine höhere Leistungsfähigkeit beschreiben.

Durch Progressionsreihen entsteht oft der irreführende Eindruck, Evolution verlaufe in Stufen. Dies ist jedoch der vereinfachten Darstellung geschuldet. Die Begriffe Progressionsreihe und Regressionsreihe bezeichnen in der vergleichenden Morphologie eine veranschaulichende Darstellung der evolutionären Entwicklung von Organen bzw. Organsystemen, die sich homolog entwickelt haben.

Da Progressions- und Regressionsreihen eine veranschaulichende Darstellung von Evolution sind, ist es im Einzelfall oft nicht so, dass die gezeigten Lebewesen auch tatsächlich genetisch voneinander abstammen. Sie repräsentieren aber modellhaft Entwicklungsformen, die man sich in einer zeitlichen und evolutionären Reihenfolge als aufeinanderfolgend vorstellt.

Regression in der unbelebten, anorganischen Natur scheinen mir nicht gegeben zu sein da alle Abläufe allein von dem ständigen Entropiezuwachs hin zum Maximum, zur Gleichschaltung aller Energieberge also zur Einebnung bestimmt sind. Zufall ist allgegenwärtig aber der entropische Zeitpfeil dominiert.

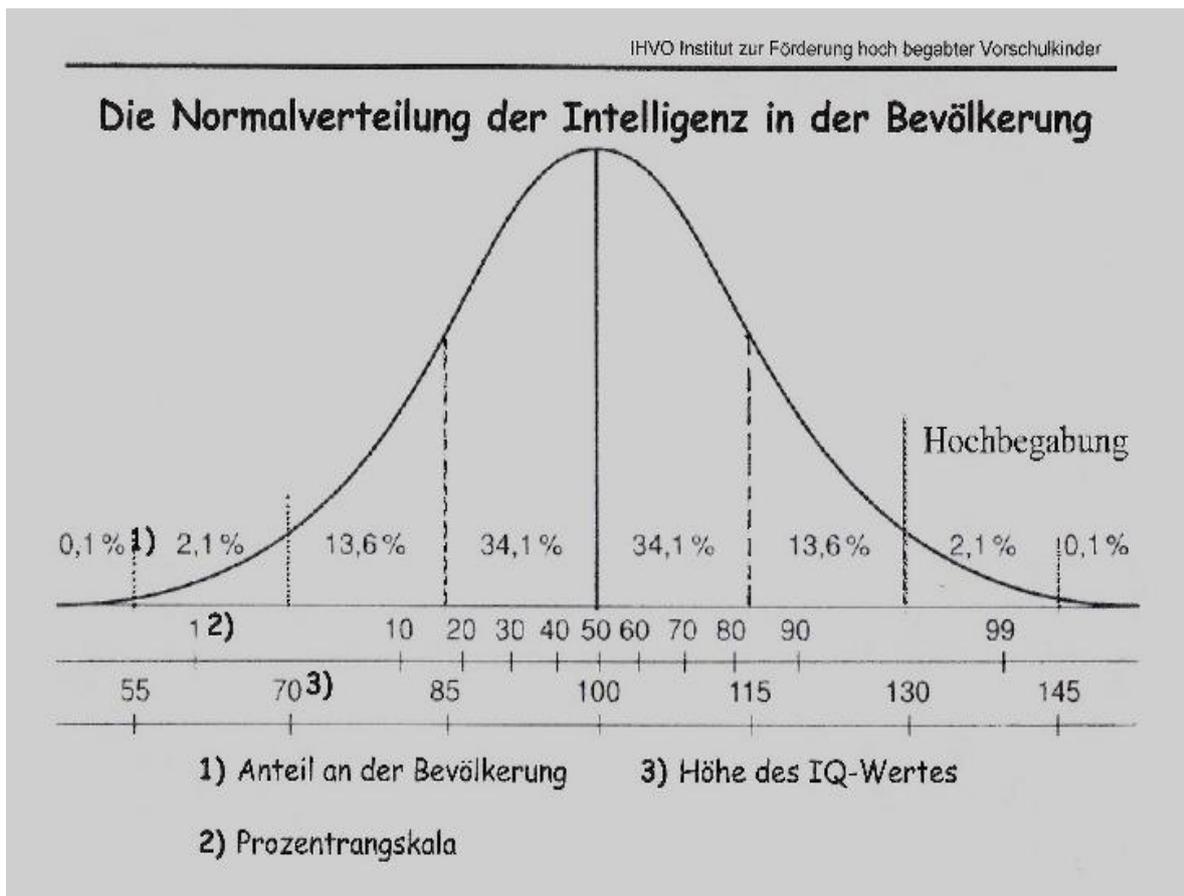
Der Begriff Regression ist m.E. nur auf Lebensentfaltung anwendbar. Die Entropie muss hier unter anderen Voraussetzungen betrachtet werden und nimmt einen unerwarteten Verlauf. Ständige Zunahme von Unordnung ist nicht allein bestimmend. Temporäre und punktuelle Ordnung emergieren. Steady State gibt den Ton an.

So ist z.B. die zelluläre, anabolische Synthese (Anabolismus = Stoffaufbau) unterschiedlicher Blütenfarbstoffe (Anthocyane) als makroskopisch sichtbare Folge dieser Kausalkette erklärbar. Der makroskopisch beobachtbare phänomenologische Farb-Effekt, ist das Ergebnis von zufallsgesteuerten Variationen (Allel) im Mikrokosmos der DNA. Leben ist ständig von solchen Vorgängen begleitet. So sind alle ca. 26 000 Gene unserer DNA ständig diesen Zufällen in jeder Zelle unterworfen sind. Die meisten Variationen sind marginal bzw. nicht so leicht beobachtbar wie Blütenfarben oder wie das unten beschriebene Experiment von Galton.

Warum kommt es dann im Allgemeinen, im Sinne einer Progression, nicht zu ständig fortschreitender Veränderung, der durch die Gene gesteuerten Lebensentfaltung in nur einer Richtung; also z.B. immer höherer oder immer kleinerer Wuchs, zu immer aktiveren oder trägeren Hirnzellen, zu immer mehr oder weniger Gliedmaßen usw.?

Nun, das geschieht ja bekanntlich auch, aber innerhalb einer Normalverteilung (eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung, Gaußsche Glockenkurve, s.u.), und weit weg vom deren Maximum. Ab und zu entwickeln sich ein Basketballriese oder ein Zwergwüchsiger, ein Max Planck oder ein Pol Pot, Menschen mit sechs Fingern oder fehlenden Gliedmaßen usw.

Ein Beispiel aus WIKIPEDIA



In der Normalverteilung dominiert als Maximum die morphologische Version, die dem Umfeld am besten angepasst ist. Inwieweit uralte Progressionen tatsächlich in dieses Maximum geführt haben, vermag ich nicht zu beurteilen. Die Ausnahmen finden sich am Rand der Wahrscheinlichkeitsverteilung, sozusagen rechts und links in der Gaußkurve. Allerdings kann unsere irdisch orientierte Faktensammlung nur für relativ kleine Zeiträume (einige Millionen Jahre) Fakten liefern und ist damit wenig aussagekräftig. Es scheint, wie im Folgenden ursprünglich durch den britischen Biologen Galton beschrieben, ein Trend zu bestehen, der in irgendeiner Weise langfristig und auf ganze Populationen bzw. Datenblöcke bezogen auf einen Mittelwert, einen Durchschnitt zustrebt. Die Randerscheinungen von Populationsverirrungen und Daten-Ausreißern, werden längerfristig immer wieder eingeebnet: Regression ist angesagt, d.h. eine strukturelle Vereinfachung bis zur vollständigen Reduktion.

Wie können Gene in ihrer phänomenologischen Entfaltung einen Mittelwert verwirklichen? M.E durch Selbstorganisation bzw. „learning bei doing“. Nach den ca. 3 Milliarden Entwicklungsjahren, die die DNA lernend, im Sinne von alles oder nichts, erfolgreich überstanden hat, ist dieses stabile Informationsmolekül der Repräsentant der uns bekannten Normalverteilung mit einem definierten

Mittelwert als Maximum. Maximum deshalb, weil unvermeidliche Reproduktionsfehler für Ausreißer sorgen. Nur was in der Fitnesslandschaft funktioniert überlebt. M.E. repräsentiert die rezente DNA also das aktuell überlebensgarantierende Fitness-Optimum für die meisten biologischen Wesen.

Die elementare Frage ist aber: Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass mit einem Informationsträger, denn das ist die DNA schließlich, morphologische Fitness-Optima reproduzieren werden können? Es geht also um die Genauigkeit der Programm-Validierung. Zufällige Ausreißer nach beiden Seiten sind statistisch unvermeidlich und repräsentieren sich, wie beschrieben, in der Normalverteilung. Nur langfristig und in der Biologie durch den willkürlichen Einfluss von Zucht, kann diese Normalverteilung geändert werden.

In diesem stochastischen Phänomenologie-Umfeld möchte ich nun versuchen den o.a. Begriff der Regression zum Mittelwert einzubeziehen. Ich muss bekennen, dass er mir letztlich nicht so recht zugänglich ist, womit ich sicherlich nicht isoliert stehe. Entscheidend ist wohl, dass man den Zufall als Dirigenten akzeptiert. Das gilt genauso, wenn er z.B. in der Finanzwirtschaft, Sport oder Kommunikation verwendet wird, also nicht biologisch ausgerichtet, wie im u.a. Versuch von Galton²⁸².

Ich bin mir aber nicht sicher, ob Mathematiker mir meine folgenden Mutmaßungen als klares Unverständnis der Problematik um die Ohren hauen werden.

WIKIPEDIA: " *Regression zur Mitte ist ein Begriff der Statistik; er bezeichnet das Phänomen, dass nach einem extrem ausgefallenen Messwert die nachfolgende Messung wieder näher am Durchschnitt liegt, falls der Zufall einen Einfluss auf die Messgröße hat. Dies gilt immer, wenn die beiden Messungen korrelieren, aber nicht zu 100 %*".

Die im Folgenden betrachtete Regressionsvariante geht auf die Forschungen des britischen Wissenschaftlers Francis Galton zurück, der dieses Phänomen erstmals bei einer Präsentation an der *Royal Institution* demonstrierte. Er nannte den Effekt *reversion* (1877) und später *regression toward mediocrity* (1885). Galton verwendete für seine Experimente Duft-Platterbsen (*sweet peas*), da diese nicht zur Selbstbefruchtung neigen (damit kämen nur die eigenen Gene zum Tragen) und ihr Gewicht und ihre Größe nicht von der sie umgebenden Feuchtigkeit abhängen. Er bestätigte, nachdem er tausende von Erbsen gewogen und vermessen hatte, dass Gewicht und Größe normalverteilt waren. Er unterteilte die Erbsen in sieben verschiedene Größenklassen und beobachtete, dass die Nachkommen innerhalb jeder Größenklasse ebenso normalverteilt waren, wie die jedes kompletten Satzes der Elterngeneration. Weiterhin beobachtete er, dass die

Extreme in der Nachkommens-Generation näher zusammen lagen als bei der vorangegangenen Generation.

Was könnte die Ursache dieses Galton-Effektes sein? Welche verborgene Kausalität steckt dahinter, was im Zusammenhang mit Stochastik natürlich eine nicht erlaubte Frage ist, da wir ja von Zufall reden. Auf Anhieb fällt einem das o.a. Wirken des über 3 Milliarden Jahre optimierten DNA-Programms ein, das natürlich auch in jeder dieser o.a. Erbsen-Keimzellen agiert.

M.E. unterliegt die Validierung dieses Programms den gleichen o.a. Zufallseinflüssen auf die DNA, die durch Fremdbefruchtung in diploiden Genen enthalten ist. Eine zufällige Tendenz zu immer extremeren Werten in eine Richtung, wird zufällig von Abweichungen in die Gegenrichtung kompensiert. Zudem erscheint, unabhängig von diesen Zufallsereignissen, z.B. ein ungebremstes Wachstum verschwenderisch, da es mit unnötigem Ressourcen- und Energieverbrauch einhergeht bzw. an Grenzen der Lebensfähigkeit stößt. Eine evolutionäre Progressionsreihe hat ihre natürlichen Grenzen. Beine z.B. müssen tragfähig sein. Ein unkontrolliertes Wachsen (Progression) und ebenso Schrumpfen (Regression), wird m.E. eben durch das milliardenfach optimierte DNA-Programm ausgeschlossen, weil es langfristig die funktionalste Version ist. Mutationen auf reiner Zufallsbasis sind aber nicht vermeidbar und damit sind wir in der Stochastik. Es treten keine ausufernden Extremwerte auf, da Entwicklungen in beide Extremrichtungen gleich, aber auch wenig wahrscheinlich sind. Der Mittelwert, das Fitness-Optimum ist das wahrscheinlichste und vor allem tragfähigste Ergebnis.

Allerdings muss, auf lange Sicht gesehen, wie bereits erwähnt, die Selektion zu neuer Morphologie führen. Ansonsten hätten Züchter keine Chance.

Nun, eben ist das Wort Wahrscheinlichkeit gefallen. Mancher unter Ihnen, lieber Leser, wird sagen: "Nun bin ich einmal gespannt, wann der Autor wieder zu seinem favorisierten Begriff Entropie greift". Sie haben Recht: versuchen wir es einmal: Wir haben festgestellt, dass wahrscheinliche Phänomene auf einem höheren Entropie-Niveau liegen als weniger wahrscheinliche und damit sozusagen besser in den Wärmetod passen. Oder, übertragen auf unser o.a. Problem, die Morphologie-Extreme befinden sich, da sie weniger wahrscheinlich als der Mittelwert sind, auf geringerem Entropie-Niveau.

Laufen z.B. ist wahrscheinlicher als Fliegen und mit weniger Informations- oder Koordinationsaufwand verbunden.

Der Entropie-Ausgleich ist unvermeidlich. Braucht man da noch den formal definierten Mittelwert? Der Mittelwert ist das aktuelle Fitness-Optimum, identisch mit dem wahrscheinlichsten Entropie-Niveau.

Kann z.B. die Ausgewogenheit der 50:50 Verteilung von männlichen und weiblichen Menschen so begründet werden? Wohl nicht, denn das liegt eindeutig an der Verteilung von weiblichen X-Chromosomen der Eizelle und männlichen Y-Chromosomen der Spermazelle, die in der geschlechtlichen Vermehrung das Geschlecht der Folgegeneration festlegen. (s.u. Meiose).

WIKIPEDIA:

Ronald Aylmer Fisher umriss in seinem Buch von 1930 „The Genetical Theory of Natural Selection“ ein Modell, das die üblicherweise auftretende ungefähr-1:1-Geschlechterverteilung erklärt. Fisher postulierte, dass die Geschlechterverteilung genetisch bedingt sei. Als einfaches Beispiel stelle man sich vor, dass es ein relevantes Gen mit zwei möglichen Allelen A und B gibt: Individuen, die das Allel A tragen, haben im Schnitt mehr männliche Nachkommen als weibliche, und Individuen, die das Allel B tragen, haben im Schnitt mehr weibliche Nachkommen als männliche. Wenn nun in der Gesamtbevölkerung beispielsweise weniger männliche Individuen geboren werden als weibliche, dann haben männliche Individuen eine größere Chance sich fortzupflanzen als weibliche. Darum werden dann Individuen, die das Allel A tragen, im Schnitt mehr Enkelkinder haben als Individuen, die das Allel B tragen. Dadurch erhöht sich dann mit der Zeit der Anteil des Allels A in der Bevölkerung. Das Ergebnis ist eine stabile Balance bei einer Geschlechterverteilung von 1:1. Bill Hamilton erklärte einen möglichen Mechanismus für die Theorie 1967 in seiner Veröffentlichung *Extraordinary sex ratios*: Wenn ein Geschlecht weniger häufig geboren wird, sind in monogamen Gesellschaften die Fortpflanzungschancen des selteneren Geschlechts höher. Das wirkt sich in einer höheren Anzahl an Nachkommen aus

Kann man, vergleichbar mit nicht stofflichen Phänomenen z.B. mit Informations-Phänomenen argumentieren? Kleiner und größer, informationsintensiver oder informationsärmer liegen nebeneinander als unterschiedliche Potentialberge vor. Es sieht so aus, als ob eine solche Situation nicht haltbar ist und sich daher ein "Vergleich" ergibt, weil die Entropie einem Maximum zustrebt.

Es wird sicher manchem Leser schwer fallen zu akzeptieren, dass die Entwicklung von Lebewesen nicht einer individuellen Vorbestimmung, einer Lenkung (Entelechie) oder gar gezielten Schöpfung bedarf. Zufall scheint ein zentraler Punkt zu sein. Das gilt natürlich auch für uns Menschen. Und davon soll es bisher, aufsummiert seit Nachweis des homo sapiens, ca. 60 – 70 Milliarden gegeben haben. Der pure objektive Zufall würfelt eine Mutation (Follmann, 1981, S. 149) - und Würfel haben kein Gedächtnis. Vielen Menschen ist diese Betrachtungsweise zu oberflächlich bzw. zu mechanisiert und materialistisch. Sie vermissen holistische Standpunkte und das spirituelle Bindeglied. Zufall ist aber bei unserem aktuellen Wissensstand zumindest ein wissenschaftlicher Ansatz, der frei von spekulativen, subjektiven und esoterischen Komponenten erscheint.

2.4.7 Nukleinsäuren, DNA und RNA

Die DNA, (= DNS):

Gehen wir etwas detaillierter auf das Riesenmolekül DNA, seinen komplizierten Aufbau und seinen Wirkmechanismus ein.

Ich kann nur ganz oberflächlich zu den Prinzipien der genetischen Information durch die DNA Stellung nehmen. Zum einen ist das ein sehr, sehr weites Feld und zum anderen zu komplex und noch in der Erforschung, um von mir, über ein Nacherzählen hinaus, interpretiert werden zu können. Der heutige Wissensstand erhellt u.a. aus vielen Nobelpreisen. Die Grundprinzipien sind in der umfangreichen Populär- und Fachliteratur nachlesbar und im Folgenden nur kurz und ganz plakativ zusammen gefasst (Einen anspruchsvollen Wissenstand finden Sie z.B. bei Axel Meyer (Meyer, 2015) oder (Lehninger. Albert L., 1979))

DNA ist ein in allen Zellen von Lebewesen vorkommender Träger der Erbinformation (Genpool) und liegt als DNA-Doppelstrang ($2n$) zweier komplementärer Ketten aus Monophosphat-Nukleotiden in Form von zwei Nukleinsäuren Strängen ($1n$, n = Anzahl der Nukleotide) vor. Der Informationsgehalt ergibt sich aus der Aufeinanderfolge von Nukleosiden innerhalb der DNA-Nukleinsäurekette, in der die Basen sozusagen die Variablen in dieser ansonsten völlig gleichförmigen Zucker-Phosphat Kette bilden. Bei Eukaryoten befindet sich die DNA im Innern des Zellkerns, wie aus u.a. Bild hervorgeht. Im Zusammenhang mit der Entstehung des genetischen Codes (s.a.: 2.4.9) werden die Zusammenhänge nochmals diskutiert.

DNA besteht grundsätzlich aus folgenden Bausteinen der Monophosphat-Nukleotide.

Pyrimidin Basen: Cytosin und Thymin

Purin Basen: Adenin und Guanin

C5-Zucker: D-Ribose

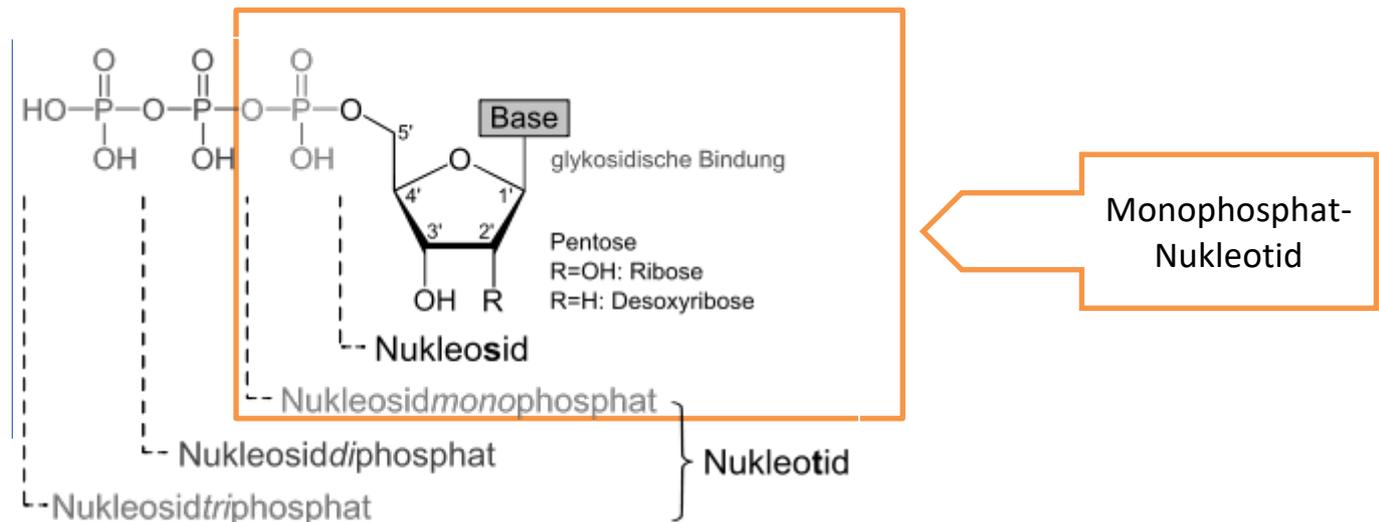
Und eine Phosphatgruppe

Diese Basen kommen im Zellgeschehen aber auch unpolymerisiert als Di- und Triphosphate vor und sind für die DNA-Bildung von entscheidender Bedeutung. Eine gängige Abkürzung z.B. für die Triphosphat aktivierten einzelnen Basen (Nukleotide) lautet dNTP (Desoxyribonucleotriphosphat).

Genauer: Desoxyribonucleosidtriphosphate werden häufig mit dem Kürzel dNTP abgekürzt, um sie von den Ribonucleosidtriphosphaten (rNTP) zu unterscheiden.

Monophosphat-Nukleotiden (s.u.), die vereinfacht als Basen bezeichnet werden können, formen Nukleinsäure, in der sie entlang einer Kette aus C5-Zucker und Phosphat aufgereiht sind.

Zur Nomenklatur der Basen mag folgende Darstellung hilfreich sein.

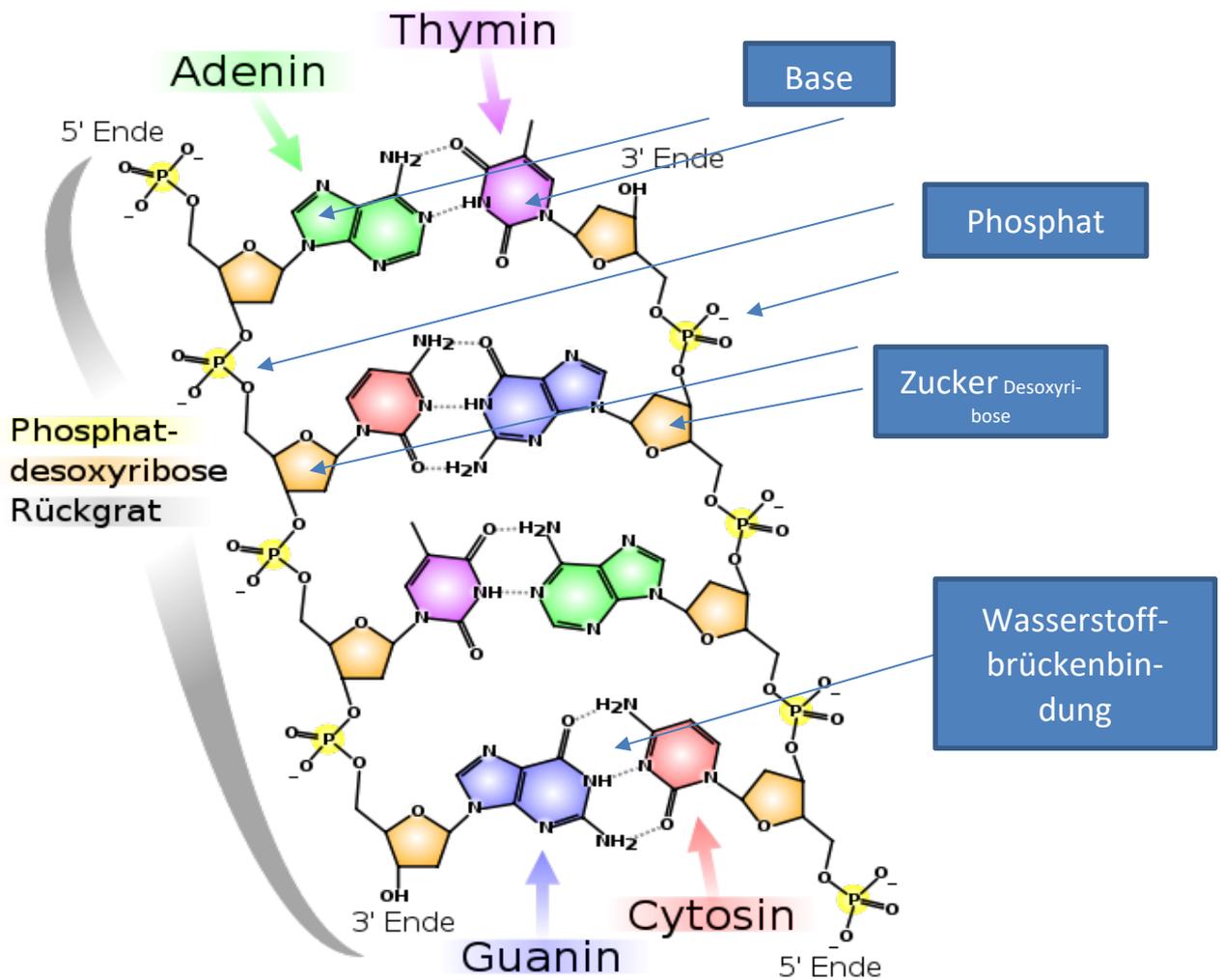


Kopie aus WIKIPEDIA

DNA: (Fuchs, 2007, S. 41)

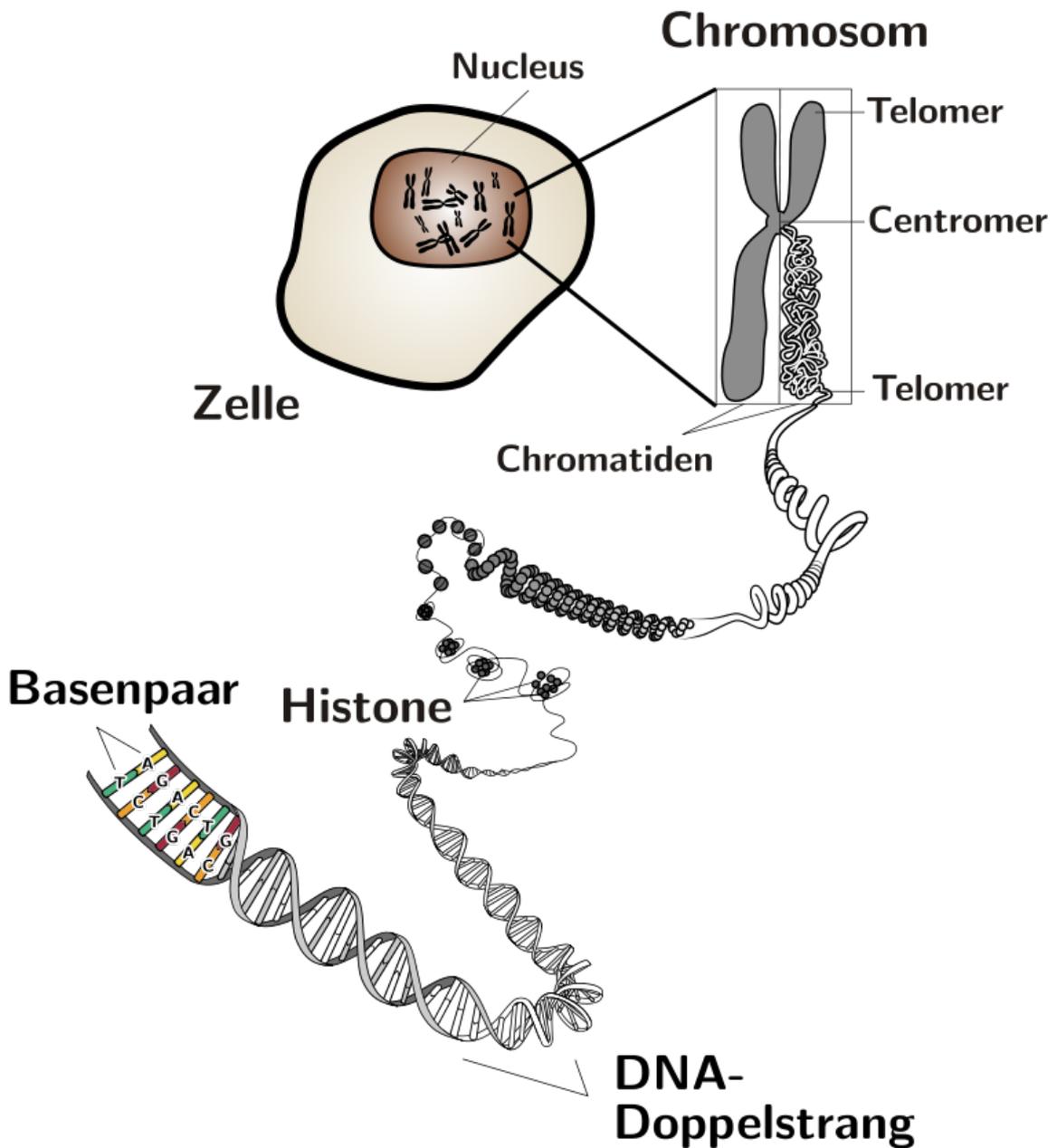
„DNA ist eine Kette aus kovalent verbundenen Nukleotiden. Das Rückgrat dieses Polymers besteht aus den über Phosphodiestergruppen verbundenen Desoxyribosemolekülen, mit einem freien Phosphatrest am C'5-Ende und einer freien Hydroxylgruppe am entgegengesetzten C'3-Ende“.

Wie sich zwei komplementäre Nukleinsäure Stränge durch Wasserstoffbrücken-Bindungen zu einem DNA-Molekül, soll durch folgende Darstellung verdeutlicht werden.



Kopie aus WIKIPEDIA Beschreibung der Wirk- bzw. Komponentenbereiche

Zu welcher selbstorganisatorischen Komplexität diese Gegebenheiten im DNA-Molekül führt, dürfte aus folgender Darstellung hervorgehen. Treiber für diese Kompression ist sicher die Notwendigkeit einen möglichst kleinen Raum im Zellkern zu beanspruchen.



Kopie aus WIKIPEDIA

Wie gesagt enthält dieses zunächst monoton erscheinende Molekül neben der endlosen Wiederholung von Phosphat-Zucker-Kettenglieder noch einen Satz von stofflichen Variablen. Es sind das die vier verschiedenen Basen, die als Dreierfolge zu über 60 verschiedenen Kombinationen fähig sind. Solche Dreierkombinationen bewirken auf einem noch zu beschreibendem Weg die Synthese von α -zu Proteinen. Drei aufeinanderfolgenden Ketten-Nukleosidmonophosphate legen eindeutig fest, welche Aminosäuren in den Ribosomen der Zelle zu Proteinen aneinandergesetzt werden. Das Protein repräsentiert phänomenologisch die

Information der DNA, des Genotyps. Welche ungeheure Datendichte dieses System verwirklichen kann sei nochmals mit folgendem Zitat hervorgehoben.

WIKIPEDIA: ... 1 Gramm getrockneter DNA enthält den Informationsgehalt von 1 Billion Compact Discs (CD). Mit der Informationsdichte in einem Teelöffel getrockneter DNA könnte die aktuelle Weltbevölkerung etwa 350 Mal nachgebaut werden.

Die RNA:

Die eigentliche Proteinsynthese erfolgt in den Ribosomen der Zelle außerhalb des Zellkerns, vermittelt durch zwei verschiedene Nukleinsäureketten: mRNA (Messenger RNA) und tRNA (transfer RNA). Diese wirken als Boten zwischen dem Gen-Speicher DNA und den Ribosomen, die man als Proteinfabrik bezeichnen könnte. Den Mechanismus habe ich versucht durch die Abbildungen 33 und 34 zu vermitteln

RNA: (Fuchs, 2007, S. 42)

„RNA besteht grundsätzlich aus den gleichen Bausteinen wie DNA, nämlich Pyrimidin- und Purin Basen, C5-Zucker und Phosphat. Allerdings ist Thymin durch Uracil ersetzt. Das Desoxyribosemolekül ist durch Ribose ersetzt. RNA bildet, abgesehen von wenigen Ausnahmen keine Doppelhelix aus. Es gibt ribosomale-, messenger- und transfer RNA“.

Die Biologen drücken das Wirkprinzip von DNA und RNA in der Zelle durch folgenden Satz als zentrales Dogma der Biochemie ((Lehninger. Albert L., 1979, S. 54) aus:

DNA macht RNA macht Protein (kann Enzym oder Struktur sein)

Auf diese Weise werden selektive Aminosäure-Sequenzen, also Proteine erzeugt, die z.B. als morphologische Strukturelemente in den ca. 200 verschiedenen Gewebearten des Menschen (Phänotyp) fungieren. Sie agieren aber auch in Form von Enzymen als hochspezialisierte Protein-Katalysatoren, für die Zelle als auch den gesamten Körper. Dabei ist zu beachten, dass es lediglich 20 natürliche α -L-Aminosäuren gibt. Ob das schon zu Beginn der Lebensentfaltung, vor 3,5 Milliarden Jahren so war, ist nicht gesichert. Die so α gebildeten Enzyme sind u.a. für die biologische Entwicklung der Organismen und den Stoffwechsel in der Zelle zuständig.

In den Zellen von Pflanzen, Tieren und Pilzen, den sogenannten Eukaryoten, ist der Großteil der DNA (Erbinformation, Genom) im Zellkern (lat. Karyon)

lokalisiert, während bei Bakterien und Archaeen, den Prokaryoten, die DNA in der Zellflüssigkeit, dem Cytoplasma vorliegt; einen Zellkern gibt es nicht.

Ein eigenes, den Genomen von Prokaryoten ähnliches kleines Genom findet sich in den Mitochondrien (s.o.: mtDNA aus vor 2,5 Milliarden Jahren inkorporierten Cyanobakterien (Meyer, 2015, S. 104)) und Chloroplasten von Pflanzen. Das ist als ein Hinweis auf eine frühe Endosymbiose zu werten (Fuchs, 2007, S. 31).

WIKIPEDIA: Das Vorhandensein einer eigenen DNA ist einzigartig unter den Zellorganellen der Tiere, bei den Pflanzen besitzen die Chloroplasten dieselbe Eigenschaft. Dies ist Ausgangspunkt für die Endosymbiontentheorie, die besagt, dass Mitochondrien und Chloroplasten ursprünglich eigenständige Organismen waren, die im Laufe der Evolution in tierische bzw. pflanzliche Vorläuferzellen inkorporiert wurden und nun bestimmte Aufgaben für diese Zellen übernehmen. Weitere Indizien hierfür sind, dass Mitochondrien in etwa die gleiche Größe wie kleine Bakterien haben, eine zirkuläre DNA besitzen und von zwei Membranen umgeben sind. Auch ist die Proteinsynthesemaschinerie (z.B. Ribosomen) der Mitochondrien der von Prokaryoten sehr ähnlich. Überdies enthält mtDNA, ähnlich wie bakterielle DNA keine Histone und kaum Introns.

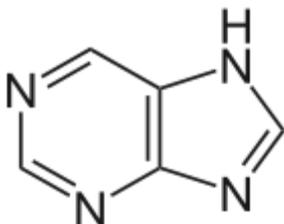
Chemisch gesehen handelt es sich um eine Nukleinsäure, ein langes Kettenmolekül bestehend aus Nukleotiden.

Chemische Bausteine der Nukleinsäuren DNA und RNA: Basen, Zucker und Phosphat:

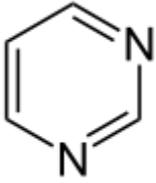
Basen in der DNA:

Grundkörper der Basen sind Purine und Pyrimidine:

Purin-Grundkörper:

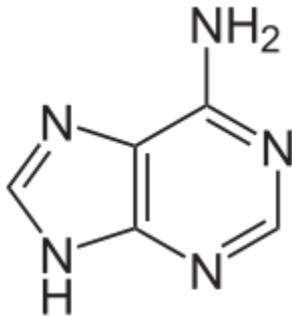


Pyrimidin-Grundkörper:

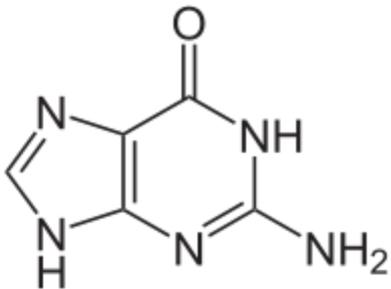


Purin- und Pyrimidin Basen in der DNA

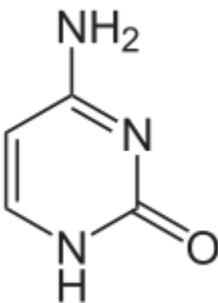
A: Adenin, ein Purin



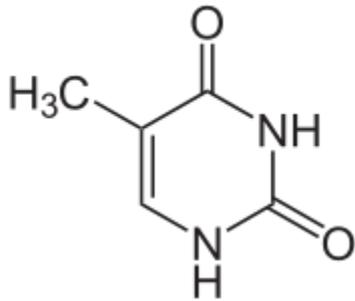
und G: Guanin, ein Purin



C: Cytosin, ein Pyrimidin



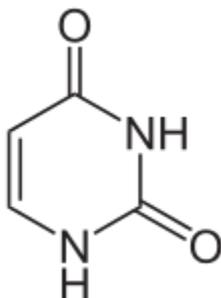
und T: Thymin ein Pyrimidin



Immer sind es einfache oder doppelte sechsringartige Strukturen über die sich diese Basen (A mit T und C mit G) in Nukleinsäure mittels Wasserstoffbrückenbindungen zu einer Doppelhelix stabilisieren (s.u. Abb. 31). Es sind Bindungen von sehr geringer Stärke, die sich, strukturell bedingt, selbstorganisatorisch auf einem sehr tiefen Energieniveau bilden. Man kann den Vorgang fast als eine Art Selbstfindung oder "Einrasten" bezeichnen. Es muss sich im Rahmen dieser selbstbestimmten Strukturfindung um einen energiearmen Zustand handeln. Diese Art der Ordnungsfindung zur Doppelhelix, ist ein Einfrieren von Information und damit ein Akt der punktuellen Entropieerniedrigung. Da er u.a. von Verminderung der Hydrathüllen der Einzelstränge begleitet ist, wird die Gesamtentropie steigen.

Pyrimidin Base in der RNA:

A (Adenin), G (Guanin), C (Cytosin) s.o.
und U (Uracil anstelle von Thymin)



aus der Familie der Pyrimidine.

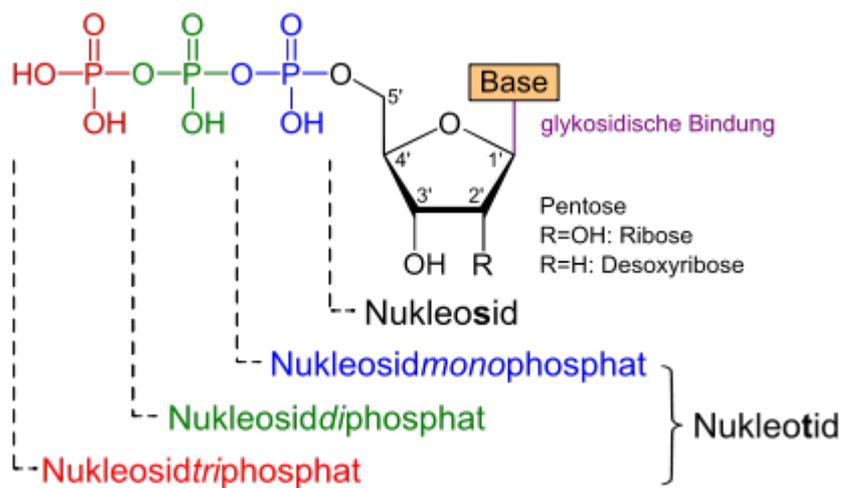
Nukleosid:

Base + Zucker (Zucker in der DNA: D-Desoxyribose. Zucker in der RNA: D-Ribose)

Nukleotid:

Base + Zucker + Phosphatrest

Definition des strukturellen Zusammenhangs:



(Aus WIKIPEDIA)

Nucleinsäure:

Verknüpfung von Nucleosiden über Bausteine aus Phosphat und Zucker. Die wichtigsten Nucleinsäuren sind DNA und RNA. Es entsteht eine informationslose Zucker-Phosphat-Kette. Erst durch das Hinzukommen der beschriebenen Basen bildet sich das informationshaltige DNA-Molekül. Es sind das die bereits angesprochenen Variablen.

Für die Angabe der Primärstruktur von Proteinen und Nucleinsäuren existieren vereinbarte Konventionen: Die Nucleotidsequenz von Nucleinsäuren (DNA, RNA) wird vom 5'-Phosphat-Ende zum 3'-Hydroxy-Ende geschrieben. (Siehe Abbildung 31)

Das Bauprinzip der Nucleotide ist über die DNA hinaus auch in wichtigen Molekülen zur Energieübertragung wie ATP, NAD⁺ und NADP⁺ (s.u. Abbildung 32) zu finden.

Abbildung 31 zeigt das Aufbauprinzip eines sehr kurzen DNA-Abschnitts als komplementärer Doppelstrang aus nur 4 Basenpaaren (Nukleotid-Paaren). Wie wir wohl alle wissen, ist der tatsächliche Umfang um ein Vielfaches größer. (So enthält das größte menschliche Chromosom 247 Millionen Basenpaare, in einem durchgehenden DNA-Faden von 8,4 Zentimeter Länge (Chromosom Nummer 1). Wenn man berücksichtigt, dass jede menschliche Zelle im Zellkern 46 Chromosomen beinhaltet, die im Durchschnitt 5 Zentimeter lang sind, ergibt sich die o.a. Gesamtlänge von etwa 2 m pro Zelle).

Um die unfassbare Dimension dieses Riesenmoleküls, vor allem im Hinblick auf ein einzelnes Lebewesen wie den Menschen zu veranschaulichen, möchte ich folgenden Kommentar zitieren, der den o.a. Befund der DNA-Gesamtlänge eines Menschen ergänzen soll:

"Welche Strecke ließe sich mit der gesamten DNA eines menschlichen Körpers überbrücken?"

Antwort:

Die DNA aus allen Zellen des menschlichen Körpers ergäbe - hintereinander gelegt - eine Strecke, die 1000 Mal so lang ist wie die Entfernung der Erde von der Sonne.

Erklärung:

Das menschliche Genom, die Desoxyribonucleinsäure oder DNA, setzt sich aus etwa 3,2 Milliarden ($3,2 \cdot 10^9$) Bausteinen zusammen. Da die einzelnen Bausteine, die Nucleotide, in einem Abstand von 0,34 Nanometern ($3,4 \cdot 10^{-10}$ Metern) hintereinander sitzen, ergibt sich somit eine Gesamtlänge von etwa einem Meter.

In jeder Zelle liegt das Erbgut doppelt vor - einmal vom Vater, einmal von der Mutter -, daher muss in einem Zellkern die Gesamtlänge von zwei Metern DNA, aufgeteilt auf 46 Chromosomen, verstaut werden. Ausnahme sind die Keimzellen mit einem einfachen Chromosomensatz und die roten Blutkörperchen, die ganz ohne Zellkern auskommen.

Der menschliche Körper besteht - größenordnungsmäßig - aus 100 Billionen oder 10^{14} Zellen. Abzüglich der 25 Billionen Erythrozyten würde die gesamte DNA eines Menschen die unvorstellbare Länge von $1,5 \cdot 10^{14}$ Metern oder 150 Milliarden Kilometern erreichen.

Das ergibt etwa:

knapp 4 Millionen Mal um den Äquator (40 000 Kilometer)

fast 400 000 Mal von der Erde zum Mond (380 000 Kilometer)

1000 Mal von der Erde zur Sonne (150 Millionen Kilometer)

25 Mal von der Sonne zum Pluto (6 Milliarden Kilometer)

Und um den Durchmesser unserer Milchstraße zu überbrücken (10^{21} Meter), bräuchte man lediglich die DNA einer Großstadt wie London mit rund 7 Millionen

Einwohnern.

Übrigens: Trotz seiner Länge finden sich nur verhältnismäßig wenig Gene auf dem DNA-Faden: Mit schätzungsweise nur 20 000 Genen kommt der Mensch aus".

<http://www.spektrum.de/alias/welche-strecke-liesse-sich-mit-der-gesamten-dna-eines-menschlichen-koerpers-ueberbruecken-1000-mal/692182>

Anmerkung d. V.: Ich habe diese Zahlen mehrfach nachgerechnet und muss gestehen: sie sind eigentlich unglaublich! Offen gestanden: Ich kann sie nicht verstehen. Zumindest stehen sie außerhalb des mir vertrauten Umgangs mit linearen Größenordnungen.

Geht man von den o.a. $1,5 \cdot 10^{14}$ Metern aus und überführt die Strecke (Basenschnur) gedanklich in ein Volumen, bliebe immer noch ein Würfel von

$$1,89^{-5} \text{ m}^3 \text{ bzw. } 1,89^{-2} \text{ Liter bzw. } 18,9 \text{ ml}$$

Berechnung:

		Größe	Dimensionierung	Math. Zusammenhang
a	Länge 1 Base	$3,4 \times 10^{-10}$	m/Base	Messgröße
b	Basen diploid/Zelle	$6,4 \times 10^9$	Basen/Zelle	Messgröße
c	Zahl menschl. Zellen	$7,5 \times 10^{13}$	Zellen	Messgröße
d	Alle Basen linear	$4,8 \times 10^{23}$	Basen	b x c
e	Alle Basen/Quadratkante	$6,9282 \times 10^{11}$	Basen	d ^{1/2}
f	Alle Basen/Würfelkante	$7,83 \times 10^7$	Basen	d ^{1/3}
g	Länge Würfelkante	$2,66 \times 10^{-2}$	m	f x a
h	Würfelvolumen	$1,89 \times 10^{-5}$	m ³	g ³
i	Würfelvolumen	$1,89 \times 10^{-2}$	Liter	h x 1000
j	Basenvolumen/Zelle	$2,52^{-16}$	Liter/Zelle	i/c
k	Mittleres Zellvolumen MCV	1×10^{-13}	Liter	Messgröße, s.u.

Mittleres Zellvolumen MCV (=mean corpuscular volume) nach JAMEDA, Deutschlands größte Arzeneimpehlung:

85-98 fl also ca. 1×10^{-13} Liter

(fl bedeutet femto-Liter 0,000 000 000 001 Liter = 1×10^{-15} Liter)

Quelle: <http://www.jameda.de/laborwerte/mittleres-zellvolumen/>

Etwas Zahlenmystik gefällig?

Avogadrosche Konstante:

Sie gibt an, wie viele Teilchen (etwa Atome eines Elements oder Moleküle einer chemischen Verbindung) in einem Mol des jeweiligen Stoffes enthalten sind. Der aktuell empfohlene Wert beträgt: $6,022140 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Vergleichen Sie das mit o.a. Tabelle, Wert d:

Anzahl aller Basen der DNA pro Menschen: $4,8 \times 10^{23}$

Was soll der chemische Begriff "Mol" mit der Unität "Mensch" zu tun haben? M.E. nichts, es handelt sich um eine zufällige Korrelation

Wir sehen aus der Rückrechnung auf das Volumen, dass trotz der unfassbaren Längenausdehnung der Basenfolge die Zellen um 3 Größenordnungen mehr Volumen bietet als das DNA-Volumen, das Genom, beansprucht. In dieser Betrachtung ist die Kondensation der DNA-Fäden zu Chromosomen, die zu einer außerordentlichen, bis zu 50 000fachen Volumenverminderung führt, nicht betrachtet.

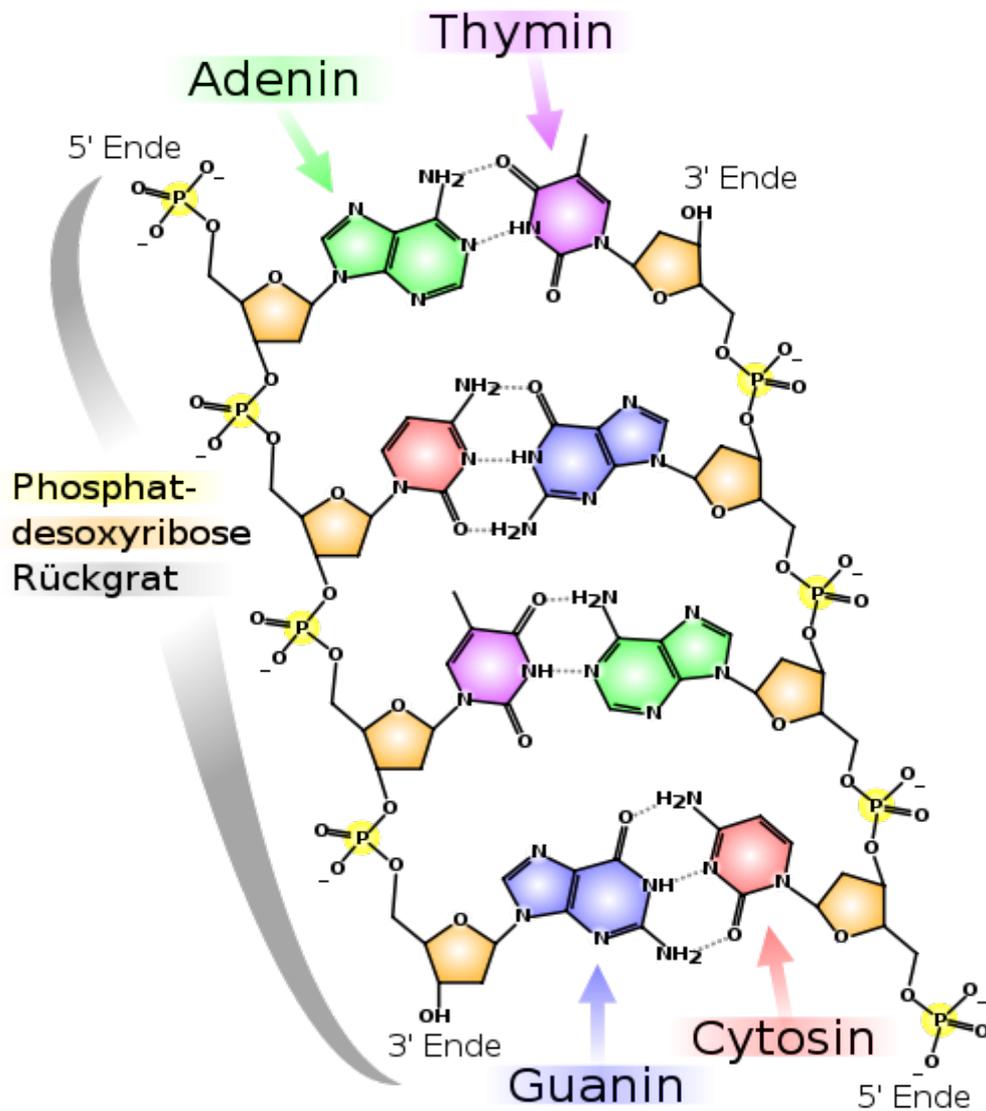


Abbildung 31: Chemische Struktur der DNA mit farbigen Beschriftungen um die 4 Basen, die Phosphate und die Desoxyribose zu kennzeichnen. (DNA chemical structure svg: Madeleine Price Ball, User: Mad prime, derivative work: Matt (talk) 2009-06-17 07:01 (UTC) Aus WIKIPEDIA ²⁸³

Wie könnte sich diese Molekülstruktur

ursprünglich gebildet haben?

Aus formal chemischer Sicht: abiotisch, aus einfachen Bausteinen wie Blausäure, Ribose, bzw. Desoxyribose und Phosphat

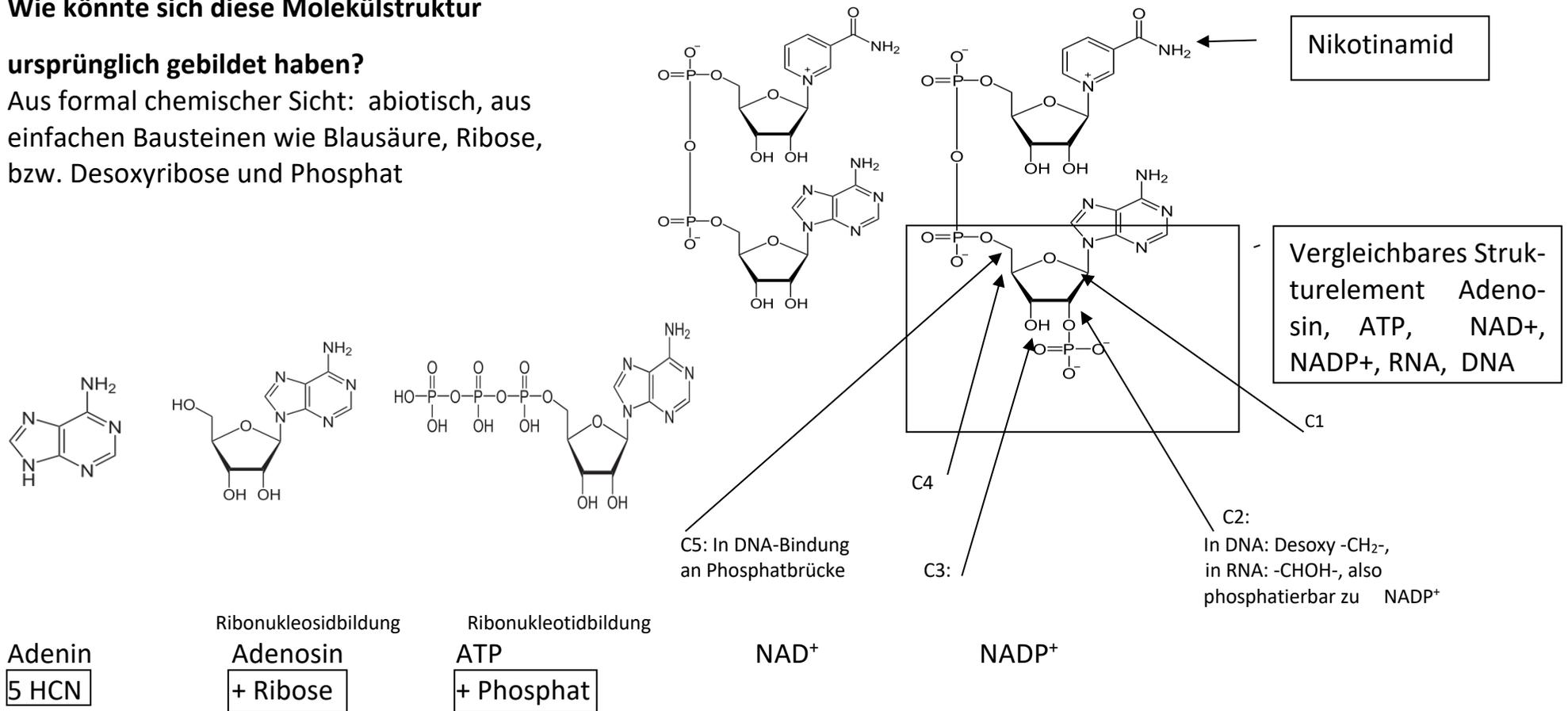


Abbildung 32: Strukturelle Verwandtschaft von Adenin, Adenosin, ATP, NAD, NADP, (RNA, DNA) (Formelbilder: Kopien aus WIKIPEDIA)

Die o.a. Verknüpfung von bis zu vier verschiedenen Molekülen über Phosphatgruppen, könnte ein früher selbstorganisatorischer Schritt, im Einklang mit dem chemischem Reaktionspotential gewesen sein. Alle negativ geladenen Phosphatgruppen können, pH-abhängig, über Protonen neutralisiert sein.

Wie noch gezeigt wird, sind Phosphatgruppen energiereiche Reaktionsaktivatoren. Von besonderer Bedeutung für die meisten biochemischen Reaktionsabläufe in diesem Zusammenhang ist Adenosintriphosphat.

Stellt man sich Ur-Ribose der Präbiotik, an drei oder vier OH-Gruppen mit Phosphatresten bestückt vor (soweit das stereochemisch überhaupt möglich ist), erhält man ein äußerst reaktives Molekül, dessen Bereitschaft sich z.B. mit Adenin oder Nikotinamid zu verbinden sehr hoch sein muss da die Freie Energie ΔG der mehrfach phosphorylierten Ribose wesentlich erhöht ist.

Diese weitgehend spekulativen Betrachtungen können allenfalls für die ersten Anfänge der DNA-Formation gelten; Biologischer Symmetriebruch und Lenkung durch Enzyme können sie allenfalls begleitet haben. Heute sind die biochemischen Bildungswege der Nukleotide im Wesentlichen bekannt. Wer sich in diese streng mechanistische Biochemie einlesen möchte, findet bei Albert Lehninger einen guten Einstieg (Lehninger. Albert L., 1979, S. 597)

Die o.a. ubiquitären Biomoleküle haben in der Mikrobiologie folgende Aufgaben:

- Nukleotide:

Bausteine des Informationsspeichers des genetischen Codes zur Steuerung der verschlungenen Codierung von Proteinsequenzen (Enzyme) und für die Replikation (Vervielfältigung) von Nucleinsäuren (DNA, RNA)

- ATP:

Aktivierender, energiereicher Reaktionstreiber

- NAD⁺ und NADP⁺:

Energiewandler

Ich muss gestehen, dass mich die hohe Komplexität des DNA-Makromoleküls, vielmehr aber noch die Funktionalität schon beim ersten Kennenlernen aber auch heute noch immer wieder in Staunen versetzt. Warum so kompliziert, möchte man sagen. Warum hat sich die Evolution für in wässrigem Milieu so angreifbare Moleküle entschieden? Frage man sich allerdings, wie eine andere, „einfache“ molekulare Version aussehen sollte, findet man auf der biologischen Bühne wenig Alternativen.

M.E. war von Anfang an selbstlenkend das überreichliche Angebot an einfachen, monomeren C-, H-, N-, O- Trägern der Uratmosphäre und den daraus entstandenen Molekülen, die im Lauf der Zeit in gigantischen Mengen aus den beschriebenen urzeitlichen Gaswolken der Ur-Atmosphäre auf die Erdoberfläche herab regneten (siehe: Miller Versuche). Dort stießen sie auf reaktive Phosphor-Verbindungen.

Wie noch ausgeführt wird, wiesen zumindest die in hohem Ausmaß primär entstandenen α -Aminosäuren durch Verknüpfung nicht nur das Potential der gigantischen Stoffdiversifikation auf. Vielmehr stellten sie auf Grund ihrer Differenziertheit auch Informationselemente dar, die mit einiger Wahrscheinlichkeit lenkenden Einfluss auf das nächstdifferenziertere Informationssystem, die RNA, hatten. Auf diesen Gedanken kommen wir im Zusammenhang mit der RNA-Aktivität noch zurück.

Die Aufgabenstellung an dieses nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor bestehende Informations-Molekül der Nukleinsäuren, ist allein schon aus chemischer Sicht ungeheuer.

Einige Beispiele:

- Bildung einer definierten, belastbaren chemischen Struktur unter physiologischen Bedingungen.
- Bis zur Unkenntlichkeit über Helixstrukturen faltbar in Chromosomenpäckchen, die sogar in die Winzigkeit eines Zellkerns passen.
- Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse, wie z.B. Höhenstrahlung, aber auch mit der Fähigkeit in der eigenen wässrigen Zellflüssigkeit allen hydrolytischen Zersetzungsreaktionen Paroli zu bieten.
- Trotzdem aber befähigt, die zwischen den beiden Strängen wirkenden Wasserstoffbrücken nach Bedarf, enzymatisch gesteuert, zu lösen und wieder zu schließen.
- Geeignet Kopien der DNA-Matrize anzufertigen indem aktivierte Nukleosidtriphosphate (= Nukleotide) zu neuen Strängen zusammengefügt werden (RNA).
- Befähigt, sich im Bedarfsfall selbst zu reparieren indem platzfalsche oder defekte Basen durch richtige ausgetauscht werden.

Dieses rein stoffliche, molekulare System ist offensichtlich von außerordentlicher Zukunftsfähigkeit geprägt, wenn man bedenkt, dass es vor etwa 3-4 Milliarden Jahren zu verselbstständigen begann und sich über Myriaden optimierter stofflicher Kopien, in zahllosen morphologischen Trägern, bis heute als

Informations- bzw. Erbsubstanzträger alternativlos erwiesen hat. Oder gibt es in der Biochemie vergleichbare Informationssysteme?

Betrachten wir, wie die DNA den Aufbau definierter Proteine aus einzelnen α -L-Aminosäuren lenkt (s.u.):

Es ist einleuchtend, dass mit nur einer der 4 verschiedenen Basen (A, G, C, T) der DNA-Kette keine 20 Aminosäureschlüssel festgelegt werden können. Naturgemäß ist das mit den 4 Nukleotiden (A, G, C, T) nur für 4 Aminosäuren denkbar.

Durch die vereinigte Aktivität von jeweils 2 aufeinanderfolgende Nukleotide (AA, AT, AG, AC, TT, TA, TG, TC, GG, GA, GT, GC, CC, CA, CT, CG) in einem Nukleinsäure-Strang der DNA, wären kombinatorisch gesehen nur $4^2 = 16$ verschiedene Verknüpfungen, also nur 16 Dublett-Schlüssel gegeben. Das reicht für die eindeutige Zuordnung zu 20 α -L-Aminosäuren nicht aus.

Erst durch eine Signal-Gruppierung von je drei aufeinander folgenden Nukleotiden in einem Nukleinsäure-Strang, werden $4^3 = 64$ genügend Schlüssel verfügbar. Ein solcher Schlüssel wird als Triplett-Codon bezeichnet. Hier kann in jeder der drei Positionen eines Triplett-Codons eines Stranges der DNA-Helix, eine der vier verschiedenen Basen stehen. Die Überkapazität von 64 Triplett-Codons gegenüber 20 Aminosäuren wird als Entartung bezeichnet. In allen Triplett-Codons sind die ersten beiden Nukleotide spezifisch; das dritte Nukleotid ist variabel. Zum Beispiel sind folgende Schlüssel für Serin spezifisch: UCU, UCC, UCA und UCG.

Es mag allerdings sein, dass zu Beginn der Lebensentfaltung noch nicht alle 20 α -L-Aminosäuren verfügbar waren. Vielleicht gab es eine Phase, in der tatsächlich die Kombination von nur 2 Nukleotiden (Dublett-Codons) ausgereicht hat und erst im Gefolge, durch die Entstehung aller natürlichen 20 Aminosäuren, die Ausweitung auf Triplett-Codons erforderlich wurde. Siehe hierzu Lehninger (Lehninger, Albert L., 1979, S. 798)

Fehlerhafte Entwicklungen im Speicherungssystem der DNA werden minimiert, indem ein zweiter gegenläufiger Strang in umgekehrter Richtung, reißverschlussartig über Wasserstoffbrücken zwischen den Basen gebunden ist.

Nochmals zur Konvention:

(DNA, RNA) wird vom 5'-Phosphat-Ende zum 3'-Hydroxy-Ende geschrieben. (Siehe Abbildung 31)

Damit entsteht ein Riesenmolekül in Form einer Helix artig gewundenen Leiter, deren Sprossen jeweils zwei, über Wasserstoffbrücken verbundene Basen sind. Beide Stränge verhalten sich komplementär zueinander da A nur mit T, und G nur mit C zusammenpasst (Siehe Abbildung 33). Allerdings gilt das nicht für RNA:

In der RNA ist T durch U ersetzt. Also passen in den wenigen bekannten RNA-Helices nur A und U zusammen.

Gegenübergestellt:

Basen:

DNA:

A = Adenin, T = Thymin, G = Guanin, C = Cytosin

RNA:

A = Adenin, U = Uracil, G = Guanin, C = Cytosin

Verknüpfungsregel:

DNA:

AT und GC bzw. TA und CG

RNA:

AU und GC bzw. UA und CG

(Also immer Pyrimidin- mit Purin-Körper)

Komplementär heißt in diesem Zusammenhang, dass zwei gleichwertige Informationsstränge (Nukleinsäure) wirksam sind, die allerdings nur dann, wenn sie in entgegengesetzter Richtung gelesen werden, zum gleichen Informationsstand führen. Mit einem Wort: Ein hochsymmetrisches System. Ein Fehler in der Basenfolge des einen Strangs passt dann nicht mehr zum komplementären Strang und wird umgehend korrigiert. Gleichzeitig ist durch diesen „Reißverschluss“, der im Fall der Zellteilung (s.u. Mitose, Meiose) geöffnet und hälftig auf die alten und die neuen Zellen verteilt wird, die Identität dieses Zellpaares garantiert. In jeder der beiden Zellen, mit ihren Hälften der ursprünglichen DNA, wird dann der komplementäre Strang rückgebildet, indem die entsprechenden Basen über Nukleotidtriphosphate aus der Zellflüssigkeit als Nukleotidmonophosphat angelagert werden.

Über dieses Codierungssystem der DNA bzw. RNA ist vor allem die Aminosäuresequenz jedes Proteins aller lebenden Organismen gespeichert.

Und woher kommt der energetische Anshub, ohne den nichts möglich ist?

Esoteriker kultivieren hierzu nebulöse okkulte Begriffe wie den Lebensgeist, der angeblich wirkt: <http://anthrowiki.at/Lebensgeist> führt hierzu aus: *"Der Lebensgeist wird gebildet, indem das menschliche Ich nach und nach die bewusste Herrschaft über die tiefergehenden Lebensgewohnheiten und Charaktereigenschaften gewinnt und dadurch an der Verwandlung des Ätherleibes arbeitet. Diese Arbeit verlangt eine noch viel intensivere Anstrengung als die Läuterung der Triebe und Begierden des Astralleibes. Besonders förderlich sind hier alle echten religiösen Impulse, die der Mensch zu einem festen Bestandteil seines Lebens macht, aber auch all die Kräfte, die er aus wahrer Kunst schöpfen kann.*

Je weiter diese Arbeit voranschreitet, desto mehr beginnt sich das Ich des Menschen mit der schöpferischen Kraft des Lebensgeistes zu erfüllen".

Wilhelm Reich spricht von "Orgon", für eine von ihm postulierte und zunächst als „biologisch“, später als „primordial kosmisch“ charakterisierte Energie. Er war davon überzeugt, dies Ende der 1930er Jahre an einer von ihm so genannten "Biokultur" entdeckt zu haben. Von zahlreichen Kritikern wird sein Werk zu den Pseudowissenschaften gezählt. (Nach WIKIPEDIA)

Nein, so einfach oder so schwierig ist es nicht. Was sich abspielt sind relativ übersichtliche, bekannte biochemische Prozesse: Die Energie liefern die Triphosphat-Reste der Nukleotidtriphosphate, die dabei in Monophosphate übergehen. Zu diesem Thema wird noch einiges zu sagen sein.

Motor und Bewegendes von allem ist Energie

Kommen wir nun zu der eigentlichen selbstorganisatorisch entstandenen Aufgabe der DNA: Zusammenfassend kann man dieses Staffelholz wie gesagt getrost als Testament und Informationsspeicherung der Evolution bezeichnen.

Um ungebremste Fehlentwicklungen von evolutionär optimierten Genen durch zufällige Mutation zu minimieren, hat die Evolution u.a. sehr einfache, aber effektive Schadensbegrenzungen vorgesehen. So baut sich unsere DNA aus etwa 10 Mal mehr Basenpaare auf, als es für unsere tausende von Genen (Erbanlage) scheinbar nötig ist. Auf der DNA-Helix finden sich nämlich neben der Basenfolge der Gene, den sogenannten „Exons“, immer wieder große informationslose Basen-Einschübe, „Introns“, die in der Proteinsynthese nicht in die mRNA übernommen werden. Sie häufen unwirksame Mutationen an und werden vielmehr bei der Transkription aus der mRNA herausgeschnitten (Splicing s.u.). Diese Überlänge dürfte bereits zu Beginn der Ausformung der DNA-Struktur entstanden sein. Sie scheint auf den ersten Blick überflüssig, könnten aber auch den Zentren zukünftiger Evolution dienlich sein. Warum aber trieb die Natur diesen stofflichen und energetischen Aufwand? H. Follmann (Follmann H. , 1981, S. 123) führt hierzu aus: Es könnte also zu Anfang wesentlich mehr Nukleinsäure gegeben haben. *„Mit den Introns wurde einer der wichtigsten Mechanismen in der Evolution genetischen Materials gefunden...Mit einer großen Menge an Nukleotidsequenzen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Nukleinsäure Bereiche per Zufall (ungerichtete Mutation) auch einmal für ein Produkt codieren, das Selektionsvorteile bietet.“*

Die zufällig erzeugten Mutationen müssen dann ihre Zukunftsfähigkeit im Phänotyp unter Beweis stellen. Erweist sich die Mutation, d.h. die resultierenden Eigenschaften des Phänotyps in der Selektion der Fitnesslandschaft gewachsen, ist diese Zukunft in dem geringfügig veränderten Bauplan für weitere Kopien in

den Keimzellen festgeschrieben; bis die nächste Umwelt-Herausforderung neue Mutationen auf den Prüfstand stellt. Ungeeignete „Produkte“ werden untergehen, da sie mit den Herausforderungen nicht zurechtkommen; sie sind zum Untergang verurteilt, weil ihre Vermehrung immer mehr zurückgedrängt wird. Das ist Evolution und hat nichts damit zu tun, dass z.B. der starke Dinosaurier vor 60 Millionen Jahren nicht stark genug war zu überleben oder dass andere Arten physisch noch stärker waren. Er war offensichtlich nicht mehr in der Lage eine ausreichende Vermehrungsrate zu erzielen. Noch weniger hat das mit der Entartung dieser Theorie im Sozialdarwinismus zu tun.

Gesicherte Vermehrung ist das eigentliche Wesen der Evolution.

2.4.8 Molekulare Proteinsynthese

Eine interessante Einführung aus der Sicht des Informatikers bietet der Kognitionswissenschaftler Hofstadter (Hofstadter, 2003, S. Kapitel XVI)

Proteinsynthesen sind wie alle biochemischen Prozesse stochastisch orientiert und nicht mit unserer aktuellen, von Digitaltechnik geprägten Denkweise zu vergleichen. So gibt es z.B. keinen Datenbus und jedes Molekül wird als Einzelfall enzymatisch bearbeitet. Überraschend ist, dass die DNA während dieses Vorgangs im Zellkern verbleibt und lediglich als Matrize dient. Sie wird abgeschrieben (= kopiert), aber nicht verbraucht. Dieser erste Synthese-Schritt zur Bereitstellung der besagten DNA-Kopie (Messenger RNA, mRNA) nennt sich Transkription und findet im Zellkern statt. Es kommt zu einer komplementären Umformulierung von Basen-Abschnitten der DNA-Sprache in die Basenfolge der RNA-Sprache. Man bezeichnet das auch als Exprimierung. Eine so kopierte Abschrift (Messenger-RNA, mRNA) der DNA wandert aus dem Zellkern zu den Ribosomen. Dort dient diese Abschrift ca. 20 Kleeblatt-artig strukturierten RNA-Komponenten (Transfer-RNA, tRNA, Anticodon) als Vorlage zur Bildung von Proteinen aus einzelnen Aminosäuren. Jede tRNA fungiert für eine ganz bestimmte Aminosäure. Die tRNA-Koordination hin zum Protein durch die mRNA erfolgt wiederum in komplementärer Basen-Folge als Anticodon, womit die Ursprungsbasenfolge der DNA letztlich wirksam wird.

Zunächst möchte ich einen molekularbiologisch orientierten Überblick zur Synthesestrategie geben. Meine Darstellung kann aber allenfalls als eine grobe Vereinfachung gesehen werden. Wie weiter unten noch beschrieben wird (Siehe 2.4.9), liegt die DNA im Zellkern nämlich nicht nackt vor. Ihre eigentliche Aktivität als Protein-Produzent entfaltet sie in ihren Grundeinheiten, den Nukleosomen. Lesen Sie hierzu die Darstellung von Bernhard Kegel (Kegel, 2018, S. 118)

2.4.8.1 Transkription von DNA im messenger-RNA (mRNA)

Bei dieser „Übersetzung“ öffnet sich der "freigeschaltete" Teil des DNA-Doppelstrangs (die DNA-Helix), der die Proteinsynthese steuert. Das Enzym RNA-Polymerase lagert sich an einen der beiden Stränge an. Es handelt sich daran entlang und fertigt eine komplementäre Version eines Stranges der DNA-Helix an, indem es freie monomere Nukleosidtriphosphate zu einer prä-mRNA verknüpft, die noch Introns und Exons enthält. Durch Splicing werden die Introns entfernt und die angrenzenden Exons miteinander zur eigentlichen messenger-RNA (mRNA) verknüpft.

WIKIPEDIA: Als Spleißen bzw. Splicing (englisch splice ‚miteinander verbinden‘, zusammenkleben) wird ein wichtiger Schritt der Weiterverarbeitung (Prozessierung) der Ribonukleinsäure (RNA) bezeichnet, der im Zellkern von Eukaryoten stattfindet und bei dem aus der prä-mRNA die reife mRNA entsteht.

Es ist zu vermuten, dass diese in die Matrix des Zellkerns freigesetzten Intronabschnitte in geeigneter Form (Triphosphate) als Nukleotid-Quelle für den RNA-Aufbau dienen, wobei allerdings der Ersatz des Thymins durch Uracil offenbleibt.

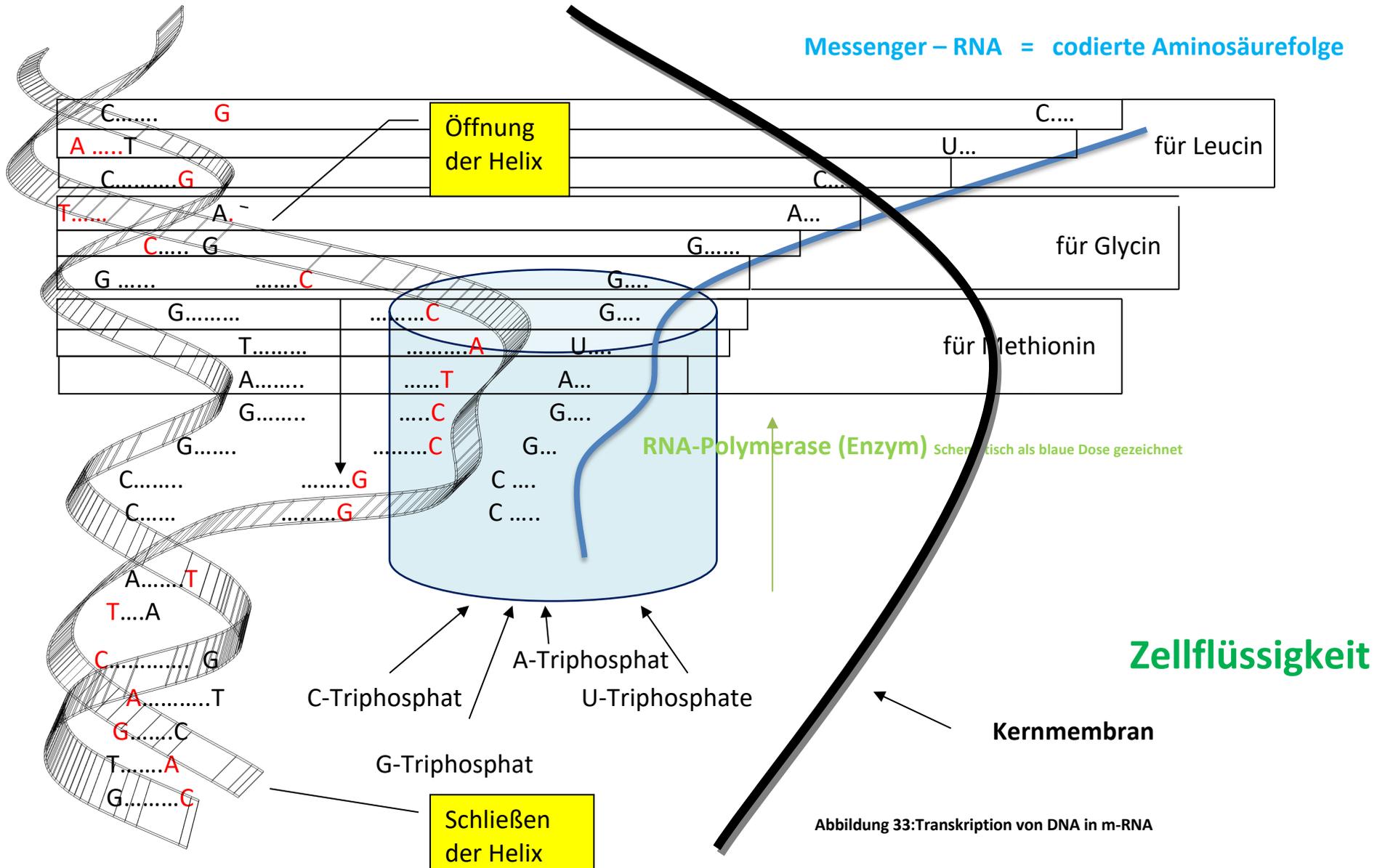
Die Basenfolge der mRNA ist daher identisch mit der Basenfolge des komplementären DNA-Strangs, der von der RNA-Polymerase nicht abgelesen wird. Danach schließt sich die partiell geöffnete DNA-Doppelhelix wieder. Auf die überraschende Tatsache, dass die DNA nur zu ca. 2 % aus codier fähigen Abschnitten (Exons) und zu ca. 26% aus "Einschüben" (Introns) sowie einem Rest an ungeklärten Abschnitten besteht, habe ich bereits hingewiesen. Durch das o.a. Spleißen erfolgt die ausschließliche Auslese der Exons für die m-RNA Formierung.

Die Bindungsbildung zwischen den Nukleotiden in der mRNA wird promoviert, da die Nukleotide-Bausteine als energiereiche Triphosphate vorliegen. Danach diffundiert die gebildete mRNA aus dem Kern heraus, hin zu den Peptidfabriken, den Ribosomen, die es in Fülle – ca. 15000 pro Zelle Escherichia Coli²⁸⁴ – im Cytoplasma gibt.

Ich habe versucht, in der Abbildung 33 das Zusammenspiel zwischen dem geöffneten Abschnitt der DNA und der entstehenden mRNA, durch waagrechte Kästchen zu veranschaulichen. Die Fragen, warum sich die DNA gerade an dieser Stelle öffnet und warum sie sich an der passenden Stelle wieder schließt, warum sie nicht einfach abreißt, oder wie sie von der RNA-Polymerase gefunden wird und wie sie die Polymerase wieder abstößt usw. sind im Prinzip wohl erklärbar, erfordern aber zwecks Beantwortung intensives Studium der Molekularbiologie. Dass die Verhältnisse im Detail außerordentlich komplex sind, vor allem wenn man die in diesem Prozess aktiven Enzyme einbezieht, habe ich zur

Vereinfachung der Darstellung nicht berücksichtigt. Es ist das die Eliminierung der Introns, die im Rahmen des Splicings zur alleinigen DNA-Informationsweitergabe an die messenger-RNA durch die Exons führt.

DNA-Doppelhelix im Zellkern



Messenger - RNA = codierte Aminosäurefolge

Öffnung der Helix

für Leucin

für Glycin

für Methionin

RNA-Polymerase (Enzym) Schematisch als blaue Dose gezeichnet

Zellflüssigkeit

Kernmembran

C-Triphosphat

A-Triphosphat

U-Triphosphate

G-Triphosphat

Schließen der Helix

Abbildung 33: Transkription von DNA in m-RNA

2.4.8.2 Translation von messenger-RNA (mRNA) in transfer-RNA (tRNA = Anticodon) zur Steuerung des Peptidaufbaus

Transfer-RNAs sind kurze Ribonukleinsäuren mit etwa 73 bis 95 Nukleotiden, die ein Anticodon einschließen. Das Anticodon ist ein hochspezifisches Basentriplett der o. a. Nukleotide. Es steuert, dass sich bei der Translation die richtige Aminosäure mit dem entsprechenden Codon auf der mRNA koordiniert.

Die Evolution arbeitet mit 20 bis 21 α -L-Aminosäuren für deren Synthese zu Proteinen mindestens 20 - 21 verschiedene tRNAs fungieren müssen - für jede Aminosäure ein eigenes Anticodon. Da ein Codon aus drei Basen besteht und es nur vier verschiedene Basen gibt, werden maximal 64 verschiedenen Codons benötigt. Man kennt heute etwa 500 natürliche Aminosäure; die biochemisch- bzw. evolutionsgeschichtlich wichtigen besitzen die α -L-Struktur.

Ich finde es bemerkenswert, dass zwischen DNA und RNA ein prinzipieller Struktur-Unterschied besteht. RNA liegt weitgehend als monomere Nukleinsäure Strang vor, aber auch in der Kleeblattstruktur in sich selbst verschlungen z.B. in der t-RNA. Dagegen ist DNA überwiegend als komplementärer Doppelstrang von hoher Symmetrie gekennzeichnet. Bereits früher habe ich mich formal dafür ausgesprochen, dass hohe Symmetrie mit hoher Entropie (formal: niedriger Ordnung) verbunden ist. Zwischen beiden Molekül-Entitäten liegt also ein wesentlicher Symmetrie-Unterschied. Wenn wir, wie es wahrscheinlich richtig ist, davon ausgehen, dass RNA zeitlich vor DNA agiert hat, ist es zu einem beträchtlichen Aufwand von Symmetriebildung bei der nachfolgenden DNA-Formation gekommen. Damit verbunden war u.a. aber auch verdoppelter molekularer Stoffaufwand. „Cui Bono“ ist also die Frage. War es der große Gewinn an Informationssicherheit? (Wer sollte das wie erkannt und entschieden haben: Zukunftssicherheit auf Zufallsbasis?). Ist der Ersatz von Ribonukleinsäure (Ribose) durch Desoxyribonukleinsäure (Desoxyribose) ein sterisch ausschlaggebender Faktor? Ist es eine entropische Frage, die in diesem komplexen System für mich nicht überblickbar ist.

Umgekehrt, wenn es zunächst DNA gegeben hätte, wäre die Entscheidung für monomere RNA als Vermittler aus der Umkehrung der angeführten Symmetrie-Gründe eher vorstellbar.

Andererseits ist eine dimere RNA in der wirksamen Funktionalität nicht vorstellbar. Insofern sind o.a. Überlegungen eigentlich müßig.

Der zweite Schritt, die Translation, findet außerhalb des Zellkerns, in den Ribosomen der Zelle statt. Es kommt sozusagen zur doppelt komplementären Übersetzung der Triplett-Codon-Sprache der DNA zunächst in die Primärstruktur der Peptidsprache und aus dieser linearen Struktur heraus zu chiraler Raumentfaltung des aus α -L-Aminosäuren erzeugten Peptid-Moleküls. Diese

Raumentfaltung des zunächst linearen Peptidfadens resultiert daraus, dass sich Peptide, infolge der selbstorganisatorischen Möglichkeiten der Faltung, Knäulens, Blattbildung usw. dreidimensional formieren. DNA ist dagegen, wenn sie aktiv ist, linear orientiert; auf diese Weise wird die dritte Dimension des Lebens, aus der Linearität der DNA erschaffen. Verantwortlich für diese Raumerschließung sind die schon des Öfteren angesprochenen zwischenmolekularen Kräfte, vor allem van der Waals-Kräfte. Aufgrund ihrer vergleichsweise schwachen Wechselwirkungen und damit fragilen Charakters, können sie sich in ihrem Mikrokosmos nur auf einem minimalen Energieniveau, wie sie z.B. irdische Gegebenheiten bieten, entfalten. Dieses niedrige Energieniveau ist daher eine notwendige Voraussetzung für Leben und wird von Lebewesen zusätzlich durch konstante Körpertemperatur stabilisiert. Der zweite dimensionserweiternde Faktor ist natürlich die Zellteilung (Siehe: Mitose, Wachstum, Abschnitt 2.4.11.1).

An dieser Stelle möchte ich eine grundlegende Frage ansprechen, die aus einer quantenmechanischen Sicht unserer Welt für mich nicht a priori zu beantworten ist.

Sind Nukleotide, als einzelne Moleküle, ev. als Quantenobjekte anzusehen und damit in einer ganz anderen Begrifflichkeit wie wir sie aus unserer klassischen, makroskopischen Sicht kennen, zu betrachten (Welle-Teilchen-Dualismus)? Sie gehören in diesem Fall nicht der klassischen Newton-Mechanik, sondern müssen probabilistisch betrachtet werden. Damit resultiert die Frage: Tritt über die Polymerase ein Wandel des mikroskopischen Quantenobjekts Nukleotid zur Makroskopie der DNA ein? Ist DNA schon kein Quantenobjekt mehr?

Der Übergang zwischen Quantenphysik und klassischer Physik könnte fließend sein. Ich habe da meine Zweifel: Bekanntlich gibt es einen irreversiblen Zeitpfeil in unserer klassischen, makroskopischen Welt. Die Zeit schreitet unentwegt fort und niemals zurück. In der Quantenwelt ist dem nicht so. Sie ist zeitlos und ohne Richtung. Ich stelle mir vor, dass beim Verlassen des quantenmechanischen Mikrokosmos in den Makrokosmos der DNA, der Zeitpfeil auch den Übergang vom Quantenobjekt zur klassischen Welt impliziert. M.W. verbinden die Quantenphysiker den Übergang mit dem Begriff der Dekohärenz, wenn also ein Quantensystem unvermeidlichen und unkontrollierten Wechselwirkungen durch die Umgebung ausgesetzt wird. Wie und ab welcher Materieanhäufung das in der DNA-Welt geschieht, ist eine wohl nicht unwichtige Frage, die u.U. auch etwas mit einem Übergang aus der Anorganik in das Phänomen Leben zu tun haben könnte. Ist denn bei Nucleotiden oder gar DNA schon mal der Tunneleffekt oder die Beugung eines Molekülstrahls am Doppelspalt beobachtet worden? Wenn ja, dann nur indirekt: WIKIPEDIA: *Der genetische Code ist unter anderem durch das Auftreten von Protonen-Tunneln in der DNA nicht vollständig stabil. Dadurch ist der Tunneleffekt mitverantwortlich für das Auftreten von Spontan-Mutationen.*

Die Chiralität der zu verknüpfenden α -L-Aminosäuren scheint schon seit dem Start von Leben festgelegt zu sein. (s.a.: 2.4.2.2 Biologischer Symmetriebruch).

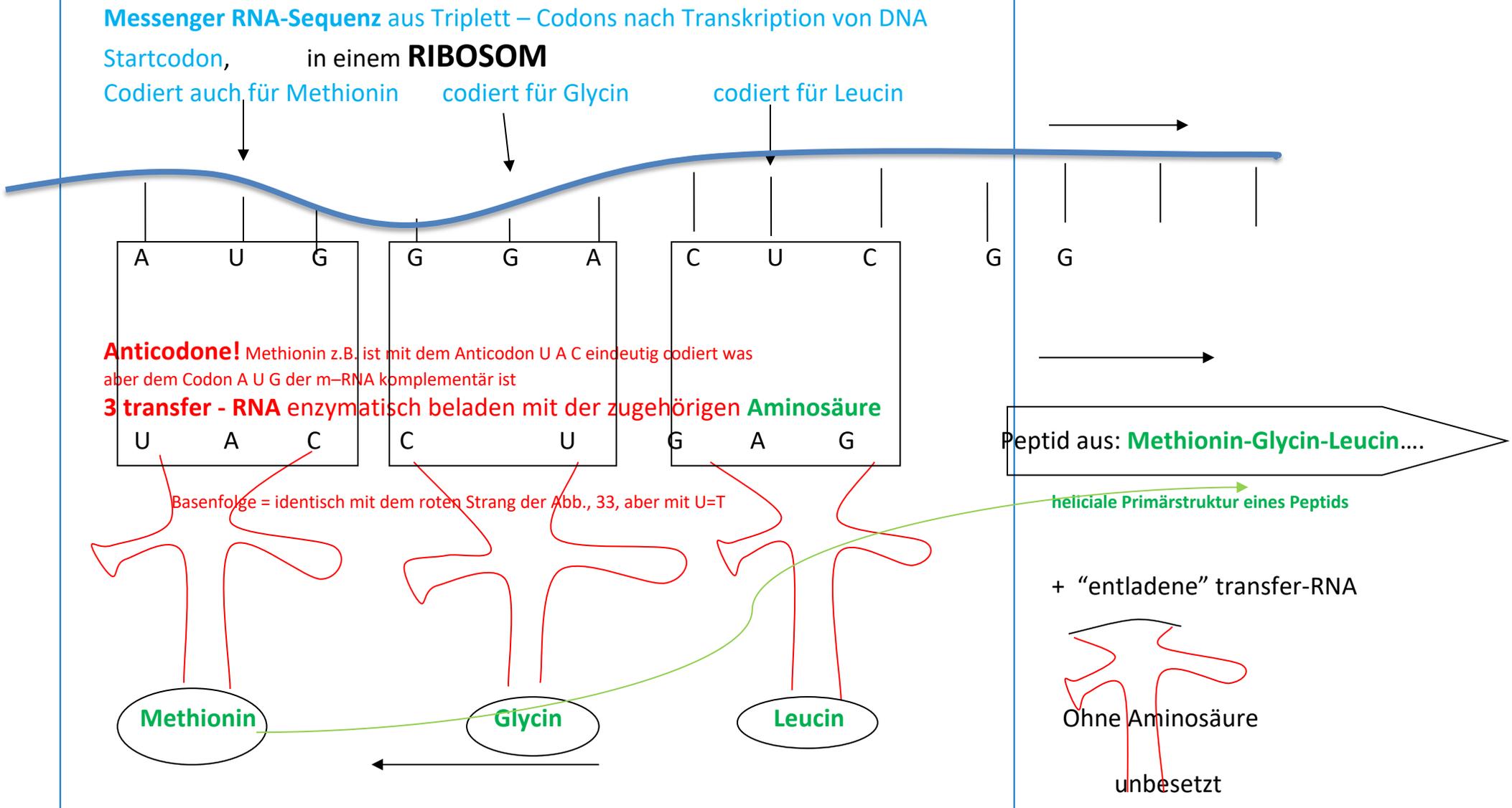
Sie liegen ganz überwiegend als L-Enantiomere vor, und die sie reaktiv verknüpfenden Enzymkomplexe weisen die dazu passende Chiralität, entsprechend dem Schlüssel-Schloss-Prinzip auf.

Darüber hinaus wird bei dieser Bindungsvermittlung durch die mRNA, die Chiralität des erzeugten primären Polypeptids, in Form einer sekundären, oder helicalen, tertiären oder quartären Struktur, eindeutig festgelegt. Sie ergibt sich allein aus der Folge der Aminosäuren durch immanente Wirkung von niederenergetischen Verknüpfungspotentialen wie Wasserstoffbrücken, Disulfidbrücken und ionische Wechselwirkungen. Solche Potentiale resultieren u.a. aus dem atomaren Aufbau der Aminosäure-Struktur durch unterschiedliche Elektronegativität, der sie bildenden Atome (C, H, O, N, S) und polaren Teilbereiche (z.B. -COOH, -N⁺ R₃). Sie werden bei gleichen Peptid-Ketten durch gleiche intermolekulare Kräfte, bei gleicher chiraler Raumerfüllung des Polypeptids punktuell ausgeglichen. Dabei spielt die erwähnte Wasserentropie eine große Rolle. Der Motor ist das Bestreben eine energiearme Proteinstruktur zu verwirklichen.

Ändern sich die Aminosäure-Bausteine der Kette infolge einer anderen mRNA-Gruppierung, oder ändert sich die Faltung bei gleicher Kettenfolge durch Denaturierung, entwickeln sich andere räumliche Strukturen aus der Primärstruktur des Polypeptids. Die Verknüpfungspotentiale müssen sich dann räumlich anders organisieren, um die niederenergetischste Sekundär- usw. Tertiär-Struktur zu verwirklichen. Veränderte Tertiärstrukturen von Proteinen können verantwortlich sein für funktionelle und weitreichende pathologische Änderungen für das resultierende Leben. Die Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) Erkrankung wird z.B. darauf zurückgeführt.

Dazu hangelt sich das Ribosom an der mRNA entlang und zieht hinter sich die Kette bereits verknüpfter α -L-Aminosäuren als Peptid her (Siehe Abbildung 34). Die Auswahl und Verknüpfung der Aminosäuren erfolgt über einen weiteren komplexen Mechanismus, mit Hilfe von transfer-RNA (tRNA):

Abbildung 34: Translation von transfer-RNA in Peptide in einem Ribosom



In der Zellflüssigkeit liegen alle monomeren α -L-Aminosäuren vor. Um sie für das Ribosom zu Peptiden verknüpfbar zu machen, müssen sie zunächst einen Schlüssel erhalten. Solche Schlüssel sind die bereits beschriebenen kurzen, Kleeblattförmige 20-21 tRNA-Einheiten, die an einem Ende ein Triplet-Anticodon aus 3 Basen enthalten und nur eine bestimmte L-Aminosäure binden können.

Mit der Triplet-Basenfolge der messenger-RNA, kann sich nur ein komplementäres Triplet-Anticodon der tRNA-Einheit kurzfristig verbinden. Am anderen Ende der transfer-RNA-Einheit befindet sich eine mit Hilfe spezifischer Enzyme ange-dockte passende, monomere L-Aminosäure. Jede L-Aminosäure hat mehrere eindeutig festgelegte, maximal 4, transfer-RNA-Einheiten, wie bereits bei der beschriebenen Festlegung des genetischen Codes dargestellt wurde.

So für die Reaktion im Ribosom vorbereitet, kann nun die tRNA, an einem Ende beladen mit einem Triplet-Anitcodon, am anderen Ende mit der komplementären Aminosäure, an das Ribosom heran diffundieren, wo dann die Peptid Verknüpfung erfolgt. Eindeutig wird so die in der DNA festgelegte α -L-Aminosäurensequenz, über messenger-RNA und tRNA, in das lineare Peptid in seiner Primärstruktur übertragen. Auch hier sollte m.E. die Stochastik, wie sie in Dysons Buch beschrieben ist (Dyson, 2016, S. 404) fungieren. Folgeeffekte wie Helix-Bildung oder Faltung des erzeugten linearen Peptids zu einer Tertiärstruktur, werden nicht von den Ribosomen ausgelöst, sondern erfolgen selbstorganisatorisch durch zwischenmolekulare Kräfte wie Wasserstoffbrücken-Bindungen oder Disulfid-Brücken.

Wie funktioniert diese Informationsspeicherung im Detail?

Denken Sie bitte an das eigentliche und elementare Wirken dieses DNA-Moleküls: Es steuert in jeder Zelle, den in der DNA-Nukleotidfolge festgeschriebenen biochemischen Verknüpfungsplan der verschiedenen α -L- Aminosäuren zu Peptiden. In der DNA ist die Sequenz von je 3 aufeinander folgenden Nukleotiden von entscheidender Bedeutung. Die Variation der Nukleotide in Dreier-Sequenzen, ist der Schlüssel für die Auswahl der möglichen Aminosäure, die dann in den Ribosomen (s.o.) der Zelle, als definierte Bausteine für Peptide, wie Enzyme, Strukturproteine, Hormone usw., biochemisch verknüpft werden.

Schauen wir uns den in Abbildung 34 dargestellten Verlauf der biochemischen Bildung des folgenden Peptid-Abschnitts:

Methionin-Glycin-Leucin

durch die biochemische Verknüpfung der drei α -L Aminosäuren

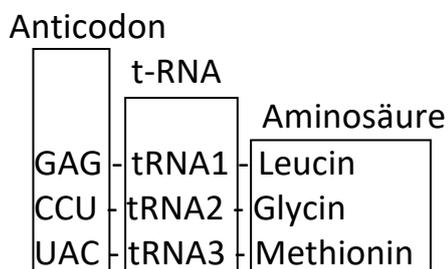
Methionin,
Glycin und

Leucin

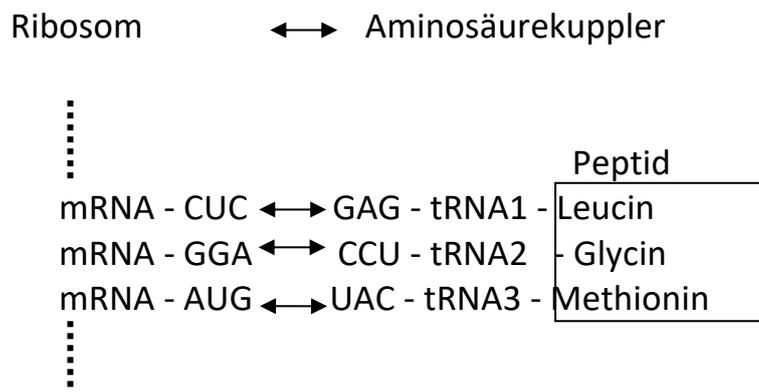
näher an, indem wir gedanklich **vom fertigen Peptid zur steuernden DNA-Doppelhelix des Zellkerns zurückschreiten:**

Intermediäre Schlüssel sind in diesem o.a. Geschehen drei kurze Folgen unterschiedlicher tRNA. Jede dieser tRNA, kann mit einem nur für sie passenden Enzym reagieren, das dafür sorgt, dass die nur für diese tRNA passende Aminosäure an diese tRNA gekoppelt wird. So bilden sich Aminosäurekuppler, die jeweils an einem Ende ein sogenanntes Anticodon aus 3 Basen enthalten:

Mögliche Aminosäurekuppler:



Nun kann jeder der „Aminosäurekuppler“ im Ribosom, geleitet über das Anticodon, komplementär mit der Basenfolge der mRNA interagieren und die drei α -L-Aminosäuren zu einem Peptid verknüpfen



In der Abbildung 33 wurde dargestellt, wie die mRNA über DNA entstanden ist:

RNA-Polymerase im Zellkern sorgt für eine Öffnungs-Schleife der DNA-Helix. Die Schleife wird unter Bildung von mRNA aus reaktiven Nucleotiden-Triphosphaten kopiert:

Der DNA-Abschnitt GAG erzeugt den mRNA-Abschnitt CUC

Der DNA-Abschnitt CCT erzeugt den mRNA-Abschnitt GGA

Der DNA-Abschnitt TAC erzeugt den mRNA-Abschnitt AUG

(In RNA ist T immer durch U ersetzt!)

In der DNA-Helix weist der zu der geöffneten Schleife komplementäre Strang folgende Basen auf:

Nochmals zur Konvention:

(DNA, RNA) wird vom 5'-Phosphat-Ende zum 3'-Hydroxy-Ende geschrieben.
Siehe Abbildung 31)

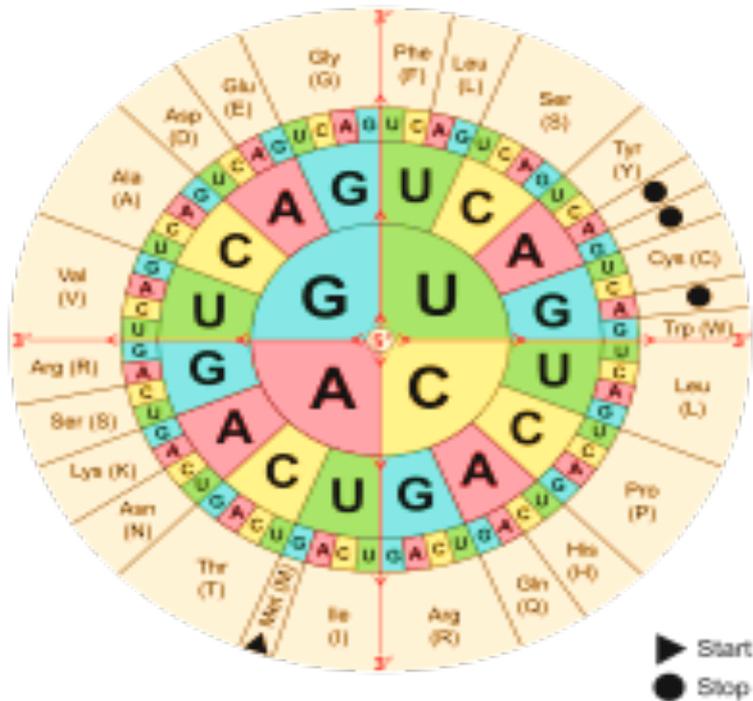
Primär- und Sekundärstrang sind willkürlich von mir gewählte Bezeichnungen)

Geöffnete Schleife (Sekundärstrang)		komplementärer Strang (Primärstrang, 5' nach 3')
		3' - Phosphat-Ende
GAG	Leucin	CTC
CCT	Glycin	GGA
TAC	Methionin	ATG
		5'- Phosphat-Ende

Wenn Sie nun in einer DNA-Standard-Codon-Tabelle der Literatur für α -L-Aminosäuren nachschauen, finden Sie:

DNA-Codon	Aminosäure
CTC	Leucin
GGA	Glycin
ATG	Methionin

Die folgende Darstellung, eine interaktive Tabelle aus WIKIPEDIA, gibt einen schnellen Überblick welche Aminosäure mit welchem Codon korreliert.



Kopie aus WIKIPEDIA

Komplementärer Basenwechsel:

Nukleotid-Folge

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| a) DNA Primärstrang | Original |
| b) DNA Sekundärstrang | Kopie, invers |
| c) Kopie mRNA | Original aber U für T |
| d) tRNA zu mRNA | invers aber U für T |
| e) Kopie Peptid | Original |

Einige Fakten zur Bewertung dieser komplexen Strategie:

- Da gibt es ubiquitär eine chemisch-mechanistische Mikro-Parallelwelt, und das in jeder belebten biologischen Zelle. Zu unglaublich für unsere vertraute Begriffswelt, da sich Zell-Mechanismen in unfassbarer Perfektion, auf uns nicht direkt sichtbaren Bühnen abspielen. Kein Wunder, dass so manche mystische Erklärung dieser naturwissenschaftlichen Erfassung der Lebensgrundlage vorgezogen wird; sicher zu einem großen Teil, weil man sich dem Verstehen dieser komplexen aber durchaus erfassbaren Zusammenhänge bequemerweise entzieht. Das Problem ist eben, dass viele Esoteriker sich durch Wissensverweigerung in unbeweisbare, nebulöse Glaubenswelten flüchten.
- Diese unsichtbaren Mechanismen präsentieren und erschließen uns die viele Jahre so geheimnisvolle Evolution.

- Chemische Körper, Moleküle – Purine- und Pyrimidine Basen - treten aus ihrer Anonymität der Vielfalt heraus in eine neue synergistische Dimension. Sie werden durch ihre Verknüpfung zu punktuellen, Informationsträgern.
- Eine einzelne Basenvariation kann Mutation in der DNA-Welt (Genotyp), damit in der Peptidwelt und weiter im Phänotyp bewirken. In der Lebensumwelt wird Selektion angestoßen und damit im weitesten Sinn die biologische Welt verändern.
- Das DNA-Programm (s.o.: a, b) verlässt den Zellkern nicht, es ist der hochaktiven Matrix des Cytoplasmas entzogen.
- Der Primärstrang des DNA-Programms (a) ist völlig getrennt vom Peptid-Synthesevorgang und damit möglichen Schädigungen entzogen.
- Sollte es bei Schritt (b) zu (c) zu einer Schädigung des Sekundärstrangs (b) kommen, wird dieser beim Rekombinieren zur Helix (a-b) repariert.
- Schritt (d) hin zu (e) könnte sich u.U. selbst erklären als ursprünglich umgekehrte Folge der Informationsübertragung von erfolgreichen (beständigen?) Peptiden, hin zu einem geordneten Reproduktionsspeicher in der Präbiotik. Die Schritte (c), (b) und (a) könnten sich als Anpassung auf eine höhere, zukunftsfähigere Ebene etabliert haben.
Auf diese Frage, was war zuerst da, Peptid oder DNA, kommen wir noch zurück.

Wie noch häufig angesprochen wird, zeigt sich, dass die Evolution erfolgreiche Wege nicht mehr aufgibt, sie vielmehr ausbaut oder, und - das ist in diesem Zusammenhang wichtig -, den Weg umkehrt im Sinn einer Kreislaufgestaltung aktiviert.

Es handelt sich um einen Bauplan (Information) zur stofflichen Transformation von Aminosäuren in das dreidimensionale Niveau eines Peptids; ein molekularer stofflicher Code, der dafür sorgt, dass genau definierte, polymere Moleküle (hier Proteine), bauplangerecht in der Zelle produziert werden. Die so formierten Proteine sind vorwiegend wirksam als Enzyme oder Strukturmaterialien, als steuernde und stoffliche, strukturelle Komponenten wie die Hormone von spezialisierten Zellen in verschiedenen Organen. Proteine sind die Voraussetzung für alle Biologie. Es handelt sich ganz evident um ein völlig anderes Prinzip wie wir es vom vertrauten Abpausen oder gar als digitales elektronisches Kopieren kennen.

Betrachten wir allerdings z.B. vergleichsweise das Kopieren alter Schriften, wie es die Mönche der alten Klöster ausübten - lesen und abschreiben -, betreten wir eine noch differenziertere und störungsanfälligere Bühne mit besonderen Voraussetzungen:

- verbindlich lesen können:

- Auge - Sehnerven - Gehirn - Bewusstsein - Zwischenspeichern

- Schreiben können:
 - Zwischenspeicher abrufen - Bewusstsein - Gehirn - Sehnerv - Auge,
- Steuerung:
 - Nerven - Muskeln - usw.
- Fehleranfällig

In der DNA werden Baupläne für lebensfähige, selbstorganisationsfähige, biologische Wesen molekular gespeichert und in der gesamten Biologie in jeder Sekunde milliardenfach, mit geringen Kopierfehlern, ausgeführt. Die aus Kopierfehlern oder anderen DNA-Veränderungen unvermeidbar resultierenden Programmänderungen, führen in der Proteinsynthese zu Mutationen des Genotyps. Daraus folgen makroskopische Veränderungen der Lebewesen, dem Phänotyp, die ständig der Herausforderung der umgebenden Fitnesslandschaft unterworfen sind. Man muss allerdings ergänzen, dass der Phänotyp, oder das Erscheinungsbild in der Genetik, die Menge aller Merkmale eines Organismus, wie Morphologie sowie physiologische und psychologische Eigenschaften umfasst.

Wenn man diesen komplexen Mechanismus erkannt hat, stellt sich u.a. die Frage: Wurde er in seiner Entstehung vor ca. 3 Milliarden Jahren, von oben nach unten, oder von unten nach oben gemäß obiger Auflistung begonnen und dann immer weiter ausgebaut?

Manches spricht für die Version von unten nach oben, also Aminosäure → Peptid → RNA → DNA. So ist die Bildung von α -L-Aminosäuren und Peptiden (Informationsspeicher) in der reduzierenden Atmosphäre vor 3-4 Milliarden Jahren definitiv möglich, allerdings nur als Racemat. Die Bildung von DNA ist wesentlich weniger gesichert (s.u.). Wie es dann auf dem Weg Aminosäure → Peptid → RNA → DNA zum biologischen Symmetriebruch gekommen sein könnte, erscheint noch immer rätselhaft.

DNA und Aminosäure bzw. Proteine, sind über m-RNA und t-RNA unverwechselbar und abhängig miteinander verknüpft. Sie werden von der Evolution permanent in ihrer Proteinfaltung, d.h. als Phänotyp, in jedem Lebewesen immer wieder neu getestet. Eine Aussicht auf Erreichung eines stabilen Peptid-Programms mit Zukunft gibt es nicht, da die ständige Zunahme der Entropie ständig neue Herausforderungen aufbaut.

Noch eine Anmerkung zur Chiralität: Angenommen die Evolution hätte sich entschieden L- und D-Aminosäure zu Peptiden umzusetzen. Können Sie sich die noch weiter erhöhte Komplexität dieser 2^n fachen Strukturgestaltung (s.o. (Schurig, 2015, S. 36)) und ihre Fehleranfälligkeit in einer Zelle vorstellen?

Zum Abschluss noch eine Zusammenfassung der unglaublichen Vielfalt an Funktionalität von Proteinen:

Wikipedia: Funktionen von Proteinen:

- *Schutz: Verteidigung gegen Mikroorganismen*
 - *Toxine: zur Lähmung von Beutetieren*
 - *Antikörper: Abwehr von Infektionen.*
- *Körperstruktur, Bewegung:*
 - *Kollagene: Strukturproteine der Haut, des Bindegewebes und der Knochen.*
 - *Strukturproteine bestimmen den Aufbau der Zelle, die Beschaffenheit der Gewebe und des gesamten Körperbaus.*
 - *Myosine und Aktine : Muskelkontraktion für Bewegung.*
 - *Keratin Strukturen: Haare/Wolle, Hörner, Nägel/Klauen, Schnäbel, Schuppen und Federn*
 - *Seidenfäden: Spinnen und Insekten*
- *Stoffumsatz (Metabolismus):*
 - *Transport, Signalfunktion*
 - *Enzyme: Biokatalysefunktionen*
 - *Als Ionenkanäle regulieren Proteine die Ionenkonzentration in der Zelle, und damit deren osmotische Homöostase sowie die Erregbarkeit von Nerven und Muskeln.*
 - *Transportproteine: übernehmen den Transport körperwichtiger Substanzen wie z. B. Hämoglobin oder Transferrin, das Eisen im Blut transportiert.*
 - *In Zellmembranen befinden sich Membranrezeptoren; meist Komplexe aus mehreren Proteinen, die Substanzen außerhalb der Zelle erkennen und binden. Dadurch ergibt sich eine Konformationsänderung, die dann als Transmembransignal im Innern der Zelle erkannt wird.*
 - *Manche (meist kleinere Proteine) steuern als Hormone Vorgänge im Körper.*
 - *Blutgerinnungsfaktoren*
 - *Auto-fluoreszierende Proteine in Quallen.*
 - *Reservestoff*
 - *Reservestoff : Energielieferanten. Dabei können die in Leber, Milz und Muskeln gespeicherten Proteine nach Proteolyse und Abbau der entstehenden Aminosäuren zu Pyruvat entweder zur Gluconeogenese oder direkt zur Energiegewinnung genutzt werden.*

Wenn man sich dieser Funktionalität von Proteinen (Aminosäuren) und der Bedeutung für Leben bewusst wird, kommt man zu einem "einfachen" Prinzip:

- Am Anfang waren u.a. die Ur-Gase Wasser, Kohlenoxide und Stickstoff, bestehend aus den Elementen H, O, C und N
- Die energetischen Bedingungen transformierten diese in definierte Aminosäuren (bestehend aus den Elementen H, O, C und N), die als Informations-elemente zu sehen sind
- Die energetischen Bedingungen führen zu komplexen Peptiden (bestehend aus den Elementen H, O, C und N), die Räumlichkeit, Chiralität und erweiterte Informationsspeicherung aufweisen

- Diese Informationspools verselbstständigten sich mit dem Ergebnis den Informationsgehalt zu bewahren bzw. zu verstärken.
- Die Entropie wurde, bezogen auf die Proteine erniedrigt
- Das Element Phosphor kommt ins Spiel: Es wurde über RNA und DNA ein biomechanischer Weg gefunden die Informationsblöcke (Peptide) zu reproduzieren
- Information ist Ordnung, ist unnatürlich, ist künstlich, ist Leben

Und damit sind wir beim genetischen Code.

2.4.9 Wie könnte der genetische Code entstanden sein?

Zunächst ist festzuhalten, dass diese elementare Frage der biologisch-molekularen Evolution bisher ungelöst ist.

Es gibt u.a. sehr anspruchsvolle, weiterführende Arbeiten, die Sie als Zusammenfassung z.B. bei H. Follmann (Follmann, 1981, S. 128) finden. Sie stoßen dort auf das Evolutionsmodell von Hans Kuhn²⁸⁵ und das Konzept des Hyperzyklus von Manfred Eigen²⁸⁶. Besonders die Arbeiten von Manfred Eigen setzen aber ein überdurchschnittliches mathematisches Rüstzeug voraus.

Ein Schlüsselbegriff den Follmann in diesem Kontext ausführlich interpretiert, ist die schon öfter erwähnte Selbstorganisation, ein Begriff der auch von Eigen und Kauffman (s.o.) benutzt wird.

Allerdings sind die Arbeiten von Eigen bereits 1966 veröffentlicht worden; Hans Kuhns Arbeiten stammen von 1972. Kauffman hat seine Theorien, u.a. zur Selbstorganisation, in seinem Buch, "Der Öltropfen im Wasser" m.W. 1995 vorgestellt.

Beide, Eigen und Kuhn, begründen die Selbstorganisation durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse der Chemie und der Physik. Die folgende Aussage von Hans Kuhn, hinsichtlich des Zusammenhangs von Entropie und Informationsgehalt, wurde bereits im Abschnitt Information erwähnt:

„Information ist negative Entropie. Biologische offene Systeme haben durch die Evolution immer mehr Strukturierung und damit Ordnung erfahren. Die Entropie muss also gesunken sein. Insgesamt ist die Entropie jedoch gestiegen, da durch wärmeliefernde Hydrolyse ausgesonderter Biomoleküle diese Abnahme überkompensiert wird. Zusätzlich ging durch die ungeheure Menge ausselektionierter Biomoleküle, wie DNA, oder Peptide mehr Information verloren als letztlich an Information in den überlebenden Systemen gespeichert bleibt“.

WIKIPEDIA:

Negative Entropie, Kurzbezeichnung Negentropie, ist allgemein definiert als Entropie mit negativem Vorzeichen. (In der Thermodynamik ist Entropie immer ein

positiver Term, größer Null). Sie kann interpretiert werden als ein Maß für die Abweichung einer Zufallsvariablen von der Gleichverteilung.

WIKIPEDIA: In der Stochastik ist eine Zufallsvariable oder Zufallsgröße (auch zufällige Größe, Zufallsveränderliche, selten stochastische Variable oder stochastische Größe) eine Größe, deren Wert vom Zufall abhängig ist. Formal ist eine Zufallsvariable eine Zuordnungsvorschrift, die jedem möglichen Ergebnis eines Zufallsexperiments eine Größe zuordnet. Ist diese Größe eine Zahl, so spricht man von einer Zufallszahl. Beispiele für Zufallszahlen sind die Augensumme von zwei geworfenen Würfeln und die Gewinnhöhe in einem Glücksspiel. Zufallsvariablen können aber auch komplexere mathematische Objekte sein, wie Zufallsbewegungen, Zufallspermutationen oder Zufallsgraphen.

Da die Entropie (Unordnung oder Zufälligkeit) einer gleichverteilten Zufallsfolge maximal ist, folgt, dass die Negentropie dieser Folge minimal wird. In der informationstheoretischen Interpretation der Entropie ist damit die Negentropie groß, wenn in einer Zeichenfolge viel Information steckt, und klein in einer zufälligen Zeichenfolge.

Hier sollte nach Hans Kuhn ein Brückenschlag zum genetischen Code möglich sein: Wenn man Information bzw. ihre Bausteine als Elemente des Lebens oder gar dessen innerste Eigenart ansieht, kann man versuchen diesen Gedanken in die Entwicklungsgeschichte der Biologie einzubeziehen und Leben als Informationspool sehen. Vor 3- 4 Milliarden Jahren begann die Bildung von Aminosäure in der Ur-Atmosphäre durch Absinken der Temperatur nachhaltig zu werden, da die Zersetzung minimiert wurde. Letztlich sind diese α -Aminosäuren die ersten biochemischen Informationselemente. Sie müssen in ungeheuren Mengen auf die Erdoberfläche herabgeregnet sein zusätzlich zu den in vergleichbaren Reaktionen an Phasengrenzen auf der Erdoberfläche entstandenen Biomolekülen. Es bildete sich ein riesiger, erdumspannender Teppich, eine Matrix, aus zunächst isolierten Informationselementen. Mit Sicherheit bestand diese Matrix zunächst nur aus relativ wenigen solcher Bausteine in Form verschiedener Aminosäuren. Man kann aber voraussetzen, dass die gegebenen Temperaturen, an geeigneten Mineralien (z.B. die bereits beschriebenen Montmorillonit), die Bildung von Ur-Proteinen förderte. Als Ergebnis fielen neue, kombinierte, komplexere Informationselemente an. An reaktiveren Stellen ist sicher aber auch ein Großteil dieser Biomoleküle denaturiert bzw. zerstört worden, womit riesige Informationspotentiale unter Entropie-Erhöhung verschwanden. Da alle in der Uratmosphäre entstandenen Aminosäuren als Racemate entstanden, also sowohl in der D- als auch L-Form, dürften sich komplexe Polymere in Form reiner D-, reiner L- Enantiomere kaum, als D-,L-Gemische aber nahezu ausschließlich gebildet haben. Alle diese Gebilde stellten Informationselemente dar. Dass davon bis heute in der Evolution nur die L-Polymere geblieben sind, ist eine Tatsache und schwer zu erklären. Es wurde bereits darauf hingewiesen, welche Auswirkungen D-,L-Gemische haben: Prof. Dr. Volker Schurig (Schurig, 2015, S. 36): *"Ein Peptid mit nur 3 Aminosäurebausteinen weist bereits 2³ stereoisomere Formen auf, wenn es durch racemischen D,L-Gemischen aufgebaut wird (LLL, LLD, LDL, LDD, DDD, DDL, DLD, DLL)".* Heute liegt überwiegend die L-Form vor und wir finden, wie es in der Natur auch zu beobachten ist also nur die homochirale LLL....-Form: das entspricht einer ungeheuren Vereinfachung, denn alle 8 o.a. Misch-Peptide haben unterschiedliche Eigenschaften: z.B. in der Faltung. Alle stellen Informationselemente dar.

Die Frage ist u.a., warum die homochirale LLL...-Form übrigblieb, bekleidet von der Vernichtung von riesigen Beständen an Informationsmolekülen. Welche unterschiedlichen Einflüsse sind denkbar? Was gewann die Evolution damit? Warum stabilisierte sich die L-Form anstelle der D-Form? Alles Fragen, die ich schon an anderer Stelle aufgezählt habe.

Sehr interessant ist m.E. auch ein Gedanke von Erwin Schrödinger. <http://www.chemie.de/lexikon/Negentropie.html>: "Der Begriff negative Entropie wurde von Erwin Schrödinger (...Schrödinger meinte mit negativer Entropie freie Energie).... in seinem Buch „*Was ist Leben*“ geprägt. Er definiert Leben als etwas, das negative Entropie aufnimmt und speichert. Das bedeutet, dass Leben etwas sei, das Entropie exportiert und seine eigene Entropie niedrig hält: Negentropie-Import ist Entropie-Export."

Das tangiert den von mir schon des Öfteren geäußerten Gedanken, dass Entropie im Zusammenhang mit Leben, aus mindestens zwei Entropie-Termen bestehen muss, die sich zur Gesamtentropie addieren.

In diesem Zitat wird die Problematik der Eingrenzung von Entropie auf biochemischer Ebene deutlich, die mir über die Biochemie hinaus, bereits in den ersten Kapiteln dieses Buches für den Makrokosmos bewusst wurde: Entropie entfaltet sich gekoppelt: Zum einen könnte es eine strukturelle negative Teilentropie als Informationsgröße geben, die ich schon im Zusammenhang mit der Formfindung von Galaxien und Sternen angeführt habe. Hans Kuhn formuliert negative Entropie in der Biochemie, was im Klartext Entropie-Abnahme bedeutet. Auf der anderen Seite muss es auch die terrestrische Gesamtentropie geben, die nur zunehmen kann. Schließlich gelten die Hauptsätze der Thermodynamik immer. Allerdings wird in diesem beschriebenen biologischen Kontext der Begriff Entropie immer mehr zu einer Art formalem Konzept, das komplexe Detailabläufe sozusagen nur summarisch und vielleicht etwas zwanghaft mit einem Ordnungsprinzip zu erklären versucht, da eine physikalisch energetische Zuordnung angesichts der großen Zahl beteiligter Untersysteme meist nicht möglich ist.

Sicher ist dieses Prinzip ursächlich mit der Formation der Urzelle verknüpft, vor allem aber mit bevorzugender Interaktion. Das Konzept der Urzelle, aus der alle biochemischen Entwicklungen jedweder Art hervorgegangen sind, ist heute in der Wissenschaft weitgehend anerkannt. Bevorzugende Interaktionen zwischen Molekülen unterschiedlichen Reaktionspotentials, sind in der Begrenztheit einer Zelle von größerer Wahrscheinlichkeit als in der Weite von Urtümpeln, den "Schwarzen Rauchern" oder gar in der Unendlichkeit der Ur-Ozeane. Die Unwahrscheinlichkeit eines dauerhaften Wiederfindens von Schlüssel und Schloss schließt geregelte Interaktion außerhalb von Zellen aus. Die Wahrscheinlichkeit und Unvermeidbarkeit eines Informationsaustausches im weitesten Sinn steigen exponentiell in der

kleinen Welt einer Zelle. Zellen enthalten Millionen von Molekülen und Molekülverbänden: Elementare Bausteine, wie Blausäurederivate, Wasser, Stickstoffverbindungen, Kohlehydrate, Aminosäuren u.v.a.m. Pyrophosphate als Wasserfänger in Kondensationsreaktionen können Entropie erniedrigende Reaktionen ermöglicht haben, die im Sinne der klassischen Thermodynamik „verboten“ sind, da sie einen Energieberg erklimmen müssen also nicht spontan verlaufen können. Dieses "Verbot" wird dann aufgehoben, wenn Freie Energie ΔG für biochemische Reaktionen zur Verfügung steht.

Eine solche bevorzugende Interaktion mag zunächst zwischen α -Aminosäuren und Nukleinsäure-Bruchstücken (RNA-Vorläufern) stattgefunden haben. So erscheint es plausibel, dass sich zwischen Aminosäuren bzw. Proteinen und RNA-Vorläufern, vergleichbar Templaten, eine passende strukturelle und bindungsbegünstigte Interaktion gab. Sie könnte, energetisch gesehen, bevorzugt gewesen sein, wenn Freie Energie ΔG z.B. in Form von aktivierenden Phosphatgruppen zur Verfügung stand. In diesem Sinn sollten kurze Polynucleotide mit Di- bzw. Triphosphat-Endgruppen, als RNA-Vorläufer, eine geringe enzymatische Wirkung entfaltet haben, um solche Formierungen anzuregen. Eine RNA-Katalyse also, die im Laufe der Entwicklung von proteinogenen Enzymen hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit effektiver ersetzt wurden.

Der wichtigste Effekt ist allerdings, dass die latent in α -Aminosäuren bez. Proteinen gespeicherte Ordnung, ihre Informationspotentiale also, auf ein strukturell und biochemisch gesehen völlig anderes Speichersystem übertragen wurde: auf Nukleinsäure Moleküle.

Es gibt diese Ribozyme heute noch. Jede Zelle enthält eine Vielzahl davon.

WIKIPEDIA: *"So katalysiert beispielsweise bei Prokaryoten die 23S-rRNA bzw. bei Eukaryoten die 28S-rRNA der Ribosomen die Knüpfung der Peptidbindung bei der Translation (Peptidyltransferase)".*

Wenn man sich den Vorgang der m-RNA-Bildung (siehe Abbildung 33) durch Nucleotide, aktiviert durch deren Triphosphat Reste, anschaut oder die Beladung der t-RNA mit einer Aminosäure, ist zumindest die Entstehung der peptidbeladenen RNA-Vorläufer vorstellbar.

Gemäß dem "stereochemischen Modell"²⁸⁷ könnten sich diese RNA-Vorläufer zu einem Vorläufer des genetischen Codes zusammengefunden haben. Es ist wie gesagt plausibel, dass an solche RNA-Vorläufer schon α -Aminosäuren, vergleichbar der t-RNA, gebunden waren. Diese RNA-Vorläufer könnten sich, enzymatisch gefördert, über Peptidbindungen verknüpft haben. Somit wäre der Weg zur Formierung von längeren RNA-Aminosäurekomplexen - Informationsblöcken - parallel entstanden, insofern ein Mechanismus zur Aminosäuren-Verknüpfung zu einem Peptid entwickelt wurde. Das könnte gemäß der „Theorie der RNA-Welt“ (s.u.)

über Protein-Enzymkomplexen, also Ribozyme erfolgte sein, da reine Protein-Enzymvorläufer oder gar rezente Enzyme für ihre reproduzierbare eigene Entstehung ja schon definierte „DNA-Programme“ voraussetzen.

In diesen RNA-Aminosäure-Informationskomplexen wäre eine Art genetisches Programm von Peptid und der späterer Triplet-Codierung vorgeprägt, wobei nur strukturelle und bindungsbegünstigte Kombinationen in der Evolution überlebten. Daran könnte sich der Weg hin zu t-RNA und DNA zur langfristigen Programmspeicherung angeschlossen haben. Der Schritt zur DNA mit ihrer selbstgesteuerten Duplizierung muss entscheidend gewesen sein. Er führt in eine eindeutig ablesbare lineare, gedoppelte Informationsverdichtung, weg von der schwer zugänglichen, an sich aber gleichwertigen Informationsverdichtung des Peptids, das sich unweigerlich durch die Bildungs-Linearität in die Dreidimensionalität seiner Tertiärstruktur energetisch stabilisiert. Inwieweit diese Tertiärstruktur die nachhaltige Tauglichkeit des Protein-Informationselements beeinflusste vermag ich nicht zu beurteilen. Dazu passt der Befund, dass Nukleinsäure, nicht aber Proteine als Matrizen fungieren können, und die belegen, *"dass unter den Bedingungen der Ur-Erde Polynucleotide als Matrizen für die nicht-enzymatische Synthese komplementärer Polynucleotide fungieren können"* (Lehninger. Albert L., 1979, S. 857)

In diesem Kontext mag sich auch, sozusagen selbststeuernd ergeben haben, dass die bereits erörterten Dublett-Codone, als alle 20 α -L-Aminosäuren verfügbar wurden, keine eindeutige Aminosäurezuordnung leisten konnten, sondern nur Triplet-Codone.

Nun, dieses Plausibilitätenkonklomerat ist nicht neu. Die schönste Hypothese bzw. Theorie taugen aber nichts, wenn sie nicht experimentell bestätigt werden kann. So sollten sich zumindest einige Aspekte im Sinn der o.a. bevorzugten Interaktionen im Labor überprüfen lassen. (Vielleicht ist das schon längst geschehen und ich habe es nur nicht mitbekommen).

Ob sich die Evolution, warum auch immer, bereits bei diesen frühen präbiotischen Entwicklungen, durchgehend für das L-Enantiomere der α -Aminosäuren entschieden hat, wäre im Sinn der Bedeutung des biologischen Symmetriebruchs von besonderem Interesse. Es scheint aber so zu sein, dass sich hier mehr oder weniger nach dem Zufallsprinzip die Evolution für L-Aminosäuren entschieden hat. So sollte es vor dem Biologischen Symmetriebruch ein Vorhandensein von gleichwertigen stabilen α -Helices aus reinen L- oder reinen D-Aminosäuren geben haben, im Gegensatz zu instabilen Helices aus L- und D-Mischungen. Es erfolgte wie gesagt die zufällige Auswahl der L-Aminosäuren. *"Letztlich haben die aktiven Zentren der Enzyme, die ein spezifisches Stereoisomeres aus optisch inaktiven Vorstufen bilden konnten, die biologische Stereospezifität bewahrt"*. (Lehninger. Albert L., 1979, S. 857)

Es ist unübersehbar, welchen hohen Stellenwert Proteine für die Entstehung und den Erhalt von Leben einnehmen. Man kann argumentieren, dass jedes Lebewesen in

dem kleinen Universum seiner Zellbereiche ein Unikat darstellt, was aus der potenziellen Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten der α -Aminosäuren resultiert.

Die Bildung von Adenosin (Ribonukleosid) und Adenosin Phosphaten (Ribonukleotide) ist abiotisch durchaus denkbar und auch chemisch präparativ belegt. Allerdings scheint es keine abiotische Bildung für Nukleotide, die mit Desoxyribose verknüpft sind, also doppelsträngige DNA, gegeben zu haben. Eine abiotische Bildung von Desoxyribose, ist wegen grundsätzlicher chemischer Reaktionshindernisse nicht wahrscheinlich (s.u.). Das ist ein Beleg dafür, dass DNA kein abiotisches Primärprodukt sein dürfte. (Follmann H. , 1981, S. 119)

Adenin ist frühzeitig in der über Ribose phosphorylierten Form des ATP, zu einem der bedeutendste Energieträger der gesamten Biochemie geworden. Weiter sind neben Adenin, auch Guanin, Thymin, Cytosin und Uracil Bausteine des komplexesten Moleküls der Biochemie, der DNA bzw. RNA.

Es ist ziemlich wahrscheinlich, dass ATP, der ubiquitäre Energielieferant der Biochemie aller Zellen, wie schon erwähnt, zuerst abiotisch durch Blausäure (Adenin), anorganischem Phosphat (Pyrophosphat) und evtl. organischen Aldehyden (Ribose) entstand.

Mehrfach phosphorylierte Ribose könnte kettenförmige Strukturen, entsprechend dem Rückgrat von RNA aufgebaut haben. Weitere in den Ribosegliedern der Kette enthaltene Phosphatgruppen könnten die Freie Energie der Kette zusätzlich erhöht haben. Damit war die Verknüpfung der Kette mit Basen wie Adenin, <http://de.wikipedia.org/wiki/Guanin> Guanin, Cytosin und Uracil, unter Abspaltung des Phosphatrestes, zu RNA-Vorläufern möglich. Die Verknüpfung erfolgt immer am C´1-Atom der Ribose N-glykosidisch (Beyer, 1967, S. 691)

Ebenso ist es denkbar, dass sich NAD^+ und NADP^+ (s.a.: 2.5. Die Energiefrage) über Adenosin entwickelt haben, das ursprünglich weitere Phosphatgruppen pro OH-Gruppe im Riboseteil enthielt. Das C´2-Atom im Riboseteil des NADP^+ -Moleküls trägt heute noch die mit Phosphat veresterte OH-Gruppe. Es könnte sich dann ein Weg für eine zukunftsfähige Verbindung aus ATP mit phosphorylierter Nicotinsäureamid-Ribose, unter Abspaltung einer Phosphatgruppe des ATP und des Nicotinsäureamid-Ribosephosphats etabliert haben. (Beyer, 1967, S. 741) Schließlich sind beide Moleküle durch ihre Phosphatreste, Verbindungen mit hoher Freier Energie.

Vergleich von ATP, NAD^+ und NADP^+ (Alle Formelbilder: WIKIPEDIA)

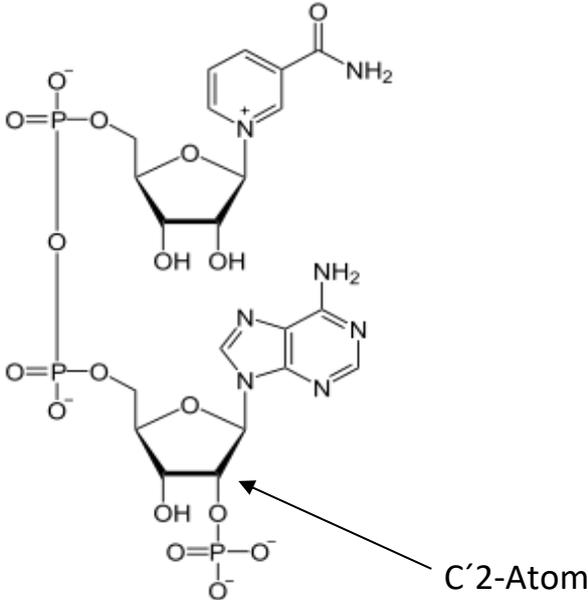


Abbildung 35: NADP⁺ (Kopie aus WIKIPEDIA)

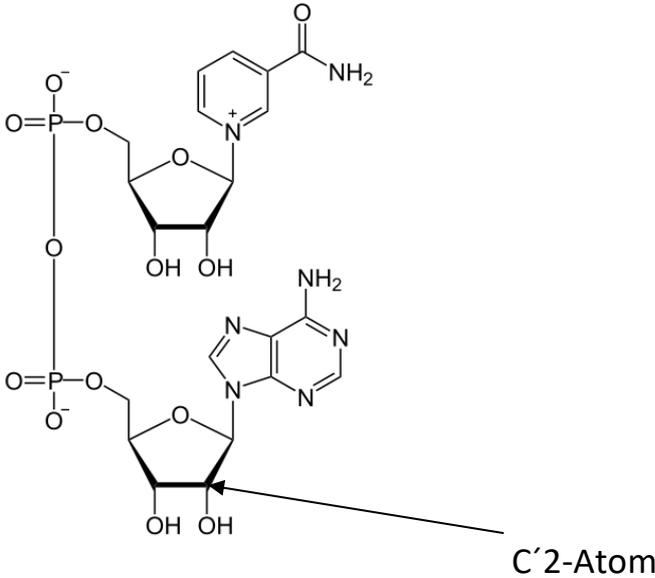


Abbildung 36: NAD⁺ (Kopie aus WIKIPEDIA)

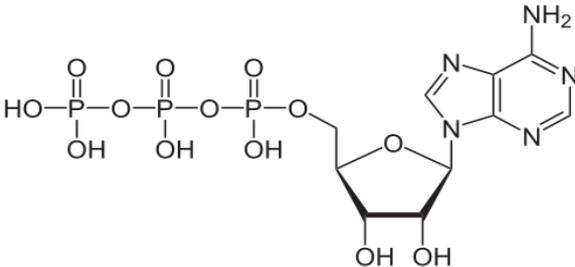
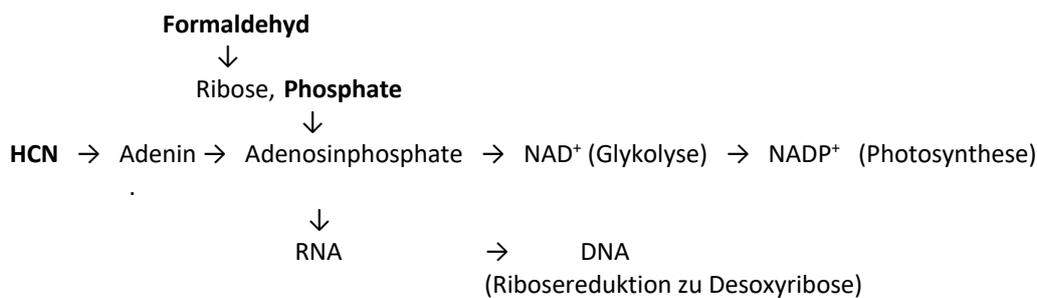


Abbildung 37: ATP (Kopie aus WIKIPEDIA)

Ebenso ist auch die Bildung von einsträngiger RNA, die ja auch über Ribose verknüpft ist, zu diesem frühen Zeitpunkt denkbar. Aber erst nach Bildung dieser Ribonukleotide, dürften die Desoxyribonukleotide durch Reduktion des C'2-Atoms der Ribose zu Desoxyribose entstanden sein. Für diese Reduktion wird eine Reaktion mit Proteinen, die Disulfidbrücken enthalten (Thioredoxin), diskutiert.

Die CH₂-Gruppe im Ribosering, macht DNA gegen Hydrolyse übrigens stabiler als RNA. Eine Base kann nämlich das Proton der OH-Gruppe am C'2-Atom ablösen, was dazu führt, dass sich der Phosphatrest vom nächsten Nukleotid abspaltet und damit RNA abgebaut wird. Die Evolution hat eine stabilere Form gefunden und weiter optimiert, die auch außerhalb des Zellkerns, in der äußerst "belebten" Matrix der Zelle überleben konnten. Die zellkerngeschützte DNA wurde diesem Schlachtfeld entzogen.

Folgender Zusammenhang klingt plausibel:



Man fragt sich allerdings, warum die Reduktion der C'2-Gruppe in der Ribose nur in DNA verwirklicht wurde.

Vielleicht waren bereits vor der DNA-Bildung nicht nur RNA, sondern auch Teile der Redoxsysteme (s.u.) wie NAD⁺ - NADH und NADP⁺ - NADPH, Komponenten des Katabolismus z.B. Glykolyse, s.u. und Anabolismus z.B. Photosynthese, s.u. vorhanden. Für NAD⁺, das bereits in der Glykolyse, also einem der ältesten Energie-wandlungskonzept von organischer Materie vorkommt, klingt das plausibel. Dafür sind keine Zellmembran-System notwendig, die wiederum auf komplexe Zellstrukturen aufbauen. Die Glykolyse verläuft bekanntlich im Cytoplasma und ist daher auch in einem Stadium einfacher Coacervaten denkbar.

Ein ganz anderer Gedanke: Könnte nicht an irgendeinem Templat (Montmorillonit) zunächst eine reine Ribosekette, verknüpft über 3- und 5-Stellung mit Phosphat entstanden sein, an die sich Pyrimidin bzw. Purin Basen glykosidisch einfach anlagerten? Ebenso könnte Desoxyribose agiert haben.

M.E. sind das alles plausible Interpretationen des evolutionären Geschehens, zumal diese zunächst spekulativen Modelle durch neue Daten empirisch

untermauert werden konnten (Yarus et al. 2009). Aber da ist auch wieder das kritische Wort „plausibel“. Plausibilität stellt vorübergehend ruhig, befriedigt aber nicht.

Experimentelle Untersuchungen einer an die Präbiotik angelehnten Bereitstellung von Polynukleotiden sind m.W. wenig erfolgreich geblieben. Es ist bisher nicht gelungen, in Analogie zu den Miller-Experimenten, die "richtigen" DNA-Polynucleotide, mit der strukturell komplexen Verknüpfung von Polyphosphat, 2-Desoxyribose und Basen zu erhalten. Allenfalls Gemische mit einer Phosphatgruppe an jedem beliebigen Kohlenstoff des Zuckers Ribose, wurden gefunden, ebenso Verknüpfungen zu den 2'-5'-aber nicht zu 3'-5` Bindungen. Die 3`-5` Bindungen scheinen erst später, durch das Wirken von Enzymen entstanden zu sein (Lehninger. Albert L., 1979, S. 856). Wie schon angesprochen, sieht es sogar danach aus, dass der chemische Weg mit Desoxyribose verschlossen ist. 2-Desoxyribose ist relativ empfindlich und spaltet unter solchen Bedingungen eher Wasser zu 2,3-Desoxyribose ab. Als präbiotisches Molekül war sie wahrscheinlich nicht vorhanden. Der Bildungsweg führt vielmehr, wie bereits erwähnt, über die in RNA enthaltene Ribosenukleotide. Sie werden über die spezifische Reduktion in C'2-Stellung der Ribose, mittels Ribonukleotid-Enzymen erhalten. Thymidinphosphat z.B. ist experimentell bisher nur durch Reduktion von Desoxyuridinphosphat mit schwefelhaltigen Reduktionsmitteln, wie Thioredoxin zu erhalten. Dieses Reduktionsmittel fügt sich zwanglos in die präbiotische Situation vor über 3 Milliarden Jahren ein, dominiert aber auch heute noch überwiegend in der Aktivität von Schwefel-Redoxsystemen (Siehe unten: Atmung).

Vieles spricht wie gesagt dafür, dass eine abiotische Entstehung von DNA in dieser einfachen Form nicht zu erwarten ist, oder dass grundsätzliche Schlüsselreaktionen noch nicht bekannt sind.

Vielleicht spielt die parallele Gegenwart bzw. Verknüpfung von Polypeptiden und Polynukleotiden im Zellleben eine größere Rolle als lange Zeit beachtet. Wenn man von den Miller-Versuchen zur Herstellung von Aminosäuren ausgeht und registrieren muss, dass vergleichbare Ergebnisse für Polynucleotide nicht zu erwarten sind, muss man wohl akzeptieren, dass α -Aminosäuren vor Polynukleotiden entstanden sind, zumindest aber die Entstehung beider eng verknüpft ist. So ist bekannt, dass in bestimmten Mikroorganismen, Oligopeptide wie das Antibiotikum Gramicidin aus 10 Aminosäuren in der richtigen Reihenfolge, nur mit Enzymen, also ganz ohne RNA entsteht.

Was also, wenn wie es bereits anklang, zuerst Polypeptide entstanden sind, die sich dann mit passenden Triplett-(Dublett?)-Codons aus Nukleotidphosphaten verbanden (Follmann H. , 1981, S. 116), oder wenn aus diesen Triplett-Codons zunächst t-RNA bzw. m-RNA entstanden und der Weg dann rückwärts, hin zur DNA führte?

Es ist offensichtlich, dass Peptide an sich auch Informationsspeicher sind, die im Prinzip die gleiche Informationsfolge beinhalten, wie die sie exprimierende (Biosynthese von RNAs und Proteinen aus den genetischen Informationen) DNA-RNA-Folge. Ist der umgekehrte Gang denkbar?

Grundsätzliches

Es gibt einen entscheidenden Unterschied in der energetischen und strukturellen Diversivität der beiden einander bedingenden Informationsträger: Linearität gegenüber Dreidimensionalität. Die Konstellation der linearen DNA-Helix ist vorwiegend von chemisch bzw. energetisch leicht veränderbaren Wasserstoffbrücken geprägt. Die in Polypeptiden sich selbstorganisiert formierenden Sekundär- und Tertiärstrukturen, sind deutlich stabiler fixiert, was u.a. auf die Ausbildung von Disulfidbrücken-Bindungen zusätzlich zu Wasserstoffbrücken-Bindungen zurückgeht. Gerade diese erweiterte dreidimensionale Strukturbildung führt in eine neue Dimension eines entropischen Potentials, durch Bereitstellung von passenden, dreidimensionalen Reaktionszentren (Schlüssel-Schloss). Erst so wurde die katalytische Einflussnahme auf den Ablauf enzymatischer mikrobiologischer Reaktionen ermöglicht: Reaktionen, die unter punktueller Entropieerniedrigung ablaufen und damit Leben ermöglichen, allerdings nachdem sie zuvor mit zusätzlicher Freier Energie ausgestattet wurden.

Andererseits ist aber die dem DNA-Code entsprechende Alternative in Form eines Protein-Codes, schon wegen der Bindungsfestigkeit, nicht vorstellbar. In der evolutionär verwirklichten Version gibt es heute zwei biochemisch klare getrennte Welten: Das von Nukleinsäuren dominierte Mikrokosmos der Steuerung auf Genotyp Ebene und das von Proteinen dominierte Makrokosmos in der Welt der Phänotypen von Flora und Fauna.

Allerdings sind das Vorgänge, die im Zellinneren ablaufen und die Peptidstrukturen von außerordentlicher Winzigkeit erzeugen. Was da entsteht, sind die bereits erwähnten tausende von Enzymen, die allerdings in der Lage sind, eine Vielzahl von Reaktionen zu katalysieren, deren Wirken aber auch sehr wohl makroskopisch in Erscheinung tritt. Es sind das z.B. das durch Mitose (s.u.) also Zellteilung geprägte Wachstum der Organismen oder die Bereitstellung von Wirksubstanzen, wie z.B. Hormone. Denken Sie aber auch an die noch zu beschreibenden komplexen Vorgänge des weltweiten Glukose-Metabolismus, der in der ungeheuren Lebewesen-Vielzahl zu enormen makroskopischen Stoff- und Energiekreisläufen führt.

Natürlich muss es zur Bildung der Peptid-Bindungen - eine Kondensationsreaktion - sehr wirksame, Reaktionswasser bindende Hilfsstoffe also Promotoren gegeben haben. Z.B. Cyanamid, dessen Bildung aus Blausäure gut erklärbar ist. Erst solche Wasser-Binder ermöglichen diese Reaktionen in wässrigem Milieu. Oder es kommt zu einer ausreichenden Erhöhung der Freien Energie ΔG eines Reaktanten durch Aufnahme einer Phosphat-Gruppe, die den Verlauf der Reaktion durch Abbau dieser Anschubenergie ΔG erst möglich macht.

Zusätzlichen Antrieb könnte die unter Komplexität und Biodiversität (s.o.) diskutierte Erhöhung der Wasserentropie bei den Kondensationsreaktionen gewesen ein. Denn eines darf wohl vorausgesetzt werden: Die Bedingungen für die Molekülbildung waren, da sich alles in wässrigem Milieu abgespielt haben muss, ohne solche Hilfsstoffe denkbar ungeeignet. Thermodynamisch gesehen ist eindeutig die Umkehrreaktion bevorzugt.

Zurück zum umgekehrten o.a. Verlauf.

Gesteuert durch die Basenfolge in einem t-RNA-Abschnitt, ist eine Anlagerung eines komplementären Nukleotid-Strangs bzw. von komplementären Nukleosidtriphosphate über Wasserstoffbrücken, zu einem komplementären m-RNA-Strang, vorstellbar. Die Basenzuordnung ist eindeutig festgelegt. Der m-RNA-Strang wiederum, kann mit komplementären Nukleotidphosphaten, unter Phosphatabspaltung, einen Doppelstrang, eine Helix geformt haben, die schon sehr nahe an der DNA ist. Ob dieser aufwändigere Weg über m-RNA zunächst durch direkte Bildung einer DNA-Struktur vermieden wurde, vermag ich nicht zu beurteilen. Allerdings läge dann eine über Ribose und nicht über Desoxyribose verknüpfte Helix vor.

Es ist zzt. davon auszugehen, dass die Desoxyribose-Nukleotide für eine zur RNA komplementäre DNA, erst durch Reduktionsschritte aus den Ribose-verknüpften RNA-Monomeren hervorgingen. RNA liegt bevorzugt als Einzelstrang vor und ist leichter einer basischen Hydrolyse unter Fragmentierung zugänglich. Daher ist durch die Ribose-Verknüpfung eine so stabile Helix wie über eine Desoxyribose-Verknüpfung nicht möglich. Nach erfolgter Reduktion zu Desoxyribose-Nukleotide und Bildung einer RNA-komplementären Form, sollte eine solche frühe DNA, eine gegen Hydrolyse besser Zukunftschance haben. Im Prinzip wäre das der umgekehrte Ablauf, wie er in den Abbildungen 33 und 34 dargestellt ist. Plausibilität aber auch nicht mehr.

WKIPEDIA konstatiert zu diesem Thema: „Die RNA-Welt-Hypothese besagt, dass RNA-Moleküle die Vorläufer der Organismen waren. Die Hypothese lässt sich ableiten aus der Fähigkeit der RNA zur Speicherung, Übertragung und Vervielfältigung genetischer Informationen sowie aus ihrer Fähigkeit, als Ribozyme²⁸⁸

Reaktionen zu katalysieren. In einer Evolutionsumgebung würden diejenigen RNA-Moleküle gehäuft vorkommen, die sich selbst bevorzugt vermehren“.

Damit sind wir an einem Punkt, der darauf hindeutet, dass eine rein chemisch-biologisch-mechanistische Betrachtung in diesem Kontext an ihre Grenzen stoßen könnte. Ganzheitlichere Ansätze sind gefragt.

Aus der Erfahrung wissen wir, dass äußerst variable biologische Systeme vielfältiger Art entstehen, wachsen und vergehen. Wie kommt es zu diesen streng geregelten, ehernen, sich seit Milliarden von Jahren abspielenden Abläufe? Es ist offensichtlich, dass es sich dabei um eine ständige, außerordentlich effektive Staffelholzübergabe, in der sich permanent ändernden Fitnesslandschaft handeln muss. Dabei kommt es nicht auf den Phänotyp an, der überlebt oder vergeht. Der Schlüssel ist der Genotyp. Initiiert durch Veränderungen der Herausforderungen des Lebensraums, oder krankheitsbedingter Defizite in der Morphologie oder Physiologie der Population, kommt es unentwegt zur Infragestellung der Zukunftschance der aktuellen Mutation also des Phänotyps. Das nennt man bekanntlich Selektion.

Allerdings musste das Gesamtsystem sozusagen eine Mindestspielregel einhalten. Bei aller verkräftbaren Variabilität der Fitnesslandschaft, darf sich das Energieumfeld, über lange Zeiträume, global nicht entscheiden ändern. Angesichts der im 1. Teil diskutierten Energieabläufe, durfte sich ein winziges Temperaturfenster über 4 Milliarden Jahre, nicht nach oben oder unten global öffnen. Dieses Fenster umfasst gerade einmal den Bereich von ca. 270 – 350 K, und das vor einem Hintergrund von kosmischen Effekten, die z.B. in Supernovae, weit über einige Milliarden K erreichen.

Es ist ganz offensichtlich: Die im Urknall freigesetzte Energie, ist von einer unfassbaren Omnipotenz: Auf den beschriebenen Stufen, der in den letzten 13,8 Milliarden Jahren durchlaufenen energetischen Szenarien, ist erst das uns heute bzw. seit etwa 3-4 Milliarden Jahren umgebende minimierte Energieniveau, zu dem außerordentlichen Effekt der terrestrischen Lebensgestaltung befähigt. Dieses Niveau kann punktuelle bzw. strukturelle Entropie-Erniedrigung, durch Leben mit all seinen Facetten ermöglichen. Ordnung und Informations-Emergenz sind weitere Voraussetzungen. Dieser Befund kann aber nicht nur für unsere Erde gelten. Der gesamte Kosmos war, ist und wird weiterhin dazu befähigt sein, da die Energie-Immanenz im gesamten Universum gelten muss. Es kann aber nicht postuliert werden, dass eine solche Gestaltung Kosmos weit analog der terrestrischen verläuft.

Es ist sehr gut nachvollziehbar, dass diese Zusammenhänge letztlich bis zu Darwins grundlegenden Erkenntnissen und vor allem bis zur Aufklärung des Genetischen Codes unverständlich waren. Die einzig akzeptable „Erklärung“ war der

Glaube an das Wirken eines göttlichen Wesens, das dieses Wunder mit schützender Hand lenkt.

Nun, wir alle wissen um die vordergründige Entmystifizierung dieses Wunders, durch das Erkennen des Wirkens der DNA, die ein Schlüssel zur Erklärung ist. Allerdings ist die DNA selbst ein weiteres verblüffendes Phänomen in sich. So besteht beispielsweise jedes einzelne der 46 Chromosomen eines Menschen, die ja aus DNA und Proteinen aufgebaut sind, aus ca. 50 bis 250 Millionen Basenpaaren. Das menschliche Genom, die DNA, setzt sich wie oben ausgeführt aus etwa 3,2 Milliarden Bausteinen zusammen. Die genetische Nähe von uns Mutanten, denn das sind wir Menschen letztlich, liegt bei 99,9 %. Wir unterscheiden uns also nur um 0,1 % genetischer Mutationen im Chromosomensatz, was absolut gesehen etwa 3 200 000 Basenpaaren (pro Chromosomensatz) entspricht (Meyer, 2015, S. 21 ff)

Jedermann, der sich näher mit diesem Wirken beschäftigt, wird nach der anfänglichen Euphorie der Entmystifizierung über kurz oder lang wieder sehr nachdenklich werden. Zumindest muss ich das für mich bekennen. Es resultiert ein tiefes Staunen und eine gewisse Sprachlosigkeit über die Allgegenwart und die unfassbare Präzision der anfangs angedeuteten Staffelholzübergabe. Biochemische Mechanik kann nur die Oberfläche des Prinzips sein.

DNA ist nämlich nicht nur für die gesamte Steuerung des Zellgeschehens zuständig, sondern auch für Entstehen, Wachsen und Vergehen aller Biologie. Darüber hinaus ist sie sozusagen das Erbe selbst, das übergeben wird. Darauf kommen wir im folgenden Passus, bei dem es um Vermehrung, also der Erhaltung der Art durch Fortpflanzung geht, zu sprechen.

Allerdings muss betont werden, dass die Auffassung es handele sich um ein Programm, das die DNA in der Zelle abspult, der Sache nicht gerecht wird, auch wenn ich diesen Begriff sehr oft vereinfachend verwendet habe. Programme kennen wir aus unserer IT-Welt. Programme sind aber in der Regel nicht selbstorganisatorisch angelegt; man könnte sie vergleichsweise als tote Einbahnstraßen bezeichnen. DNA dagegen ist seit 3,5 Milliarden Jahren u.a. durch das Zufalls-Phänomen der Mutation ständig in einem Prozess, der unter struktureller Entropie-Abnahme, auf immer mehr Komplexität, Informationsanhäufung und evolutionäre Anpassung hinausläuft. Dieses Potential, im Lauf der Milliarden Jahre der Entwicklung immer viel umfassender Bereiche in Beschlag zu nehmen, ist der verblüffendste Aspekt. Vielleicht nehmen wir uns DNA-Ausgeburten als die vermeintliche Krönung aber auch viel zu wichtig. Schließlich sind wir in dieser vermeintlich splendid Situation erst seit etwa 5-10 Millionen Jahren und unterscheiden uns z.B. von Schimpansen, im Hinblick auf die Erbmasse, nur um weniger als 1 %. Verblüffend erscheint auch der leistungssteigernde Effekt eines DNA-Verlustes, als Promotor der Fortentwicklung des Menschen, gegenüber dem Schimpansen zu sein. Philip L. Reno vermutet, dass es durch Einbuße von einigen DNA-Abschnitten im menschlichen Genom,

die als Genschalter beim Menschen evolutionär verloren gingen, im Gefolge zu mehr Hirnwachstum bzw. dem aufrechten Gang kam (Spektrum der Wissenschaft, 2.18, Seite 30).

DNA verkörpert Leben und damit ständige ganzheitliche Anpassung und Optimierung. Ob diese Komplexitätssteigerung, die rezent zum Menschen mit Bewusstsein führte, das Ende ist, kann bezweifelt werden.

Außerdem zeigt sich, dass ein einfacher Vergleich dieses "DNA-Programms" mit einem uns geläufigen Software-Programm in unseren digitalen Computern nur vordergründig zuzutreffen scheint. Ein grundlegender Unterschied ist z.B. die zeitliche Dominanz in einer PC-Software: Alle Software-Schritte werden von einem eindeutig fortschreitenden Zeitregim geordnet und über ein Bus-System abgewickelt. Dazu müssen genau zugreifbare Speichereinheiten abfragebereit zugänglich sein. In biologischen Abläufen gibt es dieses Regime nicht. Es dominiert ein Nebeneinander von möglichen Reaktionen in der drangvollen Enge einer Zelle. Darüber hinaus gibt es keine "numerische Adresse, der ein physischer Ort zugeordnet ist, sondern molekulare Muster, welche die Identifizierung eines größeren, komplexen Moleküls anhand eines seiner kleineren, eindeutig erkennbaren Bestandteile ermöglicht. So kann ein stochastisches, auf Mustern basierendes Adressierungssystem ausreichend schnell arbeiten. Diese Fähigkeit - einen organisierten Nutzen von planlos ablaufenden Prozesse zu ziehen - ist genau das Merkmal, das Informationsverarbeitung in lebenden Organismen von der Informationsverarbeitung bei digitalen Rechnern (bis jetzt noch) unterscheidet". (Dyson, 2016, S. 404)

In diesem Zusammenhang stelle ich mir vor, dass die Raumerfüllung eines Enzyms für diesen Wiederfindungsprozess – Schlüssel Schloss – ein langwieriger Evolutionsprozess war. Es galt genügend Erkennungsdomänen im Molekül bereitzustellen. Es gibt abertausende von biochemischen Reaktionen, die alle unter der Dominanz der stochastischen Wiederfindung ablaufen. Für sie ist das verlässliche Auffinden von Schlüsseln und Schlössern, unter Beteiligung weiterer tausender von Enzymen, von entscheidender Bedeutung. Kleine Proteine bieten nur wenig Möglichkeiten der Differenzierung. Es müssen sich im Laufe der Evolution immer größere Proteine gebildet haben, die genügend strukturellen Platz für immer feinere und genauere Differenzierung ermöglichten.

Ein weiterer interessanter Unterschied ist die mögliche Umkehrbarkeit von "Programm-Abläufen", die in unseren Bus dominierten PCs nicht gegeben ist. Die in biologischen Prozessen ablaufenden Schritte sind mit den gleichen Enzym-Adressen (Schloss – Schlüssel) umkehrbar und eröffnen damit Wege in Reaktionsumkehr, wie sie zum Beispiel in dem System Glykolyse versus Gluconeogenese evolutionär tatsächlich verwirklicht ist.

In den letzten Jahren hat sich aber herausgestellt, dass unsere langjährige Fixierung auf die DNA, als das alles bestimmende Genom zu kurzfristig ist. Weitere Informationsebenen zeichnen sich ab. Z.B. das Proteom

WIKIPEDIA: Die Gesamtheit aller Proteine in einem Lebewesen, einem Gewebe, einer Zelle oder einem Zellkompartiment, unter exakt definierten Bedingungen und zu einem bestimmten Zeitpunkt, wird als Proteom bezeichnet (zum Beispiel Proteom des Menschen, der Kartoffelknolle, der Bakterienzelle, des Zellkerns).

Das Proteom steht in einem Gleichgewicht ständiger Neusynthese von Proteinen bei gleichzeitigem Abbau nicht mehr benötigter Proteine. Damit ist das Proteom im Gegensatz zum relativ statischen Genom ständig Änderungen in seiner Zusammensetzung unterworfen. Diese Änderungen werden im Zuge der spatiotemporalen Genexpression über komplexe Regulationsprozesse gesteuert und werden maßgeblich durch Umweltstimuli, Krankheiten, Wirkstoffe und Medikamente beeinflusst. Das Proteom ist somit Spiegel seiner Umwelt und hoch dynamisch.

Von großer Bedeutung ist vor allem die Informationsebene des Epinoms. Das ist der Bereich, den die Epigenetik (Siehe: 2.4.11.4) beschreibt und den wir später etwas näher beleuchten. Neuerdings kommt im Gefolge der intensivierten Epigenetik-Forschung das Informationssystem der Histone hinzu.

Lassen Sie uns zum Aufbau des genetischen Codes kommen: den stofflichen, funktionellen Einheiten der DNA. Ein uraltes Erbe.

Gen, Chromosom, Chromatin, Chromatide, Nukleosomen, Chromosomensatz

Das Schlüsselwort im Zusammenhang mit diesem DNA-Erbe ist: Chromosom.

WIKIPEDIA: „*Chromosomen* (Bei der lichtmikroskopischen Entdeckung als „Kernfäden“ bezeichnet) *kommen in den Zellkernen der Zellen von Eukaryoten vor, zu denen alle Tiere, Pflanzen und Pilze gehören. Prokaryoten, also Bakterien und Archaeen, besitzen keine Chromosomen im klassischen Sinn, sondern ein oder mehrere, meist zirkuläre DNA-Moleküle, die manchmal als „Bakterienchromosom“ bezeichnet werden, obwohl diese mit den eukaryotischen Chromosomen nicht viel gemein haben. Fast alle Gene der Eukaryoten liegen auf den Chromosomen. Einige wenige liegen auf der DNA in den Mitochondrien²⁸⁹ und bei Pflanzen auch in den Chloroplasten. In den Mitochondrien und Chloroplasten²⁹⁰ der Eukaryoten ist die DNA ebenfalls ringförmig, ähnlich dem Bakterienchromosom“* strukturiert.

Folgende Darstellung zeigt den funktionalen Zusammenhang von DNA-Doppelhelix, Gen und Chromosom.

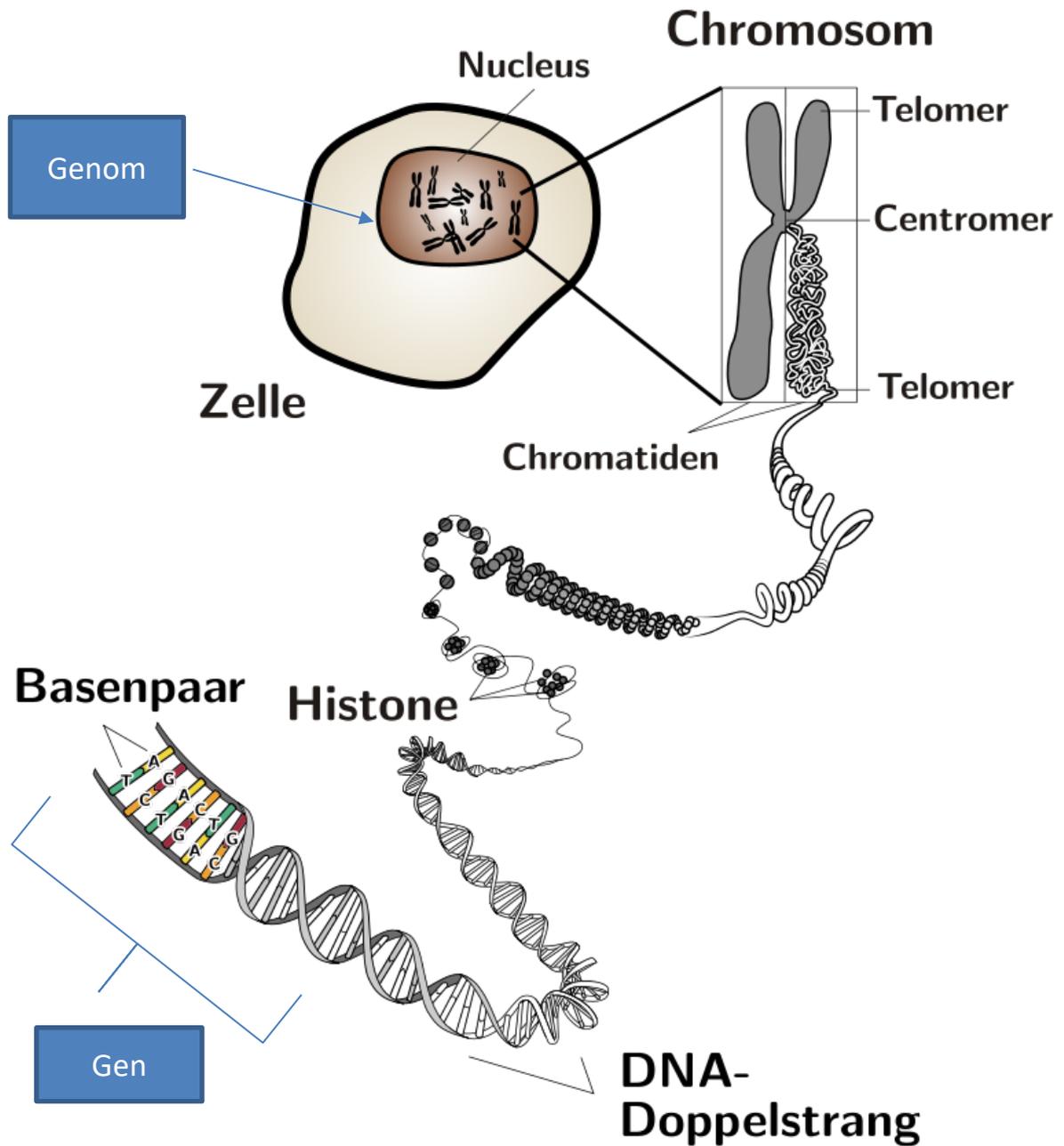


Abbildung 38: Genom, DNA, Gen, Chromosom, Chromatin, Nukleosom (Kopie aus WIKIPEDIA)

Genom: Die gesamte Erbinformation einer Zelle wird Genom genannt.

Gen: Als Gen wird meist ein Abschnitt von ca. 3000 Basenpaaren auf der DNA bezeichnet, der Grundinformationen für die Entwicklung von Eigenschaften eines Individuums und zur Herstellung einer biologisch aktiven RNA enthält. Bei diesem

Prozess der Transkription wird vom codogenen DNA-Strangabschnitt eine komplementäre Kopie in Form einer RNA hergestellt.

Chromosomen: Diese relativ unbewegliche Form der DNA bildet sich, um die Zellteilung durch Chromosomenverdopplung überhaupt zu ermöglichen. Die 46 Chromosomen jeder Zelle, z.B. beim Menschen, sind der Chromosomensatz (s.u.). Es sind Strukturen in den Zellkernen eukaryotischer Zellen die der Speicherung und Weitergabe der genetischen Information dienen.

Telomere: Nicht kodierende, einzelsträngige Enden der Chromosomen. Die Telomere sind Strukturelemente der DNA, die für ihre Stabilität verantwortlich sind. Mit jeder Zellteilung verkürzen sie sich, bis schließlich die kritische Länge von 4kbp (4000 Basenpaare) unterschritten wird und die Zelle in Apoptose (eine Form des programmierten Zelltods) oder Seneszenz (Alterungsprozess) übergeht. Das Enzym Telomerase kann diese Verkürzung wieder ausgleichen, jedoch ist es bei mehrzelligen Organismen nur in Keimzellen, Stammzellen, Zellen des Immunsystems und Krebszellen aktiv. <https://flexikon.doccheck.com/de/Telomer>

Centromer: Bei Chromosomen ist das die eingeschnürte Region, welche die Schwesterchromatiden zusammenhält. In der Meta- und Anaphase der Mitose (s.u.) dient es als Anheftungsstelle der Spindelfasern. Dort bildet sich dann ein Proteinkomplex (Kinetochor), mit dessen Hilfe die duplizierten Chromosomen auseinandergezogen werden. Die Lage des Centromer bestimmt somit auch das Aussehen der Chromosomen im Karyogramm, wobei diese akrozentrisch(einschenkelig) und metazentrisch (zweischenkelig) sein können.

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/centromer/2198>

Chromatin: Chromatin ist vereinfachend die Bezeichnung für das Material, aus dem die Chromosomen bestehen. Dieser aufgewickelte Teil des Chromosoms ist real wesentlich komplexer strukturiert: Er enthält in regelmäßigen Abständen von etwa 60 Basenpaaren Nukleosome. Es handelt sich um einen Komplex aus DNA und speziellen Proteinen, von denen wiederum etwa die Hälfte Histone sind. Zusätzlich ist in sehr vielen Cytosin-Guanin-Kombinationen das Cytosin methyliert. Die Methylierung ist von wesentlicher Bedeutung für die noch zu erwähnenden Epigenetik (Siehe: 2.4.13.4).

Nukleosome (Core Partikel, Elementare Verpackungsstufe der DNA): Die zunächst 1974 entdeckte Grundeinheit der DNA besteht aus einem Kern von jeweils 8 Proteinmolekülen (Histone) um den DNA-Abschnitte aus 147 Basenpaare in etwa 1,5 Windungen aufgewickelt sind. Inzwischen ist eine Vielzahl von anderen Proteinkörpern mit der gleichen Funktion dazugekommen. Nukleosome sind also

Verbindungen von Nucleinsäuren mit Proteinen; sie fungieren in ihrer perlenkettenartigen Aufreihung als Transportform.

Chromosom: Eine Einheit aus einem Nucleosom zusammen mit seiner DNA-Verbindungskette zum nächsten Nucleosom.

Chromatide: Bei Chromatiden handelt es sich um die Transportform der DNA. Es ist ein Teil des Chromosoms und enthält die Erbinformation und besteht aus dicht gepackter DNA und Skelettproteinen. Die DNA kondensiert zu Chromatiden, wenn eine Zellteilung bevorsteht. Während der Zellteilung lagern sich zwei genetisch identische Schwesterchromatiden zu einem Chromosom zusammen. Je nachdem in welcher Zellzyklus-Phase sich eine Zelle befindet, ob nach oder vor einer Kernteilung, besteht ein Chromosom aus einem oder zwei Chromatiden.

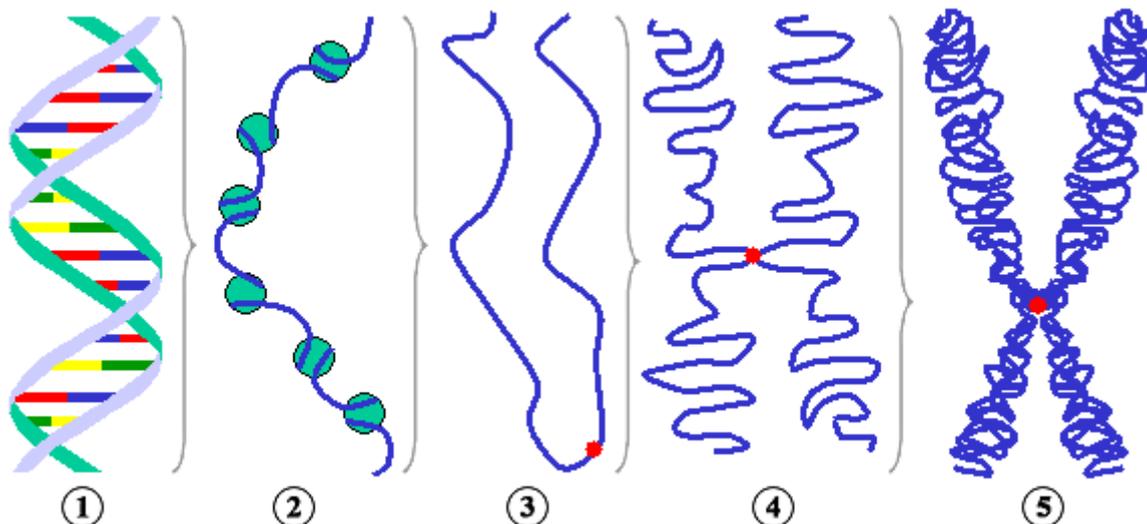


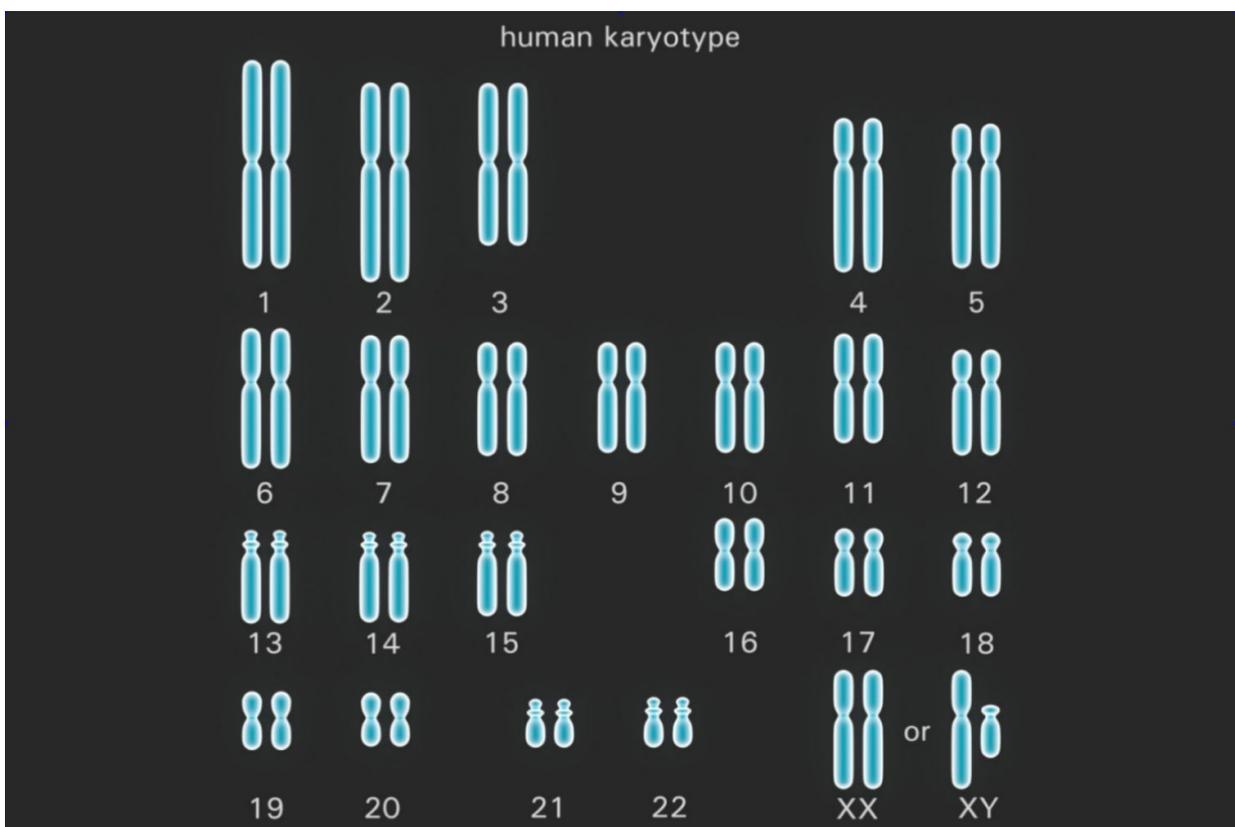
Abbildung 39: DNA, Gen, Chromosom, Chromatin, Chromatid, Nucleosom (Kopie aus WIKIPEDIA)

1 DNA-Doppelhelix, **2** 10-nm-Fiber (DNA mit Nucleosomen), **3** Schematisierter Chromatin Strang während der Interphase vor der DNA-Verdopplung mit Centromer, **4** Kondensiertes Chromatin während der Prophase (nun aus zwei Chromatiden bestehend, weil sich die DNA verdoppelt hat), **5** Metaphase Chromosom. Die Teilabbildungen 3 bis 5 sind rein schematisch zu verstehen, um die Anzahl der Chromatiden während verschiedener Phasen des Zellzyklus wiederzugeben. Die Anordnung des „Chromatinfadens“ gibt nicht die tatsächliche Struktur wieder.

Zum persönlichen Verständnis, der für mich offen gestanden überaus komplexen Zusammenhänge, füge ich noch ein Bild aus WIKIPEDIA bei. Vor allem soll es helfen den Unterschied zwischen Chromosom und Chromosomensatz zu verstehen.

Chromosomensatz

Chromosomensatz: Beim Menschen sind dies insgesamt 46 Chromosomen: jeweils zwei Exemplare von Chromosom 1, von Chromosom 2 und so weiter bis Chromosom 22 (= 44 Autosomen) und zwei Geschlechtschromosomen (= 2 Gonosomen), nämlich zwei X-Chromosomen bei weiblichen oder ein X- und ein Y-Chromosom bei männlichen.



WIKIPEDIA: Die X-ähnliche Form der Chromosomen, die in den meisten Darstellungen vorherrscht, tritt nur in einem kurzen Abschnitt während der Zellkernteilung (Mitose) auf. **Für die anstehende Zellteilung sind die Chromosomen verdoppelt.** Sie bildet sich, während der Prophase heraus und liegt in der anschließenden Metaphase vor. In diesem kondensierten Zustand mit jeweils zwei Chromatinen sind die Chromosomen im Lichtmikroskop ohne besondere Anfärbung erkennbar. Zwischen Kernteilungen, in der Interphase, existieren Chromosomen im Zellkern in einem „entspannten“, dekondensierten Zustand. Nur in diesem dekondensierten Zustand kann die DNA abgelesen und dupliziert werden. Die Chromosomen sind nach Anwendung einer speziellen Nachweisttechnik (Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung)

aber weiterhin als getrennte Einheiten nachweisbar. Auch in der Interphase nimmt also jedes Chromosom im Zellkern einen abgegrenzten Bereich ein.Im funktionalen Sinn gilt alles, was sich während der Teilung des Zellkerns (*Mitose* oder *Meiose*) in den Chromosomen wiederfindet, als Chromatin – ausgenommen einige Strukturproteine. Chromatin ist neben den Nucleoli, der Kern-Grundsubstanz und der Kernhülle eine wichtige Strukturkomponente des Zellkerns (Nucleus).

Die Nukleosomen werden mit Hilfe der Nicht Histon-Proteine dichter gepackt. Chromatin ist somit das Produkt von Interaktionen der eukaryotischen DNA mit unterschiedlichen DNA-Bindeproteinen, die einen kompakten filamentösen Komplex bilden, den sogenannten Desoxyribonucleoprotein-Komplex, man spricht auch von Chromatinfasern oder Chromatinfäden. Durch die Komplexbildung werden die langen chromosomalen DNA-Stränge in ihrer Länge um das rund 10.000- bis 50.000-fache verkürzt (kondensiert), so dass sie in den Zellkern passen. Trotz der dichten Packung der DNA liegen die Chromosomen weiterhin in einer Form vor, die regulatorischen Proteinen Zugang zur DNA erlaubt, so dass die Biosynthese von RNA und Proteinen aus den genetischen Informationen (Genexpression) bzw. die Duplikation der chromosomalen DNA (Replikation) möglich ist.

Diese Chromatine sind in den beiden im Weiteren beschriebenen zentralen biologischen Zell-Vermehrungsaktivitäten, Mitose und Meiose (s.a.: 2.4.11.1 und 2.4.11.2) die stofflichen Datenträger. Wenn man sich dann die o.a. Zahl der ca. 50 bis 250 Millionen Basenpaare pro Chromosom vor Augen hält und die Geschwindigkeit und Perfektion mit der z.B. die Mitose abläuft berücksichtigt, ist es nahezu unbegreiflich, wie die entscheidenden Kopiervorgänge so perfekt erfolgen können und wie die notwendigen Bausteine (Nukleotide) für die Chromosomenkopien in der Winzigkeit einer Zelle bereitgestellt werden. Diese Bereitstellung muss auch in hohem Ausmaß für die bei der jeweiligen Zellteilung erforderliche Versorgung der neu entstehenden Tochterzelle aus der Zygote erfolgen. Es muss also eine Art Logistik bzw. Bevorratung gegeben sein, die außer den Zellorganellen alle in der embryonalen Zellteilung bestimmenden Bausteine, vor allem die Triphosphate von Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin für die Verdopplung bereitstellt. In der Zygote und sicher auch in den ersten Teilungsabläufen, wird das wohl durch die "Mitgift" der weiblichen Zelle erfolgen. Wenn man bedenkt, dass das gesamte menschliche Genom, das ja in jeder Zelle enthalten ist, ca. 6,4 Milliarden Basen umfasst, sind das pro Teilung ca. 6,4 Milliarden Basen A, T, C und G, die pro Zelle benötigt werden. Da die weiteren Teilungen einem exponentiellen Verlauf (2^n) folgen, muss diese Mitgift sehr schnell erschöpft sein.

Ich habe mich hierzu um kundige Stellungnahme im Chemieonline.de/forum bemüht und von dem Teilnehmer "Dranoel" am 21.09.2016 folgende Stellungnahme erhalten:

Die dNTP Konzentration in Säugerzellen liegt so um 20 μ M.

..... bis zur Einnistung in die Uterusschleimhaut dürfte kaum eine Aufnahme von Stoffwechseledukten stattfinden. (dNTP = Desoxynukleotidtriphosphat, Anm. d. V.)

Berechnung der dNTPs pro Eizelle:

Zeile				Rechenweg	Einheiten
a	Radius Eizelle	r	5,00E-04		dm
b	Kugelvolumen	$\frac{4}{3}r^3 \pi$	5,23E-10	$a^3 \cdot 4/3\pi$	Liter/Eizelle
c	dNPT-Konz einer Eizelle	20 μ Mol/Liter	2,00E.05		Mol/Liter
d	dNPT-Mol/Eizelle		1,05E-14	$b \cdot c$	Mol/Eizelle
e	Avogadro	Teilchen pro Mol	6,02E+23		Moleküle/Mol
f	Ergebnis	Teilchen pro Eizelle	6,30E+09	$e \cdot d$	Moleküle/Eizelle

Das ist mit 6,3 Milliarden Bausteinen nicht gerade üppig. Ich vermute, dass bereits in diesem Stadium die Biosynthese der dNTPs beginnt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass es sich nur um eine ungefähre Richtgröße handeln kann.

Andererseits frage ich mich, da diese Zahl sehr exakt der Zahl der Basen unserer DNA entspricht, ob die o.a. Konzentration von 20 μ M stimmt bzw. einfach die vorhandene DNA-dNTPs repräsentiert und die freie Konzentration in der Zelle wesentlich höher ist.

Und die Evolution hat sich darauf eingerichtet, siehe: *WIKIPEDIA: Auch bei Amphibien ist die weibliche Meiose im Diplotän unterbrochen. Dabei verdichten sich die Chromosomen und nehmen eine charakteristische „Lampenfächer“-Gestalt an, indem sich zahlreiche Schleifen bilden. Diese Schleifen zeichnen sich durch eine intensive Genaktivität (Transkription) aus. In dieser Phase reichern die Oocyten große Mengen an Substanzen an, die dann nach der Befruchtung eine sehr schnelle Entwicklung des Embryos ermöglichen: Durch eine Reihe schnell ablaufender und rasch aufeinanderfolgender Kern- und Zellteilungen können innerhalb von nur acht Stunden etwa 4000 ($2^{12} = 4096$) Zellen entstehen.*

Dem müssen also ca. 12 Verdopplungen der DNA vorausgegangen sein, wobei jeweils ca. 6 Milliarden Basen verarbeitet werden mussten, also 6 Milliarden x 4000 = 24×10^{12} . Und das Billionenfach pro Stunde weltweit.

Welchen Raum die DNA in der Zelle einnehmen kann, ergibt sich z.B. aus einem in der Pharmazie als Antibiotikum eingesetzten Gyrase-Hemmern auf Basis der Fluorchinolone. Diese Enzyme verhindern, dass sich die DNA in Prokaryontischen Zellen zusammenballen kann. Das Ergebnis ist, dass die Bakterien-Zelle platzt.

Künstliche DNA-Alternativen

Die Struktur von DNA wurde oberflächlich beschrieben, s.o. Neueste Forschungen versuchen sich nun an Variationen dieses über Jahrmilliarden evolutionär

optimierten Erbmoleküls. Bei vielen Menschen werden da Alarmglocken schrillen. „Spiegel online“ veröffentlichte am 19.04.2012 einen Artikel zum Thema: Entstehung des Lebens: *„Die Forscher wollten mit XNA arbeiten, die mit den natürlichen Nucleinsäuren eine Wechselwirkung eingehen kann. Daher ließen sie das Phosphat-Rückgrat und die Basen unangetastet. Verändert war aber der Zucker. Insgesamt sechs verschiedene Nucleinsäure-Varianten präsentieren die Forscher in "Science", samt der Enzyme, die XNA (Xeno-Nucleinsäuren) zusammenbauen oder ablesen können.*

Das Wissenschaftsmagazin "Science" berichtet: Vitor Pinheiro vom Laboratory of Molecular Biology im britischen Cambridge und seine Kollegen aus Dänemark, Belgien und den USA bewältigten eine aufwendige Fleißarbeit: Sie entwickelten quasi per Evolution im Labor eine Maschinerie von Enzymen, die anhand einer DNA-Vorlage die entsprechende XNA baut - und umgekehrt" .<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/xna-statt-dna-forscher-erschaffen-kuenstliche-nucleinsauren-a-828479.html>

Ohne Frage: Ein hochinteressantes Forschungsgebiet. Aber man hat das Gefühl, dass hier an Fundamenten gegraben wird. Aus o.a. Zitat erhellt auch sofort die mechanistische Sicht: *"eine Maschinerie von Enzymen"*. Ein Enzym-Apparat kann aber nicht mit einer Maschine verglichen werden. Leben und seine Elemente werden initiiert und entwickeln sich selbstorganisierend weiter. Eine Maschine kann sich von selbst nicht weiter entwickeln.

Gen-Schere Crispr-Cas

Seit etwa 4 Jahren wird diese gentechnische Methode zur Veränderung von Erbmaterial eingesetzt.

Wikipedia: CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) sind Abschnitte sich wiederholender DNA (repeats), die im Erbgut von vielen Bakterien und Archaeen auftreten. Sie dienen einem Mechanismus, dem CRISPR/Cas-System, der Resistenz gegen das Eindringen von fremdem Erbgut durch Viren oder Plasmide verschafft, und sind hierdurch ein Teil des Immunsystem-Äquivalents von vielen Prokaryoten. Dieses System bildet die Grundlage der gentechnischen CRISPR/Cas-Methode zur Erzeugung von gentechnisch veränderten Organismen.

Dieser seit Urzeiten von Bakterien genutzte Weg zur Abwehr von z.B. Viren wurde erkannt als ein gentechnisches Werkzeug, um im Erbgut DNA-Abschnitte zu entfernen, zu reparieren oder gar neue DNA-Abschnitte einzubauen. Seit einigen Jahren kann dieser Vorgang als biochemische Methode nachvollzogen werden. Aktuell benutzt man im Labor "Werkzeuge" aus Crispr RNA (Leitfaden) und Cas 9 Protein (Schere). Auch hier müssen warnende Stimmen beachtet werden, die z.B. die Gefahr von gentechnisch gezüchteten Menschen am Horizont sehen. Unbegründete Schreckensvisionen? M.E. ist das nicht von der Hand zu weisen. Wie wir an

der Verwirklichung und der Benutzung der Atombombe durch gewissenlose Regierungen gesehen haben, ist es ein leider sehr realer menschlicher Instinkt ausprobieren zu wollen "ob das tatsächlich funktioniert". Wenn eine Machbarkeit erwiesen ist, gibt es keinen Halt mehr, die Grenzen auszuloten; vor allem, wenn sich wissenschaftliche, vor allem aber wirtschaftliche Erfolge abzeichnen.

2.4.10 Anmerkungen zu den beschriebenen Theorien zur Entfaltung des Lebens

Meine Beschreibung der Entfaltung des Lebens, angereichert mit persönlich Plausibilitäten, ist, wie bereits erwähnt, keinesfalls unbestritten. Eine sehr interessante Stellungnahme zu dieser grundsätzlichen Frage finden Sie unter <http://www.imabe.org/index.php?id=628>: „Der Traum der Molekularbiologie – die Selbstentstehung des Lebens“ von Berg und Fuchs.

Um Sie auf eine nähere Beschäftigung mit dieser Arbeit einzustimmen, ohne ins Detail zu gehen, zitiere ich folgende, einleitende Passage: *„Molekularbiologie und präbiotische Chemie haben ein Standard-Modell zur Selbstentstehung des Lebens präsentiert, das jedoch viele Fragen offenlässt. Weder für die präbiotische Herkunft der Bausteine der Nukleinsäuren und Proteine noch für die zelluläre Organisation des genetischen Materials gibt es gesicherte Hinweise. Von der attraktiven RNA-Welt-Hypothese beginnt man wieder Abstand zu nehmen und sich primitiveren Vorläufermodellen zuzuwenden. Auch die Entstehung des genetischen Codes und überhaupt des Informationsgehalts der DNA bereitet große theoretische Schwierigkeiten. Die Analyse einiger Erkenntnisse der molekularen Ursprungsforschung verdeutlicht, dass eine Selbstorganisation des Lebens aus den molekularen Grundbausteinen unwahrscheinlich ist und alternative Erklärungsmöglichkeiten in Betracht gezogen werden müssen“.*

Verunsichernd! Aber diese Unwahrscheinlichkeit ist m.E. nicht ausschlaggebend; sie ist kennzeichnend für dieses weltbedeutende, nicht plausible Phänomen. Die Unwahrscheinlichkeit von Leben – das gilt vor allem für den Genetischen Code - kann und wird nur über die unglaublich große Zahl von Potentialstätten kompensiert. Sie hat vor 3-4 Milliarden Jahren auf einer von Milliarden der Erde vergleichbaren "Brutstätten" des Universums einen Weg gefunden, der m.E. aus einem tatsächlich sehr unwirklichen biologischen "Urknall" in die lebendige, organische Kontinuität fand. Wenn Leben wahrscheinlich wäre, sollte doch beobachtbar sein, dass ständig neue „biologische Urknalle" bzw. ihre Folgen bei der Vielfalt der heute zugänglichen Himmelskörpern zu beobachten sein. Zudem sollte es möglich sein ein Experiment zu generieren, das diesen Urknall im Labor nachvollzieht: aus Anorganik zur Organik!

Zudem: Was wir in geringem Ausmaß beobachten können, spielt sich vorwiegend in unserem Planetensystem ab bzw. allenfalls in Exoplaneten. Das ist die Bühne, die uns unsere „Milchstraße“ bietet. Darüber hinaus gibt es aber Milliarden von Galaxien und Billionen von berechtigt denkbaren weiteren Bühnen

In allen diesen Realitäten ist aber bekanntlich Kommunikation, mindestens heute, weitgehend unmöglich. Die Entfernungen sind zu groß und selbst Reisen mit Lichtgeschwindigkeit wären keine Lösung bzw. sind unmöglich. Auch das Übermitteln von Botschaften, was nur mit Lichtgeschwindigkeit erfolgen kann, wäre nur innerhalb eines Planetensystems eventuell sinnvoll. Wir sollten darüber hinaus nicht so chauvinistisch sein anzunehmen, dass Leben im Detail nur so repräsentiert werden muss, wie auf unserer Erde. M.E. können wir trotz der bestehenden Ungewissheit davon ausgehen, dass wir nicht allein sind. Wie dieses Leben aussehen könnte, ist in diesem Kontext unwichtig.

Eine Anmerkung zu den folgenden beiden Abschnitten über Mitose und Meiose, also der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Zellvermehrung. Mit Sicherheit hat die Evolution die Mitose lange vor der Meiose verwirklicht.

Man muss sich bewusst machen, dass Mitose ein Lebensphänomen ist, das sich ständig in allen Lebewesen in allen Zellen in unfassbarem Ausmaß abspielt – Zellerneuerung und Wachstum! Durchschnittlich dauert die Mitose in einer Zelle etwa 5 Stunden.

Dagegen ist die Meiose – die Vermehrung - ein Akt, der sich zwar auch in hohem Ausmaß abspult, aber in einem um Größenordnungen kleineren Umfang und vor allem nicht als durchgehender Ablauf. Vielmehr schaltet er sich in embryonalen bis in die pubertären und auch die adulten Lebensphasen ein bzw. pausiert vorübergehend.

2.4.11 Vermehrung und Geschlecht

Die Biologie unterscheidet u.a. zwischen ungeschlechtlicher und geschlechtlicher (sexueller) Vermehrung von Zellen (von höheren Pflanzen und Tiere), was letztlich für Wachstum bzw. Fortpflanzung verantwortlich ist. Ich möchte gleich zu Anfang erwähnen, dass ich auch hier nur einen ganz oberflächlichen Eindruck vermitteln kann. Die Details und die Perfektion des weiter unten beschriebenen zellulären Ablaufs sind unglaublich komplex, hoch organisiert und nahezu unfassbar perfekt. Noch längst sind nicht alle Einzelheiten, z.B. die Feinstruktur und Bildungsfolge der Chromatine, wissenschaftlich vollständig erfasst.

Voraussetzung für die geschlechtliche Vermehrung ist die Befruchtung (= Konzeption, beachten: Empfängnisverhütung = Kontrazeption) einer weiblichen Eizelle. Das geschieht, wenn männliche Samenzellen in die Gebärmutter und von da aus in die Eileiter einer Frau wandern. Treffen Ei- und Samenzelle (beide haben nur jeweils 23 Chromosomen, sind also jeweils haploid) zum richtigen Zeitpunkt zusammen, dringt die Samenzelle in das Ei ein. Die Zellkerne verschmelzen miteinander zu einem diploiden Kern, in dessen nunmehr doppeltem (diploidem) Chromosomensatz (ein haploider Satz der Mutter und ein haploider Satz des Vaters) Eigenschaften wie Geschlecht, Haarfarbe, Blutgruppe usw. aber auch Erbkrankheiten, Fähigkeiten, Neigungen usw. festgelegt sind. Der Genotyp eines biologischen Wesens ist so festgelegt. Das geschieht durch das Wirken von Informationsebenen, die in den Chromosomen angelegt sind, wie z.B. das DNA-Genom (Siehe: 2.4.4) oder Epigenetische Markierungen (Siehe: 2.4.11.4). Die mitotische Teilung (Siehe: 2.4.11.1) beginnt. Sie führt letztlich zur Ausbildung eines biologischen Wesens, dem Phänotyp.

Diese o.a. Verschmelzung hat, wie wir in den folgenden Abschnitten Mitose und Meiose noch sehen, weitreichende Folgen.

Hier möchte ich eine kurze Würdigung, der seit 1901 begonnenen Forschungsarbeit von Genetikern aussprechen, die viele wichtige Ergebnisse an einer ca. 2,5 mm großen Fliege, der *Drosophila melanogaster*, im Labor erarbeiteten. Viele Forscher haben an diesem Organismus wesentliche Erkenntnisse zur Anordnung der Gene in den Chromosomen gewonnen. Eine erstaunliche wissenschaftliche Leistung, wenn man die Winzigkeit dieses Insekts bzw. ihrer Chromosomen bedenkt.

Zellen vermehren sich ungeschlechtlich durch Teilung (Verdopplung). In der Fortführung dieses Prinzips entsteht ein Klon. Dazu wird zu einem bestimmten Zeitpunkt der Zellverdopplung auch die DNA-Doppelhelix verdoppelt (repliziert) und auf beide resultierende Zellen verteilt. Hierdurch erhält die entstehende Tochterzelle im Zellkern eine genaue Kopie der DNA-Doppelhelix, wie sie in der sich teilend Zelle vorhanden war.

Chromosomen können sich, je nachdem in welcher Zellzyklus-Phase sich eine Zelle befindet, als ein oder zwei Chromatiden zeigen. Chromatide bauen sich, wie beschrieben, aus einem DNA-Doppelstrang und den zugehörigen Chromatin-Proteinen auf. Nach einer Kernteilung besteht ein Chromosom zunächst aus einem Chromatid. Das bleibt so, bis die nächste Zellteilung beginnt. In Zwischenphasen der Kernteilung entflechten sich die Chromosomen im Zellkern in einen aufgelockerten Zustand, in dem die DNA abgelesen und dupliziert werden kann. Nach der Verdopplung liegt der DNA-Doppelstrang jedes Chromosoms zweifach vor. Beide DNA-Doppelstränge bilden zwei getrennte Chromatide.

Menschen haben pro somatische Zelle (Körperzelle) 2 Sätze zu jeweils 23 Chromosomen. Ein Satz stammt von der Mutter, der andere Satz vom Vater. 22 Chromosomen eines Satzes werden als Autosome bezeichnet. Zusätzlich enthält jeder Chromosomensatz jeweils 1 Geschlechtschromosom, X oder Y: die Gonosomen. Somit enthalten alle unsere menschlichen Körperzellen einen zweifachen homologen Chromosomensatz ($2n$, diploid) mit insgesamt 46 Chromosomen, also 2 Kopien von Chromosom 1 - 22 und den 2 Geschlechtschromosomen:

Frauen	Männer
<i>Autosome:</i>	
2×22	
<i>Gonosomen (Geschlechtschromosomen):</i>	
$2 \times 1:$	
X und X-Chromosom	X und Y-Chromosom

X- und Y-Chromosom sind für das biologische Geschlecht hauptverantwortlich.

Allerdings spielt da Testosteron noch eine Rolle: Es kann eine XY-Kombination vorliegen, was genetisch einem Mann entspricht. Bei einer Testosteronblockade kann sich aber ein weiblicher Phänotyp herausbilden. (Meyer, 2015, S. 182).

Die Weitergabe des X- oder Y-Chromosoms aus der haploiden männlichen Spermazelle in die haploide weibliche Eizelle, die immer ein X-Chromosom enthält, entscheidet über das Geschlecht.

Männliche Keimzellen:

Wie noch auszuführen ist, entstehen bei der Meiose, die zu männlichen Keimzellen führt (Spermatogenese), jeweils 4 haploide Spermazellen, von denen 2 die mütterliche DNA und zwei die Vater-DNA enthalten. (Infolge von Gen-Crossing-over ist die Situation deutlich komplizierter) Die beiden mütterlichen Genome bringen X-Chromosomen und die väterlichen Genome sein Y-Chromosom oder sein X-Chromosom mit sich.

Weibliche Keimzellen:

Die Meiose, die zur weiblichen Keimzelle führt (Oogenese), bildet zwar auch 4 Zellen, von denen sich aber 3 zurückbilden (Pol Körperchen) sodass nur eine aktive Eizelle verbleibt. Sie kann, da sie aus einer 2 X-Chromosomen enthaltenden Zelle entstanden ist, ebenfalls nur X-Chromosomen enthalten.

Woher stammen X- und Y-Chromosom?

Wikipedia: " Die heute gängigste Theorie zur Entstehung des Y-Chromosoms besagt, dass die beiden Gonosomen X und Y das Ergebnis von Mutationen in einem gemeinsamen Vorläuferchromosom (das jeweils analog den Autosomen diploid vorlag) sind. Dieses enthielt die Gene, die zur Ausbildung beider Geschlechter notwendig sind; für die Differenzierung zum männlichen bzw. weiblichen Geschlecht waren exogene Einflüsse wie die Temperatur verantwortlich. Der entscheidende Schritt seien Mutationen gewesen, die einem dieser Chromosomen Gene einbrachten, die eindeutig für die Entwicklung hin zum männlichen Geschlecht verantwortlich gemacht werden können. Gleichzeitig müssen diese Mutationen dazu geführt haben, dass sich die beiden Geschlechtschromosomen in ihrer Sequenz so stark unterschieden, dass eine Rekombination zwischen ihnen ausgeschlossen wurde, so dass das neue Männlichkeitsgen nicht auf das unmutierte Geschlechtschromosom verschoben werden konnte. Diese „große“ Mutation soll eine Inversion auf dem langen Arm des heutigen Y-Chromosoms gewesen sein. Es entstand das SRY-Gen (sex determining region on Y chromosome), das für den testis determining factor (TDF) codiert; durch die Inversion wurde die Paarung mit dem vormals homologen Bereich auf dem nicht-mutierten Chromosom verhindert: "

Man nimmt an, dass vor ca. 300 Millionen Jahren diese Mutationen wirksam wurden.

Diese zusammenfassenden Ausführungen erfassen nur die Oberfläche eines wesentlich komplexeren Phänomens nämlich der Festlegung von Sex und Gender. Das Thema, herübergeschwappt aus dem liberalen Minderheitenmilieu Amerikas, beschäftigt seit einigen Jahren, auch in Europa und vor allem Deutschland vergleichbare Minderheitszirkel und führt zu unwissenschaftlichen, emotionalisierten Diskussionen. Sprechverbote in diesem Zusammenhang, sind dunkle Metekel.

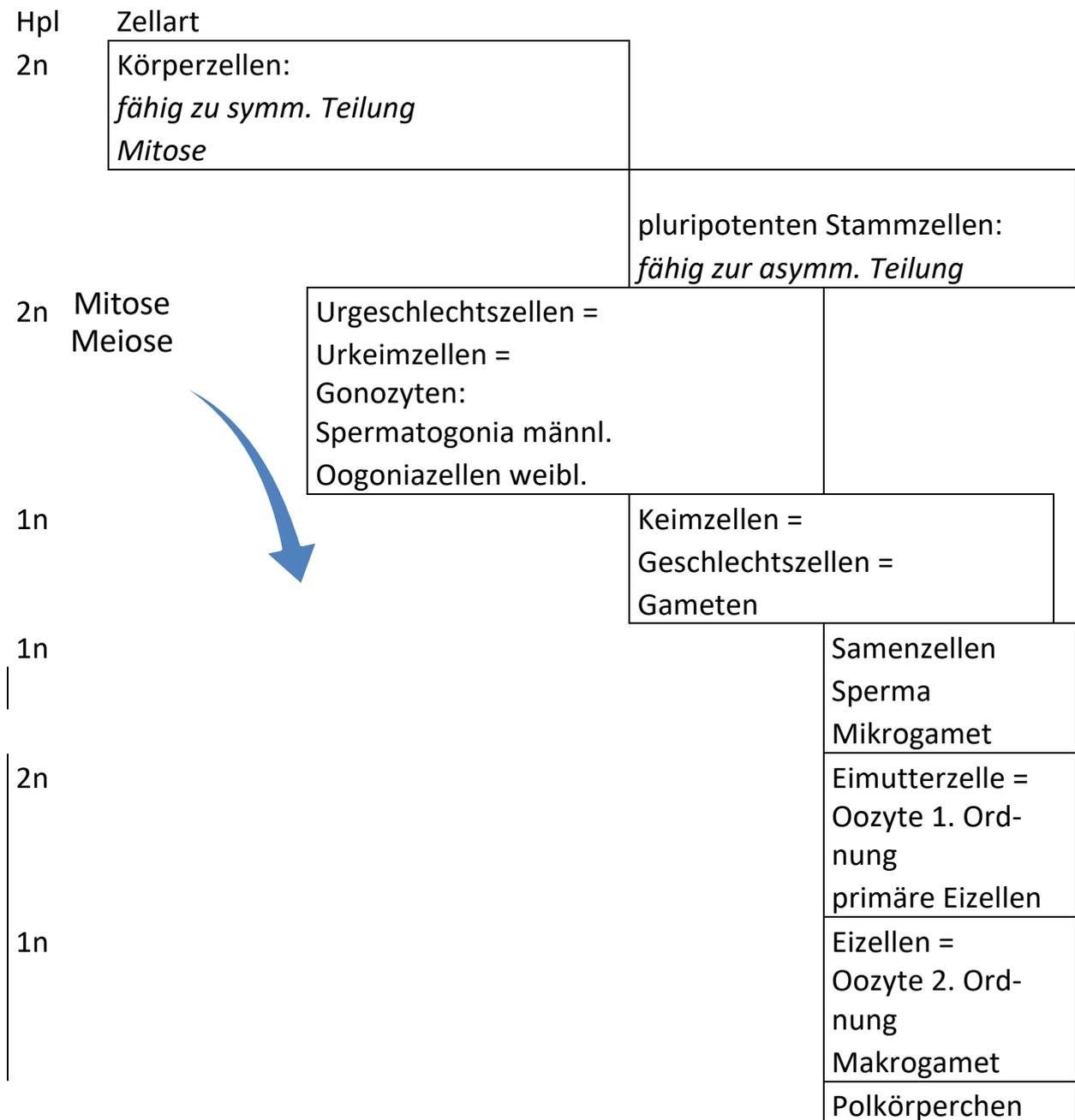
Sex ist die Bezeichnung für das biologische Geschlecht (engl.: sex) bzw. der Sammelbegriff für die praktische Ausübung von Sexualität.

Gender dagegen interpretiert das soziale (engl.: gender) oder durch Psychoanalyse formulierte Geschlecht.

Weiterführende Betrachtungen zur aktuellen Situation aus Sicht eines Genetikers finden Sie bei Axel Meyer (Meyer, 2015).

Ich habe folgende Fachbegriffe zum Zellapparat für die Abschnitte 2.4.11.1 – 2.4.11.3 zusammengestellt, die zumindest mir einen besseren Überblick verschafften:

Der Zellapparat im Zusammenhang mit Mitose und Meiose



2.4.11.1 Mitose (Wachstumsteilung von Körperzellen, Klonbildung)

In der Mitose, der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Zell- bzw. Wachstumsteilung, resultieren aus einer Körperzelle A zwei Folgezellen A(alt) und A(neu), die genetisch identisch mit der sich vermehrenden (verdoppelnden) Startzelle A sind; es entstehen Klone. Beispiele sind Bakterien, bei manchen Pflanzen die Knospung sowie die Sprossung und vor allem: das Wachstum und die ständige Erneuerung der Zellen eines biologischen Körpers. Siehe Abb. 40.

Die Startzelle A sei eine diploide (doppelter Chromosomensatz) Zelle eines Körpers, der aus der sexuellen Vermehrung eines männlichen und eines weiblichen Genoms stammt. Vor der Wachstumsteilung durch die Mitose, liegt die DNA in der Startzelle A in Form von zwei Sätzen monomerer Chromosomen vor. Sie bestehen aus einem Satz 23 männlicher Chromosomen (22 Autosome und 1 Y-Gonosom **oder** 1 X-Gonosom) und einem Satz 23 weiblicher Chromosomen (22 Autosome und **immer** 1 X-Gonosom).

Bei der durch Mitogene (Proteine, die die Zellteilungen anregen) ausgelösten Wachstumsteilung, kommt es zu der o.a. DNA-Verdopplung pro Chromosom.

Jedes Chromosom verdoppelt sich zu zwei identischen Chromatiden (Doppelchromosomen), die über ein x-förmiges Centromer intermediär locker verknüpft sind. Damit ist intermediär ein teilungsfähiges Gebilde entstanden, das beide Elternchromosomensätze doppelt enthält, also 4 x 23 Chromosomen. Im Laufe der Kernteilung werden diese dimeren Chromatiden an der Verknüpfung getrennt und als monomere Chromatiden (monomere Chromosomen) in entgegengesetzter Richtung auseinandergezogen. (Dies ist ein grundlegend anderer Verlauf als in der Meiose, s.u.). Daraus bilden sich, nach Abschnürung, zwei Zellen A(alt) und A(neu, Klon), von der beide Zellen jeweils einen vollständigen Satz der beiden Elternchromosomen enthalten, also wieder 2 x 23 Chromosomen. Die so entstandenen beiden diploiden Chromosomensätze in den beiden Folgezellen A(alt) und A(neu) sind daher mit dem diploiden Chromosomensatz der Startzelle A identisch.

In den drei folgenden Abbildungen wurde auf die differenzierte Darstellung des Zellkerns verzichtet und das Verlaufsprinzip nur für je eines der 2 mal 23 Chromosomen dargestellt. Zunächst beginnt die Mitose im Zellkern, dessen Kernmembran sich im Verlauf der Teilung auflöst. Erst nach vollendeter Trennung bilden sich in jeder der entstandenen beiden Zwillingen-Zellen zwei neue Kernmembranen, die die dekondensierten Chromatide wieder einschließen. Der entstandene diploide Chromosomensatz kann anschließend, wie beschrieben, im nächsten Wachstums- bzw. Zellteilungszyklus, wieder durch DNA-Verdopplung (Replikation), in dimere Chromatide übergehen usw. Damit sind die Weichen erneut für den nächsten Zyklus gestellt. Allerdings werden nicht alle Körperzellen, z.B. nicht die Nervenzellen,

durch Teilung erneuert. Hautzellen dagegen unterliegen ständig einem solchen Klonierungs-Vorgang. Wesentlich ist, dass in der Mitose das komplette, strukturell und informations-inhaltlich unveränderte diploide Staffelholtz - Chromosomen bzw. DNA-Doppelhelix (= Genom der Eltern) - aus der sich vermehrenden Startzelle A von Zyklus zu Zyklus weitergegeben wird.

Allerdings können auch Markierungsinformationen der DNA (Methylierung von Cytosin) weitergegeben werden (Siehe 2.4.11.4 Epigenetik). Diese Zellteilung verläuft durchschnittlich etwa 44 Mal im Verlauf eines menschlichen Lebens und kann so zu 2^{44} also ca. 20 Billion Zellen führen.

Mitose am Beispiel von zwei Doppelchromatide einer Körperzelle



1 diploide Körperzelle A

doppelter Chromosomensatz mit 2 x 23 Chromosomen

Verdopplung (Replikation)

verdoppelt jedes Chromosom = je 2 Chromatide mit Centromer

Kernteilung

Chromatiden trennen sich

2 diploide Körperzellen

A(alt) und A(neu, Klon) mit jeweils doppeltem Chromosomensatz mit je 2 x 23 Chromosomen

Es gibt nur einen Trennungsschritt, (vergleiche: Meiose s.u.)

Ein Chromosomensatz der Mutter: mit 23 monomeren Chromosomen, davon immer 1 X
 Ein Chromosomensatz des Vaters: mit 23 monomeren Chromosomen, davon 1 Y oder 1 X

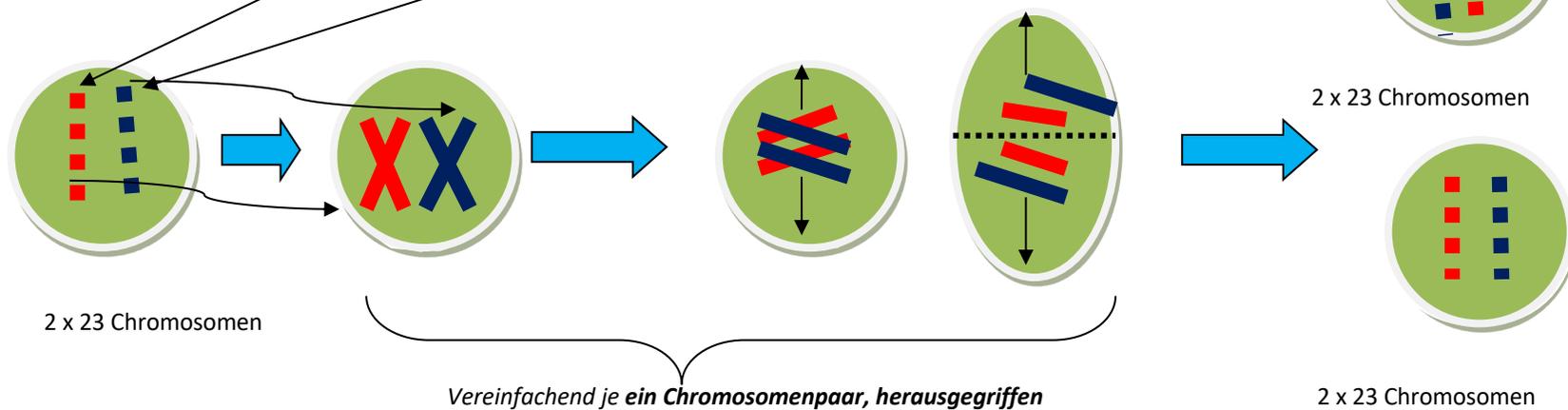


Abbildung 40: Mitose

2.4.11.2 Meiose (Geschlechtliche Vermehrung durch Keimzellen)

Jeder Mensch hat in seinen Körperzellen 46 Chromosomen. Diese diploiden, somatischen Zellen unterscheiden sich grundsätzlich von den nun zu beschreibenden haploiden Keimzellen (Spermazelle: Mann und Eizelle: Frau), die die geschlechtliche Vermehrung nach der Meiose erst ermöglichen. Keimzellen bzw. Gameten sind haploide Zellen, die in den Geschlechtsorganen erzeugt werden und der Fortpflanzung dienen. Diesen Prozess bezeichnet man als Gametogenese. Die haploiden Keimzellen entstehen durch die zwei Reifeteilungen in der Meiose aus den diploiden Urgeschlechtszellen.

Die folgenden Ausführungen finden Sie detailliert bei Axel Meyer (Meyer, 2015, S. 95):

Zunächst teilen und verdoppeln sich die Urgeschlechtszellen wie die Körperzellen entsprechen der bereits beschriebenen Mitose. Im Lauf der pubertären Entwicklung führt die Meiose zu weiteren Teilungen mit gravierenden Unterschieden in der Ausformung der weiblichen Eizellen und der männlichen Spermazellen.

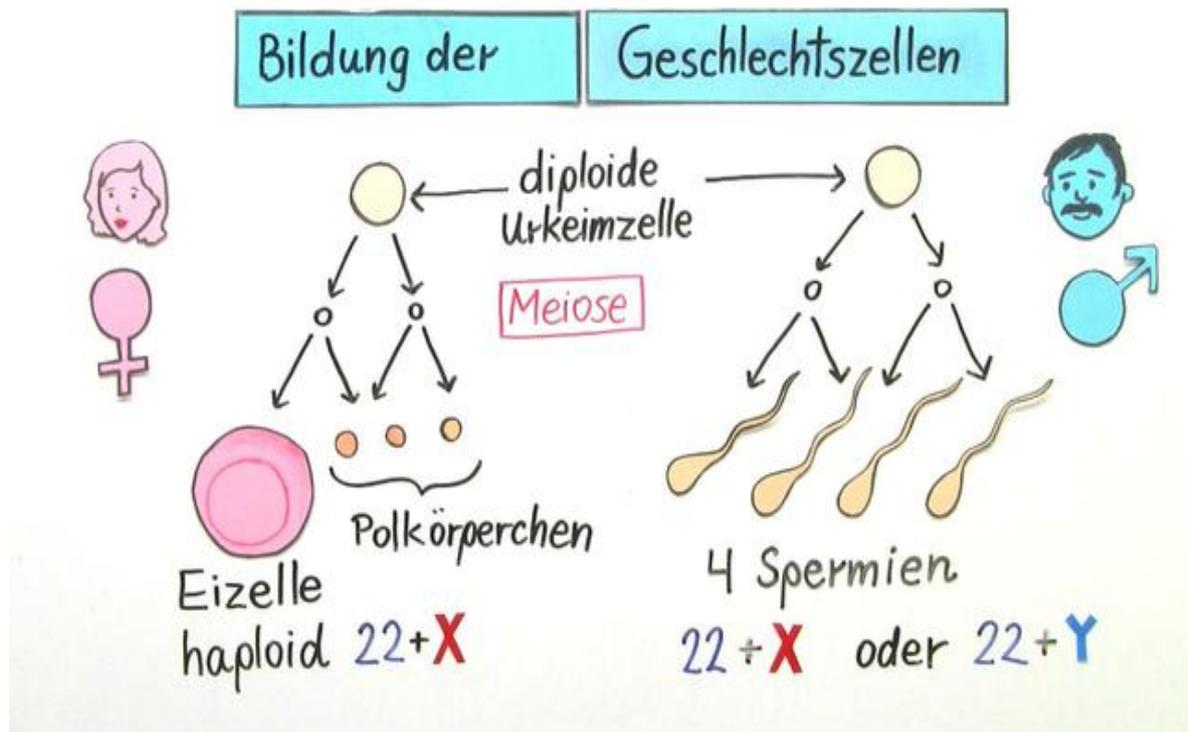
Im männlichen Körper findet die erste meiotische Teilung der Spermatogonia (Ursamenzelle im Hoden) nach der Pubertät statt. Sie erfolgt nur in einigen Geschlechtszellen, allerdings bis ins hohe Alter.

Im weiblichen Körper hört die mitotische Verdopplung der Oogoniazellen (Urgeschlechtszellen im Eierstock) schon im Embryo auf. Es entstehen primäre Eizellen (= Eimutterzellen, Oozyten), aus denen sich die zukünftigen Eizellen bilden. Erst nach der Geschlechtsreife wird die Meiose jeweils in derjenigen Oozyte fortgesetzt, die anschließend beim Eisprung als Eizelle in den Eileiter gelangt und dort befruchtet werden kann. In einer weiteren Phase kommt es aber erneut zu einem Stillstand, und erst die Befruchtung durch ein Spermium löst die Fortsetzung und den Abschluss der Meiose aus.

Beim Mann entstehen aus einer Urgeschlechtszelle je **vier** haploide Samenzellen: **Zwei davon** enthalten 22 Autosome und je ein Y-Gonosom. Sie vererben das männliche Geschlecht. Die **restlichen zwei** enthalten 22 Autosome und je ein X-Gonosom. Sie vererben das weibliche Geschlecht. Alle vier enthalten somit jeweils einen haploiden, vollständigen Chromosomensatz von je 23 Chromosomen.

Bei Frauen entsteht aus einer Urgeschlechtszelle nur **eine** haploide Eizelle mit 22 Autosomen und einem X-Gonosom, also auch ein vollständiger Chromosomensatz von 23 Chromosomen. **Die restlichen drei** Eizellen sind degenerierte Zellen, die Polkörperchen genannt werden.

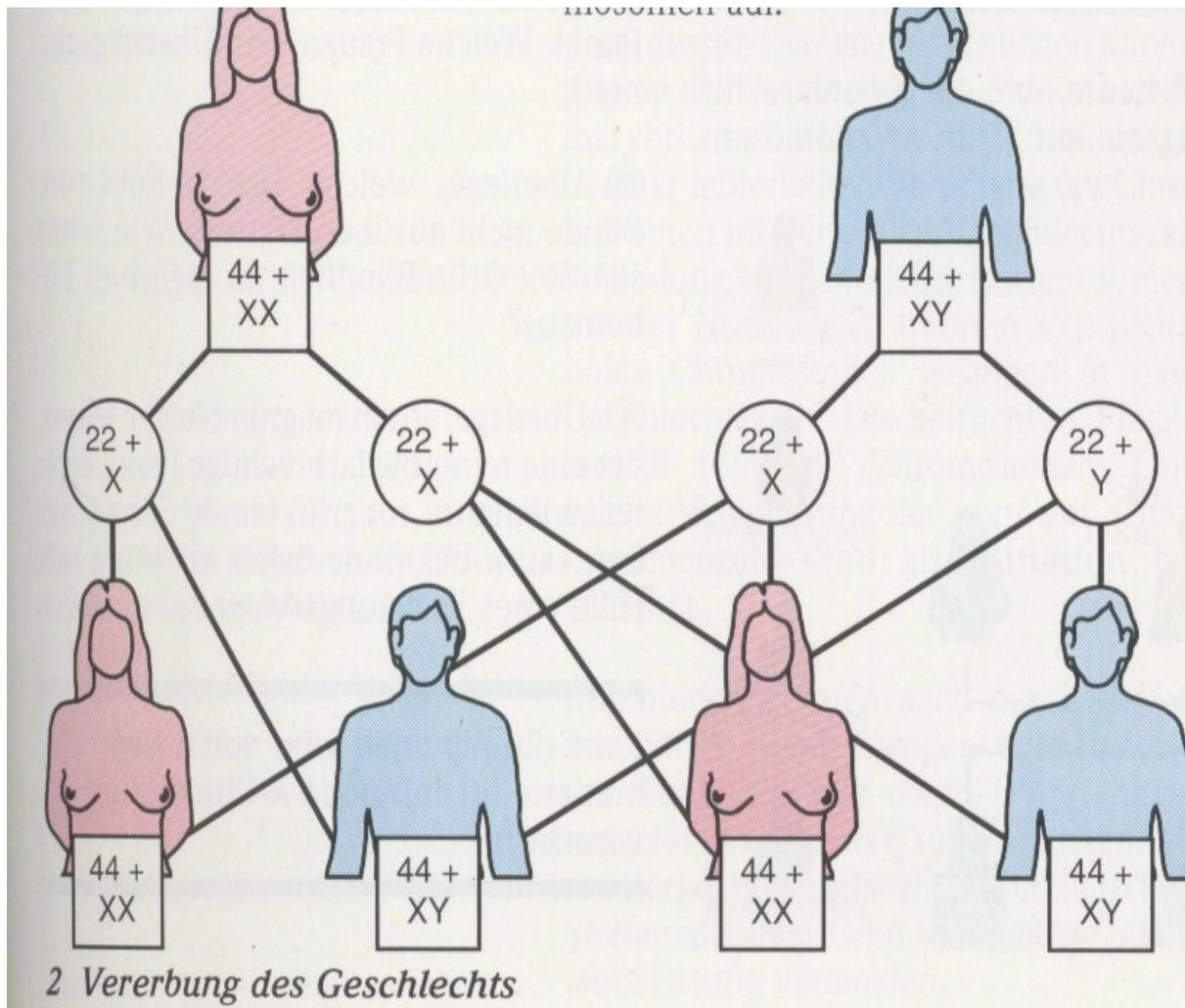
Eine Abbildung aus WIKIPEDIA sollte das darstellen:



Zur Ergänzung: Bei den in der rechten Bildseite dargestellten 4 Spermien handelt es sich um 2 Spermien mit je einem weiblichen X Chromosom und 2 Spermien mit je einem männlichen Y-Chromosom.

Meyer (s.o. ab Seite 93) erklärt den wesentlich Akt der Geschlechtstransformation: „Durch die Verschmelzung von Eizelle (Frau) und Spermium (Mann) vereinigen sich jeweils der haploide weibliche und haploide männliche Chromosomensatz. Damit ist die Zygote, die befruchtete Eizelle, wieder diploid. Allerdings ist es dem Zufall überlassen, welches der ursprünglichen zwei Chromosomen sich in der Ei- oder Samenzelle wiederfindet. Sowohl die von der Mutter als auch die vom Vater **des Erzeugers** ursprünglich ererbte Kopie eines bestimmten Chromosoms haben die gleich 50 : 50 – Chance sich in der Ei oder der Samenzelle wiederzufinden“.

Ich habe zur Illustration dieses Zusammenhangs eine Darstellung aus WIKIPEDIA ausgewählt:



Die haploiden Spermazellen des Mannes können in den 23 Chromosomen ein Y-Chromosom, **oder** ein X-Chromosom aufweisen. Sie vereinigen sich mit der Eizelle der Frau, die in ihren 23 Chromosomen **immer ausschließlich** ein X-Chromosom bereitstellt. Beim Menschen, der Frau, geschieht das im Eileiter s.o.

Es entsteht ein diploider Satz von 46 Chromosomen in der Zygote. Das Geschlecht des Kindes wird bestimmt durch das Geschlechtschromosom des Vaters, ein X- oder ein Y-Chromosom, das die eindringende haploide Spermienzelle mitbringt. Im Allgemeinen bewirkt X weibliche und Y männlich Entfaltung .

Nach der Bildung der diploiden Startzelle (Zygote) kann das Wachstum durch Zellteilung in Form der Mitose (Fötus) beginnen und durch ca. 44-fache Zellverdopplung, die ca. 20 Billionen Zellen des Menschen aufbauen. Dabei kommt es, wie bei der Mitose beschrieben, ständig zur Weitergabe dieses diploiden Chromosomensatzes in Form von Klonen in jede einzelne Zelle.

Im Lauf dieses Wachstums beginnt, vorwiegend in der Pubertät, parallel zur Mitose, die beschriebene Meiose und damit die Bildung der nächsten haploiden Generation von Keimzellen. Dieser Prozess führt sowohl bei der Spermienbildung wie der Eizellenbildung, wie bereits beschrieben zeitlich ganz unterschiedlich über jeweils 2 Reifeteilungen zur Ausbildung der Folgegeneration von nunmehr wieder haploiden Keimzellen (Eizellen und Spermien). Denn nur haploide Zellen können zur Vermehrung genutzt werden, da bei einer ständigen Weitergabe von diploiden Chromosomen in der nächsten Zell-Generation bereits ein vierfacher Chromosomensatz vorläge, der in der übernächsten Generation zu einer Verachtfachung führen würde usw. Das würde die Zelle schon räumlich überfordern, abgesehen von der Versorgung mit Nukleotiden usw.

Keimzellenbildung etwas detaillierter

Die Urkeimzellen bilden sich während der frühen Embryonalentwicklung im Epiblast. In einem späteren Stadium wandern sie in die Genitalleisten, aus welchen schließlich die Keimdrüsen und daraus Eizelle bzw. Spermium, hervorgehen.

Keimzellen entstammen zunächst einem mitotischen Schritt, dem die Meiose, folgt. Nur so kann das diploide Genmaterial haploid aufgeteilt werden-

Bei der Frau erfolgt die Bildung der Vorläufer der Eizellen (diploide Oogonien) wiegesagt bereits vor der Geburt. Die „Produktion“ der haploiden Eizellen selbst verläuft im Gegensatz zum Mann zyklisch bzw. monatlich und endet mit der Menopause. Die Oogonien teilen sich in der ersten Reifeteilung, anders als männliche Spermazellen, zu einer haploiden Eizelle und einem haploiden Pol Körperchen. In den Eierstöcken werden sie zwischengelagert. Es folgt die zweite Reifeteilung, in der das erste Pol Körperchen erneut in zwei haploiden Pol Körperchen aufspaltet. Alle Pol Körperchen werden über die Regel entsorgt. Erst nach der Geschlechtsreife wird die Meiose jeweils in derjenigen Oocyte (Eimutterzelle) fortgesetzt, die anschließend beim Eisprung als Eizelle in den Eileiter gelangt und dort befruchtet werden kann. In der Metaphase II kommt es aber erneut zu einem Stillstand, und erst die Befruchtung durch ein Spermium löst die Fortsetzung und den Abschluss der Meiose aus.

Wie bereits beschrieben erfolgt beim Mann die Spermien**bildung** kontinuierlich, entsprechend der Mitose. Die Spermien**teilung** verläuft nach den Regeln der Meiose und führt zu vier haploiden Spermien. Sie geht in vier Phasen innerhalb des Hodens und einer fünften Phase im Nebenhoden vor sich.

Der ganze Vorgang der Spermienbildung dauert mehrere Wochen. Täglich werden beim gesunden Mann 300 bis 500 Millionen Spermien gebildet. Nach etwa einem Monat Lagerung werden sie durch Leukozyten abgebaut. Männliche Keimzellen werden ab Mitte der Pubertät, nachdem die Hoden mit Erzeugung von Spermien beginnen, im Gegensatz zur Frau, ein Leben lang bereitgestellt. Sie bringen keine cytoplasmatische Zellnährstoffe mit; dies erfolgt allein durch die weibliche Eizelle.

Die Meiose in Einzelschritten und Crossing-over:

Auch hier, in der sogenannten Keimzellenbildung, leitet eine DNA-Verdopplung pro Chromosom den Ablauf ein. Wieder bilden sich zunächst zwei homologe, dimer Chromatide pro Chromosom, die über ein Centromer, x-förmig, locker miteinander verknüpft sind. Es entsteht, wie in der Mitose, je ein doppelter homologer Chromosomensatz der beiden je 23 Elternchromosomensätze. Nun kommt es allerdings zu dem evolutionsgeschichtlich sehr bedeutsamen Nebeneffekt des Crossing-overs (s.a.: 2.4.11.3). Es führen zwei Trennungsschritte (bei der Mitose: nur 1 Trennungsschritt) zu anderen Ergebnissen. In einem ersten Schritt der Meiose, trennen sich alle homologen dimeren Chromatiden nicht am Centromer, sondern werden als ganze homologe Chromosomen (dimeres Chromatid), unter Abschnürung, in je eine Zelle untergebracht.

In einem zweiten Schritt der Meiose folgt nun die Trennung aller verdoppelten homologen Chromosomen durch erneute Zellteilung. Es entstehen somit 4 Zellen, von denen **zwei Zellen je einen haploiden Satz der 23 Mutterchromosomen** und **die restlichen zwei Zellen den Satz der Vaterchromosomen** beinhalten. Jede der in einem Individuum so entstehenden Geschlechtszelle, Keimzelle, erhält einen einfachen, haploiden Chromosomensatz mit entweder der mütterliche oder der väterlichen Seite. Allerdings ist es infolge des Crossing-overs (s.u.) zu bedeutenden "Umschichtungen" der Gene pro Chromosom gekommen.

Dabei entstehen keine zwei identischen Folgezellen, wie bei der Mitose, sondern 4 genetisch unterschiedlich Gameten, mit jeweils einfachem, haploidem Chromosomensatz; 2 mit den 23 Chromosomen der Mutter und 2 mit den 23 Chromosomen des Vaters. Durch Crossing-over wird dieser Ablauf noch deutlicher komplizierter und führt zu Chromosomen-Variationen, die eine Bereicherung der evolutionären Entwicklung bewirken.

Meiose: Geschlechtliche Vermehrung durch Samenzellen aus Urgeschlechtszellen



1 diploide Urgeschlechtszelle

Doppelter Chromosomensatz pro Zelle mit 2x23 Chromosomen

Verdopplung (Replikation)

zu Doppelchromatiden pro Chromosom

1. Trennung

analog Mitose

Doppelchromatide

trennen sich homolog

2. Trennung

Fortführung der Mitose zur Meiose

4 haploide Samenzellen (Gameten) entstehen
In speziellen Organen
nur einfacher Chromosomensatz pro Zelle,
pro Zelle je 23 Chromosomen
(Ohne Berücksichtigung von crossing-over, s.u.)

Ein Chromosomensatz der Mutter mit 23 monomeren Chromosomen
Ein Chromosomensatz des Vaters mit 23 monomeren Chromosomen

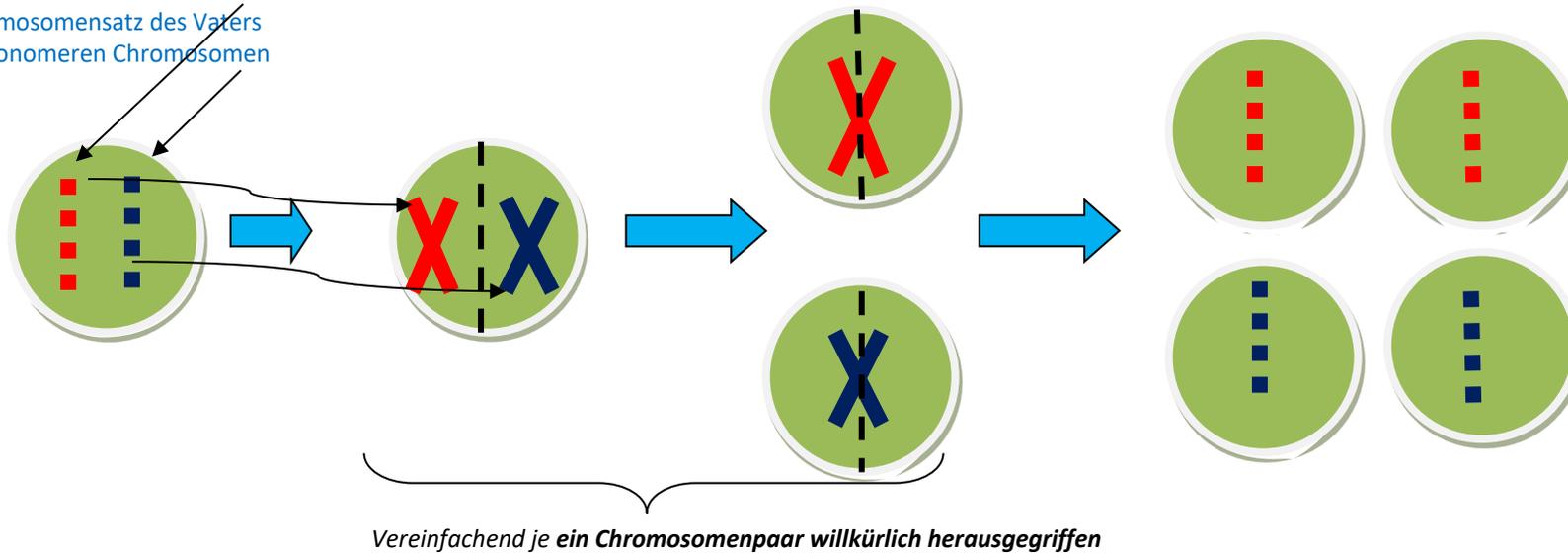


Abbildung 41: Meiose

Bei der Befruchtung werden durch das Verschmelzen der beiden Elternzellkerne zu einer Zygote, die zwei halbierten, haploiden Chromosomensätze (Genome) wieder zu einem Zweifachsatz zusammengestellt (diploid), der aber zusätzlich eine Crossing-over-Mischung (s.u.) aus den elterlichen Chromosomen darstellt. Das neu zusammengesetzte Genom ist hierdurch nicht völlig mit dem der Eltern identisch. Jeder Vermehrungsteilnehmer ist nur theoretisch zur Hälfte am Fortpflanzungsprodukt beteiligt und gibt sozusagen ein modifiziertes halbes Staffelh Holz weiter, das infolge von molekularer Mischung, nicht mehr in allen Teilen mit dem elterlichen Staffelh Holz identisch ist. Mit diesem Prinzip wird eine große genetische Vielfalt ermöglicht. Die Meiose ist der natürliche Motor für die genetische Vielfalt der Organismen, da vor der 2. Teilung, durch das Crossing-Over, das väterliche und mütterliche Erbgut zufällig gemischt werden, was auch für die genetischen Unterschiede zwischen Geschwistern sorgt.

Die Entwicklung einer weiblichen Linie mit zwei X X-Chromosomen und einer männlichen Linie mit einem X- und einem Y-Chromosom, erinnert unwillkürlich an eine Art Symmetriebruch in der Biologie. Was aber hat die Evolution zu diesem Schritt veranlasst? Man kann ja nicht davon ausgehen, dass die Evolution per se erkannte, welche Vorteile sich eröffnen - das würde ja so manchem IT-Anhänger das Herz höherschlagen lassen: bewusste Evolution.

Was sich anbietet sind Mutationen, die ja von den Genetikern auch bestätigt werden. (Siehe hierzu die Zusammenfassung in *WIKIEDIA: Y-Chromosome*).

Ein Gedanke soll aber nicht unberücksichtigt bleiben. Im Abschnitt "von der Chemischen- zur Biologischen Evolution" war die Rede von dem Phänomen: *Eine Aufspaltung in Komplexität ist ja ein generell zu beobachtender Trend von Leben*. Wir beobachten dieses Verhalten offensichtlich in der gesamten Natur. Denken Sie nur an Pflanzen, die sich meist in einem System von verdoppelten Gabeln entwickeln oder an die Blut-, Lymph- und Nervensystem, die sich ständig neu verästeln. Komplexitätssteigerung ist offensichtlich ein Prinzip, vielleicht auch eine unvermeidbare Entwicklung der Evolution. Es ist ein Zuwachs an Information bzw. Ordnung und damit Abnahme punktueller Entropie.

2.4.11.3 Crossing-over

Wie entstehen genetisch Unterschiede?

(Lexikon, 1981, S. 1094): „Austausch von Segmenten von Chromosomen-, Spalthälften (Chromatiden) während der ersten Phase der Reifeteilung (Kernteilung); geschieht nur zwischen den Chromatiden homologer Chromosomen und wird cytologisch sichtbar in Überkreuzungsstellen (Chiasma); genetisch erfolgt ein

Austausch von Genen zwischen Chromatiden väterlicher und mütterlicher Herkunft. Auf diese Weise entsteht eine Neukombination von Erbanlagen“.

Auch hier beobachtet man Zunahme von Komplexität, Information und Struktur- punktuelle Entropie-Abnahme.

Schematische Darstellung eines Crossing-Over an zwei herausgegriffenen Doppelchromatiden, z.B. in der Meiose

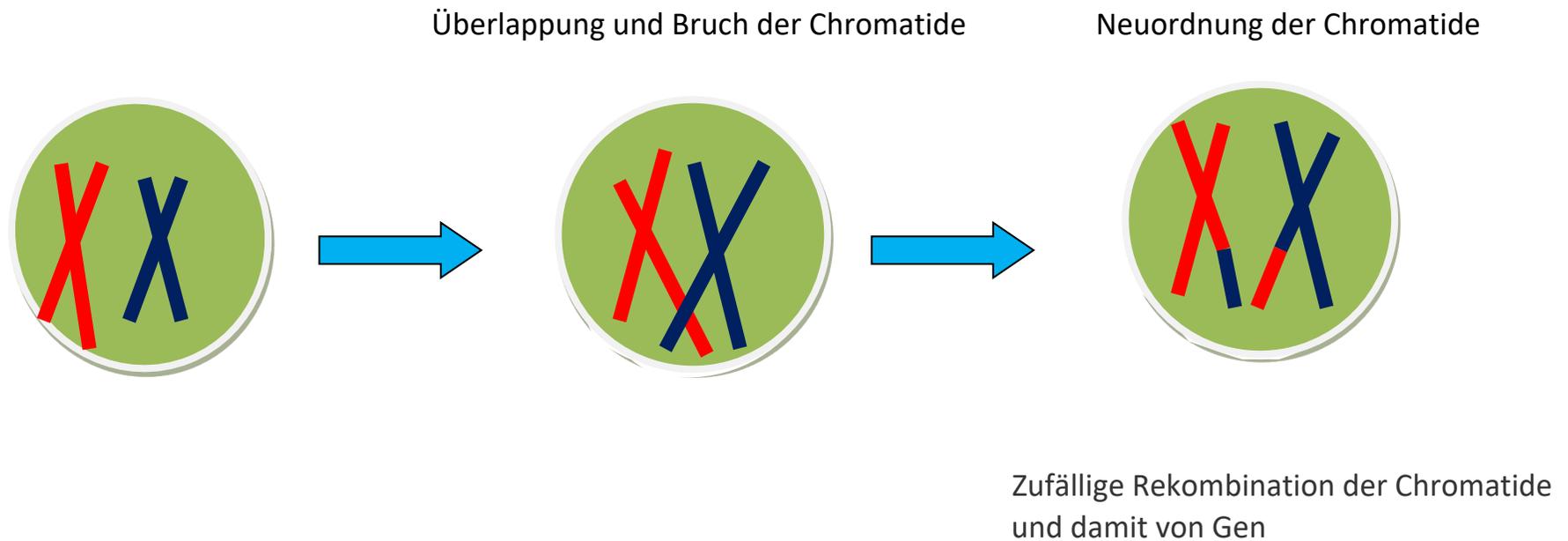


Abbildung 42: Crossing-over

Fruchtbarkeitsunterschied zwischen Sperma und Eizelle

Es gibt, wie beschrieben, einen wesentlichen Unterschied in der Keimzellenbildung bei Frau und Mann mit Folgen für die Weitergabe des Erbgutes: Weibliche Keimzellen werden einmalig erzeugt, teilen sich nicht mehr und sind damit sozusagen für die Zeit der Fruchtbarkeit mehr oder weniger unbeschadet zwischengelagert. Die männlichen Keimzellen werden dagegen ständig von Vorläuferzellen produziert, die selbst immer wieder aus vielen Teilungen hervorgehen und damit Mutationen sammeln. Diese sogenannten De-novo-Mutationen haben zur Folge, dass Kinder von 40-jährigen Vätern durchschnittlich 65 Mutationen aufweisen, während man bei 20-Jährigen nur 25 Gen-Veränderungen beobachtet. Allerdings haben die Kinder älterer Väter Chromosomen mit längeren Telomeren, was höhere Lebenserwartung vermuten lässt. (dapd, September 2012)

Beim Mann entstehen aus einer diploiden Urkeimzelle vier haploide zeugungsfähige Tochterzellen. Bei der Frau verbleibt nur eine einzige haploide zeugungsfähige Eizelle, da drei Zellen absterben. Allerdings ist diese "Vergeudung" nur ein winziger Bruchteil dessen, was von der Bereitstellung der Milliarden an männlichen Spermien tatsächlich für eine Zygote verwertet wird, also in eine neue Generation eingeht.

Interessant ist auch der asymmetrische Verlauf der beiden Keimzellen-Entwicklungen. Man kann in der weiblichen Linie einen regelrechten weiteren Symmetriebruch sehen. Das führt zu Überlegungen, die auf eine Anmerkung von Rupert Sheldrake in der Einleitung seines Buches, "Der Wissenschaftswahn" (Sheldrake, 2012, S. 10) zurückgeht. Er schreibt in seinem Vorwort: *"Absterbende Zellen spielen eine wichtige Rolle für die Rolle des Pflanzenwachstums.....absterbende Zellen regen weiteres Zellwachstum an, mehr Wachstum bedeutet dann mehr Zelltod und wieder mehr Zelltod."* Er geht davon aus, dass sich schädliche Abfallprodukte in Zellen sammeln und sie altern lassen. Durch asymmetrische Teilung entstehen verjüngte Tochterzellen von denen eine die "Schlacke", was immer das auch sein soll, aufnimmt und zugrunde geht, während die anderen verjüngt in einen Neubeginn starten. Wendet man diese Vorstellung auf die menschlichen Keimzellen an, so könnte man eine solche Entsorgung in der parallelen Bildung der 3 Pol Körperchen, bei der Formierung einer Eizelle sehen. Warum aber gerade bei der weiblichen Linie?

Nun, wie beschrieben, werden weibliche Keimzellen einmalig erzeugt und für ein ganzes Leben zwischengelagert. In dieser langen Zeit ist einiges an schädlichen Einflüssen denkbar, die so korrigiert werden.

In der Spermabildung, die wie gesagt zyklisch erfolgt, mag sich ein solcher Entsorgungsweg erübrigen. Durch die ungeheure Zahl an Spermien ist die Wahrscheinlichkeit eines Defekt-Einflusses minimiert.

Abschließend ist festzuhalten, dass aus den haploiden Urkeimzellen durch Meiose, die nächste Generation von haploiden Keimzellen hervorgegangen ist, die

aber mengenmäßig nur einem Bruchteil gegenüber der mitotischen Zellproduktion darstellen.

Allerdings sind es diese Keimzellen, die die Botschaft des uralten Gen-Wissens immerfort in reiner Form an Folgegenerationen weiterreichen.

Liegen bei einer geschlechtlichen Vermehrung nicht homologe Chromosomensätze vor, kann es zu keiner Meiose kommen. Das ist der Grund, warum sich z.B. ein Pferd nicht mit einer Kuh kreuzen lässt.

Gen Analyse

Kurz eine Anmerkung zur Gen-Analyse, die uns heute in den Medien bzw. in Kriminalfilmen immer wieder begegnet.

Der diploide Chromosomensatz z.B. aller menschlichen Zellen, resultiert aus der Vereinigung der zwei haploiden, einfachen Sätze von je 23 Chromosomen jeden Elternteils in der Meiose. Beide elterlichen haploiden Sätze zu je 23 Chromosomen, sind naturgemäß nicht vollständig identisch. Allerdings passen beide Chromosomensätze hinsichtlich Form, Struktur und Genlokalisierung genau zueinander - darum spricht man von homologen (gleichartigen) Chromosomen. Homologe Chromosomen sind aber in der Regel nicht identisch, da Gene in verschiedenen Ausführungen (Allelen) vorliegen können.

Zum Thema Gen- oder Chromosomen-Analyse finden Sie bei <http://www.schefel.org/bw.schule.de/faecher/science/biologie/molangewandt/3fingerprint/fingerprint.htm> folgende Info:

*"In jeder Zelle tragen wir zwar unsere komplette Erbinformation (ca. 3 Milliarden Basenpaare), doch in nur ca. 3 Prozent der DNA steckt der Bauplan unseres Körpers, 97 Prozent sind ohne bekannte Funktion (= nicht kodierende DNA). Auf verschiedene dieser "funktionslosen" Abschnitte (sog. Introns) haben es die Biologen abgesehen, denn ihre Längen sind von Menschen zu Menschen verschieden. Innerhalb dieser Abschnitte gibt es viele verschiedene sog. VNTR-Loci (Variable Number of Tandem Repeats) oder STR-Gene ("Short-Tandem-Repeat-Gene), die aus Wiederholungen derselben kurzen Basensequenz (z.B. ACTG) bestehen. Diese Wiederholungssequenzen (= "Stottersequenzen") sind unterschiedlich lang, da die Anzahl der StotterSilben in einem STR-Gen **bei verschiedenen Menschen unterschiedlich groß ist** und von daher zur Identifizierung einer DNA-Probe herangezogen werden kann. Man erwartet pro VNTR-Locus und untersuchter Person 2 Banden, d.h. 2 Allele des STR-Gens, die von den beiden homologen Chromosomen (eins vom Vater, eines von der Mutter) stammen. Je mehr verschiedene STR-Gene untersucht werden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass zwei nicht verwandte Personen das gleiche Bandenmuster haben. Untersucht man z.B. acht STR-Gene, dann ist die Wahrscheinlichkeit*

bereits so gering, dass rein statistisch ein einziger Mensch aus der gesamten Erdbevölkerung identifiziert werden könnte. In der Fachliteratur wird eine Wahrscheinlichkeit von 4×10^{-11} dafür genannt, dass zwei nicht verwandte Personen das gleiche Bandenmuster haben; bei Verwandten liegt sie immer noch unter 4×10^{-5} . Nur bei eineiigen Zwillingen scheitert das Verfahren, denn die haben identische Erbanlage. In der DNA-Datei ist ein Verdächtiger mit acht Zahlenpaaren gespeichert: 8 STR-Gene -->jeweils mit 2 Allelen ---> jedes Allel ist in Form seiner DNA-Länge als Zahl angegeben".

Inzwischen gilt dieser Stand der Technik nicht mehr: Eineiige Zwillinge: Verfügen Zwillinge über die gleiche DNA? (dna-sequenzierung.com) 12. August 2014 | Biologie & Genetik schreibt: Eineiige Zwillinge können **durch Punktmutationen identifiziert und unterschieden werden**. Diese Punktmutationen treten während der frühesten Embryonalentwicklung auf und werden an jeden Gewebetypen weitergegeben, der sich früher oder später im menschlichen Körper entwickelt. Sind diese minimalen Mutationen nicht letal bzw. wirken sich auch sonst nicht negativ auf den Organismus aus, dann werden sie zwangsläufig beibehalten und können fortan als Unterscheidungsmerkmal auf genetischer Ebene dienen.

Axel Meyer erklärt etwas transparenter: Ca. 8 % unseres Genoms bestehen aus "repetitiver" DNA ohne klare Funktion. In dieser "Nonsense-DNA" häufen sich an den schnellsten Mutationen an, sie ist daher auch am variabelsten und eignet sich am besten, um genetische Unterschiede zwischen Individuen aufzuspüren. Daher wird auch hier nachgeschaut, wenn es darum geht, Vaterschaftstests durchzuführen oder anderweitige DNA-Fingerabdrücke zu nehmen (Meyer, 2015, S. 113)

Entropie-Betrachtung

Zum Abschluss noch ein kurzer Blick auf die entropischen Effekte. Mit jeder wachsenden Generationenfolge etablieren sich neue, ungeheure Mengen an Informationen, die zudem trotz des Todes der "Alten" nicht weniger, sondern infolge des unaufhaltsamen Populationsanstiegs seit Jahrhunderttausenden stetig mehr werden. Dieser Informationszuwachs besteht auf den ersten Blick aus dem Zuwachs an DNA-Inhabern. Auf den zweiten Blick haben wir es mit Erkenntniszuwachs zu tun, der ja aus Bewusstwerdung und Lerneffekten des DNA-Besitzers resultiert. Also eine Entropie-Verringerung aus diesem Blickwinkel, bei allerdings steigender Gesamtentropie durch die bekannten Verlusteffekte. In der augenblicklichen Entwicklung scheint das aber nicht zu einer Formation einer kollektiven, menschlichen Zukunftsfähigkeit zu führen; es triumphiert das Gegenteil. Egoismus, Nationalismus vor allem aber religiöser Dogmatismus lassen diese Chance immer unwahrscheinlicher werden. Im Gegenteil, es wird es immer deutlicher, dass die gesamte Menschheits-Entwicklung auf die ungebremste

Steigerung der sowieso schon prinzipiell chaotischen Zusammenhänge hinausläuft. Die weltweite politische und ökologische Lage wird immer fragiler und, das vorhandene labile Gleichgewicht steht vor immer verheerenderen Brüchen.

Gibt es Lösungsansätze? M.E. ja, aber sie sind in weiter Ferne: Wir müssten mit allen Mitteln weiteren Weltbevölkerungsanstieg verhindern, um diesem Tohuwabohu des an Individuen orientierten Informations-Chaos den Boden zu entziehen. Wenn wir nicht gegensteuern, wird das durch absehbare gewaltsame, testosterongesteuerte Entwicklungen auf jeden Fall von selbst eintreten. Es gibt Untersuchungen, die für diesen zweiten Fall davon ausgehen, dass innerhalb der nächsten 100 Jahre eine schmerzhaft Halbierung der Erdbevölkerung, durch Krieg, Hunger, Katastrophen usw., eintreten wird.

Abschließend zum Thema Zellvermehrung noch eine kritische Anmerkung: Wenn man sich in Fachbüchern über „die Zelle“ orientieren will z.B. Genetik (Graw, Jochen, 2015, 6.Auflage, S. 166), entpuppt sich „die Zelle“ als ein unglaublich komplexer, molekularbiologischer Irrgarten. Unter diesem Blickwinkel ist nicht nur der mitotische oder der meiotische Teilungsgang nur die Oberfläche. Was sich in einer neu gebildeten Zelle an Zellarchitektur, an Membranen und Lebensapparat in kürzester Zeit bildet und funktionieren muss, übertrifft alle Vorstellungen. Es ist mir fast unerklärlich, wie schnell diese elementar wichtigen Substrukturen, wie z.B. Golgi-Apparat, endoplasmatisches Retikulum, Ribosomen, Mitochondrien usw. in den wenigen Stunden von Zellteilungen funktionsfähig in der neuen Zelle gebildet werden.

2.4.11.4 Epigenetik

Epigenetik ist eine molekulargenetische Informationsmatrix basierend auf der elementaren Syntax der DNA. Sie befasst sich mit der Beeinflussbarkeit der genetischen Aktivitäten also der Exprimierung von Genen (DNA) und gewinnt zunehmend an Beachtung, infolge von Erkenntnissen zu Einfluss oder gar Lenkung von Lebensvorgängen (Stoffwechsel, Fortpflanzung, Wachstum, Reaktionsmöglichkeiten) in der Morphologie, der pathologischen und psychischen Entwicklung. Regelrecht spektakulär erscheint ihr Potential bei der Vererbung von vielfältigen Erfahrungen.

Grundzüge der Epigenetik

Für die Epigenetik spielt die DNA die Rolle eines Datenträgers, vergleichbar den Lochstreifen der ersten Computer (MANIAC, in Princeton in den 50iger Jahren). Sie beeinflusst die Komposition der Ablesung, verändert aber nicht die Löcher des Lochstreifens. Sie stößt lediglich die Aktivierung der DNA-Genträger an. Wenn man in der DNA den molekularbiologischen Datenträger zur Produktion

von Proteinen (Enzyme) sehen will, kann man die Epigenetik als den Steuerungsebene dieses Datenträgers bezeichnen.

Ein Mensch besteht, wie bereits dargestellt, aus bis zu 20 Billion Zellen, deren Körperlichkeit und Psyche, emergierend im Phänotyp, primär durch die über die Meiose ererbte elterliche DNA angelegt sind. Dagegen schien ein Vererben von erworbenen Lebenserfahrungen an die nächsten und weiteren Generationen (Lamarckismus) lange nicht denkbar, da sie ja nicht über diese Meiose erfolgen kann. Dieser Grundsatz gilt auch weiterhin, ist aber durch epigenetische Erkenntnisse zu erweitern. Heute wird die Epigenetik - im Prinzip eine Einflussnahme auf die Gen-Aktivierung - als wesentlicher Faktor dafür angesehen, dass Leben und Leiden des Phänotyps sowie die seiner genetischen Erben nicht allein durch die Basenfolge der DNA der Gene bestimmt sind. Auch Vererbung im Sinn von Lamarck wird damit erklärbar.

Molekularbiologische Wirkungsmechanismen der Epigenetik

Man kann die Epigenetik als zweite wesentliche Informationsebene oberhalb der Basisebene der DNA ansehen; sie bildet sich durch chemische Anhängsel (molekulare Fragmente) an die DNA.

Seit langem sind solche Fragmente – überwiegend Methylgruppen am Cytosin (5-Methylcytosin) der aufeinander folgenden Nukleoside Guanin und Cytosin (G-C) in der DNA-Basenfolge - bekannt. Im DNA-Doppelstrang sind beide Einzelstränge komplementär enzymatisch methyliert. Alle Lebewesen verfügen über diese Methylierung ihrer DNA (Kegel, 2018, S. 87). Es gibt etwa 28 Million G-C DNA-Gruppierungen im Genom jeder menschlichen Zelle.

Abgesehen von Methylgruppenanhängsel der DNA gibt es Acetylanhängsel an den "DNA-Wickelspulen" der Chromatine, den Histonen.

Diese natürlichen Methyl-Marker der DNA bzw. Acetyl-Marker der Histone regulieren die Aktivität gesunder Gene, indem sie den Platz zwischen Genabschnitten auf der DNA vergrößern oder reduzieren und so das Andocken von spezifischen Enzymen regeln. Mechanistisch gesehen kann so nämlich Platz geschaffen werden für enzymatische Gen-Aktivierungen durch Volumenvergrößerungen in Form von Methylgruppen an der DNA oder Acetylgruppen an den Histonen. Solchen offenen Konformationen steht die Volumenverkleinerung und damit Gen-Inaktivierung durch Abwesenheit der Marker gegenüber. Es resultiert die Steuerung des An- und Abschaltens der Gene in den Zellen der einzelnen Körpergewebe. Wie das konkret geschieht ist noch Gegenstand intensiver Forschung.

Wahrscheinlich haben sich diese Aktivierungsmechanismen durch Abstandsregelung der Gen-Abschnitte schon sehr früh entwickelt. Plausibel ist die Annahme vor etwa 2 bis 3 Milliarden Jahren im Proterozoikum als sich die Mehrzelligkeit entwickelte. Man nimmt an, dass die Methylierung ursprünglich dem Schutz der eigenen DNA zur Abwehr von Zelleindringlingen wie bakterieller DNA diene.

Aber auch abweichende DNA-Konformationen und RNA-Fragmente wirken epigenetisch also Gen beeinflussend.

Eine ganze Reihe von lebenswichtigen epigenetischen Einflüssen durch Methylierung ist bekannt z.B. (Kegel, 2018):

- Vererbung von Fettleibigkeit über Y-Chromosomen (Kegel, 2018) Seite 22).
- Merkmalsausprägung z.B. bei Pflanzen ohne genetische Basis, Seite 40.
- In der Doppelhelix sind beide Stränge methyliert, Seite 88.
- Restriktionsenzyme (Restriktionsendonukleasen) sind methylierungssensitiv und trennen nur an genau definierten methylierten Stellen, Seite 91.
- Methylierung ist bisher nur im System GC bekannt, Seite 93.
- Restriktionsenzyme und Methylierung dienen der Phagen Abwehr bzw. der Abwehr von Fremd-DNA und schützen die eigene DNA durch ein spezifisches Methylierungsmuster.
- In der menschlichen DNA haben sich große Abschnitte parasitärer DNA-Sequenzen eingenistet. Sie sind zu 90 % methyliert, Seite 95.
- Methylanhängsel liegen in der „großen DNA-Furche“ und blockieren Angriffe. Sie bilden das wichtigste Instrument zur Inaktivierung von Genparasiten bzw. Stilllegung von Genen. Diese Stilllegung kann über Generationen vererbt werden, Seite 95.
- Der methylierte DNA-Doppelstrang teilt sich bei der Zellteilung (Mitose). Der hinzukommende neu aufgebaute Strang ist zunächst nackt. Das Methylierungsmuster des alten Strangs wird durch Erhaltung-Methyltransferase auf den neuen, nackten Strang übertragen. De-Novo-Methylierungstransferase heftet ständig neue Methylgruppen an. Entmethylierte DNA führt zu Tod, Seite 99.
- Eines der beiden X-Chromosomen der Frau wird im frühen Embryonalstadium durch Methylierung weitgehend inaktiviert, Seite 103.
- Bei der Zellteilung eines x-förmigen Chromosoms (2 Tochterchromatide sind über das Zentromer verbunden), wird der Ort des Zentromers durch Epigenetik festgelegt, Seite 137.

Kommt es, wie auch immer, zur Umstrukturierung (Denaturierung) von besagten Markern, werden Störung der normalen Gen-Aktivität ausgelöst, da die Marker nun „unnatürliche“ Genaktivität initiierten. Da so u.a. die Entwicklung oder der Erhalt der Gewebetypen beeinflusst wird, ist es verständlich, dass degenerative Protein- und Strukturentwicklungen resultieren können. Man kann diese biomolekularen Veränderungen als Epimutationen auffassen, vor allem, wenn sie an die nächste Generation weitergegeben werden. Zum Verständnis sind allerdings

noch näher zu beschreibenden Bedingungen notwendig. Allerdings kann durch Umstrukturierung (Denaturierung) von besagten Markern nur der Phänotyp, nicht aber der Genotyp (DNA-Sequenz) beeinflusst werden. Diese Variabilität der Zellentfaltung zeigt sich z.B. in unterschiedlichen Eigenschaften des Phänotyps von getrennt aufgewachsenen Zwillingen.

Der Einfluss der Umwelt, dieser sich ständig ändernden geologischen, meteorologischen, kulturellen und sozialen Fitnesslandschaft, erscheint plausibel und erklärt viele Phänomene im biologischen Dasein, die über Mutation allein nicht verständlich sind.

Epigenetik bewirkt auf diese Weise eine zusätzliche, effektive Anpassung im Wachstum, Ausprägung der Morphologie und wahrscheinlich auch der Psyche im Erlebnisumfeld. Einzelwesen können so innerhalb einer kurzen Generationenfolge dieses Umfeldes bzw. dem ihrer Vorfahren geprägt sein. Es ist anzunehmen, dass aber nicht nur das Soma, sondern auch die Psyche beeinflusst wird.

Methylierung bzw. Denaturierung der DNA ist eine elementare, lebenswichtige Informationsebene für allen Lebensvorgängen. Diese chemisch enzymatische Aktivierungsmaschinerie ebnet darüber hinaus sogar der umstrittenen Vererbungsmöglichkeit von Lebenserfahrung, also oberhalb der Basisinformationsebene der DNA, den Weg. Bevor wir uns etwas näher damit befassen soll kurz die „normale“ genetische Vererbung wiederholt werden.

Genetische Vererbung durch Zellevermehrung

Leben ist grundsätzlich an Zellen gebunden. Es wird durch Zellteilung (Mitose) und Vererbung des Genoms (Meiose) aufrechterhalten. Das vererbte, in der Zelle enthaltene Genom, die DNA, repräsentiert auf molekularer Ebene den Genotyp.

Anfänglich stellte man sich die DNA „nackt“ als langen, lediglich verdrillten Desoxyribonukleinsäure Doppelstrang vor. Aber schon in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts ergab sich die wesentlich differenziertere Struktur (Siehe: Abb. 38). Der DNA-Strang wickelt sich in regelmäßigen Abständen mit je 1,5 Windungen um definierte Proteinkörper (Histone, "DNA-Wickelspulen"). Die „Perlschnur“ dieser so geformten Nukleosomen bildet einen Chromatinfaden, die kondensierte Form eines Chromosoms.

Die DNA ist seit ca. 3 Milliarden Jahren der wesentliche Impulsgeber und die wichtigste Informationsbasis für die Nachhaltigkeit von terrestrischem Leben. Sie bewirkt durch Proteinbereitstellung letztlich die Gestaltgebung aller Lebensformen. Aus ihrer zweidimensionalen Fadenstruktur bildet sich die dreidimensionale Körperstruktur. Durch zufällige Veränderungen der DNA-Basenfolge – Mutation –, wird die Lebenszukunft auf molekularer DNA-Ebene mit Auswirkungen auf die Morphologie beeinflusst. Ein durch Wachstumsteilung (Mitose) der Zelle

entstehender makroskopischer Phänotyp ist der chaotischen Zufälligkeit der Fitnesslandschaft ausgesetzt. Wenn ein genmutierter Organismus, genauer die Art, langfristig diesem Selektionsfilter überlebt, ist der Fortbestand als angepasste Version erreicht. Das ist das Wesen von Evolution.

Es wurde bereits angesprochen, dass es neben der molekularbiologischen Informationsebene der DNA weitere molekulare Informationsebenen gibt:

Da sind u.a. die Informationsebenen der Proteine, das Proteom und unser Thema, die der Epigenetik, das Epinoms. Diese Sprache der Epinoms und wird ganz wesentlich von der Umwelt und den Lebenserfahrungen dominiert.

Epigenetik kann in diesem Rahmen auch auf die Vererbung Einfluss nehmen.

Um den Vererbungsaspekt im epigenetischen Wirken, im Gegensatz zur genetischen Vererbung leichter verständlich zu machen, möchte ich zunächst einige Grundzüge der DNA-Genetik eukaryontischer Phänotypen wiederholen (Siehe: 2.4.11.1-3). DNA, Keimzellen, Spermien, Eizelle und Embryo sind in diesem Kontext von besonderer Bedeutung.

Wie bereits beschrieben wurde, gibt es zwei Wachstumsvorgänge der Zelle: die ungeschlechtliche (siehe: 2.4.11.1: Mitose) und die geschlechtliche Zellteilung (siehe 2.4.11.2: Meiose).

Wachstum durch Mitose/ungeschlechtlich (Wiederholung, siehe 2.4.11.1)

In der Mitose, der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Zell- bzw. Wachstumsteilung, teilt sich eine diploide, somatische Startzelle A. Aus A entstehen zwei diploide, somatische Folgezellen A (alt) und A (neu). A (alt) und A (neu) sind genetisch identisch, d.h. sie haben die gleiche DNA; die Startzelle A wurde geklont. Diese Wachstumsteilung erfolgt beim Menschen ca. 44 Mal und führt, beginnend mit der Zygote (Startzelle), theoretisch zu $2^{44} = 17.592.186.044.416$ Gesamtzellen des Phänotyps.

Wachstum durch Befruchtung/geschlechtlich (Wiederholung, siehe 2.4.11.2)

Nach der der Befruchtung der haploiden weiblichen Eizelle im Eileiter durch eine männliche, haploide Spermazelle bildet sich ein diploide Startzelle (Zygote). Es beginnt das Wachstum dieser Zygote durch mitotische Zellteilung, die sich über den Embryonalzustand, den Fötus, die Geburt und die Lebensphase zum Phänotyp entfaltet. Sie umfasst lebenslange o.a. ca. 44-fache Zellverdopplung. Jede einzelne Zelle verfügt daher über den gleichen diploiden, homologen Chromosomensatz. Im Wachstumsverlauf schließen sich Zellen zu Gruppen, Geweben oder Organen in Form von etwa 200 verschiedenen Gewebetypen zusammen. Durch Mitose wachsen z.B. auch im hohen Alter noch Haare oder Nägel.

Mit diesem klonierten somatischen Zelltypus ist allerdings keine geschlechtliche Vermehrung möglich, d.h. auf natürlichem Weg kann daraus keine weitere Zygote entstehen. Eine Vererbung erworbener Erfahrungen ist mitotisch nicht möglich. Zur geschlechtlichen Vermehrung und damit der genetischen Vererbung werden Keimzellen

- Geschlechtszellen - benötigt. Je nach Geschlecht ist deren Bildung zeitlich sehr verschieden. Ihre Bildung wird durch die Meiose beschrieben.

Geschlechtszellenbildung durch Meiose

Die Meiose führt zur Bildung von haploiden weiblichen und haploiden männlichen Geschlechtszellen (Gameten). Sie sind homolog. Bei der o.a. Befruchtung entsteht daraus eine diploide Zygote, aus der heraus erst der oben beschriebene Wachstumsvorgang einer neuen Generation durch Mitose möglich wird.

Am Anfang der Embryonalentwicklung bilden sich Urkeimzellen im Epiblast (Teil des frühen Embryos). Danach wandern sie in die Genitalleisten, aus welchen schließlich die Keimdrüsen und daraus Eizelle bzw. Spermium, hervorgehen. Sie entstammen also zunächst einem mitotischen Schritt, dem die Meiose folgt. Dabei wird das mitotische, diploide Genmaterial für eine Befruchtung in den Gameten haploid aufgeteilt.

Bei der Frau erfolgt die Bildung der Vorläufer der Eizellen (diploide Oogonien) bereits vor der Geburt. Befruchtungsfähige, haploide Eizellen selbst bilden sich im Gegensatz zum Mann (s.u.) monatlich. Endpunkt ist die Menopause. Die Oogonien teilen sich in einer ersten Reifeteilung, anders als männliche Spermazellen, zu einer haploiden Eizelle und einem haploiden Pol Körperchen. In den Eierstöcken werden sie zwischengelagert. Es folgt eine zweite Reifeteilung, in der das erste Pol Körperchen erneut in zwei haploiden Pol Körperchen aufgespaltet wird. Alle Pol Körperchen werden über die Regel entsorgt. Erst nach der Geschlechtsreife wird die Meiose jeweils in derjenigen Oozyte (Eimutterzelle) fortgesetzt, die anschließend beim Eisprung als Eizelle, befruchtungsfähig vorliegt. In der Metaphase II kommt es erneut zu einem Stillstand, und erst die Befruchtung durch ein Spermium löst die Fortsetzung und den Abschluss der Meiose aus.

In diesen Phasen sollten m.E. Ansatzpunkte für epigenetische Denaturierung auf sich teilende, vererbungs-fähige Zellen, z.B. durch die Umwelt gegeben sein. Durch molekularbiologische Effekte ohne DNA-Änderung, Weitergabe der Epimutationen, könnten vererbare Änderungen der natürlichen Genaktivierungen im Zygoten Wachstum und deren Folgezellen eintreten. So kann z.B. die Vererbung von Angst in Mäusen belegt werden (Skinner, Michael K., 2018).

Beim Mann erfolgt die Spermienbildung kontinuierlich, entsprechend der Mitose. Sie verläuft auch nach den Regeln der Meiose, führt zu vier haploiden Spermien und geht in vier Phasen innerhalb des Hodens und einer fünften Phase im Nebenhoden vor sich.

Der ganze Vorgang der Spermienbildung dauert mehrere Wochen. Täglich werden beim gesunden Mann 300 bis 500 Millionen Spermien gebildet. Nach etwa einem Monat Lagerung tritt Abbau durch Leukozyten ein. Männliche Keimzellen werden ab Mitte der Pubertät, nachdem die Hoden mit Erzeugung von Spermien beginnen, im Gegensatz zur Frau, ein Leben lang bereitgestellt. Diese Phase wird als „slow growth“ bezeichnet und verläuft in etwa ab dem 9 – 12 Lebensjahr.

Für dieses Stadium konnten vererbare Einflüsse im Stoffwechsel belegt werden: Die lange zurück liegende Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln für Großväter wirkte sich durch Epimutationen auf den Phänotyp von männlichen Urenkeln aus (Kegel, 2018, S. 12).

Nur die Meiose ermöglicht die Weitergabe – Vererbung – **aller** genetischen Veranlagungen beider Geschlechter an **alle** aus der Zygote durch mitotische Zellteilung hervorgehende Folgezellen. Das sind wie gesagt maximal 2^{44} Zellen des Phänotyps. Durch Mitose entstehen lediglich Klone. Wenn als Erwachsener das Mitose-Wachstum sich dem Maximum von 2^{44} Zellen nähert, bleibt nur wenig Teilungszukunft der etwa 200 Gewebearten. In jeder Zelle dieser 200 Zellgewebe und damit in den 20 Billionen Zellen, befinden sich übrigens die beiden, völlig identischen, ererbten Chromosomen (DNA, das Genom) der Eltern. Allerdings sind die Methylierungsmuster, das Epinom, in den Gewebearten verschieden, das die gewebespezifische Genaktivierung bewirkt. Eine umfassende genetische Beeinflussung des Phänotyps ist mit konventionellen Mitteln nicht möglich, da es keinen einfachen Weg ins Innere der Zelle, in den Kern mit den Chromosomen, gibt.

Epigenetische Vererbung

Lange gab es lediglich die Vermutung, dass erlernte und erworbene Lebens-Effekte von einer Generation zur anderen vererbt werden können.

Aus der befruchteten Eizelle, der Zygote, entwickeln sich, wie beschrieben, durch die Mitose die Zellgewebe. Bei jeder Zellteilung werden die natürlichen Muster der DNA-Methylmarker an die Tochterzelle weitergegeben außer im Fall der Fortpflanzung. In diesem Stadium findet weitestgehende Methylgruppen Löschung bei den durch Meiose gebildeten Tochterchromatiden statt, um den embryonalen Stammzellen die Entwicklung zu jeder Art von Zelle zu ermöglichen: omnipotente Stammzellen. Danach werden die Marker enzymatisch wieder gesetzt. **Wenn es aber durch Umweltfaktoren – Chemikalien, Strahlung, Stress, Psychosen - zu Einflüssen auf Keimzellen oder ihrer Vorläufer kommt, ist mit einer Denaturierung in deren natürlichem Methylierungsmuster zu rechnen. Diese entstandenen Epimutationen können an Folgegenerationen meiotisch vererbt werden.** Z.B. gibt es besonders für vererbte Denaturierung anfällige Stadien bei der Konzeption-Phase durch zwei Neuprogrammierungen der Marker oder in der „**slow growth**“- **Phase männlicher Vorpubertät**. Im schwedischen Norrbotten ist ein interessantes Stoffwechsel-Phänomen von Großvätern im „slow growth“ Zeitraum, also zwischen 9 und 12 Jahre und ihren Enkeln statistisch belegt. In diesem vorpubertären Stadium beginnt bei Jungs die Spermienbildung. Offensichtlich können die Methylierungsmuster der Gene in den Spermien denaturiert werden. Man beobachtet Fettleibigkeit bzw. das Gegenteil bei **männlichen Enkeln**, wenn die Großväter im Überfluss oder Hungerphasen gelebt haben (Kegel, 2018, S. 9). Eine derzeit schlüssige Erklärung ist das epigenetische Erbe der Enkel über das denaturierte Y-Chromosom der Großväter. Es kann beim Großvater zu unnatürlicher Genaktivierung im Y-Chromosom gekommen sein, die in der Meiose bis zum Enkel weitergereicht wurde. **Die**

Basenfolge der DNA wird dadurch nicht verändert. Diese Theorie zu Anfang des 21. Jahrhunderts ist zunächst auf großen Widerstand der Genetiker gestoßen, inzwischen aber weitgehend akzeptiert.

Infolge einer Veränderung der Zellsteuerung durch denaturierte Methylmarker sind aber auch andere Krankheiten oder genetische Fehlentwicklungen (z.B. Desaktivierung) und deren Weitergabe an die nächsten Generationen erklärbar. Dabei handelt es sich aber wiederum nicht um DNA-Vererbung, da die Weitergabe ja allenfalls durch mitotische Zellteilung nicht aber durch Meiose erfolgt. Das ist nur denkbar, wenn während der Meiose die Chromosomen in Spermien oder Eizellen, oder in Keimbahnzellen oder gar deren Vorläufer epigenetisch beeinflusst werden können. Dann kann entgleiste Epigenetik vererbbar also generationenübergreifend ausufern.

M.E. erscheint es naheliegend, dass nicht nur somatische Veränderungen des Phänotyps aus denaturierter Methylmarkierung resultieren. Aus Tierversuchen mit Mäusen ist bekannt, dass abgesehen von Schadstoffeinwirkungen, auch traumatisierende Stresssituationen z.B. Ängste, für Veränderungen des Marker-Musters und damit der Genaktivierung verantwortlich sind (Skinner, Michael K., 2018, S. 7). So könnten belastende psychische Erlebnisse wie z.B. Aggression, Fanatismus, Gewaltexzesse und andere mentale Beeinflussung bis in die Folgegeneration und darüber durch die Epimutationen der Chromosomen in Gameten aktiv bleiben. Entscheidend dürfte wiegesagt sein, in welchem Zell-Entwicklungsstadium von Gameten die entsprechende Um-Methylierung erfolgt.

Warum greifen z.B. **überwiegend Männer** im Gegensatz zu Frauen, zu gewaltsamen Lösungen? Die gesamte Historie ist ein Horrorszenario dieser verhängnisvollen Ausprägung. Ist irrationale, Testosteron getriggerte Erziehung, allein die Ursache; Prägung durch ein Sexualhormon? Wie ist z.B. die Konditionierung von Selbstmordattentätern durch geschickte fundamentalistisch Semantiker möglich? Vielleicht haben auch da Epimutationen aus der Vorfahre-Welt Pfade gebahnt. Viele Urgroßväter, Großväter und Väter hatten und haben in Ihrer pubertären Phase, in Einzelfällen, verhängnisvolle Nähe zu beschränkten Vätern, die ihre reduzierten Ansichten von Ehre, Männlichkeit, Dominanz usw. ihren männlichen Nachkommen bewusst als Männlichkeitsattribute aufdrücken. Stetige Wiederholung aus dem Mund von väterlicher Autorität, eigentlich Gehirnwäsche, bewirkt eine Konditionierung. Wenn dann noch Mütter, im Stolz auf ihre Knaben, in das gleiche Horn stoßen, darf man sich nicht wundern, wenn sich über Generationen hinweg hypervirile Charaktere entwickeln.

Warum aber, zumindest sieht es so aus, sind X, X-Trägerinnen solchen Einflüssen gegenüber besser gewappnet? Beachtet man die weltweiten kriegerischen Auseinandersetzungen der Antike bis heute, geht offensichtlich von Frauen wesentlich weniger Aggression aus. Auch sie haben doch, wie bereits angeführt,

kritische Entwicklungsphasen vor und in ihrer Pubertät. Ist ihre natürliche Methylierungs-Prägung stabiler, weil sie zwei X-Chromosomen haben, von denen eines normalerweise durch Methylierung stillgelegt ist. Ist es der erst spät einsetzende kurze Anstieg des weiblichen Testosteronspiegels in der Menopause? Was aber geschieht langfristig mit den Epimutationen im mikrobiologischen Geschehen? Werden sie abgebaut, deaktiviert oder konserviert? Wie lange wirken sie in der Generationenfolge fort? Ist z.B. Nationalismus, als Erbe der Väter, eine uralte Anlage, die kaum zu beherrschen ist, obwohl sie rational als bedrohlich erkannt wird?

DNA-Methylierung ist, wie dargelegt, ubiquitär und seit Beginn des Zellebens präsent. Die beschriebenen Denaturierungen der epigenetischen Steuerungsebene, die zu Epimutationen führen können, waren sicherlich schon immer Begleiter. Wie intensiv sie Leben geformt haben und mit welcher Präsenzdauer zu rechnen ist, ist ein interessanter Aspekt. Der o.a. Befund

- In der menschlichen DNA haben sich große Abschnitte parasitärer DNA-Sequenzen eingenistet. Sie sind zu 90 % methyliert, Seite 95. (Sie müssten überwiegend C-G-DNA-Kombinationen enthalten).

könnte damit in Zusammenhang stehen. Werden „gebrauchte“ Epimutationen nicht einfach wieder abgebaut, sondern sozusagen in der inaktiven DNA ad Acta gelegt?

Fragen über Fragen bleiben

Wie kommt es z.B. dazu, dass Schadstoffe in das Zellinnere und sogar in den Zellkern gelangen und dort enzymatisch Epimutationen bewirken? Denn die Kernmembran umschließt ja die DNA während der gesamten Expressierung. Nur die m-RNA gelangt zur Protein Synthese aus dem Zellkern heraus in die Ribosomen um dort Proteine aufzubauen. Dabei ist zu bedenken, dass zumindest große Gewebebereiche involviert sind. M.E. kann das nur durch stofflichen Transport des Schadstoffes vom Expositionsort (Haut, Mund, Nase) über den Blut- oder Lymphkreislauf in die Zellen dieser Gewebe erfolgen. Der Eindringling muss dort die Chemie der Methylierungs-Enzyme molekularbiologisch beeinflussen. Oder aber es kommt zur Initiierung der Produktion von Enzymen, die wiederum Methylierungs-Enzyme beeinflussen.

Wie könnten z.B. die durch minimierte oder auch maximierte Nahrungsaufnahme ausgelösten Beeinflussungen der Epigenetik verlaufen? In diesem Fall ist der Glukose-Metabolismus involviert und damit ist das gesamte Körpergewebe betroffen, denn Fettablagerungen finden wir ja – leider – fast im gesamten Körper. Das bedeutet, dass die durch Glukoseoxidation zu CO_2 und H_2O verlaufende Gewinnung von Zellenergie in Form von Adenosintriphosphat (ATP) involviert ist.

Damit ist aber nahezu jede Körperzelle betroffen da jede Zelle diesen Stoffwechsel für ihr Eigenleben betreiben muss. Das betrifft vor allem den Zitronensäurezyklus jeder Zelle, in den ja der biochemische Weg in die Bildung von Körperfett integriert ist. In diesem metabolischen Stoff-Wandel sind sehr viele Enzyme aktiv, die über die Proteinmaschinerie von DNA (Gen) und m- bzw. t-RNA in den Ribosomen erzeugt werden. Die Bereitstellung dieser Enzyme wird von Genaktivitäten bestimmt, womit wir beim Einfluss vererbbarer Epimutationen sind, vererbt über die denaturierten Keimbahnen in Embryonen. Wir „verfetten“ allerdings nicht in gleichem Maß am gesamten Körper. Die hervorragendsten Depositionsorte – Bauch und Hüfte – sind wohl allen Lesern gegenwärtig. In diesen Körperregionen sollten sich in „slow growth“-Phasen durch ein Nahrungs-Überangebot, Gen-Umsteuerung zur Entlastung des Zitronensäurezyklus etabliert haben. So kann, abgesehen von dem Hauptumsatz – Glukose wird zu CO_2 und H_2O – ein stofflicher Auslass in den natürlichen Depotbereich, den Fettspeicher, evolutionär entstanden sein. Wenn viel Essen zum Dauerzustand wird, könnte Um-Methylierung dafür gesorgt haben, dass involvierte Gene dauerhaft diese Entlastung des komplizierten Enzymapparates bewerkstelligen. Ihre Umsteuerung wurde durch Denaturierung des Epinoms vererbbar etabliert. Überschuss wurde reversibel als Fett stillgelegt.

Aus molekularbiologischer Sicht gibt es eine weitere Möglichkeit ein ständiges Überangebot an Nahrung zu bewältigen. Die Überführung von Glukose in CO_2 und H_2O könnte gesteigert werden, um das Zuviel an Nahrung (Glukose) abzubauen. Damit verbunden ist gesteigerter Sauerstoffbedarf und erhöhte ATP-Produktion aber auch eine Vermehrung der abzuführenden Reaktionswärme (Bekanntlich werden ja, thermodynamisch gesehen, pro Mol umgesetzter Glukose 2870 kJ/mol frei), die von der Zelle nach außen abgeleitet werden muss (Körperwärme). Nicht jeder Organismus verträgt das. Es ist denkbar, dass auch diese Stoffwechsel Varianten bei manchen Menschen durch epigenetische Denaturierung geprägt ist. Schließlich gibt es ja viel Zeitgenossen, die essen und trinken könne, was sie wollen, ohne zuzunehmen.

Wie aber verläuft der Einfluss von Stress oder Liebe und Empathie, den wir über Hören, Sehen, Riechen, Schmerz, Angst und Freude, also auf mentaler Ebene erfahren? Ursache, Wirkung, epigenetische Prägung und mögliche Epimutationen sind auf wesentlich komplexere Weise verknüpft.

Ein ureigener, individueller, von Epigenetik nicht betroffener Cerebrallbereich ist allerdings in jedem Individuum seit der Geburt vorgeprägt. Das ist das DNA-Erbe in der Amygdala des Gehirns, die auch als Körpergedächtnis aufgefasst wird. Ob sie über ein Epinom verfügt, das denaturiert werden kann, ist mir nicht bekannt, aber anzunehmen. Furchtkonditionierung, Gefahrenanalyse, Emotionsbeteiligung aber auch Einstufung und Wiedererkennung von Erlebnissen sind also kein

Neuland für jeden Heranwachsenden. Dazu addieren sich im cerebralen Netz im Laufe des Lebens, beginnend mit den Erfahrungen jeden Kleinkindes, die angesprochenen prägenden Einflüsse der Erlebniswelt. Gefahrenanalyse z.B. ist ständige Aktivität in jedem Körper. Es ist denkbar, dass in o.a. kritischen kindlichen Entwicklungsphasen entstandene Epimutationen, resultierend aus schmerzlichen Erfahrungen, das Erwachsenenleben prägen aber auch meiotisch vererbt werden können. Anstelle von stofflichen Treiber-Informationen könnten cerebrale Impulse des aktuellen Umfeldes diese Kindheitsprägungen auch in Folgegenerationen aktivieren. Bildlich stelle ich mir das als eine Art neuronale Resonanz vor, denn definierte, immer abrufbereite Speicherzellen für Erfahrungen, vergleichend den Speicherplätzen eines Computers, sind m.E. in der neuronalen Matrix nicht vorstellbar. Wie bereits dargelegt arbeiten Zelle in allen Bereichen nicht nach dem Turing-Prinzip, sondern durch stochastisches Identifizieren aufgrund molekularer Muster. (s.a.: 2.5.5 Vergleich von Biochemie mit technischer Chemie).

Wo im Körper und wie, könnte diese Denaturierungen erfolgen, die ja um vererbbar zu werden irgendwie in den Weg der Meiose einfließen müssen? Um vererbbar zu werden, müssen sie (auf mir unbekanntem Wege) in die methylierte DNA der Gameten, das Epinom, bzw. deren Vorstufen gelangen. Plausibel erscheint die Lokalisierung der durch sie bewirkten epigenetischen Veränderung in Hirnarealen. Neuronale Resonanzen (Empfänger) müssen in einem ersten Schritt kritische Situationen durch den Vergleich mit bereits bestehenden, eigenen Erfahrungen oder uralten genetisch verankerte Hirnareal (Amygdala) abgleichen. Ein weiterer Auslöser könnte körperlicher Schmerz oder Freude sein, die sich als Denaturierung, als Epimutationen ausprägen. Dabei werden prägenden Erlebnisse durch Ausschüttung von Hormonen an Hirnzellen beantwortet. Im cerebralen Bereich vorhandene Epimutationen können aber nicht ohne weiteres meiotisch vererbt werden. Es müsste eine Art Rückmeldung der betroffenen Hirnareale an die Gameten stattfinden. Es muss letztlich wieder ein stofflicher Effekt eintreten, der chemischen Reaktionen auslöst, um die prägende Ent- oder Um-Methylierung molekularbiologisch in der DNA der Gameten zu veranlassen. Diese so lapidar als „stofflicher Effekt“ bezeichnete Umstände müsste aus der cerebralen Ebene wieder auf die molekularbiologische Gameten-Welt rückwirken. Die damit in den Zellen von Spermien oder Eizellen, ja sogar in einer Keimbahn durch Denaturierung entstehenden Methylierungsmuster wären also vererbbar. Zumindest wäre das ein Erklärungsansatz für beispielsweise aggressive Verhaltensweisen von Männern in vielen Kulturkreisen. So beobachtet man weltweit eine unkritische Einstellung vieler Enkel zu den oft verhängnisvollen Eliteideen ihrer Großväter. Nationalsozialistisches oder kommunistisches, aber auch religiöses Gedankengut poppen regelrecht auf, ohne kritisches Hinterfragen. M.E.

müssen diese aber als Epimutationen gespeichert sein, um auf enzymatisch verlaufende Methylierungsvorgänge molekularbiologisch einwirken zu können.

2.4.11.5 Zelltod contra Krebs

Man sollte in diesem Kontext aber nicht das Gegenteil der Vermehrung durch Mitose, den Zelltod, die Apoptose, vergessen. Das ist der über die DNA programmierte Zellerntgang, den die Zelle selbst auslösen kann, z.B. bei energetischen Einflüssen oder Nahrungsschwankungen. So werden beispielsweise Zellen, die sich während der Embryonalentwicklung verzichtbar entwickelt haben (z.B. "Schwimmhäute" zwischen den Fingern) ausgesondert. Defekte Zellen, die z.B. Krebs und Autoimmunerkrankungen verursachen können, fehlgefaltete Proteine oder verbrauchte Organellen, werden durch Zelltod unschädlich gemacht.

Auslöser, der zum Absterben von Zellen führt, ist die Autophagozytose. Durch diesen Prozess werden eigene Zell-Bestandteile abgebaut und verwertet. Auf diese Weise wird das Wachstum von vielzelligen Organismen gelenkt. Vor allem aber wird in einer Art Recycling von Zellbestandteilen der Aufwand für die Zellerneuerung vermindert. Welche wissenschaftliche Bedeutung diesem Prozess beigemessen wird, ergibt sich aus der Erteilung des Nobelpreises für Medizin im Jahr 2016, an den japanischen Zellbiologen Yoshinori Ohsumi vom Tokyo Institute of Technology, im Rahmen dessen Autophagie-Forschung aus den Neunzigerjahren.

Das wohl bekannteste und im nordeuropäischen Herbst allgegenwärtige Beispiel für Apoptose, ist das herbstliche Fallen der Blätter. Im Stilbereich der bunten Blätter führt sie zum Bruch und damit der Befreiung des Baumes von seinem nicht mehr benötigten bzw. funktionslosen Sommerkleid. In diesem Zusammenhang sei auch nochmals auf o.a. Ausführungen zu Vorstellungen von R. Sheldrake hingewiesen, der sich ausführlich mit dem Sterben von Zellen und der parallelen Produktion von Auxin (Sheldrake, 2012) beschäftigt hat.

Letztlich kommt es in jedem Organismus im Laufe seines Lebens, u.a. durch die sich ständig wiederholende DNA-Replikation am gleichen DNA-Faden, zu einer zukunftsgefährdenden Variationshäufung durch fehlerhafte Replikationen. Die ehemals aus Keimzellen stammende, reine DNA, wird wieder und wieder mit geringfügigen Abweichungen kopiert; Mutationen tun ein Übriges. Der Organismus häuft Modifikationen an und das Ende ist infolge von strukturellen und enzymatischen Fehlentwicklungen unausweichlich. Darüber hinaus ist einer unendlich fachen Zellteilung, infolge spezieller DNA-Abschnitte, den Telomeren, Einhalt geboten. Etwa 44 Verdopplungen durch Mitose sind z.B. in einem Menschenleben die Regel. Danach finden keine Zellteilungen mehr statt. Der Entropie mindernde

Zustand des Fließgleichgewichts kann in der alternden Zelle nicht mehr aufrecht erhalten werden da entscheidende Abläufe fehlgesteuert werden.

Neuere Forschungen haben ergeben, dass körperlicher, aber auch mentaler Stress, die Telomere beeinflussen. Stresshormone bewirken vorschnellen Abbau der Telomere. Telomerase, ein Enzym, das aus einem Protein und einem RNA-Anteil besteht, kann dem entgegenwirken.

Telomerase kann aber auch bewirken, dass Krebszellen sich viel öfter teilen als gut für den Organismus ist. Das führt zu den verheerenden Wucherungen der Krebsentfaltung. Krebs ist ein ungebremstes Zellwachstum, verursacht u.a. durch den epidermalen Wachstumsfaktor EGFR (epidermal growth factor receptor). Es handelt sich dabei um ein Polypeptid, das bei der Einleitung der Mitose als Signalmolekül auftritt. Es stimuliert die Ausbildung einer Reihe von Zelltypen. EGFR kann in mutierter Form vorliegen bzw. überproportional gebildet werden, was bewirkt, dass Zellen sich zu stark vermehren. Im Gefolge dieses unkontrollierten Wachstums entstehen verschiedenen Tumorvarianten: Krebs.

2.4.11.6 Evolution und Vermehrung

Wenn man sich die Komplexität von Mitose bzw. Meiose vor Augen hält, überrascht es nicht, dass sich in der Literatur wenige Anhaltspunkte finden, wie sich diese Vorgänge evolutionär entwickelten. Ein Hinweis ist naturgemäß die Formierung von Mehrzellern. Einfachste Mehrzeller lassen sich auf eine Entstehung vor 2 bis 3 Milliarden Jahren durch Endosymbiose zurückführen. Es wäre dies sozusagen eine innere Vermehrung. Nach dieser Theorie geht man davon aus, dass z.B. Mitochondrien aus einer Symbiose von aeroben Bakterien (aus der Gruppe der α -Proteobakterien, Gattung Rickettsia) mit den Vorläufern der heutigen Eukaryoten hervorgegangen sind. Mitochondrien wurden die Energielieferanten (ATP) für eukaryotische Zellen. Mit Vermehrung im o.a. diskutierten Sinn hat das aber nichts zu tun hätte.

Allerdings kann es, wie bereits erörtert, schon in den Anfängen des Lebens, nach Formierung der ersten Urzellen aus Coacervaten bzw. Mikrosphären, zu Vermehrungsabläufen durch eine Art Sprossung gekommen sein. Zur Entfaltung dieses Weges sind keine selbstständigen, sexuell differenzierten Zellsysteme notwendig. Es könnten sich auch haploide Zellen auf diese Weise vermehren. DNA bzw. Vorläufer und Abschnitte davon, sind sicherlich auf diese Weise von Zelle zu Zelle weitergereicht worden. Veränderungen im Erbmateriale haben sich auf Mutation z.B. durch Strahlungseinflüsse beschränkt. Das selektive Ergebnis kann nur ein Fortschreiten der Populationsanpassung an die Fitnesslandschaft gewesen sein. Aus dieser Strategie resultiert eine Art Sterblichkeit der funktionellen Hülle der Zelle, aber auch ein Art Unsterblichkeit des Steuerungsapparates, also der DNA.

Anders ist die Situation bei Mehrzellern.

Erst vor ca. 700 Millionen Jahren werden Mehrzeller, also Mitose gesteuertes Wachstum beobachtet. Andere Quellen gehen von ca. 1,5 Milliarden Jahren aus. Das sollte dann auch der Startpunkt sein.

Wie bereits erwähnt, sind die in der Meiose wichtigen Geschlechtschromosomen (Gonosomen X und Y) vor ca. 300 Millionen Jahren durch komplexe Mutation aufgetreten.

Es gibt allerdings neueste Befunde, die besagen, dass bereits vor 750 Millionen Jahren die ältesten Tiere, also Mehrzeller, existierten. Als winzige, schwammartige Fossilien wurden sie in Namibia von einem Wissenschaftlerteam in Felsen gefunden (South African Journal of Science) <http://www.spiegel.de/wissenschaft/n...813670,00.html>. Wie ernst diese Funde zu nehmen sind, wird sich noch zeigen. Fotos lassen lediglich kieselsteinartige Objekte erkennen!

Vielleicht sind Einzeller, im Laufe der Endosymbiose, in Kontakt mit der DNA anderer gering mutierter Einzeller gekommen. Crossing-over kann eine zufallsbedingte angepasste Mutation – Selektion - bewirkt haben, usw. Wieder einmal befinden wir uns auf dem Gletscherfeld der Spekulation.

Einiges scheint dafür zu sprechen, dass die Evolution die Mehrzelligkeit wahrscheinlich mehrmals erprobt hat.

Im Internet findet sich u.a. folgende Erklärung zur Vermehrung, mit einem nahezu religiös angehauchten ID-Hintergrund: Mehrzeller, die, wie wir Menschen aus Billionen von Körperzellen bestehen können, unterliegen einem lebenslangen Alterungs- bzw. Verbrauchsprozess der DNA. Diese DNA-Änderungen erfolgen auf energetisch niedrigstem Niveau, durch Störung der Wechselwirkungskräfte von Wasserstoffbrücken, ionischer Effekte u.v.a.m., vor allem durch Strahlungseinflüsse. Quantenmechanische Effekte kommen zum Tragen und zeigen in ihrer nur noch von Wahrscheinlichkeiten und Zufall beherrschten objektiven Unbestimmbarkeit, die Grenzen des DNA-Konzeptes auf. Die vielfach zitierte Perfektion von Meiose und Mitose hat eben ihre Grenzen. Dieser somatisch erfolgende Verlust kann aber glücklicherweise nicht zu negativen Selektionseffekten durch Mutation in Folgegenerationen führen.

Im Gegensatz zu somatischen Zellen findet dagegen ein vergleichbarer Informations-Verlust in Keimzellen nur ganz untergeordnet statt. Diese Bewahrer der reinen DNA reichen ihre unverfälschte Botschaft an das nächste, aus ihr hervorgehende Leben weiter. Allerdings ist ihr Gewebe-Epinom (Siehe: 2.4.11.4 Epigenetik) und damit die Steuerung der Genaktivität verschieden.

Der Tod ist trotz Replikation im Rahmen der Mitose unausweichlich. Mit diesem nicht abwendbaren Ende der Symphonie aller stofflicher Komponenten des Lebens, wäre eigentlich auch der völlige Verlust der gesamten DNA, des über Milliarden von Jahren optimierten Evolutionswissens in jedem sterbenden Körper

vorprogrammiert. Auf geradezu selbsterhaltende Weise hat die Evolution aber diese Perspektive der Programmvernichtung, verursacht durch fehlerhafte Basen-Replikation, bisher beherrscht. Allein durch sexuelle Vermehrung, Meiose, erfolgt über spezialisierte Keimbahnen, sozusagen den Gralshütern der DNA, die Staffelholzübergabe in Form „unbefleckter Keimzellen“. Da diese, vor allem bei der Frau, nur untergeordnet den programmschädigenden Einflüssen eines ganzen Lebens von Zellteilungen durch DNA-Replikationen ausgesetzt waren, werden solche Schäden weitgehend minimiert. Wie gesagt, werden dagegen die männlichen Keimzellen - Samen- bzw. Spermazellen - ständig neu bereitgestellt. Sie bilden sich aus den Urspermien-Zellen des Hodeninnengewebes. Weibliche Keimzellen - Eizellen - dagegen werden im Körper bei der Geburt angelegt, sind zunächst unreif und werden erst im Eisprung aktiviert. Durch beide Keimzellenarten wird, in Form eines Neustarts, das reine, evolutionär optimierte DNA-Programm und nicht das des gealterten, fehlerkumulierten somatische Organismus, weitergegeben. In einer neuen Hülle lebt es weiter. DNA wird durch die sexuelle Vermehrung von der Vergänglichkeit gelöst.

Heute finden die Genetiker populationstypische menschliche DNA-Blöcke, die die Vielfalt der Gene auf große Bevölkerungsbewegungen und Vermischungen infolge von Völkerwanderungen, Reisen, Kriege usw. zurückführen kann. Die Untersuchung von 1490 Menschen durch deutsch-britische Wissenschaftler um Simon Myers, Universität Oxford, vorgestellt in "Science", kann die genetische Geschichte von 95 Populationen aus Europa, Afrika, Asien und Amerika über vier Jahrtausende beleuchten (dpa, 19.02.2014). Siehe auch Meyer (Meyer, 2015, S. 119)

Was war und ist der Motor, der Treiber, der Auslöser einer Zell-Verdopplung? Ein Aspekt könnte folgender Ablauf sein: Somatische Zellen enthalten u.a. diploide Chromosomen aus Elternchromosomen. Polyploidie beobachtet man nur bei einigen Fisch- und Pflanzenarten (z.B. 10 Chromosomensätze bei der Erdbeere. Meist ist Polyploidie übrigens geradzahlig, was für einen Verdopplungsmechanismus spricht).

Diploide Chromosomensätze können sich, wie dargelegt, verdoppeln. Grundsätzlich muss eine Verdopplung eines Chromosomensatzes durch das Wirken von DNA-Polymerasen²⁹¹ erfolgen. Das ist auch in der Mitose bzw. Meiose so. Wenn dieser Vorgang in einem Zellkern, durch was auch immer, aktiviert ist, bildet sich die replizierte DNA. (Da bleibt natürlich die Frage nach der Herkunft und Entfaltung der allerersten Polymerasen). Warum bleibt dieser Vorgang, bei den meisten Zellen auf dieser Ebene einer DNA-Verdopplung stehen? Ist die Zelle für eine weitere Replikation zu klein; denken Sie nur an das bereits beschriebene

geometrische Ausmaß der DNA in einem Chromosomenfaden. Oder sind die benötigten Nukleotide im Zellplasma nicht ausreichend vorhanden? Oder weicht die Zelle auf diese Weise dem Druck der Polymerase aus, die unentwegt weitere Duplikate erzeugen kann, solange die Konzentration an Nukleotiden ausreicht. (Das gilt natürlich vergleichbar auch für den Fall des Wirkens eines Virus, der in die Zelle eindringt und seine Reproduktion auslöst. Ungebremst kann diese Virus-Reproduktion den gleichen Effekt bewirken). Es könnten sich weitere Sätze von Duplikaten immer wieder durch Abschnürung separieren, was zu Verdopplung und Wachstum (Mitose) bzw. zu einer Viertelung im Rahmen der Keimzellenentwicklung (Meiose) führt. Das Verdopplungs- oder Klon-Prinzip sollte dann z.B. für alle die ca. 44-fachen Zellverdopplungen der menschlichen Zellen gelten und erst durch die natürliche Begrenzung, die durch Telomere gegeben ist, final beschränkt sein. (Für mich unbeantwortet bleiben allerdings u.a. die Fragen, woher immer wieder die notwendigen Nukleotid-Bausteine aus Nukleosiden und ATP kommen und wohin die Reaktionsenthalpie fließt (lediglich Entropie-Erhöhung?). Schließlich wird ja jedes Mal eine Diphosphatgruppe freigesetzt, die in der gegebenen wässrigen Umgebung hydrolysiert wird). Der Treiber könnte also DNA-Polymerase sein, die, beflügelt durch die konzentrierte Anwesenheit von triphosphatierten Mononukleotiden, durch das Wirken von Wasserstoffbrücken und der anderen schwacher chemischer Wechselwirkungskräften, unbeirrt die Replikation durchzieht. Für die Evolution bedeutet das die erhöhte Überlebenschance eines Programms, vor allem auf der Ebene von Klonen. Im Gefolge dieses Replikationsdruckes könnten sich dann die komplexen Abläufe selbstorganisiert entwickelt haben.

Wie sich eine ungebremste Entfaltung von DNA auswirken kann, bemerkt man an Gyrase-Hemmern. Gyrase-Enzyme sorgen in Prokaryoten für das Supercoiling von DNA, womit enormer Platzgewinn verbunden ist. Werden die Gyrase-Enzyme gehemmt, kommt es zu einer DNA-Entfaltung, die zum Platzen der Zelle führt. Darauf beruht ihre Wirkung als Antibiotikum.

Das könnte ein Pfad in die Mehrzelligkeit gewesen sein.

Aus der Sicht der Entropie entspricht dieser Ablauf einem beträchtlichen Zuwachs an Ordnung, also punktuelle Entropie Abnahme bzw. der Freien Energie ΔG von biochemischen Reaktionen. Dieser Gedanke legt nahe, auch die Weitergabe von Leben durch geschlechtliche Vermehrung formal als einen ganz besonderen Akt der punktuellen Entropie-Reduzierung zu interpretieren: Zunächst in der DNA-Verdopplung, dann der exponentiellen Zell-Verdopplung und dann der morphologischen Protein-Entfaltung. Die Krönung stellt schließlich die kommunikative Bewusstseinsfindung dar, die uns Menschen dem Tier gegenüber

auszeichnet und nur als Ganzes mit einer Entropie-Zuordnung, einer Informationskumulation, erfassbar ist.

Und die Gesamtentropie? Sie muss steigen. Sicher spielt wieder die Zunahme der Wasserentropie eine wichtige Rolle. Alle Mononukleotide haben ja Hydrathüllen. Bei der Replikation in Form der DNA-Doppelhelices, wird sehr viel von diesen Hydrathüllen freigesetzt. Die Wasserentropie in der Zelle steigt und kompensiert die punktuelle Entropie-Abnahme durch die DNA-Bildung.

Von ganz entscheidender, immerwährender Belastung für die Überlebensfähigkeit oder Zukunftsfähigkeit von Leben ist, dass es keine dauerhaft stabilen Umweltverhältnisse gibt. Real kommt es ständig zu Herausforderungen, wie Temperaturveränderungen, Wassermangel, Nahrungsverknappung, Abwehr von Fressfeinden usw. Die Antwort des Lebens war und ist immer die Anpassung. Sie erfolgt, wie bereits mehrfach erörtert, durch Mutation und Selektion. Die Mutation erfolgt in den Keimbahn (Meiose), u.a. durch zufallsbedingte, nicht vorhersagbare, dauerhafte Veränderung der Erbsubstanz DNA. Die in normalen Gewebezellen stattfindenden Mutationen, können dagegen wahrscheinlich nur innerhalb dieser Zelllinie weitergegeben werden (Mitose).

Abgesehen von anderen Möglichkeiten der Fortpflanzung, wie z.B. die nur am Rande zu erwähnende „Jungferzeugung“, finden wir in der geschlechtlichen Vermehrung einen Evolutionsmotor, der die Biologie ganz entscheidend lenkt. Durch die Unterschiede der Eltern-Gene und durch das Crossing-over der Chromatide kommt es bei den Nachkommen zwangsläufig zu variierenden Genomen. Mit diesen individuell angelegten Gen-Varianten kann den Herausforderungen einer sich ständig ändernden Fitnesslandschaft, durch eine sich ständige ändernde Palette von Mutanten gegenüber getreten werden. Irgendeine Mutanten-Population hat zukunftsfähige Karten.

Ändert sich dagegen die Umwelt eines Klons, kann das geklonte Lebewesen nur auf der genetischen Basis des Klon-Erzeugers auf Herausforderungen reagieren, die vielleicht aber schon obsolet ist. Es ist einleuchtend, dass eine unangepasste Klon-Population auf Dauer aus dem Wettbewerb ausscheidet.

Das auf geschlechtlicher Basis erzeugte zusammengesetzte Genom hat dagegen einen weiteren Vorteil: Eine unvorteilhafte Mutation kann, wenn sie rezessiv (nicht in Erscheinung tretend) ist, über Generationen latent (verborgen) erhalten bleiben und solange verschleppt werden, bis sie unter geeigneten, veränderten Umweltbedingungen wieder aus der Versenkung auftaucht und einen Selektionsvorteil liefert. (A. d. V.: Das klingt sehr „clever“; man fragt sich aber, wer oder was dem Genom, mit seinem auf seine Chance wartenden Zukunftsbonus signalisiert, wann seine Stunde gekommen ist).

In diesem Zusammenhang sei noch auf eine triviale, aber dennoch wesentliche Beeinflussung der Evolution hingewiesen: den Tod.

Ohne ihn könnte es natürlich nicht zur Selektion kommen, da jede Mutation eine Überlebensgarantie hätte und Anpassung an die Fitnesslandschaft nicht erfolgen würde.

Bleibt noch darauf hinzuweisen, dass Wachstum und Vermehrung durch Mitose und Meiose das gesamte biologische Leben dominieren, das ja auf Zellen beruht. Da in den meisten uns umgebenden biologischen Wesen dieses Programm abläuft, spricht sehr viel dafür, dass sich alle Biologie aus einer Urzelle entwickelt hat.

Zusammenfassung

In der Ur-Atmosphäre aus reduzierenden Gasen bildeten sich einfache präbiotische Moleküle. Von besonderer Bedeutung ist die Aminosäure- bzw. Proteinbildung, die ja Informationsbausteine darstellen.

Durch die Vierbindigkeit des Kohlenstoffatoms müssen bei 4 verschiedenen Substituenten 2 räumlich verschieden Moleküle (Enantiomeren) entstehen. Die Evolution hat sich weitgehend für eine von beiden Möglichkeiten entschieden: Biologischer Symmetriebruch.

Man nimmt an, dass sich Zellen über winzige Tröpfchen – Coacervate oder Mikrosphären bildeten. In diesem energetisch und stofflich bevorzugten Zustand könnte sich Selbstorganisation entfaltet haben.

DNA transformiert den genetischen Code in RNA, und über RNA wird die Peptid-Synthese aus den ca. 20 natürlichen, essenziellen α -L-Aminosäuren (500 natürliche sind bis heute gefunden worden) gesteuert. Der Aufbau von Proteinen erfolgt in den Ribosomen der Zelle. Der Vorgang wird durch den Code von Nukleotid-Triplett-Codons der DNA gesteuert.

Eine abiotische Entstehung von DNA ist nicht geklärt. Aminosäure und Peptide könnten vor, vielleicht auch parallel zu den Polynukleotiden entstanden sein. RNA hat die größere frühe Bildungswahrscheinlichkeit als DNA.

Die DNA ist das Staffelh Holz, das vor allem bei der geschlechtlichen Vermehrung, für die effektive, variantenreiche Entstehung angepasster Lebewesen sorgt.

2.5 Die biochemische Energiefrage

Thema: Kardinalproblem des Lebens und damit dieses Buches, ist die dauerhafte Verfügbarkeit von Energie in geeigneter Größenordnung.

Es wird beschrieben wie Leben, ein aus thermodynamisch-entropischer Sicht unwahrscheinlicher Zustand, durch partielle Entropie-Beherrschung im Zellsystem funktioniert. Diese Hürde kann allein durch Zufuhr von Freier Energie überwunden werden.

Quelle für die ständige Zufuhr Freier Energie ist die Sonne. Durch die Photosynthese wird Sonnenenergie, auf enzymatischen Pfaden, als Bindungsenergie von

Glukose stofflich fixiert und der Zelle, als thermodynamisch offenem System, zur differenzierten Verwertung in Form von ATP (Adenosintriphosphat) zur Verfügung gestellt. Alle biologischen Energiegewinnungsvorgänge laufen letztlich auf die Bereitstellung von ATP für den Zell-Energiehaushalt hinaus.

Anmerkung des Verfassers:

Bei oberflächlichem Überlesen der nächsten Kapitel bis zum Abschnitt 2.7 mag der Eindruck entstehen, dass bedeutende Themenkreise mehrmals angesprochen werden. Auf den ersten Blick mag das zutreffen. Es handelt sich jedoch nur bedingt um Wiederholungen. Wichtig ist, dass dieses erneute Aufgreifen der Themenkreise unter jeweils anderen Blickwinkeln erfolgt wie z.B. Energiespeicherung 2.5.1, Energietransformation 2.5.1.5, Aktivierungsmechanismen 2.5.2 usw.

In diesem Kapitel kommen wir zum Kernthema dieses Buches, der Energieversorgung in den biologischen Abläufen.

Im 1. Teil wurde die Theorie der Transformation der Urknall-Energie in Materie, verkörpert durch chemische Elemente, beschrieben. Stichworte: Physikalische (kosmische) und Chemische Evolution. Überwiegend starke und schwache Kernkraft, zwei der vier Urkräfte, waren wirksam.

Nun soll dargestellt werden, wie die Biologische Evolution, auf energetisch niedrigem Niveau, getragen von chemischen Elementen, dauerhaft zu Wort meldete und selbstorganisatorisch eine biologisch-energetische Basis für Leben schuf. In diesem Wirken spielt nur noch die elektromagnetische Kraft (ein der vier Urkräfte), die zwischen den chemischen Elementen agiert, eine Rolle. Alle Lebensprozesse verlaufen nicht freiwillig bzw. nicht spontan. Leben setzt die Verfügbarkeit von Energie voraus.

Biologie ist, ganz allgemein gesehen, das an sich unwahrscheinliche Phänomen, Ordnung hervorzubringen. Ohne Energiezufuhr, vorwiegend in Gestalt des elektromagnetischen Feldes der Sonne, ist keine Ordnung zu stabilisieren. Ordnung ist im Sinn der Entropie außergewöhnlich und kann in der Biochemie terrestrisch nur durch "Anzapfen" von Sonnen-Energie erzwungen werden. Diese Sonnenenergie muss dazu aber auf ein biologisch verträgliches Niveau transformiert werden. In der Thermodynamik der Biochemie, wird dieser Antrieb von moderater Freie Energie ΔG verkörpert. Ein Teil dieser Energie kann in Fließgleichgewichten labile Ordnungszustände verwirklichen, während der größere Teil nicht nutzbar verloren geht. M.E. wirkt hier, die in biochemischen Fließgleichgewichten wirksame strukturelle Entropie negativ, als Teil der unvermeidlich ansteigenden, also positiven Gesamtentropie.

Leben scheint den klassischen Gesetzen der Chemie und Physik entgegenzuwirken. Es ist eine Form der Überwindung des Unwahrscheinlichen, die wir wie gesagt als selbsterhaltende Ordnung und damit als Entropie-Erniedrigung auffassen können.

Lassen wir zunächst einmal die Frage nach dem Ursprung des Lebens beiseite und fragen wir uns, wie sich das mit der Energie konkret verhält.

Ein Beispiel:

Stellen Sie sich ein Tauchboot mit Aquanauten vor. Solange das Boot vom Mutterschiff mit Energie, Lebensmittel und Sauerstoff versorgt wird, kann die Besatzung problemlos ihre Aufgaben erfüllen. Die Aquanauten nehmen Nahrung in Form von Stoffen mit hoher Freier Energie ΔG (z.B. Glukose) auf und verbrauchen sie, unter Energieverzehr, zu Abfallprodukten niedriger Freier Energie, wie Kohlendioxid und Wasser, die sie aus dem Tauchboot entfernen. So ist ständig ein moderates Gefälle an Freier Energie ΔG vorhanden, und damit entsteht ein Fließgleichgewicht. Dabei erhöht sich permanent die Nichtordnung, also die Entropie des Mutterschiffs, das die Versorgung und Entschlackung des Tauchboots sichert, nicht aber die des Tauchboots selbst. Im Tauchboot etablieren sich Ordnung und minimale Entropie-Veränderungen. Werden der Nahrungs- und Energiezufluss und die Entsorgung durch Kappen der Leitungen unterbrochen, wird aus dem offenen System des Tauchboots ein abgeschlossenes System. Das Ende von Lebensfähigkeit in der Kabine ist damit vorprogrammiert da alle Gradienten der Freien Energie ΔG nach kurzer Zeit eingeebnet sind und statisches Gleichgewicht eintreten wird. Nahrung und damit Energie sind verbraucht, die Abfallprodukte häufen sich, die Ordnung ist dahin, die Entropie steigt.

Genauso ergeht es einer Zelle, die keinerlei Stoff- oder Energieaustausch mit ihrem Umfeld betreibt. Das Ergebnis ist Lebensende bzw. Tod.

Ein Ausweg wäre, im Tauchboot geschlossene Stoffkreisläufe zu etablieren. Allerdings müsste auch dann von außen Energie zugeführt werden, die diese Kreisläufe am Laufen hält: die oft zitierte Freie Energie ΔG . Solche Systeme sind von größtem Interesse für geplante interstellare Unternehmungen. Energiezufuhr - Freie Energie - über Fotovoltaik, ist Stand der Technik.

Bei aller im Folgenden beschriebenen Komplexität der Lebensentfaltung, muss man immer die Energieverfügbarkeit als unabdingbare Voraussetzung im Auge behalten.

Da die anschließende Darstellung der Zusammenhänge sehr chemieorientiert ist und in diesem Kontext den Begriffen Oxydation, Reduktion und Elektronentransport zentrale Bedeutung zukommt, möchte ich dazu einige orientierende Erklärungen voranstellen.

2.5.1 Energiespeicherung und Energietransformation in der Biochemie

Biologie basiert auf Biochemie, deren bewegendes Moment chemische Reaktionen mit Energieverbrauch sind. In der Biochemie findet ein Transfer von Photonen-Energie der Sonne in chemische Bindungsenergie statt, allerdings auf einem vergleichsweise lächerlich winzigen Energieniveau.

Man unterscheidet zwischen exergonen oder endergonen chemischen Reaktionen, wenn die **Freie Energie ΔG** , der an der Reaktion beteiligten Komponenten, ab- oder zunimmt.

Als exotherm bzw. endotherm werden Reaktionen bezeichnet, bei der **Energie - die Reaktionsenthalpie ΔH** -, z.B. in Form von Wärme im Reaktionsprodukt freigesetzt bzw. als Bindungsenergie gespeichert wird.



Biochemische Energiegewinnung und Speicherung, sind ganz allgemein mit Veränderung von chemischen Bindungsverhältnissen untrennbar verbunden. Dabei wird das energetische Potential von Bindungselektronen durch Austausch zwischen Bindungspartnern verlagert. Wichtig ist in diesem Sinn die Elektronegativität²⁹² der Partneratome.

Solche Vorgänge auf atomarer bzw. molekularer Ebene beschreibt die Chemie als Oxidation und Reduktion.

2.5.1.1 Determiniertheit von Oxidation und Reduktion

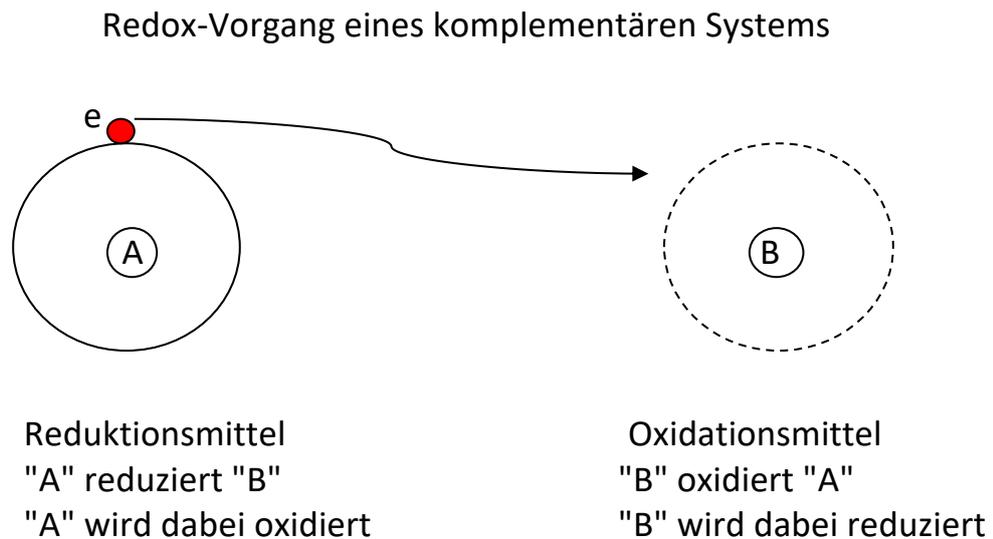
Im Folgenden reden wir von elektronischen Abläufen in den äußersten Elektronenschalen von chemischen Elementen bzw. Molekülen:

Eine Oxidation, ist infolge eines Elektronenaustauschs immer mit einer Reduktion in Reaktionspartnern gekoppelt. Die Chemie beschreibt das als Redox-Vorgang. Eine Oxidation kann nur eintreten, wenn gleichzeitig eine Reduktion stattfindet und umgekehrt. Grund: Elektronen können in chemischen Reaktionen weder entstehen noch vergehen, sondern nur zwischen den äußeren Elektronenhüllen der Reaktionspartner ausgetauscht werden. Es handelt sich um ein komplementäres System also gegensätzlicher, aber sich ergänzender Eigenschaften eines Objekts.

Schematisch

"A" und "B" seien die Atomkerne zweier verschiedener chemischer Spezies, "e" sei ein Elektron der Elektronenhülle von "A".

Wenn aufgrund von Potentialunterschieden bzw. chemischen Gesetzmäßigkeiten das Elektron "e" von "A" nach "B" verlagert wird, ist das eine chemische Reaktion in Form eines Redox-Vorgangs.

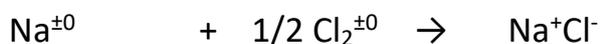


Ein Schlüssel zu diesem Prinzip, ist u.a. die bereits angesprochene Elektronegativität, ein energetisch immanentes, chemisches Phänomen, infolge von elektronischen Potentialdifferenzen der Elektronenhülle zwischen chemischen Spezies.

2.5.1.2 Oxidation – Reduktion, anorganisch

Paradebeispiel aus der Anorganik: Umsetzung von Natrium mit Chlor zu Natriumchlorid (im allgemeinen Sprachgebrauch: Kochsalz):

Atomares Natrium (metallisch) reagiert mit Chlor_(Gas) zu Kochsalz



Man kann sich die Reaktion in zwei Teilschritten zerlegt vorstellen:



Was tut das $\text{Na}^{\pm 0}$?

Es reduziert, da es 1 Elektron abgibt.

Was geschieht dem $\text{Na}^{\pm 0}$?

Es wird oxidiert, da es 1 Elektron verliert.

Situation des $\text{Na}^{\pm 0}$:

Es reduziert und wird gleichzeitig oxidiert.



Was tut das $1/2 \text{Cl}_2^{\pm 0}$? Es oxidiert, da es 1 Elektron übernimmt.

Was geschieht dem $1/2 \text{Cl}_2^{\pm 0}$? Es wird reduziert, da es 1 Elektron erhält.

Situation des $1/2 \text{Cl}_2^{\pm 0}$: Es oxidiert und wird gleichzeitig reduziert.

Die Bezeichnung $1/2 \text{Cl}_2$ mag irritieren. Sie dient lediglich dazu Chlor, das immer als ein aus 2 Atomen bestehendes Molekül aufzufassen ist, nicht als unrealistisches Cl zu formulieren.

2.5.1.3 Oxidation – Reduktion, organisch

Bei der folgenden Betrachtung geht es vorwiegend um den wohl wichtigsten, terrestrischen, biochemischen Prozess, der durch eine rein formale (!), summarische Reaktionsgleichung beschrieben wird. Es ist der ubiquitäre Vorgang der Energiegewinnung aus Glukose in der Biochemie.



Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die uns in diesem Zusammenhang interessierende Differenz zwischen den zwei molekularen Energieniveaus von zu lösenden und zu verknüpfenden Bindungen folgender Natur ist:

Zu lösende Bindung: Unpolare C-H-Bindungen in der Glukose.
 In dieser Bindung sind die beiden relativ schwach elektronegativen Partner Kohlenstoff und Wasserstoff beteiligt. Die Bindungselektronen halten sich mit größerer Wahrscheinlichkeit etwa in der Mitte der C-H – Bindung auf. Die Bindungselektronen der C-H Bindung entsprechen einem mittleren, molekularen Energieniveau.

Zu bildende Bindungen: Polare C-O- und H-O-Bindungen in Kohlendioxid und Wasser.

In diesen Bindungen ist jeweils der stark elektronegative Partner Sauerstoff beteiligt. Die Bindungselektronen halten sich mit größerer Wahrscheinlichkeit näher an Sauerstoff als an Kohlenstoff oder Wasserstoff auf. Die Bindungselektronen der C-O und H-O Bindungen entsprechen energetisch einem tiefen, molekularen Energieniveau.

Formal besteht folgender Zusammenhang in der Biochemie:

Wasserstoffdonator	= Elektronendonator	= Reduktant (z.B. Glukose)
Wasserstoffakzeptor	= Elektronenakzeptor	= Oxidant (z.B. NAD^+)

Oxidation = Dehydrogenierung (Wasserstoffentzug)

Reduktion = Hydrogenierung (Wasserstoffanlagerung)

2.5.1.4 Elektronegativität, Verlagerung von Bindungselektronen

Die energetische Basis des Lebens ist, wie schon oft betont, die Sonne. Die von ihr durch das elektromagnetische Feld bereitgestellte Photonen-Energie, wird in den o.a. stofflichen Zyklus der Edukte Kohlendioxid, Wasser und dem Addukt Glukose und Sauerstoff integriert. Ständig werden die beiden energiearmen Moleküle Kohlendioxid und Wasser durch die Photosynthese (s.u.) in die energiereiche Verbindung Glukose und Sauerstoff transformiert, die in einer vielstufigen biochemischen zellulären Umkehrreaktion, unter Energietransformation in ATP, wieder zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut werden können. Die Evolution hat mit der Photosynthese einen Weg gefunden, aus diesen stabilen, energiearmen Bausteinen, einen Energiespeicher in Form von energiereicher Glukose zu schaffen. Wie schon kurz angesprochen, besteht der „Energie-Trick“ in der Verschiebung von Bindungselektronen, also der Elektronen der äußersten Elektronenhülle der Elemente Kohlenstoff aus Kohlendioxid bzw. Sauerstoff und Wasserstoff aus Wasser und Glukose. Formal gesehen, werden bei der Umsetzung zu Glukose Bindungselektronen der beiden Sauerstoffatome des anorganischen Kohlendioxids bzw. Wassers, in Glukose-Bindungen etabliert, in denen der stark elektronegative Sauerstoff durch schwach elektronegative Partner, wie Kohlenstoff oder Wasserstoff ersetzt ist. In den energiearmen Molekülen Kohlendioxid und Wasser befinden sich die Bindungselektronen im Mittel deutlich näher am elektronegativen Sauerstoff. In der Glukose dagegen werden aus den stark polaren C-O-Bindungen der Ausgangsbasis Kohlendioxid bzw. H-O Wasser, wenig polare C-H-Bindungen, deren Bindungselektronenpaare etwa zentral zwischen Kohlenstoff- und Kohlenstoff- bzw. Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen liegen (Siehe Abbildung 43). Das damit gestiegene Energiepotential der Bindungselektronen entspricht einem Zuwachs an Freie Energie ΔG im Glukose-Molekül. Die benötigte Energie, um die Bindungselektronen vom Sauerstoff zu entfernen, liefert die Sonne in komplexen, photochemisch- und enzymgesteuerten Reaktionszyklen in der Lichtreaktion der Photosynthese, auf die wir noch detailliert zu sprechen kommen.

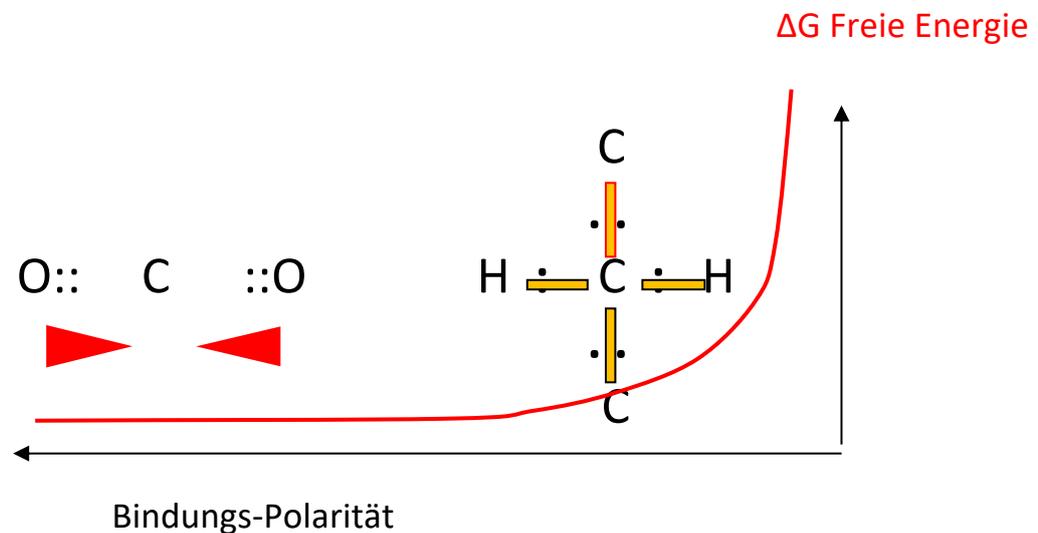


Abbildung 43: Polar CO_2 -Bindung, unpolare C-C, C-H Bindung

Durch biochemische, enzymgesteuerte Reaktionszyklen (Glykolyse, Zitronensäurezyklus, Sauerstoff-Atmungskette, s.u.) wird Glukose wieder zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut, womit sich der Zyklus schließt. Danach liegt wieder der alte Bindungszustand vor.

Die in Glukose gespeicherte Sonnenenergie (ΔG Freie Energie_{Glukose} = 2870 kJ/Mol), wird durch die biochemischen Mechanismen der Atmungskette, in kleine Energiepakete, in Form von Adenosintriphosphat, zu jeweils 30,5 kJ/Mol portioniert und damit erst für die vielfältigen Zellreaktionen verwertbar. Die energiereichen Bindungselektronen aus den Glukose-Bindungen, werden wieder zu energiearmen in der O=C=O -Bindung. Chemisch gesehen läuft ein Oxidations-Reduktionszyklus ab.

Eine elementare, energetische Basis der Biologie ist u.a. ein elektronischer Zyklus zwischen sonneninduzierter Photonenenergie, gespeichert in C-H – Bindungen und Transformation dieser Energie in ATP-Energie für die Zellaktivitäten. Die Transformation erfolgt durch enzymatische Oxidation der C-H – Bindungen zu C-O Bindungen in Kohlendioxid und O-H Bindungen in Wasser in der Atmungskette. Formal ist der Zyklus geschlossen, wenn er natürlich auch örtlich, in seinen Unterzyklen, in ganz verschiedenen biologischen Bereichen der Flora und Fauna bzw. in deren Zellsystemen stattfindet.

Alle diese Vorgänge laufen in enzymgesteuerten Fließgleichgewichten hoher Komplexität ab. Sie sind mechanistisch gesehen zwar überschaubar, chemisch-physikalisch aber außerordentlich unwahrscheinlich und ihre außergewöhnliche

Entstehung, ist nur über sehr lange Zeit, auf evolutionärer Basis vorstellbar. Da aber, wie bereits erörtert, der entscheidende Schritt ins Leben nach wie vor unbekannt ist, nimmt es nicht Wunder, dass esoterische Kreise, z.B. Vitalisten, ein übergeordnetes energetisches Prinzip, Lebenskraft, vermuten. Glaubwürdige Anhaltspunkte für dieses Prinzip, das auch mit dem Glauben einer Beseelung der Natur (Animismus) einhergeht, hat die Forschung bisher nicht bestätigen können. Zudem sind die in diesem mystischen Kontext diskutierten Erscheinungen nicht greifbar und entziehen sich einer nachvollziehbaren, mess- und reproduzierbaren Beurteilung. Es ist dies eine fragwürdige Basis, auf die sich manche wissenschaftsferne, um nicht zu sagen wissenschaftsfeindliche Kreise zurückziehen; vielleicht auch als Reaktion auf die Erfolglosigkeit beim Versuche sich Wissenschaft zu erschließen.

Wieder einmal dominiert die Energie alles.
In Mikrobereichen kann sich die Entropie stabilisieren.
Die Gesamtentropie steigt.

Könnte es Energie-Entfaltung auf einem noch tieferen Niveau als die uns bekannten Phänomene geben? Emergenzen, die bisher noch nicht entdeckt wurden?

Es gibt vier Schlüsselverbindungen, die energetisch im biologischen Kohlendioxid-Glukose Kreislauf von zentraler Bedeutung sind, und die sich im Lauf der Evolution aus einfachsten Anfängen, wahrscheinlich der Glykolyse (s.u.) entwickelt haben müssen. Ein durchgängiger molekularer Bestandteil ist Adenin.

Dies sind:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. ATP | Zellenergie-Verteilung |
| 2. NADPH bzw. NADP ⁺ | Photosynthese, ein Coenzym |
| 3. NAD ⁺ bzw. NADH | Glykolyse, Atmung, Energietransformation zu ATP, ein Coenzym |
| 4. FAD bzw. FADH ₂ | Glykolyse, Atmung, Energietransformation zu ATP, ein Coenzym |

Formelbilder folgen

2.5.1.5 Energietransformation durch Phosphateinbau (ATP, GTP)

Wer die verwickelten Zusammenhänge der den Metabolismus bestimmenden Biochemie, zusammengefasst in Reaktionsschemata, nachlesen möchte, sollte sich die Ergänzung 10 anschauen.

Wie gelingen die Speicherung und die Transformation von etwas so flüchtigem wie Energie? Wir alle wissen, dass man z.B. Wärme, Blitzentladungen oder Strom, also elektromagnetische Komponenten unserer Umgebung, nicht in Flaschen füllen, bzw. einfach speichern kann.

Das Prinzip der Energiespeicherung des Lebens beruht auf der Glukosebildung. Glukose ist Hauptlieferant für den Energiezwischenträger ATP. ATP entsteht durch molekularen Phosphateinbau auf AMP bzw. ADP.

1. Die elektromagnetische Energie der Sonnenstrahlung, wird in der Flora durch die Photosynthese (Licht- und Dunkelreaktion) ubiquitär und dominant in die chemische Bindungsenergie von Glukose umgewandelt. Dieser Prozess erfolgt in den Chloroplasten.

2. In der Fauna, die keine Photosynthese betreiben kann, wird die gespeicherte Bindungsenergie der Glukose in einer Kaskade von Zellreaktionen (Glykolyse, Zitronensäurezyklus und Sauerstoffatmung) in die Bindungsenergie von ATP überführt. Die Reaktionen verlaufen in den Mitochondrien der Fauna als Zellatmung wie in den Chloroplasten der Flora ab. Nachts kann die Pflanze ohne Licht keine Photosynthese betreiben. Um dennoch Energie zu erzeugen, setzt in ihren Zellen die **Dunkelatmung** ein. Bei ihr werden Kohlenhydrate und Sauerstoff verbraucht und vermehrt Kohlendioxid nach außen freigesetzt. Insgesamt geben Pflanzen aber im Laufe eines Tages mehr Sauerstoff als Kohlendioxid ab – die Bilanz ist also positiv.

3. Der Energiezwischenträger ATP ist durch seine, in drei Phosphatgruppen angereicherte Bindungsenergie in der Lage, durch Phosphatgruppen-Übertragung (Phosphorylierung) biochemische Reaktionen, gegen die vorwiegende thermodynamisch gesehen ungünstige Biochemie zu ermöglichen.

4. *Guanosintriphosphat (GTP) ist eine energiereiche chemische Verbindung aus der Gruppe der Nukleosidtriphosphate. Es dient insbesondere als Energietransporter bei anabolen (aufbauenden) Vorgängen des Zellstoffwechsels, wie z. B. als Produkt des Citratzyklus (Übertragung der Energie aus Kohlenhydraten und Fetten auf GTP, das durch Addition eines Phosphatrestes an GDP entsteht) oder der Proteinbiosynthese. Darüber hinaus besitzt GTP als Substrat der G-Proteine eine zentrale Rolle bei der Weiterleitung von Signalen in der Zelle (Signaltransduktion)* WIKIPEDIA

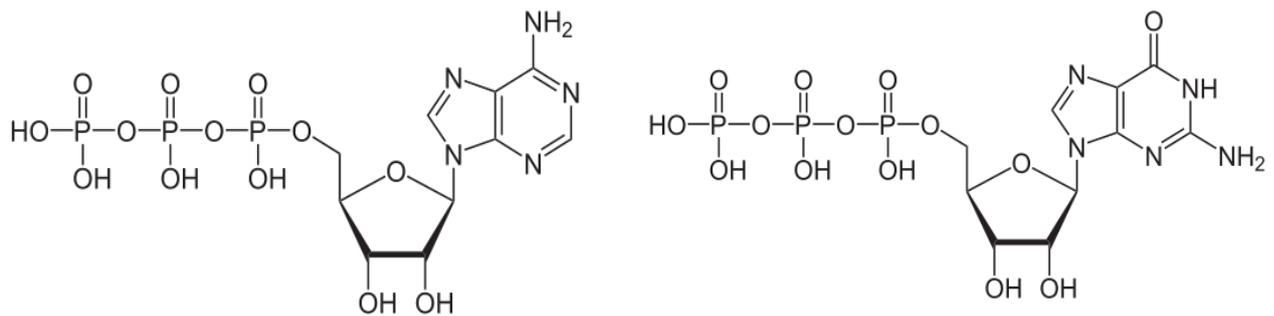


Abbildung 44: Adenosintri-phosphat und Guanintri-phosphat (Kopien aus WIKIPEDIA)

Formale Darstellung des Phosphateinbaus von Adenosintri-phosphat

Adenin + Ribose = Adenosin	(Nukleosid)
Adenosin + Phosphat = Adenosinmonophosphat (AMP)	(Nukleotid)
Adenosinmonophosphat (AMP) + Phosphat = Adenosindiphosphat (ADP)	(Nukleotid)
Adenosindiphosphat (ADP) + Phosphat = Adenosintri-phosphat (ATP)	(Nukleotid)

Es verdient besonderer Aufmerksamkeit, dass durch die Bank alle lebenden Organismen, Tier wie Pflanze, als Energiezwischenträger in erster Linie ATP benutzen. Dabei ist ATP mehr als kurzlebiger, energetischer Zwischenspeicher – Energie-Carrier – zu sehen. Diese Universalität kann, wie bereits erwähnt, als weiterer Hinweis dafür gewertet werden, dass alles Leben aus einem gemeinsamen Ursprung kommt und urzeitlich ein stofflicher Energiespeicher aus ATP vorlag.

Er könnte bereits in der in der Ur-Suppe entstanden sein:

Wie beschrieben (s.o.) ist die präbiotische Bildung von Adenin aus 5 Molekülen Blausäure (HCN) zumindest formal denkbar, ebenso die Bildung von Kohlehydraten, wie Ribose, aus Formaldehyd. Eine Kopplung mit ubiquitär vorhandenen Phosphaten erscheint plausibel. Dieser Energiespeicher könnte von den ersten Lebensformen als Möglichkeit genutzt worden sein, sich vom Eintrag viel zu großer, daher sicher auch zerstörerischer Energiemengen von Photonen des Sonnenspektrums freizumachen und feiner abgestimmte Energiepakete zu nutzen. Erst mit dieser wesentlich subtileren Energiebereitstellung, waren in der Folge auch differenziertere Reaktionsabläufe und gezielte Molekülbildungen möglich. Wie bereits diskutiert, ist der Gedanke, dass präbiotisches ATP sehr früh verfügbar war und sich die, das erste „biochemische“ ATP liefernde Glykolyse (s.u.) erst später entwickelte, nicht von der Hand zu weisen. Vielleicht waren es Mangelsituationen, und den bis dahin entwickelten Lebensvorläufern stand das lange Zeit

ubiquitäre, aus Blausäure stämmige ATP nicht mehr in ausreichender Menge zur Verfügung; verursacht durch konkurrierenden Verbrauch der Blausäure, z.B. zur anorganischen Aminosäure-Synthesen (s. Miller-Versuche)? Denn ohne eine Kreislaufführung musste ja ständig neues ATP geschaffen werden.

Wenn wir von ATP sprechen setzen wir voraus, dass der sich im Riboseteil um D-Ribose handelt und meinen damit die D, D, D-Aldopentose.

Die Chiralität des Riboseanteils im ATP ist für die Energiespeicherung nicht relevant. Allerdings gibt es zwei Enantiomeren der Ribose: D, D, D-Aldopentose und L, L, L-Aldopentose. Üblicherweise ist mit „Ribose“ D-Ribose (D, D, D-Aldopentose) gemeint. Die enantiomere L-Ribose (L, L, L-Aldopentose) besitzt nur geringe Bedeutung.

Es sollte in der Evolution also auch zwei Enantiomeren von ATP gegeben haben, von denen heute nur D-Ribose-Variante vorhanden ist

WIKIPEDIA sagt dazu: *Die enantiomere L-Ribose besitzt nur geringe Bedeutung. Üblicherweise ist mit „Ribose“ D-Ribose gemeint.*

Das kann aber nicht immer so gewesen sein. In der Uratmosphäre muss, da keine chiralitätsorientierte enzymatischen Einflüsse vorhanden waren, das Racemat, nämlich D, D, D-Aldopentose und L, L, L-Aldopentose vorgelegen haben. Wie es zur Ausbildung von ATP auf reiner D, D, D-Aldopentose Basis kam, ist mir nicht bekannt. Ich nehme allerdings an, dass die ATP-Wirkung als Energie-Carrier auch für das phosphorylierte Racemat gilt. Es ist allerdings zu überlegen, ob es sich dabei um einen Aussortieren der L-Form gehandelt haben könnte. Die sich sehr frühe etablierende Glykolyse mag vielleicht durch D- und L-ATP angeschoben worden sein, hat aber im Zug einer enzymatischen Glukose-Oxidation kein Racemat, sondern D-ATP geliefert und so den Weg geebnet.

Man schätzt, dass der menschliche Körper täglich etwa $1 - 2 \times 10^{26}$ Moleküle (bitte nicht mit Mol verwechseln; $1 \text{ Mol} = 6,022 \times 10^{23}$ Moleküle) bzw. 80-160 kg ATP bildet und verbraucht; allerdings sind davon nur einige wenige Gramm als eine Art ATP-Spiegel permanent in der Gesamt-Matrix anwesend. Die restliche Menge wird ständig umgeschlagen. Man muss daher richtigerweise ATP nicht als Energiespeicher, sondern, ebenso wie NAD oder FAD, als Carriermolekül sehen, das Energie ebenfalls zwischenspeichert, allerdings nur kurzzeitig, da es sich in einer ständigen Auf- und Abbaufloss befindet.

Der ATP-Bedarf muss beim Menschen, wie bei allen biologischen Lebewesen, über die Zufuhr von Nahrungsmitteln gedeckt werden.

160 kg ATP entsprechen, bei einer molaren Masse von 507,18 g, ca. 315 Mol. Pro Mol ATP werden 30,5 kJ gespeichert.

Somit entsprechen 160 kg ATP etwa $315,5 \times 30,5 = 9623$ kJ. Das entspricht 2300 Kilokalorien. Der m.E. etwas realistischere Wert von 80 kg ATP entspräche dann etwa 1150 Kilokalorien.

Da ein Mol etwa 6×10^{23} Moleküle umfasst, werden demgemäß täglich im Mittel etwa $315 \times 6 \times 10^{23} = 1,8 \times 10^{26}$ Moleküle ATP umgesetzt. Das bedeutet, dass täglich pro Zelle der ca. 20 Billionen Körperzellen des Menschen ($20\,000\,000\,000\,000 = 2 \times 10^{13}$)

$$1,8 \times 10^{26} / 2 \times 10^{13} \text{ also ca.}$$

10^{13} ATP-gesteuerte Reaktionen ablaufen

Die ATP-Ausbeute aus der Nahrungsumsetzung liegt bei etwa 41 %. M.E. sind etwa 2800 Kilokalorien ($1150 \text{ Kilokalorien} / 0,41 = 2805 \text{ Kilokalorien}$) für die Ernährung eines Menschen, die Erhaltung seiner Körpertemperatur und den damit untrennbaren Umsatz von ATP anzusetzen. Unberücksichtigt bleibt bei diesem Ansatz die Tatsache, dass auch ADP zur kurzfristigen Energiespeicherung beitragen kann.

Dass die restlichen 59% als diffuse Körperwärme „verloren gehen“, sei hier nur kurz erwähnt, um zu belegen, dass auch der komplexe Metabolismus des Körpers nicht verlustfrei arbeiten kann. Die 59 % liefern einen Beitrag zur steigenden Gesamtentropie.

Wie kommt es zu diesem angepassten chemischen Energieübertrag in Gestalt von ATP, in Form von kleinen Energieportionen? Denn das Energiereservoir, das über die Photosynthese in Form von Glukose aufgebaut wird, ist für die meisten Zellreaktionen um 2 Größenordnungen zu hoch. Es umfasst immerhin 2870 kJ/Mol Glukose; viel zu groß, um in der Zelle direkt genutzt werden zu können. Wie gesagt, werden mit ATP kleine Energiepakete von 30,5 kJ pro Mol ATP geschnürt. Physikochemisch gesehen erfolgt das durch Einbau einer energiereichen Phosphatgruppe in ADP und damit zum entsprechenden Zuwachs an Freier Energie ΔG des gebildeten ATP. Dieser Energieübertrag hat sich als optimal erwiesen.

Dieser Einbau einer dritten Phosphatgruppe, um aus ADP das ATP zu gewinnen, erfordert selbst Energieaufwand. Die Reaktion ist endergon, d.h. die Freie Energie nimmt zu. Die erforderliche Energie wird bereitgestellt durch die beiden folgenden grundsätzlichen Wege des Phosphateinbaus, auf die ich später detaillierter eingehen werde. Die Phosphorbindungen sind dabei sehr energiereich und erfolgen durch Wasserentzug.

Wird ATP durch entsprechende Enzyme hydrolytisch, durch Hinzunahme von Wasser wieder gespalten, wird die zuvor gespeicherte Energie wieder frei und verfügbar.

Wege der ATP-Gewinnung in Flora- und Fauna Zellen

Zum Überblick möchte ich dieses zentrale Thema zunächst nur peripher vorstellen und zur Vertiefung auf die Abschnitte 2.5.2.1.1 – 2.5.2.1.3 verweisen. Die unterschiedlichen Phosphorylierungspfade von Flora und Fauna werden angesprochen.

1. Substratkettenphosphorylierung (Siehe auch 2.5.2.1.1)

Eine Phosphatgruppe wird an Zwischenprodukte der Oxidation des Energiespeichers Glukose, gebunden. Die Phosphatgruppe wird mittels Zwischenprodukten weitergereicht, und wenn es die Freie Energie der Reaktion hergibt, letztlich auf ADP übertragen, um ATP zu gewinnen. Damit findet eine enzymkatalysierte Reaktion statt, in der eine Phosphatgruppe, wie beispielsweise bei der Glykolyse, von dem Molekül 1,3-Bisphosphatglycerat (BPG) auf ein Adenosindiphosphat (ADP) übertragen wird.

Die phosphorylierten Zwischenprodukte erfahren durch die Phosphatgruppe eine Erhöhung der Freien Energie ΔG . Die ATP-Ausbeute ist vergleichsweise relativ gering. Im Gegensatz zur oxidativen Phosphorylierung ist kein Elektronentransport über die Atmungskette (siehe: 2.5.6.1.3) und kein Sauerstoff nötig. Energie-Carrier wie FADH_2 , NADH bewerkstelligen die Zwischenspeicherung und den Transport der Elektronen.

Die Substratkettenphosphorylierung bestimmt z.B. den ersten Teil des Glukose-Metabolismus, der zentralen Energietransformation allen Zellebens. Das trifft für den Glukose-Abbau in der Glykolyse, als auch für den Glukose-Aufbau durch die Glukoneogenese zu. Es dürfte einer der ältesten Wege zur Gewinnung von ATP, aber auch von Glukose (siehe 2.5.6.1.1) sein.

2. Oxidative Phosphorylierung (Siehe: 2.5.2.1.3)

Sie ist von entscheidender Bedeutung für die biochemisch effektivste Energiebereitstellung von ATP. Durch Sauerstoff-Oxidation (in der oxygenen Version) von reduzierten Energie-Carriern wie FADH_2 , NADH aus der Glykolyse und dem Zitronensäurezyklus, wird ATP gewonnen und die oxidierten Energie-Carrier als FAD und NAD wieder für den Zyklus bereit gestellt.

Zwei Grundprozesse bestimmen den Ablauf:

Im ersteren werden Elektronen von NADH und FADH_2 -Molekülen, die zuvor bei Glykolyse, Pyruvat Oxidation und im Citratzyklus gebildet wurden, durch Protein-komplexe geleitet. Protonen werden von der inneren Matrix des Mitochondriums in dessen Intermembranraum gepumpt.

Der zweite ist eine Elektronentransportphosphorylierung, gekoppelt mit der Chemiosmose (s.u.). Es erfolgt Elektronentransport entlang eines Redox-Gradienten über verschiedene Elektronen- und Wasserstoff-Überträger infolge eines elektrochemischen Gefälles.

Warum so kompliziert?: Der Grund, weshalb die Synthese von ATP (die in ATP gespeicherte Energie beträgt 30,5 kJ/Mol) einer längeren Elektronentransportkette nachgesetzt ist, ist, dass die gesamte Energiefreigabe des NADH zu exergonisch für die Zellreaktionen wäre (die in NADH gespeicherte Energie beträgt 220,5 kJ/Mol). Diese Energiemenge wäre viel zu hoch. Daher wird sie in Teilschritten „portioniert“, indem sie in ATP überführt wird.

Unter der aeroben, also Sauerstoff nutzenden Zellatmung, mit vorangehender Glykolyse pro Glykose Molekül, werden bis zu 32 Moleküle ATP gebildet. Zwei jeweils bei der Glykolyse und im Citratzyklus, 28 bei der ATP-Synthese während der Atmungskette.

3. Photoelektronenphosphorylierung (Siehe: 2.5.2.1.2)

Der Prozess spielt sich als Lichtreaktion in grünen Pflanzen ab.

Von Sonnenlicht, über Chlorophyll induziert, werden Elektronen in der oxygenen Version aus Sauerstoffatomen von Wasser aktiviert. In komplexe Zyklen erfolgt die Gewinnung von ATP und NADPH. In der Dunkelreaktion (Calvin-Zyklus) ermöglichen diese beiden Komponenten energetisch und reduktiv den Glukose-Aufbau aus Kohlendioxid.

Energiebetrachtung

Für die Bildung von ATP aus ADP und anorganischem Phosphat, muss eine Energie von 30,5 kJ/Mol aufgewendet werden; die Reaktion ist nicht spontan. So wird ATP in der Photophosphorylierung, z.B. durch indirekte Zuführung von Sonnenenergie und enzymatischem Einbau einer PO_3 -Gruppe, aus ADP gebildet. Um diesen Betrag erhöht sich die Freie Energie ΔG von ADP, geliehen letztlich aus dem elektromagnetischen Feld der Sonne.

Formale exergonische Reaktionsgleichung:



Formal deshalb, weil diese Reaktion sich so nicht abspielt. Sie verläuft nicht freiwillig, da endergonisch, sondern vorwiegend in komplizierten, enzymatischen Schritten. Das erfolgt im Rahmen der o.a. Substratkettenphosphorylierung bzw. der Elektronentransportphosphorylierung, über Potentialdifferenzen in den Mitochondrien-Membranen.

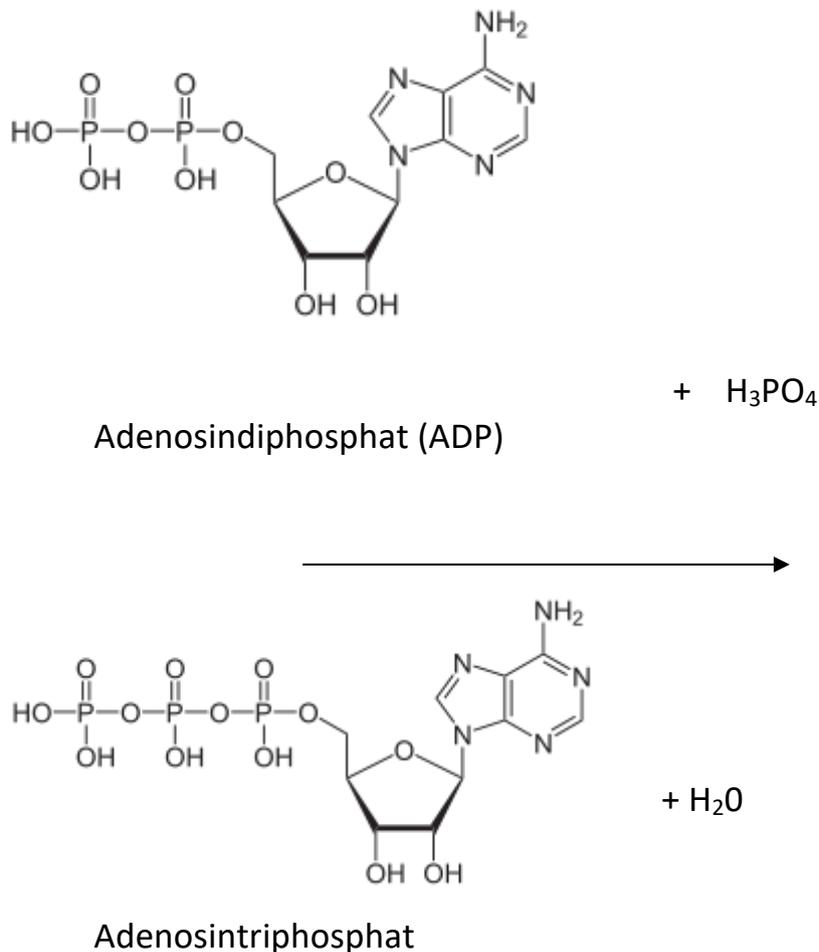


Abbildung 45: Formale ATP-Bildung aus ADP (Strukturformeln: Kopie aus WIKIPEDIA)

Chemisch - mechanistisch gesehen es um die Bereitstellung von energiereichem ATP aus ADP, durch Energietransfer in der Elektronentransportphosphorylierung.

Dazu muss man bedenken, dass unter neutralen Bedingungen ADP stark ionisiert ist: seine 3 Protonen am Diphosphat-Rest sind weitgehend dissoziiert (abgelöst). Das gleiche gilt für die 4 Protonen am Triphosphat-Rest im ATP. Damit bleibt ein bis zu dreifach negativ geladenes ADP^{-3} Molekül. Diesem negativen Reaktionspartner ADP^{-3} nähert sich das negativ geladene Phosphat-Ion, formal H_3PO_4 , das aber ebenfalls mehr oder weniger dissoziiert ist. Bevor es zu einer Bindungsbildung zu ATP^{-4} unter Wasserabspaltung kommen kann, muss die Abstoßung überwunden werden. Eine H-O-P- Bindung im Phosphat-Ion, wird durch eine P-O-P Bindung im resultierenden ATP ersetzt. Phosphor hat etwa die gleiche Elektronegativität wie Wasserstoff. Damit werden zusätzlich Elektronen vom elektronegativen Sauerstoff zum weniger elektronegativen Phosphor verschoben. Dieser

Energieaufwand – Abstoßung negativ geladener Ionen, Elektronenverschiebung weg vom Sauerstoff, als auch Bindungstausch – wird sowohl durch die Substratkettenphosphorylierung als auch von der Elektronentransportphosphorylierung (Atmung bzw. Lichtreaktion) erbracht. Auf molekularbiologischer, enzymatischer Ebene gesehen, erfolgt das über die ATP-Synthase. (Siehe: 2.5.2.1.3, chemiosmotischen Kopplung).

Was entsteht, ist ein chemischer Energieüberträger aus 5 chemischen Elementen, der, wenn auch nicht sehr stabil, sich seit Beginn der biologischen Evolution als ungeheuer flexibel und universell erwiesen hat; entstanden auf abiotischem Weg, letztlich aus Blausäure, Phosphoroxiden und Ribose. Da in dieser Konstellation Ribose der einzige chirale Teil des Moleküls ist, fragt man sich allerdings, ob dieser Kohlenhydratbaustein des Nucleotids, der ja auch in leicht geänderter Form in DNA eingeht, vielleicht früher einmal durch andere achirale Kohlehydrate ersetzt war. Könnte es z.B. auch die chirale Glukose in der DNA gewesen sein? Das ist aber kaum anzunehmen: Die strickleiterartige Verknüpfung über Glukose in der DNA, hätte ein völlig anderes Verhalten des DNA-Moleküls bewirkt. Vielleicht aber sind solche Konstellationen, falls sie einmal existiert haben sollten, von der „hungrigen“ Glykolyse (s.u.) sofort beseitigt worden.

Ein chiraler Kohlenhydratbaustein, wie z.B. D-Glukose, kann eigentlich nur auf enzymatischem Weg entstanden sein. Das wäre z.B. denkbar im Rahmen der Etablierung der Glukoneogenese bzw. des reversiblen Zitronensäurezyklus (s.u.).

Die geborgte Freie Energie steht durch ATP latent zur Verfügung, wenn die Zelle sie für gezielte Umsetzungen benötigt z.B. indem eine Phosphatgruppe aus ATP auf das zur Reaktion anstehende Molekül gepackt wird. Energiereiche Phosphatgruppen werden als Reaktionspromotoren weitergereicht, vergleichbar der Substratkettenphosphorylierung.

Man kann nun einwenden, dass der Zuwachs an Freier Energie allein auf den Phosphatresten-Einbau beruht. Warum der Evolutions-Aufwand der zusätzlichen Ribose-Adenin-Verknüpfung im ATP? Es gibt Mikroorganismen, die tatsächlich aus anorganischem Phosphat ihre Energie beziehen können. Vielleicht sind das die Bewahrer der ursprünglichen, rein chemischen Reaktionen aus den Anfängen der Biochemie.

Man nimmt heute an, dass diese zusätzliche molekulare Ribose-Verknüpfung vorwiegend der enzymatischen Steuerung der ATP-Reaktionen dient. Enzyme erkennen die Phosphatgruppe über die Ribose-Adenin-Konstellation, die eine chirale Struktur aufweist und zur Chiralität des Enzyms wie ein Schloss zum Schlüssel passen muss. Und dieses gegenseitige Erkennen von Schloss und Schlüssel, ist in diesem Informationssystem, das ohne IT-vergleichbare Speicher arbeitet, von wesentlicher Bedeutung (Dyson, 2016, S. 404). Auf enzymatischer Ebene, also in Biomolekülen aus tertiären und quartären Proteinstrukturen, laufen Reaktionen in räumlich genau passenden Reaktionszentren ab. Reine Polyphosphorsäure, ist gegenüber ATP räumlich nicht differenziert und geordnet. Sie weist keine Chiralität auf und damit „nicht erkennbar“. Außerdem stellt

Polyphosphorsäure ein Gemisch von zwei-, drei- und mehrgliedrigeren Phosphatanteilen dar, deren Hydrolyse uneinheitlich verläuft.

2.5.1.6 Energietransport über Oxidations-Reduktionskopplung

Bitte beachten Sie die in der Ergänzung 10 dargestellten zyklischen Wirkungsmechanismen.

Die im folgenden Abschnitt beschriebenen biochemischen Abläufe, mit Komponenten wie NAD, NADP und FAD, spielen sich vorwiegend im Energieumsatz des Metabolismus ab. Ihre Aufgabe ist - kurzzeitig - erledigt, wenn sie, auf verschlungenen Wegen energiereiches ATP erzeugt haben. Das ist, wie schon oft betont, der Brennstoff, der alles Zelleben, wie z.B. DNA-Replikation, Proteinsynthese, Mitose, Meiose usw., alles Vorgänge, die Phosphorylierung benötigen, am Laufen hält.

Letztlich ist dieser labyrinthische Kreislauf von metabolisch arbeitenden Energie-Carriern der Weg von energiereichen Elektronen und damit Potentialfeldern. Sie werden als hochenergetische Photoelektronen durch das elektromagnetischen Feld der Sonne – Photonen - aus toter Materie (z.B. Wasser) aktiviert. Verkappt als ATP schieben sie Lebensvorgänge an und werden letztlich als energiearme Elektronen in tote Materie zurückfallen.

Dieses ubiquitäre Geschehen trifft den Kern des Titels dieses Buches:
Energie Entropie Leben

2.5.1.7 Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid (NAD⁺/NADH)

Mengenmäßig in weit geringerem Maß als ATP, kommt NAD⁺ im Metabolismus zur Entfaltung, wo es als kurzlebiger Elektronen-Überträger zwischen Edukten (Ausgangsverbindungen) und Addukten (Reaktionsprodukten), im oxidierten Zustand agiert. Über den Rückgewinnungszyklus der Atmungskette, pendelt es ständig zwischen zwei elektronischen Zuständen und ist ein Energie-Carrier für die biochemischen Oxydationsreaktionen des Glykolyse- und Zitronensäurezyklus-Metabolismus.

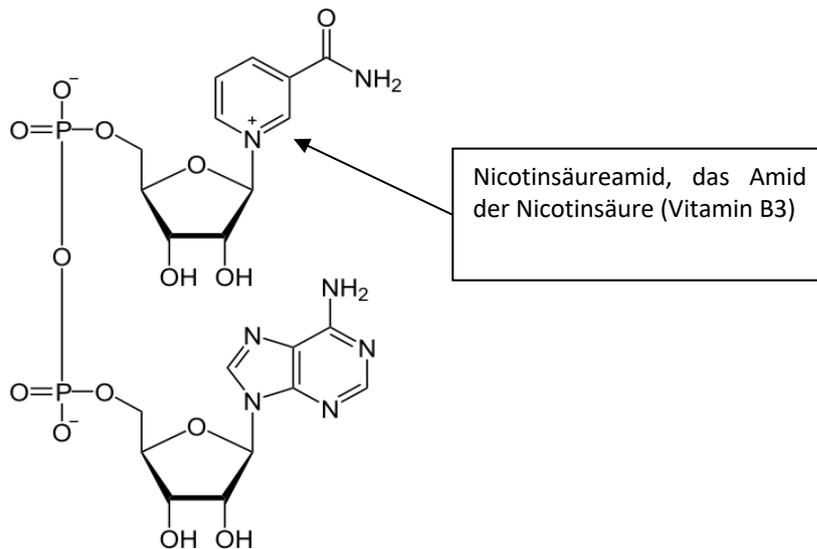


Abbildung 46: Nicotinamid-adenin-dinukleotid (Strukturformel: Kopie aus WIKIPEDIA)

Formale Bildung von NAD⁺:

Adenosindiphosphat (ADP) + Nicotinamidribosid → Nicotinamid-adenin-dinukleotid (NAD⁺)

Oder:

Adenosintriphosphat (ATP) + Nicotinamidribosid →
Nicotinamid-adenin-dinukleotid (NAD⁺) + Phosphat

Auf die mögliche enzymatische Bildung aus ATP und Nicotinsäureamid-ribosephosphat, unter Abspaltung einer Phosphatgruppe (Beyer, 1967, S. 741), wurde bereits hingewiesen.

Der Nicotinamid-Part im NAD⁺ verkörpert die oxidierte Form und trägt formal eine positive Ladung am Ringstickstoff, die über das ganze Nicotinsäureamid-Molekül, mit unterschiedlicher lokaler Wahrscheinlichkeit "verschmiert" ist. Bei der Reduktion durch 2 Elektronen, in Gegenwart eines Wasserstoff-Ions (Proton, H⁺), werden ein Elektron und das Wasserstoff-Ion an den Nicotinsäureamid-Part gebunden und das zweite Elektron zur Kompensation der positiven Ladung genutzt. Es bildet sich NADH. Im Prinzip wird, summarisch gesehen, aus einem Wasserstoffmolekül ein Hydrid-Ion (H⁻) übertragen, und ein Proton (H⁺) bleibt übrig. Das klingt natürlich für den biochemischen Laien mehr als kryptisch.

Woher kommen der Wasserstoff, das Hydrid-Ion, die 2 Elektronen und das Proton?

Wie noch erörtert wird, entstammen sie der zu oxidierenden Verbindung, z.B. den Zwischenstufen des Glukose-Abbaus in der Glykolyse oder im Zitronensäurezyklus.

Ein bereits erwähnter Zusammenhang ist m.E. unübersehbar: Das NAD-System enthält als wesentliche molekulare Teilstruktur ADP. Vergleicht man die NAD-Struktur mit ATP so ist die dritte Phosphatgruppe des ATP durch eine an Ribose gebundene Nicotinsäureamid-Gruppe ersetzt. Es erscheint, wie bereits erörtert, plausibel, die Bildung des NAD-Systems, als eine auf ATP basierende Bildung aus grauer Vorzeit aufzufassen. Die dritte Phosphatgruppe wurde durch die Nicotinsäureamid-Gruppe ersetzt, die es gestattet, eine wesentlich größere, aber definierte Energiemenge zu speichern als ATP das kann:

Das Energie Ping-Pong nochmals etwas genauer:

Durch die Reduktion von NAD^+ zu $\text{NADH} + \text{H}^+$ kommt es zur Energiezwischenspeicherung (-220,5 kJ/Mol), die NADH als zusätzliche Bindungsenergie beinhaltet. Es enthält jetzt 2 Elektronen mehr als NAD^+ . Die im NADH entstehenden chemischen Bindungen sind moderat kovalent, da zwischen Wasserstoff und bindendem Kohlenstoff keine große Differenz in der Elektronegativität besteht. Die dazu notwendigen Elektronen (und der Wasserstoff), stammen aus dem reduktiven Katabolismus der Glukose. Es sind das die noch zu beschreibenden Glykolyse bzw. der Zitronensäurezyklus.

Da in diesem Abbau das Reduktionsmittel Glukose oxidiert wird, muss von der Glukose ein Oxidationsprodukt übrig bleiben. Das Ergebnis in der Endabrechnung sind Brenztraubensäure (Pyruvat) nach der Glykolyse bzw. Kohlendioxid und Wasser nach dem Zitronensäurezyklus. Hinsichtlich des Zitronensäurezyklus ist der Ablauf allerdings noch deutlich komplizierter.

In der mit diesen Abläufen gekoppelten oxygenen Atmung, wird NADH mit Sauerstoff wieder zu NAD^+ oxidiert und die gespeicherte Reaktionsenergie von 220,5 kJ/Mol, zur Bildung von ATP aus ADP genutzt. Das ist der wohl wichtigste Schritt der biochemischen Energietransformation.

NADH wird zum Energielieferanten in molekularbiologischen Zell-Reaktionen. Es gibt seine aus dem Katabolismus stammende Bindungsenergie erst im Rahmen der Atmung ab, indem er ATP-Bildung bewirkt. Die beschriebenen -220,5 kJ/Mol werden also nicht in Form von Wärme frei. ATP aus der Atmung ist dann, wie schon oft betont, der eigentliche Reaktionstreiber in der Biochemie, der durch Phosphorylierung Entropie erniedrigende Umsetzungen ermöglicht.

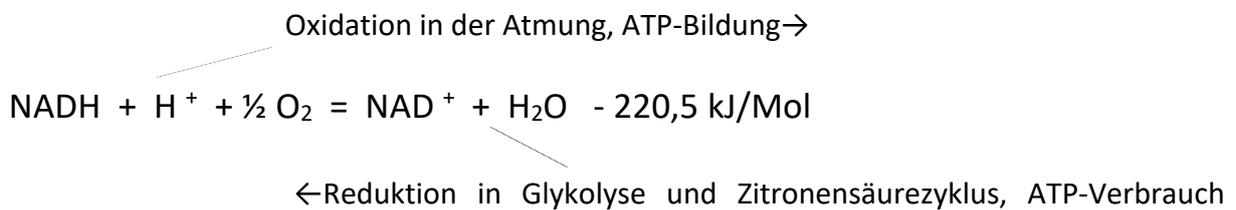
Und wo bleiben die beiden Elektronen und das Wasserstoff-Ionen, die $\text{NADH} + \text{H}^+$ in der Atmung wieder abgeben muss damit wieder NAD^+ entsteht? In der Energie für die ATP-Bildung liefernden Oxidation, werden die Elektronen von Sauerstoff in der Atmungskette übernommen. (Andere Oxidationsmittel hat es schon in der frühen Biochemie gegeben und gibt es heute noch).



Dieser Vorgang ist stark exotherm. Das ist nicht weiter verwunderlich, denn nun kommen die beteiligten Elektronen wieder in Kontakt mit einem stark elektro-negativen Element, dem Sauerstoff. Sie befinden sich anschließend in einem Energietal. Die Wasserstoff-Ionen H^+ findet sich an O^{2-} gebunden, im Endprodukt Wasser wieder.

Damit kann die am Reduktionsort X einer Zelle (z.B. Glykolyse und Zitronensäurezyklus), in NADH gespeicherte Energie von - 220,5 kJ/Mol, bei der Oxydation (Atmung) abgegeben und der ATP-Bildung am Reaktionsort Y der Zelle zur Verfügung gestellt werden:

Kreislauf und Energieverschiebung zwischen NAD^+ und NADH:



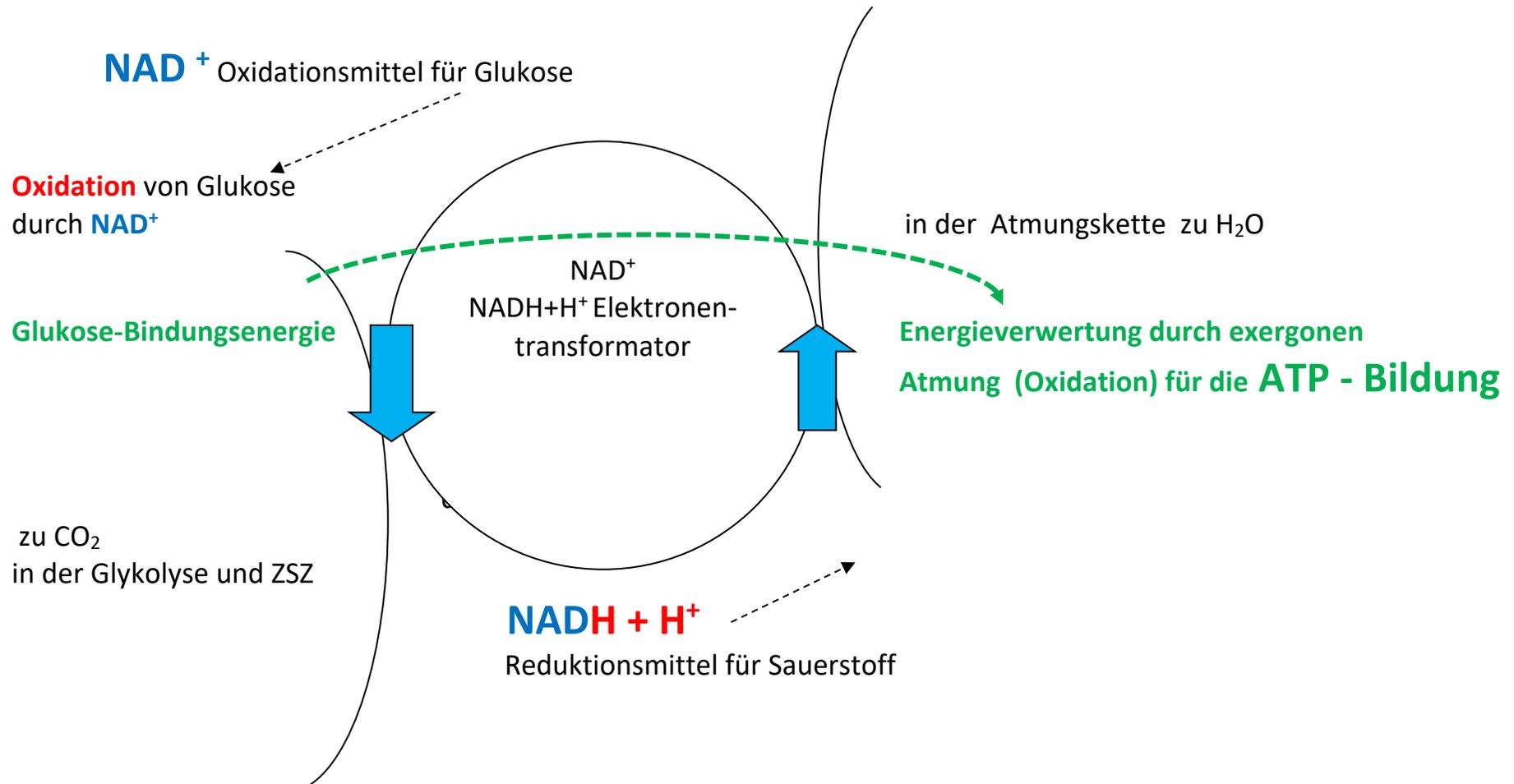


Abbildung 48: Der NAD - NADH Elektronentransformator

2.5.1.8 Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid-Phosphat (NADP⁺/NADPH)

NADP⁺ ist ein weiterer elementarer Energie-Carrier in biologischen, pflanzlichen Organismen. Er bewirkt die biochemische CO₂-Reduktion zu Glukose. (Calvin-Zyklus)

Bitte beachten Sie die in der Ergänzung 10 dargestellte zyklische Wirkungsweise dieses Coenzym.

Die Bildung von NADP⁺ durch Phosphorylierung von NAD⁺ ist in der Literatur beschrieben (Beyer, 1967, S. 741).

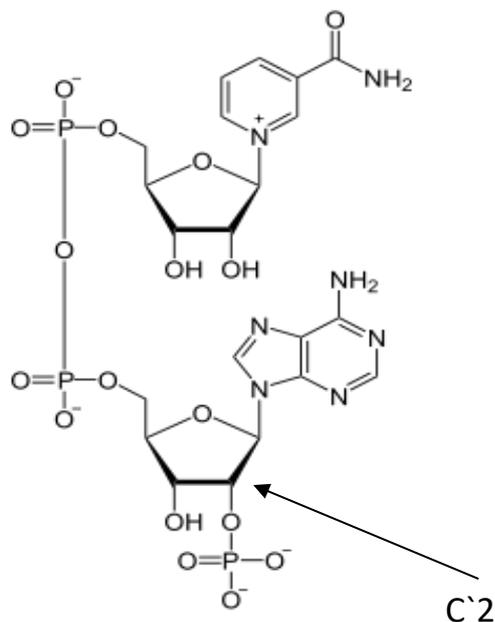


Abbildung 49: Nicotinamid-adenin-dinukleotid-phosphat (Strukturformel: Kopie aus WIKIPEDIA)

NADP⁺/NADPH enthält am C'-Atom 2 im Riboseteil des Adenins, gegenüber NAD⁺/NADH, zusätzlich eine dritte Phosphatgruppe. Zwischen NADP⁺/NADPH und NAD⁺/NADH gibt es in den meisten biochemischen Reaktionen jedoch einen wesentlichen Unterschied:

Formale Erklärung: NADP⁺ + Wasserstoff = NADPH + Proton.

Das NADP⁺-Molekül selbst bindet also nur ein Hydrid-Ion H⁻ (= 1 H⁺ + 2 e⁻ bzw. 1 H + 1 e⁻), das überzählige Proton (H⁺) wird abgespalten.

Umgekehrt gibt das NADPH-Molekül ein Hydrid-Ion H⁻ zusammen mit einem H⁺ aus der Umgebung ab, um 2 H-Atome im Anabolismus zu übertragen.

Allerdings darf man nicht annehmen, dass in den im Folgenden beschriebenen Reaktionen eine direkter Transport von Elektronen vom Reduktionsmittel auf

den zu reduzierenden Partner stattfindet. Vielmehr geschieht dies in Form der Hydrid-Ionen der NADPH- und NADP-Systeme, die dabei in NAD^+ und NADPH^+ übergehen und umgekehrt.

Auch für die Fett- und den Cholesterin-Biosynthese ist NADPH von großer Bedeutung.

NAD^+ und NADP^+ sind hinsichtlich ihrer enzymespezifischen Reaktionen **nicht austauschbar**. Die zusätzliche Phosphatgruppe des NADPH sorgt für eine eindeutige Zuordnung im Schlüssel-Schloss-Enzymapparat des Metabolismus. Es gilt die feste Regel, dass NAD^+ nur katabol in der Glykolyse, dem Zitronensäurezyklus und der Atmungskette aktiv ist, während NADP^+ nur in der anabolen Photosynthese wirksam wird. Allerdings benutzen Bakterien in der Photosynthese auch NAD^+ anstelle von NADP^+ .

2.5.1.9 Vergleich von NAD^+ und NADP^+

Katabolismus

NADH ist wie gesagt ein Energie-Carrier im oxidativen Nährstoffabbau, bei der Glykolyse und im Zitronensäurezyklus. Es ist ein Folgeprodukt von NAD^+ (s.o.). Dazu wird NAD^+ zu NADH reduziert und Glukose parallel letztlich bis zum Kohlendioxid oxidiert. In der Atmungskette erfolgt Rückoxidation von NADH mittels Sauerstoff zu NAD^+ . Die Reaktionsenergie dieser „stillen Sauerstoff-Verbrennung“ wird in ATP umgeformt. Diese Reaktionsabläufe sind evolutionär entstanden, verlaufen über viele kleine Schritte und sind vor allem enzymabhängig. Sie sind weit ab, von dem einem Chemiker vertrauten direkten Verbrennungsprozess mittels Sauerstoff. Nur das Endergebnis, die aus dem Metabolismus ausgeschiedenen Produkte Kohlendioxid und Wasser, lassen sich formal mit dem Resultat eines chemischen Verbrennungsprozesses vergleichen.

Wichtig ist im Vergleich: NADH wird über die Atmungskette wieder in das katabole wirkende Oxidationsmittel NAD^+ überführt.

Anabolismus

NADPH ist ebenfalls ein Energie-Carrier. Es bewirkt Reduktionen im Metabolismus, speziell im Stoffaufbau der Dunkelreaktion der Photosynthese. Er ermöglicht die Bildung von Glukose aus Kohlendioxid. Wasser liefert die dazu notwendigen Elektronen für die vorgelagerte Reduktion von NADP^+ zu NADPH. Diese Elektronen werden in der Lichtreaktion der Photosynthese für die grüne Flora bereitgestellt. In der Dunkelreaktion wird der Reaktionstreiber ATP zu ADP verbraucht.

Wichtig ist im Vergleich: Katabol wirkendes NADPH, wird in der Lichtreaktion aus NADP⁺ gebildet

Wie bereits ausgeführt, muss im biologischen Energieumsatz vermieden werden, dass NADH ohne Rückbildung zu NAD⁺ ständig für Reduktionsvorgänge verbraucht wird.

Bekanntlich geschieht das bei einer Sauerstoff-Unterversorgung der Muskulatur. Das kann, durch Reduktion von Brenztraubensäure (dem Zwischenprodukt des Glukose-Abbaus) mit NADH zu Milchsäure, zur Übersäuerung des Muskels führen.

Wie noch gezeigt wird, ist das der Evolution mit der rezenten Sauerstoff-Oxidation von NADH zu NAD⁺ durch die Atmung dauerhaft und umfassend gelungen. Vorläufer auf der Basis von Sulfat und Nitrat sind bekannt und wirken heute noch. Als langfristige Folge wurde die ursprünglich reduzierende Atmosphäre, im Lauf von fast einer Milliarde Jahre durch Sauerstoff verdrängt.

Wie erwähnt, kann aber in bestimmten Mikroorganismen, Sauerstoff im Atmungsprozess durch andere Oxidationsmittel ersetzt sein, siehe: 2.5.1.10 Guanosintriphosphat (GTP).

Evolutionäre Zusammenhänge im Metabolismus

Heute hat sich, beginnend vor ca. 2,4 Milliarden Jahren, weltweit die Verfügbarkeit von Sauerstoff für die Zellatmung etabliert; bereitgestellt durch die oxygene Photosynthese. Auch auf die noch frühere, vor ca. 3,5 Milliarden Jahren evolutionär entstandene anoxygene Photosynthese, kommen wir zu sprechen.

Es wird angenommen, dass sich die Atmung in ihren enzymatischen Abläufen, aus bereits „erfundenen“ Reaktionsschritten der Photosynthese evolutionär entwickelt hat. Beides sind Phosphorylierungs-Mechanismen in Elektronentransportketten.

Nach diesem Prinzip der Fortführung evolutionär erfolgreicher Abläufe bzw. deren Umkehrung, scheint auch die Übernahme bewährter enzymatischer Reaktions-Konzepte aus der Glykolyse und der Glukoneogenese in die Dunkelreaktion der Photosynthese erfolgt zu sein (Dickerson/Geis 571). So werden sowohl im Katabolismus des Glukose-Abbaus als auch im Anabolismus des Glukose-Aufbaus im Calvin-Zyklus, die gleichen Zwischenstufen und Enzyme verwendet.

Anders ist die Situation für NADPH, das ausschließlich im Calvin-Zyklus (Dunkelreaktion) der Photosynthese wirkt. Dieser Zyklus verläuft in Teilen wie eine Umkehrreaktion der Glykolyse, entspricht also der Glukoneogenese. Reaktionsort sind die komplexen Systeme der Chloroplasten. Es musste der Verlust des für die CO₂-Reduktion zu Glukose notwendigen NADPH vermieden werden. Dies erfolgt,

wie noch erörtert wird, über die Lichtreaktion, mit Elektronenanregung zur Reduktion von NADP^+ zu NADPH .

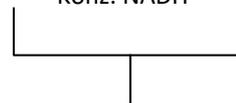
NAD^+/NADH -Wirkungsbereich: Glykolyse, Zitronensäurezyklus und Atmung

NAD^+ dient im Organismus meist als Oxidationsmittel. Daher ist das Konzentrations-Verhältnis NADH/NAD^+ klein ($\ll 1$) bzw. $\text{NAD}^+/\text{NADH} \gg 1$, d.h. es liegt sehr wenig NADH gegenüber sehr viel NAD^+ Molekülen vor, um ein entsprechend positives Redoxpotential²⁹³ zu erzeugen.

Die Erklärung folgt aus der Nernst-Gleichung²⁹⁴:

$$\text{Potential} = \text{Normalpotential} + T\text{-abhängige Konstante} \times \log \frac{\text{Konz. Oxidans}}{\text{Konz. Reduktans}}$$

$$\text{Gemessenes Potential} = -0,320 \quad + \quad T\text{-abhängige Konstante} \times \log \frac{\text{Konz. } \text{NAD}^+}{\text{Konz. } \text{NADH}}$$

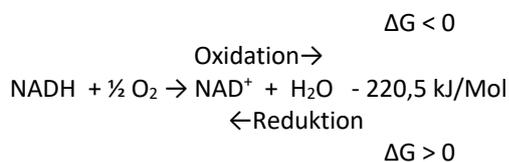


wenig NADH gegenüber viel NAD^+ Molekülen bedeutet: Großer positiver Wert, dessen Logarithmus ebenfalls positiv ist. Damit sinkt das gemessene Potential. Es resultiert ein besseres Oxidationspotential (Siehe Tabelle 7).

Eine weitere Energiebetrachtung - Körperwärme

Durch die Reduktion kommt es zur Energiezwischenspeicherung als Bindungsenergie im NADH -Molekül. Diese Energie wird bei der exergonen (die Freie Energie ΔG nimmt ab) Sauerstoff-Oxidation von NADH zu NAD in der Atmung wieder zurückgewonnen. Wie gesagt kann in der Zelle die am Reduktionsort A (z.B. Im Zitronensäurezyklus) im NADH gespeicherte Energie von $-220,5 \text{ kJ/Mol}$, am Reaktionsort B (Atmung) bei der Oxydation sofort abgegeben werden.

Formal:



NADH wird formal durch Sauerstoff $\frac{1}{2} \text{O}_2^{\pm 0}$ zu NAD^+ oxidiert. Der tatsächliche, enzymgesteuerte Verlauf in der Atmungskette ist verwickelt und vielstufig. Die damit verfügbaren Elektronen werden vom $\frac{1}{2} \text{O}_2^{\pm 0}$ übernommen, der damit zu O^{-2} reduziert wird. Als energiearmes Endprodukt fällt Wasser an.

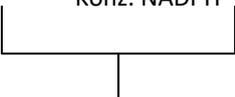
Die Reduktion von NAD^+ zu NADH erfolgt im Organismus beim Abbau von Nahrungsmitteln (z.B. Glukose, die als Reduktionsmittel letztlich zu Kohlendioxid oxidiert wird) in der Glykolyse und dem Zitronensäurezyklus, während die Rückoxidation zu NAD^+ in der Atmungskette abgewickelt wird. Die dabei frei werdende

Energie von - 220,5 kJ/Mol wird in drei Mol ATP überführt. Von - 220,5 kJ/Mol bleiben nur 3 x 30,5 kJ/Mol übrig, was einem Energietransfer von 41 % entspricht. Der Rest wird wieder zu dissipativer, also nicht mehr verwertbarer Körperwärme.

NAD⁺/NADPH-Wirkungsbereich: Photosynthese

Als Reduktionsmittel nutzt die Zelle vor allem NADPH. Daher ist das Konzentrations-Verhältnis NADPH/NADP⁺ groß (>>1) bzw. NADP⁺/NADPH <<1, d.h. es liegt sehr wenig NADP⁺ gegenüber sehr viele NADPH Molekülen) vor, um zu einem entsprechend negativen Redoxpotential zu gelangen.

$$\text{Potential} = \text{Normalpotential} + T\text{-abhängige Konstante} \times \log \frac{\text{Konz. Oxidans}}{\text{Konz. Reduktans}}$$

$$\text{Gemessenes Potential} = -0,324 + T\text{-abhängige Konstante} \times \log \frac{\text{Konz. NADP}^+}{\text{Konz. NADPH}}$$


sehr wenig NADP⁺ gegenüber sehr viel NADPH Molekülen bedeutet: sehr kleiner Wert (kleiner als 1), dessen Logarithmus negativ ist. Damit steigt das gemessene negative Potential. Es resultiert ein besseres Reduktionspotential (Siehe Tabelle 7).

Ergebnis: Zwei differenzierbare Redox-Cofaktoren (die sich nur durch eine Phosphatgruppe am C2' der Ribose unterscheiden) sind unabdingbar für ein Funktionieren der Biologie im katabolen bzw. im anabolen Bereich. Ein einzelnes Redox-Paar könnte nicht gleichzeitig ein hohes Oxidationspotential für biologische Oxidationen (katabolischer Bereich) und ein hohes Reduktionspotential für biologische Reduktionen (anabolischer Bereich) bereitstellen. Das an sich fast gleiche Redoxpotential von NAD⁺/NADH und NADP⁺/NADPH (Siehe Tabelle 7) kann durch die o.a. Konzentrations-Verhältnisse beide Wirkungsbereiche abdecken.

Vergleich einiger Redoxpotentiale (Lehninger. Albert L., 1979, S. 392):

Oxidations-Reduktionsgleichungen:

Redoxpotential (Volt)

← Oxidation

Reduktion →

2 H ⁺	+	2 e ⁻	↔	H ₂	-0,421 (Bezugswert)	↑
NAD ⁺ + 2H ⁺	+	2 e ⁻	↔	NADH + H ⁺	-0,320	
NADP ⁺ + 2H ⁺	+	2 e ⁻	↔	NADPH + H ⁺	-0,324	
½ O ₂ + 2H ⁺	+	2 e ⁻	↔	H₂O	+0,816 !!	

Oxidationsmittel

Reduktionsmittel

Steigende Tendenz Elektronen abzugeben
Steigende Reduktionskraft

Tabelle 9: Vergleich von konjugierten Redoxpotentialen

WIKIPEDIA: Zwischen NADH und NADPH gibt es in den meisten biochemischen Reaktionen einen **fundamentalen Unterschied**: NADH wird im Katabolismus aus Glykolyse und Citratzyklus gebildet und in der Atmungskette oxidiert, um ATP zu erzeugen. Dagegen fungiert NADPH im Anabolismus als Reduktionsmittel, es dient in der reduzierenden Biosynthese als Lieferant von Elektronen und Protonen.

2.5.1.10 Flavin-adenin-dinukleotid (FAD/FADH₂)

Bitte beachten Sie die in der Ergänzung 10 dargestellte zyklische Wirkungsweise dieses Coenzym.

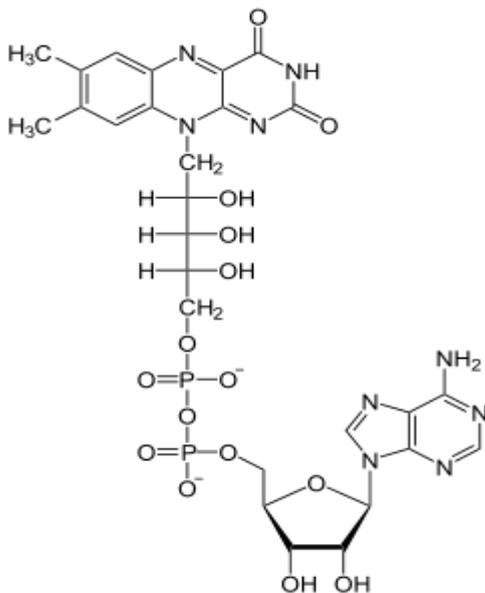


Abbildung 50: Flavin-adenin-dinukleotid (Strukturformeln: Kopie aus WIKIPEDIA)

FAD kommt im Organismus, ebenso wie NAD⁺, mengenmäßig in weit geringem Maß als ATP vor. FAD ist ebenfalls Energie-Überträger in Gestalt von zwei Molekülformen, die jeweils den oxidierten bzw. reduzierten Zustand verkörpern. Auch dieser kurzlebige Energie-Carrier pendelt ständig zwischen zwei elektronischen Zuständen.

Formaler Bildungsweg:

Adenosindiphosphat (ADP) + Riboflavin = Flavin-adenin-dinukleotid (FAD)

Das elektronische Pingpong findet im Riboflavin-Teil des FAD-Moleküls statt. Bei der Reduktion mit Wasserstoff werden 2 H-Atom an den Riboflavin gebunden. Es bildet sich FADH₂. (R = ADP –Ribose)

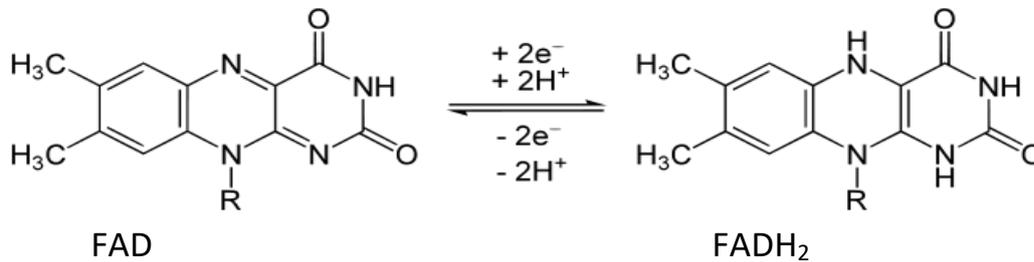
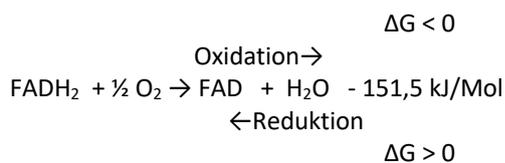


Abbildung 51: FAD - FADH₂ (Strukturformeln: Kopie aus WIKIPEDIA)

Mit diesen Nukleotiden bzw. Coenzymen ATP, NAD/NADH, NADP/NADPH und FAD/FADH₂ sind die wichtigsten Energie-Überträger des Katabolismus und Anabolismus benannt.

Energiebetrachtung -Körperwärme

Durch die Reduktion kommt es zur Energiezwischenspeicherung. Diese Energie wird bei der exergonen (die Freie Energie ΔG nimmt ab) Oxidation von FADH₂ zu FAD in der Atmung wieder zurückgewonnen. Damit kann in der Zelle die am Reduktionsort A (z.B. Im Zitronensäurezyklus) im FADH₂ gespeicherte Energie von - 151,5 kJ/Mol, am Reaktionsort B (Atmung) bei der Oxydation zur ATP-Bildung freigesetzt werden.



FADH₂ wird formal durch atomaren Sauerstoff $\frac{1}{2} \text{O}_2^{\pm 0}$ zu FAD oxidiert. Der tatsächliche, enzymgesteuerte Verlauf in der Atmungskette ist komplex und vielstufig. Die damit verfügbaren Elektronen werden von Sauerstoff $\frac{1}{2} \text{O}_2^{\pm 0}$ übernommen, der damit zu O^{2-} reduziert wird. Das Endprodukt ist Wasser.

Die Reduktion von FAD zu FADH₂ erfolgt im Organismus beim Abbau von Nahrungsmitteln (z.B. Glukose, die als Reduktionsmittel letztlich zu Kohlendioxid oxidiert wird) im Zitronensäurezyklus, während die Rückoxidation zu FAD in der Atmungskette abgewickelt wird. Die dabei frei werdende Energie von - 151,5 kJ/Mol wird in zwei ATP überführt. Von - 151,5 kJ/Mol bleiben nur $2 \times 30,5$ kJ/Mol übrig, was einem Energietransfer von 40,3 % entspricht. Der Rest wird wieder zu Körperwärme.

2.5.1.11 Evolutionäre Entstehung der Energie-Carrier

Die Evolution hat sich, wie sehr oft zu beobachten ist, des Prinzips bedient, erprobte Module nicht zu vergessen, sondern synergistisch in verwandtes Zell-Geschehen zu integrieren. Viele biochemische Reaktionen können reversibel auftreten. Siehe z.B. Glykolyse und Glukoneogenese.

Näheres: siehe Dirk Flemming und Thorsten Friedrich: „*Die Protonenpumpende NADH: Ubichinon Oxidoreduktase, der sog. Atmungsketten-Komplex I, ist Teil der oxidativen Phosphorylierung. (Die Energie liefernde Zellatmung ist mit der Energie verbrauchenden ATP Synthese gekoppelt und beide zusammen werden als oxidative Phosphorylierung bezeichnet). Dieses System membranständiger Enzymkomplexe baut einen transmembranen Ionengradienten auf, der z. B. für die Synthese des universellen Energieüberträgers ATP genutzt wird. Sequenzanalysen haben gezeigt, dass der Komplex I im Laufe der Evolution bausteinartig aus bereits existierenden Modulen zusammengesetzt wurde*“. http://www.biochem.uni-freiburg.de/inhalte/friedrichflemm_bf0605.pdf.

Man kann wohl davon ausgehen, dass dieses evolutionäre Bildungsprinzip nicht nur für NADH gilt.

2.5.2 Aktivierungsmechanismen der Biochemie

Lassen Sie uns nun etwas ins "biochemische Detail" gehen und uns den großen Zusammenhängen der Energieabwicklung des Lebens, getragen von komplexen enzymatischen Reaktionen der Biochemie zuwenden. Obwohl diese zu beschreibenden, vielschichtigen Reaktionskaskaden in ihren Synergismen unglaublich differenziert sind, muss man dennoch konstatieren, dass sie sich mit dem Rüstzeug der Chemie stofflich und energetisch einwandfrei beschreiben lassen. Es bedarf auf dieser Ebene keinerlei mystifizierender Erklärungsversuche, wie sie gerne vom Vitalismus (eine Lehre, die als Grundlage alles Lebendigen eine Lebenskraft (*vis vitalis*) oder eine Seele, als eigenständiges Prinzip annimmt) oder dem Animismus (Glaube an die Allbeseeltheit der Natur) ins Feld geführt werden.

2.5.2.1 Phosphorylierung als biochemischer, energetische Motor

Phosphorylierte Verbindungen sind das A und O der Lebens-Chemie. Dahinter verbirgt sich das wahrscheinlich wichtigste Reaktionsprinzip der Biochemie. Edukte und Addukte scheinen der Entropie zuwider zu laufen sind aber durch Phosphorylierung molekularbiologisch erklärbar. Ist der Pfad einmal an gelegt geht es nur noch um Zufuhr von Energie.

Sehr oft handelt es sich in der Zellchemie, wie schon angeführt, um Reaktionen, bei denen sich zwei Moleküle unter Wasserabspaltung über eine Sauerstoffbrücke verbinden. Diese Reaktionen verlaufen thermodynamisch gesehen nicht

spontan und sind endergon ($\Delta G > 0$); die Umkehrreaktion ist bevorzugt. Sie müssen, da bei den meisten dieser Reaktionen Freie Energie beigesteuert werden muss, mit einem Energiepaket beladen werden, das die für die Reaktion fehlende Freie Energie bereitstellt. Diese Energiepakete sind sehr oft Phosphatgruppen.

Woher stammt die Phosphatgruppe bzw. das Element Phosphor selbst? Letztlich muss es ja in einer sehr frühen kosmischen Phase nach dem Urknall erbrütet worden sein.

WKIKIPEDIA: "*Phosphor entsteht in massereichen Sternen beim Sauerstoffbrennen aus Sauerstoff bei Temperaturen über $1,5 \cdot 10^9$ Kelvin und Dichten von mindestens 10^{10} kg/m^3 .*

Es wird postuliert, dass der für frühe Lebewesen verwertbare Phosphor erst durch Meteorite verfügbar war, die während des Hadaikums (vor 4 bis 4,6 Milliarden Jahren) auf die Erde gelangten. <http://de.wikipedia.org/wiki/Phosphor> - cite_note-24 Das bereits auf der Erde vorkommende Phosphat ist reaktionsträge und schwer löslich und wäre daher für die ersten Lebewesen nur begrenzt nutzbar gewesen. Dagegen reagieren die von den Meteoriten mitgebrachten Schreibersite (Schreibersit, auch Glanzeisen, ist ein selten vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Elemente) mit Wasser zu reduzierten Phosphiden. Diese wären für eine präbiotische Synthese phosphorylierter Biomoleküle (wie Ribonukleinsäure) plausible Ausgangsstoffe".

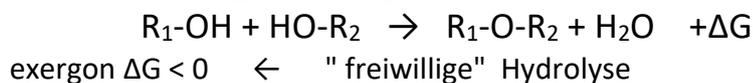
In oxidierter Form, z.B. als Phosphorpentoxid P_2O_5 , könnte es interstellär durch Reaktion mit Sauerstoff entstanden sein. Die kosmische Verteilung erfolgte über die eingangs beschriebenen Mechanismen, wie Sternenwind, Supernovae-Ausbrüche usw. Auf silikatischen Staubteilchen niedergeschlagen haben sich Phosphor und einfache Phosphorverbindungen in die Formation des Sonnensystems bzw. der Erde integriert. In der äußerst reaktiven Form des Phosphorpentoxids, wäre eine Umsetzung mit Adenosin zu Adenosinphosphaten gut denkbar. Allerdings ist das in Gestalt von reinem Phosphorpentoxid, aus Sicht der Chemie eher unwahrscheinlich. Diese anorganische Verbindung, das Anhydrid²⁹⁵ der Phosphorsäure, ist ein mit Wasser begierig zu Phosphorsäure reagierendes Molekül. Gerade diese Reaktivität ist ja der Antrieb für die Reaktionsbefähigung reaktionsträger Biomoleküle durch Übernahme von Phosphatgruppen. Phosphorpentoxid dürfte aber die Anfangsbedingungen der Chemischen bzw. Biochemischen Evolution auf der Erde nur in Form von Phosphorsäure bzw. von Di-, Tri- und Polyphosphaten überstanden haben, da schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt Wasser im Überfluss allgegenwärtig war.

Diese energiereichen Polyphosphate sind aber auch in der Lage, den Typ von Reaktion zu forcieren, der die gesamte Biochemie dominiert. Es ist das die Bindungsbildung aus zwei Reaktanten unter Wasserspaltung: die Dehydratisierung bzw. Kondensation. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass sich Biochemie

ausschließlich in wässrigen Systemen abspielt. Wasser ist in sehr großem, molarem Überschuss als Reaktionsmedium vorhanden und durch eine Kondensation, soll aus den Reaktanten freiwillig weiteres Wasser gebildet werden? Die Reaktanten können z.B. Zuckermoleküle sein, die sich zu Polysacchariden verknüpfen. Es kann sich auch um Aminosäuren handeln, die sich zu Peptiden formen oder Nukleoside, die sich zu Nukleotiden verbinden. Immer nimmt dabei, thermodynamisch gesehen, die Freie Energie zu; es sind alles endergone Prozesse. Thermodynamisch betrachtet ist aber die Umkehrreaktion dieser Kondensation, die Hydrolyse der Polysaccharide oder der Peptide oder der Nukleotide, unter Wasserverbrauch zu den Ausgangsmonomeren, bevorzugt. Dabei nimmt die Freie Energie ab.

Allgemeine Kondensation:

"unfreiwillige" Dehydratisierung \rightarrow endergon $\Delta G > 0$



exergon $\Delta G < 0 \leftarrow$ "freiwillige" Hydrolyse

Wie aber kann es dann zur Bindungsbildung kommen?

Möglich wird das durch die Verknüpfung der Hydroxylgruppen eines Reaktanten, z.B. eines Zuckers, mit sehr reaktiven Polyphosphaten, zu einem phosphorylierten Zuckermolekül. Das Zuckermolekül erhält hierdurch einen Zuschlag an Freier Energie, der den gewünschten Gang der Dehydratisierung tatsächlich ermöglicht, d.h. ΔG in einer solchen Reaktion negativ macht. Das ändert aber nichts daran, dass das Reaktionsprodukt, ohne Phosphatgruppe gesehen, thermodynamisch instabil ist, da es mehr Freie Energie enthält als die Ausgangsverbindungen. Das Kondensationsprodukt neigt daher im wässrigen Zellmilieu wieder zum Zerfall, wobei die Freie Energie dissipativ verloren wird. Um ausreichend Kondensationsprodukt zu bilden, muss zum einen erreicht werden, dass die Bildungsgeschwindigkeit größer ist als die Zerfallsgeschwindigkeit. Das gelingt mit den beschriebenen Phosphaten. Zusätzlich kann sich das Monomere z.B. Glukose, in eine vielgliedrige, wasserunlösliche (!) Polymerstruktur, z.B. Stärke- oder Cellulose-Helices retten.

Es ist aber nicht von der Hand zu weisen, dass Bedingungen förderlich waren, wie sie von Cox auf heißen Anorganika untersucht wurden, oder auf Montmorilloniten (Follmann, 1981, S. 77).

Eine weitere Möglichkeit der Hydrolyse zu entkommen, ist der bereits erwähnte Übergang des Reaktionsproduktes in einen wasserunlöslichen Zustand. Das gelingt der Glukose wie gesagt durch Bildung von Polymeren, wie Stärke oder Cellulose und den Peptiden durch Bildung von Primär-, Sekundär- und Tertiärstrukturen. Gleiches gilt für die Bildung von Polynukleotid-Helices (DNA, RNA) bzw.

die Formation von DNA-Peptid-Schutzkörpern aus Histonen. Das sind basische Proteine, im Inneren von Zellkern der Eukaryoten.

Histone sind wahrscheinlich evolutionär sehr alte Moleküle. Hier wird die grundlegende Frage zu stellen sein: Was gab es zuerst? Proteine oder Polynucleotide? Oder haben beide, und das klingt plausibel, einen gemeinsamen Weg in die Synergie gefunden?

Aber auch andere verkappte Anhydride, wie Schwefeltrioxid, Basenanhydride wie Calciumoxid, oder Derivate der Blausäure, sind mit Sicherheit für einen Reaktionsanschub schon in der Präbiotik von tragender Bedeutung gewesen. Phosphorylierte Monomere, z.B. von Zuckern, Peptiden oder Nukleinsäuren, dürften eine Voraussetzung für interaktives, nachhaltiges Reagieren schon in der Ur-Suppe gewesen sein. Diese präbiotisch formierten phosphoraktivierten Bausteine, könnten als Vorläufer, der durch die gesamte Evolution auch heute noch wirkenden organischen Phosphate fungiert haben. Allerdings wurden im Laufe der Entwicklung selbstorganisatorisch wesentlich effektivere Wege, unter Beteiligung von hochdifferenzierten chiralen Enzymen z.B. Phosphorylasen-Kinasen²⁹⁶ verwirklicht.

Ob der Weg der chemischen Phosphorylierung, den im Folgenden beschriebenen Wegen der photochemisch orientierten Elektronentransport-phosphorylierung voraus ging, vermag ich nicht zu beurteilen, er würde aber zu dem Befund passen, dass die Glykolyse, der wohl älteste katabole Weg der Energiegewinnung ist, und zwar in Form der chemischen Substratphosphorylierung.

Nebenbei sei erwähnt, dass interstellär sicher auch die Bildung von Phosphanen²⁹⁷, das sind Verbindungen von Phosphor mit Wasserstoff, wie z.B. PH_3 , denkbar ist. Diese Phosphane stellen ebenfalls sehr reaktive Verbindungen dar, die in der ursprünglich sauerstofffreien Ur-Atmosphäre als PH_3 einige Zeit „überleben“ und in speziellen Reaktionen agieren konnten. Beispielsweise leiten sich daraus Phosphide, anionische Phosphorverbindungen ab, die komplexe Strukturen aufweisen und in denen z.B. Alkali- und Erdalkalimetalle eingebaut sein können. Die Verfügbarkeit und Einbindung von freiem Phosphor in die Biochemie erscheint aufgrund seiner Reaktivität in der Ur-Phase nicht wahrscheinlich.

Es haben sich, wie bereits oben ausgeführt, folgende drei Phosphorylierungs-Mechanismen im Rahmen der Evolution etabliert.

- die Substratkettenphosphorylierung

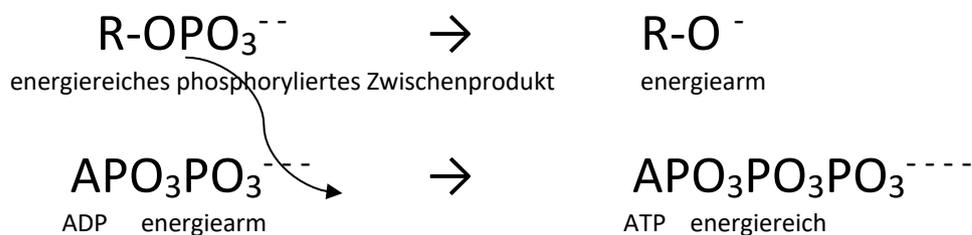
und die beiden Elektronentransportphosphorylierungs-Mechanismen:

- die oxidative Phosphorylierung und

- die Photophosphorylierung

Es werden damit zwei Effekte bewirkt: Zum einen kommt es zum Reaktionsfortschritt reaktionsträger biochemischer Moleküle im Rahmen von Reaktionskaskaden unter Wasserstoff-Übertragung und zum anderen zur Bildung des Energieträgers ATP. Hoher chemischer Energieinhalt chemischer Speichersubstanzen, wie z.B. Glukose, wird in kleine ATP-Portionen transformiert. ATP ist der Brennstoff der Zellchemie, wobei diese „Verbrennung“ bei fast konstanter, physiologischer Temperatur abläuft. ATP ermöglicht der Zelle, in einem Fließgleichgewicht, ihre permanente Ordnungs-Entfaltung gegen die zerstörerische Entropie-Erhöhung. Unterbindung dieses ATP-Flusses ist gleichbedeutend mit Zelltod.

2.5.2.1.1 Substratkettenphosphorylierung



PO_3^- = formal Phosphorylgruppe (anorganisches Phosphat)

Abbildung 52: Das Prinzip der Substratkettenphosphorylierung

So wird z.B. relativ energiearmes ADP in der Substratkettenphosphorylierung der Glykolyse, durch Beladung mit einer dritten Phosphatgruppe, zu dem energiereichen ATP, das dann seinerseits wieder reaktionsträge Verbindungen (Substrat) in der Zelle phosphorylieren kann. Eine solche Phosphorylierung ist aber kein einfaches Herüberspringen eines Phosphatrestes aus ATP auf ein Substrat, wie z.B. ein Protein, sondern erfolgt enzymatisch durch eine Kinase. (WIKIPEDIA: "Kinasen sind Enzyme, die einen Phosphatrest von einem Nukleosidtriphosphat (z. B. ATP) auf andere Substrate, dort insbesondere auf Hydroxygruppen (-OH), übertragen, und umgekehrt. Sie können durch andere Moleküle (z. B. Enzyme) aktiviert werden)". Sie werden das z.B. in der Glykolyse sehen, wo in einem vorgelagerten Aktivierungsschritt Glukose durch Reaktion mit ATP, in Glukose-6-phosphat überführt wird. Mit diesem Aktivierungsschritt ist das Tor zum Abbau von Glukose, hin zur Brenztraubensäure, (10 Schritte) bzw. im Zitronensäurezyklus zu Kohlendioxid und Wasser, über 19 differenzierte enzymatisch regulierte Zwischenstufen, geöffnet. Ob dieser Reaktionseinstieg in die Glykolyse, in der Präbiotik ebenfalls nur mit ATP-aktiviertem Glukose-6-phosphat begonnen hat, ist unklar bzw. wohl nicht zu klären. Es gibt aber andere Aktivatoren (s.o.), wie

z.B. die schon erwähnten rein anorganischen Polyphosphate, die diese Phosphorylierung ebenso bewerkstelligen könnten. Im Ergebnis könnte ein phosphoryliertes Kohlehydratmolekül entstanden sein, das über diese energetische „Vorfinanzierung“ für weitere spontane Reaktionen zur Verfügung stand.

Erinnern Sie sich an das Konzept der katalytischen Abgeschlossenheit und der hinreichenden Komplexität von Reaktionsgemischen, formuliert von Stuart Kaufman? Im Sinne dieser Hypothese ist diese Annahme ein akzeptabler Ansatz. Die Biochemiker haben übrigens eine Tabelle entwickelt, aus der sich entnehmen lässt, wie effektiv eine phosphorylierte organische Verbindung im Metabolismus agiert.

Einige Beispiele:

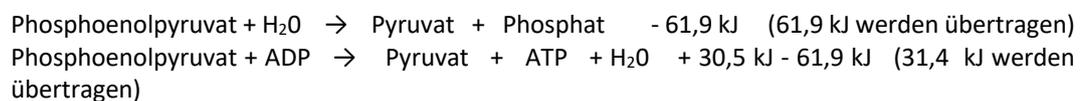
Phosphorylierte Verbindung	Frei Energie ΔG (kJ/Mol)
Phosphoenolpyruvat	-61,9
1,3-Diphosphoglycerat	-49,3
ATP (Hydrolyse zu ADP und Phosphat)	-30,5
Glukose-1-Phosphat	-20,9
Glycerin-1-phosphat	-2,2

Tabelle 10: Phosphatgruppenübertragungspotential

Diese Tabelle sagt aus, dass Verbindungen, die weiter oben stehen, an solche, die weiter unten stehen, leichter eine Phosphatgruppe übertragen als umgekehrt. ATP z.B. kann wie erwähnt seine Phosphatgruppe an Glukose zu Glukose-1-Phosphat abgeben.

Damit wird das sogenannte Phosphatgruppenübertragungspotential ausgedrückt. (Lehninger. Albert L., 1979, S. 328)

Schematisch:



Neben der Substratkettenphosphorylierung gibt es wiegesagt noch die beiden folgenden elementaren Mechanismen, die unter dem Begriff der Elektronentransportphosphorylierung zusammengefasst werden. Es sind das die Photophosphorylierung und die oxidative Phosphorylierung.

2.5.2.1.2 Photophosphorylierung (Lichtreaktion, Flora)

Wie bereits angedeutet spielt sich dieser Aktivierungsvorgang im Anabolismus der Pflanze ab und wird im Rahmen der oxidativen Photosynthese (s.u.) etwas

näher beschrieben. Es geht um die Bereitstellung von Elektronen für Reduktionsvorgänge z.B., um Kohlendioxid zu Glukose zu reduziert. Die Evolution hat dazu ubiquitär die Elektronen des Sauerstoffatoms aus dem Wassermolekül ausgewählt.

In einem von den Photonen des Lichts angeregten Chlorophyll-Molekül können Elektronen des Bindungssystems auf ein höheres Energieniveau gehoben werden. Es ist das die Lichtreaktion der Photosynthese. Man bedenke, dass es sich dabei um einen ganz schmalen, energetischen Bereich des im Urknall entstandenen elektromagnetischen Feldes handelt. Wie schon so oft betont, ist es gerade ein energetisch unbedeutendes Umfeld, das Lebensvoraussetzungen mit sich bringt. Dieses promovierte Elektron wird von einem Elektronenakzeptor übernommen, der seinerseits ein Elektron auf das nächste geeignete Molekül überträgt, z.B. um NADP^+ zu NADPH zu reduzieren. Das anfänglich entstandene Elektronendefizit im Chlorophyll-Molekül, wird letztlich aus dem O^{2-} -Ion der Reduktionsquelle H_2O nachgeliefert; das Oxidationsprodukt Sauerstoff O_2 verbleibt. So ist durch ein Photon eine Elektronentransportkette der Photophosphorylierung entstanden, die die Photonen-Energie in elektronischer Form in chemische Bindungen weiterreicht.

Diese Elektronen, letztlich winzige Energiepakete, werden für die Reduktion von Kohlendioxid zu Glukose mittels NADPH , sozusagen den Energieberg hinauf gerollt. Das ist die Dunkelreaktion der Photosynthese. Wie dieses hinauf Rollen erfolgt, ist eines der interessantesten Gebiete der Biochemie. Die notwendige Energie wird dabei, wie beschrieben, in der Lichtreaktion gewonnen und mittels der chemiosmotischen Kopplung in chemische ATP-Bindungsenergie umgesetzt (siehe 2.5.2.1.3).

Bei der Übertragung werden zusätzlich Energiequanten abgezweigt, die die Pflanze in Form von chemischen Bindungen zwischenspeichert. Dies geschieht, indem Phosphatmoleküle an Adenosin gekoppelt werden. Je nach Anzahl der angehängten Phosphatmoleküle entstehen Adenosinmono-, -di- oder -triphosphat, wobei das Adenosintriphosphat das energiereichste ist. Mit diesem Energie-Carrier kann dann die eigentliche Reduktion des Kohlendioxids enzymatisch promoviert werden.

Die ATP-Bildung ist eine Art kurzfristig verfügbare energetische Kapitalanlage der Biologie. Je mehr ATP vorhanden ist, desto mehr verfügbare Energie hat z.B. die Pflanze, um biochemische Reaktionen durchzuführen (Pflanzenforschung.de).

2.5.2.1.3 Oxidative Phosphorylierung (Atmung, Fauna)

Sie spielt sich, wie bereits angesprochen, im Katabolismus ab und wird im Rahmen von Glykolyse, Zitronensäurezyklus und vor allem Atmung weiter erläutert. Die oxidative Phosphorylierung, ist ein Teil des biologischen Energiestoffwechsels, der in der Atmung, vorwiegend mit Sauerstoff, stattfindet. Viele andere

Oxidationsmittel, wie Sulfat, Nitrat usw., gab es bereits urzeitlich, aber auch heute noch. Sie dient ebenfalls, in Form einer Elektronentransportkette, mittels der chemiosmotischen Kopplung der Energietransformation in chemische ATP-Bindungsenergie.

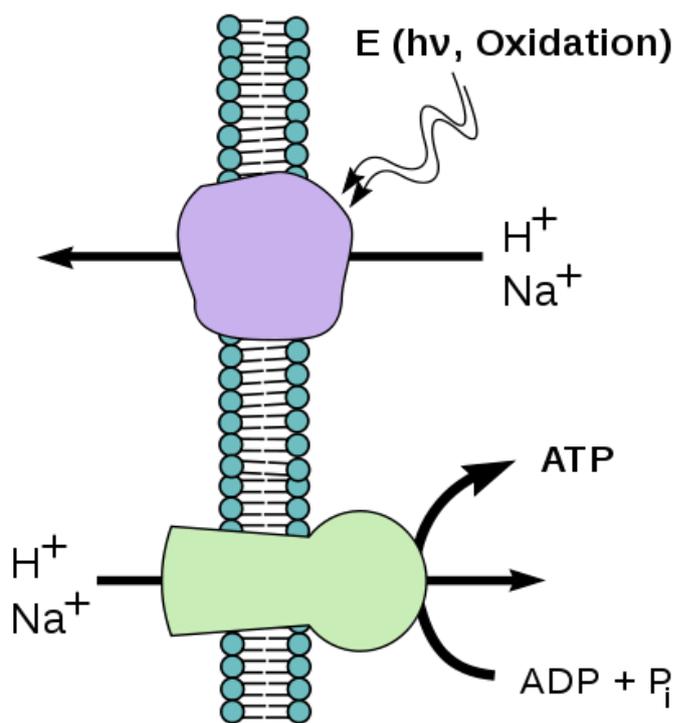
Dieser Vorgang wird in der Biochemie auch als oxidative Elektronentransportphosphorylierung bezeichnet. Dabei werden NADH Elektronen entzogen; dieses wird in der Atmungskette vorwiegend mit Sauerstoff zu NAD^+ oxidiert.

NADH ist im Katabolismus der Zelle z.B. durch Oxidation von Glukose mit dem Oxidationsmittel NAD^+ entstanden. Glukose ist das eigentliche Reduktionsmittel, das NAD^+ zu NADH reduziert. Glukose wird dabei final bis zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut und damit verbraucht. Allerdings wird das entstandene Reduktionsmittel NADH in der Regel nicht verbraucht, sondern im Lauf der Atmung, vorwiegend mit Sauerstoff, wieder zu NAD^+ rückoxidiert und die frei werdende Oxidationsenergie als ATP gespeichert. Als Reaktionsprodukt dieser stillen Verbrennung bleibt Wasser. Es entsteht ein Kreislauf. Im Rahmen von Glykolyse und Zitronensäurezyklus, wird die oxidative Phosphorylierung nochmals angesprochen.

Wie und wo laufen diese energiespeichernden Vorgänge der ATP-Bildung in den Zellen ab? Welche Mechanismen wurden gefunden? Hierzu möchte ich die Zusammenfassung dieser Vorgänge aus WIKIPEDIA zitieren:

Chemiosmotische Kopplung

WIKIPEDIA: "*Die chemiosmotische Kopplung ist, neben der Substratkettenphosphorylierung ein Weg zur Synthese von ATP aus $\text{ADP} + \text{P}_i$ in lebenden Zellen. Dazu wird die osmotische Energie²⁹⁸ eines Protonen- beziehungsweise Natriumgradienten genutzt. Diese Kopplung wird auch als chemiosmotische Hypothese bezeichnet, auch bekannt als Mitchell-Hypothese. Sie wurde erstmals 1961 von Peter D. Mitchell aufgestellt...Die Energie zum Aufbau des Gradienten stammt entweder aus der Differenz der Redoxpotentiale bei der Oxidation energiereicher Stoffe (oxidative Phosphorylierung) oder aus der Lichtenergie (Photophosphorylierung)*".



Energiequellen E:

- Photophosphorylierung (Licht: $h\nu$)
- Oxidative Phosphorylierung O₂ (Atmung)

Protonenpumpe: Transmembranproteine, die Protonen über eine biologische Membran gegen einen elektrochemischen Gradienten transportieren.

Biomembran: beidseitig unterschiedlicher pH-Wert, Redoxpotential (Gradient)

Transmembranprotein: ATP-Synthase nutzt den Rücktransport von Protonen

bzw. Natrium-Ionen entlang des Konzentrationsgefälles zur Synthese des zellulären Energieträgers ATP aus ADP.

Abbildung 53: Prinzip der chemiosmotischen Kopplung (Kopie aus WIKIPEDIA)

Folgende Darstellung soll die grundsätzlichen Zusammenhänge für Aerobier (Sauerstoff-Atmer) nochmals verdeutlichen. Für ganz wesentlich halte ich die Transparenz des zugrundeliegenden Kreislaufs als ein elementares Lebensprinzip.

ATP - ADP Zyklus (ATP hat 30,5 kJ mehr Freie Energie als ADP)

ATP-Energieverbrauch

ATP-Energie verbrauchende Zellreaktionen infolge der Aktivierung von Bio-Molekülen durch Übertragung von Phosphatgruppen aus ATP. Es bleibt ADP
Glukose-Aufbau durch

Leben



ATP-Energiebereitstellung

Energieaufbereitung (ATP) aus Energie liefernder **Substratkettenphosphorylierung** im Glukose-Abbau und **oxidativer Phosphorylierung** von ADP in der Atmung zu ATP

Photophosphorylierung: Photosynthese
Sonne: hv
Freie Energie vom „**Sonnenmotor**“

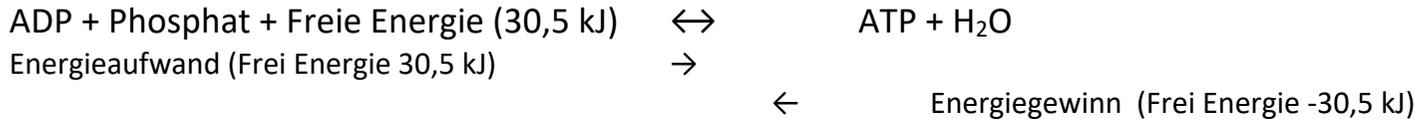


Abbildung 54: ADP-ATP Energietransformation in Aerobiern

Die Abbildung soll den Zusammenhang der Substratkettenphosphorylierung, der oxydativen Phosphorylierung und der Photophosphorylierung im Rahmen des Katabolismus und der Sauerstoff-Atmung sowie des Anabolismus der Glukose-Bildung veranschaulichen. Vermutlich entspricht die rechte Seite der ältesten ATP-Bereitstellung durch Substratkettenphosphorylierung und dürfte am Anfang des Lebens gestanden haben, allerdings mit Vorstufen von Glukose, also einfachen, achiralen Kohlehydraten.

Energie-Carrier in der Atmung

Ort der Zellatmung sind die Mitochondrien, den Produzenten von Energie für die Zelle. Es sind die Organellen für die Zellatmung unter Verwendung von Glukose und Sauerstoff. Sie haben ihre eigene zirkuläre DANN, Ribosomen und ihre tRNA.

Sie sind, wie die Chloroplasten, Haupteinheiten der eukaryotischen Zellen. Diese Atmung verläuft in drei Hauptschritten: Glykolyse, Zitronensäurezyklus und ATP-Synthese. Das aus den Mitochondrien freigesetzte ATP dient anderen in der Zelle vorhandenen Organellen als Phosphorylierungslieferant und damit als Energieüberträger.

Wie beim Zellkern und den Chloroplasten handelt es sich bei den Mitochondrien um Organellen, die durch eine Doppelmembranstruktur begrenzt sind. In der Matrix zwischen diesen Membranen und in den in diese Membranen eingelagerten Reaktions-Komplexen spielen sich die komplexen Energiekaskaden eine Energie-Carrier Transformationen ab. Die bis zu 1000 Mitochondrien nehmen ca. 25% des gesamten Zellvolumens ein. Ihre Zahl hängt von den Stoffwechselanforderungen ab. Die beteiligten vier Komplexe sind in die inneren Mitochondrien-Membranen eingebettet. Sie verbrauchen Sauerstoff und Glukose und setzen dabei Energie in Form von ATP (Adenosintriphosphat) frei. Kohlendioxid und Wasser sind die Reaktionsprodukte.

Neben diesen Eigenschaften sind die Mitochondrien noch für weitere Metabolismen zuständig:

- Beta-Oxidation (biochemischer Abbaumechanismus der Fettsäuren),
- Photorespiration (auch oxidativer photosynthetischer Kohlenstoffzyklus bzw. (oxidativer) C2-Zyklus genannt, ein Stoffwechselweg in Organismen, die eine oxygene Photosynthese betreiben (Pflanzen, Algen, Cyanobakterien).bzw.

Wie beschrieben müssen die Energie-Carrier NADH und FADH₂ dem Verbrauch entzogen werden, dazu sind sie biochemisch zu kostbar. Das erfolgt im dem

gestuften Prozess, der Atmung, die den Energie-Metabolismus abschließt. Es führt zu weit an dieser Stelle den komplexen Mechanismus auszubreiten. Um aber zumindest den komplizierten Weg anzudeuten, möchte ich die wichtigsten Stufen am Beispiel des evolutionär entstandenen NAD^+ - NADH - Zyklus ansprechen. (Dickerson/Geis, 1983, S. 569)

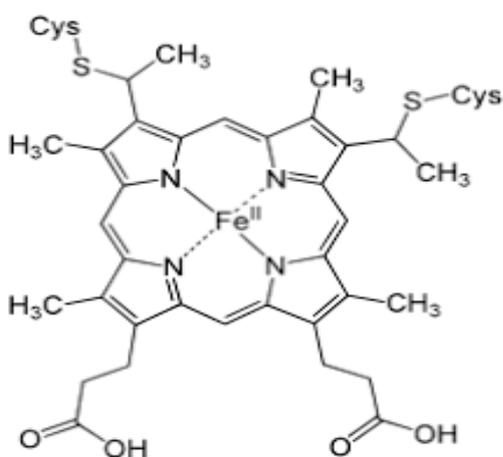
1. NADH wird zu NAD^+ oxidiert, indem ein Flavoprotein reduziert wird. Es erfolgt Wasserstoffübertragung auf Ubichinon.
2. Das Flavoprotein wird reoxidiert, in dem es den Carrier Ubichinon (verwandt mit Chlorophyll, (Photosynthese)) reduziert.
3. Ubichinon reduziert Cytochrom b.

In obigen 3 Schritten erfolgt Übergabe von Wasserstoff aus NADH an Ubichinon, der diesen Wasserstoff in para-Position seines Chinon-Ringes bindet.

Ab Ubichinon werden die reduzierenden Wasserstoffatome in Protonen H^+ und Elektronen e^- gespalten, die durch die folgenden Cytochrome von einer Eisen-Häm Gruppe zur nächsten wandern. Die Protonen verteilen sich in der Matrix.

Beispielhaft die Darstellung von Cytochrom c aus WIKIPEDIA:

Cytochrom c ist ein kleines Protein aus der Familie der Cytochrome, das in den Mitochondrien bei der oxidativen Phosphorylierung eine entscheidende Rolle als Elektronencarrier spielt. Orthologe des Cytochrom c kommen in allen Lebewesen als Mono- und Multimere vor. Diese unten dargestellte Häm-C genannte Gruppe ist in eine Proteinstruktur aus 104 Aminosäuren eingebettet.



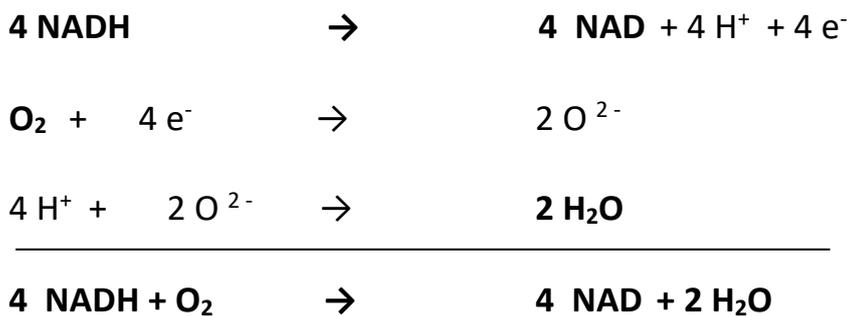
4. Cytochrom b reduziert Cytochrom c_1
5. Cytochrom c_1 reduziert Cytochrom c
6. Cytochrom c reduziert Cytochrom a
7. Cytochrom a reduziert Cytochrom a_3

8. Cytochrom a₃ reduziert O₂ zu O²⁻ (H₂O)

Jedes Cytochrom-Molekül wird von seinem Vorgänger zum elektronischen Stand Fe²⁺ reduziert und durch den Nachfolger in der Kette wieder in den elektronischen Zustand Fe³⁺ oxidiert.

Es erfolgt also ein ausgeprägter Elektronentransport, ähnlich wie in der Lichtreaktion der Photosynthese.

Summarisch läuft also etwa folgender Vorgang ab:



Diese summarische Darstellung ist aber eben nur eine klassisch chemische Auffassung, die in keiner Weise den komplexen, vielstufigen enzymatischen Ablauf wiedergibt. Zusätzlich ist zu bedenken, dass jeder, wirklich jeder biologische Vorgang, der sich auf der energetischen Basis von ATP abspielt, diese Tastatur der Biochemie spielt. Und das gilt für jedes einzelne involvierte, metabolisch agierende Molekül. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass folgender Zusammenhang besteht (siehe: 2.5.1.5).

Da ein Mol etwa 6×10^{23} Moleküle umfasst, werden demgemäß täglich im Mittel etwa $315 \times 6 \times 10^{23} = 1,8 \times 10^{26}$ Moleküle ATP umgesetzt.

Das bedeutet, dass **täglich pro Zelle** der ca. 20 Billionen Körperzellen des Menschen ($20\,000\,000\,000\,000 = 2 \times 10^{13}$)

$1,8 \times 10^{26} / 2 \times 10^{13}$ also ca.

10^{13} ATP-gesteuerte Reaktionen ablaufen

Ich bin mir sicher, dass sich niemand der Faszination dieser unvorstellbaren Differenziertheit molekularbiologischer „Chemie“ entziehen kann. Aus nahezu unendlich vielen kleinen synchronisierten Schritten eines Mikrokosmos, emergiert letztlich ein makroskopisch agierender Körper.

Die Wissenschaft hat anstelle einer nicht fassbaren Beseelung der Natur ein mechanistisches Modell erstellt, das aber im Gegensatz zu der nebulösen Beseeltheit analysierbar und damit messbar ist.

Man kann sich nun die Frage stellen, was unterscheidet diese verflochtenen biochemischen Reaktionszyklen von der Chemie, die wir an Schule oder Universität kennengelernt haben und mit der wir diese Zyklen letztlich ja beschreiben und messen? Zu dieser Frage versuche ich im folgenden Abschnitt Stellung zu nehmen.

Es gibt heute viele Denkansätze, die grundsätzlich alle Wissenschaft auf den Prüfstand stellen. Die Gültigkeit der Lichtgeschwindigkeitsgrenze oder der Naturkonstanten, der gängigen Standardtheorien, der Energieerhaltung, der Zeit usw. werden angezweifelt. Dagegen ist nichts einzuwenden. Das ist in unserem Wissenschaftsbetrieb normal.

Es gibt aber auch vitalistische Theorien (Sheldrake, 2012), die davon ausgehen, dass wir wissenschaftlich nur eine sehr materieorientierte, im engeren Sinne geistlose, tote Stoffverwaltung betreiben und einen anzunehmenden tieferen, beseelten Hintergrund ausblenden. Kein Platz für holistische Überlegungen? Vor allem, aber ist die Zielstrebigkeit, mit der die Evolution teleologisch zu Bewusstsein hin zu arbeiten scheint, ein Argument, das sehr ernst zu nehmen ist. Gibt es wirklich keinen Plan?

Auf den ersten Blick möchte man als "materialistischer" Wissenschaftler diese Ansichten einfach übergehen. Da machen wir es uns zu einfach. Wir leben - weitaus überwiegend - fast ausschließlich mit Phänomenen, deren Wirken wir sozusagen nur aus einer Art Vogelperspektive beurteilen. Je mehr wir uns nähern, umso vielfältiger und komplexer ist jedoch ihr Zusammenhang. Kein ernstzunehmender Wissenschaftler glaubt da an einfache Mechanik. Man kann nun dieser Herausforderung durch einen Akt der Resignation begegnen, indem man erklärt, dass hinter all dem ungeklärten bzw. unerklärlichen Wirken ein großer geistiger Zusammenhang besteht. Was ist damit gewonnen? Wir tauschen die unendlich vielen, neugierigen Fragen gegen Kapitulation ein. Sollen unmessbare Effekte, wie nebulöse Erdgeist-Konstruktionen, instantane Wirkmechanismen, morphische Felder (Sheldrake, 2012) usw. wissenschaftliches Arbeiten ersetzen? Solange wir Mystik, eigentlich auch philosophische, moralische oder z.B. psychologische Gedanken nicht zu naturwissenschaftlichen Pfaden erklären wollen, müssen wir konsequent von dem Prinzip des Messens ausgehen, wenn es auch von noch so mechanistisch daherzukommen scheint.

Max Planck konstatierte, wie bereits eingangs erörtert:

Wirklich ist alles, was messbar ist

In diesem Sinn ist es legitim und zielführend zunächst Phänomene zu sichten, zu sammeln, zu kategorisieren und vor allem: zu messen. Wie schon angeklungen sind es immer diese Akte des Zusammentragens von gemessenem, reproduzierbarem Wissen, die irgendwann große Zusammenhänge erkennen lassen. Das ist Wissenschaft mit all ihrem Für und Wider, aber auf jeden Fall ein Akt der Mündigkeit.

Wenn es einen Plan gibt, kann ich ihn nur in der schwer zugänglichen Tatsache der Nullpunktsenergie und ihres sichtbar gewordenen Potentials hin zu unserem heutigen Sein in all seinen Facetten sehen.

2.5.3 Irdischer Energiezufluss durch die Sonne

Ausgangssituation der Biochemie war vor ca. 4,5 Milliarden Jahren ein stoffliches und energetisches Umfeld, das, wie bereits beschrieben, lange Zeit einer sauerstofffreien, reduzierenden Atmosphäre ausgesetzt war und zunächst von der Chemischen Evolution beherrscht wurde.

Danach begann die Zeit der Biochemischen Evolution.

Man kann davon ausgehen, dass unser Kosmos, physikalisch gesehen, als abgeschlossenes System anzusehen ist, denn woher sollten Energie- oder Materieaustausch außerhalb dieses Raum-Zeit-Kontinuums erfolgen. Unsere Erde ist dagegen definitionsgemäß als geschlossenes System (nicht abgeschlossen!) zu klassifizieren, mit Energie-, aber fast ohne Materieaustausch. Es erfolgt heute in erster Näherung ausschließlich Energieeintrag durch die Sonne. Die Zeit des Materie-Bombardements durch Meteorite oder Asteroiden, des Vulkanismus und der Kernenergien wollen wir einmal vergessen.

Es bleibt nur die Gewissheit, dass abgesehen von dem Potential der Selbstorganisation und Autokatalyse, die Anlaufzeit von 3-4 Milliarden Jahren ein Zeitfaktor war, der eine wesentliche Rolle gespielt haben muss, um Biologie hervorzubringen. Gleichzeitig macht es uns diese ungeheure Zeitspanne heute unmöglich, die Ausgangssituation nachzustellen. Alles hat sich verändert: Die Atmosphäre, die Ressourcen, das Temperaturumfeld, Stoff- und Energiekreisläufe und die einfachen Schlüsselsubstanzen, die zu den rezenten evolutions-optimierten Lebensversionen geführt haben.

Leben in der uns bekannten Version, ist ausschließlich in Zellsystemen denkbar. Damit sind besondere Umstände verbunden: Es ist Zellsystemen nicht möglich allein durch den Einfluss der wärmenden Sonneneinstrahlung, also durch Liegen in der Sonne, diesen Energiezufluss direkt für die diversen, vielstufigen Zellabläufe zu verwerten. Man kann Zellen sozusagen nicht auf den Grill oder an den Strand legen und erwarten, dass Leben abläuft. Mit einer Ausnahme: Die Lichtreaktion in der pflanzlichen Photosynthese, bei der Elektronen durch Wechselwirkung mit den Photonen der Sonne aktiviert werden, um dann z.B. durch die Lichtreaktion ATP-Bildung zu bewirken. So könnte, neben der wohl ursprünglich dominierenden Substratkettenphosphorylierung, die erste zu ATP führende Photophosphorylierung begonnen haben. Mit dieser biochemischen Reaktion hat sich die Präbiotik über das endliche, reine Verbrauchen von stofflichen Energiereserven, in eine neue Dimension der nahezu unerschöpflichen Energiebereitstellung durch die Sonne gerettet.

Pflanzen und Tiere stellen wie gesagt, aus der Sicht der Thermodynamik, offene Systeme dar. Sie sind auf den in offenen Systemen stattfindenden ständigen Energie- und Stoffaustausch mit ihrer Umgebung angewiesen. Kommt dieser Freie Energie- und/oder Materiefluss dieses Fließgleichgewicht zum Erliegen, sterben sie.

Wir beobachten als eine Voraussetzung zur Lebensentwicklung mindestens 3 physikalische Systemstufen, ineinander geschachtelt sind wie eine russische Puppe:

1. Das abgeschlossene System des Kosmos. Er enthält
2. das geschlossene System der Erde, die
3. Leben in Form der offenen Zell-Systeme schaffen konnte.

Ich bin davon überzeugt, dass sich diese Verschachtelung fortsetzt, wobei das Stoffliche immer mehr in den Hintergrund tritt und energetischen und synergistischen Phänomenen Platz einräumt. Eines dieser Phänomene ist die mentale Welt des menschlichen Denkens, deren stoffliche Basis Gegenstand intensiver Forschung ist.

Woher kommt aber diese ominöse Freie Energie in der Biochemie unserer Erde, die schon so oft erwähnt wurde? Wie sich die Freie Energie in der anorganischen Chemie darstellt, wurde ja bereits erörtert.

Alle primäre Energiebereitstellung der Erde erfolgt durch die Photonen des elektromagnetischen Feldes der Sonne und initiiert in Verbindung mit den Potentialen der chemischen Elemente u.a. neben einem terrestrischen Materiekreislauf, einen Energiefluss in Kreisläufen.

Sonnenenergie aktiviert z.B. den meteorologisch-physikalischen Wasserkreislauf aus den Ozeanen zu den Wolken und zurück. Flüsse entstehen, die in Meere münden, Druckunterschiede formieren sich, die zu Winden oder Stürmen führen. Kaltes Wasser sinkt ab, warmes steigt auf, Strömungen entstehen usw. - ein rein anorganischer Ablauf

Im Folgenden wird allerdings ein organischer, stofflich-chemischer Materie- und Energiefluss angesprochen, der mit der Energiefixierung nach den Gesetzen der Quantenmechanik, in Form elektronischer Bindungsvariationen von biochemischen Molekülen einher geht und sich, obwohl organisch, wie in der anorganischen Chemie, als Freie Energie ΔG messen lässt.

2.5.4 Biochemische Reaktionen

Es klang bereits an, dass biochemische Zellreaktionen, im Gegensatz zu Reaktionen wie sie die klassische Chemie kennt, isotherm (bei konstanter Temperatur),

meist reversibel und vor allem enzymaktiviert verlaufen. Enzyme sind chirale Katalysatoren auf der Basis von Proteinen. Sie formieren sich durch DNA-gesteuerte Peptid-Synthese in den Ribosomen der Zelle und durch selbstorganisiert ablaufende Strukturbildung, von der Linearität der Primärform bis zu Quartärformationen von Peptiden (räumliche Peptidgebilde aus 2 und mehr Peptidketten in Tertiärstruktur). Sie wirken als Katalysatoren, indem sie Reaktionen in die Bahn niedrigerer Aktivierungsenergie lenken und so beschleunigen. Sie bewirken immanent, dass biochemische Reaktionen, die Energie freisetzen, mit biochemischen Reaktionen gekoppelt werden, die Energie verbrauchen. Auf diese Weise wird weitgehend Energieverlust vermieden. Durch eine evolutionsbedingt angepasste innere chirale Struktur, in Form einer Art Enzym-Tasche in einem gefalteten Peptid (o.a. Quartärformation), lassen sie nur ganz bestimmte Reaktionen zu. Nur die durch Schlüssel-Schloss-Struktur zueinander passenden Reaktanten, können so ganz spezifisch interagieren. So werden die Reaktanten in einem passenden Enzym-Terminal (Protein), geführt durch ein Co-Enzym²⁹⁹ (Nicht-Protein), von ATP aktiviert durch ein adäquates Phosphat-Energiepaket, ohne Nebenreaktion in das chirale Zielprodukt überführt. Diese Strategie sorgt dafür, dass sich nur über die Evolution erprobte Moleküle reaktionsbefähigt arrangieren können und sie sich quasi erkennen, bevor sie reagieren. Und zwar jedes einzelne Molekül einer biochemischen Reaktion. (Für vitalistische Esoteriker: Dieses Erkennen hat nichts mit einem mentalen Akt zu tun. Mein Hausschlüssel erkennt ja das Schloss meiner Haustüre auch nicht, sondern findet bei Einführen keinen Widerstand da nur er als einer von vielen möglichen passt)

Freie Energie durch ATP

Damit die Reaktionspartner in dieser Reaktionsphase auch dann reagieren, wenn sie eigentlich dazu aufgrund von positiver Reaktionsenthalpie spontan nicht in der Lage sind, wird ihnen, wie beschrieben, eine Art Treibladung aufgepackt. Diese Treibladung ist die Übertragung eines Phosphatrestes aus Adenosintri-phosphat, das dabei, unter Verlust einer Phosphatgruppe (PO_3^{-3}), zu energievermindertem Adenosindiphosphat (ADP) wird. Die aufgepfropfte Phosphatgruppe erhöht die freie Energie ΔG des Reaktanten, und eine an sich thermodynamisch nicht freiwillige Reaktion läuft im Gefolge spontan ab.

Ein Chemiker kann eine bestimmte Reaktion in einem Reaktionskolben halbwegs gezielt durchführen. Er kann reaktionsträge Komponenten durch Zufuhr thermischer Energie beschleunigt zum Umsatz bringen. Oder er lässt sehr reaktionsfähige Systeme durch Einstellung tiefer Temperaturen kontrolliert ablaufen. Er kann eine Komponente vorlegen und die anderen Komponenten langsam dazu dosieren, um die Reaktionsvarianten durch Konzentrationsminimierung einzuschränken. Der Umsatz läuft dann mehr oder weniger effektiv in Richtung des

gewünschten Produktes. Er kann aber auch gehemmte Reaktionen, durch Zugabe von Katalysatoren über die Schwelle der Aktivierungsenthalpie heben und so zu einem schnellen Umsatz bewegen. Mit dieser Vorgehensweise nähern wir uns schon etwas der in biochemischen Reaktionen allgegenwärtigen Reaktionsförderung durch Enzyme. Enzyme, in Zusammenwirken mit ihren Co-Enzymen, lenken Reaktionen in wässrigen Systemen sehr nachhaltig durch die Fitnesslandschaft ihrer Matrix. Die in der technischen Chemie üblichen Katalysatoren sind allerdings weitestgehend keine Enzyme, sondern meist Säuren, Basen oder anorganische Metalle und Metallkomplexe, die es mit der Selektivität von organischen Enzymen bei weitem nicht aufnehmen können. Ausbeuten von mehr als 95 % sind selten, es kommt immer zu unerwünschten Nebenprodukten, die im Prinzip nur stören bzw. längerfristig den Prozess abwürgen, zumindest aber verunreinigen. Dabei werden, im Gegensatz zu der Umsetzung in Zellen, vergleichsweise große Massen umgesetzt.

Ein typisches Beispiel sind die Verbrennungsmotoren unserer Autos: Sie können beim Starten immer eindeutig unverbrauchten Treibstoff riechen.

Eine einzelne Zelle, mit ihrem millionenfachen Sammelsurium von Einzelmolekülen aus Aminosäuren, Nukleosiden und Nukleotiden, Proteinen, Zuckern, Fetten usw. einfach zu erwärmen, würde zu keinen geordneten Reaktionsprodukten, sondern zu einem völlig unorganisierten, unkontrollierten Umsatz von jedem mit allem führen. Chaos! Völlige Entropie-Erhöhung und Zelltod wären die Folge.

Die in der Zelle ablaufenden biochemischen Reaktionen werden dagegen kontrolliert, nach einer viel differenzierteren Strategie, mit Umsatzraten und Selektivität von 100 %, abgespult. Es wird nicht einer Masse von Reaktanten eine mehr oder weniger passende Menge an thermischer Energie zugeführt, um so die Aktivierungsschwelle für einen Reaktionsfortgang zu erzwingen. Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass diese biochemischen Reaktionen nicht, wie sie notgedrungen in Chemiebüchern dargestellt werden, schön geordnet nacheinander ablaufen, oder in einem Kreis, wie ihn z.B. die gängigsten Abbildungen des Zitronensäurezyklus repräsentieren. Vielmehr verlaufen sie, in Abhängigkeit von Konzentrationsgefällen und dem Potential der innewohnenden Freien Energie mehr oder weniger parallel.

Eine wohl sehr zutreffende Vorstellung von diesen Abläufen gibt uns der Vergleich von zwei elementaren Codierungsanweisungen in völlig verschiedenen Bereichen an, die ich in dem Buch von Georg Dyson auf Seite 403 (Dyson, 2016, S. 404) gefunden habe und nochmals einfließen lassen möchte: *In einem Digitalrechner, einem unbestritten anorganischen Bereich, liegen die Anweisungen in Befehlsform (Adressen) vor. Jede Adresse gibt exakt einen Speicherort an, der sich*

deuten lässt als: "TUE DAS mit dem, was du HIER findest und bringe das Ergebnis DORTHIN". Es muss also exakt formulierte Anweisungen geben.

In der Biologie einer Zelle lautet das: "TU DAS mit der nächsten Kopie von DIESEM, die dir begegnet". Es gibt also keine numerischen Adressen, die einem physischen Ort zugeordnet wären. Es gibt ausschließlich molekulare Muster, das die Identifizierung eines größeren, komplexen Moleküls anhand eines seiner kleineren, eindeutig erkennbaren Bestandteile ermöglicht. Deshalb bestehen Organismen aus Zellen von mikroskopischer Winzigkeit, denn nur wenn alle Komponenten einander unmittelbar physisch benachbart sind, wird ein stochastisches, auf Mustern basierendes Adressierungssystem schnell genug arbeiten können. Es gibt keine Adressenregister und keine Uhr. Viele Dinge können gleichzeitig geschehen.

Wie gesagt, kann sich eine Zelle Verschwendung von Materie und Energie im Umfeld der Zellkonkurrenten nicht leisten. Die im Inneren der Zelle ablaufenden Prozesse sind äußerst vielschichtig, benötigen eine genau abgestimmte Zufuhr von kleinen, diskreten Energiepaketen und müssen die Bildung von Nebenreaktionen ausschließen, da sich die Zelle sonst sehr schnell selbst vergiften würde. Hier setzt das Wirken des Energieüberträgers ATP ein. Die ATP-Energie wiederum stammt u.a. aus der sonneninduzierten Bindungsenergie von Molekülen wie Glukose, die in diesen Molekülen als Freie Energie, durch vielstufige, komplexe Reaktionszyklen fixiert wurden.

Allerdings findet auch in Zellen Verbrauch statt, der für bestimmte Zellbestandteile ständigen Ersatz notwendig macht. Eines von den vielen Mitochondrien einer Leberzelle, hat beispielsweise eine Lebenszeit von nur zehn Tagen, bevor es durch Autophagozytose abgebaut wird. Die Bestandteile werden erneut zum Aufbau anderer Strukturen weiterverwendet. (Siehe: 2.4.11.5 Zelltod contra Krebs).

Hinter all diesen Vorgängen in der Biologie in und um uns herum, steckt offensichtlich, zumindest vordergründig, eine ganze Menge Chemie, Thermodynamik und damit Energie-Veränderung. So sind die von Mikrobiologen ermittelten stofflichen Veränderungen sehr gut mit diesen Prinzipien der Naturwissenschaften erklär und messbar. Dem einen oder anderen, vor allem wenn er esoterisch oder religiös orientiert ist, mag das Unbehagen bereiten. „Ich bin doch keine chemische Fabrik!“ Nun, das stimmt, wenn wir Menschen uns als kommunikative Wesen mit Psyche, als Synergismus mit Bewusstsein begreifen. Es ist aber auch verständlich, dass es Ansätze gibt, über dieses nackte biochemische Reagieren hinaus, Grundsätzliches in einem vitalistischen, beseelten Rahmen zu suchen. Letztlich wird jedermann, der sich tiefer schürfend mit diesen Abläufen beschäftigt klar, dass eigentlich noch sehr, sehr viel Unerklärliches in der Biochemie auf mechanistische Klärung wartet; d.h. soweit das überhaupt möglich ist. Wie

gesagt müssen dann aber alternativ mehr als gefühlte oder erhoffte Interpretationen auf den Tisch gelegt werden, frei von subjektivem Wunschdenken und einem, rezent noch unmöglichen Beantworten der Frage nach dem Anfang. Es kann nicht angehen, dass mehr oder weniger das gesamte naturwissenschaftlich belegbare Wissensgebäude in allen Teilen in Frage gestellt wird und durch nebulöse Hypothesen ersetzt wird, wie es besonders bei Sheldrake festzustellen ist (Sheldrake, 2012). Die Mindestanforderung lautet: Was ist im Psychismus mess- und belegbar?

Es bleibt aber zumindest die physiologische bzw. somatische Funktionsebene des biologischen Körpers, die mit naturwissenschaftlichen Prinzipien gut beschreibbar ist. Um das etwas klarer werden zu lassen, müssen wir uns im Folgenden weiter mit Chemie, besser Biochemie, beschäftigen.

2.5.5 Vergleich von Biochemie mit technischer Chemie

Der bereits angeklungene Vergleich von Zellgeschehen mit technischer Chemie sei noch etwas vertieft:

Die in der Chemie geläufigen technischen Standard-Reaktionen zur stofflichen Umwandlung, sind mit ihren großen Energiesprüngen und Mengenumsätzen auf kleinem Raum, in hoher Konzentration, vor allem aber in ihrer Undifferenziertheit, weit weg von den subtilen, isothermen biochemischen Reaktionskaskaden bzw. Kreisläufen. Was die Biochemie in Enzymsystemen durch Reaktionsanschub mittels Phosphatgruppen für jedes einzelne Molekül, bei nahezu konstanter Temperatur verwirklicht, schiebt die technische Chemie meist in vergleichsweise großen Mengen durch einfache Temperaturerhöhung, manchmal Bestrahlung an, oder forciert es durch Katalysatoren. Übliche Standardreaktionen im Labormaßstab laufen oft in 2 Liter-Kolben und im 1 molaren Bereich! Das sind gegenüber biochemischen Zellreaktionen natürlich gewaltige Einsätze an Atomen oder Molekülen, die da in kurzer Zeit, dicht gepackt, mehr oder weniger vollständig reagieren. Manchem von Ihnen mag bekannt sein, dass 1 Mol einer Verbindung z.B. 18 g Wasser, $6,022 \times 10^{23}$ H₂O-Teilchen enthält. Diese, Avogadro'sche Zahl genannte Größe, stellt auf den ersten Blick eine für die Biochemie kaum erreichbare Dimension dar.

Dennoch schafft es die Natur große Mengen umzusetzen, wenn man ihr Zeit lässt oder, wenn sie sehr, sehr viele, Milliarden bis zu Billiarden Reaktionsgefäße – Zellen –, parallel nutzt. Denken Sie nur an den Wandel der Leit-Gase in unserer Erdatmosphäre: Vor 600 Millionen Jahren waren es 16 % Kohlendioxid, heute sind es gerade noch 0,0385 % allein durch das Wirken der Photosynthese (Fuchs, 2007, S. 18). Oder denken Sie an die Tatsache, dass auf rein biochemischem Weg täglich etwa 400 Millionen t bzw. 146 Milliarden t Biomasse pro Jahr, über den Kohlendioxidkreislauf entstehen.

Aktuelle Zahlen (Siehe „Nature“, September 2011) gehen von höheren Kohlendioxiddaten der letzten 30 Jahre aus. Dabei kommen die Wissenschaftler zu dem Schluss, dass der bisher angenommene Umsatz von 120 Milliarden t Kohlenstoff pro Jahr (umgerechnet auf Glukose: 300 Milliarden t), auf 150 t (umgerechnet auf Glukose: 375 Milliarden t) bis 175 Milliarden t (umgerechnet auf Glukose: 438 Milliarden t) zu ergänzen ist. Diesen gegenüber 146 Milliarden t Biomasse wesentlich höheren Werten, muss natürlich auch die Kohlendioxid liefernde Atmung der Pflanzen gegenüber gestellt werden. Das würde bedeuten, dass die Pflanzenwelt bis zu 45 % mehr an Kohlendioxid aufnimmt als bisher gedacht. Auswirkungen auf die Kohlendioxidkonzentration der Atmosphäre, sind mittelfristig zu erwarten. Diese Entwicklung könnte auch über ein grundlegendes Gesetz der Chemie, das Massenwirkungsgesetz³⁰⁰ erklärbar sein. Sehr vereinfacht ausgedrückt sagt dieses Gesetz: "Das Verhältnis von Ausgangsprodukt zu Endprodukt bleibt konstant". Wenn sich der Kohlendioxid-Anteil der Luft erhöht, muss auch das Reaktionsprodukt der Photosynthese, die Glukose, mehr werden. Aber das ist eine sehr oberflächliche Aussage, da z.B. Temperatur und Reversibilität entscheidend eingehen. Forscher warnen allerdings vor einem „Düngen“ mit mehr Kohlendioxid. Es käme zur erhöhten Ausdünstung von Isoprenen über das Blattmaterial, ein Effekt, der sich angeblich negativ auswirkt. Aber den erhobenen Zeigefinger erleben wir ja tagtäglich. "Kein Ding ist ohne Fehl".

Es ist eben die ubiquitäre Verteilung der Myriaden von zellulären Mini-Chemiefabriken, die letztlich auch die technisch-chemische Produktion weit in den Schatten stellt.

Transparent wird der Unterschied des technischen zum biochemischen Pfad am ehesten, wenn Sie die Versuchsanordnung und das Ergebnis des typisch technisch-chemisch angelegten Miller-Versuchs (s.o.) vergleichen, mit einer „Versuchsanordnung“, wie sie die Biochemie gestaltet: Dazu sollten Sie sich z.B. in „Chemie - eine lebendige und anschauliche Einführung“, ein Buch von Dickerson und Geis, auf Seite 595, den „Mechanismus der Trypsin-Katalyse“ anschauen. Dabei kommt es nicht darauf an, dass Sie den genauen chemischen Hintergrund erfassen. Vielmehr zeigen die Autoren anhand von acht selbsterklärenden Bildern, auf welche Weise Enzyme, auf der Basis von Schlüssel und Schloss, biochemische Reaktionen eindeutig abwickeln. Jedes Molekül wird von Enzymen, sozusagen an die Hand genommen und durch einen hochspezifischen Reaktionstunnel geführt.

Diese „topologische“ Situation, wie sie H. Follmann (Follmann, 1981, S. 215) nennt, ist relativ genau für das Feld vieler Enzyme wie z.B. der Dehydrogenasen erforscht: *„Überall bilden 6 Peptidstränge in der sogenannten β -Faltblatt-Anordnung eine Nukleotidbindungsdomäne oder Nukleotid-Falte auf der ein NAD-Molekül durch ionische und andere Kräfte fixiert wird...“* Man kann wohl davon ausgehen, dass mit dieser Konstellation die Reaktion, mechanistisch gesehen, ein eindeutiges, reaktionsbeschleunigendes, katalytisches Zentrum besitzt.

Bei Millers technischer Rekonstruktion der Präbiotik, kommt, bei aller Würdigung seiner genialen Idee, nach einer Woche andauerndem Energiebeschuss, ein Häufchen schwarzer Dreck heraus, der nur durch aufwändige Trennmethode in ein Gemisch aus achiralen probiotischen Moleküle, neben viel undifferenziertem chemischem Abfall, zerlegt werden kann. Die Natur kann sich eine solche Verschwendung nicht leisten; sie arbeitet nachhaltig, über Kreisläufe, um die stofflichen Ressourcen zu erhalten. Lediglich Energie (Sonnenenergie) wird verbraucht. Materiell entstehen keine Verluste; alles, was chemisch aktivierbar ist, wird verwertet. Etwas Wärme fällt in unserem Metabolismus als nicht direkt genutzte Reaktionswärme an. Das ist gut so, sonst gäbe es uns vielleicht nicht. Diese Abfallwärme – Körperwärme - erhält ein Zellsystem wie einen Warmblüter bei ca. 37 °C und schafft konstante, chemische Reaktionsbedingungen für die Zellen.

Der wesentliche Unterschied der biochemischen Reaktionsgestaltung zur technischen Chemie ist aber die Mikrosituation des eigentlichen Reaktionsgeschehens. Die Biochemie geleitet, im Gegensatz zur technischen Vorschlaghammer-Chemie, jedes einzelne Edukt-Molekül, wie schon erwähnt, durch passende Enzyme in die evolutionär optimierte Richtung. Der Transport der einzelnen Reaktionsteilnehmer erfolgt temperaturproportional durch die Brownsche Molekularbewegung. Treibende Kraft ist zum einen das Potential der Freien Energie. Das ist aber sozusagen nur die halbe Miete. Ganz entscheidend ist nämlich das Vorhandensein eines Reaktionsplateaus in Form eines Enzymsystems, das die Reaktionspartner wie den Schlüssel zum Schloss geleiten. Ein Mehr an Freier Energie im Edukte-System, gegenüber dem Addukte-System, kann also im Sinn der Stochastik der Anlass zu einem Potentialausgleich sein. So könnten die ersten biochemischen Reaktionen verlaufen sein. Es war das aber nur ein Initiations-schritt, der zu Produkten ohne Nachhaltigkeit führte. Wenn z.B. viele CO₂-Moleküle auf molekularer Ebene in einem Plateau, z.B. Pepidschleifen locker fixiert waren, konnte ein reduktionsfähiger Partner, mit entsprechender Freier Energie ausgestattet, eine Bindung zu diesem CO₂-Molekül eingehen. Die lockere Bindung gestattete Knüpfen und Lösen dieser Bindung: Reversibilität, die es gestattete Energiespeicherung wie auch Energieabgabe zu bewirken.

Wir denken in einfachen Bahnen und setzen voraus, dass Naturabläufe auch einfach, d.h. in unserem gewohnten Sinn einfach, sein müssten. Einfach, sicher auch bequem in diesem Sinn, ist unser lineares Denken: Nach A kommt B, dann C usw. Parallellauf, Rückkopplung, Reaktionshemmung, (WIKIPEDIA: "*Enzymhemmung (auch Enzyminhibition) ist die Hemmung einer enzymatischen Reaktion durch einen Hemmstoff, der Inhibitor genannt wird*"), also ausgewogene Aktivierung und Unterdrücken von Reaktionen sowie vor allem Kreisläufen, erscheinen uns aufwändig, komplex und unnötig bzw. unrentabel. Der Abfall unvollständiger, technischer Reaktionen, wird in Kauf genommen. Er wäre Gift für

die Zelle, da er für sie unbrauchbar ist und die Zelle sehr schnell überfüllen würde. Man kann auch sagen, dass sich in der Zelle die Nichtordnung erhöhen würde, also die Entropie zunähme. Das aber ist das genaue Gegenteil von Leben. Ein Chemiker führt oft zwei Edukt-Komponenten in einem geeigneten Lösungsmittel zusammen und überlässt es der Reaktionsfähigkeit der Materie, also der Freien Energie ΔG der Edukte sowie der Energieentfaltung des Heizsystems, das Zielprodukt in brauchbarer Ausbeute zu liefern. Diese Vorgehensweise repräsentiert ein offenes irreversibles System, gezündet durch das Potential der Freien Energie. Nach dieser Einbahnstraße-Reaktion ist das Pulver verschossen. Die Chemie des Lebens macht aber keine großen, sondern nur evolutionserprobte, enzymkontrollierte, meist reversible Trippelschritte, resultierend aus der Trial-and-Error Methode der Mutation und Selektion in Fließgleichgewichten. Sie bevorzugt, Entropie orientiert, energetisch beherrschte isotherme Reaktionen, in winzigen, sich selbstorganisierenden Zellen und dazu noch sozusagen unter „Betreuung“ durch spezielle Enzyme. Es gelingt ihr so, in diesen offenen Systemen, ordnungserhöhend, die Entropie-Erhöhung zu minimieren und dabei auch noch Arbeitsverrichtung bei konstanter Temperatur, in diesen kleinen Welten zu ermöglichen. Vor allem aber läuft in natürlichen Prozessen alles auf Kreisläufe hinaus.

Welch ungeheure Zahl an Reaktionen in jeder einzelnen Körperzelle vor sich gehen, mag aus meiner Berechnung von 10^{11} bis 10^{13} ATP-gesteuerten Reaktionen pro Zelle pro Tag erhellen. Siehe Abschnitt: Energiespeicherung durch Phosphateinbau (siehe 2.5.1.5).

Wir überbewerten unsere Standard- Chemie z.B. in der technischen Erzeugung von Kunststoffen, wie Polyethylen (PE) aus einfachen Monomeren oder im erreichten Niveau an Komplexität bzw. an chemischer Kreativität. Nicht, dass diese technologische und wirtschaftliche Errungenschaft klein geredet werden sollen; die Natur hat sich aber auf die Etablierung von z.B. langkettigen Polymeren nicht eingelassen. Der Grund ist nicht in der Schwierigkeit der Reaktionsführung zu sehen, sondern in der Zukunftsfähigkeit, die ein solches Polymer in der Natur erwartet. Für sie ist es toter Fremdkörper, ohne polare Brücken. PE ist nämlich nicht mehr leicht biochemisch angreifbar bzw. mineralisierbar und damit einem durchgängigen Grundprinzip der Evolution unzugänglich: der reversiblen Kreislaufführung.

In diesem Zusammenhang muss ich bekennen, dass mich die natürlichen Polymere der biochemischen Evolution - Zuckern, Aminosäure, Nukleotiden usw. - immer wieder überraschen. Besonders beeindruckend, wenn nicht gar bedrückend wird das, wenn man ein Lehrbuch über Molekularbiologie zur Hand nimmt. Es gibt regelrecht kognitive Barrieren, die Komplexität der Bausteine zu akzeptieren. Warum muss es z.B. D-Glukose sein, eines von 16 möglichen der

tatsächlich existierenden Stereoisomeren bzw. 8 Antipoden-Paaren, dazu noch in der Lage sind in α - oder β -Pyranose-Form und minimal in Furanose-Form vorzuliegen? Man muss einfach akzeptieren, dass die Evolution diese Version aus der Masse unterschiedlicher molekularer Angebote sozusagen heraus selektioniert hat und dass unsere Vorstellungen davon getrübt sind, Komplexität zu sehen, wo sich vielschichtiger Synergismus etabliert hat und Angepasstheit dominiert.

Sozusagen getoppt wird diese Betrachtung, wenn man die ubiquitäre Bildung von D-Glukose aus Kohlendioxid und Wasser in der Natur betrachtet:

So kann konstatiert werden: Die technische Chemie kann D-Glukose nicht durch Mischen und Erwärmen von Kohlendioxid und Wasser herstellen und wird es auch mit ihren Mitteln nicht versuchen. Man kann sich vielleicht eine vielstufige Synthese mit abschließender Racemat-Trennung ausdenken. Durchführen wird das niemand, da es konkurrenzlos teuer würde.

Die Natur dagegen, kann das in jeder Pflanzenzelle seit Jahrmilliarden. Wir kommen dazu nochmals im Kapitel der Photosynthese. Allerdings ist das ein biochemischer Syntheszyklus von unglaublicher Kompliziertheit. Ich empfehle dazu den Artikel: *"Die Wasserspaltungsmaschine der Photosynthese. Ein Enzym, das die Welt veränderte, Lohmiller, Cox, Lubitz (Labor & mor, 08.15, Seite 10).*

Letztlich regiert und treibt auch hier wieder Energie, Hand in Hand mit der Evolution. Stabilität und effektive Nutzung geringster Energiepotentiale und vor allem Enzyme dominieren.

D-Glukose ist in diesem Auswahlverfahren der Evolution offensichtlich die nachhaltigste Komponente.

Die Biochemie des Lebens spielt sich in außerordentlich genau definierten, sehr niedrigen Energienischen ab. Ich darf nur an die elementare Funktion von Wasserstoffbrücken aller Art erinnern. Da ist es offensichtlich von Nachhaltigkeit getragen, wenn sich die energetischen Unterschiede von 2-Desoxy-D-Ribose in der DNA oder von D-Glukose in der Glykolyse, gegenüber den 7 weiteren Pentose- und 15 anderen Hexose-Stereoisomeren, in einer Art angewandtem Auswahlverfahren durchsetzten. Chemische Vielfalt war die Voraussetzung für Leben und beherrscht es heute im kleinsten Detail. Gering differenzierte Komplexität ist sicher eine Voraussetzung dafür, dass Mutation und Selektion überhaupt zur Entfaltung kommen können. Ein PE-Strang z.B. ist nicht mutierbar, sondern ein biochemisch nutzloses, nicht in Kreisläufe integrierbares Polymer.

Allerdings gab es in der Natur bereits in einem sehr frühen Stadium und heute noch Verbindungen mit bis zu 40 und mehr $-CH_2-$ Einheiten. Es sind dies u.a. Wachse, also lipidartige Glycerin-Ester und -Ether, bestehend aus langkettigen Säuren oder, und Wachsalkoholen. Sie verfügen aber über eine biochemische angreifbare Carboxyl-Endgruppe. Weiter gibt es strukturell vergleichbare Harze. Sie beugen als feiner Blattüberzug der Austrocknung vor. Andere uralte Vertreter solcher langkettigen $-CH_2-$ Einheiten, entstanden

vermutlich durch Veränderungen von Porphyrin Seitenketten (Chlorophyllvariationen) im Rahmen der Diagenese³⁰¹. Durch gaschromatographisch-massenspektroskopische Untersuchungen, konnten Gerüste, bis zu 3 Milliarden Jahren alt, als C₄₀-Ketten identifiziert werden.

PE aber enthält nur C und H Atome mit vielen tausenden von –CH₂– Einheiten und keine enzymatisch leicht hydrolysierbaren Ester-, Sauerstoff- oder Stickstoffgruppen. Es gibt keine Carboxyl-Endgruppe in einem solchen Polymer. Gäbe es die, wäre ein schrittweiser Abbau, ausgehend von dieser polaren Endgruppe, wie beim Fettsäureabbau, durch β -Oxidation möglich. Dieser Mangel wird uns allen langsam schmerzlich durch den „Müllstrudel“ in den Weltmeeren und die ungewollten „Kunststofflager“ unserer Mülldeponien bewusst. Ungeheure Mengen industriell erzeugter Plastikstoffe widersetzen sich der Kreislauf-Führung und verrotten unter enormer Belastung der Ökosysteme erst in Lauf hunderter Jahre.

An dieser Stelle soll die Oberflächlichkeit, der bisher angeführten und noch kommenden biochemischen Betrachtungen angedeutet werden. Um Ihnen einen ungefähren Ausblick auf die wissenschaftlichen Grundlagen zu geben, sei nochmals an den kurzen Ausschnitt aus Albert L. Lehningers Buch „Biochemie“, eingangs des Teils 2, „Die Entfaltung des Erdenlebens“, erinnert.

Zum Abschluss dieses Vergleichs von Biochemie und technischer Chemie, möchte ich die völlig konträren Bildungswege dreidimensionaler Formen auf biochemischem, im Gegensatz zum technischen Weg, aus der Gemeinsamkeit der Linearität eines Programms anführen.

Strukturbildung in Biochemie und Technik

Anlass zu diesem Artikel war eine Pressemitteilung: „Fleisch kann demnächst auf 3-D-Druckern hergestellt werden.“ Natürlich ist eine solche Meldung unserer oft geistlosen Tagesjournalle nicht ernst zu nehmen. Sie regte jedoch zu einem Vergleich von Technik mit Biologie im Hinblick auf die dreidimensionale Strukturentfaltung aus der Linearität von Steuerprogrammen an, die ja in beiden Fällen gegeben sind.

Lassen Sie uns beispielhaft die biochemische, ribosomale Verknüpfung von α -Aminosäuren zu dreidimensionalen Peptid-Strukturen – u.a. Fleisch - mit der Bildung dreidimensionaler Strukturen durch einen 3-D-Drucker vergleichen:

Ganz offensichtlich wird in beiden Fällen bewirkt, dass sich unter lokaler Entropie-Verminderung (Ordnungszunahme) räumliche Struktur aus linearen Steuerprogrammen entfaltet.

Die Molekularbiologie beschreibt die Formierung von dreidimensionalen Proteinstrukturen in lebenden Zellen unter der Regie eines mit 4 verschiedenen Basen verschlüsselten, linearen „DNA-Programms“ und in der Folge aus selbstorganisatorischen Effekten durch Bildung von Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen.

Einen 3-D-Drucker steuert eine zeitlich linearisierte, digital codierte Software, die sämtliche zu formende Strukturelemente festlegt.

M.E. dominieren u.a. folgende Unterschiede:

1. Peptide entstehen, DNA-gesteuert, zunächst in der Winzigkeit aller, lebenden Körperzellen, in den Ribosomen.

Die Dimensionen eines 3-D-Druckers sind bekanntlich von makroskopischer Größenordnung. Entsprechend ist auch der Output.

2. Die enzymgesteuerte Verknüpfung der α -Aminosäuren zu Peptiden erfolgt äußerst schonend, bei Körpertemperatur, in einer wässrigen Zellmatrix, unter physiologischen Bedingungen, parallel zu millionenfach ablaufenden anderen Reaktionen in dieser Zelle.

Die Verknüpfung in einem 3-D-Drucker erfolgt mehr oder weniger materialbelastend durch Verschmelzung von Pulvern.

3. Die Bausteine der Polypeptide sind im Wesentlichen die 20 natürlichen α -L-Aminosäuren, die über Peptidbindungen verknüpft werden. Eine nahezu unendliche Vielfalt mit unterschiedlichsten Stoffeigenschaften ist kombinatorisch möglich und wird physiologisch auch vorgefunden. Man denke nur an die ungeheure Zahl von Enzymen oder die Histologie der hunderte verschiedenen Gewebesorten des Menschen oder der Tiere. U.a. auch Fleisch.

Ein 3-D-Drucker kann zzt. nur Einkomponenten-Verschmelzen zum Aufbau von Dreidimensionalität durchführen.

4. Alle biologischen Verknüpfungen von Aminosäuren entstehen, DNA gesteuert, durch komplexe, ATP-promovierte Synthesen, bei minimalem Energieaufwand. Sie führen zu hochdifferenzierten, unterschiedlichsten Primärketten.

Der 3-D-Drucker benötigt erheblichen thermischen Schmelzaufwand und Führung eines Schmelzkopfes. Der Strukturbildungsbereich liegt um viele Größenordnungen über dem des ribosomalen Bildungsbereichs.

5. Die Dreidimensionalität wird in den entstehenden Peptiden selbstorganisatorisch durch räumliche Faltung des primär gebildeten linearen Peptidstrangs in sekundäre, tertiäre und quartäre Dreidimensionalität erreicht. Verantwortlich dafür sind zwischenmolekulare Kräfte, wie z.B. Wasserstoffbrückenbindungen im synthetisierten Peptidstrang.

Die Gestaltgebung im 3-D-Drucker muss in der Software vorgegeben werden.

6. Der Hauptunterschied: Leben kontra tote Technik.

Es gibt noch einen wesentlichen Unterschied, der mir beim Lesen von George Dysons Buch "Turings Kathedrale" auf den Seiten 403/404 (Dyson, 2016) begegnete. Nicht ein zeitorientiertes Programm gibt in der Biochemie den Ton an. Vielmehr ist es ein stochastisches Identifizieren von Reaktionspartnern aufgrund molekularer Muster nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip.

Es zeigt sich, dass ein einfacher Vergleich des "DNA-Programms" mit einem Software-Programm in einem digitalen Computern nur vordergründig zuzutreffen scheint. Ein grundlegender Unterschied ist z.B. die zeitliche Dominanz in einer PC-Steuerung: Alle Software-Schritte werden von einem fortschreitenden Zeitregime geordnet und über ein Bus-System abgewickelt. Dazu müssen Speicher-einheiten abfragebereit zugänglich sein. In biologischen Abläufen gibt es dieses Regime nicht. Es dominiert ein Nebeneinander von möglichen Reaktionen in der drangvollen Enge einer Zelle. Darüber hinaus gibt es keine "numerische Adresse", die einem physischen Ort zugeordnet ist, sondern nur molekulare Muster, welche die Identifizierung eines größeren, komplexen Moleküls, anhand eines seiner kleineren, eindeutig festgelegten Zentren ermöglicht. Dagegen kann ein stochastisches, auf Mustern basierendes Adressierungssystem viel schneller arbeiten. Allerdings gilt das nur in der Winzigkeit einer Zelle. Diese Fähigkeit einen organisierten Nutzen aus scheinbar planlos ablaufenden Prozessen zu ziehen, ist das Merkmal, das die Informationsverarbeitung in lebenden Organismen von der Informationsverarbeitung bei digitalen Rechnern (bis jetzt noch) unterscheidet".

Ein weiterer interessanter Unterschied ist die mögliche Umkehrbarkeit von "Programm-Abläufen", die in unseren PCs nicht gegeben ist. Die in biologischen Prozessen ablaufenden Schritte, sind mit den gleichen Enzym-Zentren umkehrbar

und eröffnen damit Wege in Reaktionsumkehr, wie sie zum Beispiel in dem System Glykolyse versus Gluconeogenese evolutionär tatsächlich verwirklicht ist. Dabei handelt es sich um ein grundlegendes Moment in der evolutionären Molekularbiologie, die erfolgreiche Wege nicht vergisst, sondern auf anderen Pfaden, auch in Teilabschnitten, nutzt.

In Teilchenkollektiven entstehen viele großflächige Muster spontan durch sehr kurzreichweitige Wechselwirkungen der Teilchen mit ihren Nachbarn. Eine besonders spektakuläre Musterbildung gelang dem Moskauer Chemiker Boris Belusov 1950, als er versuchte, eine vereinfachte Laborversion des „Zitronensäurezyklus“ herzustellen. Der Zitronensäurezyklus ist ein komplizierter Schlüsselprozess beim Stoffwechsel der Lebewesen. Was Belusov suchte, fand er nicht, dafür freilich etwas derart Fantastisches, dass die Kollegen Unseriosität vermuteten und eine Veröffentlichung der Belusovschen Entdeckung zunächst verhinderten. Belusov hatte ein Substanzgemisch entdeckt, das nicht sofort zu einer Endsubstanz durchreagierte, sondern oszillierte: mal hatte dieses Reaktionsprodukt die Oberhand, mal jenes. Es war, als wechselte ein Softdrink seinen Geschmack rhythmisch zwischen Himbeer- und Orangenaroma, ganz von allein, um schließlich bei Kirschsafft stehen zu bleiben. Der Wechsel des Belusov-Gebräus vollzog sich mit fast vollkommener Gleichmäßigkeit, bis nach einigen Dutzend Zyklen schließlich ein Gleichgewicht erreicht war. Als so genannter Belusov-Zhabotinsky-Versuch gehört die Reaktion heute zu den Standard-Demonstrationen an den Universitäten. <http://www.weltderphysik.de/gebiet/theorie/chaos-und-ordnung/ordnung-in-natur/>

2.5.6 Energiefluss im biochemischen Metabolismus

Nun wollen wir, wenn auch nur in groben Zügen, nochmals auf den Weg der Urzelle zur heutigen Zelle zurückkommen. Aus einfachen, instabilen probiotischen Zellen, auf niedrigstem Niveau der Lebensentfaltung, müssen sich vor etwa 3-4 Milliarden Jahren hochkomplexe winzige Lebenseinheiten zu autonomen Zelle entwickelt haben. Man nimmt an, dass es nur einige 100 Millionen Jahre dauerte, bis aufbauend auf Myriaden komplexer Reaktionsprodukte der Chemischen Evolution, der Schritt der Biologischen Evolution hin zu Leben folgte. Ursprünglich handelte es sich vielleicht um ein Nebeneinander von Coacervaten bzw. Mikrospären (Einzelzellenvorläufern), die sich den jeweiligen Anforderungen der Fitnesslandschaft über sehr lange Zeiträume angepasst haben, dabei neue Wege der Energiegewinnung aufbauten und schließlich vor etwa 1- 2 Milliarden Jahren die Symbiose³⁰² nutzten. Bakterien, Mehrzeller, Fische und vor etwa 700 Millionen Jahren Amphibien, Pflanzen, Vögel, Primaten und letztlich auch wir Menschen, sind das Ergebnis dieser Biologischen Evolution. Diese Kette

ist von zahllosen Wissenschaftlern erarbeitet und nachvollziehbar jedermann zugänglich.

Wie ausgiebig erörtert wurde, ist ohne eine permanente Energiezufuhr Leben nicht möglich. Die ultimative Energiezufuhr für alles irdische Leben erfolgt durch das elektromagnetische Feld der Sonne. Diese Sonnenenergie können aber nur solche Lebewesen direkt nutzen, die über den dazu erforderlichen, hoch entwickelten Apparat der Lichtreaktion in der Photosynthese verfügen: Die autotrophen Pflanzen. Sie basiert auf der Aktivierung von Elektronen mittels Sonnenlicht für Reduktionsvorgänge, um z.B. Energiespeicher wie Glukose aus Kohlendioxid und Wasser zu erzeugen. Absorptionskomplexe auf der Basis von Porphyrinen, wie z.B. Chlorophyll, sind dazu der Schlüssel.

Aber auch Tieren, heterotrophe Wesen, die bekanntlich Sonnenlicht nicht direkt für ihren Energiehaushalt nutzen können, muss ständig Freie Energie zugeführt werden, um ihren Steady State des Lebens zu ermöglichen. Dazu müssen diese Heterotrophen stoffliche Nahrung, die Freie Energie enthält, aufnehmen. Im Verlauf der Evolution hat sich ein tierischer Stoffwechsel entwickelt, indem organische Verbindungen – Nahrung - mit hoher Freier Energie, wie z.B. Glukose, in anorganische Verbindungen mit niedriger Freier Energie, wie Kohlendioxid und Wasser überführt werden. Die Differenz der Freien Energie ΔG zwischen diesen beiden chemischen Bindungszuständen, die verfügbare Energie, wird über Energie-Carrier, wie z.B. NAD/NADH oder FAD/FADH₂, und die oxidative Phosphorylierung der Atmung, in den Energie-Zwischenspeicher Adenosintriophosphat transformiert. ATP ist der wesentliche, stoffliche Energieträger, der sein Energiepotential in die Zellchemie einbringen kann. Sonnenenergie wird so auf verschlungenen Wegen zu chemischer Bindungsenergie für die Bereitstellung all der unzähligen Zellkomponenten. Der Genotyp kann den Phänotyp formen.

Wiederum ist Energie der Motor, um Leben unter punktueller Entropie-Erniedrigung zu verwirklichen

Leben heißt aus anthropogener Sicht formal permanente Erzeugung von Ordnung; aus chemischer Sicht, messbare Entropie-Erniedrigung in den grundlegenden biochemischen Reaktionen. Leben braucht wie gesagt differenzierte Energiepäckchen, die um ein Vielfaches kleiner sind, als das große Energiepaket welches Glukose verkörpert. Glukose-Bindungsenergie muss daher portioniert werden in Adenosintriophosphat-Bindungsenergie, die dann sozusagen zellgerecht den biochemisch-enzymatischen Reaktionen des Lebens vorgelegt werden kann. Nur so kann ein hoher Wirkungsgrad des isothermen, stofflichen Energiewandels erreicht werden. Anderenfalls würde anstelle von nutzbarem ATP, zu viel

nutzlose Körperwärme gebildet, abgesehen davon, dass die Energiezufuhr für den Zellmetabolismus einfach nicht passen würde.

Denkbar wäre z.B., dass anstelle von ATP-Energie (- 30,4 kJ/Mol), die wesentlich höhere Freie Energie von NADH (- 220,5 kJ/Mol) direkt genutzt würde. Der kompliziert erscheinende Umweg über ATP wäre damit eingespart. Es ist leicht einzusehen, dass dies ganz andere biochemische Reaktionsmechanismen erfordern würde. NADH kann nicht phosphorylieren und kann daher nicht als Reaktions-treiber fungieren. Abgesehen davon, würde ein Energiepaket von - 220,5 kJ/Mol nicht in die Reaktionslandschaft der Biochemie passen.

Es ist also nicht direkt Energie, z.B. in Form von thermischer Energie, die biochemische Reaktionen antreibt. Der Motor ist das Potential materielle Energiepakete - Phosphatgruppen - auf an sich reaktionsunfähige Moleküle zu übertragen und sie so auf ein höheres energetisches Reaktionspotential zu heben. Dieses Potential strebt anschließend im Sinn der Entropie nach Ausgleich in Form von Energieabgabe: eine biochemische Reaktion wird angeschoben.

Leben ist Zellchemie in thermodynamisch offenen Systemen, d.h. es findet Stoff- und Energieaustausch der Zelle mit der Umgebung unter punktueller Entropie-Erniedrigung statt. Das Zusammenwirken der chemischen Lebens-elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und natürlich auch der restlichen Lebens-elemente wie Phosphor, Schwefel, Natrium, Kalium, Calcium, Eisen, Mangan usw. in Form von Molekülbildung, kann ohne einen Energiegradienten nicht lebenserhaltend aufrecht erhalten werden. Im Zellsystem laufen ständig millionenfach energieverzehrende chemische Reaktionen ab. Es wird Speichersubstanz gebildet und verbraucht, stochastische Steuerungsvorgänge setzen molekulare Veränderungen voraus, es kommt zu Bewegungsvorgängen durch Diffusion, Arbeitsaufwand, und es erfolgt Zell-Vermehrung. Und das alles bei annähernd konstanter Zell-Temperatur – ein Phänomen, das noch zu erörtern ist. Diese ganze Arbeit verläuft unter Verbrauch von chemischer ATP-Energie, die aus chemischen Reaktionen aufgebaut wird und letztlich transformierte Sonnenenergie verkörpert.

Vom Mount Everest der Sonnenenergie (7000-fache Einstrahlung des gesamten Weltenergiebedarfs pro Jahr), ganz zu schweigen von der Urknall-Energie, steigen wir herab auf etwa - 30 kJ Energie pro Mol ATP.

Nun ist es nicht so, dass die riesige Zahl von Ein- und Mehrzellerarten, jede für sich, einen eigenen Weg der Energieversorgung durch Nahrungsaufnahme von irgendwelchen Speichersubstanzen entwickelt haben. Vielmehr ist festzustellen, dass in der Evolution hierzu ganz überwiegend und ubiquitär, polymere Glukose, als Glykogen in tierischen Organismen bzw. als Stärke und Cellulose in Pflanzen und deren Wandlung über NAD/NADH FAD/FADH₂ zu ATP dominiert.

Drei grundlegende Reaktionswege haben sich vor etwa 2-3 Milliarden Jahren etabliert und bis heute erhalten. Die drei Pfade sind zwar nicht alle gleichzeitig entstanden, aber alle überführen Glukose, mehr oder weniger effektiv, mittels NAD/NADH und FAD/FADH₂ in den gleichen stofflichen Zellenergie Lieferanten, das Adenosintriphosphat-Molekül ATP. Wie gesagt, ein sicherer Beleg dafür, dass sich die gesamte Biologie aus einer gemeinsamen Basis im Rahmen der Biochemischen Evolution entwickelte. Das ist der dominante Pfad. In der ungeheuren Vielfalt von terrestrischem Leben im weitesten Sinn, gibt es zahllose Energiespeichernde und verbrauchende biochemische Abläufe, die andere oder ähnliche Wege gehen.

Der vielleicht älteste biochemische Weg zur ATP-Gewinnung, ist die Glykolyse, auch Spaltung von Monosacchariden (z.B. Glukose), Gärung oder Substratkettenphosphorylierung genannt. Sie ist der erste Schritt im elementaren katabolen Glukose-Stoffwechsel, der sich auch heute noch in allen Eukaryoten (Tiere, Pflanzen und Pilzen und auch dem Mensch) aber auch Bakterien und Archaeen abspielt und zunächst zu Brenztraubensäure führt. Sie findet bei fast allen Organismen im Zytosol einer jeder Zelle statt.

Die Glykolyse mündet bei höheren Lebewesen in den zweiten Reaktionsweg, den Zitronensäure-Kreislauf, ZSK, (nach seinem Entdecker auch Krebs-Zyklus genannt) in der Mitochondrienmatrix. Dort spielt sich auch der dritte, abschließende Reaktionsweg, die energieoptimierende Sauerstoff-Atmung ab.

Summarisch betrachtet wird Glukose, unter Sauerstoffverbrauch, zu Kohlendioxid und Wasser „verbrannt“ und ATP als Speicherenergie für den Zellbedarf erzeugt. Aus Glukose mit niedriger Entropie, ein wohlgeordneter Feststoff, sind die beiden energiearmen, gasförmigen und daher ungeordneten Produkte Wasser und Kohlendioxid, mit hoher Entropie entstanden.

Es sei schon jetzt darauf hingewiesen, dass die Glykolyse bei überschüssiger Brenztraubensäure in der Zellmatrix, oder bei überschüssiger stofflicher Energieversorgung, als Glukoneogenese rückwärts ablaufen kann. In Umkehrung der Glykolyse wird dann bei Tieren, also auch dem Menschen, Glukose anabolisch aufgebaut. Das erfolgt in Kopplung mit dem Zitronensäure-Zyklus z.B. aus Peptiden, bei deren Abbau manche Aminosäuren zu Brenztraubensäure und Acetat abgebaut werden, die in den Zitronen-Zyklus eingehen. Das gleiche gilt für Acetat, das beim Fettsäureabbau entsteht. Acetat ist das zentrale Produkt im Zitronensäure-Zyklus: Jedes Molekül, das zu Acetat abgebaut werden kann, ist Brennstoff für den Zyklus.

Auch der Zitronensäure-Kreislauf ist in Teilen in sich umkehrbar. Dieser reduktive Zitronensäure-Kreislauf, der Kohlendioxid in Brenztraubensäure überführen kann, wird später noch etwas näher beleuchtet.

Bedenkt man, dass achirale Brenztraubensäure (das Molekül enthält keine Asymmetrie-Zentren) im Vergleich zur chiral ziemlich komplexen Glukose, einen wesentlich „unkomplizierteren Eindruck“ macht, kann man sich fragen, ob die Präbiotik evtl. Brenztraubensäure vor der Glukose benutzte. Das könnte bedeuten, dass es anfänglich präbiotische Brenztraubensäure gab, die nicht über die Glykolyse entstanden ist. Brenztraubensäure wäre damit als zentrales Molekül für die Glukoneogenese (Glukose-Rückbildung) und darüber hinaus auch als Eintrittsmolekül in den Zitronensäurezyklus zu sehen. Dass Brenztraubensäure schon in der Präbiotik vorgelegen hat, ist anzunehmen. Sie entsteht ja auch in der Katabolik von Proteinen, die in der Präbiotik zu Genüge entstanden sein sollten. In den Millerschen Versuchen wurden u.a. racemische Milchsäure und Dicarbonsäuren gefunden. Um zu Brenztraubensäure zu gelangen, muss z.B. aus der Dicarbonsäure Traubensäure nur Kohlendioxid abgespalten werden. Denkbar wäre aber auch der Einstieg in die Glukoneogenese über Milchsäure, die ja enzymatisch aus Brenztraubensäure entstehen kann. Diese Reaktion ist reversibel.

Ohne enzymatische Wegbereitung, ist das aber alles schwer vorstellbar. Es bliebe nur der experimentelle Beweis.

In WIKIPEDIA findet man zu diesem Thema folgendes Statement:

„Die Glykolyse ist in den meisten Bakterien und Eukaryoten vertreten, in etwas abgewandelter Form auch bei Archaeen und hyperthermophilen Bakterien. Dies lässt darauf schließen, dass die Glykolyse sich sehr früh im Laufe der Evolution etabliert hatte und bereits in den ersten Organismen vertreten war... Außerdem lag wahrscheinlich die ursprüngliche Bedeutung ... nicht im Abbau von Kohlenhydraten, sondern es lief umgekehrt die Glukoneogenese zum Aufbau von Glukose ab. Dies stützt auch die Theorie, dass Stoffwechselwege für den Aufbau von Kohlenhydraten in der Evolution früher aufgetreten sind als solche, die Kohlenhydrate abbauen; so ist die „heutige“ Glukoneogenese bei den Organismen aller drei Domänen³⁰³ (Bakterien, Archaeen, Eukaryoten) weiter verbreitet als die Glykolyse“.

Zu dieser Argumentation passt der chemische Befund, dass Kohlehydrate, also auch Glukose, keine sehr stabilen Substanzen sind. Allerdings ist Glukose unter den 16 möglichen Aldoheptosen (8 D/L Stereoisomere), wegen der durchgehend äquatorialen Anordnung der OH-Gruppen in der Sesselkonfiguration der D-Glukose die thermodynamisch beständigste. Man geht davon aus, dass Glukose ursprünglich nur in Spuren im präbiotischen Geschehen vorlag.

Man fragt sich aber, zu welchem Zweck D-Glukose aufgebaut werden sollte. Um sie als Energiespeicher zu nutzen? Welche Bedingungen machten eine Speicherung sinnvoll? Tag- Nachtwechsel, Jahreszeitliche Wechsel, Mondphasen,

Fressfeinde, schwindende präbiotische Ressourcen? Vielleicht der hohe Bedarf bzw. Verbrauch in Form von Polysacchariden für den Aufbau von Zellwänden? War es ein Weg, um die ungeheuren Mengen an freiem Kohlendioxid der Atmosphäre zu binden, einfach nur aufgrund des Potentials des Massenwirkungsgesetzes? Sozusagen ein Angebot an die Evolution, das sie nicht ausschlagen konnte.

Auch die Wege in den Zitronensäure-Kreislauf hinein und heraus sind wie gesagt umkehrbar. Sehen Sie hierzu Abbildung 55. Denn woher kommen Fleisch oder Fett, also vorwiegend tierische Produkte, die ja bekanntlich nicht von den Bäumen fallen? Auf den Bäumen wachsen vorwiegend grüne Blätter und darunter Gräser. Allerdings werden in Pflanzen u.a. auch Peptide, Öle und Fettglyceride gebildet. Gras, Cerealien (Stärke = Polyglukose) und grüne Blätter (Cellulose = Polyglukose), sind die Ernährungsbasis von vielen Pflanzenfressern, in deren Stoffwechsel sie im Zitronensäure-Kreislauf dann zu Fleisch (Proteine) und Fett umgewandelt werden, um dann von Fleischfressern verzehrt zu werden. Dass das Prinzip auch beim Menschen funktioniert, wissen wir alle. Woher sonst kommt unser sogenanntes „Hüftgold“? Wir essen Süßigkeiten – Glukose – und wundern uns über unsere Fettpolster. Alle diese Weichenstellungen regelt der noch näher zu beschreibende Zitronensäure-Kreislauf.

Wenn wir uns in unserer Umwelt umsehen, finden wir leicht Beweise für diese Vorgänge in alltäglichen Abläufen: Wenn Sie eine überreife Kirsche nicht einfach in den Mund stecken, sondern öffnen, finden Sie manchmal eine Beigabe in Form einer kleinen weißen Made, deren Beweglichkeit keinen Zweifel daran lässt, dass sie lebt. Nun ist eine Made trotz ihrer Winzigkeit ein unglaublich komplexes Wesen, das ganz pauschal gesagt, aus Proteinen, Glyceriden, DNA, RNA usw. besteht. Ihr Umfeld, in dem sie herangewachsen ist, ist im Wesentlichen ein wässriges Konglomerat - eine Matrix - aus vorwiegend Cellulose-Bausteinen und Glukose, die der Made als Nahrungs- und damit Energiebasis dienen. Es ist ganz offensichtlich, dass Glukose in die Struktur- und Steuersubstanz der Made überführt wurde. Woher sonst sollen sie kommen?

Von was aber leben die Pflanzen? Woher beziehen sie ihre Energie?

Jetzt schließt sich der Kreis, den die Evolution bereits vor Milliarden von Jahren verwirklicht hat: Pflanzen nehmen in der Dunkelreaktion der Photosynthese, das nach der Glykolyse und im Zitronensäurezyklus freigesetzte Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf und reduzieren es mit Elektronen des Sauerstoffions von Wassers. Diese werden verfügbar durch Einwirken der Photonen des elektromagnetischen Energiefeldes der Sonne, der Lichtreaktion, wieder zu Glukose. Ganz nebenbei wird auch ATP für den pflanzlichen Stoffwechsel gebildet. Damit ist die Schleife geschlossen.

Im Prinzip gibt es zwei gegenläufige Abläufe im alles Leben beherrschenden Stoff- und Energiefluss der Zelle. Diese Stoffflüsse sind heute mehrheitlich auf

Kohlendioxid und Wasser als Rohstoffe sowie Glukose und Sauerstoff als Kreislaufträger fixiert. Die Energie wird, von Photonen initiiert, in Glukose gespeichert und durch den Vermittler und Promoter ATP abgewickelt. Die Biologen bezeichnen das als Metabolismus (Stoffwechsel) mit der katabolen Komponente des Entropie erhöhenden Stoffabbaus zu Energiegewinnung und der anabolen Komponente des Energieverbrauchs.

Chemisch gesehen läuft alles auf Energiefluss hinaus. Elektronen werden in verketteten, enzymatisch kontrollierten Reaktionen von elektronegativeren Elementen wie Sauerstoff wegbewegt, in unpolaren und damit energiereicheren C-H-Bindungen fixiert und so als Energiespeicher genutzt. (Die unpolare C-H-Bindung bedeutet ein höheres Potential als eine polare O-H Bindung, da wenn möglich, die Elektronen der unpolare C-H-Bindungen in der polare O-H Bindung in ein tieferes Potential streben)

Zusammenfassung der zwei Komponenten des Glukose-Metabolismus:

A) Katabolismus bzw. Abbau des Energiespeichers Glukose zur Energie-Transformation in ATP durch:

- Glykolyse mittels **Substratkettenphosphorylierung**
- Zitronensäurezyklus und Glykolyse in Kombination mit der oxidativen Zellatmung durch Elektronentransportphosphorylierung. (Diese Energie liefernde **oxidative Phosphorylierung**, ist mit der Energie verbrauchenden ATP-Synthese gekoppelt)

B) Anabolismus bzw. Aufbau des Energiespeichers Glukose durch:

- Photosynthese, auch als weitere Form der Elektronentransportphosphorylierung bzw. **Photophosphorylierung** bezeichnet.
- Glukoneogenese
- reversibler Zitronensäurezyklus
- Dunkelreaktion (Calvin-Zyklus)

Beide ergänzen sich zum Kohlendioxid-Glukose-Wasser-Sauerstoff Kreislauf.

So lapidar, wie oben dargelegt, verlaufen diese beiden zentralen Energiewandlungsprozesse natürlich nicht. Vielmehr spielen sich diese Abläufe in jeder einzelnen Zelle, in einer faszinierenden Folge von verwirrenden, vielen Einzelschritten ab, die kaskadenförmig angelegt sind und im Prinzip, wie schon des Öfteren erwähnt, auf eine Transformation von elektromagnetischer Sonnenenergie, in die hinlänglich beschriebenen kleinen, stofflichen ATP-Energiepakete hinausläuft. Das Reaktionsprodukt geht dabei neue chemische Bindungen ein und wird damit in einen energetisch höheren Bindungszustand überführt. Es wird

Photonenenergie der Sonne als chemische Bindungsenergie stofflich gespeichert. Das Standardbeispiel für diesen Vorgang, ist die nicht spontan ablaufende Bildung von Glukose. Nicht spontan deshalb, weil Glukose wesentlich mehr Freie Energie enthält als die Ausgangsprodukte Kohlendioxid und Wasser. Die Reaktion wird durch die Sonne und komplexe Enzym- und Elektronenabsorptionssysteme ermöglicht, genauso, wie ein Stein unter Energieaufwand den Berg hinauf gerollt werden muss; freiwillig macht er das bekanntlich nicht.

Die Thermodynamik nennt das Zuwachs an Freier Energie ΔG . Es ist, als ob man Wasser in einen höher gelegenen Stausee pumpt. Wenn sich das Wasser im Stausee gesammelt hat, kann es wieder zu Tal stürzen, dabei eine Turbine treiben und damit die angehäuften potenzielle Speicherenergie dosiert in elektrische Energie überführen. Um diesen Stausee zu füllen, muss man Energie zuführen, um die Pumpe zu betreiben. In der Zelle wird zur Bildung der ATP-Energiepakete letztlich die Sonne als Lieferant elektromagnetischer Energie genutzt. Glukose, sozusagen der örtliche Stausee, ist der chemischen Energiespeicher, der jederzeit online verfügbaren Sonnenenergie. Das ist der eigentliche, hinter all dieser Komplexität verborgene energetische Lebensmotor.

Die Energie als elektromagnetisches Feld spielt mit ihren materialisierten in chemische Elemente verwandelten Bausteinen.

In diesem Kontext erscheint mir ein alles Leben beherrschendes Prinzip der Energieomnipotenz, gar nicht so weit weg von der Gedankenwelt, die von Vitalisten bzw. Panpsychisten vertreten wird. Leben ist mehr als Materie, die ja oberflächlich gesehen nur "erstarre" Energie ist, nicht aber unmittelbar sichtbar deren Potential an Wechselwirkung repräsentiert. Der feine Unterschied gegenüber dieser meist nebulösen esoterischen Seins-Interpretation ist, dass die aktuelle Physik in der Lage ist, nicht nur über diese Phänomene zu philosophieren. Sie hat diese Gegenständlichkeit in hohem Maße messbar gemacht und versendet nicht in einem animistische Meer des Fühlens, Hoffens und Ahnens.

Alle Materie, ob Atome, Elektronen, Quarks, Gluonen oder Photonen usw., sind Erscheinungsformen von symmetriegebrochener Energie (siehe: 1.4) auf unterschiedlichem Niveau. Alles ist über die Temperatur mit allem verwandt.

Der Vorwurf des Kohlenstoff-Chauvinismus unserer Wissenschaftswelt, findet vor dieser Energiebewertung einen durchaus berechtigten Ansatz. Kosmische Systeme mit wesentlich höheren Energieniveaus, könnten irgendwo im All, eine Chemische Evolution, weit weg von unserer Kohlenstoff Chemie verwirklicht haben.

Bei der Einschätzung der im Folgenden beschriebenen Abläufe, sollte man bedenken, dass unser Hominiden-Dasein und auch die Existenz von Tieren und

Pflanzen nur einen kleinen zeitlichen Bruchteil der gesamten biologischen Entwicklung darstellen. Bis zum Ende des Präkambriums, vor etwa 700-600 Millionen Jahren, war Leben im Wesentlichen in den Ozeanen in Form von Einzellern, präsent, die sich allerdings schon etwa vor einer Milliarde Jahren langsam zu einfachen Amöben organisierten. In der Zeit davor, also vor ca. 3-4 Milliarden Jahren, hatte die Biologische Evolution sehr viel Zeit sich zu entfalten. Heute sehen wir voller tiefem Erstaunen das Resultat dieser Entwicklung. Damit ist nicht unbedingt der Mensch gemeint. Schon die Vorgänge in einer Pflanze werden von derart unglaublich hochorganisierten, biochemischen Reaktionen bestimmt, dass es schwer fällt, sie je wissenschaftlich in ihrer synergistischen Gesamtheit zu erfassen. Man kann inzwischen, mit entsprechendem Aufwand, sehr viele der verwickelten Reaktionskaskaden aufklären. Es ist aber nur mit großem Aufwand möglich, in die katalytisch wirkenden Enzymsysteme und die Steuerungsmechanismen von Reaktionsbeschleunigung und Reaktionshemmung immer tiefer einzudringen. Es ist allerdings absolut verblüffend zu sehen, welche Wege die Evolution im Detail beschritten hat. Da es kaum einen irdischen Bereich gibt, wo kein Leben anzutreffen ist, kann man nur konstatieren, dass die mittels DNA, durch Mutation und Selektion agierende Biologische Evolution, unfassbar erfolgreich ist. So kann man davon ausgehen, dass heute in einem Kubikzentimeter Muttererde mindestens genauso viele Mikroorganismen existieren, wie es an Menschen gibt. Nachdem es unübersehbar ist, dass weltweite Katastrophen, wie Meteoriten-Einschläge, Vereisungen, Vulkanausbrüche usw. es nicht geschafft haben dieses Feuer auszublenden, muss man wohl davon ausgehen, dass dieses Prinzip, wenn es einmal gezündet hat, nur schwer zu eliminieren ist. Das sollte natürlich auch für denkbare ferne Welten im Kosmos gelten.

Voraussetzung ist die Beherrschung des Energiehaushalts. Alle biochemischen Systeme benötigen Energie für die Aufrechterhaltung des Fließgleichgewichts; ein Lebensfluss, der in jeder Zelle der Flora und Fauna in Form geordneter biochemischer Reaktionen abläuft.

2.5.6.1 Verbrauch chemischer Speicherenergie aus Glukose

Thema: In diesem Kapitel soll vermittelt werden, auf welcher komplexen, aber auch hoch effektiven Weise, der Energietransfer von Glukose durch ATP in der Zelle erfolgt. Dabei handelte es sich in der Ur-Biotik zunächst um eine Zwangssituation, scheinbar ohne Zukunft, da alle Ressourcen irgendwann aufgebraucht sein mussten. Das System dürfte zunächst durch ausschließlichen Verbrauch, ohne Kreislaufführung gekennzeichnet gewesen sein.

Der Ausweg aus diesem Dilemma, das erneute Erklimmen des Energie-Bergs, ist Thema des nächsten Kapitels.

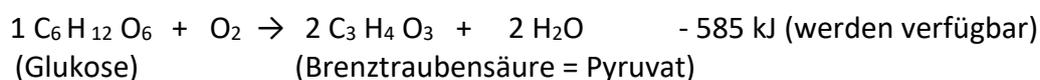
Wie gesagt ist anzunehmen, dass sich ursprünglich präbiotische Abläufe herausgebildet haben, die durch Überforderung an Ressourcengrenzen stießen.

Abiotisch entstandenes energiereiches Adenosintriphosphat (ATP), relativ reich an Freier Energie, könnte zunächst die Energiebasis früher Stadien von selbstorganisierten Systemen gewesen sein. Wie beschrieben, ist es gesichertes Erkenntnis, dass noch heute jeder lebende Organismus seine irgendwie durch Stoffwechsel gewonnene Energie in ATP umwandelt und damit seine energiefordernde, offene Zellchemie, in einem Fließgleichgewicht am Laufen hält. Langfristig konnten aber nur die Systeme dominieren, deren Lebens-Situation in die Nachhaltigkeit von stofflichen Kreisläufen eingebettet waren, die ihr Programm in Form der DNA vererben konnten und deren Energieversorgung indirekt über die Speicherung von Sonnenlicht erfolgte.

2.5.6.1.1 Glykolyse

Stichpunkte: Die Glykolyse als wahrscheinlich ältester und einfachster Weg der enzymatischen Energiewandlung von Bindungsenergie in ATP, wird als erste Stufe der heute noch wirksamen Zell-Energieverwertungskaskade von Glukose erörtert. Die Umkehrung der Glykolyse, die Glukoneogenese, ist ein sehr alter Weg zum stofflichen Energieaufbau in Form von Glukose. Wesentliche Reaktionsabläufe wurden vor sehr langer Zeit, auch in die Photosynthese (Dunkelreaktion) übernommen. Es werden die Oxydation und Reduktion auf biochemischer Ebene sowie ATP, NAD⁺ und FAD als stoffliche Energieüberträger vorgestellt.

Wie verläuft auf molekularer Ebene der biologische Energiemetabolismus? Es liegen die bereits unter dem Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Wege zugrunde. Als Einstieg sei der älteste Weg, die Glykolyse, aus biochemischer Sicht dargestellt: Die Reaktionsgleichung, die die Verwertung von Bindungsenergie in der Kaskade der Glykolyse beschreibt, lautet rein formal und nur summarisch, sehr einfach:

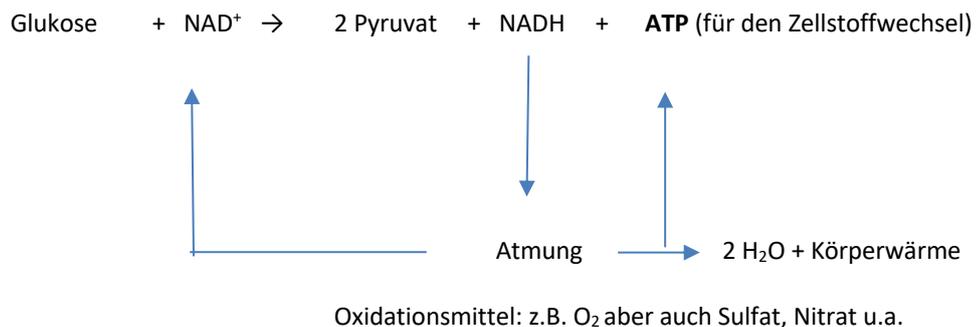


Diese, biochemisch gesehen, unsinnige, rein formale Gleichung, ist wie folgt zu interpretieren:

Die Oxydation der Glukose erfolgt nur indirekt mittels Sauerstoff. Eigentliches Oxidationsmittel ist NAD⁺, das dabei von Glukose zu NADH reduziert wird. Die reale Oxidation ist die Rückgewinnung von NAD⁺ aus NADH, mit dem chemischen Element Sauerstoff. Diese erfolgt in der Atmungskette. Die bei diesem energie liefernden Oxidationsprozess frei werdende Energie von 585 kJ, wird zu etwa 42 % in ATP überführt. Der Rest ist Körperwärme.

Um diese Energie von 585 kJ und deren Transformation in ATP geht es.

Das Prinzip der Glykolyse:



ATP entsteht zum geringeren Teil durch Substratkettenphosphorylierung. Die Hauptmenge an ATP wird über die Atmung, also die oxidative Phosphorylierung gebildet, auf die wir im nächsten Abschnitt etwas näher eingehen werden.

Glukose beinhaltet 585 kJ mehr Freie Energie, als die Abbauprodukte, also die 2 Moleküle Brenztraubensäure (Pyruvat), die nach der Glykolyse verbleiben. Diese 585 kJ waren in der Glukose vor dem Übergang in 2 Moleküle Brenztraubensäure, in Form von Bindungsenergie „gebunkert“; letztlich handelt es sich, wie bereits erläutert um Sonnenenergie, die den Aufbau der Glukose aus Kohlendioxid und Wasser mit bewirkt hat. Wie das erfolgt, soll der nächsten Abschnitt (Photosynthese, Dunkelreaktion) darlegen.

Es ist anzunehmen, dass sich die frühen heterotrophen Zellen, vor 2-3 Milliarden Jahren, zur ATP-Energiegewinnung chemisch organischer Ressourcen bedienten. Vermutlich war es zunächst probiotisches ATP, das als früheste Energiequelle benutzt wurde. Es müsste sich dabei, wie bereits erörtert, um ein Racemat gehandelt haben. Der Zuckerteil in ATP könnten D-, oder und L-Ribose gewesen sein. Heute ist das bekanntlich ausschließlich D-Ribose.

Glukose, die ubiquitär aus der uns heute vertrauten Photosynthese stammte, konnte aber nur untergeordnet eine Ressource sein, da die aus der Hell- und Dunkelreaktion bestehende Glukose-Synthese damals noch gar nicht bzw. allenfalls im Teilbereich der Dunkelreaktion (siehe: Glukoneogenese) wirksam war. Ob sich zur Glukose-Bereitstellung einige frühe Bakterien z.B. grüne Schwefelbakterien bereits des reduktiven (umgekehrten) Zitronensäurezyklus mittels Kohlendioxid bzw. der Glukoneogenese aus Pyruvat bedienten, wird kontrovers

diskutiert. Vielmehr könnten sich Racemate von Kohlehydraten und damit auch ein Gemisch von Konfigurationsisomeren aus Hexosen (Glukose ist eine Aldohexose, da sie sich aus 6 Kohlenstoffatomen aufbaut) auf abiotischem Weg in der reduzierenden Atmosphäre gebildet haben (s.o.) und zunächst in Vorläufern der Glykolyse genutzt worden sein. Komplexe Chiralität, wie sie in D-Glukose gegeben ist, kann noch keine Rolle gespielt haben und sich, wie auch immer, erst später mit Sicherheit über chirale Enzymaktivität, entwickelt haben.

Im Laufe von vielen Millionen von Jahren entfaltete sich aus diesen Vorläufern die optimierte Version der uns heute bekannten Glykolyse. Sie stellt den wohl ältesten Weg zur Überführung von Bindungsenergie aus Kohlehydratmonomeren in ATP-Energie dar. Heute arbeitet sie ubiquitär und perfektioniert in den Zellen aller Eukaryoten - dazu gehören Tiere, Pflanzen und Pilze - durch heterotrophe Verwertung. Dies erfolgt z.B. bei Tieren nach der Verdauung also dem groben Aufschluss der Nahrung, durch die Zerlegung der Nährstoffe in Kohlehydrate, Peptide und Lipide. Ort ist der Darm von heterotroph agierenden Lebewesen, wie z.B. beim Menschen, durch ca. 2 kg Bakterienmasse (bis zu 100 Billionen Darmbakterien-Zellen, 500 bis 1000 Arten, vorwiegend anaerob orientiert). Er enthält damit mehr Einzelbakterien als alle Zellen, die den menschlichen Körper aufbauen.

Nach der weiteren Nahrungs-Zerlegung in die Monomeren, wie z.B. Glukose, Aminosäuren und Fettsäuren, kann in den Körperzellen die Glykolyse wirksam werden. Seit ca. 3 Milliarden Jahren ist das der erste Schritt der Bereitstellung von ATP, der später durch den wesentlich effektiveren Glukose-Abbau im Rahmen des Zitronensäurezyklus und der Atmung in den Prokaryoten und Eukaryoten komplettiert wurde.

Die Glykolyse – oft auch als Gärung bezeichnet – hat sich wie gesagt mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr früh evolutionär heraus gebildet. Die dabei wirksame Substratphosphorylierung liefert zwar vergleichsweise wenig ATP-Energie, ist aber auch nur mit relativ geringem molekularem Zell-Aufwand verbunden, was eben mit den urzeitlichen Verhältnissen korreliert. Es werden keine Zellorganellen oder Membranen in der Zelle benötigt, um einfache organische Materialien zur Energiegewinnung (ATP-Synthese) abzubauen. Es entsteht kein Kohlendioxid, da die Reaktion ja schon mit der Spaltung zu 2 x Brenztraubensäure endet. Die Kette von 6 C-Atomen der Glukose, wird in 2 Ketten von je 3 C-Atomen portioniert. Folgende zwei der 10 Reaktionsschritte in der Glykolyse,

1,3-Bisphosphoglycerat + ADP → 3-Phosphoglycerat + ATP (beteiligtes Enzym: Phosphoglycerat-Kinase)

Phosphoenolpyruvat + ADP → Pyruvat + ATP (beteiligtes Enzym: Pyruvat-Kinase)

sind Beispiele für die bereits eingangs erwähnte Substratkettenphosphorylierung. Dabei überträgt ein energiereiches phosphoryliertes Zwischenprodukt seine Phosphorylgruppe (anorganisches Phosphat) auf ADP (Adenosindiphosphat) und bildet so energiereiches ATP.

Ein zusätzlicher Vorteil der Glykolyse ist, dass ATP etwa 100 Mal so schnell bereitgestellt werden kann, wie über die oxidative Phosphorylierung in der Atmungskette.

Die Zerlegung der Brenztraubensäure bis zum Kohlendioxid erfolgt erst in den noch zu beschreibenden, aerob (Sauerstoff nutzend) agierenden Mitochondrien, in Membranen von Zellsystemen, die u.a. den Zitronensäurezyklus nutzen.

Im Laufe von Millionen von Jahren hat die Evolution an der Optimierung dieses Energietransfer-Problems gearbeitet und präsentiert sie uns in der Glykolyse als ersten Teilschritt des Konzeptes des sonnengetriebenen Kohlendioxid-Glukose-Sauerstoff-Kreislaufs. Er dürfte mit Sicherheit Fuß gefasst haben, bevor sich das gigantische morphologische Spektrum, der uns umgebenden Flora und Fauna etablierte, die ja Photosynthese voraussetzen.

In all den Abermillionen von Jahren, hat sich in den in großem Überfluss vorhandenen Lebensmolekülen, ein hoch komplexes, feinstufiges, optimiertes Energiekonzept herausgebildet. Beachten Sie aber bitte auch den Gedanken, dass der evolutionäre Ursprung zunächst in der Umkehrreaktion, der Glukoneogenese gelegen haben kann, worauf ich bereits eingangs hingewiesen habe.

Zunächst eine grundsätzliche, chemisch orientierte Sichtweise:

Ganz allgemein kann wiederholt werden, dass die Reduktion von Kohlendioxid zu Glukose oder Methan (Methan ist eine der vielen biochemischen Reduktions-Alternativen), eine Speicherung von Energie ist. Es erfolgt Elektronenverschiebung in der resultierenden Bindung, von einem stark elektronegativen Element, wie Sauerstoff im Kohlendioxid, hin zu Bindungen in weniger elektronegativen Atomen, wie z.B. dem Kohlenstoff in Glukose oder in Methan. Dafür muss Energie aufgewendet werden, da formal Elektronen unter Energieaufwand verschoben werden. So ist z.B. die Nähe der Elektronen in den vier H-Bindungen vom Methan, hin zum wenig elektronegativen C-Atom deutlich größer als in den zwei Sauerstoff-Atomen des Kohlendioxids. (Man kann diese Interpretation der Nähe von Elektronen zu Atomen auch etwas zutreffender, im Sinn der Quantenmechanik, als Veränderung von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von Elektronen beschreiben). Im Kohlendioxid sind die Bindungselektronen wesentlich stärker hin zum stark elektronegativen Sauerstoff verschoben. Wenn es also zur Oxidation kommt, werden die vier Methanbindungen gelöst und es bilden sich CO_2 und H_2O mit der beschriebenen größeren Elektronen-Aufenthaltswahrscheinlichkeit hin zum stark elektronegativen Sauerstoff. Es wird Energie frei, da eine stabilere,

energetisch günstigere elektronische Konstellation entsteht. Dieser Energieunterschied wird als Reaktionsenthalpie ΔH frei. Hohe Bindungsenergie resultiert aus energetisch tiefer liegenden Elektronen-Konfigurationen an elektronegativen Atomrümpfen. Das entspricht einer Abnahme von Freier Energie.

Um diesen Zusammenhang etwas mit Zahlen zu untermauern, wird in der folgenden Tabelle die Freie Energie ΔG von einfachen Kohlenstoffverbindungen, mit steigender Anzahl der verknüpften Sauerstoffatome aufgeführt. Stellen Sie sich einfach vor - ohne lange zu fragen (die Thermodynamiker haben dieses Schema errechnet) - Sie würden die u.a. Verbindungen aus Elementen zusammenbauen. Dann kann man die Frage stellen, welchen energetischen Aufwand man zu berücksichtigen hat. Denn man muss ja bedenken, dass bei der Herstellung einer chemischen Verbindung aus den Elementen neue Bindungen, die letztlich aus Elektronen bestehen, erzeugt werden. Diese Elektronen werden, wie schon öfter erläutert, umso energieärmere Zustände eingehen, je näher sie im gebildeten Molekül an den stark elektronegativen Sauerstoff gelangen. Je mehr Sauerstoffatome an ein Kohlenstoffatom gebunden werden, umso mehr muss sich das energetisch in der Bildungsenergie bemerkbar machen.

Alle folgenden Zahlen gelten für die gasförmige Verbindungsversion:

		ΔG , Frei Energie (kJ/Mol)
Methan	CH ₄	-50,8
Methanol	CH ₃ OH	-161,9
Ameisensäure	HCOOH	-335,7
Kohlendioxid	CO ₂	-394,4

Tabelle 11: Frei Energie bei steigendem Sauerstoffanteil im Molekül

Resümee: Je mehr Sauerstoffatome gebunden werden, umso mehr Bindungselektronen befinden sich weiter weg vom Kohlenstoffatom, näher am Sauerstoffatomen. Umso mehr Energie wird formal gegenüber den Ausgangsbindungen in Kohlenstoff und Wasserstoff bei einer Reaktion frei. Dieses Naturgesetz hat die Evolution in der Auswahl ihrer stofflichen Komponenten ganz offensichtlich optimal genutzt.

Es ist zu aufwändig und sicher auch dem Charakter dieser Beschreibung unangemessen, das optimierte Energiekonzept des Glukose-Abbaus in der Zelle, aus der Sicht der Chemie, mit Formelbildern und Reaktionsgleichungen zu dokumentieren. Die Abläufe sind verwickelt und zum Teil noch nicht abschließend geklärt. Lassen Sie mich aber zumindest den Ein- und Ausgang dieses ersten Kreislaufs darstellen.

Wie bereits ausgeführt, handelt es sich bei der anaeroben Gärung = Glykolyse, um den ältesten und vom Reaktionsaufwand aus gesehen einfachsten der angesprochenen drei katabolischen Schritte des Glukose-Abbaus zu Kohlendioxid und Wasser. Dieser erste Schritt spielt sich in der Zellflüssigkeit (Matrix), dem Cytoplasma ab und ist nicht an Membranen gebunden, wie bei den noch zu beschreibenden anderen zwei katabolen Schritten oder bei der anabolen Glukoneogenese oder der anabolen Dunkelreaktion der Photosynthese. NADH, das bei der Oxidation der Glukose durch NAD^+ gebildet wird, diffundiert zur Zellmembran, wo es in der Atmungskette Eingang findet, um dort mit Sauerstoff zu NAD^+ zurück oxydiert zu werden. Die bei dieser Oxidation in der Atmungskette freiwerdende Energie wird als ATP gespeichert. Dass sich dieser Rückoxidationsschritt evolutionär erst zu einem späteren Zeitpunkt etablierte, erhellt von selbst. Schließlich war in der reduzierenden Ur-Atmosphäre noch lange Zeit sehr wenig Sauerstoff vorhanden. Allerdings gab es Übergangsphasen, in denen, z.T. auch heute noch, andere Oxidationsmittel, wie z.B. Sulfat oder Nitrat genutzt wurden. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die Glykolyse bis hin zur Milchsäure, auch ohne den gesamten enzymatischen Apparat möglich ist. Dieser Ablauf bedingt als Startmolekül lediglich das Vorliegen von energiereichem Glukose-6-phosphat und verläuft mehr oder weniger analog dem heutigen enzymgesteuerten Ablauf. Es ist anzunehmen, dass es sich hier um eine sehr ursprüngliche Glykolyse handelt, die durch die spätere Aktivierung mit Enzymen und Phosphorylierungsschritten, die wesentliche Optimierung erfuhr, und die sie heute noch wirken lässt (Follmann, 1981, S. 234). Noch interessanter ist allerdings die Frage, ob und seit wann die Umkehrung dieser Reaktion, die Glukoneogenese wirkte. Dies sollte im Sinn der evolutionären Reaktionsführung eigentlich früh der Fall gewesen sein; schließlich war das eine der präbiotischen Bildungsmöglichkeiten von Glukose. In einem solchen Fall wäre aber, da keine chirale Enzymkatalyse vorläge, mit der Bildung eines D/L-Racemats zu rechnen. Der Vorgang spricht für eine sehr alte Entstehungsweise, vor der Etablierung der eukaryotischen Zelle, in der kein Zellkern und keine Mitochondrien- oder Chloroplasten-Membranen vorlagen. Noch heute wird dieser Schritt von Gärungsbakterien genutzt.

Eingeleitet wird der rezente Reaktionszyklus seit Urzeiten über den bereits erwähnten, wohl uralten, vorgelagerten Aktivierungsschritt. Dazu wird Glukose mittels ATP über Glucose-6-phosphat in Fructose-1,6-diphosphat in einen angeregten aktivierten Zustand überführt. Dieser Schritt ist in der folgenden Abbildung nicht explizit dargestellt.

Der Abbau erfolgt in zehn Einzelschritten. Es entstehen aus einem Glukose-Molekül zwei Moleküle Pyruvat (Brenztraubensäure). Die Aktivierung der entsprechenden Schritte erfolgt unter Enzym-Katalyse durch die Übernahme von energetisch angeregten Phosphatgruppen, die aus ATP stammen.

Glykolyse (Anaerobe Gärung, sauerstofffrei)

1 Glukose $C_6H_{12}O_6$ enthält 12 H Wasserstoffatome

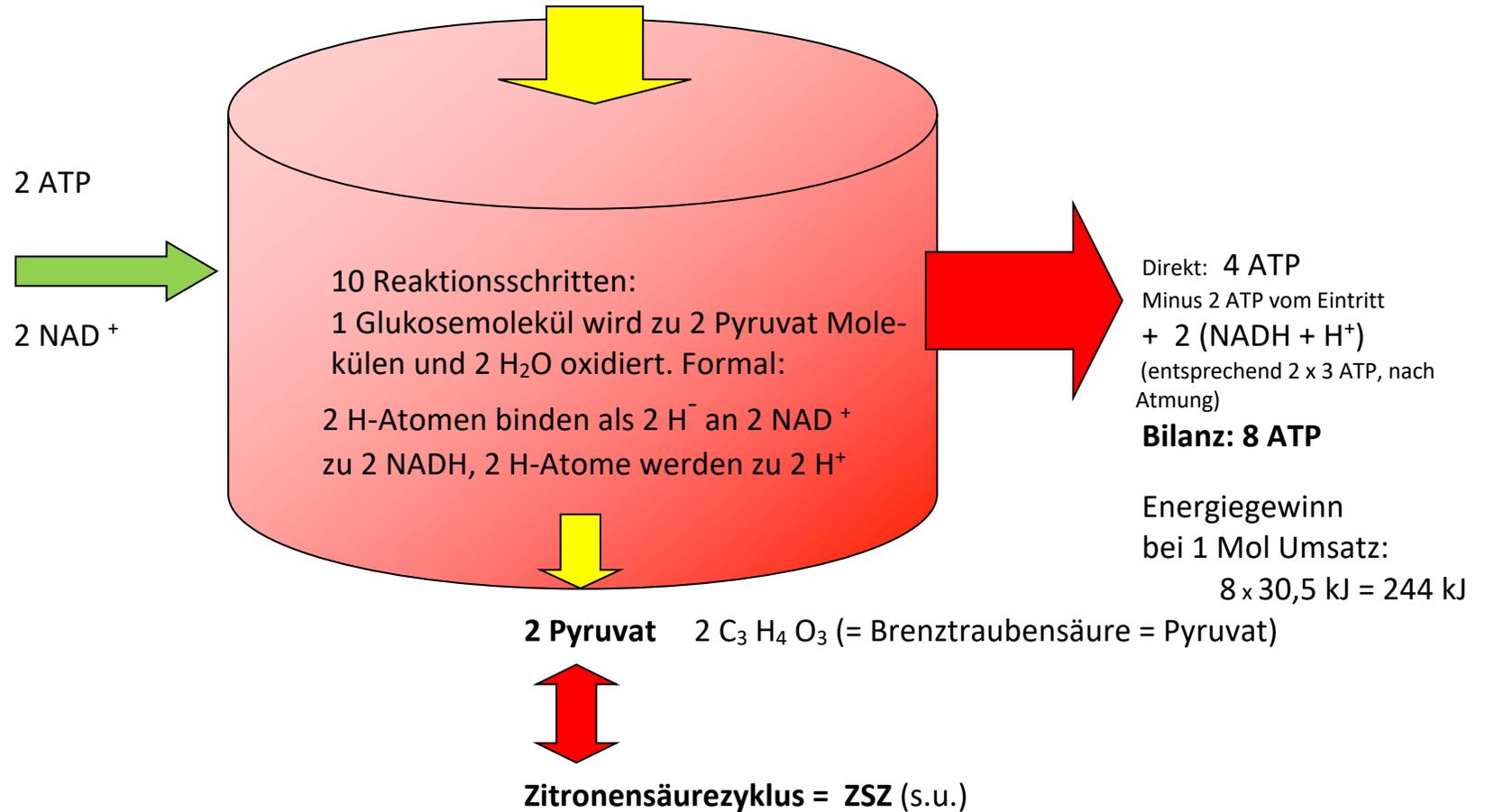


Abbildung 55: Schematischer Verlauf der Glykolyse

Das summarische Ergebnis, ist die Überführung eines Teils der in der Glukose als Bindungsenergie gespeicherten Sonnenenergie, in die Bindungsenergie von 2 Moleküle ATP und 2 Moleküle NADH, wobei 2 NAD⁺ 6 Molekülen ATP liefern, wenn sie die Atmungskette (s.u.) durchlaufen haben. Sauerstoff ist in der Glykolyse nicht direkt beteiligt; erst wenn NADH über die Atmung wieder zu NAD⁺ oxidiert wird, kommen Sauerstoff bzw. andere Oxidationsmittel (s.u.) ins Spiel. Das setzt aber komplexe Membran-Strukturen in der Zelle voraus, deren Membran-Komponenten in der Lage sind, NADH unter ATP-Gewinn (ATP Synthase³⁰⁴) mit Oxidationsmitteln wieder in NAD⁺ rückzuführen. Im freien Cytoplasma sind diese Oxidationsvorgänge nicht möglich. Somit wird es in der Urzelle zunächst zur Gewinnung nur kleiner Mengen von ATP gekommen sein. Dabei wurde NADH für weiterte Reduktionsvorgänge ohne ATP-Gewinn verbraucht. Noch war kein NADH/NAD⁺-Kreislauf über die Atmung geschlossen. NADH ist aber, wie bereits dargestellt, beileibe kein Allerwelts-Molekül, das unbedenklich verbraucht werden kann. Die Neusynthese ist aufwändig. Der metabolische Erfolg dieses komplexen Moleküls muss so etwas wie eine Herausforderung an die Evolution gewesen sein durch Regeneration z.B. über ein Kreislaufsystem, ohne jeweilige Neusynthese, NAD⁺ bereit zu halten. Ein energetisches Potential musste aktiv werden. Die Lösung war die u.a. Atmungskette.

Die formierten 8 Mol ATP repräsentieren bei einem Umsatz von 1 Mol Glukose zu 2 Mol Brenztraubensäure eine Reaktionsenergie von 244 kJ ($8 \times 30,5 \text{ kJ} = 244 \text{ kJ}$). Dies gilt allerdings mit der Einschränkung, dass die Rückoxidation von NADH zu NAD⁺ erfolgt, was wie gesagt in den Anfänger der Glykolyse, ohne Atmungskette, nicht möglich war. Das ist eine, im Hinblick auf die nun folgende Beschreibung des Energiegewinns im Zitronensäurezyklus, magere Ausbeute von knapp 42 %, der an sich zur Diskussion stehenden 585 kJ Freien Energie (Differenz der Freien Energie von 1 Molekül Glukose und 2 Molekülen Brenztraubensäure).

Zusammenfassend kann gesagt werden: Wirft man Glukose in den „Glykolyse-Topf“, wird sie enzymatisch oxidativ durch NAD⁺, allerdings ohne direkten Sauerstoffverbrauch, zu 2 Molekülen Brenztraubensäure abgebaut. Dabei wird das Oxidationsmittel NAD⁺ von der Glukose zu NADH reduziert. NADH kann, um nicht verloren zu gehen, mit Sauerstoff in der Atmungskette wieder zu NAD⁺ oxidiert werden, was sicher in den Anfängen nicht, bzw. nur mit anderen Oxidationsmitteln (z.B. Sulfat, Nitrat usw.) möglich war. Die in der Atmungskette frei werdende Energie, wird in einer Reaktionskaskade innerhalb der Atmungskette in ATP transformiert und in dieser molekularen Form für die Energieversorgung der Zelle bereit gestellt. Die Energie liefernde Zellatmung ist mit der Energie verbrauchenden ATP-Synthese gekoppelt und beide zusammen werden als oxidative Phosphorylierung bezeichnet.

Die kontinuierliche, evolutionäre Optimierung der Glykolyse, führte zu 42 % Energieausbeute, einem Meilenstein, wenn die Atmung einbezogen wird. (Ohne

die Atmung werden ja nur 4 Moleküle ATP gebildet, wovon man 2 ATP abziehen muss, die in den Start der Glykolyse eingebracht werden müssen). Ganz zu Anfang, vor etwa 3,5 Milliarden Jahren, gab es aber wiegesagt keinen Sauerstoff für die Atmung und wahrscheinlich keine Photosynthese zur Glukose-Bereitstellung. Wiegesagt agierten aber wahrscheinlich schon andere Oxydationssysteme auf Basis von Sulfat, Nitrat usw. Glukose kann nur über die Glukoneogenese bzw. den reduktiven, umgekehrten Zitronensäurezyklus allmählich verfügbar gewesen sein. Damit war die noch zu beschreibende, wesentlich effektivere Energiebilanz, unter Einbeziehung des oxidativen Zitronensäurezyklus und der Atmungskette noch Zukunftsland der Evolution. Das Nahrungs- und Speicherenergie-Umfeld bestand aus einfachsten organischen Kohlenstoffverbindungen und frühen Kohlehydraten der Ur-Suppe, die abiotisch entstanden. Eine biochemische Glukose-Synthese, wie sie weiter unten in der Photosynthese beschrieben wird, gab es noch nicht. Allerdings kann das erwähnte Argument, zuerst war die Glukoneogenese, ausgehend von Benztraubensäure da und dann erst die Glykolyse, nicht von der Hand gewiesen werden. So passt die abiotisch leicht zugängliche achirale Brenztraubensäure, im Vergleich mit der chiralen Glukose besser in eine Biochemie, die sicher noch arm an von Chiralität beherrschten Enzymen war. Leben war energetisch nur auf kleinstem Fuß möglich.

Allerdings sind zwei ganz wesentliche weitere Reaktionsmöglichkeiten zu erwähnen:

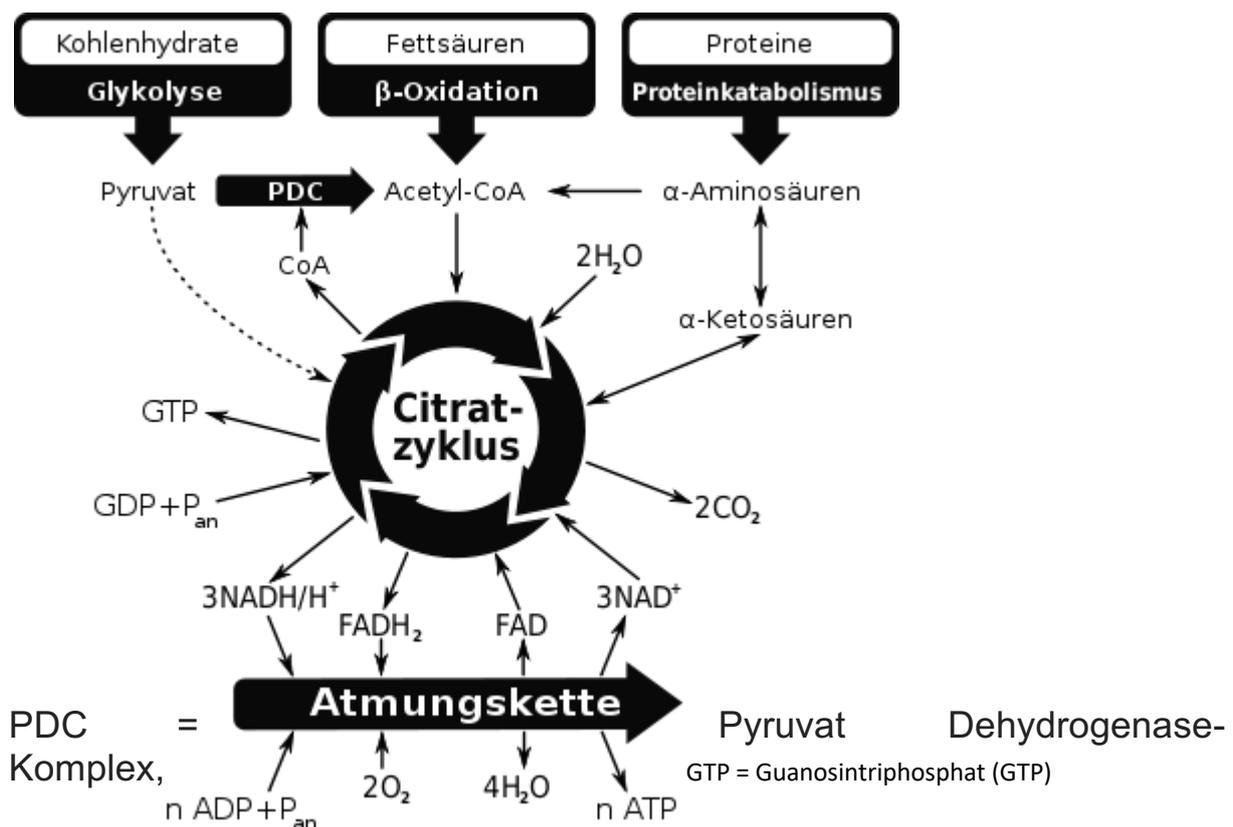
Überwiegend erfolgt die oben beschriebene NADH-Verwertung zu ATP bei den meisten Organismen heute in der Atmungskette (s.u.) durch Rückoxidation mit Sauerstoff, Sulfat, oder Nitrat usw. zu NAD^+ . Wenn Sauerstoff bzw. andere Oxidationsmittel nicht verfügbar sind, kann NADH genutzt werden, indem es für die Pyruvat-Reduktion zu Milchsäure (Lactat) verbraucht wird. Das ist der Effekt der Lactat-Übersäuerung bei hoher körperlicher Belastung im anaeroben Bereich. Eine weitere Möglichkeit ist der reduktive Abbau der Milchsäure durch NADH bis zu Ethanol (Alkoholische Gärung). In jedem Fall, ist aber das hochgeordnete NADH-Molekül (Entropie!) damit verloren und muss neu generiert werden da es der Atmungskette und damit der Rückoxidation zu NAD^+ entzogen wird. Das würde erfordern, dass der Körper ständig große Mengen an Nicotinsäureamid (Vitamin B2) aufnehmen müsste, um NAD^+ ständig neu zu synthetisieren

Noch bedeutender ist allerdings die Umkehrreaktion, die Glukoneogenese. Pyruvat, das in der Regel aus der Glykolyse in den im Folgenden beschriebenen Zitronensäurezyklus eingespeist wird, kann aus diesem Kreislauf, wie schon erwähnt, auch in die Speichersubstanz Glukose überführt werden. Das ist dann der Fall, wenn im Zitronensäurezyklus (ZSZ) überschüssiges Pyruvat aus dem Stoffwechsel von Kohlehydraten, Peptiden und Lipiden entsteht und nicht in diesem ZS-Zyklus verbraucht wird. Die Reaktion verläuft dann sozusagen bergauf, hin zur Bildung von Glukose. Allerdings ist der Aufwand der Zelle hierfür deutlich größer;

die ersten Schritte erfolgen nur in Mitochondrien an speziellen Membranen und spielen sich nicht einfach im Cytoplasma ab.

Bei besonderen Bakterien, grünen Schwefelbakterien, kann Pyruvat wie bereits erwähnt, aus Kohlendioxid über den reduktiven Zitronensäurezyklus gebildet werden.

Die komplexen Reaktionsabläufe des ZSZ können Sie in den Grundzügen aus u.a. Abbildung (WIKIPEDIA, Citratzyklus, gemeinfrei) als Einstimmung auf das nächste Kapitel erahnen. Bitte bedenken Sie, dass sich diese biochemischen Reaktionsfolgen tagtäglich, in jeder Sekunde, in der Mehrzahl aller biologischen Zellen, weltweit milliardenfach abspielen. Gekoppelt an die Atmung, erfolgt die Oxidation des Pyruvats mit NAD^+ und FAD . Dabei gebildetes NADH und FADH_2 werden in der Atmung wieder zu NAD^+ und FAD oxidiert, wobei aus diesen exothermen Reaktionsfolgen die Energie zur Bildung von ATP aus ADP und Phosphat bereitgestellt wird.



Das dritte CO_2 -Molekül, wird bei der Oxidation des Reaktionsproduktes von Pyruvat mit Coenzym A zu Acetylcoenzym gebildet.

Abbildung 56: Oxidativer Zitronensäurezyklus (Kopie aus WIKIPEDIA)

An dieser Stelle bietet es sich erneut an, auf ein immer wiederkehrendes Prinzip der Evolution hinzuweisen. Sie sucht nicht ständig neue Wege. Vielmehr nutzt

sie erfolgreich etablierte Pfade reversibel auch in anderen metabolen Abläufen, indem sie sie in beide Richtungen verwendet. Ein Beispiel ist die beschriebene Glukoneogenese, die das Ziel hat, geringwertige stoffliche Speicherenergie (Pyruvat) in hochwertige stoffliche Speicherenergie (Glukose) umzuwandeln; bis auf wenige Schritte ist sie die Umkehrung der Glykolyse.

Das gleiche Ziel der Glukose-Bildung verfolgt auch die Dunkelreaktion in der noch zu beschreibenden Photosynthese; nur startet sie nicht mit Pyruvat, sondern mit dem energetischen, molekularen Tiefpunkt Kohlendioxid. Allerdings ist hier der Motor der Reduktion die Verwertung von ATP, das durch Photophosphorylierung, also durch Sonnenenergie gebildet wird. Es überrascht daher nicht, dass der in der Dunkelreaktion der Photosynthese stattfindende Reaktionsablauf, der sogenannte Calvin-Zyklus (s.u.), bereits in der biologisch viel früher verwirklichten Glukoneogenese im Prinzip entwickelt wurde. Wie schon gesagt: die Evolution nutzt erprobte Pfade und nutzt das Prinzip der Umkehrung einer Reaktionsfolge um mit dem geringsten Aufwand das Grundprinzip - Kreisläufe - zu erreichen. Chemisch gesehen bedeutet das „nur“, eine Umkehrung von Reaktionen, die über reversible Reaktionsgleichgewichte gekoppelt sind. Einige Reaktionen sind in beiden Abläufen weitgehend identisch. Verwunderlich ist diese Strategie eigentlich nicht; schließlich werden alle biologischen Reaktionsfolgen über hochgeordnete, chirale, optimierte enzymatische Katalysatoren abgewickelt, die eine Erniedrigung der Aktivierungsenergie bewirken. Von diesem Plateau aus, sind beide Wege – Hin- und Rückreaktion - möglich. Entscheidend ist, welche Konzentrationen rechts und links vom Übergangszustand vorliegen und wie es gelingt, durch Aktivierungsschritte die Freie Energie ΔG bereitzustellen.

Vieles spricht übrigens dafür, dass sich im Laufe der Evolution, die in der oxidativen Phosphorylierung durch NAD^+ geprägten Atmung, aus der Photophosphorylierung, also der durch NADP^+ geprägten Photosynthese entwickelte. Dies ist naheliegend, da beide Coenzyme, NAD^+ und NADP^+ , sich nur durch eine zusätzliche Phosphatgruppe unterscheiden.

Aus diesen Befunden könnte man auf folgende evolutionäre Entwicklungs-Abläufe schließen:

- Glykolyse oder Glukoneogenese
- Glukoneogenese oder Glykolyse
- Reversibler Zitronensäurezyklus (reduktiver Zitronensäurezyklus)
- Dunkelreaktion der Photosynthese (analog Glukoneogenese)
- Anoxygene Atmung (analog Lichtreaktion der Photosynthese)
- Lichtreaktion der Photosynthese
- Zitronensäurezyklus
- Oxygene Atmung

2.5.6.1.2 Zitronensäurezyklus (ZSZ)

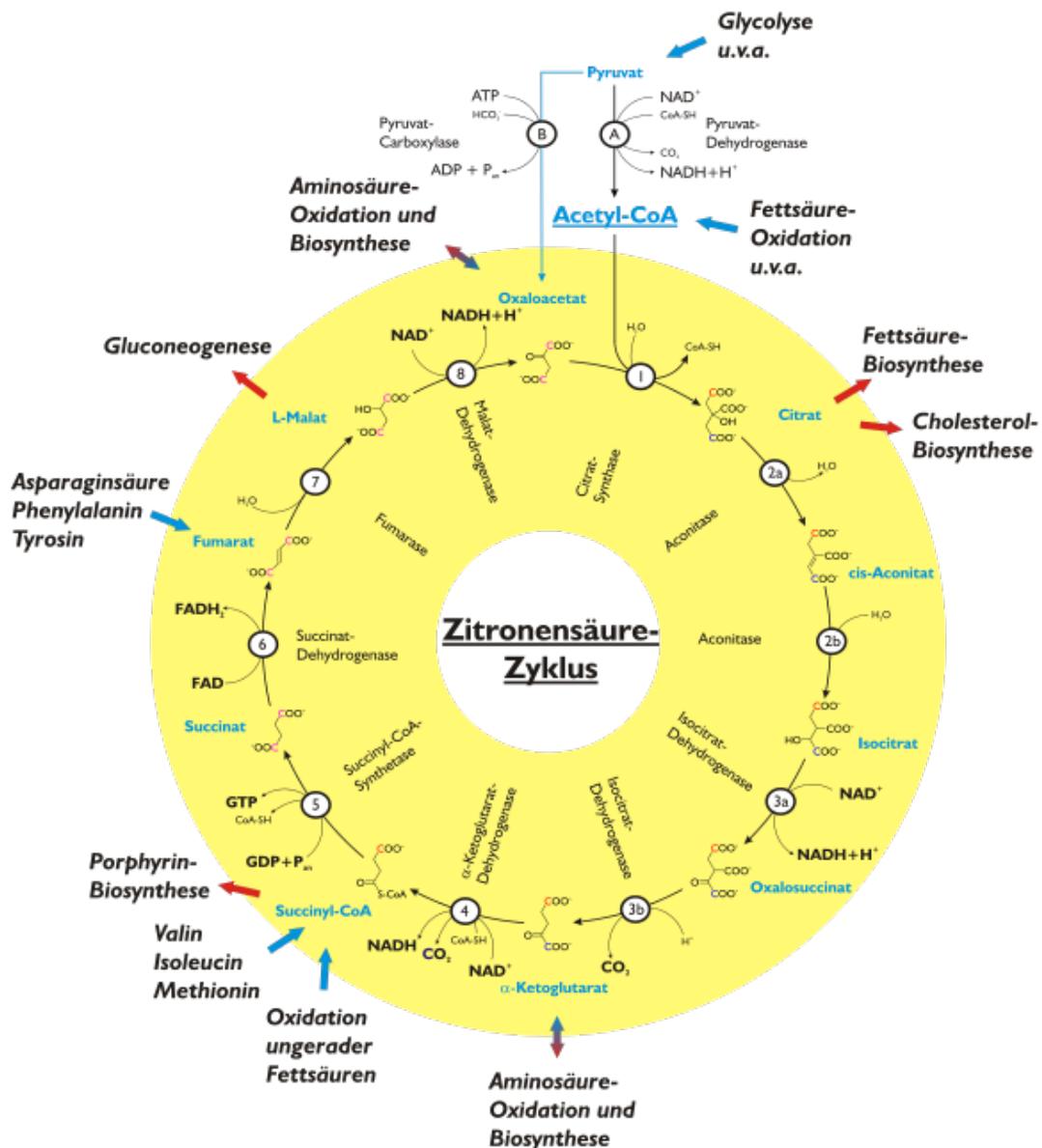
Stichpunkte: Um möglichst das gesamte Potential an freier Energie von Glukose nutzen zu können, hat sich, beginnend vor ca. 3 Milliarden Jahre, der Zitronensäurezyklus als Fortführung der Glykolyse in der Zelle entwickelt. Über eine verschlungene Folge chemischer Reaktionen gelingt der fein abgestufte oxidative Abbau der Brenztraubensäure in CO_2 . Dies geschieht mit der oxidierten Form von Energiezwischenträger wie FAD und NAD^+ , die dabei zu FADH_2 und NADH reduziert werden. Die Reaktionsenergie wird in NADH und FADH_2 zwischengespeichert. Beide werden dann in der Atmungskette mit Sauerstoff wieder in die oxidierte Form FAD , NAD^+ und Wasser überführt und etwa die Hälfte der Reaktionsenergie als GTP bzw. ATP gespeichert.

Der Zitronensäurezyklus läuft bei Eukaryoten in der Matrix der Mitochondrien, bei Prokaryoten im Cytoplasma ab. Eine umgekehrte Reaktionsfolge findet im sogenannten reduktiven Zitronensäurezyklus statt, der zur Kohlenstoffdioxid-Assimilation mancher Bakterien dient. Es handelt sich also um einen amphibolen Stoffwechselprozess, der sowohl anabol als auch katabol fungiert.

Der elementare Prozess des Zitronensäurezyklus ist der Pyruvat-Metabolismus. Pyruvat, bestehend aus 3 C, 3 H-Atomen und einer COO^- Gruppe, wird mit Coenzym A zu Acetyl-Coenzym A umgesetzt, wobei sich gleichzeitig ein Molekül Kohlendioxid aus dem Pyruvat abspaltet. In einer komplizierten Reaktionskaskade wird, der im Acetyl-Coenzym A verbleibende Acetatrest achttufig enzymatisch zerlegt bzw. oxidiert. Dabei werden die zwei C-Atome als Kohlendioxid abgespalten; die enthaltenen Wasserstoffatome dagegen reduzieren NAD^+ und FAD zu NADH und FADH_2 . Das Coenzym A geht in den Kreislauf zurück.

Beim Abbau von Acetyl-CoA über den Citratzyklus, wird Energie in Form von GTP gewonnen, darüber hinaus auch die Reduktionsmittel (NADH , FADH_2). Bei diesen Vorgängen wird der Acetylrest des Acetyl-CoA schrittweise zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut.

Über diesen Pyruvat-Abbau hinaus spielt der ZSZ eine wesentliche Rolle im Abbau von Zuckern (andere Zucker als Glukose), Alkoholen, Fettsäuren und Aminosäuren, ist aber auch Ort von katabolen Prozessen, wie aus u.a. Darstellung hervorgeht.



Kopie aus WIKLIPEDIA

Wichtig ist in diesem Zusammenhang m.E., dass der Leser dieses Bild (!) nicht zu stringent sieht. Es gibt in der Zelle keine Lokalitäten, in denen diese Reaktionen schlüssig, hintereinander, in gespeicherten Reaktionszentren abgearbeitet werden. Es regiert das stochastische System des Suchens und Findens, auf das ich wiederholt hingewiesen habe (Dyson, 2016). Triebkraft ist sicher auch die durch den Zyklus erreichbare Minimierung der Freien Energie des Pyruvats über 8 Stufen. Am transparentesten ist m.E. in diesem Sinn die bildliche Darstellung der einzelnen Reaktionsstufen und ihrer Energieinhalte (Dickerson/Geis, 1983, S. 567).

Jede einzelne Umsetzung in der Kaskade, wird von speziell angepassten Enzymen katalysiert. So erfolgt z.B. der Einstieg, also die erste Umsetzung in besagte 8 Reaktionsfolgen, durch das Enzym Citrat-Synthase, das die Kondensation von

Oxalacetat und H₂O mit Acetyl-Coenzym A zu Citrat katalysiert. Dieses Enzym Citrat-Synthase besteht z.B. beim Menschen aus 439 Aminosäuren. Da bleibt nur staunen, wenn man das gesamte Leben in Flora und Fauna berücksichtigt.

Bedenken Sie bitte: dieser unglaublich anmutende Aufwand, muss für jedes einzelne Glukose-Molekül, das verwertet werden soll, aufgebracht werden. Wenn ein Mensch an einem Tag z.B. 180 g, also 1 Mol Glukose (Molekulargewicht: 180,158 g/Mol) in Form von Brot, Süßigkeiten oder Zucker zu sich nimmt, entspricht das $6,022 \times 10^{23}$ (Avogadro'sche Zahl) Molekülen Glukose. Nehmen wir an, dass mindestens die Hälfte, also ca. $3,01 \times 10^{23}$ Teilchen Glukose diesen katabolen Weg gehen. Da wir die Gesamtzahl an verwertenden Zellen beim Menschen mit ca. 100 Billionen, also 100×10^{12} (zusammen mit Darmbakterien) ansetzen können, muss jede Zelle täglich etwa $3,01 \times 10^{23} / 100 \times 10^{12} = 3,01 \times 10^9$ Moleküle Glukose bewältigen.

In einer Sekunde sind das $3,01 \times 10^9 / 86400 = 3,48 \times 10^4$ Glukose-Teilchen pro Zelle. Unfassbar! Dieses Rechenbeispiel zeigt auch auf, in welcher winziger, materieller Dimension – der Zelle – sich das molekulare Geschehen in und um uns herum abspielt.

Energetisch gesehen werden $3,48 \times 10^4$ Glukose-Teilchen **pro Zelle und Sekunde** in $6 \times 3,48 \times 10^4$ CO₂ und $6 \times 3,48 \times 10^4$ H₂O Moleküle sowie ca. $1,66 \times 10^{-16}$ kJ Frei Energie überführt (2870 kJ ist die Frei Energie, die 1 Mol Glukose beinhaltet):

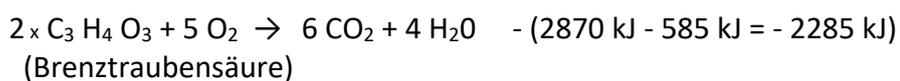
Rechengang:

$$\frac{6,022 \times 10^{23}}{2870} = \frac{3,48 \times 10^4}{x}$$

$$x = \frac{3,48 \times 10^4 \times 2870}{6,022 \times 10^{23}} = 1,658 \times 10^{-16} \text{ kJ}$$

Ca. 40 % davon fallen als gespeicherte ATP-Energie an, der Rest wird als Entropie erhöhende Zellwärme frei.

Nur als Brutto-Umsatz betrachtet, läuft formal folgende Oxidation ab

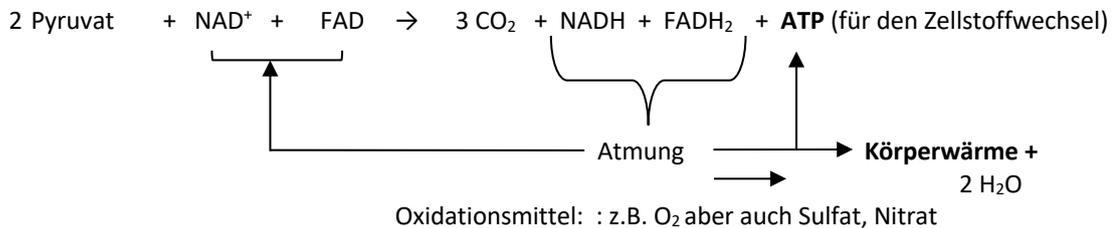


Um die in 2 Mol Brenztraubensäure noch verfügbaren 2285 kJ Energie geht es im Zitronensäurezyklus.

In der von der Evolution wahrscheinlich zuerst etablierten Glykolyse, werden pro Mol Glukose „nur“ 2 Mol ATP und 2 Mol Reduktionsäquivalent NADH erzeugt. Um mehr dieser stofflichen Energiespeicherung für die ATP-Bildung zur Verfügung zu erschließen, musste die Evolution wie gesagt effektivere Wege finden. Schließlich werden von den verfügbaren 585 kJ pro Mol Glukose in der Glykolyse, wie schon erwähnt, ja nur 244 kJ genutzt.

Die Glukose hat aber wesentlich mehr zu bieten. Denn wenn sie nicht nur bis zum Pyruvat, sondern bis zum Kohlendioxid abgebaut wird, sind theoretisch 2870 kJ verfügbar.

Das Prinzip des Zitronensäurezyklus nach biochemischen Gesichtspunkten:



Auch diese Gleichung ist nur eine ganz oberflächliche Wiedergabe einer auf molekularer Ebene vielstufigen, enzymatischen Reaktionskaskade.

Die Oxydation erfolgt also indirekt mittels Sauerstoff, der letztlich der Lichtreaktion der Photosynthese entstammt. In anoxygenen Prozessen erfolgt sie z.B. mit Sulfat oder Nitrat.

Eigentliche Oxidationsmittel für die Pyruvat-Oxidation sind NAD⁺ und FAD, die dabei zu NADH und FADH₂ reduziert werden. Deren Rückoxidation zu NAD⁺ und FAD erfolgt in der Atmungskette als oxidative Phosphorylierung mit Sauerstoff. Die bei diesem energieliefernden Oxidationsprozess theoretisch frei werdende Energie von - 2285 kJ wird zu etwa 42 % in ATP überführt. Der Rest ist Körperwärme. Der gesamte Prozess verläuft enzymgesteuert über diverse Phosphorylierungsschritte hoher Komplexität.

Wenn Sie übrigens die rein summarischen Bruttoreaktionen der Glykolyse und des Zitronensäurezyklus addieren, (die Brenztraubensäure "kürzt" sich heraus) erhalten Sie eine altbekannte, rein formale Bruttoreaktion, deren Umkehrreaktion meist als Prinzip der Photosynthese präsentiert wird.

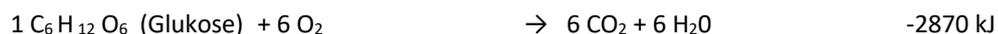
Glykolyse:



Zitronensäurezyklus:



Summe:



Die in Abbildung 56 gezeigten Zusammenhänge, lassen sich für den Zitronensäurezyklus, unter Einbeziehung der Glykolyse, in folgender Energiebilanz zusammenfassen.

Glykolyse	2 ATP + 2 NADH(=6 ATP) + 0 FADH ₂
2 Pyruvat → ZSZ-Einspeisung	0 ATP + 2 NADH(=6 ATP) + 0 FADH ₂
2 x ZSZ (Atmung)	2 ATP + 6 NADH(=18 ATP) + 2 FADH ₂ (=4 ATP)

Summe	4 ATP + 10 NADH (=30 ATP) + 2 FADH ₂ (=4 ATP)
ATP-Summe	38 ATP

Vergleich: Die Glykolyse liefert 8 ATP zum je 30,5 kJ, also 244 kJ.
 Durch den ZSZ und Atmung werden 30 ATP erzeugt, also 915 kJ.
 Summe: 38 ATP zu je 30,5 kJ, also 1159 kJ

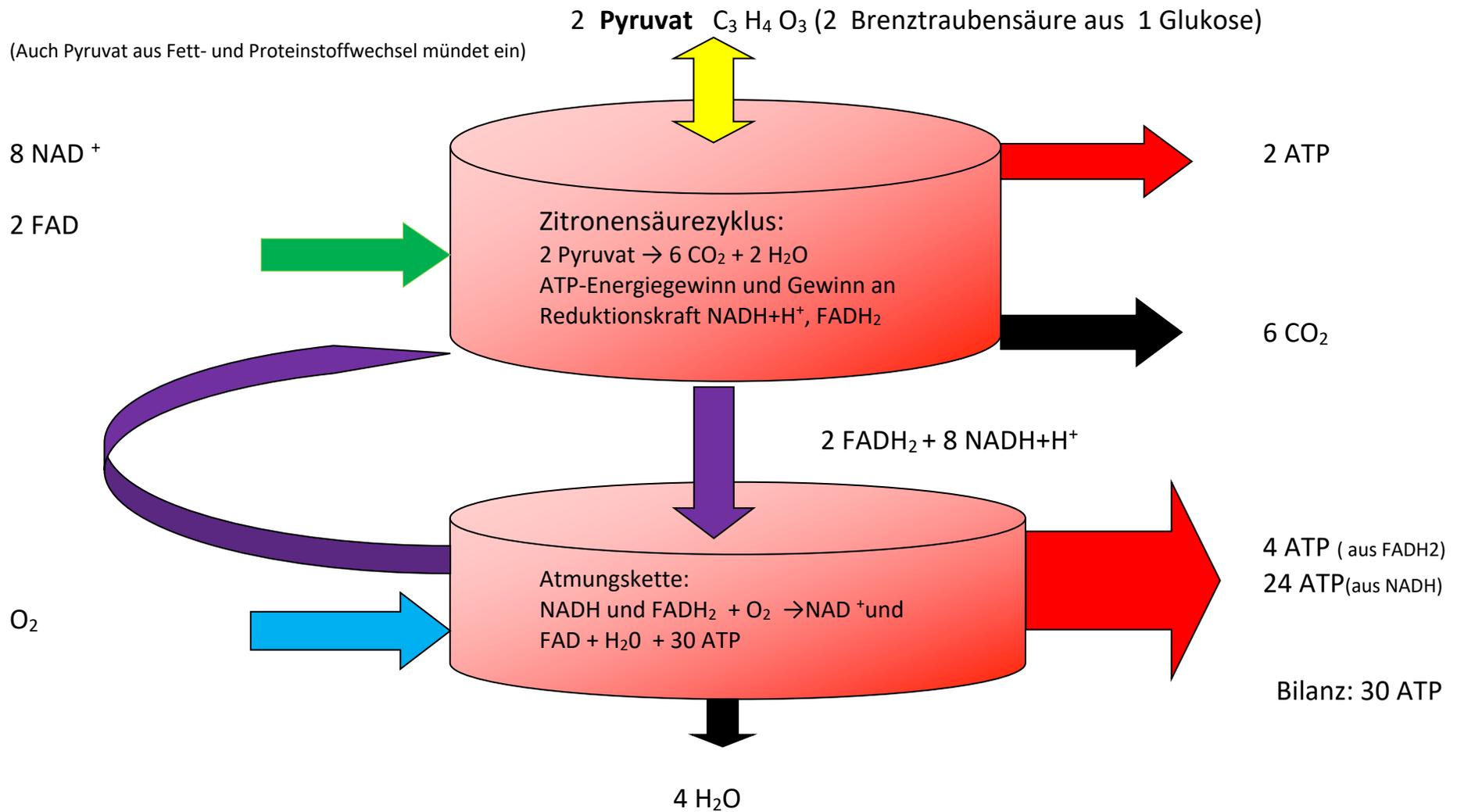


Abbildung 57: Schematischer Verlauf des Zitronensäurezyklus

$NADP^+$ ist nicht zu verwechseln mit $NADPH$!

2.5.6.1.3 Atmung, (Oxidative Phosphorylierung)

Stichpunkte: Glukose wird in der Glykolyse und im Zitronensäurezyklus oxidativ bis zu Kohlendioxid abgebaut. Dabei werden die Oxidationsmittel NAD^+ zu NADH und FAD zu FADH_2 reduziert. NADH und FADH_2 werden in der Atmungskette (s.u.) mit Sauerstoff wieder zu NAD^+ und FAD oxidiert und so ihr Verlust durch Kreislaufführung vermieden. Die bei der Sauerstoff-Oxidation von NADH und FADH_2 freigesetzte Energie wird zum Teil in den Zellbrennstoff GTP bzw. ATP überführt.

Dieser heterotrophe Weg (Körperbildung von Lebewesen aus vorhandenen organischen Verbindungen) ermöglichte, wie bereits im o.a. Zitronensäurezyklus erörtert, eine weit effektivere energetische Verwertung der kohlenstoffhaltigen abiotischen Ressourcen. Der Abbau von Glukose bis in die energetisch niedrigste stoffliche-molekulare Stufe, in Form von Kohlendioxid und Wasser, tritt ein und wesentlich mehr ATP , als in der Glykolyse wird erzeugt. Zusätzlich erschließt die Regeneration der Oxidationsmittel NAD^+ aus NADH und FAD aus FADH_2 mit Sauerstoff in der Atmungskette einen geschlossenen Kreislauf der Energie-Carrier. Er ist untrennbar mit dem bereits beschriebenen Zitronensäurezyklus verbunden. Beide spielen sich in membranfixierten Reaktionszentren der Mitochondrien der Zelle ab.

Der Begriff Atmungskette kennzeichnet einmal eine definierte Folge von biochemischen Redoxreaktionen (Elektronentransportkette) zur Energiegewinnung, aber auch die teilnehmenden, sehr komplexen Enzymsysteme. Ergänzt durch die Chemiosmose (s.u.) bildet sie den Prozess der oxidativen Phosphorylierung.

Den in der Glykolyse und im Citratzyklus oder beim Abbau von Fettsäuren und Lipiden, durch Reduktion von NAD^+ und FAD gebildeten Energie-Carriern NADH und FADH_2 , sind letztlich C-H-Bindungselektronen dieser organischen Ressourcen übertragen worden. Diese Elektronen werden von einem Oxidationsmittel, z.B. Sauerstoff ($1/2\text{O}_2$), in einer Reaktionskaskade übernommen (Sauerstoff wird dabei zu O^{-2} reduziert) und die dabei frei werdende Energie zum Teil zur ATP -Gewinnung aus ADP und Phosphat genutzt.

WIKIPEDIA: „Der Elektronentransport ist mit der Aufnahme und Abgabe von Protonen verbunden. Durch die räumliche Organisation dieser Prozesse oder mittels durch den Elektronenfluss verursachte konformationelle Änderungen der Proteinstruktur werden Protonen (H^+) aus der Matrix (dem Inneren) der Mitochondrien in den Intermembranraum (zwischen innerer und äußerer Mitochondrienmembran) „transportiert“ (real oder als Nettoeffekt). Dabei entsteht ein „elektrochemischer Protonengradient“ (zusammengesetzt aus dem Konzentrationsunterschied der Protonen und dem durch den Austransport der positiv geladenen Protonen erzeugten negativen Membranpotential im Inneren der

Mitochondrien). Die Energie dieses „elektrochemischen Protonengradienten“ (proton motive force, „pmf“) wird nach der mittlerweile allgemein akzeptierten chemiosmotischen Theorie von Peter D. Mitchell von einer ATP-Synthase in der inneren Mitochondrienmembran dazu genutzt, ATP aus ADP und anorganischem Phosphat zu synthetisieren. Diese Phosphorylierung wird wegen der Kopplung an die Atmungskette Atmungskettenphosphorylierung oder oxidative Phosphorylierung (Abkürzung: Oxphos) genannt“.

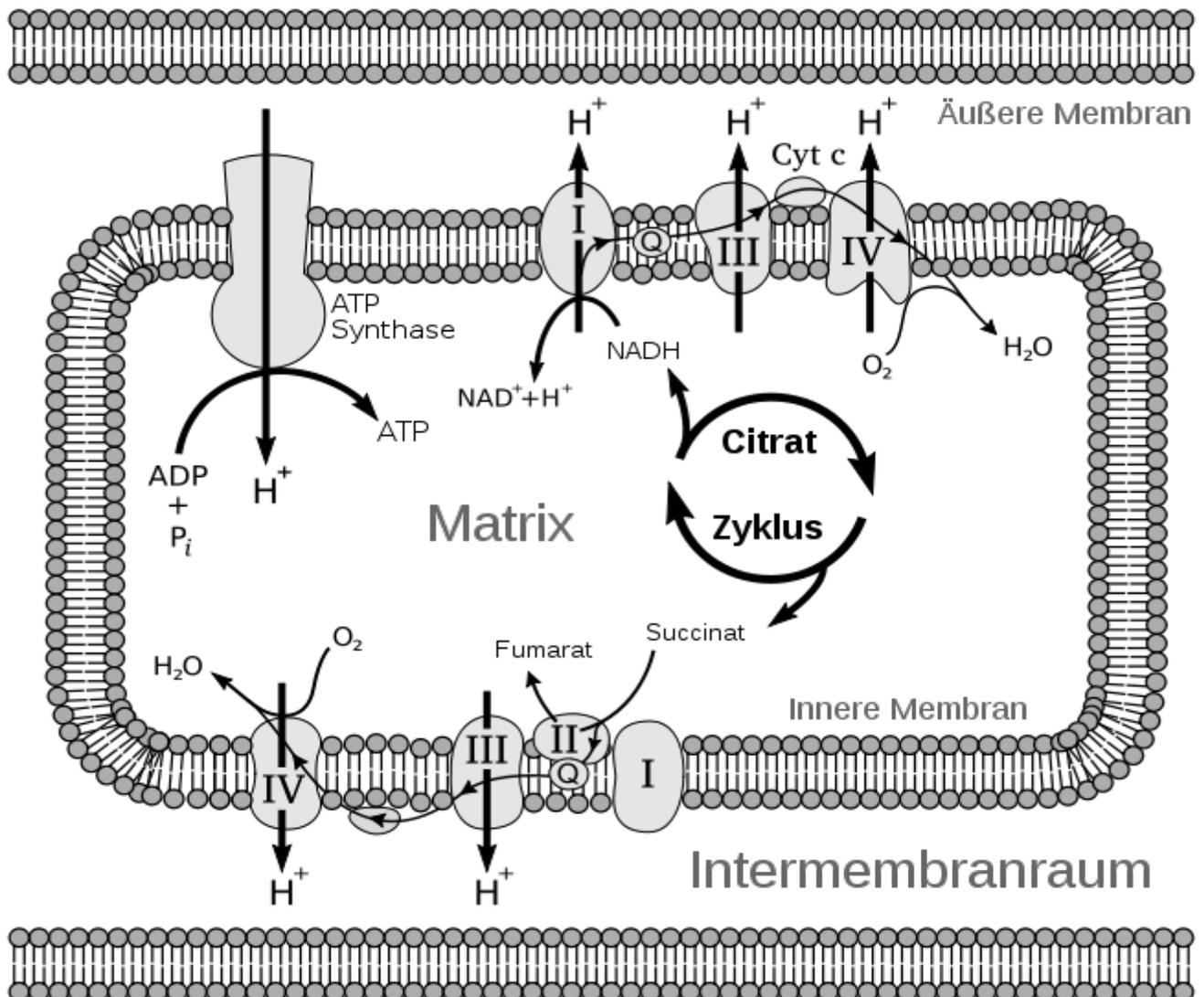


Abbildung 58: Atmungskette (Kopie aus WIKIPEDIA, gemeinfrei)

Die komplexen Vorgänge der Atmung erinnern in ihren enzymkatalysierten Schritten an die Lichtreaktionen der Photosynthese. In beiden Fällen handelt es sich um Elektronentransportketten zur Erzeugung von ATP. Man darf wohl davon

ausgehen, dass auch hier das Evolutionsprinzip der Mehrfachnutzung von erfolgreichen Reaktionsprinzipien gilt. (Follmann H. , 1981, S. 237)

Das Vorhandensein von Cytochrom C in der Atmungskette, ist übrigens ein weiterer Beweis für den gemeinsamen Ursprung des Lebens. Dieser Bestandteil der Atmungskette leitet sich nicht nur beim Menschen und allen Säugetieren, sondern auch für Tiere, Weizen, Hefen und anaeroben Bakterien usw. von einem gemeinsamen Ur-Cytochrom ab (Follmann, 1981, S. 151).

Übrigens ist die Abbildung 57 ein weiterer Beleg dafür, dass uns vertrautes Leben nur in Zellen mit Membranen möglich ist. Dabei ist von besonderer Bedeutung welchen Funktionszuwachs Zellwandungen, mit ihren eingelagerten Proteinstrukturen im Laufe der Evolution erhalten haben.

Wie schon mehrfach angesprochen, spricht Vieles dafür, dass abiotische entstandene, organische Verbindungen in einem Urstadium zunächst mit NAD^+ und FAD als Oxidationsmitte, bis zu Kohlendioxid oxidiert wurden (Purpurschwefelbakterien?). Die Begründung für diesen Ablauf sehe ich ganz einfach in der Möglichkeit so agieren zu können, also in einem vorhandenen energetischen Potential. NAD^+ und FAD wurden dabei zu NADH und FADH_2 reduziert. Die Regeneration (Oxidation) von NADH und FADH_2 zu NAD^+ und FAD zurück, erfolgte ursprünglich nicht mit Sauerstoff, sondern u.a. mit Sulfat als Oxidationsmitte, das selbst bis zu Schwefelwasserstoff reduziert werden kann. Sauerstoff war ja noch nicht in nennenswerten Mengen vorhanden; dazu bedurfte es erst der weiter unten beschriebenen Lichtreaktion der Photosynthese.

Bei der Sulfat-Atmung ist nicht Sauerstoff der Elektronenakzeptor, also das Oxidationsmittel, sondern das Sulfat-Anion (S^{+6}O_4)⁻², genauer der oxidierte S^{+6} -Anteil. Ganz allgemein können einfache organische Verbindungen als Elektronendonatoren, also als Reduktionsmittel dienen. Reduzierbare Schwefelverbindungen werden hierbei zu Sulfiden (S^{-2}) bzw. Schwefelwasserstoff reduziert. Manche Arten von Desulfobulbaceae nutzen nicht nur Sulfat, sondern auch Sulfit, Thio-sulfat und elementaren Schwefel als Oxidationsmittel. Der maximale Energiegewinn in Form von ATP, durch Oxidation von NADH oder FADH_2 , erfolgt aber an der beschriebenen Elektronentransportkette (Atmungskette, oxidative Phosphorylierung).

Es wird diskutiert, dass in einem sehr frühen Entwicklungsstadium in der anzunehmenden reduktiven Atmosphäre der ersten Jahrmilliarde, NAD^+ und FAD auch anorganisch, konkurrierend zur Biochemie, durch Wasserstoff zu NADH oder FADH_2 reduziert wurden. Sie standen somit für den reduktiven Aufbau von Kohlenstoffverbindungen wie Zucker, Säuren, Alkohole usw. in bestimmten Bakterien ohne den Calvinzyklus (Dunkelreaktion der Photosynthese) zur Verfügung. Woher aber kam der Wasserstoff?

In einem späteren Stadium, vor ca. 1,5 – 2 Milliarden Jahren, etablierte sich biochemisch erzeugter Sauerstoff als Oxidationsmittel (Cyanobakterien, Mitochondrien), was zu den finalen Abbauprodukten Kohlendioxid und Wasser führt. Allerdings dürfte es durch diesen neuen Mitspieler - Sauerstoff - im biochemischen Kreislauf zunächst zu massiven Störungen der vorhandenen Kreisläufe gekommen sein. Das "System" wird sich zunächst gegen diesen aggressiven Teilnehmer gewehrt haben. So gibt es eine Theorie, die besagt, dass Peroxisome³⁰⁵, die das Enzym Katalase³⁰⁶ enthalten, als eine Art Verteidigungsstrategie evolutionär entstanden, um diesen Sauerstoff zu beseitigen. (Dickerson/Geis, 1983, S. 620).

Der theoretische Gewinn an Freier Energie ΔG bei der vollständigen Glukose-Oxydation beträgt 2870 kJ. Das ist das gesamte zur Verfügung stehende Potential.

Der theoretische Abbau an Freie Energie bei der vollständigen Glukose-Oxidation zu 2 Mol Pyruvat beträgt 585 kJ. Erhalten werden mit der Glykolyse aber nur 244 kJ.

Damit beträgt die tatsächliche Energieausbeute der Glykolyse, mit 244 kJ von 2870 kJ, 8,5 % bezogen auf Glukose. Bezogen auf Pyruvat (585 kJ) sind es allerdings 42 %.

Die Energieausbeute der vollständigen Glukose-Oxidation, bestehend aus Glykolyse, ZSZ und Atmung (s.u.), beträgt mit 1159 kJ von 2870 kJ 40,4 %.

Wie schon mehrfach erörtert, stellt die Glukose-Oxidation über den Pfad Glykolyse – ZSZ – Atmungskette, eine Überführung von verfügbaren 2870 kJ pro Mol Glukose, in 38 Energiepakete von jeweils 30,5 kJ, in Form von ATP dar. Die chemische Bindungsenergie der Glukose wird in ATP-Energiepäckchen transformiert, die in die Bedarfssituation der Zelle passen. Voraussetzung ist übrigens Insulin, denn ohne Insulin kann keine Glukose in die Zelle eintreten (Wolpert, 2009, S. 149).

Im Gegensatz zur Glykolyse, die im Cytoplasma, also sozusagen in Lösung der beteiligten Redoxkomponenten abläuft, kann die Atmung und die Überwindung des hohen Redoxpotentials von 1,13 Volt nicht im Zellplasma erfolgen; die Energiedifferenz ist zu hoch. Effektiv gelingt das nur in kleinen Stufen, die in ATP zwischengespeichert werden. Dazu sind Zwischenstufen mit passenden Enzymträgern notwendig, die in lokal voneinander isolierten Membranen angeordnet sein müssen, um „Kurzschlüsse“ im gelösten Zustand zu vermeiden. Solche Membranen finden sich in den Mitochondrien und Chloroplasten der Zelle. Dazu waren aber die einfachen Urzellen nicht entsprechend gerüstet.

Damit müssen früh Umstände eingetreten sein, welche die Zellen veranlassen haben, Membran-System aufzubauen bzw. sie zu integrieren, z.B. Endosymbiose (s.u.).

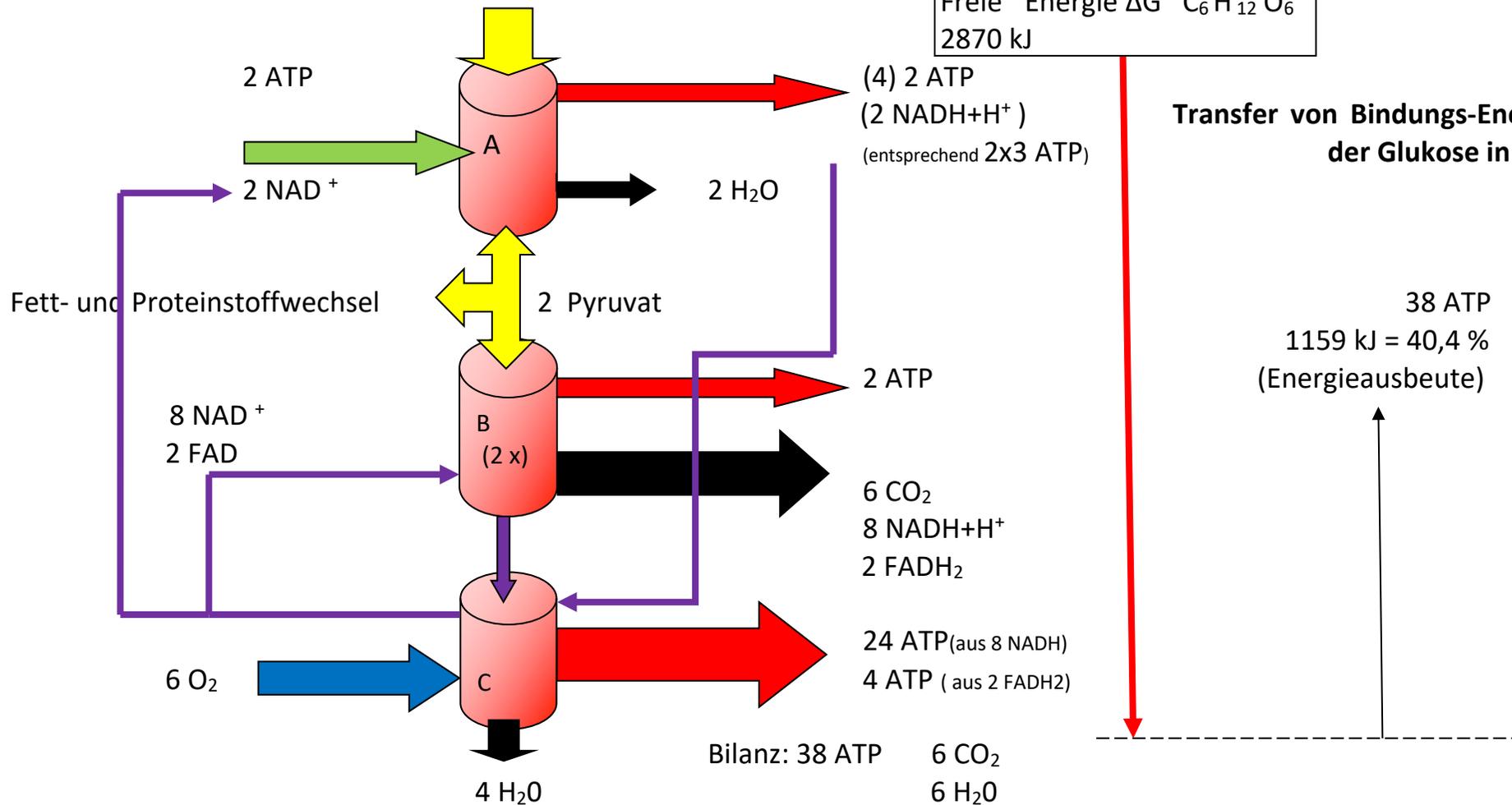
Diese Variante hat sich bekanntlich durchgesetzt und ist heute allgegenwärtig. In diesem Zusammenhang muss wiederholt werden, dass der Weg der Atmung zur ATP-Bildung in den Mitochondrien und der Ablauf des Elektronenflusses hinsichtlich der ATP-Bildung in der Lichtreaktion der Photosynthese, so bedeutende Ähnlichkeiten aufweisen, dass mit großer Wahrscheinlichkeit von einem gemeinsamen Ursprung von Atmung und Lichtreaktion der Photosynthese auszugehen ist. (Siehe auch 2.5.2.1, Oxidative Phosphorylierung)

Zusammenfassung des Glukose-Abbaus zu 6 CO₂ + 6 H₂O + 38 ATP

1 Glukose C₆H₁₂O₆

Freie Energie ΔG C₆H₁₂O₆
2870 kJ

**Transfer von Bindungs-Energie
der Glukose in ATP**



A= Glykolyse, B = Zitronensäurezyklus = ZSZ, C = Atmung (ATP aus ADP + Phosphat)

Abbildung 59: Schematische Zusammenfassung des Glukose-Abbaus zu 6 CO₂ + 6 H₂O + 38 ATP

Summarisch wird Glukose mittels Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut und dabei Bindungsenergie über einen Kreislauf von Energieträgern (NAD^+ / NADH , FAD / FADH_2) in ATP gewandelt. Klassisch thermodynamisch gesehen, wird die hohe Bindungsordnung innerhalb des Glukose-Moleküls in die niedrige Ordnung von flüssigem Wasser und gasförmigem Kohlendioxid transferiert. Die Gesamt-Ordnung nimmt ab und damit steigt die Gesamtentropie.

Wenn Sie sich zu diesen Abläufen die entsprechenden Reaktionsabläufe in der Fachliteratur anschauen, finden Sie oft schleifenartige, wohlgeordnete Darstellungen in Form von Reaktionskreisläufen. Beispielsweise eröffnet sich Ihnen, wenn Sie den Begriff Zitronensäurezyklus auswählen, ein komplexer, aber hoch organisierter Metabolismus-Kreislauf. Einstieg ist in der Regel Pyruvat, das mit Coenzym A zu Acetylcoenzym A und Kohlensäure reagiert. Es folgt die Umsetzung mit Oxalacetat zu Citrat, dann Isocitrat, dann α -Ketoglutarat usw., bis am Ende des Kreislaufs wieder Pyruvat, Coenzym A und Oxalacetat den Reigen von vorn beginnen.

Realitätsbezogener ist m.E., wenn Sie eine mehr thermodynamisch orientierte Darstellung wählen. Dort begegnen Ihnen Bilder dieser differenzierten chemischen Reaktionen in Form einer abfallenden Energiekaskade. Diese Energiekaskade stellt den Verlust an Freier Energie ΔG im Verlauf der 10 einzelnen Reaktionsschritte der Glykolyse und der 9 Reaktionsschritte des Zitronensäurezyklus dar.

Diese außerordentlich hilfreichen „Erklärungs-Bilder“ erwecken aber wie bereits gesagt einen m. E. falschen Eindruck, wenn man sie als zeitlich abgestuftes Hintereinander von chemischen Reaktionen ansieht bzw. als ein Art Fließband, auf dem das zu bearbeitende, metabolisierte Glukose-Molekül auf Station nach Station trifft. Dazu müssten u.a. diese Stationen in einem Speichersystem lokalisiert sein, aus der ihre Aktivität abgerufen werden kann. Wer oder was soll ein Hintereinander in dem organisierten Sammelsurium einer Zelle, mit ihren Millionen von reaktionsfreudigen Reaktanten, bewerkstelligen? Ich bin sicher, dass es um ein Nebeneinander von Reaktionen handelt.

Es empfiehlt sich in diesem Zusammenhang daran zu denken, dass in Zellen keine Computeruhr hinter diesen komplexen Reaktionsketten steht und irgendwie veranlasst, dass auf A, B und C ...folgt. Vielmehr handelt es sich, wie bereits mehrfach angesprochen, um einen stochastischen Prozess, der nur in sehr kleinen Zellräumen, wo alle Komponenten vereint sind, funktioniert. Es wirkt der energetische, entropische Steady State Fluss, der Motor allen Seins, aus scheinbar planlos nebeneinander verlaufenden Prozessen (Dyson, 2016, S. 403-404).

Erst die Schritte des ZSZ, der Atmung, der Photosynthese und eines Teils der Glucoseogenese, sind an Membranen gebunden.

Vielleicht ist das ein Hinweis auf den Umstand, dass die Glykolyse zunächst nur in Einzellern stattfand und die komplizierteren Reaktionen des ZSZ, der Atmung und der noch zu beschreibenden Photosynthese erst dann auftraten, als durch Zellinkorporationen eine Integration von ganzen Zellsystemen in bereits bestehende Zellen stattfand. Deren Membranen oder Zellwände blieben erhalten und waren die nunmehr fixierten Reaktionszentren. Das nennt man Endosymbiose.

WIKIPEDIA: Die Endosymbiontentheorie besagt, dass Eukaryoten dadurch entstanden sind, dass prokaryotische Vorläuferorganismen eine Symbiose eingegangen sind. Demnach sind chemotrophe und phototrophe Bakterien von anderen prokaryotischen Zellen (möglicherweise Archaeen) durch Phagozytose aufgenommen worden, sie wurden jedoch nicht verdaut, sondern lebten im Innern weiter und wurden dadurch zu Endosymbionten. Später haben sich die Endosymbionten zu Zellorganellen in ihren Wirtszellen entwickelt. Die Komplexe aus den Wirtszellen und den darin befindlichen Organellen sind Eukaryoten

Wer oder was zeichnet dann aber als Treiber für die Zellchemie verantwortlich? Ich denke, es sind das im Wesentlichen zwei Aspekte:

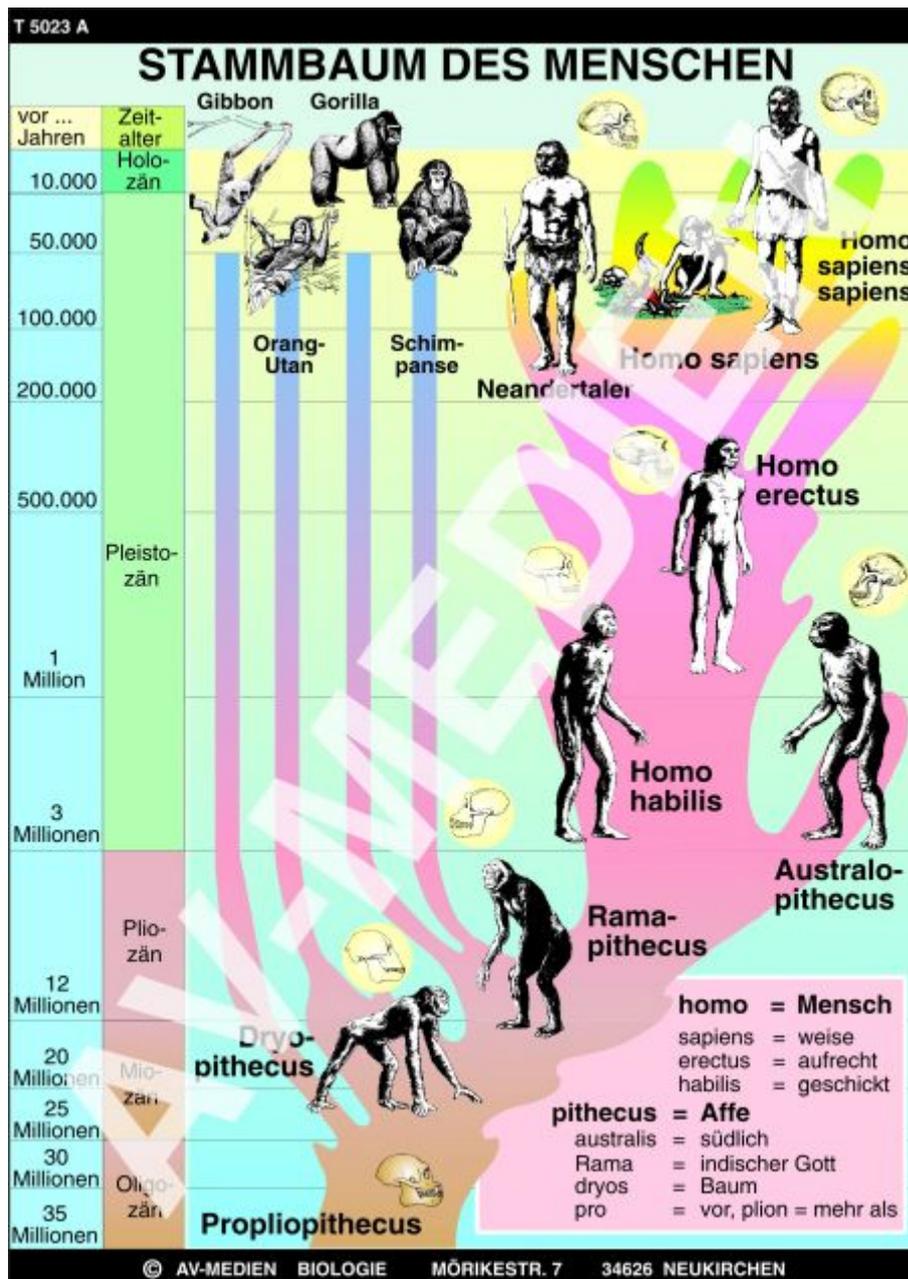
Ein Aspekt mag die nach jeder Reaktionsstufe gebildete Zwischenverbindung und die ihr noch verbliebene Freie Energie ΔG sein. Diese restliche Freie Energie jeder Zwischenstufe steht sozusagen zur Disposition. Oder, anders gesagt, sie fungiert als Gradient. Gradienten sind aber ein Dorn im Auge der Entropie. Im organisierten „Chaos“ der Zelle ist sie sozusagen ein ständiger Angriffspunkt, ein Störfaktor, letztlich aber eine kleine Energiequelle. Die allgegenwärtige Diffusion im Zellinnern verhindert jedoch, dass dieser Zustand stabil wird. Irgendwann findet sich ein geeigneter, enzymatisch im Sinn von Schlüssel und Schloss passender Reaktionspartner, der ermöglicht, dass sich in einer optimierten Folgereaktion der Gradient auflöst. Gleichzeitig wird Reaktionsenergie von Energiezwischenträgern (NAD^+ und FAD), über reduzierte Zwischenverbindungen (NADH und FADH_2) übernommen und in der Atmung in ATP transferiert. ATP ermöglicht dann weitere Zellreaktionen, die zur Erhöhung der Zellorganisation führen und somit in der Zelle eine punktuelle Entropie-Erniedrigung auslösen.

Das bewegende Moment, das hinter diesen komplexen molekularbiologischen Abfolgen steht, ist aus thermodynamischer Sicht die Verfügbarkeit von Freier Energie ΔG . Letztlich ist es also die Sonnenenergie, die das geschlossene biologische System der Erde (kein abgeschlossenes System!) am Laufen hält. Aber damit verkünde ich ja nichts Neues. Im nächsten Kapitel wird dieser Ablauf nochmals angesprochen. Dort wird aber die lebenserhaltende Entropie-Entwicklung zu diskutieren sein.

Der zweite Aspekt muss die ständige Optimierung der Enzyme sein, die sich nur bei passender Struktur und passendem mengenmäßigem Angebot andocken und Folgereaktion initiieren können. Immer kompliziertere, enzymgesteuerte Reaktionszyklen, mit immer differenzierten Reaktionszentren in den Enzymen, haben sich selbstorganisatorisch herausgebildet. Ihre Optimierung ist eine direkte Antwort, der sich durch DNA-Mutation ergebende Selektion. Diese Selektion erfolgt bereits auf molekularer Basis, führt im Zellsystem zu angepassten Enzymen und darüber hinaus zu makroskopischen morphologischen Veränderungen.

Hier setzen dann die Fragen von Vitalisten und Panpsychisten ein: Wieso sollten diese Selbstorganisation, dieser Mutations- und Selektionswirrwarr immer nur zum positiven Fortschreiten und nicht zur Selbstvernichtung geführt haben? Gibt es also doch eine beseelte Natur, die unbeirrt zu Leben immer höherer Differenziertheit und letztlich zu bewusstseinsfähigen Menschen führen muss, bzw. geführt wird? Oder anders formuliert, gibt es Attraktoren, die eine in die Zukunft gerichtete nachhaltige teleologische Entwicklung verursachen oder gar eine solche erst initiiert? Hier möchte ich das Feld Panpsychisten wie Rupert Sheldrake (Sheldrake, 2012) überlassen: Es wird in diesem Beseelung voraussetzenden Denkansatz ja recht anthropozentrische argumentiert, dass unsere menschliche, bewusstseinskreierende Entwicklung ein positive Zielerreichung ist, was man zumindest hinterfragen kann.

Ich glaube dagegen, dass die Menschwerdung mit hoher Sicherheit kein geradliniger, geleiteter Weg in unser Jetzt hinein war. Milliarden- und Billionenfach ist tatsächlich "Ausschuss" entstanden, der unterging. Nur ein winzig kleiner Anteil fand immer wieder Wege, sich in der Fitnesslandschaft festzusetzen; zumindest seit etwa 3-5 Million Hominiden-Jahren. Ganz zu schweigen von der davor liegenden Entwicklungszeit zu Ein- und Mehrzellern. Ist das als eine Art statistischer Effekt zu sehen, da die geringe Wahrscheinlichkeit für menschliches Leben durch gigantische Überproduktion kompensiert wurde? Man muss sich nur Stammbäume ansehen. Tatsächlich sehen wir diese Strategie wohl schon immer in der Natur z.B. im Angebot von Samen - man denke nur an das menschliche Sperma. Masse erzeugt Klasse?



Kopie aus WIKIPEDIA

Natürlich schürt der verführerische gedankliche Ansatz der Zielgerichtetheit unserer biologischen Vergangenheit, Zweifel am Konzept einer anonymen, zufallsorientierten Evolution. Wie sind über Milliarden von Jahren ständig differenziertere, optimierte Systeme entstanden, die immer erfolgreicher in der Selbstorganisation waren? Warum sind sie nicht untergegangen? Nur aufgrund von Mutation und Selektion? Sie haben unzweifelhaft z.B. zu Nahrungsautarkie, ungehemmter Vermehrung, Informationsanhäufung (Entropieerniedrigung) und unentwegter Weitergabe des Erfolgsgaranten - DNA - geführt. Erst durch dieses molekulare Ungetüm, konnte Nachhaltigkeit entstehen da DNA wie eine Art Bürge mit Vergangenheitserfahrung agiert. Eine erprobte und erfolgreiche DNA

wurde, wenn auch zunächst nur in kleinsten Einheiten, in ein biologisches Konzept integriert und seit Milliarden von Jahren erfolgreich der Fitnesslandschaft präsentiert.

Es mag vielen Esoterikern kalt und unmenschlich erscheinen, wenn wir aber keine spekulativen, konstruierten, vor allem aber unüberprüfbaren Beseelungsvorstellungen bemühen wollen, sollten wir akzeptieren, dass wir uns, beim augenblicklichen Stand des Wissens, in einer reinen "trial an error" Situation der Selbstorganisation befinden. Die sich ständig ändernde Umwelt baut immer neue Hindernisse auf und stellt den Phänotyp auf den Prüfstand. Und nachdem es exponentiell anwachsende Variationen davon gab und gibt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass einige Populationen, gestärkt und fähiger durch erhöhte Vermehrungsraten überleben durchaus endlich.

In der weiter oben beschriebenen Reaktionssuppe einer Zelle kann man sich auch vorstellen, dass der eine oder andere Schritt sicher nicht von Anfang an etabliert war. Im Lauf der Evolution, bei adäquatem Ressourcen- und Energieumfeld, wurden viele Reaktionsschritte erst einbezogen, nachdem sie sich bewährt hatten bzw. nachdem sich Bedarf ergab. Dafür spricht ja auch der Befund, dass es zunächst vor 3 Milliarden Jahren nur die Glykolyse gegeben hat. Erst im Nachhinein haben sich der ZSZ und die Atmung als vorteilhaft erwiesen, vielleicht aufgrund zur Neige gehender Ressourcen bzw. der immer virulenter werdenden Potentialquelle nicht genutzter Freier Energie durch Anhäufung von Pyruvat.

Abschließend sei nochmals auf den reduktiven, anabolischen Zitronensäurezyklus verwiesen: Der reduktive anabolische Zitronensäurezyklus stellt die Umkehrung des oxidativen katabolischen Zitronensäurezyklus dar. Die meisten Enzyme des oxidativen Zitronensäurezyklus werden auch bei diesem reduktiven Stoffwechselweg verwendet, allerdings entgegen dessen katabolischer Richtung. Im oxidativen Zitronensäurezyklus gibt es aber drei irreversible Schritte, die im reduktiven Zitronensäurezyklus durch drei spezielle Enzyme umgangen werden. Besondere Bakterien z.B. grüne Schwefelbakterien, können so aus Kohlendioxid, über den reduktiven Zitronensäurezyklus (s.o.), Pyruvat aufbauen.

Immer wieder Pyruvat. Der Eindruck einer zentralen Substanz in der Biologischen Evolution verstärkt sich.

Zusammenfassung

Glukose wird enzymatisch abgebaut. Dabei erfolgt Transformation von Bindungsenergie der Glukose in diskrete Energiepakete (ATP) für den Zell-Umsatz . Atmung ermöglicht effektive Ressourcennutzung.

Die drei wichtigsten biochemischen Energie-Transformer sind: Adenosintriphosphat (ATP), Nicotinamid-adenin-dinukleotid (NAD⁺) und Flavin-adenin-dinukleotid (FAD).

Die Glykolyse könnte sich vor ca. 3-4 Milliarden Jahren selbstorganisatorisch evolutionär heraus gebildet haben. Bei der Glykolyse übertragen die biochemischen Reaktionen der Substratkettenphosphorylierung energiereiche phosphorylierte Zwischenprodukte Phosphorylgruppen auf ADP und bilden so energiereiches ATP. Glukose wird dabei anaerob bis zu Brenztraubensäure (Pyruvat) abgebaut.

Im Zitronensäurezyklus wird die Brenztraubensäure bis zu CO₂ abgebaut und der Hauptteil an dabei verfügbar werdender Freier Energie der Glukose von NAD⁺ in NADH und von FAD in FADH₂ zwischengespeichert.

In der Atmungskette werden die Speicherenergie-Träger NADH und FADH₂ mit Sauerstoff zu NAD⁺, FAD und Wasser zurückoxidiert und die dabei freigesetzte Energie in ATP transferiert. Der gesamte Energieumsatz erfolgt unter ständiger Entropie-Erhöhung und hätte für sich gesehen keine Zukunft da ständiger Verbrauch von in Glukose gespeicherter Bindungsenergie erfolgt. Erst durch die im Folgenden zu diskutierende Nachlieferung von Glukose-Bindungsenergie durch die Photosynthese, entsteht ein sonnengetriebener Kreislauf, der vielschichtige Lebensentfaltung ermöglicht.

2.5.7 Bereitstellung chemischer Speicherenergie durch Glukose

Thema: In diesem Abschnitt soll dargestellt werden, auf welche Weise es die Zell-Evolution erreicht hat, sich von der Begrenztheit urzeitlicher, abiotisch entstandener Ressourcen zu lösen. Sie schuf einen biochemischen Energieträger, integriert in einen Redox-Kreislauf. Es ist das im Endergebnis die enzymatische Reduktion von Kohlendioxid mit Wasser zu Glukose, unter Freisetzung von Sauerstoff, die Photosynthese. Dabei handelt es sich um einen thermodynamisch unwahrscheinlichen Vorgang, verbunden mit dem Aufbau von molekularer Freier Energie und partieller Entropie-Erniedrigung. Die Evolution hat dies letztendlich durch Nutzung eines Lieferanten von unerschöpflicher Freier Energie, der Sonne, ermöglicht.

Vorgelagert, in einer Art Initiationsstadium, nutzte die Evolution allerdings anstelle von Sonnenlicht und Sauerstoff, potente anorganische Verbindungen zu den entscheidenden Redox-Vorgängen. Als offenes System hat damit die Zelle durch die Photosynthese Zugang zur notwendigen Materie- und Energiebereitstellung für ihr Fließgleichgewicht erreicht. Sie erzeugt, sozusagen als Beifang, Sauerstoff, der das Einmünden in einen Endloskreislauf zur ATP-Bereitstellung durch die Atmung ermöglicht.

Mit der Bereitstellung chemischer Energie sind in diesem Zusammenhang zunächst nicht die Energieüberträger wie ATP, FADH₂, NADPH oder NADH gemeint.

Hier geht es um die stoffliche, biologische Primärenergie, die letztlich aus den Photonen des elektromagnetischen Feldes der Sonne stammt. Besagte Bereitstellung erfolgt in erster Linie durch das ubiquitäre Kohlenhydrat Glukose.

Man muss sich diesen energetischen Zusammenhang einmal klar machen: Der Urknall setzte unfassbare Energiemengen frei. Durch Symmetriebrüche bildet sich aus Energie Materie in Form von chemischen Elementen. Diese Elemente können in geeigneten Energienischen miteinander agieren und molekulare Strukturen aufbauen. Diese molekularen Strukturen sind in der Lage selbstorganisatorisch zu interagieren und letztlich Eigendynamik in Form von Leben zu entwickeln. Energie wird als Motor auf einer ganz niedrigen Ebene in Materie, in Form von Bindungsenergie, zwischengeparkt. Sie hält die Eigendynamik am Laufen, indem sie gegen alle Wahrscheinlichkeit Ordnung ermöglicht also die Entropie selektiv erniedrigen kann.

Ich bin der Ansicht, dass dieses naturwissenschaftlich erfassbare Netzwerk grundsätzliche Fragen beantwortet, im Gegensatz zu vitalistischen nebulösen Beseelungsideen oder morphischen Feldern (Sheldrake, 2012).

Als Resümee des vorhergehenden Abschnitts können wir festhalten, dass sich die Urzellen im Laufe der Etablierung der Glykolyse wahrscheinlich in die Lage versetzte, abiotisch entstandene, achirale Glukose-Vorläufer bzw. andere abiotische entstandene Kohlehydrate und Kohlenstoffverbindungen, wie Alkohole, Säuren, einfache Zucker usw., mit magerer Ausbeute in ATP zu überführen. Damit entwickelte sie eine dem frühen heterotrophen Zellstoffwechsel angepasste Energieversorgung durch Bereitstellung von geeigneten ATP-Energieportionen für die Zellabläufe. Die Etablierung der Zelle als elementare Lebenseinheit dürfte eine wesentliche Voraussetzung gewesen sein da nur in deren Matrix die selbstorganisatorische, stochastische Molekularbiologie ablaufen kann. Man darf sich aber unter diesen Energieportionen kein "Anheizen" einer biochemischen Reaktion vorstellen, wie es in der technischen Chemie durch Wärmezufuhr geschieht. Es geht vielmehr darum Moleküle sozusagen gegen die Thermodynamik aktionsfähig zu machen. Das bewirkt ATP wie gesagt durch Übertragung von reaktiven Phosphat-Gruppen. Ohne ATP sind keine Phosphorylierungsschritte möglich, da ja erst durch dieses Aktivieren von trägen Molekülen biochemische, nicht spontane Reaktionen, ablaufen können.

Da stellt sich natürlich die Frage nach dem Hintergrund dieser Entwicklung.

- Vitalisten sehen hier wahrscheinlich einen wichtigen Schritt innerhalb eines ganzheitlichen teleologischen Konzeptes.

- M.E. war es einfach das Potential, also eher eine Möglichkeit, welche die molekulare Ur-Atmosphäre selbstorganisatorisch, energetisch aufbaute (s.o. Miller Versuche). Initiator und ursprünglichster Energielieferant war vor allem das elektromagnetische Feld der Sonne. Wiegesagt entstanden in der frühen, reduzierenden Erdatmosphäre unentwegt, im Lauf von Äonen, einfache Moleküle, vor allem Aminosäuren, die auf die Erde herabregneten (s.a. 2.1.7). Ihre „quantenmechanische Ausrüstung“, initiiert durch Sonnenenergie, also ihr Potential an aufgebauter Bindungsenergie befähigte sie zu weiteren selbstorganisatorischen Verknüpfung, die die Voraussetzung für die Lebensentfaltung nutzten. Aus der Sicht der Entropie musste das zu Potentialabbau führen; eine Möglichkeit, die irgendwann sozusagen "durchzündete" und sich verselbstständigte, so wie Wasser immer den Berg hinab fließt. Der zunächst dominierende Potentialabbau der ersten organischen Polymerisate durch Hydrolyse, also Energieverlust und Entropie-Zunahme, wurde durch immer mehr chemische Aktivitäten autokatalytisch kompensiert. Ermöglicht wurde das durch permanenten Energiezufluss aus vorwiegend thermischen Quellen, wie z.B. Vulkanismus bzw. Abwärme von nuklearen Zerfallsprozessen. Dieses Potential musste zu Reaktionen zwischen den aus der Ur-Atmosphäre ständig herunter regnenden präbiotischen Molekülen führen. Zum einen könnten aus der Uratmosphäre phosphorhaltige Reaktionsteilnehmer stammen (s.a. 2.1.7); vor allem aber bildete sich auf dem Festland abiotisches ATP aus Adenin der Ur-Atmosphäre, Ribose und Phosphat. Dessen Entstehung wurde wahrscheinlich initiiert durch thermische Einflüsse, um die notwendige Wasserabspaltung zu bewirken. Für eine bevorzugte Bildung von Adenin bzw. ATP spricht vor allem die heute noch bestehende Präsenz dieses Bausteins in vielen biochemischen Verbindungen. Denken Sie nur an Nukleinsäuren, an Energie-Carrier wie NAD^+ , NADP oder Coenzym A usw. Durch den permanenten Materie-Zufluss aus der Ur-Atmosphäre etablierten sich, neben der Potentialvernichtung durch hydrolytischen ATP-Abbau zu ADP und AMP, andere Reaktionspartner als Wasser. Moleküle mit OH-Gruppen wurden phosphoryliert und damit selbst auf ein Reaktionsniveau gehoben, das zuvor nicht bestand. Es ist vorstellbar, dass diese anderen Reaktionspartner sich bevorzugt in Vorläufern von ersten Zellen befanden, deren Bildung als Coacervate oder Vesikel anzunehmen ist.

Die Uratmosphäre dürfte noch sehr lange Zeit unentwegt organische Moleküle produziert haben, die auf die Erdoberfläche regneten. Um sie im Sinn der Biochemie nutzbar zu machen, mussten sie wiegesagt ständig aktiviert werden, z.B. durch abiotisch gebildetes ATP. So könnte es irgendwann zu einer Mangelsituation bezüglich dieser abiotischen ATP-Bereitstellung gekommen sein. Die Evolution der Zelle hat auf diese Herausforderung durch Ressourcenaufbau in Form von Glukose, durch die Glukoneogenese und den reduktiven Zitronensäure-

Zyklus bzw. die Dunkelreaktion in der Photosynthese (Calvin-Zyklus) reagiert. Für diese Wege war die Verfügbarkeit von ATP die Voraussetzung. Abiotisches ATP ermöglichte über die Glukoneogenese, parallel auch über den Ur-Calvinzyklus, Energiespeicherung in Glukose-Bindungen. Deren Abbau im Rahmen der Glykolyse führte wieder zu ATP. Ein Nullsummen-Spiel? Bisher war also nur die ATP-Energie verfügbar, die aus thermischen Energiequellen, ohne Sonnenenergie, stammten.

Der entscheidende Prozess, den ich als "durchstarten" bezeichnen möchte, war sicherlich die spätere Lichtreaktion der Photosynthese, die den freien Zugang zu Sonnenenergie ermöglichte. Voraussetzung hierzu war, wie wir noch sehen werden, die Möglichkeit Photonenenergie aus dem elektromagnetischen Feld der Sonne, über Absorptionssysteme (z.B. Porphyrine in Chlorophyllen) aufzunehmen und in chemische Bindungsenergie einzufrieren. Erst durch diese "Lichtsammler", wird die elementar wichtige Photosynthese zu einem entscheidenden Schritt. Sauerstoff wurde verfügbar.

Es ist anzunehmen, dass nach der "Erfindung" dieser Lichtreaktion im Rahmen der Photosynthese, die Atmung entstand und damit Sauerstoff für die Atmung verfügbar wurde. Der Kreislauf war geschlossen.

Im Prinzip haben wir, abgesehen von der Glukoneogenese, bisher überwiegend von „Leben auf Pump“ gesprochen. Die Lebensvorgänge basierten darauf, dass in der Uratmosphäre reduzierte, energiereiche Kohlenstoffverbindungen vorhanden waren, die zum eigenen Energiehaushalt von Urzellen heterotroph ersatzlos verbraucht wurden. Entstanden sein dürften sie aus den abiotischen Ur-Suppe-Synthesen in der Atmosphäre vor ca. 4 Milliarden Jahren.

Belege für eine solche Entwicklung findet man heute in dem $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopenverhältnis des organischen Kohlenstoffs, das sich bis vor 3,8 Milliarden Jahren in Sedimenten massenspektroskopisch nachweisen lässt. Dieses Isotopenverhältnis ist ursächlich mit Lebensentfaltung verbunden. Zu allen Zeiten existierte auf der Erde folgende natürliche Isotopenverteilung:

98,89 % ^{12}C und 1,11 % ^{13}C

Da zur Reaktionen des etwas schwereren ^{13}C , zum Beispiel in $^{13}\text{CO}_2$, eine etwas höhere Aktivierungsenergie notwendig ist, reagiert $^{13}\text{CO}_2$ etwas langsamer als $^{12}\text{CO}_2$. Es resultiert ein Verhältnis der Reaktionsgeschwindigkeit von $^{12}\text{C} : ^{13}\text{C}$ von 1,00 : 0,96, das einer biochemischen CO_2 -Fixierung entstammt und das sich auch in organischen Verbindungen nachweisen lässt. In anorganischen Carbonaten, ohne biologische Einflussnahme, ist dieses Defizit durch C^{13} -

Verarmung nicht gegeben. Überraschend ist in diesem Zusammenhang, dass eine solche Isotopenfraktionierung von - 15 ‰ (Werte bis zu - 28 ‰ wurden in eindeutig organisch entstandenen präkambrischem Material bereits gefunden) schon in den 3,8 Milliarden Jahren alten Isua-Carbonaten auf Grönland gefunden wird. Die Paläontologen werten das als sehr frühe aktive CO₂-Fixierung biologischer Art. (Follmann, 1981, S. 34)

Schon wiederholt wurde von der unvermeidlich zu erwartenden Mangelsituation gesprochen, die entstand, als die reduzierten Kohlenstoffverbindungen durch die Verwertungs-Aktivität der Urzellen immer mehr verbraucht waren. Wie oben erläutert, konnte sie mit folgenden Strategien behoben werden:

- bessere Nutzung vorhandener Ressourcen durch Atmung (s.o.) bzw.
- Ressourcenaufbau in Form von Glukose durch die Glukoneogenese und im reduktiven Zitronensäure-Zyklus bzw. der Dunkelreaktion in der Photosynthese (Calvin-Zyklus)

Auf die zweite, wesentlich zukunftsfähigere Variante, die Dunkelreaktion, wollen wir nun zugehen.

Es ist aber ergänzend festzuhalten, dass die bisher und im Folgenden beschriebenen biochemischen Vorgänge nur die Spitze des Eisbergs darstellen. Der Glukose-Weg ist zwar der ubiquitär dominante, aber nicht der einzige Zyklus in der Biochemie. Es gibt eine Vielzahl von äußerst erstaunlichen anderen Wegen der Evolution zur ATP-Bereitstellung in Nischen der Biochemie in Heiß- und Kaltregionen oder Dunkelbereichen.

2.5.7.1 Ressourcenaufbau in Form von Glukose

Stichpunkte: Die aerobe Photosynthese erfolgt in 2 Schritten: In der Lichtreaktion wird mit Hilfe von lichtabsorbierenden, meist Chlorophyllen³⁰⁷, Licht-Energie, also Photonen des elektromagnetischen Feldes der Sonne in chemische Bindungsenergie verwandelt. Dazu wird in der Lichtreaktion das Sauerstoffion des Wassers oxidiert ($H^{+1}_2O^{-2}$), H^{+1} und ein Elektron des Sauerstoffions auf $NADP^+$ übertragen, wobei NADPH, ATP und Sauerstoff(O^0_2) entstehen.

NADPH wird dann in der Dunkelreaktion (Calvin-Zyklus) unter anderem zur Fixierung, besser gesagt Reduktion, von Kohlenstoffdioxid verwendet.

Glukose und Sauerstoff entstehen als Endprodukte, wenn als Reduktionsmittel Wasser eingesetzt agiert.

Es ist einleuchtend, dass ein offenes, stoffliches Kreislaufsystem mit chemischen Komponenten, in das nur noch die permanent, allerdings in Tagesrhythmen, zur

Verfügung stehende Energie der Sonnenstrahlung investiert werden muss, eine aussichtsreiche Perspektive darstellt. Bevorzugte chemische Komponenten waren sicher solche, die nachhaltig, in nahezu unbeschränkter Menge, dem richtigen Aggregatzustand und vor allem ubiquitär zur Verfügung standen. Heute wissen wir, dass dies Wasser und gasförmiges Kohlendioxid, also Verbindungen der Elemente Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff sind.

Nebenbei bemerkt sind Kohlenstoff und Sauerstoff auch die ersten Elemente, die nach dem Urknall durch Kernfusion aus Helium entstanden sind. Man kann da schon ins Grübeln kommen, warum gerade diese Elemente die wichtigsten Lebensbausteine sind. Dass andere Elemente, wie z.B. Silizium terrestrisch dafür ungeeignet sind, wurde bereits erörtert. Pragmatische Antwort: Andere Elemente erwiesen sich in der Anwendung als unbrauchbar.

Warum aber gibt es das ganze Spektrum von 92 Elementen? Das ist eine Frage der verfügbaren Energie. Temperaturproportionale Energieäquivalente entstanden in gravitativen Verdichtungsprozessen in Sternen und in Supernovae. Die entsprechenden energetischen Potentiale - thermonukleare Gleichgewicht von Energie und Materie – führten durch Brüche zum Bestand der Materie.

Zudem ist es nicht so, dass nur die o.a. Lebens Elemente in lebenden Zellen von Bedeutung sind. Gerade im Zusammenhang mit der Photosynthese spielt beispielsweise Mangan im PS 2 (*WIKIPEDIA: Das Photosystem II (abgekürzt PSII) ist ein Teil des Photosynthese-Systems von Pflanzen, Algen und Cyanobakterien*) eine Schlüsselrolle. Sehen Sie hierzu den bereits zitierten Artikel: *"Die Wasserspaltungsmaschine der Photosynthese. Ein Enzym, das die Welt veränderte, Lohmiller, Lubitz (Labor & more, 08.15, Seite 10)*. Wie in der u.a. Abbildung 65 dargestellt, erfolgt die Zerlegung von Wasser zu Sauerstoff und Protonen in einer Art Mangan-Calcium-Sauerstoff-Cluster.

Die Evolution hat aus einem großen Baukasten von 92 Elementen alle benutzt, die sich synergistisch und ubiquitär in das Konzept des selbstorganisierten Funktionierens einfügten. Siehe auch: "Die erkannten chemischen Lebens Elemente: 2.2.10".

Für den Kosmos stellt sich die Frage nach diesen Lebens Elementen nicht. Die Geburt der Elemente, vor allem nach Eisen, setzt Energiestufen von außerordentlich hohem Niveau voraus - Supernovae. Vielleicht werden irgendwann in der kosmischen Forschung noch Abläufe von unbekanntem und noch höheren Niveaus gefunden. Vielleicht findet man dann auch mit spektroskopischen Mitteln chemische Elemente, die jenseits der von Menschen künstlich gewonnenen Transurane liegen. Das mag interessant sein, ist aber unerheblich für uns. Wie ich erläutert habe, findet Erdenleben und damit unser Dasein in klar umrissenen

Grenzen von minimaler Energieäußerung und einem deutlich begrenzten Spektrum chemischer Elemente statt.

Leben ist eine vergängliche Möglichkeit, wenn man die zukünftige Entwicklung des Kosmos sieht. Es wird auf der Erde und auf möglichen extraterrestrischen Systemen unweigerlich irgendwann dem Entropie-Tod durch gravitativ bedingte Katastrophen geopfert. Was bleibt, ist die sich in die Raum-Zeit verlierende Energie, die letztlich aus dem Urknall resultiert, der einer zufälligen Quantenfluktuation im Nichts entkommen sein könnte (siehe: 1.5.5.1)

Die beschriebenen Lebenselemente sind offensichtlich die bevorzugte, nachhaltige Basis, die von der Evolution benutzt wurden, um dauerhaft die terrestrische Ordnung des uns vertrauten, energiereichen, elektronisch promovierten Speichersystems - Glukose - zu schaffen. Mit diesen Bausteinen konnte temporäre punktuelle Entropie-Erniedrigung verwirklicht werden.

Es ist ziemlich plausibel, dass andere chemische Elemente, z.B. Metalle, Übergangselemente, oder Edelgase im Evolutionswettbewerb um Berücksichtigung, in den Lebensmolekülen wenig Chancen haben. Wie bereits ausgeführt, sind sie entweder bis zu hohen Temperaturen Feststoffe, oder sie kommen nur untergeordnet vor und bilden z.B. Oxyde, die selbst wieder Feststoff sind, oder sie sind mengenmäßig zu selten anzutreffen, oder zu reaktiv. Sie passten nicht in die Organik des Temperatur- und Druckprofils der Erdoberfläche der letzten 4 Milliarden Jahre. Da sie sich der Evolution aber sozusagen schon immer angeboten haben, ist es nicht verwunderlich, dass sie sich in einer ganzen Reihe biologischer Systemen, mit entsprechendem analytischem Aufwand nachweisen lassen; manche sogar mit unerwarteter Funktionalität z.B. als Spurenelemente mit weniger als 50 mg/kg.

Ich bin allerdings der Meinung, dass Lebenssysteme auch auf völlig anderer materieller Basis auf einem anderen energetischen Niveau nicht per se ad absurdum zu weisen sind.

2.5.7.2 Etappen der biochemischen Glukose-Entstehung

Kurze Wiederholung:

Wer diese Zusammenhänge illustrativ kennenlernen möchte, sollte das Frankfurter Senckenberg-Museum besuchen.

Wie bereits beschrieben dürften die ersten lebensnahen Zellsysteme vor ca. 3,5 Milliarden Jahren durch die Verwirbelung von Lipid- und vor allem Proteinschichten in wässriger Umgebung entstanden sein. Es wird angenommen, dass sie ein Netz von Fasern beinhalteten, die in den Membranen der Zellhüllen verankert waren. Die Ursache dafür ist mir nicht geläufig. Diese Protozellen waren durch

Teilung und Knospung vermehrungsfähig – Beginn der Sexualität - und sollen früh entstandene Bakterien (Prokaryoten), aufgrund einer gewissen Beweglichkeit, eingeschlossen haben (Endosymbiose). Bakterien, vor allem Cyanobakterien dagegen, sollen durch Membranveränderungen vergleichsweise unbeweglicher geworden sein, waren aber zu einfachen Metabolismen befähigt, die in die Sauerstoff-Atmung und Photosynthese mündeten. Was hier so lapidar dargestellt wird, ist übrigens ein überaus komplexes Zusammenwirken von Enzymen-Kaskaden und spielt sich in den Mitochondrien von Zellen ab. Zwei Zellsysteme erwachsen aus der Urzelle:

Eingeschlossen in o.a. bewegliche Zellsysteme ermöglichten diese unbeweglichen Bakterien den beweglichen Zellen eine gesteigerte Energieversorgung. Hier ist m.E. die Basis der tierischen Zellformung bzw. Trennung in Flora und Fauna zu sehen.

Der als Nebenprodukt des Wirkens der Cyanobakterien vor ca. 1 Milliarde Jahre allmählich atmosphärisch anfallende, dort dann immer mehr dominierende Sauerstoff, stellte aber zunehmend eine ernste Umweltbedrohung durch strukturverändernde, lebensvernichtende Oxidation dar. Zuvor, bis vor etwa 2 Milliarden Jahren, wurde der Sauerstoff in Meeren von Fe^{2+} -Verbindungen verbraucht, die dabei zu Fe^{3+} -Verbindungen oxidiert wurden. Sehen kann man das heute noch an festländischen, roten Sedimentbändern (Rotsedimente) in denen diese Oxide als Eisenschlamm, später Bänder-Eisenerz, eingeschlossen sind.

Die seit dem Auftreten von Wasser schon immer wirksame Photolyse durch strahleninduzierte Photolyse, die auch geringe Mengen an Sauerstoff erzeugt, kann demgegenüber vernachlässigt werden.

Wie bereits ausgeführt, dürfte ein energetischer Initiator zur Einleitung von endergonen zellulären Reaktionen, die Nutzung des phosphorylierenden Potentials von abiotisch entstandenem D,L-ATP gewesen sein. Damit stand die notwendige Freie Energie ΔG für die meisten biochemischen Reaktionen bereit.

Dieser Schritt ist eine höchst bemerkenswerte Phase unserer terrestrischen Vergangenheit: Erstmals wurden endergone chemische Reaktionen verwirklicht, was letztlich eine punktuelle Entropie-Erniedrigung bedeutet. Der unerlässliche Anschub durch Freie Energie ΔG erfolgte durch Energie von außen, indirekt stofflich importiert in Form anorganische Phosphorverbindungen aus dem Weltall. In diesem frühen Stadium war das also noch kein Anschub durch Sonnenenergie. Der Impuls erfolgte wahrscheinlich durch das chemische Reaktionspotential einfacher chemischer Moleküle, wie Phosphate als "Phosphat-Energie". Diese könnten entstanden sein aus Phosphor und Sauerstoff, chemische Elemente der primordialen Elementsynthese, im interstellaren Raum; wahrscheinlicher aber m.E. auf der Erdoberfläche. Sie dürften sich auf unserer Erde als

Phosphatderivate angehäuft haben. So mit Reaktionspotential ausgestattet, wurden leicht ein- oder mehrfache Verknüpfungen mit OH-Gruppenträgern, wie der Formaldehyd-Polymerisation (Ribose) ermöglicht. Der Ersatz von einem Phosphatrest z.B. in solchermaßen aktivierter Ribose durch das Blausäure-Pentamere Adenin, könnte zu dem universalen Reaktionspromoter ATP geführt haben; allerdings als D,L-Racemat. Damit wäre, molekular gesehen, ein wesentlich differenzierter Reaktionsteilnehmer entstanden als reines Phosphat, was die Erkennung vereinfachte.

Dass parallel, wahrscheinlich aber eher später, der noch effektivere Promotor - das elektromagnetische Feld der Sonne - über Porphyrin-Systeme, vielleicht sogar antagonistisch im gleichen Sinn wirkte, ist anzunehmen.

Ein erster endergoner biochemischer Reaktionsweg mit der Bereitstellung von portionierter Speicherenergie, könnte zunächst die Substratkettenphosphorylierung und abiotischem D,L-ATP-Verbrauch als Reaktionsstarter gewesen sein. Diese reine Verbrauchssituation, ohne Kreislaufführung, konnte jedoch nur eine endliche Zukunft haben.

Die nächste Stufe war wahrscheinlich eine Erschließung der ATP-Generierung durch Abbau von abiotisch, aus Formaldehyd gebildeten Kohlehydratvorläufern, wie organische Säuren und Polyolen. Bindungsenergie von Kohlenhydrat-Quellen wurde so über die Glykolyse in ATP überführt und hat somit die bis zu dieser Phase erreichte energetische Lebensbasis für den Zellmetabolismus, über einen reinen Verbrauch hinaus, neu dimensioniert.

M.E. ist auf diese Weise, wie bereits erwähnt, erstmals die Bildung von D-ATP erfolgt: ein Symmetriebruch. Die präbiotische Situation sollte m.E. dagegen von D, L-ATP bestimmt worden sein.

Es muss sich dabei zunächst nur um direkte, biochemische ATP-Gewinnung, ohne NADH-Erzeugung oder Sonneneinwirkung gehandelt haben. Die NADH-Schiene kann sich zum Zeitpunkt ihrer Entfaltung nur als eine Art Nebenreaktion etabliert haben, bis über die Atmung - zunächst mit Sicherheit anaerob (s.u.) - die Rückführung in NAD^+ möglich wurde und damit der Kreislauf NAD^+ und NADH geschlossen war. Ein Mehrfaches an ATP-Energie wurde somit verfügbar. Es ist allerdings sehr wahrscheinlich, dass es sich bei dieser Reaktionsvielfalt nicht um eine wohlgeordnetes, aufbauendes Nacheinander, sondern um eine Art tastendes stochastisches Nebeneinander in der Evolutionslandschaft im Sinne von trial and error handelte.

Allerdings ist in dieser Betrachtung nicht die enzymatische Komponente berücksichtigt. Gab es schon Ansätze dazu? Wenn ja, müssen Fragen zur Selbstkreation, zur Reproduktion, zur Chiralität dieser Enzymvorläufer, usw. beantwortet werden. Ich denke in diesem Zusammenhang, dass Aminosäuren und Proteine zu

Genüge vorhanden waren, und dass, wie bereits erörtert, RNA eine entscheidende Rolle spielte.

Effektivere ATP-Gewinnung könnte wie gesagt in der Folge anaerobe Oxidationsvorgänge z.B. mit Sulfat oder Nitrat gewesen ein, um vorhandene Energie-Carrier wie NADH und FADH₂ in Rückgewinnungs-Kreisläufe einzubinden, also Vorläufer der Sauerstoffatmung (s.o.). Die NADH Entstehung kann aus der Reaktion von ATP mit phosphorylierter Nicotinsäureamid-Ribose, unter Abspaltung einer Phosphatgruppe des ATP und des Nicotinsäureamid-Ribosephosphats erfolgt sein (Beyer, 1967, S. 741).

Zunächst war es aber wohl nicht Glukose, die von Urzellen verwertet wurde, um ATP zu gewinnen, sondern eher Formosan-Zwischenprodukte.

Erst langsam entwickelten sich reversible biochemische Reaktionspfade, die z.B. über Glukoneogenese oder den reduktiven Zitronensäurezyklus auch enzymatisch gebildete chirale Glukose erzeugen konnten.

Was war aber der Grund, diese komplexe Struktur aufzubauen? Ihre Verwertbarkeit zur Gewinnung portionierte ATP-Mengen war durch die Glykolyse etabliert und wohl unverzichtbar. Deren Umkehrung zur Glukoneogenese war zum einen der Weg in ein Kreislaufsystem und zum zweiten eine Stabilisierung dieser für den Zellhaushalt unerlässlichen Energieportionierung. Wie erwähnt könnte es auch der Druck des Massenwirkungsgesetzes gewesen sein, da enorme Mengen an Kohlendioxid im Gleichgewicht mit Kohlenmonoxid vorhanden waren. Dieses hitzestauende Gas konnte so gebunden werden. Oder ist die triviale Erklärung: Der Pfad war zufällig gefunden, er war möglich, passte ins logistische, stofflich und energetische Umfeld und hat sich infolgedessen einfach breit gemacht. M.E. waren die Kreislauffähigkeit und das Massenwirkungsgesetz die entscheidenden Punkte.

Wahrscheinlich beurteilen wir Anthropozentriker all diese Abläufe mental zu beschränkt. Wir wollen eine systematische aufbauende Entwicklung sehen. Diese Sichtweise ist aber befangen durch die Sichtbeschränkung einer teleologischen Brille: wir sind im Tunnel der zielorientierten Erwartung, hinter der Menschheitsüberschätzung steht. Alle früheren Abläufe werden unter diesem Diktat betrachtet. Niemand zwingt uns aber diese religiös orientierte, chauvinistische Sicht beizubehalten. Immer mehr in den letzten Jahrhunderten und Jahrzenten ermittelten Fakten sprechen gegen diese durch Unkenntnis und Wunderglaube vernebelte Sichtweise.

Aber: woher kamen die Enzyme? Wie bereits erwähnt, können z.B. sehr früh grüne Schwefelbakterien aus Kohlendioxid über den reduktiven Zitronensäurezyklus (s.o.) Pyruvat aufbauen, das dann über die Glukoneogenese in chiraler Glukose überführbar ist. Den Bildungsweg der Energiezwischenträger, wie z.B. NAD⁺ und NADH habe ich bereits erwähnt.

Die Umkehrung der Glykolyse, die Glukoneogenese, könnte aber auch das Vorbild für eine neue, zukunftsfähigere Glukose-Bildung, nämlich die reduktive Dunkelreaktion der Photosynthese aus Kohlendioxid gewesen sein. Für diese Energiefordernde biochemische Synthese, mit dem Motor reduzierender Elektronen, musste ein energetischer Impetus gefunden werden, der sich im Gefolge, oder parallel zur Biochemie der anaeroben Atmungskette, als Lichtreaktion der Photosynthese (s.u.) heraus bildete. Denn die Atmungskette setzt Oxidationsmittel voraus, die z.B. NADH oder FADH₂ wieder zu NAD⁺ und FAD oxidieren können. Bekanntlich ist die erfolgreichste Methode in der Atmung die mit Sauerstoff, die aber erst durch die Lichtreaktion der Photosynthese energetisch und stofflich verfügbar wurde. Beides, Atmung und Lichtreaktion sind, wie beschrieben, Elektronentransportphosphorylierungen und liefern ATP. Ursprünglich, vor der Sauerstoffatmung, muss es eine anaerobe Oxidation gegeben haben.

Die Glukose-Bildung war mit einem langfristig zu beachtenden Problem verknüpft:

Trotz der riesigen Mengen an verfügbarem Wasser und Kohlendioxid der Ur-Atmosphäre, wäre aber die Energie- Speicherung in Form von Glukose irgendwann, nach tausenden von Jahren, durch die ständige Kohlendioxid-Fixierung im Glukose-Aufbau eingeschlafen. Man diskutiert heute ein maximal mögliches Verbrauchsfenster von 2000 Jahren, allerdings bei einem CO₂-Gehalt von heute 0,038 %. Danach sollte alles atmosphärische Kohlendioxid in Glukose und deren bekannte Folgepolymere gebunden sein. Ob es diese Situation war, die die Evolution zu einer passenden Antwort zwang, oder andere Umstände, ist für mich schwer zu entscheiden. Vieles spricht aber dafür, dass der biochemische Weg des Glukose-Verbrauchs zur ATP-Gewinnung, für die Evolution eine naheliegende Lösung bot, da er die Möglichkeit des Aufbaus eines Kohlenstoffkreislaufs eröffnete.

Es ist ganz offensichtlich: Die Evolution hat keinen langfristigen Plan. Sie schafft einen Weg, ohne sofort die möglichen Auswirkungen einzubeziehen. Ihr Prinzip ist es, auf sich ergebende Herausforderungen zu reagieren, indem sie Lösungen erprobt, ganz im Sinn von Mutation und Selektion auf molekularer Ebene.

Wie wäre es gewesen, wenn sich ein Kreislauf aus Pyruvat, Kohlendioxid und Wasser gebildet hätte, bzw. ist das denkbar? Wenn es also zu einem Aufbau von nur 3 (Pyruvat) anstelle von 6 (Glukose) Kohlenstoffatomen gekommen wäre. M.W. gibt es aber keine Photosynthese in der Pyruvat vorkommt bzw. eine Rolle spielt. Außerdem hätte ein solcher Weg weitreichende Folgen über die Energiefrage hinaus gehabt. Die Speicher- und Strukturqualität von Glukose, mit ihrer Polymerisationsfähigkeit zu Cellulose und Stärke, hätte von Brenztraubensäure

erbracht werden müssen. Additionen im Sinne einer Knoevenagel-Reaktion (Eine CH-acide CH_3 -Gruppe addiert sich an die Carbonylgruppe des nächsten Pyruvats) sind vorstellbar. Die entstehenden Moleküle dürften aber leicht decarboxylieren und damit die Rückbildung des monomeren Pyruvats unmöglich machen. Die Vorteile des Glukose-Cellulose-Systems sind nicht zu übersehen.

Der Glukose-Katabolismus, vervollkommnet in der Atmung, also „Verbrennung“ der Glukose durch Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser, ist in vielen Schritten reversibel. Er ist zudem Teil eines selbstorganisatorisch verwirklichtbaren Weges in der Umkehrung dieser Verbrauchskaskade, zurück zur Glukose. Die im katabolisch oxidativen Abbau der Speicherenergie Glukose anfallenden Endprodukte Wasser und Kohlendioxid wurden wieder zu anabolen Ausgangsmaterialien. Damit war der Kreislauf der chemischen Lebens Elemente geschlossen und das Problem der Mangelversorgung gelöst. Spätestens seit 700 Millionen Jahren wuchs der atmosphärische Sauerstoffanteil rasant an, mit Ausreißern nach oben (s.u.), auf heute konstante 20 %, während der Kohlendioxidanteil von ca. 16 % auf heute etwa 0,038% zurückging. Die terrestrische, stofflich energetische Basis war geschaffen; die außerterrestrische energetische Voraussetzung durch Nutzung des Sonnenlichts war für Jahrmilliarden gesichert. Das offene System Erde konnte punktuelle Ordnunginseln schaffen, also die Entropie erniedrigen und damit diversifiziertes Leben hervorbringen.

Die Evolution hat dieses grundlegende Speicherkonzept in der Biochemie, von Dunkel- und Lichtreaktion der oxygenen Photosynthese, zum Glukose-Aufbau und Abbau zur ATP-Gewinnung verwirklicht.

Zu dieser oxygenen Photosynthese sind Cyanobakterien, von denen es ca. 2000 Arten gibt, fähig. Sie besitzen keinen echten Zellkern, sind also Prokaryoten und nicht mit den als „Algen“ bezeichneten Eukaryoten verwandt. Cyanobakterien zählen zu den ältesten Lebensformen überhaupt, was ein Schlaglicht auf die frühzeitige evolutionäre Verwirklichung wirft.

Man sieht an diesem Beispiel übrigens: Die Evolution geht nach anderen Kriterien vor, als es ein Chemiker vom Standpunkt des Redoxpotentials des Wassers aus in Erwägung ziehen würde: die Elektronen des Sauerstoffs im Wassermolekül als Reduktionsmittel zu nutzen und das bei konstant niedriger Temperatur, käme ihm kaum in den Sinn. Wie gesagt spielen für die Evolution, neben Aspekten, wie ubiquitäre Verfügbarkeit, Aggregatzustand, physikalische Eigenschaften, Nutzbarkeit von geeigneten Energiepaketen usw., vor allem aber die Kreislauf-tauglichkeit, unter dem Blickpunkt der Nachhaltigkeit, die wesentliche Rolle.

In diesem Zusammenhang ist übrigens darüber hinaus die Rolle des Wassers als Entropie-Puffer gar nicht hoch genug einzuordnen. Wie bereits wiederholt

ausgeführt, lassen die Hydrathüllen der Biomoleküle und die Wandlungsfähigkeit dieser Wasserhüllen die Wege der biochemischen Entropie-Erniedrigung verständlich werden.

Es ist die Antwort der Evolution, dass sich die Sauerstoff verbrauchende aerobe Atmung entwickelte. Der schon mehrfach erwähnte stoffliche Kohlendioxid-Sauerstoff-Kreislauf war damit über den Glukose-Speicher geschlossen. Die Evolution hat von den beiden Möglichkeiten:

- fortschreitende Vernichtung organischer Substanzen durch stetig wachsende Sauerstoffkonzentration, also Selbstvernichtung und
- Anpassung durch konzentrationsbegrenzende, verbrauchende Kreislaufführung des Sauerstoffs,

bekanntlich den zweiten Weg ausgebaut. Das ist auch nicht weiter verwunderlich, denn wie schon des Öfteren erwähnt, ist die Biologie einer ständigen Herausforderung der Fitnesslandschaft ausgesetzt. Ihr Wirken beinhaltet in diesem Zusammenhang latent ein selbstgefährdendes Potential. Es war nicht so, dass die Evolution, sozusagen weit vorausdenkend, diesen Kreislauf planerisch in Angriff genommen hätte. Die Evolution agiert wiegesagt immer in der Gegenwart auf Herausforderungen. Die Fitnesslandschaft hatte sich durch die Sauerstoff-Freisetzung zunächst mit Sicherheit grundlegend verändert. Im Gefolge veränderte sich die Landschaft durch den ständigen Anstieg des Sauerstoffgehalts nachhaltig lebensgefährdend. In den Meeren muss die Gefahr, durch die begrenzte Löslichkeit von Gasen in Wasser geringer gewesen sein. Die Gefahr der Selbstvernichtung auf dem Festland zog herauf. Sie wurde effektiv beherrschbar durch selbstorganisatorische Begrenzung des Sauerstoffanteils der Atmosphäre (Massenwirkungsgesetz) auf einem konstanten Niveau. Heute sind es 20 %. Diese Begrenzung erfolgte durch Entwicklung eines biochemischen Sauerstoff-Verbrauchs in Form von Mineralisierung und Atmung, die sich mit anderen Oxidationsmittel (z.B. Sulfat und Nitrat) bereits vor 3 Milliarden Jahren etabliert hatten, da sie die effektive Nutzung der Energiereserve Glukose ermöglichte.

Es muss aber immer berücksichtigt werden, dass sich bis vor ca. 6-700 Million Jahren diese gesamte Biologie weitestgehend im Wasser abgespielt hat. Da es natürlich auch zu jeder Zeit Uferbereich gab, ist sicher auch unter diesen Phasengrenzbedingungen Entscheidendes geschehen.

Eine vergleichbar kritische Phase unserer atmosphärischen Festlands-Vergangenheit spielte sich auch vor ca. 300 Millionen Jahren ab, als Holz auf der Basis von Cellulose zu dominieren begann. Kohlendioxid wurde, parallel zur Sauerstofffreisetzung, in Form von Glukose als Cellulose fixiert. Neben der Entstehung

von Cellulose als strukturellem Gerüst, bildete sich eine ganz andere Trägersubstanz, die wohl eine Art Verklebung der Cellulose-Helices bewirkte. Es war das Lignin, ein phenolisches Makromolekül. Diese Substanz soll dafür verantwortlich gewesen sein, dass die damaligen Mikroorganismen, vor allem Pilze, nicht in der Lage waren, Holz wieder zu mineralisieren bzw. in Kohlendioxid zu überführen. Damit war der Kreislauf von Kohlendioxid, Wasser, Glukose und Sauerstoff noch nicht wirksam. Etwa 40 Millionen Jahre soll es gedauert haben, bis die Anpassung der Mikroorganismen erfolgte. In dieser Zeit stieg der Sauerstoffgehalt der Erdatmosphäre auf bis zu 30 %. Erst danach schwang das ganze System endgültig in den uns vertrauten Kreislauf ein.

Man kann diese globale Entwicklung auch nach einem Prinzip aus der Thermodynamik beschreiben:

Übt man auf ein Stoffsystem, das sich im chemischen Gleichgewicht befindet, einen Zwang durch Änderung der äußeren Bedingungen z.B. der Stoffmengen aus, so stellt sich, infolge dieser Störung des Gleichgewichts, ein neues Gleichgewicht, den Zwang vermindert ein. In unserem Fall war das die Verbrauchserhöhung von Sauerstoff durch die Atmung.

Mancher von Ihnen mag dieses Prinzip als das des kleinsten Zwangs, von Le Chatelier, bereits kennen. Ein in der Evolution auftretender Zwang kann z.B. die sich aus einer ungebremsten biochemischen Entwicklung ergebende Häufung eines Stoffes sein. Damit landen wir wieder bei einer Veränderung, die gut über chemische- bzw. thermodynamische Gesetze, das Massenwirkungsgesetz erfassbar ist. Für die Entwicklung der Sauerstoffatmosphäre erscheint eine solche Sichtweise plausibel bis auf die Tatsache, dass es sich um keine einfache thermodynamische Gleichgewichtssituation handelte.

Wie ausgeführt, wurden vor ca. 3 Milliarden Jahren die Weiche für eine Trennung in zwei biologische Bereiche, in zwei Zelllinien, gestellt. Es sind das die Pflanzen und die Tiere - Flora und Fauna. Aus der Endosymbiose durch Einbau von Cyanobakterien in tierische Zellen resultiert die Bildung von Mitochondrien sowie Chloroplasten und damit ein wesentlich effektiverer Zellmetabolismus
Der nächste große Sprung in unserer Erdgeschichte war der Landgang:

Ausgangsbedingungen:

Zeitpunkt: vor ca. 600 Million Jahren, Beginn des Kambriums und Ende Präkambriums

Lebens-Matrix: Wasser des Ozeans

Temperatur: lebensunterstützend

Lebewesen: ozeanische Algen, Entwicklung von Trilobiten

Atmosphäre: 15 – 16 % Kohlendioxid, 2- 5 % Sauerstoff, Rest: Stickstoff, unbelebt

Vergleichen wir damit die heutige (vorläufige!) Endsituation:

Zeitpunkt: 600 Jahre bis heute, Kambrium, Paläozoikum. Mesozoikum, Jura

Lebens-Matrices: Wasser der Ozeane und gasförmige Atmosphäre

Temperatur: lebensunterstützend

Lebewesen: außer den ozeanischen Lebewesen nunmehr belebte Atmosphäre: unbewegliche Landpflanzen (vor 400 Million Jahren) und bewegliche Tiere: Insekten, Saurier (vor 200 Million Jahren), Säuger (vor 150 Million Jahren)

Atmosphäre: Spuren Kohlendioxid, 20 % Sauerstoff, 80 % Stickstoff

Grundannahmen:

Es muss bereits vor 600 Million Jahren einen enzymatisch arbeitenden Metabolismus gegeben haben, der bereits vor ca. 1 Milliarde Jahren zu atmosphärischer Sauerstoff-Freisetzung führte, der zum Beginn des Kambriums vor 600 Million Jahren bereits auf 2-5 % angestiegen war. Dass es bereits vor ca. 3 Milliarden Jahren Sauerstoffproduzenten gab sollte aus o.a. Erwägungen erhellen. Es folgte die „Kambrische Explosion“, die innerhalb von einigen 10 Million Jahren den Sauerstoffanteil auf etwa 10% an hob. Die weitere Entwicklung auf heute 20 % verlief innerhalb ca. 550 Million Jahren kontinuierlich.

WIKIPEDIA: Als kambrische Explosion, wird das fast gleichzeitige erstmalige Vorkommen von Vertretern fast aller heutigen Tierstämme im geologisch winzigen Zeitraum von 5 bis 10 Millionen Jahren zu Beginn des Kambriums vor etwa 541 Millionen Jahren bezeichnet. Die grundlegenden Körperbaupläne vieler mehrzelliger Tierstämme, die seitdem die Erde bevölkern, sind in Gesteinen dieser Epoche erstmals überliefert.

Das erste Auftreten von Vielzellern datiert man auf 2,1 Milliarden Jahre vor unserer Zeit (Gaboni-onta). Wie alle anderen Fossilien vor dem Mesoproterozoikum handelt es sich um schwer interpretierbare Zellkolonie-artige Bildungen ohne sicheren Bezug zu späteren Organismen. Erste Fossilien, die mit einiger Überzeugung morphologisch als Makroalgen ansprechbar sind, sind die etwa 1,2 Milliarden Jahre alte Bangiomorpha (möglicherweise eine Rotalge) und die etwa 800 Millionen Jahre alte Proterocladus (vermutlich eine Grünalge aus den Chlorophyta). Wann genau erste vielzellige Tiere auftraten, ist stark umstritten. Aus Erbgut-Vergleichen heutiger Tierarten mit den Methoden der molekularen Uhr ergeben sich z. T. sehr frühe Zeitpunkte für letzte gemeinsame Vorfahren vieler Tierstämme, ohne dass man aus diesen Epochen Fossilien fand. Eine Annahme ist, dass erste Vielzeller klein waren und weder ein Skelett noch andere Hartteile besaßen, so dass ihre fossile Überlieferung unwahrscheinlich wäre.

Aus den Erdzeitaltern vor dem Kambrium sind wesentlich weniger Fossilien bekannt als aus den Zeiten danach, so dass der gesamte Zeitraum von der Entstehung der Erde (vor ca. 4,56 Milliarden Jahren) bis zur kambrischen Explosion vor 541 Millionen Jahren Präkambrium genannt wird.

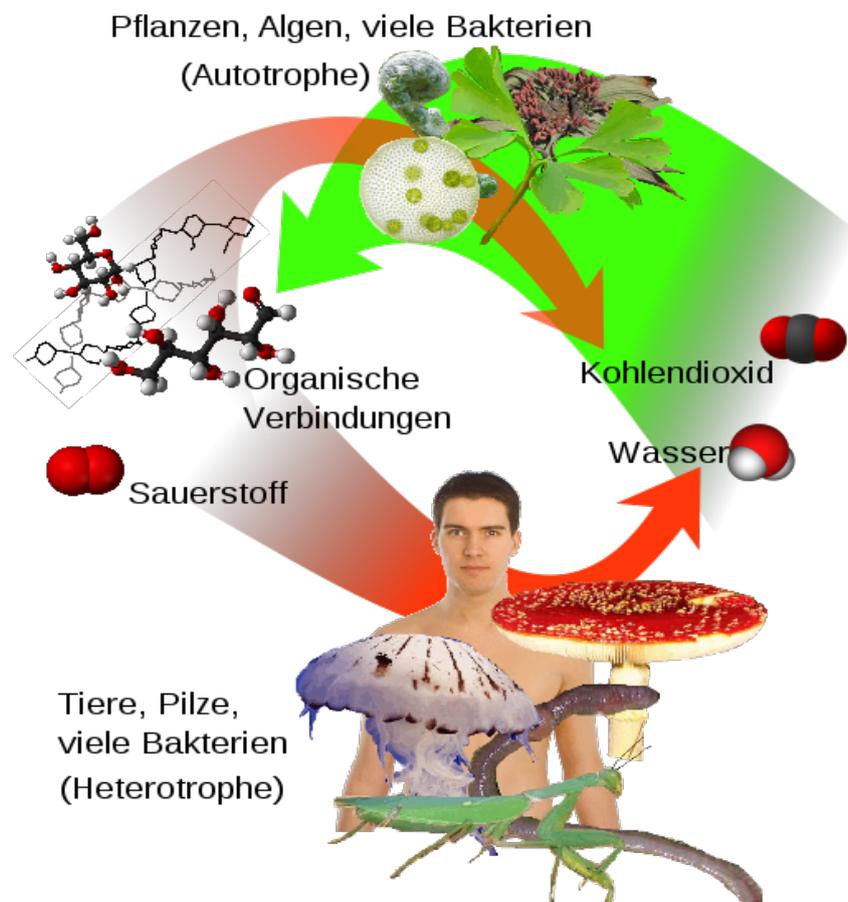
Systeme, die Photosynthese betreiben können, sind mit Chloroplasten bestückte Pflanzenzellen und bestimmte Bakterien. Pflanzenzellen sind darüber hinaus in der Lage Energie über den ZSZ und die Atmungskette zu gewinnen. Bei temporärem Licht oder Sauerstoffmangel können sie auf die Glykolyse zurückgreifen. Sie müssen ja zusätzlich zum Glukose-Aufbau in der Dunkelreaktion, auch ATP für den Zellstoffwechsel bereitstellen. Das ATP, das über die Lichtreaktion gebildet wird, ist vorwiegend Voraussetzung für die Dunkelreaktion der

Glukosebildung. Dazu ein Zitat aus (Lehninger. Albert L., 1979) Seite 296: „So sind beispielsweise die grünen chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen höherer Pflanzen zur Photosynthese befähigt und damit autotroph, die Zellen der Wurzeln dagegen heterotroph. Darüber hinaus fungieren die meisten grünen Blattzellen im Sonnenlicht als photosynthetisch aktive Autotrophe, im Dunkeln dagegen als Heterotrophe“.

Das folgende Bild kann diese Zusammenhänge transparent machen:

Kopie aus WIKIPEDIA, gemeinfrei

Was in diesem Bild fehlt ist, leicht ersichtlich; die Sonne als Energiequelle.



Pflanzenzellen haben zusätzlich Zellwände (Exoskelette), die nicht in der tierischen Zelle vorkommen.

Wenn man den Kohlenstoff-Sauerstoff-Kreislauf auf den Kern reduzieren will, stellt man fest, dass es ganz grundsätzlich um energetisch getriebenen Elektronenfluss, also Gradienten in Redoxsystemen geht, was für einen Chemiker eigentlich eine Selbstverständlichkeit ist.

Auf was läuft das hinaus? Sollte Leben letztlich so „einfach“, als Wirken eines Elektronenflusses, ausgelöst und unterhalten durch das elektromagnetische Feld der Sonne, also eine Art Elektronentransportmaschine erklärbar sein? Letztlich spricht vordergründig nichts gegen diese reduktionistische Sichtweise des mechanistischen Teils der Lebensentfaltung.

In einem eher holistischen Ansatz, also einer Ganzheitsbetrachtung des Begriffs Leben, wird u.a. Entropie in der formalen Entfaltung von Ordnung und Information zu berücksichtigen sein. Vor allem Ordnung ist ein Pendant der Entropie, die in abwägender Weise viele Einzelfakten integrierend erfasst.

Noch umfassender ist die panpsychistische Betrachtung.

WIKIPEDIA: "Panpsychismus (von altgriech. πᾶν pan „alles“ und ψυχή psyche „Geist, Seele“) ist eine metaphysische Theorie, der zufolge alle existenten (und nicht auf anderes reduzierbaren) Objekte geistige Eigenschaften besitzen".

Warum aber ein so allumfassendes, aber auch schwammiges und interpretierbares Geist-Seele-Prinzip bemühen? Man findet sich im vitalistischen Wunderland der Lebenskraft, in dem nichts unmöglich ist: Seele ist alles und mechanistische Wissenschaft wird zur funktionalistischen, materialistischen Konstruktion degradiert. Was gewinnen wir damit: Gefühl, Glaube, Hoffnung usw. Da aber auch auf diesem Weg der Entelechie, begründet durch Aristoteles (also die Eigenschaft von etwas, sein Ziel in sich selbst zu haben), letztlich alles offen bleibt, sind wir nach wie vor mitten in den Ur-Fragen und Ur-Ängsten der bewussten menschlichen Menschheit. Damit wird klar: es sind das anthropozentrische Reflexionen, die unmessbar und damit in ihrer Realität so nuanciert sein können, wie es der Zahl an bewussten Menschen entspricht.

Mich beschleicht in diesem Kontext immer eine Voreingenommenheit gegenüber esoterischen Konstrukten: Es ist erbaulich über unüberprüfbare oder ungeprüfte Ideen, hoch in philosophischen Welten zu schwadronieren: "haben Elementarteilchen ein Bewusstsein und können sie also Schmerz empfinden?" usw. Mehr Mühe erfordert das Sammeln und Sichten von messbaren Fakten und die befähigte Auseinandersetzung mit einem konkreten, mathematisch angelegten Beweis für eine Naturerscheinung.

Im Elektronenfluss der Photosynthese werden Elektronen in Lichtabsorptionskomplexen (Chlorophyll), die durch Photonen des elektromagnetischen Feldes

der Sonne angeregt werden, auf ein höheres energetisches Niveau gehoben. Das kann natürlich auch jeder Chemiker, indem er eine endotherme Reaktion durchführt, bei der das Endprodukt eine höhere Freie Energie enthält. (z.B. die Herstellung von N_2O_5 , was mit Entropie-Verringerung verbunden ist). Energie wird aufgenommen. Aber damit ist er auch schon am Ende. Das erzwungene, instabile Molekül kann reagieren, gibt seine Freie Energie und vor allem seine hohe Ordnung spontan, unter Entropie-Verlust, in einer Zerfallsreaktion wieder ab. Dabei wird lediglich die Gesamtentropie des Universums erhöht. Von Leben keine Spur. Was macht den Unterschied?

Die biochemische, kreislauffähige, sonnengetriebene Energie-Kaskade der Zelle bildet dagegen die Quelle für einen ausgefeilten, subtilen Energietransfer ohne nennenswerte Erhöhung der Entropie. Über Phosphorylierungs-Mechanismen, in einem Fließgleichgewicht, wird über stoffliche Energiespeicher- und Energietransfer-Substanzen wie Glukose, NADP, FAD bzw. NADPH und ATP der Zellstoffwechsel betrieben. Punktuelle Ordnung entsteht und wird permanent durch Stoffumsatz und Energiezufluss aufrecht erhalten. Es bildet sich ein Fließgleichgewicht nahe aber nicht identisch mit dem thermodynamischen Gleichgewicht. Vor allem aber sind all diese verwirrenden Umsetzungen in Kreisläufe eingebettet. Dies ist der Pfad, auf dem die von Tag und Nacht abhängige online Energie der Sonneneinstrahlung in die stoffliche "Nacht"-Speicherung als Bindungsenergie transferiert wird, die zur Kontinuität führt.

Durch diesen 24-stündigen Lichtwechsel entsteht die Situation einer Art erzwungener, umgekehrter "Oszillierender Reaktion", über die wir im Zusammenhang mit der Lebensentstehung bereits sprachen.

Diese Speicherenergie kann dann bedarfsgerecht für den Zellstoffwechsel aktiviert werden.

Ein selbstorganisatorisch beherrschter Elektronengradient kann offensichtlich punktuelle Entropie-Erniedrigung bewirken. Beherrscht heißt: die Energiezufuhr muss den Gradienten ständig erhalten, denn Energie fließt ja auch ständig ab. Voraussetzung ist, dass ein dauerhaft höheres elektronisches Speicherniveau bzw. ein Gradient erreicht wird, wie es ja z.B. die Bindungsverhältnisse der Glukose darstellt. Dazu ist aber, wie bereits ausgiebig erläutert, ein dauerhafter Zufluss an Freier Energie notwendig.

Die Photosynthese der Pflanze (Anabolismus) ist, wie erwähnt, mit der Atmungskette (Katabolismus) biochemisch eng verwandt; allerdings mit gegenläufigem Ziel. Der Hauptunterschied zwischen den Prozessen liegt im Abbau bzw. Aufbau energiereicher Elektronenbindungen in Partneratomen mit geringer und hoher Differenz der Elektronegativität.

In der Dunkelreaktion der pflanzlichen Photosynthese werden durch Reduktion mit NADPH- und ATP-Verbrauch, die energiearmen, polaren Elektronenbindungen von Kohlendioxid (C-O Bindungen), in energiereiche Elektronenbindungen mit geringer Polarität, in Form von Glukose überführt (C-H Bindungen).

Die Lichtreaktion der pflanzlichen Photosynthese liefert die dazu notwendige Freie Energie in Form von reduzierenden Elektronen, wobei aus NADP^+ reaktiv wieder NADPH und zusätzlich ATP gebildet werden.

Die Anwesenheit einer weiteren Phosphatgruppe im NADP-Molekül im Unterschied zum NAD-Molekül, ist übrigens m.E. ein Hinweis auf die zeitliche Priorität. Es ist leichter vorstellbar, dass sich zunächst ein NADP-System, mit der bereits oder noch vorhandenen Phosphatgruppe am Riboseteil etablierte. Der nachträgliche Einbau einer Phosphatgruppe an die Ribose in NAD, erscheint weniger plausibel. (Allerdings wird er enzymkatalysiert durch ATP-Phosphorylierung in der Literatur beschrieben (Beyer, 1967, S. 741)). Das NADP-System sollte also vor dem NAD-System gearbeitet haben. Das würde dafür sprechen, dass es sehr früh bereits zur Verwertung von Sonnenenergie zur Gewinnung von Speichersubstanzen wie Glukose aus Kohlendioxid mit dem NADP-System kam.

Die sich im Gefolge anhäufende Glukose, und deren Folgeprodukte könnten Umkehrreaktionen in Form von Glykolyse und ZSZ im NAD-System befähigt haben. Die Atmung, in Anlehnung an die Photosynthese, zur NAD^+ Rückgewinnung, wäre dann der kreislaufgeführte Abschluss gewesen.

In der Glykolyse und dem ZSZ der Tiere und Pflanzen werden, die in der Glukose fixierten, energiereichen unpolaren C-H Bindungen, durch Oxidation mit NAD^+ und FAD wieder abgebaut, energiearmes Kohlendioxid entsteht. Es werden energiearme Elektronenbindungen in Partneratomen mit hoher Differenz der Elektronegativität gebildet. (C-O Bindungen). Bei der Rückoxidation von NADH und FADH_2 mit Sauerstoff, zu Wasser, NAD^+ und FAD in der Atmung, wird die dabei frei werdende Energie in ATP für die Zelle investiert. Entscheidend ist wieder der bereits angesprochene Effekt der Nähe von Elektronen zu elektronegativen Bindungsatomen, dem Sauerstoff, wie es z.B. im Kohlendioxid der Fall ist.

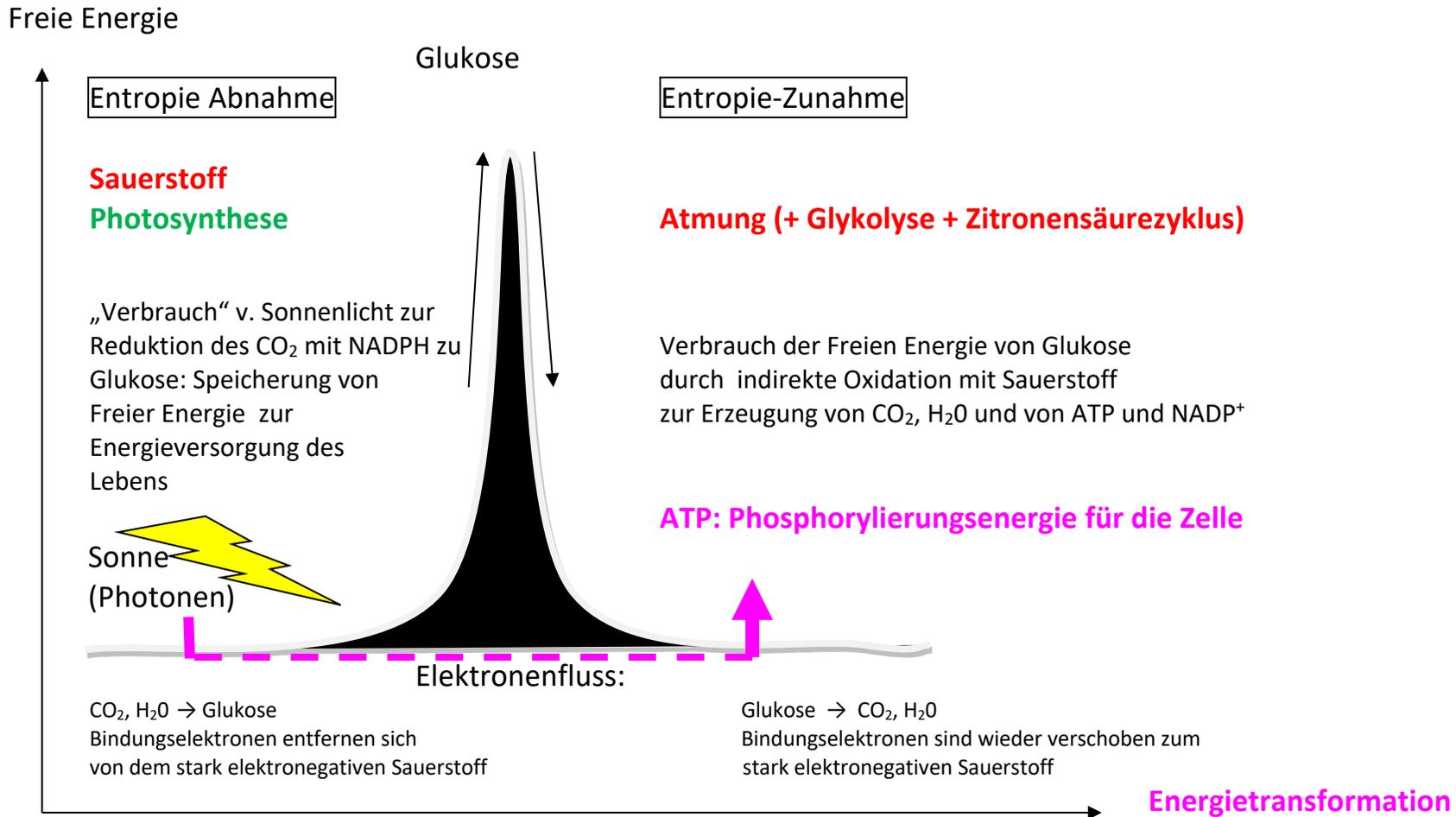


Abbildung 60: Elektronenfluss des Lebens

Man darf wohl davon ausgehen, dass die katabolisch arbeitende Glykolyse einer der ersten biochemischen Schritte war, der zu einer systemadäquaten Portionierung von Energie in Form von ATP führte.

Ihre Umkehrreaktion, die anabolisch wirkende Glukoneogenese, ist formal gesehen die Umkehrreaktion Glykolyse, und die Beurteilung, welcher dieser reversiblen Wege zuerst beschritten wurde, hat sicherlich spekulativen Charakter.

Man kann weiter davon ausgehen, dass die Photosynthese (Lichtreaktion) und die Atmung einen gemeinsamen Ursprung haben. Wahrscheinlich aber ist die aerobe Atmung erst später entstanden, da das ausreichende Vorhandensein von Sauerstoff vorausgesetzt werden muss soweit nicht andere Oxidationsmittel zur Verfügung standen. Sicher kann man aber davon ausgehen, dass die aerobe Atmung auf der anaeroben aufbaute, worauf wir noch zu sprechen kommen. Bei den ist das Ziel der Rückgewinnung von NAD^+ aus NADH sowie FAD aus FADH_2 und der Erzeugung von ATP gemeinsam.

Der photolytische Sauerstoffanteil kann hier wohl vernachlässigt werden, es sei denn, man könnte einen initiierenden Effekt auf die Entwicklung der Atmung nachweisen.

Wie bereits ausgeführt, ist der Elektronenfluss der Atmung (Oxidationsmittel-Verbrauch, z.B. aerob: Sauerstoffverbrauch) in Teilen darstellbar als Umkehrung, der von der Evolution bereits „erfundenen“ Photosynthese (Lichtreaktion = Oxidationsmittel-Bildung, z.B. Sauerstoffbildung). Allerdings darf man unter Atmung nicht nur die Sauerstoff-Atmung verstehen. Wie noch zu zeigen ist, gab und gibt es Atmungsabläufe, die anstelle von Sauerstoff anorganische Oxidationsmittel, wie Sulfat, Nitrat oder dreiwertiges Eisen und dergl. benutzt. Die Evolution ist flexibel und nimmt, was sich anbietet.

Ganz generell ist festzuhalten, dass ein geordnetes Nacheinander der angeführten biochemischen Grundprozesse wohl nicht angenommen werden darf. Vielmehr handelt es sich eher um fließende Übergänge. Die Etablierungsphasen dürften Millionen von Jahren nebeneinander agiert haben, bevor sich der heute dominierende Verlauf durchsetzte. Wie sich dieses Nebeneinander abspielt sieht man sehr gut an der heute noch bestehenden Aktivität von anaerober und aerober Atmung.

Ist daher die Antwort, dass die Photosynthese vor der Atmung etabliert war?

Dazu muss man sicher zwischen der oxygenen (aerober) und der anoxygenen (anaerober) Photosynthese unterscheiden:

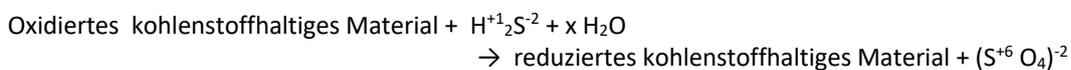
2.5.7.3 Frühe anoxygene (anaerobe) Photosynthese

Wie kann eine frühe anaerobe Photosynthese ausgesehen haben, die ohne Wasser als Reduktionsmittel und daher ohne Freisetzung von Sauerstoff erfolgt?

Ich setze voraus, dass die Reaktionskaskaden Enzym bestückt waren, woher auch immer, und dass die Energie-Carrier NAD/ NADH, FAD/ FADH₂ sowie NADP und NADPH vorhanden waren. Mir ist kein anderer Weg für die folgenden Reaktionen geläufig.

Ein erdgeschichtlich sehr alter Vorläufer ist das bereits erwähnte Wirken der Schwefelbakterien. Dieser Weg dürfte sich vor mehr als 3 Milliarden Jahren entwickelt haben. Dabei dient H⁺¹₂S⁻² als Reduktionsmittel und gibt beim Übergang in Schwefel oder Schwefelverbindungen, z.B. Sulfat = (S⁺⁶ O₄)⁻², Elektronen ab. (Die hochgestellten Zahlen " -2 bzw. +6" verkörpert den Oxidationszustand des Schwefelatoms).

Summarische beschreibt, rein formale, folgende Reaktionsgleichung das Geschehen:



Man darf eine solche Formulierungen aber wie gesagt nicht wörtlich nehmen. Sie macht, rein chemisch phänomenologisch gesehen, keinen Sinn. So wird in einem Laborkolben beispielsweise Kohlenstoffdioxid (oxidiertes kohlenstoffhaltiges Material) mit Schwefelwasserstoff, niemals zu Sulfat und Glukose (reduziertes kohlenstoffhaltiges Material) reagieren. Eine solche Gleichung fasst vielmehr ein äußerst komplexes Zusammenwirken einzelner Reaktionsteilnehmer wie NADP⁺ und NAPH, bzw. NAD⁺ und NADH, H₂S und Sulfat nur summarisch als Resultat von Addukt (Reaktionsprodukt) aus Edukt (Ausgangsverbindung) zusammen. Im Detail spielen sich über die Schiene der reaktionsinternen Energietransformatoren NADP⁺ und NADPH bzw. NAD⁺ und NADH, komplizierte elektronische Verschiebungen in vielschichtigen, enzymgesteuerten Reaktionskaskaden ab.

Es ist anzumerken, dass der vergleichbare Vorgang, mit Wasser als Elektronenlieferant, in grünen Pflanzenzellen, nicht das Coenzym-System NAD⁺/NADH, sondern NADP⁺/NADPH benutzt.

Versuchen wir einmal diese Energietransformation in Einzelschritte aufzugliedern wobei ich mehr oder weniger willkürlich von dem System NAD⁺/NADH ausgehen.

1. Reduktion:

Die Reduktion von oxidiertem, kohlenstoffhaltigem Material erfolgt mittels NADPH:



Die Umsetzung entspricht unserer heutigen Dunkelreaktion, dem Calvin-Zyklus, durch welchen Kohlenstoffdioxid mit NADPH aus der Lichtreaktion zu Glukose reduziert wird. Allerdings ist eher anzunehmen, dass zum Zeitpunkt dieser frühen Entwicklung der heute ubiquitäre Calvin Zyklus noch nicht verwirklicht war, sondern der reversible, reduktive Zitronensäurezyklus.

Wie konnte die Evolution vermeiden, dass NADPH als NADP⁺ verloren geht?

2. H₂S wurde zum Elektronenlieferant:

NADP⁺ musste reduktiv als NADPH zurückgewonnen werden, indem H₂S Elektronen lieferte. H₂S wirkt also als Reduktionsmittel und wird selbst oxidiert. Dazu werden bis zu 8 Elektronen vom Sulfid-Ion S⁻² gelöst, wobei das Schwefelatom bis zum Sulfat-Ion (S⁺⁶ O₄)⁻² oxidiert werden kann. Die Bereitstellung von Elektronen erfolgt in einem Licht-Absorptionskomplex über Photonen-Anregung (Absorptionskomplex*) durch Sonnenlicht und der Ergänzung der Elektronen des Komplexes aus einem Sulfid-Ion.

Licht + Absorptionskomplex ↔ Absorptionskomplex* + e^{-*}

e⁻-Ergänzung: H⁺¹₂S⁻² + x H⁺ + y H₂O → (S⁺⁶ O₄)⁻² + 8 e⁻

NAD P⁺ + H⁺ + e⁻ → NADPH

Summarisch:

8 NADP⁺ + H⁺¹₂S⁻² + x H⁺ + y H₂O → (S⁺⁶ O₄)⁻² + 8 NADPH + z H⁺

Diese Reaktion entspricht der NADPH-Bereitstellung aus der Lichtreaktion, mit Elektronen-Bereitstellung aus H₂O.

3. Bei dieser Bereitstellung der Elektronen aus dem Sulfid-Ion durch Photonenanregung, wird zusätzlich zur Reduktion Energie gewonnen und als ATP gespeichert, das für den Zell-Energiehaushalt zur Verfügung steht.

Das ist die Situation, wie wir sie wohl vor der Sauerstoffzeit, also vor 3-4 Milliarden Jahren, anzunehmen haben. Verwirklicht haben dieses Prinzip in die Evolution tatsächlich z.B. Purpur- und grünen Schwefelbakterien.

Aus dem elektromagnetischen Feld des Sonnenlichts, wurde mit Hilfe von abiotischen Absorptionskomplexen - organische polyzyklische Ringsysteme mit leichter elektronischer Anregbarkeit (z.B. Metallporphyrine) - Photonen eingefangen. Pro absorbiertem Photon entstand ein Elektronenfluss von H₂S zur Reduktion von oxidiertem kohlenstoffhaltigem Material in reduziertes kohlenstoffhaltiges Material, wobei S⁻² dabei bis zu S⁺⁶ (= S⁺⁶ O₄)⁻² oxidiert wurde. Im Detail werden aus der Elektronenhülle des Sulfid-Ions S⁻² Elektronen verfügbar bzw.

beweglich gemacht und auf NADP^+ übertragen. Damit kann so gebildetes NADPH wieder den Kohlenstoffatom-Anteil in oxidiertem, kohlenstoffhaltigem Materialien enzymatisch reduzieren, letztlich also Sauerstoffatomen mit Wasserstoffatomen verknüpfen. Da das Schwefelatom im Sulfat die Wertigkeit +6 hat, sind maximal 8 Elektronen vom Sulfid (Wertigkeit -2) bis zum Sulfat verfügbar.

Aus oxidiertem, kohlenstoffhaltigem Material, z.B. Kohlendioxid, arm an Freier Energie ΔG und dem Reduktionspartner Schwefelwasserstoff, werden organische Verbindungen - Kohlenhydrate wie z.B. Glukose - synthetisiert, reich an Freier Energie.

WIKIPEDIA: „Die Vertreter der Grünen Schwefelbakterien betreiben eine anoxygene Photosynthese mit reduzierten Schwefelverbindungen, wie Schwefelwasserstoff (H_2S) und Thiosulfat (S_2O_3)⁻², oder mit elementarem Schwefel als Reduktant. Bei der Oxidation von Schwefelwasserstoff erfolgt zunächst eine Oxidation nur bis zum elementaren Schwefel, der außerhalb der Zellen abgelagert wird. Dieser Schwefel ist sehr gut mikroskopisch als hellstrahlende Kugeln erkennbar, die den Bakterienzellen von außen anhaften. Bei einsetzendem Schwefelwasserstoff-Mangel erfolgt dann eine Oxidation des abgelagerten Schwefels zu Sulfat. Auch Thiosulfat, das nur von wenigen Arten verwendet wird, wird phototrop vollständig zu Sulfat oxidiert. Die Kohlenstoffdioxid-Assimilation läuft nicht wie bei den meisten Phototropen über den Calvin-Zyklus, sondern über den reversen Citratzyklus. Grüne Schwefelbakterien sind im Allgemeinen phototrop, einige können aber auch organische Stoffe mit Hilfe der Lichtenergie assimilieren, sind dann photoheterotrop“.

Vergleichen wir diesen Stand mit der aeroben Photosynthese fällt sofort ins Auge, dass eine Rückgewinnung von NADPH noch aussteht. Das geschah in der frühen anaeroben Atmung.

2.5.7.4 Frühe anoxygene (anaerobe) Atmung

Wie aber kann der Kreislauf über eine Atmung ohne Sauerstoff geschlossen werden? Es soll aus dem Sulfat-Ion und dem reduzierten kohlenstoffhaltigen Material wieder die Ausgangsprodukte der anaeroben Photosynthese, z.B.

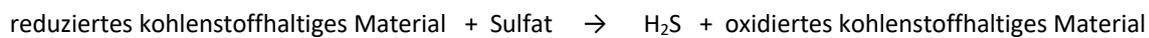
H_2S + oxidiertes kohlenstoffhaltiges Material

entstehen. Denn erst ein Kreislauf ist Garant dafür, dass keine Mangelsituationen bei H_2S -Verarmung der Umgebung auftreten, denn eine ständige Verbrauchssituation ist endlich. Z.B. wären alle verfügbaren Kohlendioxid-Vorräte der Atmosphäre (heute ca. 2,6 Billionen t) von der beschriebenen Dunkelreaktion der Photosynthese, in ca. 2000 Jahren vollständig verbraucht und als Biomasse fixiert.

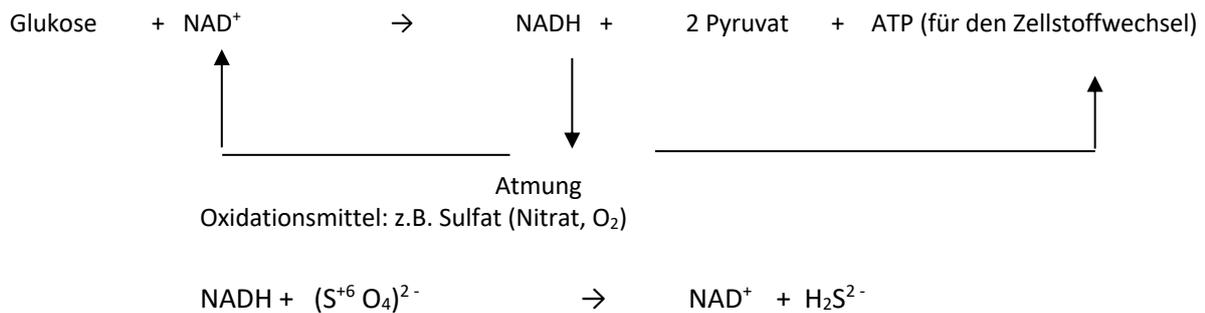
Antwort der Evolution: Dass eine Oxidation von reduziertem kohlenstoffhaltigem Material über NAD^+ erfolgte und dabei NADH gebildet wurde, ist anzunehmen. Es musste also ein Atmungs-Analogon aufgebaut worden sein, das es gestattet, in dieser sauerstofffreien Rückreaktion, NADH wieder zu NAD^+ oxidieren und dabei ATP zu gewinnen, das dann dem Zell-Metabolismus zur Verfügung stand. Dafür bot sich damals u.a. das Sulfation ($\text{S}^{+6} \text{O}_4$)²⁻ an.

Dieses Sulfation hat übrigens auch entscheidende Schattenseiten. Soweit es nicht in Form eines Salzes neutralisiert wird, stellt es das Anion der Schwefelsäure dar.

Auch hier wird zunächst die rein formale Bruttoreaktion aufgeführt:



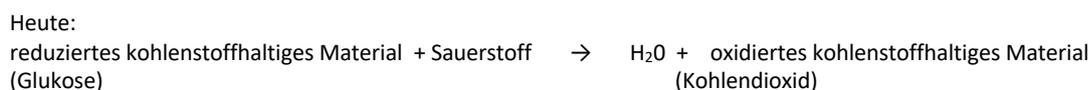
Biochemisch gesehen, wird der Verlauf z.B. für Glukose zutreffender durch Einbeziehung von NAD^+ und NADH beschrieben.



Dieser Prozess wurde bereits in der frühen Erdgeschichte von Desulfovibrio-Bakterien genutzt.

Mit diesem zweiten Schritt war ein Vorläufer der heutigen Sauerstoff Atmung entstanden.

Rein summarischer Vergleich:



Wie ausgeführt, ist das erdgeschichtlich eine sehr alte schwefelabhängige Synthese, die nach Überhandnehmen der Sauerstoffatmosphäre eine entscheidende Schwäche aufweist:

Die stoffliche Schwefel-Basis der Erdoberfläche,

Sulfat \leftrightarrow H_2S ist,

verglichen mit der Sauerstoff-Basis

Sauerstoff \leftrightarrow H_2O ,

mengenmäßig vergleichsweise gering.

Zusätzlich ist Schwefelwasserstoff in einem Umfeld, das freien Sauerstoff enthält, nicht stabil. Er wird zu Schwefel bzw. Schwefeldioxid oxidiert und somit, zumindest als Schwefeldioxid, sozusagen aus dem Verkehr gezogen. Es ist gut denkbar, dass eine solche Konkurrenzsituation zwischen Cyanobakterien und Schwefelbakterien entstand und diese Instabilität des Schwefelwasserstoffs das Rennen zugunsten Cyanobakterien und Sauerstoff-Dominanz mit entschieden hat.

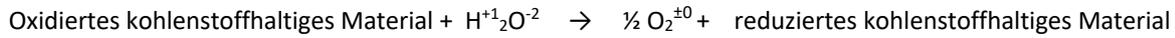
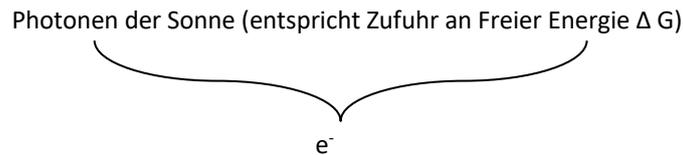
Das hat auch die Evolution beeinflusst und die Weichen in die Richtung

Sauerstoff \leftrightarrow H_2O

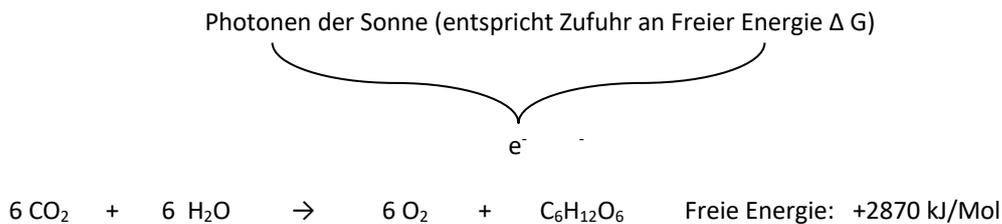
gestellt. Allerdings war dazu eine weitere Optimierung des Absorptionssystems für die elektromagnetische Strahlung der Sonne und vor allem viel, viel Zeit notwendig.

Dieses Prinzip wurde, wie bereits erwähnt, vor ca. 3,5 Milliarden Jahren in Cyanobakterien, den am weitesten entwickelten phototropen Prokaryoten, umgesetzt, die zwei lichtabsorbierenden Farbstoffkomplexe, PSI und PSII, besitzen. Sie können selbst schwächste Lichtintensitäten der adäquaten Lichtwellenlängen ausnutzen.

Wie bereits beschrieben, dient heute $\text{H}^{+1}\text{O}^{-2}$ als Reduktionsmittel und gibt beim Übergang in $\text{O}_2^{\pm 0}$ (= Sauerstoff), 2 Elektronen ab. (Die hochgestellten Zahlen verkörpern den Oxidationszustand des Sauerstoffatoms).



Cyanobakterien und höhere Pflanzen sind die einzigen Systeme, die heute nach diesem Brutto-Prinzip wirken:



Bitte registrieren Sie, dass bei dieser Reaktion Freie Energie ΔG als Bindungsenergie der Glukose gespeichert wird. Es handelt sich um keine spontane Umsetzung. Die Reaktion ist ein Art Berglauf. Aus ungeordneten Molekülen entsteht die geordnete Struktur Glukose. Die Entropie in dieser chemischen Reaktion nimmt ab, die Ordnung zu!

Der hierdurch entstehende Sauerstoff wurde zunächst wiegesagt u.a. von reduzierten anorganischen Eisenverbindungen verbraucht, wobei u.a. Eisenoxide entstanden, die heute noch sichtbar in rot gebänderten Eisensteinen zu finden sind. Erst nach Verbrauch dieser leicht zugänglichen oberflächlichen Eisen-Vorkommen und dem Bestand an ozeanisch gelösten Fe^{+2} Verbindungen, wird es zur atmosphärischen Anreicherung gekommen sein.

Wie hat die Evolution das erreicht?

Mechanistisch verwirklicht hat die Evolution diese Synthese in zwei getrennten Reaktionsblöcken, die aber über ATP und NADPH (nicht NADH – Nicotinamid-adenin-dinukleotid, sondern über NADPH - Nicotinamid-adenin-dinukleotid-phosphat) miteinander synergistisch wirken. Es sind das die „Dunkelreaktion“ und die „Lichtreaktion“.

Bitte beachten: NADPH - Nicotinamid-adenin-dinukleotid – phosphat hat, wohl als eine Art enzymatisch wirksame Markierung, eine zusätzliche Phosphatgruppe in der C'2-Position des Ribose-Rings. Im multifunktionalen Ablauf der vielen Umsetzungen im Zellplasma, wo alle Reaktionen mehr oder weniger nebeneinander und nicht, so wie wir es in Chemiebüchern darstellen, nacheinander ablaufen, ist so ein Label wichtig. Ansonsten würde NADH, das in der Glykolyse, dem ZSZ

und der Atmung benötigt wird, bei entsprechender Konzentration in der Photosynthese mit verbraucht.

Siehe hierzu auch die betr. Nernstschen Gleichungen aus dem o.a. Abschnitt: 2.5.1.9 Vergleich von NAD^+ und NADP^+

2.5.7.5 Anoxygene (anaerobe) Photosynthese

Viele phototrophe Bakterien betreiben heute noch eine anoxygene Photosynthese. Hierbei ist nur ein Photosystem involviert. Im Gegensatz zu Cyanobakterien und phototropen Eukaryoten, enthalten die Reaktionszentren Bakteriochlorophylle (s.u.). Bei der anoxygenen Photosynthese kann kein Sauerstoff entstehen, da das entwickelte Potential nicht zum Entzug von Elektronen aus dem Sauerstoff-Ion von Wasser O^{-2} zu Sauerstoff O_2 ausreicht.

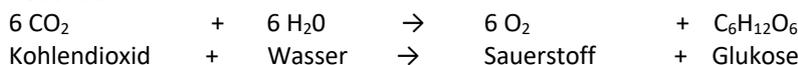
Viel spricht für ein Auftreten der anoxygenen Photosynthese vor der oxygenen; anoxygen könnte sie vor ca. 3,5 Milliarden Jahren begonnen haben.

Eine frühe Version der Reduktion von CO_2 mit Wasserstoff, vor 3,8 Milliarden Jahren, wird wie erwähnt diskutiert, ebenso eine mit H_2S über NADPH arbeitende Variante vor 3,4 Milliarden Jahren. Damals war die Atmosphäre reduzierend, geprägt von Gasen wie NH_3 , CH_4 , CO_2 , CO , H_2O und H_2S .

Es müssen sich daher zunächst die heute noch wirksamen reduktiven Wege C-haltiges Material oder gar Glukose aufzubauen, etabliert haben. Der anaerobe Verbrauch solcher Energiespeicher, die frühe Assimilation³⁰⁸, hatte bereits mit Beginn des Lebens eingesetzt und war der Motor für den zukunftsichernden, biochemischen Lebenserhalt.

Ganz grundsätzlich kann man die aktuelle Photosynthese als Bruttoreaktion rein formal folgendermaßen formulieren

Reduktion:



Oder, ganz allgemein formuliert:



Wie problematisch diese Formulierung ist, da nur summarisch und rein formal gültig, wurde bereits erwähnt und wird in der nächsten Reaktionsgleichung näher erläutert. Es ist nämlich nicht möglich CO_2 mit Wasser in einem rein chemischen Schritt zu Glukose und Sauerstoff umzusetzen, d.h. in einem Reaktionsgefäß Kohlendioxid und Wasser zur Umsetzung zu Glukose zu bewegen. Dieser direkte Weg ist völlig undurchführbar und keinesfalls spontan. Das kann nur die Biochemie, allerdings nur über eine Kaskade komplexer, enzymatischer Einzelschritte, auf die ich noch oberflächlich eingehe.

M.E. gibt es kaum ein besseres Beispiel für den Unterschied von klassischer Chemie und Biochemie. Mit technischen Mitteln ist er undurchführbar. Dieser Entropie erniedrigende Pfad ist allein durch biochemische Reaktionskaskaden in Fließgleichgewichten, die untrennbar mit Lebensvorgängen verbunden sind, erfolgreich. Auch wenn ein Chemiker, also ein Wesen, das zu Leben gehört, die direkte technische Synthese versuchen würde, wäre das erfolglos, da er keine enzymatischen Reaktionen einsetzt. Technische Chemie und Biochemie verwenden zwar mit den chemischen Elementen die gleichen Bausteine und Gesetzmäßigkeiten, aber nicht die gleiche Energie- und Synthese-Philosophie. Die technische Chemie nutzt nur die Einbahnstraße des gegebenen Energieinhalts von Elementen und Molekülen. Die Biochemie nutzt enzymatische, aktivierende Phosphorylierungsschritte in Kreisläufen, die energetisch von außen in Gang gehalten werden; mehr oder weniger direkt durch die Sonne.

Der reduktive biochemische Ablauf erfolgt heute, nach Milliarden von Jahren der selbstorganisatorischen Optimierung, in zwei komplexen, getrennten Bereichen:

Die energieliefernde Lichtreaktion: ATP, NADPH und Sauerstoff werden gebildet
 Die energieverbrauchende Dunkelreaktion: ATP, und NADPH werden verbraucht zu ADP und NADP⁺, Glukose entsteht und damit formale, punktuelle Ordnungszunahme

Das ist die Situation wie wir sie heute vorfinden, auf die ich im Zusammenhang mit Cyanobakterien und höheren Pflanzen nochmals eingehen werde. Oxidiertes kohlenstoffhaltiges Material, ist in diesem Kontext überwiegend CO₂, und reduziertes kohlenstoffhaltiges Material ist Glukose. Bekanntlich ist die Rückreaktion in der Glukose-„Verbrennung“ (Oxidation), in der Atmung verwirklicht, und schließt den Kreislauf, wobei letztlich Sonnenenergie in die biologisch chemisch verwertbare Energie des ATP überführt wird.

Ich frage mich, was passieren wird, wenn es zu gravierenden Veränderungen unserer Lebensbedingungen kommen sollte. Z.B. Mangel an Sonnenlicht durch Wolkenabdeckung infolge von Meteoreinschlägen, Vulkanausbrüchen oder atomaren Kriegen. Wird dann die anaerobe Photosynthese ein Überleben, zumindest von geeigneter Flora und Fauna garantieren?

2.5.7.6 Oxygene (aerobe) Photosynthese

Grüne Pflanzen, Algen und Cyanobakterien nutzen die Energie des Lichts, um Elektronen über Reaktionskaskaden aus dem Sauerstoffatom des Wassers für Reduktionsreaktionen zu gewinnen. Entscheidend dafür ist das Vorhandensein von zwei Photosystemen. Dabei handelt es sich um Photonen absorbierende Farbstoffkomplexe, (Porphyrine: PSI und PSII) bzw. Chlorophylle (s.u.). Bei dieser

Wasser-Oxydation werden molekularer Sauerstoff O_2 und Wasserstoff-Ionen H^+ freigesetzt. Das Sauerstoff-Ion des Wassers wird dabei vom Zustand O^{-2} , durch Entzug zweier Elektronen (= Oxidation) zum atomaren Sauerstoff $O^{\pm 0}$ oxidiert. Die frei werdenden Elektronen fließen über Reaktionsketten zur Reduktion von $NADP^+$, das dann als $NADPH$, in der Dunkelreaktion der Photosynthese, die Reduktion von CO_2 bewerkstelligt. Letztendlich entsteht überwiegend Glukose. Wer sich für diese äußerst komplizierten Abläufe im Detail interessiert, dem sei der bereits erwähnte Artikel in der Zeitschrift *Labor & More*: "Die Wasserspaltungsmaschine der Photosynthese. Ein Enzym, das die Welt veränderte, Lohmiller, Cox, Lubitz (*Labor & more*, 08.15, Seite 10) empfohlen.

Ich muss nochmals bekennen, dass es sehr schwer fällt, diese "unglaubliche Maschinerie" dem Evolutionsgang zuzuschreiben. Also doch Vitalismus, Panpsychismus, Teleologie usw.? Nein, zu Unmessbares und zu viel Wunschdenken bzw. anthropozentrische "Theorien von Allem" schwären da im Hintergrund. M.E. wäre das Resignation vor einer Aufgabe, die eben ihre Zeit, wie alle wissenschaftlichen Theorien fordert. Wenn man sich dann an Fragen erinnert, die bei Gedanken zum Urknall auftauchten: dass nämlich alles, aber auch wirklich alles aus diesem Akt entstanden sein muss, wird man sehr nachdenklich. Diesem Auslöser, resultierend aus der Vakuumenergie, habe ich schon an früherer Stelle das Potential zu diesem alles ab er auch wirklich alles zugeschrieben. Was ist Vakuumenergie bzw. Energie? Die alte Frage, von niemand zu beantworten. Wenn man dann noch die Ideen Baruchs de Spinoza zu sein er *Substanz* im Kopf hat, wird Agnostizismus auf eine Probe gestellt-

2.5.7.7 Die Dunkelreaktion (Calvin-Zyklus)

Kohlendioxid wird mit $NADPH$ reduziert und in Glukose überführt. ATP als Energielieferant ist unverzichtbar, da ja der Aufbau von Glukose mit dem Aufbau an Freier Energie ΔG einher geht. Die Reaktion kann jederzeit auch im Dunkeln erfolgen. Die Dunkelreaktion weist in Teilen überraschende Ähnlichkeit mit der Glykolyse auf, nur in umgekehrter Reihenfolge, also der Glukoneogenese. Die Bereitstellung von $NADPH$ und ATP erfolgt in der noch zu beschreibenden Lichtreaktion.

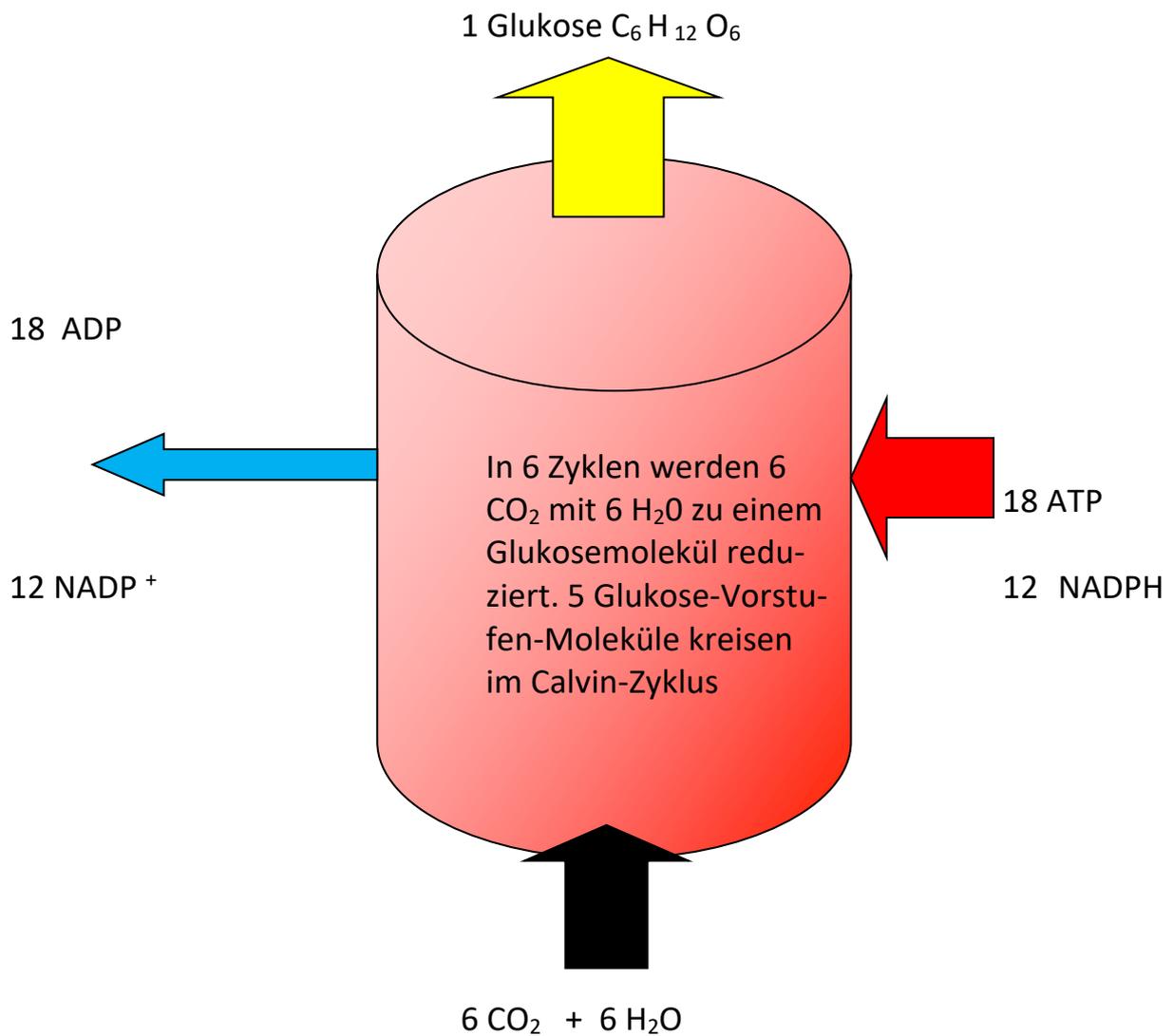
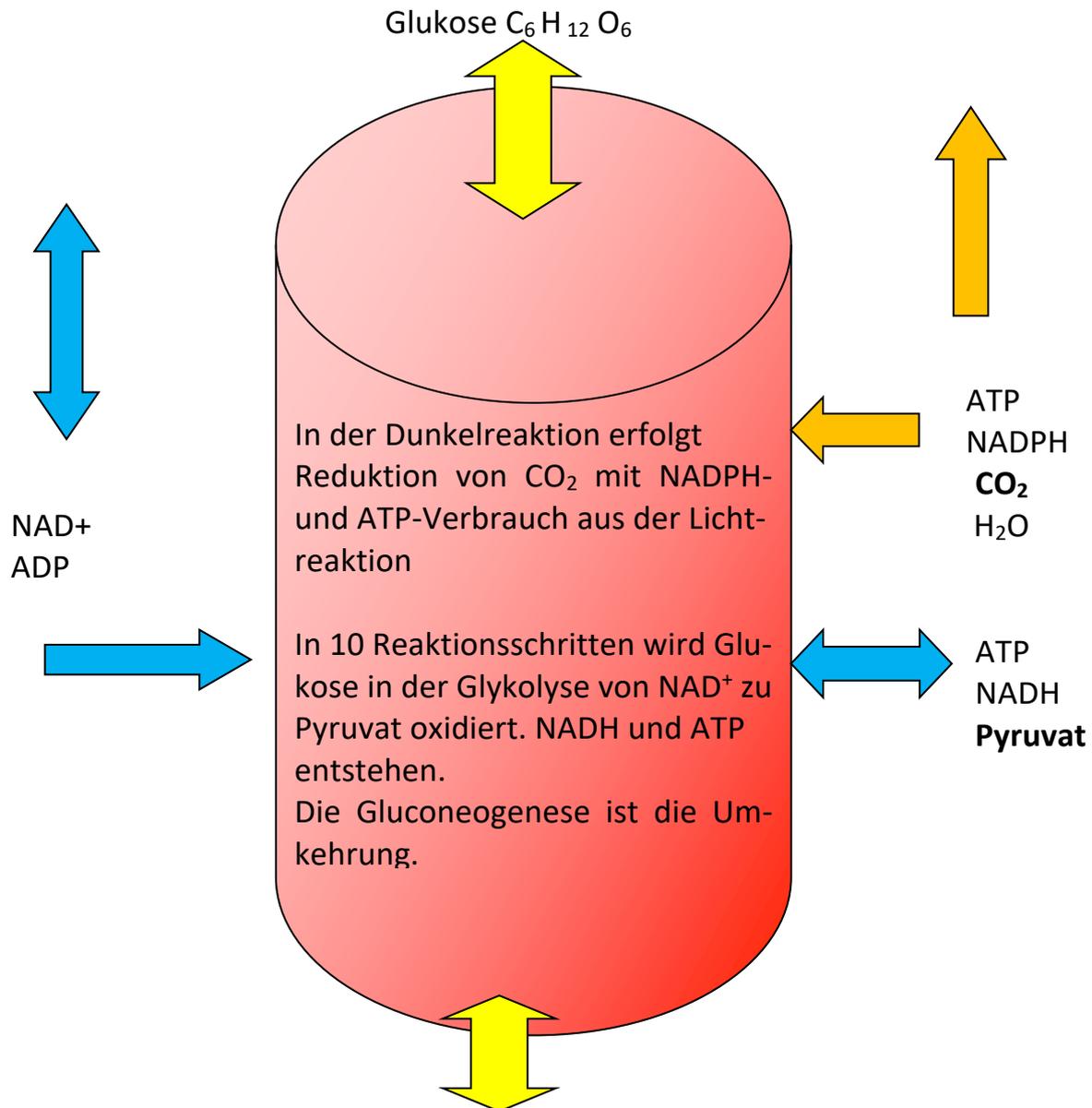


Abbildung 61: Schematische Glukosebildung in der Dunkelreaktion der Photosynthese

Die folgende Abbildung soll die Verwandtschaft von Dunkelreaktion und Glukoneogenese bzw. der formalen Umkehrung, der Glykolyse, aufzeigen.

Formale Übereinstimmung

**Glykolyse
Glukoneogenese
(NAD⁺)** ←-----→ **Dunkelreaktion
(NADPH)**



Pyruvat, $C_3H_4O_3$

bzw. Kohlendioxid, CO_2 , wenn der Citratzyklus einbezogen ist

Abbildung 62: Die Glukoneogenese - Verwandtschaft mit der Dunkelreaktion der Photosynthese (Siehe vorherige Abbildung)

Nicht vergessen, WIKIPEDIA: Zwischen NADH und NADPH gibt es in den meisten biochemischen Reaktionen einen fundamentalen Unterschied: NADH wird

im Katabolismus aus Glykolyse und Citratzyklus gewonnen und in der Atmungskette oxidiert, um ATP zu erzeugen. Dagegen fungiert NADPH im Anabolismus als Reduktionsmittel, es dient in der reduzierenden Biosynthese als Lieferant von Elektronen und Protonen

Die Glykolyse verbraucht den Speicherstoff Glukose bis hin zu Pyruvat, um Zell-Energie in Form von ATP zu gewinnen. Wie schon erwähnt, dürfte sich diese Reaktion erdgeschichtlich gesehen sehr früh entwickelt haben. Zunächst war aber noch kein Sauerstoff vorhanden, der über die Sauerstoffatmung eine Rückoxidation von NADH ermöglicht hätte. Der NADH - NAD⁺ - Kreislauf war also noch nicht geschlossen. Allerdings wurden sicher bald anorganische Oxidationsmittel wie Sulfat als frühe Alternative dazu herangezogen. Ob es Vorläufer der Lichtreaktion gab, ist die Frage.

Die Umkehrreaktion, die Glukoneogenese, kann, wenn auch nicht aus Kohlendioxid und Wasser, so doch immerhin aus Pyruvat, unter Energieverbrauch Glukose aufbauen. Diese offensichtliche Umkehrbarkeit der Glykolyse-Reaktionskaskade, wurde von der Evolution vielleicht in Zeiten eines ATP-Energieüberflusses genutzt. Abiotisch entstandenes ATP wurde eingeschleust und diente in Überbrückungszuständen, z.B. dem Tag- Nachtwechsel als Überlebensinvestition durch Glukose-Bevorratung. Ebenso ist aber denkbar, dass sich die Glukoneogenese als Folge einer Verarmung an reduzierten organischen Verbindungen evolutionär etabliert hat, um das bis dahin darauf aufbauende Leben aufrecht zu erhalten.

Nicht von Pyruvat sondern Kohlendioxid ausgehend findet die Reaktionsfolge im sogenannten reduktiven Zitronensäurezyklus statt, der zur bereits erwähnten Kohlenstoffdioxid-Assimilation mancher Bakterien dient und auch bis zur Glukose führt.

Ein wesentlich effektiverer Glukose-Aufbau erfolgte erst durch die Etablierung der Dunkelreaktion der Photosynthese aus Kohlendioxid und Wasser. Diese Dunkelreaktion, auch Calvin-Zyklus genannt, nutzt einen Reaktionskreislauf, in dem ein C5-Zucker (Ribulose-1,5-diphosphat) sozusagen als Promoter dient. Der komplexe Reaktionsweg, aufgeklärt durch Melvin Calvin³⁰⁹, in den fünfziger Jahren, gipfelt in der Vereinigung von einem Molekül CO₂ mit Ribulose-1,5-diphosphat, zu dem danach aus 6 C-Atomen bestehenden Gerüst eines C6-Zuckers. Der Vorgang erfolgt enzymatisch katalysiert durch Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase (RuBisCO). Dieser C6-Zucker wird in zwei C3-Zucker (3-Phosphoglycerat) gespalten, der dann passend (siehe Pyruvat) in die Reaktionsfolge der alten Glukoneogenese einmündet. Anschließend wird Ribulose-1,5-bisphosphat aus Phosphoglycerat regeneriert. Diese Biosynthese, wird in Analogie zum Citratzyklus, als reduktiver Pentosephosphat-Zyklus bezeichnet. Ihn detailliert zu beschreiben, ist der Fachliteratur vorbehalten. Ich möchte nur das von der Evolution optimierte Prinzip summarisch darstellen. Zur Vereinfachung werden die einzelnen Zwischenstufen nur durch die Gesamtzahl der enthaltenen C-Atome aufgeführt. ATP und NADHP sind nicht betrachtet.

CO₂ wird an einen C5-Zucker (Ribulose-1,5-diphosphat) gebunden. Aus einem C5-Zucker wird ein C6-Zucker.



Der C6-Zucker wird in zwei C3-Zucker gespalten, die zwei getrennte Wege gehen (Richtung Calvin Zyklus oder Glukose)



Im Pentosephosphat-Zyklus (Calvin Zyklus) werden aus sechs C3-Zucker (18 C) und zwei C6-Zucker (12 C) sechs C5-Zucker (30) (Ribulose-1,5-diphosphat) gebildet



Nach 6 Wiederholungen (Kreisläufen) wird ein C6-Zucker, die Fruktose, in Glukose umgelagert und ausgeschleust. Das erscheint völlig der Umkehrung der Glykolyse entliehen zu sein.



Die Dunkelreaktion summarisch über 6 Kreisläufe
 Auslass: $C_6H_{12}O_6$ Glukose

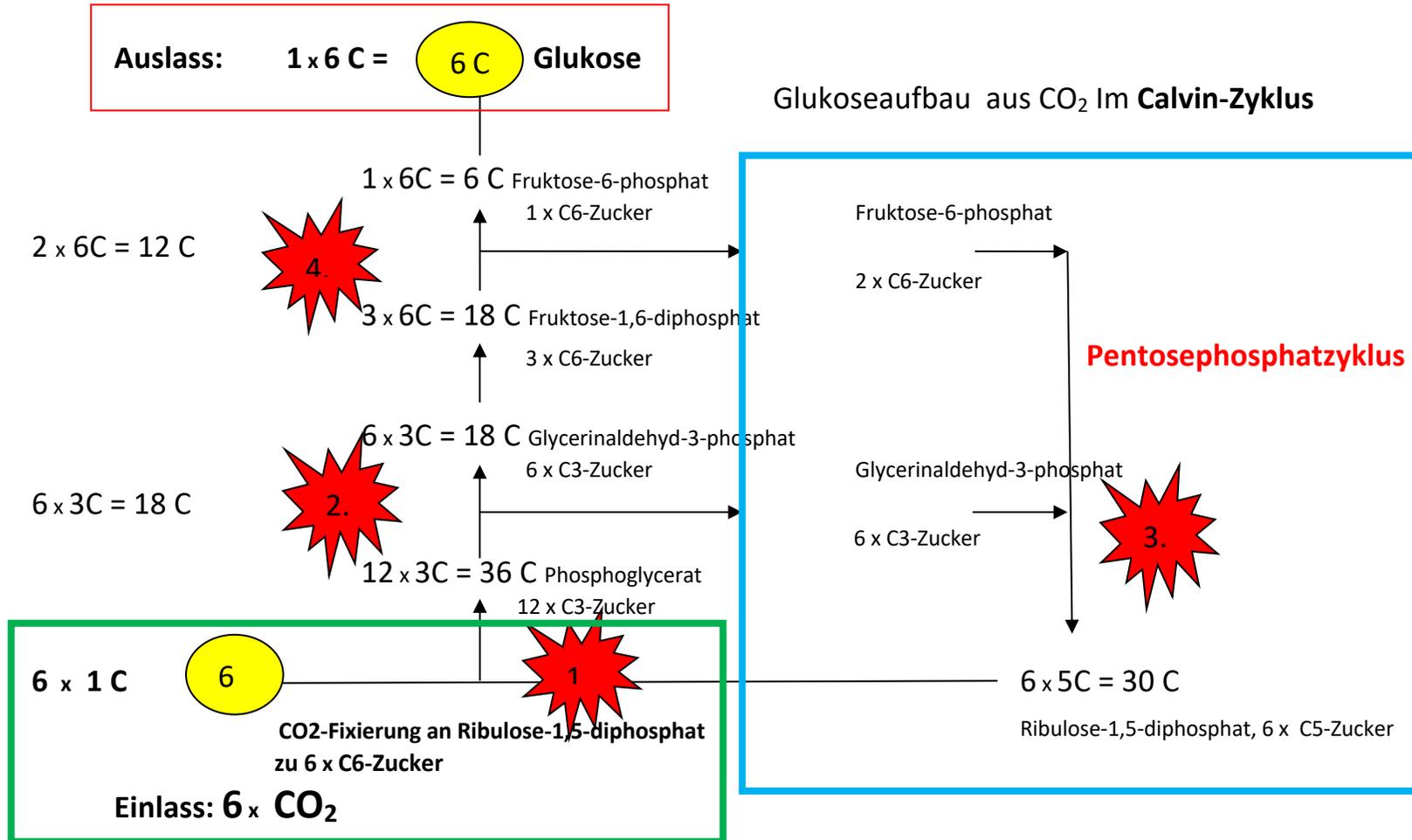


Abbildung 63: Schema von CO₂-Fixierung und Calvin-Zyklus

Zur Bildung der notwendigen 6 Moleküle Ribulose-1,5-diphosphat muss folgender Ablauf im eigentlichen Calvin-Zyklus stattfinden, damit 2 x C6-Zucker (Fruktose-6-phosphat) gebildet wird:

Sonst kann  nicht realisiert werden.

Ohne diesen 6-fachen Kreislauf käme die Reaktion nach einmaligem Durchlauf zum Stillstand, wie aus dem blau eingefassten Bereich des Ablaufschemas der Abbildung 63 zu ersehen ist. Im eigentlichen Calvin-Zyklus steht erst nach Verfügbarkeit von 2 x C6-Zucker (Fruktose-6-phosphat) + 6 x C3-Zucker (Glycerinaldehyd-3-phosphat) der Weg offen, um 1 Molekül Glukose auszuschleusen, nachdem 6 Moleküle CO₂ eingeschleust wurden und damit 36 C-Atome agiert haben.

Die Dunkelreaktion summarisch über einen Kreislauf
Auslass: C₆H₁₂O₆ Glukose

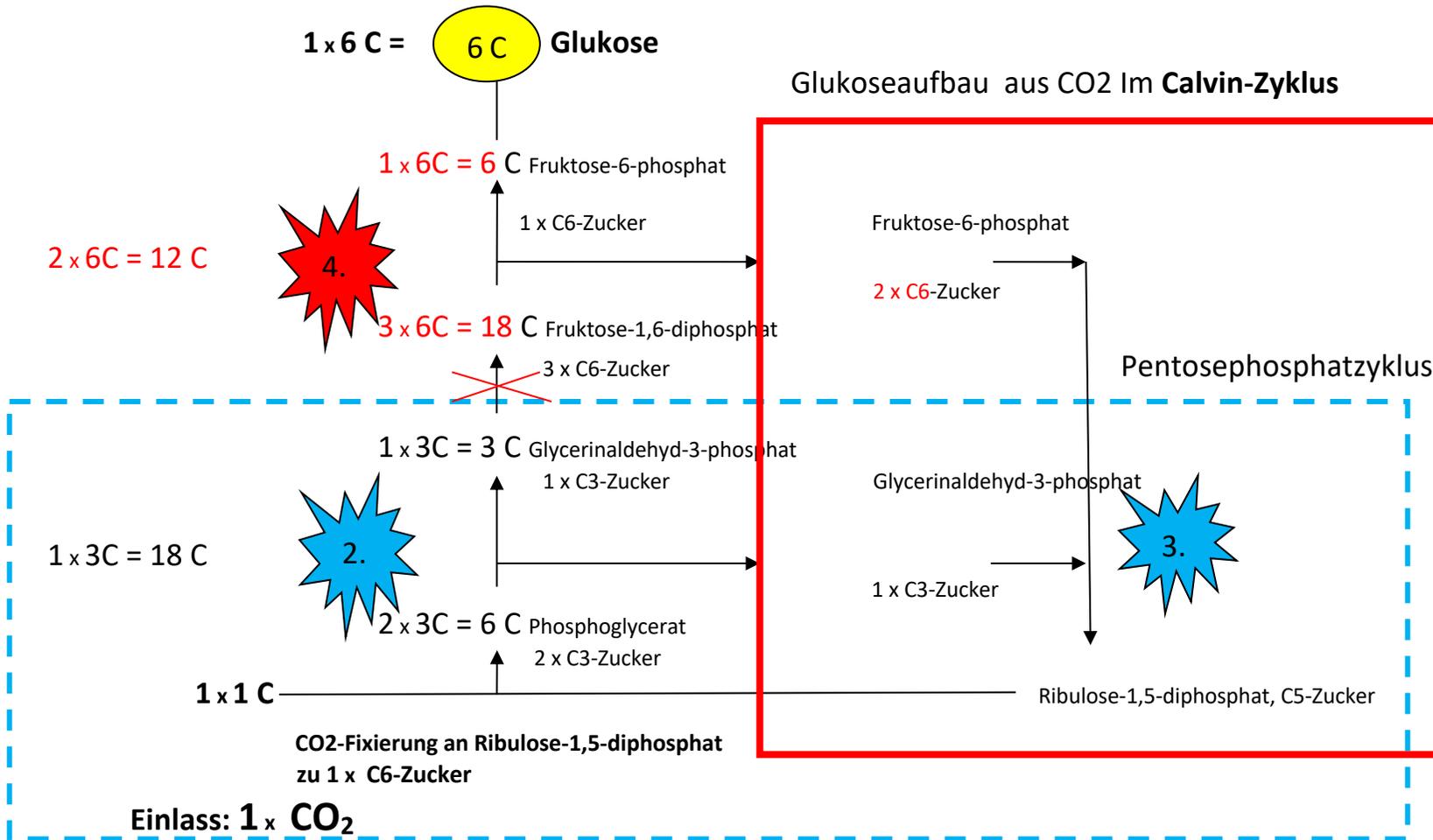


Abbildung 64: Calvin-Zyklus mit nur einem Umlauf

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei obiger Darstellung um eine sehr vereinfachte Darstellung handelt.

Auch hier ist zu hinterfragen, ob es sich im wörtlichen Sinn um Kreisläufe handeln kann. Vielmehr ist wohl der entscheidende Schritt, dass die Verknüpfung von Ribulose-1,5-diphosphat mit CO_2 so oft erfolgt, bis bezogen auf 6 Molekül Ribulose-1,5-diphosphat (= 30 C), 36 Moleküle Glycerinaldehyd-3-phosphat (= 36 C) entstanden sind. Von diesen 36 Molekülen Glycerinaldehyd-3-phosphat kann dann 1 Molekül Glukose (= 6 C) abgezweigt werden. Letztlich muss ein bestimmtes relatives Konzentrationsverhältnis der Kreislaufreaktanten erreicht sein.

Auch hier muss es sich um einen stochastischen Vorgang handeln, wie der bereits erwähnte: „Vielmehr dominiert in Zellen ein stochastisches Nebeneinander von gleichzeitigen Schritten. *Es kommt zu einem organisierten Nutzen aus planlos ablaufenden Prozessen* (Dyson, 2016, S. 404)“.

Schauplatz dieser Dunkelreaktion ist bei Bakterien das Cytoplasma der Zelle, bei Pflanzen das Stroma³¹⁰ der Chloroplasten, eine der Doppelmembranorganellen der Zelle für die Photosynthese. Chloroplasten weisen eine starre Zellwand auf, die Thylakoide in Scheibenformstruktur enthalten. Im enthaltenen Chlorophyll, einem grünen Pigment mit Porphyrin-Struktur, spielt sich der photoelektrische Effekt ab. Die Thylakoidmembran enthält Enzyme und andere lichtabsorbierende Pigmente zur Energieerzeugung in Form von ATP. Chloroplaste kommen nur in grünen Pflanzen und in wenigen Algen vor. Diese Organelle der Zelle ist viel komplexer und größer als die Mitochondrien.

Folgender Vergleich aus <https://chadwilken.com/unterschied-zwischen-mitochondrien-und-chloroplast/#> ist m.E. von Interesse um zwischen den Verwandten, den Mitochondrien und Chloroplasten zu unterscheiden

Hauptunterschied zwischen den beiden wichtigsten Organellen der Zelle:

Mitochondrien sind die großen, membrangebundenen, bohnenförmigen Organellen, die in fast allen Arten von eukaryotischen Organismen vorkommen, auch bekannt als „Kraftpaket der Zelle“. Sie sind für die Zellatmung und den Energiestoffwechsel verantwortlich. Dagegen kommen Chloroplaste nur in grünen Pflanzen vor und in wenigen Algen (Blualgen) sind sie die Orte der Photosynthese. Diese Organelle der Zelle ist viel komplexer und größer als die Mitochondrien.

Mitochondrien sind der Ort für Betaoxidation, Photorespiration, oxidative Phosphorylierung

Chloroplasten sind der Ort für die Photorespiration und Photosynthese.

Photorespiration w [von *photo-, latein. respiratio = Atmung], *Photoatmung*, Lichtatmung, allgemeine Bezeichnung für eine durch Licht verstärkte Atmung in photosynthetischen Organismen. Der zu den Reaktionen des Calvin-Zyklus in Konkurrenz ablaufende zyklische Stoffwechselweg beruht darauf, daß das Enzym Ribulose-1,5-diphosphat-Carboxylase („Rubisco“) ihr Substrat Ribulose-1,5-bisphosphat (Ribulose-1,5-disphosphat) nicht nur carboxylieren (Carboxylierung), sondern auch oxygenieren (mit Sauerstoff beladen) kann. Anstelle von 2 Molekülen 3-Phosphoglycerat werden dabei lediglich 3-Phosphoglycerat und 2-Phosphoglykolat gebildet, das durch eine plastidäre Phosphatase in Glykolat (Glykolsäure) umgewandelt wird

Mitochondrien sind "Zellkraftwerke", sie verschaffen Zellen Energie, indem Nährstoffe abgebaut werden. Chloroplasten sind **Zellorganellen, die es pflanzlichen Zellen ermöglicht Photosynthese zu betreiben**. Vom Stoffwechsel her gesehen, werden die chemischen Reaktionen in den Mitochondrien in den Chloroplasten genau umgekehrt durchgeführt

Sie erinnern sich sicher, dass auch das Vorbild dieser Reaktionsfolge, die uralte Glykolyse, sich im Cytoplasma abspielt.

Über Glukose-1-phosphat wird Glukose durch Polymerisation in Stärke, den eigentlichen pflanzlichen Energiespeicher überführt. Dies hat den Vorteil, dass die Stärke-Polymerisate (Amylaseketten bzw. Amylopektin) keinen zellbelastenden osmotischen Druck aufbauen können, da diese Polymerisate nicht wasserlöslich sind. Diese Wasserunlöslichkeit entzieht sie darüber hinaus einer Rückreaktion. Im Cytoplasma der Pflanzenzelle erfolgt auch die Biosynthese von Saccharose aus den Hexose-Intermediaten UDP-Glukose (Uridindiphosphat-Glucose) und Fruktose-6-phosphat. Saccharose ist uns in vielen Pflanzen, z.B. Zuckerrohr oder Zuckerrübe vertraut. Aus Saccharose kann die Pflanze, nach der Spaltung in Glukose und Fruktose, Glukose zu Cellulose, dem Hauptbestandteil von pflanzlichen Zellwänden, verknüpfen.

Pflanzen wie Mais, Zuckerrohr oder Hirse können geringe CO₂-Konzentrationen bei hohen Umgebungstemperaturen noch effektiv nutzen. Sie arbeiten allerdings in der CO₂-Fixierung mit Zwischenverbindungen, die 4 C-Atome haben. Sie werden, im Gegensatz zu den beschriebenen C₃-Pflanzen, C₄-Pflanzen genannt und besitzen auch eine etwas andere Blattanatomie: eine typische Antwort der Evolution auf Lebensumstände mit höheren Durchschnittstemperaturen. Die Fitnesslandschaft kennt keine Ruhepause. Solche Pflanzen sind von großem Interesse für den Fortbestand der Flora im Zeitalter des rezenten Klimawechsels.

Thermodynamisch energetisch gesehen, ist der Ablauf, bei dem 2870 kJ an Freier Energie über chemische Bindungsknüpfung stofflich fixiert werden, naturgemäß nicht spontan. Er wird in der Zelle bei photoautotrophen (*"sich selbst mit Licht ernährend"*) Lebewesen möglich, durch die Bereitstellung von 12 Molekülen NADPH, mit 2644 kJ und 18 Molekülen ATP mit 544 k, so dass insgesamt $2870 - (2644 + 544) = - 318$ kJ zur Spontanität an Freier Energie ΔG verfügbar sind, die natürlich letztlich aus Sonnenenergie stammen. In der frühen Dunkelreaktion der Photosynthese von chemoautotrophen (*"Energiebedarf wird aus der Oxidation anorganischer Verbindungen bezogen"*) Zellen resultierte die Bereitstellungenergie für NADH bzw. NADPH und ATP aus exergonen chemischen Umsetzungen ihres Energiestoffwechsels, wenn die freie Energie ΔG der Reaktionspartner abnimmt ($-\Delta G$).

Dunkelatmung

Und wie stellt die Pflanze ihre Energiegewinnung für den Zellablauf in der Nacht sicher?

Nachts kann die Pflanze ohne Licht keine Photosynthese betreiben. Um dennoch Energie zu erzeugen, setzt in ihren Zellen die **Dunkelatmung** ein. Bei ihr werden Kohlenhydrate und Sauerstoff verbraucht und vermehrt Kohlendioxid nach außen freigesetzt. Insgesamt geben Pflanzen aber im Laufe eines Tages mehr Sauerstoff als Kohlendioxid ab – die Bilanz ist also positiv.

2.5.7.8 Die Lichtreaktion in Bakterien

Sonnenlicht, also elektromagnetische Strahlung, wird über Absorptionsfarbstoffe (Bakteriochlorophylle), als online-Energie zum Aufbau von ATP und NADPH genutzt, das in der Dunkelreaktion zur Bildung von Glukose durch Reduktion von Kohlendioxid benötigt wird. Die bereits unter: „Aktivierungsmechanismen der Biochemie“ (Abschnitt: 2.5.2) kurz erörterte Lichtreaktion, auch als Photophosphorylierung bekannt, soll nun etwas näher beleuchtet werden.

Im Detail hat die Evolution ein Prinzip des Wandels von elektromagnetischer Strahlung in chemische Bindungsenergie entwickelt. Auch hier kann ich für Detailfragen nur auf die bereits erwähnte, sehr anspruchsvolle und reichliche Fachliteratur verweisen.

Da Umkehrbarkeit der „Evolutions-Chemie“ in der Molekularbiologie überall zu beobachten ist, kann man sich die Frage stellen, ob dieser Weg von der elektromagnetischen Strahlung hin zum Biomolekül umkehrbar sein könnte. Ob also diese Molekularchemie einen Weg zurück zur elektromagnetischen Strahlung gefunden hat. Das ist tatsächlich in der Chemilumineszenz und Biolumineszenz zu beobachten. Bei diesen Phänomenen handelt es sich um einen Prozess, bei

dem durch eine chemische Reaktion elektromagnetische Strahlung im Bereich des ultravioletten und sichtbaren Lichts emittiert wird.

WIKIPEDIA: Die Emission von Licht bei der Chemilumineszenz ist eine Folge des Überganges eines Elektrons aus einem angeregten Zustand in einen energetisch tiefer liegenden Zustand, ggf. den Grundzustand. Anders als bei der Fluoreszenz oder Phosphoreszenz wird dieser angeregte Zustand bei der Chemilumineszenz durch eine chemische Reaktion erreicht. Als Biolumineszenz wird in der Biologie die Fähigkeit von Lebewesen bezeichnet, selbst oder mit Hilfe von Symbionten Licht zu erzeugen. Die Erzeugung des Lichtes findet bei höher organisierten Organismen oft in speziellen Leuchtorganen statt, bei eukaryotischen einzelligen Organismen in besonderen Organellen und bei Bakterien im Cytoplasma. Sie basiert auf chemischen Prozessen, bei denen freiwerdende Energie in Form von Licht abgegeben wird, es handelt sich also um eine Chemilumineszenz.

Das Phänomen findet sich in Tieren (vor allem Meeresbewohnern), Pilzen, höheren Pflanzen, Eizellern und Bakterien.

Das Prinzip:

Letztlich geht es darum elektromagnetische Strahlung der Sonne, Photonen, zu nutzen, um einen angeregten elektronischen Zustand zu erzeugen, der es erlaubt, chemische Reaktionen zu initiieren. Allen chemischen Reaktionen ist gemeinsam, dass die äußere Elektronenschale von Reaktionspartnern Elektronen anordnungen aufweisen, die während der Reaktion neue Konfigurationen, z.B. zu Molekülen eingehen, wenn damit der Gesamtenergieinhalt des Reaktionssystems abnimmt. Um das zu ermöglichen, werden bei der Photosynthese Elektronen von Absorptionsmolekülen durch Wechselwirkung mit den Photonen der elektromagnetischen Sonnenstrahlung, auf ein Potential an Freier Energie gehoben, das ausreicht, mittels Elektronenübertrag NADP^+ zu NADPH zu reduzieren und zusätzlich ATP zu erzeugen. Dieses NADPH wird dann für die Energie verbrauchende Dunkelreaktion der Photosynthese bereitgestellt.

Im Gegensatz zu dieser Photophosphorylierung, wird durch die bereits erörterte oxidative Phosphorylierung der Atmung mit Sauerstoff ATP erzeugt, indem NADH und FADH_2 zu NAD^+ und FAD oxidiert werden.

Die Lichtreaktion in Bakterien (grüne und purpurne Schwefelbakterien)

In diesem kleinen „offenen System“ sinkt die Entropie

Elektrochemisches Potential

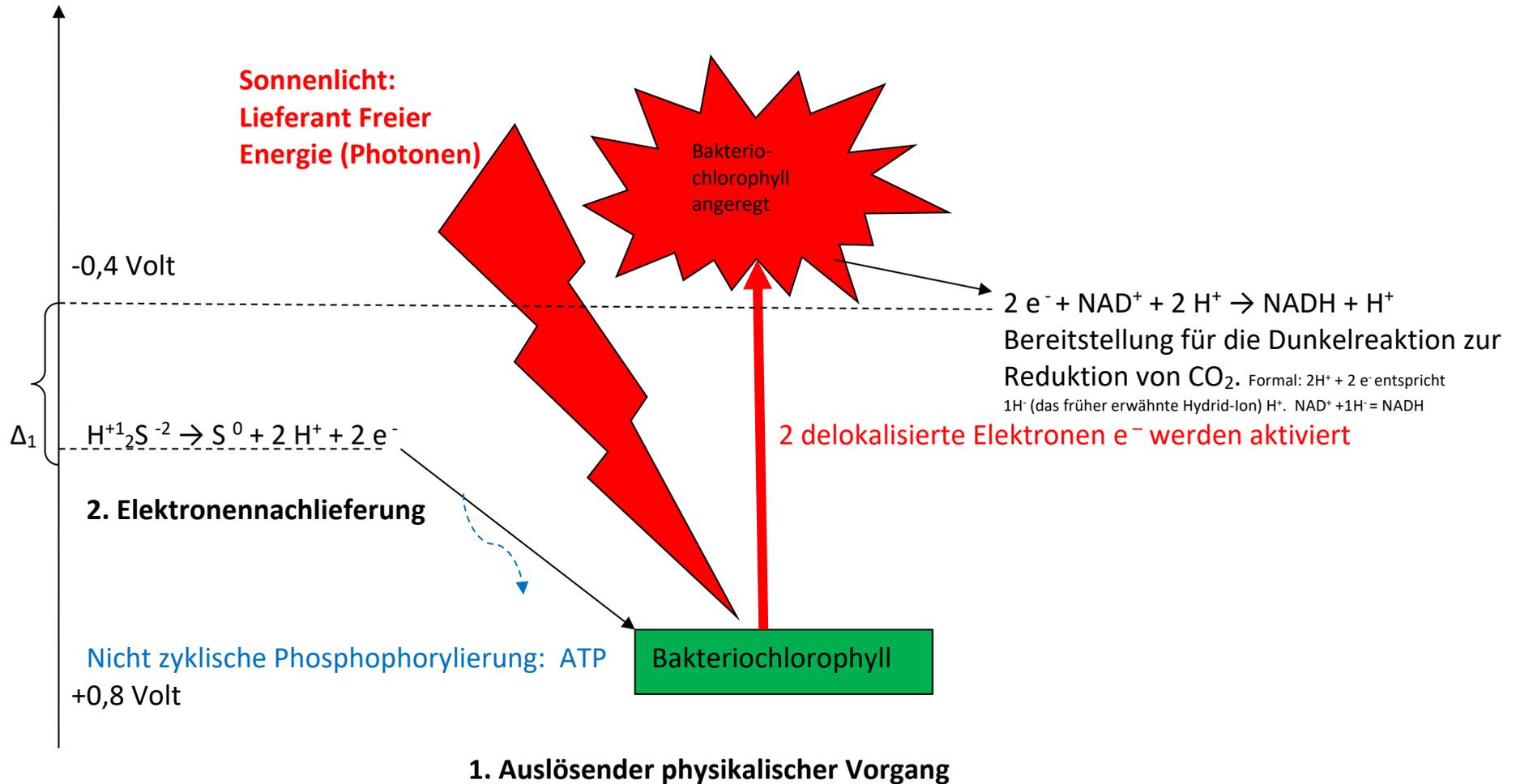


Abbildung 65: Die Lichtreaktion in Bakterien

Photonen des Sonnenlichts regen im Porphyrinsystem des Bakteriochlorophylls delokalisierte Elektronen³¹¹ an und heben sie auf ein energetisch höheres Niveau Δ_1 um 0,4 Volt. Dieses elektrochemische Potential kann für das H_2S -System ohne diese Anregung nicht erreicht werden. Die Elektronen sind nun auf dem passenden Niveau um die Reduktion von NAD^+ zu NADH durchzuführen. Die damit im Bakteriochlorophyll eingetretene Elektronenverarmung kann durch Elektronenabzug z.B. aus Schwefelwasserstoff kompensiert werden, indem das Sulfidion S^{2-} zwei und mehr Elektronen abgibt und dabei zu Schwefel bzw. Sulfat zu oxidiert wird. Diese Elektronentransportkette erinnert an die Atmung und liefert über die „nicht zyklische Photophosphorylierung“ ATP; allerdings sind Bakterien nicht mit den für eine echte Atmung notwendigen Enzymen ausgestattet und können auch kein NADH in ATP überführen. An die Umgebung werden Protonen abgegeben. Andere Elektronenlieferanten sind bekannt. Wasser kann nicht als Reduktionsmittel dienen, da das Oxidationspotential des Bakterienchlorophylls dafür nicht ausreicht.

Dieses Angebot aktivierter Elektronen, bereit zu Reduktionsprozessen, könnte sich bereits in einem sehr frühen Stadium der Präbiotik herausgebildet haben. Schon die Millerschen Versuche ergeben Spuren von Porphyrinen, die als Vorläufer von Chlorophyll anzusehen sind. Bedenkt man, dass bereits in einem sehr frühen Stadium Adenosinphosphate vorgelegen haben dürften, bedarf es nicht allzu großer Vorstellungskraft, hier eine mögliche ATP-Quelle zu vermuten.

Die Komponenten waren:

Blausäure (s.o. Miller Versuch) als Adenin-Quelle

Formaldehyd (s.o. Miller Versuch) als Ribose-Quelle (chiral?)

Phosphat, das eigentliche Aktivierungssystem (D, L, L-D –
 \leftrightarrow Triphosphat)

Porphyryne (s.o. Miller Versuch) als delokalisierte Elektronensysteme

Der Motor war:

Sonnenlicht als Energiespender

Das hört sich plausibel an. Man muss sich allerdings fragen, in welcher Folge diese Schritte abgelaufen sein können. Ohne Energiebereitstellung, wird sich nichts Nachhaltiges tun. Es ist daher anzunehmen, dass die elektronische Anregung durch Sonnenlicht in Porphyrinen den Anfang bildet, dass also erst solche Absorptionskomplexe den Einstieg in die Nutzung der Sonnenenergie ermöglichen konnten. Sehr wahrscheinlich ist auch ein paralleler Verlauf dieser Schritte.

Für die Reaktion von 5 Molekülen Blausäure zu Adenin muss allerdings kein aktivierender Phosphatierungsschritt angenommen werden. Darauf wurde bereits

hingewiesen. Das thermische Umfeld der Präbiotik könnte ausreichend gewesen sein.

Das gleiche gilt für die Bildung von Ribose aus Formaldehyd in alkalischem Milieu. Die Verknüpfung zu D, L- ATP erforderte, da endergon, allerdings besondere Zwischenschritte.

Ribose, chiral oder nicht, könnte zunächst über einfache Phosphorylierungsquellen, später über ATP einfach, zweifach oder gar dreifach phosphoryliert worden sein. Damit war sie hoch reaktiv und könnte leicht die Bildung mit der freien N-H – Gruppe des Adenins, N-glykosidisch, unter Phosphatabspaltung eingehen. Energieverbrauchender Phosphataufbau bis zum ATP-Vorläufer, konnte dann über elektronische Aktivierung von Porphyrinen erfolgen. Siehe oben: Nicht zyklische Phosphophorylierung.

Wie bereits ausgeführt, könnte mehrfach phosphorylierte Ribose das Rückgrat von RNA formiert haben. In den Ribosegliedern der Kette enthaltene Phosphatgruppen dürften die Freie Energie der Kette zusätzlich erhöht haben. Damit war die Verknüpfung, wie bereits erwähnt, N-glykosidisch mit Basen wie Adenin A, G (Guanin), C (Cytosin) und U (Uracil), unter Abspaltung des Phosphatrestes, zu Nukleinsäuren möglich.

Dieser Mechanismus kann allen Molekülteilen, die OH-, oder NH-Gruppen tragen, den Phosphorylierungsschritt ermöglicht haben. Denken Sie nur an Glukos-6-phosphat als Eintrittsmolekül in die Glykolyse.

Mit ATP mögen nun auf Phosphorylierung beruhende biochemische Reaktionen gestartet worden sein, die unter Entropie-Erniedrigung und Erhöhung von Freier Energie abliefen. Ein erster Schritt ins Leben? Der ADP - ATP – Kreislauf mit dem Energielieferant Sonne war geschlossen.

Könnte es im Verlauf der Evolution zunächst diese von Bakterien optimierte Photosynthese auf der Basis NAD^+/NADH gegeben haben, die sich später, um nicht mit der inzwischen „erfundenen“ Atmung zu kollidieren, auf das System $\text{NADP}^+/\text{NADPH}$ verlagerte?

Die Reduktionskraft bzw. die Bereitschaft des Sulfid-Ion S^{2-} Elektronen abzugeben, ist nicht ausgeprägt genug um die Reduktion von NAD^+ allein, ohne die photochemische Bakteriochlorophyll-Anregung zu bewältigen. Der Unterschied im elektrochemischen Potential Δ_1 (Abbildung 64), ist zu hoch und kann nur durch die physikalische Anregung von Elektronen im Bakteriochlorophyll übersprungen werden.

Es sei erwähnt, dass Purpurbakterien, die keine Schwefelverbindungen, also keinen Elektronennachschub aus einer Redoxreaktion integriert haben, in der Lage sind, diesen o.a. Vorgang der NADH-Herstellung zu verlassen. Indem sie die durch Licht angeregten Elektronen wieder in den Ausgangszustand, also das nicht aktivierte Bakteriochlorophyll zurück transportieren, wird dieses Potential

zur Herstellung von ATP anstelle von NADH genutzt. **Dieser Ablauf ist die „zyklische Photophosphorylierung“**, wobei die Elektronen im Gegensatz zur „nicht zyklische Photophosphorylierung“ wieder in den Prozess zurückgeführt werden.

2.5.7.9 Die Lichtreaktion in Pflanzen

Wir kommen nun zu der rezent am weitesten verbreiteten Photosynthese, die, wie schon so oft angesprochen, summarisch gesehen in grünen Pflanzen und manchen Bakterien, CO_2 mittels H_2O als Reduktionsmittel zu Glukose reduziert. Die Dunkelreaktion in der Pflanze ist bereits beschrieben. In der Dunkelreaktion werden Elektronen zur Reduktion von CO_2 verbraucht, die in der Lichtreaktion erzeugt werden. Die Lichtreaktion der Pflanze ist allerdings noch raffinierter als die o.a. Lichtreaktion der Bakterien.

Dabei gilt es zu bedenken, dass Wasser, rein chemisch gesehen, ein denkbar schlechtes Reduktionsmittel darstellt. Wasser ist nur wenig bereit Elektronen abzugeben, die dann auf ein ausreichendes Niveau gehoben werden können, um die Reduktion des NADP^+ zu bewirken. (Die Abgabe von Elektronen kann dabei nur von Sauerstoffatom kommen, denn im Wassermolekül sind die zwei Elektronen der zwei Wasserstoffatome bereits an den Sauerstoff vergeben. Das gleiche gilt sinngemäß für die Situation in H_2S). Gegenüber H_2S , das durch das Sulfid-Ion S^{2-} Elektronen zur Reduktion bereitstellen kann, ist die Situation bei H_2O , das aus dem O^{2-} -Ion Elektronen abgeben muss, noch schlechter. Sauerstoff hat gegenüber Schwefel eine noch stärkere Neigung Elektronen für sich zu beanspruchen; seine Elektronegativität ist noch höher.

Die Evolution ist diesen Schritt trotzdem gegangen, wahrscheinlich weil mit dem Einbeziehen von Wasser z.B. gegenüber Schwefelwasserstoff, eine unerschöpfliche, überall verfügbare Reduktionsquelle zur Verfügung stand bzw. die sich möglicherweise erschöpfenden Schwefelwasserstoff-Ressourcen vor 3-4 Milliarden Jahren, einfach einen solchen Schritt provozierten.

Die Lichtreaktion in grünen Pflanzen (In diesem kleinen „offenen System“ sinkt die Entropie)

Elektrochemisches Potential

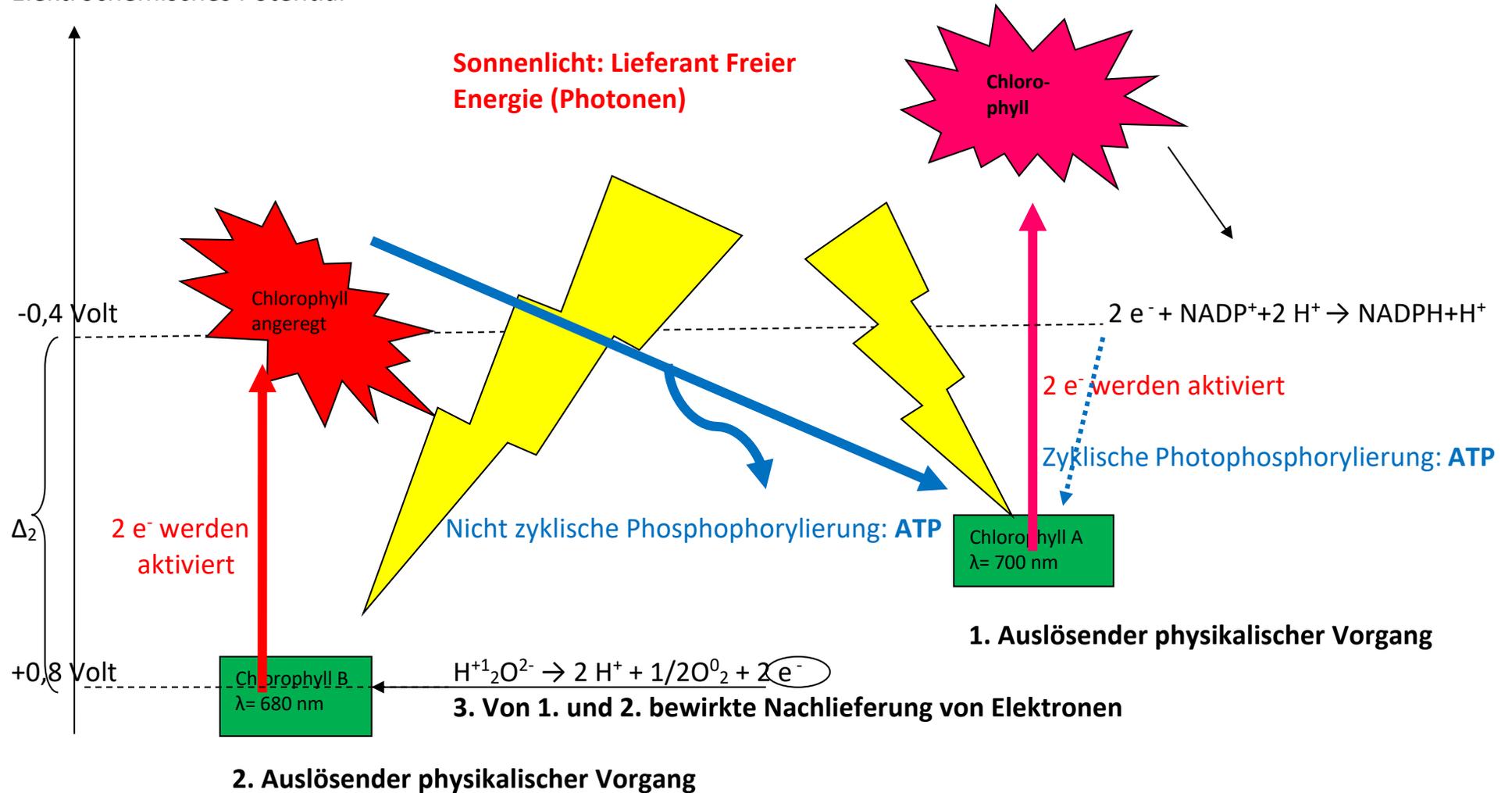


Abbildung 66: Die Lichtreaktion in grünen Pflanzen Pflanze

Um die hohe Potentialdifferenz von ca. 1,2 Volt zwischen Sauerstoff und NADPH zu überwinden, werden in einem ersten Absorptionskomplex A, mit Licht der Wellenlänge 700 nm, Elektronen aktiviert. Die Elektronen werden dann zur Reduktion von NADP^+ verbraucht. Sie müssen aber natürlich ergänzt werden, in dem Elektronen aus dem bei 680 nm absorbierenden zweiten Absorptionskomplex B, Elektronen nachgeliefert werden. Die in den beiden physikalischen Prozessen kreierten Elektronen werden letztlich aus dem chemischen Prozess der Oxidation von Wasser abgezogen. Dieser Schritt, auf dessen Ähnlichkeit als Umkehrung der Atmung bereits oben hingewiesen wurde, liefert ATP und stellt wieder eine „nicht zyklische Photophosphorylierung“ dar. Dabei werden dem im Wasser formal als O^{2-} vorliegenden Sauerstoff-Ion 2 Elektronen entzogen und dem Absorptionskomplex B zur Verfügung gestellt. Sauerstoff $1/2 \text{O}_2$ bleibt übrig.

Auch hier ist zu betonen, dass die o.a. Erklärung eine sehr vereinfachte Darstellung, der im Detail äußerst komplexen Abläufe über viele Zwischenstufen ist, die z.T. noch nicht völlig bekannt sind.

Auch die Pflanzenzelle kann bei Bedarf in einer Nebenreaktion Elektronen, die vom Photosystem A normalerweise für die NADPH-Herstellung verwendet werden, zurückführen. Sie gelangen dann zyklisch in den Grundzustand des Photosystems A und erzeugen auf diesem Weg von hohem elektrischem Potential auf ein niedrigeres Niveau, die Speicher- und Zellenergie ATP. Dieser Ablauf wird die „zyklische Photophosphorylierung“ genannt.

Die Lichtreaktion findet in Vesikeln unter der äußeren Membran statt, was insofern naheliegend erscheint, als dort die Einflussnahme der Photonen am wenigsten behindert wird.

Zusammenfassung von Licht- und Dunkelreaktion

Das Wechselspiel von Licht- und Dunkelreaktion, das auch zeitlich getrennt in grünen Pflanzen ablaufen kann, sei hier nochmals in seiner sich gegenseitig bedingenden Abfolge dargestellt. Letztlich geht es um die Bereitstellung von Reduktionsäquivalenten in Form von Elektronen, die über die Energietransporter NADPH, zur CO_2 -Reduktion führen. Es ist sicher nicht ohne Bedeutung, dass mit dieser Synthesestrategie Tag- und Nachtphasen, wie sie terrestrisch unvermeidbar vorgegeben sind, optimal genutzt werden. Ein Prinzip, dass mit Sicherheit auch für andere kosmosweit bestehende Planetensysteme, allerdings mit andern Tag-Nachtrhythmen, gegeben ist.

Wenn man in der Abbildung 66 die Pfeile einfach umkehrt, erhält man formal den Ablauf des Glukose-Abbaus in der Abbildung 67. (Abgesehen von dem Umstand, dass NADP^+ formal durch NAD^+ ersetzt werden muss)

Die Lichtreaktion in grünen Pflanzen

Energiekomponente
Elektrochemisches Potential

Dunkelreaktion in grünen Pflanzen

Stoffkomponente: Glukoseaufbau

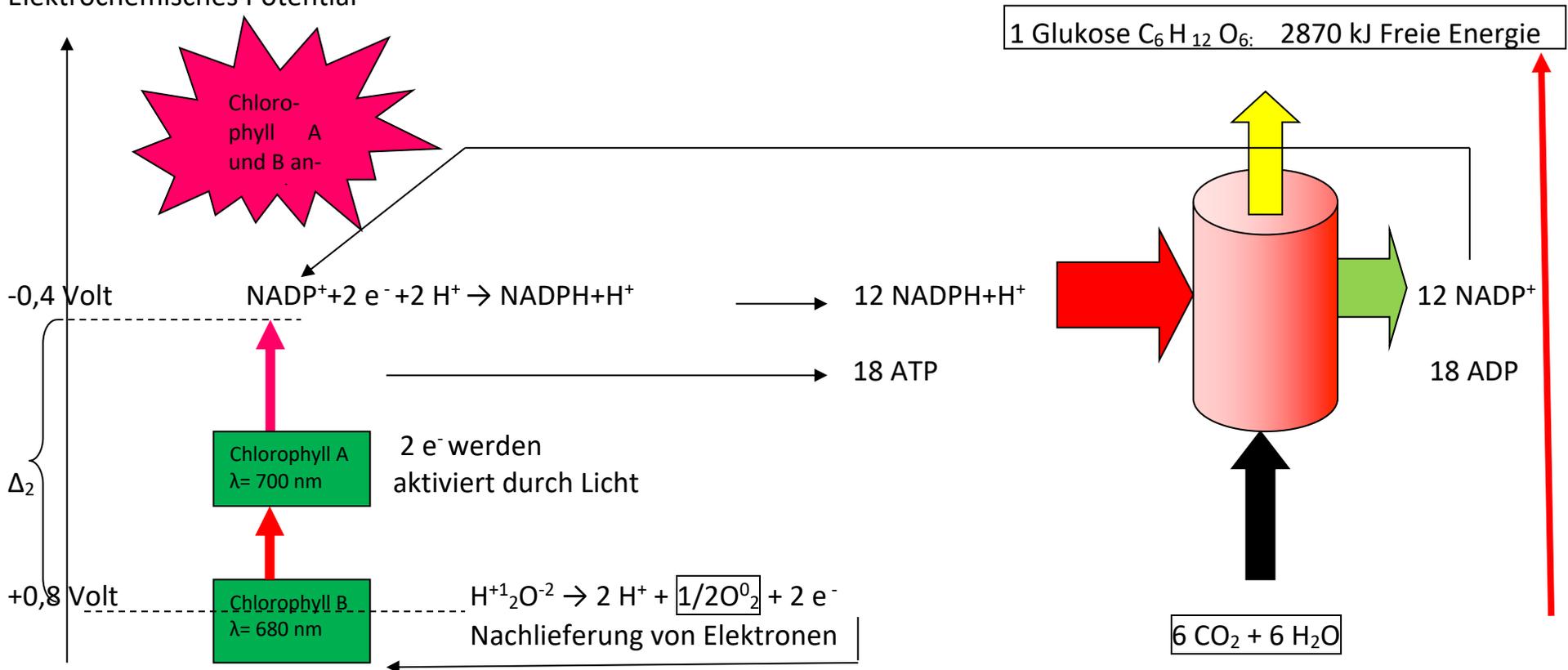


Abbildung 67: Zusammenfassende Photosynthese, Licht- und Dunkelreaktion

**Die Lichtreaktion in grünen Pflanzen =
Formal: Umkehrung der Atmung**
Elektrochemisches Potential

**Die Dunkelreaktion in grünen Pflanzen =
Formal: Umkehrung des Glukose-Abbaus**

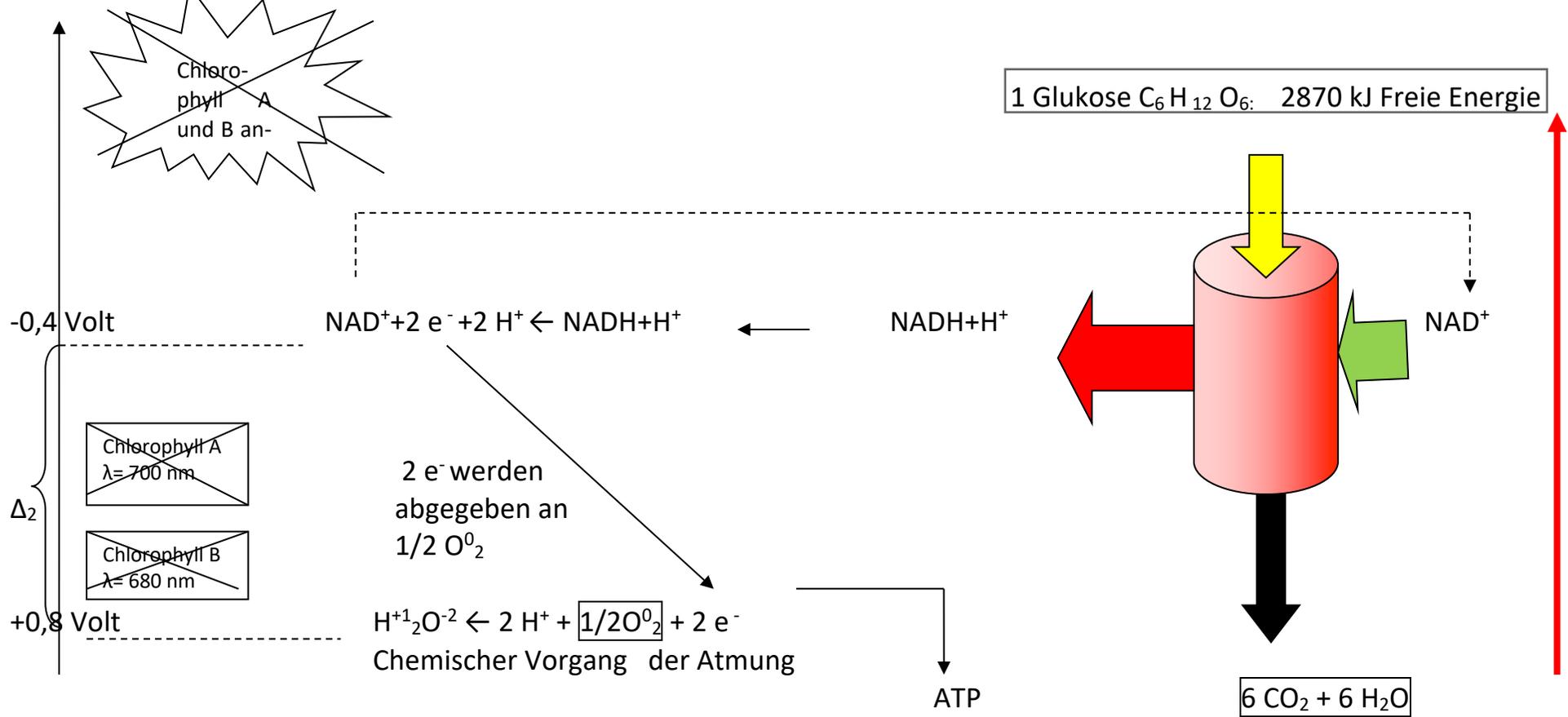


Abbildung 68: Die formale Umkehrung der Dunkelreaktion entspricht formal dem Glukose-Abbau

Die beim oxidativen Glukose-Abbau frei gesetzten Elektronen werden vom Sauerstoff als Oxidationsmittel übernommen. Die Bildung von Wasser ist damit erklärbar. Die Bildung von Kohlendioxid geht weit über diesen Formalismus hinaus. Was zum Ausdruck kommt, ist die deutliche verwandtschaftliche Beziehung, der entwicklungsgeschichtlich auseinander liegenden Reaktionsabläufe von uralter, Glukose verbrauchender Glykolyse- und Zitronensäurezyklus mit der rezenten Glukose schaffenden Dunkelreaktion der Photosynthese bzw. der Verwandtschaft der Lichtreaktion der Photosynthese mit der Atmung.

Kommen wir noch einmal zurück auf die folgende frühere Ausführung:

Aus diesen Befunden könnte man auf folgende evolutionäre Entwicklungsabläufe schließen:

Glykolyse (Umkehrung = Glukoneogenese)

Glukoneogenese

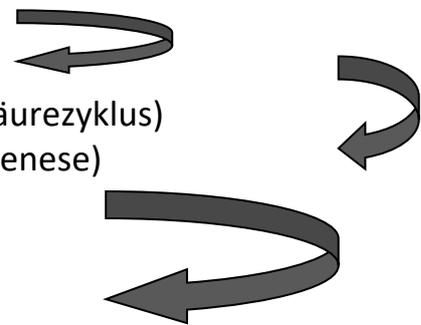
Reversibler Zitronensäurezyklus (reduktiver Zitronensäurezyklus)

Dunkelreaktion der Photosynthese (analog Glukoneogenese)

Lichtreaktion der Photosynthese

Oxidativer Zitronensäurezyklus

Atmung (analog Lichtreaktion der Photosynthese)



Allerdings gilt, wie bereits gesagt, dass es sicherlich kein Hintereinander dieser verschiedenen Optimierungsphasen gab. Es werden sich im Laufe der Millionen von Jahren Prozesse schleichend nebeneinander entwickelt haben. Dazu kommt, dass es zwischenzeitlich noch nicht entschieden war, welche "Chemie" in der Evolution langfristig erfolgreich war. Es musste z.B. die Frage des tragfähigsten Reduktionsmittels - Wasser oder Schwefelwasserstoff - nachhaltig entschieden werden. Ob es für die kommenden Jahre der terrestrischen Biologie weitere energetische Anpassung geben wird, bestimmt allein das Fitness-Kontinuum mit seiner Ressourcen-Bereitstellung.

2.5.7.10 Wasserspaltende Photosynthese dominiert, Ozon-Bildung, Sauerstoff atmende Bakterien bilden sich

Man könnte schließen, dass die Evolution vor der Entscheidung für die wasserspaltende Photosynthese eine Art weltweite Ressourcenbilanz durchgeführt hat und feststellte, dass die Schwefelwasserstoffvorräte um Größenordnungen geringer waren als die Wasserquelle. Dieser Ressourcendruck führte dann im Lauf von Jahrtausenden notgedrungen zu der effektiveren Basis Wasser und Kohlendioxid.

Eine solche „Planung“ hat natürlich nicht stattgefunden. Letztlich ergab sich aber der Entwicklungsdruck einfach aus Angebot und Nachfrage. Immer mehr Schwefelbakterien standen möglicherweise in Konkurrenz zueinander, um Schwefelwasserstoff und Sulfat.

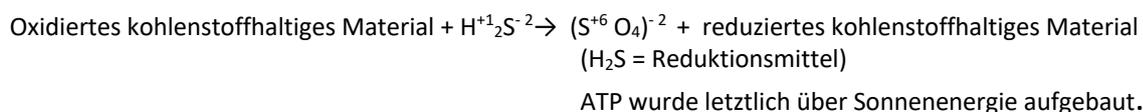
Das Ausweichen auf das o.a. System der Purpurbakterien, war eine aus der Not geborene Antwort und zunächst keine befriedigende Lösung, da kein NADPH entstehen kann, wenn durch zyklische Photophosphorylierung ATP erzeugt wird (s.o.). Damit war die Möglichkeit einen Kreislauf zu schließen, der das Reduktionsmittel NADPH erneut zur Verfügung stellt, erschwert.

Wie arbeitet eine Alternative auf Basis Schwefel?

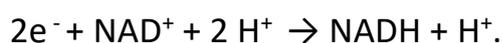
Wie bereits ausgeführt, kann der Kreislauf über eine alte Vorstufe der Atmung ohne Sauerstoff geschlossen werden.

Bakterielle Photosynthese, auf Schwefelbasis, brutto summarisch: (Siehe 2.5.7.3 Frühe anoxygene (anaerobe) Photosynthese)

Formal chemische Reaktionsinterpretation:



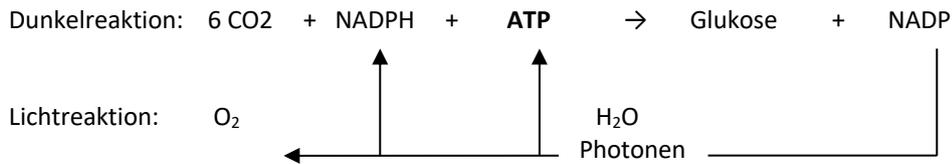
Schwefelwasserstoff wird, wie in der Abbildung 64 gezeigt, angeregt durch Sonnenlicht, zum Elektronenlieferanten und reduziert NAD⁺ zu NADH. Schwefelwasserstoff wird selbst zu Schwefel oder der gar bis zum Sulfat oxidiert.



NADH dient dann der in der Dunkelreaktion zur Reduktion von oxidiertem kohlenstoffhaltigem Material, z.B. CO₂. Im Kreislauf fällt NAD⁺ an. Bei dieser photochemischen Bereitstellung der Elektronen aus dem Sulfid-Ion, wird Energie gewonnen und als ATP gespeichert, das für den Zell-Energiehaushalt zur Verfügung steht.

Das ist der Prozess, der in der frühen Erdgeschichte von Schwefelbakterien und Desulfovibrio-Bakterien genutzt wurde und im Atmungs-Schritt einen Vorläufer der heutigen Sauerstoff Atmung verkörpert.

Rezente Photosynthese, brutto summarisch:



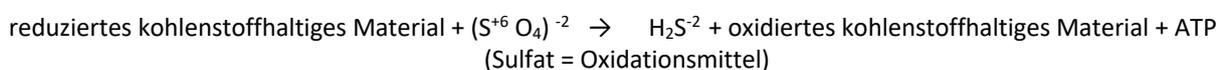
Durchgesetzt hat sich der Sulfat-Kreislauf bekanntlich nicht. Man sieht heute den Grund, wie bereits erörtert, in der geringeren Verfügbarkeit von Schwefelverbindungen gegenüber dem ungeheuren Angebot an Sauerstoffverbindungen. Man denke nur an die Wasservorräte der Ozeane im Erdmantel. Sicher ist die Tatsache, dass die heutige Photosynthese und die Assimilation letztlich auf gasförmigen bzw. flüssigen Komponenten, wie Kohlendioxid und Wasser beruhen, ein ganz entscheidender Vorteil gegenüber einer Reaktionsfolge mit Sulfat, die ein pflanzliches Leben, außerhalb eines wässrigen Milieus, kaum vorstellbar macht. Zusätzlich ist ein grundsätzliches Problem mit dieser bakteriellen Sulfat-Atmungsversion verbunden. Wichtig ist, dass bei der wasserspaltenden Photosynthese, Sauerstoff als gasförmiges Produkt entsteht. Das gasförmige Reaktionsprodukt Sauerstoff hat ein ganz anderes Entfaltungspotential als das Sulfat-Ion. Sauerstoffgas kann sich sowohl in der Atmosphäre als auch in wässriger Lösung ausbreiten.

Damit wird aber, global gesehen, das Biotop Ozean, um das Biotop Erdoberfläche erweitert. Der Sulfat-Prozess ist in der Gasphase, außerhalb von wässrigen Systemen, also an Land, nicht möglich. (Sulfat)⁻² ist als doppelt geladenes Anion, mit Kationen, wie z.B. Na⁺, Ca⁺², K⁺ usw. verbunden. Solche ionischen Systeme liegen bei Abwesenheit von Wasser immer als hoch schmelzende Feststoffe vor. Salze, sagt der Chemiker dazu, die nur in gelöster Form, in Wasser, Aktivität entfalten können. Damit hätte sich die uns vertraute Biologie, die Botanik an Land und damit die Zoologie, nicht entwickeln können. Nur in den Ozeanen wäre damit eine Biologie möglich. Ein Leben an Land wäre nicht entstanden. Die Zukunft gehörte daher den Zellen bzw. Bakterien mit Wasserspaltung und Sauerstoffatmung in der Gasphase.

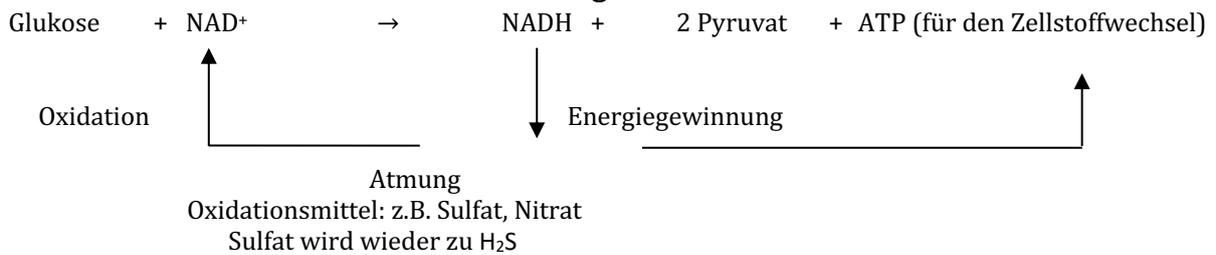
Bakterielle Atmung, auf Schwefelbasis, brutto summarisch bzw. biochemische gesehen: (Siehe: 2.5.7.3, Frühe anaerobe Atmung)

Katabolismus

Formal chemische Reaktionsinterpretation:



Tatsächliches biochemisches Reaktionsgeschehen:



Dazu ist wieder die komplizierte enzymatische Matrix des NAD⁺/NADH – Oxidationsmechanismus Voraussetzung. Oxidiert wird das reduzierende kohlenstoffhaltige Material mit NAD⁺. Erst das dabei entstandene NADH wird dann mit Sulfat oxidiert und Sulfat bis zum Schwefelwasserstoff reduziert. Bei der exergonen Oxidation wird ein Teil der Reaktionsenthalpie in ATP überführt.

Darüber hinaus hatte sich o.a. Schwefelzyklus (Dickerson/Geis, 1983, S. 233) aufgebaut, der es gestattet, wieder zu den Ausgangsprodukten der Atmung, zu Sulfat, zu gelangen. (Siehe:

2.5.7.1 Ressourcenaufbau in Form von Glukose):

Rezente Wasserspaltende Photosynthese

Es ist faszinierend, dass sowohl Pflanzen als auch Tiere ihre Energiebasis in dem Molekül Glukose gefunden haben. In beiden biologischen Lebensformen findet man eng verwandte Mechanismen des Metabolismus, wie aus Glukose kleine Energiepakete in Form von ATP gebildet werden.

Es zeigt sich, dass eine Maus, ein Fliegenpilz, ein Fisch, ein Regenwurm, eine Eiche und wir Menschen diesen gleichen Glukose-Stoffwechsel benutzen. Es liegt nahe, aus diesen äußerst differenzierten Abbau-Kaskaden - Glykolyse, Zitronensäurezyklus und Atmungskette - eine gemeinsame Wurzel, eine gemeinsame, verwandtschaftliche Entstehungsgeschichte abzuleiten. Der komplexe und trotzdem ubiquitäre Glukose-Metabolismus, zeugt von einem perfekt angepassten, bis ins letzte optimierte Prinzip, das sich in der gesamten Biologie evolutionär etabliert hat.

Diese Entwicklungsstufe dürfte vor etwa 3 Milliarden Jahren ihren tastenden Anfang gefunden haben.

Es überrascht nicht, dass der erzeugte Sauerstoff zunächst die im Wasser gelösten unedlen Metall-Ionen, vor allem Fe²⁺ zu Fe³⁺ oxidierte. Spuren dieser Aktivität finden sich heute wie gesagt in den Rotschichten (Red Beds) des vollständig oxidierten Hämatits (Fe₂O₃), das nie älter als 1,4 Milliarden Jahre gefunden wurde. Nach sehr langer Zeit war diese Oxidation abgeschlossen und der Sauerstoff entwich in die Atmosphäre, wo er sich auch in der Stratosphäre ansammelte. In der Folge setzte der Ozon- Sauerstoff-Zyklus ein, der vor etwa 600 Millionen Jahren die Ozonschicht³¹² entstehen ließ

Es dürfte bereits vor der später dominierenden Sauerstoffatmung eine Evolutionslücke auf der verfügbaren Erdoberfläche entstanden sein. Leben fand nicht außerhalb von Wasser, Seen oder Ozeanen statt. Es mag eine Art Entwicklungs-Vakuum für die damalige Bakterienwelt an allen Land berührenden, ozeanischen Ufern entstanden sein, das nicht von Dauer sein konnte. Eine Ausbreitung von Leben an Land war im Hinblick auf die Evolution eine Frage der Zeit. Es musste nur die rechte stoffliche Basis gefunden werden, die gewährleistete, dass die Versorgung mit Kohlenstoff, sprich Kohlendioxid und dem Reduktionsmittel Wasser, außerhalb einer permanent flüssigen Phase, in einer Gasphase möglich war und die Energiespeichersubstanz Glukose gebildet werden konnte.

Deren Transformation in ATP war bereits „erfunden“ und über Glykolyse, Zitronensäurezyklus und Atmung gewährleistet. Der Motor, die Energie des Sonnenlichts, war an Land noch effektiver verfügbar als im Wasser.

Dieser Vorgang hat an Land vor ca. 700-600 Millionen Jahren, in einer Bakterien- und Algenwelt die Oberhand gewonnen und kurz darauf zu einem Landgang von Tier- und Pflanzenreich geführt, als in der Atmosphäre Sauerstoff schon lange das Kohlendioxid verdrängt hatte.

Beide Lebensformen haben viele Gemeinsamkeiten, was z.B. Zellstruktur, Stoffwechsel und Energiespeicherung und -verwertung betrifft. Sie weisen, aber auch wesentliche Unterschiede auf, die sich aus ihrer Lebensentfaltung ergeben.

Pflanzen sind bekanntlich ortsgebunden und erleben ihre Energieversorgung passiv durch die Sonneneinstrahlung. Die stoffliche autotrophe „Ernährung“ erfolgt ortsgebunden durch die Kohlendioxid-Versorgung in der Gasphase, in ihren grünen Pflanzenteilen und ebenso passiv durch die Wasserversorgung ihrer Wurzeln. Die Energiespeicherung und Nutzung verläuft ganz überwiegend über den Aufbau von Stärke und Cellulose, als in Wasser unlösliches Glukose- Polymer und durch den Abbau von Glukose. Wie dargelegt erfolgt die Transformation dieser Glukose-Energie in ATP, über die Glykolyse und den Zitronensäurezyklus, unter Einbeziehung der Atmung.

Pflanzen sind passiv orientiert und können kein Flucht- oder Jagdverhalten entwickeln. Strukturell sind sie aus mechanisch gut belastbaren, z.T. außerordentlich wuchsfähigen Cellulose-Lignin Elementen aufgebaut.

Wie erfolgreich Pflanzen sind, mag aus folgender Zahl hervorgehen, die ich in Labor & more, 6/2010, unter Phyllosphäre gefunden habe: *„Die Gesamtfläche aller Landpflanzen – vom Gänseblümchen bis zum Riesenmammutbaum – beträgt etwa eine Milliarde Quadratkilometer. Damit ist die Phyllosphäre der größte terrestrische Lebensraum der Erde „.* Es wäre interessant zu erfahren, welche vergleichbare pflanzliche Fläche sich in den Ozeanen verbirgt.

Tiere dagegen sind ortsaktiv, bewegungsorientiert und können ihre Energieversorgung nicht autotroph decken. Sie müssen die Speicherenergie heterotroph in Form von Cellulose, Stärke, Fetten und Proteinen aufnehmen und über den Metabolismus verwerten bzw. speichern. Im Gegensatz zu den Pflanzen erfolgt diese Speicherung über Körperfette, die aber über den Zitronensäurezyklus, sowohl direkt in ATP-Energie als auch über die Glykolyse in Glukose umwandelbar ist. Die Verwertung erfolgt über ein innenliegendes Darmsystem. Ihre Struktur unterscheidet sich grundsätzlich von Pflanzen, da die Bewegungsfähigkeit Bauelemente wie Gelenke, Knochen, Sehnen, Schalen usw. voraussetzt. Der Aufbau des Bewegungs- und Fressapparates ist mit Cellulose Elementen nicht zu bewältigen. Er erfordert starres Gerüstmaterial auf Basis von Calciumsalzen, vorwiegend Phosphaten, also Knochen sowie Proteine in Form von kontrahierbaren Muskeln und Collagen als Strukturgeber der Bindegewebe usw.

Vergleich von tierischen Zellen und pflanzlichen Zellen

	Pflanzenzelle	Tierzelle
Zelltyp	Eucyte (<u>Eukaryoten</u>)	Eucyte (<u>Eukaryoten</u>)
gemeinsame Zellorganellen	<u>Endoplasmatisches Retikulum, Golgi-Apparat, Ribosomen, Mitochondrien, Zellkern</u>	
<u>Chloroplasten</u>	vorhanden	nicht vorhanden
<u>Lysosomen</u>	nicht vorhanden	vorhanden
<u>Vakuolen</u>	vorhanden	nicht vorhanden
<u>Zellwand</u>	vorhanden	nicht vorhanden
Zytoskelett	schwach ausgeprägt	stark ausgeprägt
primäre Stützfunktion	Zellwand	Zytoskelett
Kohlenhydratspeicher	Stärke	Glykogen
Interzellulärer Kontakt	durch Plasmodesmen	durch Desmosomen
Zellentgiftung	durch Glyoxysomen	durch <u>Peroxisomen</u>

<http://www.biologie-schule.de/tierzelle-pflanzenzelle-vergleich.php>

Die Sauerstoffanreicherung in der Atmosphäre hatte weitreichende Auswirkungen. So ist anzunehmen, dass alles organische Material, das nicht in Lebensprozesse integriert war, entweder verbraucht oder durch Oxidation mit Sauerstoff vernichtet bzw. mineralisiert wurde. Daraus resultiert, dass es in einer Sauerstoffatmosphäre kein organisches Material in Abwesenheit von Leben, das die Lebens- und oxidativen Defizite ständig repariert, geben kann.

Heute weist die Atmosphäre einen Sauerstoffgehalt von etwa 21 Volumen% auf. Man kann davon ausgehen, dass dieser Wert seit etwa 100 Jahren einigermaßen durchgehend vorliegt.

Vor 200 Millionen Jahren dürfte er bei etwa 17 % und in der Phase von 590 - 300 Millionen Jahren bei etwa 10-12% gelegen haben. Auf einen kurzen Anstieg auf ca. 30 % vor etwa 300 Millionen Jahren, für etwa 40 Millionen Jahre, wurde bereits hingewiesen (Siehe Abschnitt 2.5.7.2: Lignin verhinderte Mineralisierung von

Holz). Vor 220 Millionen Jahren ist angeblich nur mit 10 – 15 % zu rechnen, anstelle von zuvor 16 – 17 %. Anlass zu dieser Feststellung sind Messungen der C_{12} – C_{13} Isotopen-Verhältnisse in Pflanzeneinschlüsse von Bernstein, die R. Tappert, Universität Innsbruck, untersucht hat. (Quelle: dpa)

Von großer Bedeutung wurde die Ozonschicht, die durch ihre Fähigkeit UV-Strahlung zu absorbieren, eine Schutzwirkung aufbaute. Damit wurde verhindert, dass Leben durch das Strahlungsbombardement des Weltraums wieder vernichtet wurde, vor allem an Land. Die dennoch durchdringende Strahlung war soweit gebremst, dass nur noch punktuelle Veränderungen der Zellsysteme, vor allem der DNA ausgelöst wurden. Es kommt zu Mutationen, die sich in der Selektion auf dem Prüfstand der Evolution, der Zukunftsfähigkeit stellen müssen. Das mag man als die negative Komponente dieses Evolutionsprozesses sehen. Die positive Seite dieser Selektionsmaschine ist die unglaubliche Anpassungsfähigkeit des Lebens an die sich ständig ändernden Konditionen der Umwelt – die nie ruhende Fitnesslandschaft.

Lieferanten und Verbraucher von Energie, wie wir sie oben diskutiert haben, hängen heute in einem ungeheuren Kohlendioxid-Wasser-Glukose-Sauerstoffkreislauf am gleichen Tropf, der Sonne, und könnten unabhängig voneinander nur sehr begrenzte Zeit existieren.

Letztlich ist der heute noch alles Leben erhaltende und dominierende geschlossene Kohlendioxid-Wasser-Glukose-Sauerstoffkreislauf sehr erfolgreich am Wirken, da er die Endlichkeit von chemischen Ressourcen wie Kohlendioxid und Wasser durch Einbeziehung einer nahezu unerschöpflichen Energiequelle, der Sonne, sehr weit hinausgeschoben hat. Dass es sich tatsächlich um eine, wenn auch sehr ferne Endlichkeit handelt, wird im Teil 3 verdeutlicht.

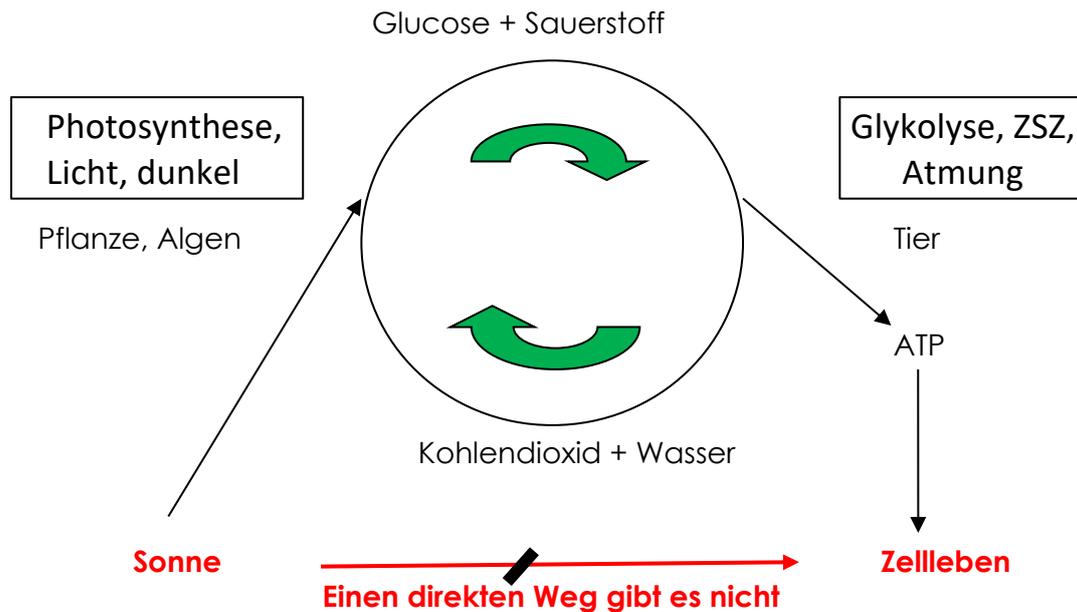


Abbildung 69: Geschlossener Kohlendioxid-Wasser-Glukose-Sauerstoff-Kreislauf

Kann man sich einen vergleichbaren Kreislauf z.B. auf Basis Schwefelkohlenstoff CS_2 , Schwefel S und Schwefelwasserstoff H_2S vorstellen?

Sicher nicht unter den uns bekannten Bedingungen. CS_2 ist unter Normalbedingungen eine instabile Flüssigkeit, S ist ein Feststoff, H_2S ist ein Gas. Da ist schon viel Fantasie gefragt, wenn man einen vergleichbaren Kreislauf konstruieren wollte. Allerdings ist die Evolution erfindungsreich. Auf einem Planeten mit viel Schwefel anstelle von Sauerstoff, hätte sie vielleicht einen Weg gefunden.

Dieser Kohlendioxid-Glukose-Sauerstoffkreislauf verkörpert, neben dem Wirken der DNA, m.E. den wichtigsten Schritt der Evolution und der Biologie in den vergangenen 4 Milliarden Jahren. Er schafft die energetische Basis des Lebens und ermöglicht die Einflussnahme auf die lebensfeindliche Grundtendenz der Entropie. Ohne diese (fast) endlose Schleife, einschließlich der Atmung, wäre trotz der gewaltigen Mengen an chemischen Ressourcen - vor allem Kohlendioxid - Leben schon längst wieder ausgestorben. Alle verfügbaren Kohlendioxid-Vorräte der Atmosphäre (heute 2,6 Billionen t) würden von der beschriebenen Dunkelreaktion der Photosynthese, in ca. 2000 Jahren vollständig verbraucht und als Biomasse fixiert werden. Die gekoppelte, ATP-liefernde Sauerstoffproduktion durch die Pflanzen, würde zu einem immer stärkeren Anstieg des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre führen. Ein Effekt, auf den ich bereits hingewiesen habe und der vor ca. 300 Millionen Jahren tatsächlich eintrat (S.o.: Etappen der biochemischen

Glukose-Entstehung) Dieser Effekt hätte sich langfristig mit Sicherheit lebensfeindlich ausgewirkt. Ob es eine solche Mangelsituation in der Erdgeschichte bereits vor Etablierung dieses Kreislaufs, vor 2-3 Milliarden Jahren vorübergehend gegeben hat? Sie wäre dann der Motor zur Entwicklung dieses alles beherrschenden Kreislaufs geworden.

Wie wechsellvoll und ambivalent das Wirken des Moleküls Kohlendioxid als Weltklimaregulator allerdings zu sehen ist, mag aus folgenden Zusammenhängen hervorgehen:

Es gab in der Erdgeschichte mehrmals Klimakatastrophen durch Kohlendioxid-Anreicherung. Dabei dürfte sich nach dem Präkambrium, vor etwa 600 Millionen Jahren, etwa 4 Mal so viel Kohlendioxid in der Atmosphäre angehäuft haben wie heute. Das führte zu hoher Erwärmung, Polkappen-Schmelzen, Wasserverdunstung und Sauerstoff-Verarmung in den Meeren. Es regnete wiederholt sehr lang, sehr stark. Dadurch kam es zu Einschwemmung von „Dünger“ in Form von chemischen Verbindungen, die u.a. Stickstoff und Phosphor enthielten. Als Folge trat Eutrophierung³¹³ und weiterer Sauerstoff-Verlust ein. Organisches Leben starb, sank ab zum Meeresgrund, und anaerobe Prozesse setzten ein. Schwefelwasserstoff bildete sich und mischte sich in die Atmosphäre. Schwefelwasserstoff atmende Mikroorganismen blühten auf. Am Meeresgrund entwickelten sich Vorstufen von Erdöl. Man kann das heute noch an meterstarken Schichten von Ölschiefern weltweit sehen. Somit, und durch die Kohlebildung aus versunkenen Pflanzen im Kambrium, wurden riesige Mengen von Kohlenstoff gebunden und dem Kohlendioxid-Kreislauf entzogen, bis es wieder zur Abnahme von Kohlendioxid in der Atmosphäre kam und damit zur Abkühlung.

Die aktuelle Energietechnologie setzt heute dieses fossil gebundene Kohlendioxid, in einem Tausendstel der Entstehungszeit frei. Diese Zusammenhänge habe ich in einem Artikel: „Die fossile Energiefalle“ zusammengefasst.

Diese so formal, in Kurzfassung dargestellten chemischen Vorgänge, sind im Detail von unglaublicher Komplexität. In Form von Reaktionskaskaden, die sich buchstäblich sekundlich in jeder der Billionen von Billionen Zellen auf unserer Erde abspielen, wird ständig ATP gebildet und verbraucht. Sonnenlicht ist der Motor und Chlorophyll der Katalysator.

Wahrscheinlich war es diese Komplexität, die die technische Chemie bisher davon abgehalten hat, diesen Zyklus für den Aufbau von chemischen Energiespeichern wie Glukose zu nutzen. Vielleicht aber auch nur Bequemlichkeit: Erdöl ist da, man muss nur ein Loch bohren. Bis die Endlichkeit bemerkt wurde. Was ist also naheliegender als einen seit Milliarden von Jahren überaus effektiven Mechanismus wie o.a. Kohlendioxid-Glukose-Sauerstoff-Kreislauf technisch zu

imitieren? Wasser und Kohlendioxid sind in unbegrenzten Mengen ubiquitär verfügbar, und die Sonne scheint in den meisten Ländern mehr als 12 Stunden am Tag. Es muss nicht Glukose sein, die als Energiespeicher erzeugt wird. Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe oder Alkohole wie Methanol wären als Benzinersatz durchaus hoch willkommen, wären sie doch für die bestehende Motorentechnologie weitgehend ohne Umbruch nutzbar. Ohne Bedenken könnte weiterhin Verbrennungsmotoren eingesetzt werden, da sie ja als Abfall wieder Kohlendioxid liefern, das in die Treibstoffgewinnung zurückflösse. Ein wahrhaft geschlossener, kohlendioxidneutraler Kreislauf: von der Quelle zurück zur Quelle. Prohibitiv ist allerdings das kurzsichtige Denken, dass keine Konkurrenzfähigkeit besteht, solange man eben nur besagte Ölbohrung oder Gasförderungen aus vordergründigen Kostenerwägungen nutzt.

Zwei Wege könnten nahe am Durchbruch zu sein:

Nutzung der Biotechnologie durch Verwendung von Algen in wässrigen Systemen, unter „stofflicher Fütterung“ mit Kohlendioxid und Energiebereitstellung durch die Sonne. Aus der Algenmasse kann Treibstoff gewonnen werden.

Mittels neuartiger Halbleiterfolien sollen Kohlendioxid, Wasser und Sonnenlicht in Treibstoffe, wie z.B. Methanol überführt werden. Forscher des Joint Center for Artificial Photosynthesis (JCAP) arbeiten auf diesem Weg in Berkeley. Sollte sich diese Technologie als tragfähig erweisen, wären die absehbaren gewaltigen Herausforderungen der Energiebereitstellung für die ständig zunehmende Weltbevölkerung entschärft; sicherlich begleitet von nicht unproblematischen Begleiterscheinungen im politischen Bereich. So würden langfristig Erdölproduzenten an Bedeutung verlieren. Auf Offshore Technologien könnte langfristig verzichtet werden, usw.

Es wäre aber denkbar, dass so jedes kleine Land unabhängig von den dominierenden Energiebereitstellern würde.

Aber wir alle wissen, dass „jedwedes Ding zwei Seiten hat“. Wo die Nachteile dieses Fortschritts liegen, kann nur die Nutzung und vor allem die Dimension, also die Zukunft erhellen. Es ist ja immer wieder zu beobachten, dass neue Technologien durchaus zukunftsfähig erscheinen, bis dann ausufernde Dimensionierung neue Problemfelder aufwirft.

Zusammenfassung

Der wichtigste Speicher chemischer Energie in der Biologie ist Glukose, die über die Photosynthese gebildet wird.

Dies erfolgt in 2 Schritten:

In der Lichtreaktion wird an lichtabsorbierenden Farbstoffen Licht-Energie, also Photonen des elektromagnetischen Feldes der Sonne, als online-Energie zum Aufbau von ATP und NADHP aus ADP und NADP⁺ genutzt.

In der Dunkelreaktion werden ATP und NADHP, zur Reduktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser verwendet und in Glukose und Sauerstoff überführt. Entstehendes NADP⁺ wird in der Lichtreaktion wieder zu NADPH reduziert.

ATP transformiert Glukose-Bindungsenergie in den Zell-Stoffwechsel und ist in nahezu allen biologischen Formen am Wirken. Der Aufbau von Glukose speichert Bindungsenergie in Form von Freier Energie.

2.6 Aus Prokaryoten entwickeln sich Eukaryoten

Thema: Das Konzept der Zellbildung basierend auf einen nachhaltigen, offenen Materie- und Energieaustausch mit der Umgebung, hat sich bewährt. Es existiert seit ca. 4 Milliarden Jahren. Vom Einzeller ohne Zellkern, über den Einzeller mit Zellkern, entwickelten sich die Mehrzeller. Wir Menschen halten uns für den krönenden Abschluss, da wir wahrscheinlich die einzigen Vielzeller sind, die über diese Entwicklung nachdenken und sie interpretieren.

Was uns heute in der Biologie an Pflanzen und Tieren jeglicher Entwicklungsstufe umgibt, baut hinsichtlich seiner Zellstruktur sowie seines Energiehaushalts auf den beschriebenen Grundsätzen auf. Leben hat sich damit vor ca. 4 Milliarden Jahren durch einen noch ungeklärten Impetus etabliert, ohne dass wir wissen, wie der entscheidende erste Schritt erfolgt ist, geschweige ihn experimentell nachvollziehen zu können. Voraussetzung war u.a. ein geeignetes Energieumfeld, das sich, wie schon öfters ausgeführt, auf sehr niedrigem Niveau, mehr oder weniger sprungfrei eingependelt hatte. Allerdings ist mit diesem ersten Schritt, rein physikalisch gesehen, ein ganz entscheidender Bruch eingetreten: Entropie wurde in chemischen Reaktionen erniedrigt da sich selbstorganisierte Ordnung etablierte. Die früheren galaktischen Entwicklungen – Sternen und Galaxienbildung – erscheinen uns zumindest formal als Ordnungsphasen und sind Effekte der Gravitationskraft. Sie beschränken sich auf rein kosmisch strukturelle Effekte. Die neue biochemische Ordnungsphase der Lebensemergenz, hat mit Gravitation nichts gemein. Sie ist aufs engste verknüpft mit der elektromagnetischen Kraft, die für die Reaktionsfähigkeit von chemischen Elementen, vermittelt durch ihre äußere Elektronenhülle, verantwortlich ist.

Wenn das Wort „Bruch“ fällt, ist der Gedanke an einen Symmetriebruch nicht von der Hand zu weisen. Nur, welche Symmetrie, welches Energiefeld wurde gebrochen? Natürlich keine Symmetrie, die in irgendeiner Weise mit den gigantischen Energie-Symmetrien der ersten Sekunde des Urknalls vergleichbar sind.

Vielleicht handelte es sich um eine oder mehrere sehr begrenzte, winzige Energie-Inseln (Urzellen?), die unter Symmetrieverlust, in einen lebenspromovierenden stabileren Zustand der Selbstorganisation überging.

Es gibt allerdings einen Symmetriebruch, der in dieser Minibühne bequem Platz fände: Wie wäre es mit dem bereits beschriebenen biologischen Symmetriebruch (s.o.); der Bruch, bei dem sich die Evolution für eine von zwei möglichen Versionen der Chiralität entschieden hat.

Bitte beachten Sie, dass die Entstehung von Chiralität ein Naturgesetz ist. Die Dreidimensionalität des Raumes begründet das. Es gibt z.B. keine Möglichkeit bei der Durchführung der bereits erörterten Millerschen Versuche, nur L-Alanin zu gewinnen. Immer entstehen D- und L-Alanin zu gleichen Teilen.

Vielleicht hatte sich in einer oder mehreren Zellen bereits ein sehr einfacher, enzymgesteuerter Metabolismus eingenistet; jedoch auf sehr verschwenderischer Basis. Schließlich mussten alle Systeme und Enzyme doppelt vorhanden sein, da es ja von jedem chiralen Molekül, samt seinem metabolischen Umfeld, zwei Version gab. Was für ein Fortschritt, wenn sich in dieser Entwicklungsphase z.B. ein geringfügiger Vorteil für einen der beiden möglichen chiralen Weges herauskristallisierte. Schlagartig würde sich die Entropie erniedrigen und der gesamte energetische Aufwand mindestens halbieren. So wäre, wie bereits beschrieben eine reproduzierbare Nutzung von Proteinen aus D- und L-Aminosäuren überhaupt nicht vorstellbar angesichts der ungeheuren Zahl von möglichen Sekundär- und Tertiärstrukturen. Die enorme Versionsminimierung durch die überwiegend alleinige molekularbiologisch Nutzung der chirale Version mit L-Aminosäuren musste sehr schnell dominieren. Überflüssige Versionen wurden über Racemisierung schnell in die richtige Form gebracht bzw. verschwanden. Die Gesamtentropie stieg, konnte sich aber in der chiral orientierte Zelle punktuell konstant halten und die Tore für weitere Entropie-Senkung, Leben, selbstorganisatorisch öffnen.

Die Bedeutung des Menschen, der in dieser Entwicklung die Bühne betrat, hat m.E. keine vergleichbare Dimension. Abgesehen davon ist die zeitliche Spanne, in der man von menschlichen Wesen reden kann, so unglaublich kurz und von Hybris gezeichnet, dass wir Menschen fast schon als evolutionärer Missgriff in dieser Reihe zu sehen sind. Leben hat sich etabliert und der Mensch ist eine, wenn auch höchst interessante Variante, die momentan durch unkontrollierte Ausbreitung auf dem besten Weg ist, als hochorganisierte Fehlentwicklung früher oder später wieder in der Versenkung zu verschwinden.

2.7 Aus Einzellern werden Mehrzeller

Allerdings muss noch erwähnt werden, dass für die Entfaltung der Biologie noch ein weiterer Effekt wichtig war, der aber nicht so unerklärbar ist wie das Leben an sich. Das ist die Bildung von Mehrzellern.

Dazu müssen wir kurz die beiden grundsätzlichen Zelltypen vergleichen:

Prokaryoten (Vor Kern Zellen)	Eukaryoten
Ohne Zellkern (DNA)	Zellkern mit Hüllmembran (DNA in Chromosomen)
Bakterien, Blaualgen	Grünalgen, Pilze, Protozoen, alle Tiere und Pflanzen und auch der Mensch
Metabolismus:	
Apparat im Cytoplasma verteilt	Glykolyse im Cytoplasma Atmung: Organellen der Mitochondrien
Photosynthese, falls vorhanden: Organellen der Chloroplasten	
Alter:	
Ca. 3,5 Milliarden Jahre	Ca. 1,6 Milliarden Jahre

Allerdings konnte man im „Wissen“-Teil der Süddeutschen Zeitung vom 1. Juli 2010, von 2,1 Milliarden Jahren alten Mehrzellern aus Gabun lesen. *Sie sollen sich, kurz nachdem der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre vor ca. 2,4 Milliarden Jahren sehr langsam anstieg, entwickelt haben. Alle Zellen sollen miteinander verbunden gewesen sein und konnten wohl kollektiv auf Reize reagieren* (Nature, Bd. 466, 2010, S.100)

Zur Entstehung der Eukaryoten gibt es mindestens zwei Sichtweisen:

- Sie entstanden aus Prokaryoten durch Ausstülpung der Zellwand und Bildung abgeschnürter Kompartimente.
- Sie bildeten sich aus Ur-Eukaryotenzelle durch Endosymbiose, d.h. Aufnahme von funktionsfähigen, spezialisierten Organellen, Prokaryoten, die sich dann, nach anfänglicher Symbiose, unter Verhinderung der Verdauung, zu festen Zellbestandteilen entwickelten.

Dass solche Abläufe auch heute noch stattfinden konnten Sie kürzlich in einer Fernsehsendung „Quarks und Co“, Ende 2010, miterleben. Es wurden Wasserschnecken vorgestellt, den es gelungen ist, sich Algen einzuverleiben. Algen als Chlorophyll-Träger nehmen an der Photosynthese teil, Wasserschnecken nicht. Offensichtlich ist es den Wasserschnecken gelungen, diese Algen nicht nur nicht zu fressen, sondern sie und deren Chlorophyll einzulagern, und wie auch immer, sich durch deren Photosynthese mit dem Nährstoff Glukose versorgen zu lassen. Symbiose – Endosymbiose wie das für den Anfang der Entwicklung von Mehrzellern diskutiert wird.

Die Evolution ist nie am Ende, unser Leben ist viel zu kurz, um all ihre alten und ständigen neuen Errungenschaften der Mutation und Selektion voraus sehen zu können.

Folgende Entwicklungen von der Urzelle mit Zellkern hin zur heutigen Eukaryotenzelle, unter Übernahme von Prokaryoten, werden diskutiert (Follmann, 1981)

- In eine Ur-Eukaryotenzelle werden Schraubenbakterien integriert: Amöboflagellaten
- In eine Amöboflagellatenzelle werden Blaualgen (Mitochondrienträger) integriert. Daraus entwickeln sich u.a. Tiere
- In eine Amöboflagellatenzelle mit Blaualgen werden photosynthetisierende Bakterien übernommen (Chloropyllträger). Daraus entwickeln sich u.a. Pflanzen

So beinhalten Eukaryoten z.B. ganz offensichtlich Organellen, die in ihrem Aufbau, ihrer Wirkungsweise und ihrer Größe an eigenständige bakterielle Lebewesen erinnern. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass eine Eukaryotenzelle etwa 1000 Mal größer ist als eine Bakterienzelle. Schließlich beanspruchen diese Organellen-Systeme wie Atmung, Energiebereitstellung (Mitochondrien), Photosynthese (Chloroplasten), DNA (Zellkern), Ribosomen usw. ihren Platz.

Daneben darf aber nicht der Bereich der Einzeller, wie Schleimpilze (Eukaryoten) und Bakterien (Prokaryoten) vergessen werden, den die Biologen früher als das Reich der Protisten bezeichnen und der zunächst nicht leicht zuzuordnen war. Diese unterscheiden sich von Tieren und Pflanzen vor allem durch ihre geringe eigene Differenzierung hinsichtlich ihrer Morphologie. Sie sind uns in ihrer ungeheuren Vielfalt zahlenmäßig weit überlegen. Wir kennen sie vorwiegend aus ihren ubiquitären Aktivitäten in den Vorgängen der Verdauung, der Gärung, der Mineralisation und letztlich Mitgestaltung unserer Erdoberfläche und natürlich auch als Krankheitsauslöser.

In Protisten, Pflanzen und Tiere hatte übrigens Ernst Haeckel³¹⁴ 1866 den phylogenetischen Stammbaum³¹⁵ der Organismen aufgeteilt.

Heute kann man gegenüber diesem mehr phänomenologisch, morphologisch angelegten Orientierungssystem einen Stammbaum aufbauen, der sich auf genetische Befunde stützt. Carl Woese hat in den 70iger Jahren die ribosomale RNA vieler Bakterien aufgeklärt und auf dieser Basis bewiesen, dass alle Lebewesen eine gemeinsame Wurzel haben. Weiter konnte so abgeleitet werden, dass sich die Prokaryoten in zwei große Gruppen, die Eubakterien und Archaeobakterien aufgeteilt haben und gleichberechtigt den Eukaryoten gegenüberstehen.

Ebenso soll der Grenzbereich des Lebens, die Viren erwähnt werden, die ein nichtzelluläres Dasein führen und nicht zur selbstständigen Vermehrung fähig

sind. Wie vorsichtig man mit dem Begriff Leben umgehen muss, zeigt sich übrigens, wenn man neueste Wissenschaftsergebnisse verfolgt: In „Proceedings“ hat Curtis A. Suttle, Ende 2010 über einen Grenzfall berichtet, der zum Grübeln Anlass gibt. Es handelt sich um ein Riesenvirus im Meer, das angeblich eine Schlüsselrolle in der Nahrungskette spielt. Sein Name ist Cafeteria roenbergensis (CroV), der in seinem Erbgut 750 000 Basenpaare enthalten soll, mehr als so mancher Zellorganismus. (Bei diesem wissenschaftlichen Namen kommt man allerdings etwas ins Grübeln. Könnte das ein Fake sein?). Damit verwischen sich die Grenzen Leben und Nicht-Leben, da Viren an sich nicht zu den Lebewesen gezählt werden.

Hypothetische Lebensentwicklung: (Nach (Dickerson/Geis, 1983))

- Vor 4,5 Milliarden Jahren

Die Erde entsteht als Gesteinsplanet des Sonnensystems.

Durch Vulkanismus, Ausgasung und Meteoriten-Einschläge bildete sich eine reduzierende Atmosphäre aus Gasen wie Wasserstoff, Kohlenoxiden, Methan, Stickstoff, Ammoniak, Wasserdampf und Schwefelwasserstoff. Aus diesen Gasen entstand unter Energieeintrag durch UV-Strahlung, Sonne und Blitzentladungen sowie die Abwärme von atomaren Zerfallsprozessen, die Ur-Suppe u.a. aus einfachen Aminosäuren, Säuren und Kohlehydraten.

Membran-System als Zellvorläufer und Probioten bildeten sich.

In Urzellen spielten sich stoffwechselartige Vorgänge durch Nutzung von ATP ab. Konkurrenzdruck durch Fressfeinde entstand. Zur Energiegewinnung und Speicherung entwickelte sich der Kohlehydrat- bzw. Glukose-Verbrauch.

Zur Schaffung stofflicher Reserveenergie etablierte sich die Glukoneogenese zum Glukose-Aufbau. Anschub könnte das Massenwirkungsgesetz gewesen sein, das bewirkte, dass Mechanismen zur Fixierung von Kohlendioxid in Form reduzierter organischer Verbindungen entstanden. Gärungsbakterien tauchten auf.

Die Absorption von Sonnenlicht in heterozyklischen Molekülen (Porphyrine) führte zum Energietransfer von Photonen auf ATP und NADH, auf der Basis von Schwefelwasserstoff als Elektronenlieferant bzw. Reduktionspartner. Die sich ausformende Phototropie ist ein sehr alter Prozess der Energiegewinnung aus Sonnenlicht. Dies erscheint plausibel, da schon in der Präbiotik, Porphyrine und andere Pyrrol-Komplexe auf Basis von Blausäure entstanden. Ihre elektronische Anregbarkeit durch Photonen des Sonnenlichts zur Bereitstellung leicht verfügbarer Elektronen, und deren reduktive Übernahme in Verbindungen mit Elektronenmangel ist naheliegend.

Kohlendioxid wurde in einem Vorläufer des Calvinzyklus, in der Glukoneogenese, zu Kohlehydraten als Energiespeicher verwertet. Es kam der reduktive Zitronensäurezyklus dazu.

Purpurfarbige Schwefelbakterien agierten.

Die Atmung und der Aufbau kohlenstoffhaltiger Speichersubstanz, mit Hilfe von Schwefelwasserstoff, Sulfat und dem Energielieferant Sonne formierten sich.

Die zyklische Phosphorylierung und der Zitronensäurezyklus entwickelten sich.

Purpurbakterien entstanden, die nicht mehr auf Schwefelverbindungen angewiesen waren.

- Vor 3 Milliarden Jahren

Photosynthetisierende Bakterien optimierten die Verwertung von Sonnenlicht durch zwei Absorptionssysteme (Chlorophyll) und konnten so Wasser anstelle von Schwefelwasserstoff zur Reduktion von Kohlendioxid nutzen.

Blualgen (Cyanobakterien) entstanden. Die pflanzliche Basis war geschaffen.

Der durch wasserspaltende Photosynthese entstandene Sauerstoff war neues Oxidationsmedium in der Atmung: eine Alternative zu Sulfat, Nitrat usw. Die Zell-Energiegewinnung über Glykolyse und Zitronensäurezyklus wurde damit durch die Atmung optimiert und wird bis heute von allen Eukaryoten genutzt.

In der Folge kam es zu rasanter Verbreitung von phototrophem Leben und zu Sauerstoffanreicherung in der Atmosphäre. Die Sauerstoffbildung durch die wasserspaltende Photosynthese gewann immer mehr die Oberhand.

Die Sauerstoffanreicherung führte zu einer vor UV-Strahlung schützenden Ozonschicht und damit konnte das Leben aus dem Wasser, wo es stets strahlungsgeschützt war, an Land treten.

Der Elektronenfluss der Atmung (Oxidation) ist als Umkehrung der von der Evolution bereits „erfundenen“ Photosynthese (Reduktion) und als Erweiterung der alten Glukoneogenese (Reduktion) zu sehen.

- Vor 1,6 Milliarden Jahren

Durch Endosymbiose entstanden aus den Prokaryoten die Eukaryoten. Man nimmt an, dass sich durch Symbiose mit atmenden Bakterien, den späteren Mitochondrien, und mit photosynthetisierenden Blualgen, den späteren Chloroplasten, Zellen bildeten, die Vorläufer der gesamten Biologie waren.

Die Differenzierung in Tier- und Pflanzenreich erfolgt. Die Voraussetzung dazu wurde auf zellulärer Basis, als Einzeller, bereits sehr viel früher (s.o.) geschaffen.

- 1,2 Milliarden Jahre Tierreich

Pflanzenreich

Bakterien	Algen	
- 600 Million Jahre	Es stabilisierte sich die uns heute vertraute sauerstoffreiche Atmosphäre	
- 500 Million Jahre	Panzerfische	
- 400 Million Jahre	Amphibien	Landpflanzen
- 360 Million Jahre		Farne, Schachtelhalme (Kohlebildner)
- 200 Million Jahre	Säuger, Reptilien	
- 100 Million Jahre kohlebildner)		Wälder (Braun-
- 10 Million Jahre	Vorläufer des Menschen, Hominiden	
- 80 Jahre	der Mensch beherrscht die Kernreaktion (nein! Sie beherrscht ihn!)	

Bewusstsein

Ich komme aber nicht umhin abschließend zu den zwei offenen Fragen der gesamten kosmischen Entwicklung, der Singularität aus der Nullpunktsenergie und dem Impetus der Chemischen und Biologischen Evolution von der Anorganik zur der Präbiotik und zum Leben noch eine dritte offene Frage hinzuzufügen:

Es ist das die Entwicklung des menschlichen Bewusstseins über die Genetische hin zur Kulturellen Evolution. In diesem Zusammenhang sei auf die Ansicht von Marcelo Gleiser hingewiesen, der uns Menschen als etwas Einzigartiges einordnet. (s.u. Koinzidenzen) Er sieht uns von „Selbstbewusstsein“ getragen und damit weit über der Entfaltung von Leben in Form von Einzellern.

"Bewusstsein ist die Schnittstelle zwischen dem Materiellen und dem Geistigen". (Polkinghorne, 2011, S. 87). Auch diese Bewusstseinsentwicklung geht, wie Singularität- und Lebensentfaltung einher mit enormer punktueller Entropie-Erniedrigung. Ein Vorgang verknüpft mit ungeheurem Anwachsen von Information und Komplexität.

Es könnte auch sein, dass das Bewusstsein eine tiefe Stufe der oft zitierten Energietreppe ist und einen untersten Level darstellt. Ganz zu Beginn dieses Buches, in der Einleitung, habe ich folgende Vermutung geäußert:

„Noch tiefer liegende Energiestufen können vielleicht mit dem menschlichen Bewusstsein in Verbindung gebracht werden“.

So wissen wir alle, dass es zwischenmenschliche Interaktionen gibt, die mit der Ratio nicht recht zu fassen sind. Da sind z.B. Sympathie und Antipathie oder gar die unergründliche Hingabe an einen anderen Menschen - nennen wir es ruhig Liebe. Aus unerfindlichen Gründen entsteht ein Gleichklang, der sich nicht nur auf die sexuelle Ebene beschränken muss. Man hört dann oft den abgedroschenen Satz: *"da stimmt eben die Chemie"*. Kann es sich um einen Synergismus einer energetisch sehr schwachen Kommunikation handeln, vergleichbar einer Verschränkung oder einer kohärenzbasierenden Bewusstseinsinterferenz z.B. auf optischer oder olfaktometrischer Ebene? Vielleicht sollten die Sheldrackschen *"Morphischen Felder und Resonanzen"* (Sheldrake, 2012) in diesem wesentlich greifbareren Kontext eines äußerst schwachen elektrischen Feldes gesehen werden. Liebe, Fanatismus oder Charisma wären z.B. interessante zwischenmenschliche Beobachtungsfelder.

Zu diesem Thema möchte ich nochmals die Bemerkung in dem Buch von Daniel Kahneman (Kahneman, 2012, S. 59) zitieren: *„Es könnte eine mentale Energie geben“*. So führt intensives Nachdenken zu einer Senkung des Blutzuckerwertes. Es wird mehr Glukose verbraucht. Benötigt Bewusstsein chemische Energie für die Mobilität und die Fixierung von Information, oder gar ein Ausstrahlen?

Es ist nicht ohne Ironie, dass das Erbgut eines Orang-Utans zu 97 % und das eines Schimpansen zu 99 % mit dem des Menschen identisch ist. Dieses 1 % scheint zumindest einen wesentlichen Faktor der Bewusstseinsbildung in irgendeiner Form zu beinhalten, wenn man das Menschsein bevorzugt auf sein Genom zurückführt will. Und das erst seit ca. 12 Millionen Jahren im Fall des Orang-Utans und etwa 5 Millionen Jahren, was den Schimpansen betrifft; denn seit dieser Zeit hat sich diese Trennung vollzogen. Wenn man diesen beiden Hominiden nicht auch ein Bewusstsein zusprechen will, wozu ich zzt. keine Veranlassung kenne, muss sich in den letzten 5 Millionen Jahren Entscheidendes getan haben. Waren es die Lebensumstände, die Ressourcenverknappung, die Ernährung, oder die Gruppenbildung und im Gefolge die Sprachentwicklung?

Heute gehen viele Paläontologen davon aus, dass sich die Entwicklung zu Sprache und später Bewusstsein vor mindestens 2 Millionen Jahren in Afrika abgepielt haben könnte. Vorausgegangen sein muss die Herstellung und Nutzung von ersten Werkzeugen – Steinkeilen – deren Fertigung und Anwendung in

Stammeszirkeln Verständigung, verbal oder gestikulierend, ausgelöst haben sollte.

Natürlich findet sich hier eine ergiebige Spielwiese für Vitalisten oder Panpsychisten, die von einer beseelten Natur oder morphischen Feldern, was immer das auch sein soll, ausgehen (Sheldrake, 2012).

Bewusstsein, dessen Vorhandensein wir bei jedem unserer menschlichen Gesprächspartnern voraussetzen, ist untrennbar mit Sprache verbunden, die sich zunächst aus lautloser Mimik und Gestik, dann durch Laut- und Sprachentwicklung formte und die darauf beruht, dass wir den Dingen Namen geben, um Ordnung und Systematik in unsere Umwelt zu projizieren. Letztlich bedeutet dies Speichern von Information, punktuelle Entropie-Erniedrigung und Schaffung eines neuronalen Netzes, das jederzeit aktiviert werden kann. Dass Mimik und Gestik eine Rolle gespielt haben müssen, ergibt sich m.E. aus der tief in uns verwurzelten Körpersprache, die von Kundigen querbeet gedeutet werden kann, und zwar unabhängig von Land und Nationalität. Wir sprechen mit Mitmenschen, aber wir denken auch in Sprache. Was wir denken ist aber zunächst ein absolutes Unikat, ohne Bedeutung für die Mitmenschen. Wenn wir aber beginnen die Gedanken sprachlich zu formulieren, betreten wir eine neue Ebene. Die Gedanken werden in der Kommunikation zur Realität. Kommunikation könnte das Schlüsselwort sein. Wenn dem so sein sollte, kann man gespannt sein, was sich aus der Kommunikationsexplosion durch das Internet ergeben wird.

In diesem Zusammenhang möchte ich auf einen Umstand hinweisen, der vielleicht zur Sprachentwicklung und den damit verbundenen mentalen Aktivitäten vice versa zusammenhängen könnte.

Es hat für mich den Anschein als würden sich diese mentalen Aktivitäten in ihrer "Programmatur" mit den stochastischen Abläufen der Identifizierung der molekularen Reaktionspartner einer RNA-Protein-Aktivität vergleichen lassen. Stochastisch verteilte, nicht lineare bzw. keine zeitkontrolliert verlaufende Erkennens-Prozesse greifen in unseren Sinnen schwebende Wissenspakete ab und schaffen die Voraussetzung für Bewusstsein und Sprache. Ob das ein "Bus-System" voraussetzt, um im Sinn der digitalen Computertechnologie zu reden, ist für mich offen bzw. es fragt sich, ob das überhaupt gebraucht wird.

Es dominiert ein Nebeneinander von Wissenspaketen (molekularen Mustern?) in der Enge der Gehirnareale. Es gibt auch hier keine "numerische Adresse, der ein physischer Ort zugeordnet ist, sondern neuronale Muster, die die Synergien zu einem komplexen "Gedanken" anhand eines eindeutig erkennbaren neuronalen Musters ermöglicht. So kann ein stochastisches, auf solchen Mustern basierendes Adressierungssystem ausreichend schnell arbeiten, um die Flut unserer Gedankenwelt zu ermöglichen. Diese Fähigkeit - einen organisierten Nutzen aus planlos ablaufenden Prozesse zu ziehen - ist m.E. das Merkmal, das

Informationsverarbeitung in lebenden Gehirnen von der Informationsverarbeitung bei digitalen Rechnern (bis jetzt noch) unterscheidet". (Dyson, 2016, S. 404) Vielleicht ist so auch erklärbar, dass manche Menschen besser mit einem Parallelarbeiten (Multitasking) zurechtkommen als andere.

Eine prinzipiell mögliche Umkehrbarkeit von "Programm-Abläufen", die in unseren Bus dominierten PCs nicht gegeben ist, könnte sich in zerebralen biologischen Prozessen von Denkabläufen eröffnen und damit Wege in Denkkumkehr liefern. Solche "Aufschaukelvorgänge", mündend in "Grübeln" könnten zur Informations-Festigung beitragen. Auf jeden Fall scheint mir die Idee der KI, Künstliche Intelligenz, vor diesem Hintergrund nicht tragfähig zu sein, da die stochastische Basis über die berühmten Algorithmen nicht fassbar erscheint.

Stand der Entwicklung im Jahre 2019

Die Träger des Projektes „Census of Marine Life“ haben mittels einer aktualisierten Stammbaumanalyse ermittelt, dass es heute insgesamt 8,7 Millionen Arten von Organismen, gezählt als Eukaryoten, also Lebewesen mit Zellkern gibt, von denen 6,5 Millionen an Land und 2,2 Millionen in den Meeren leben. Allerdings sind 86 % der Landlebewesen und 91 % der Meeresbewohner laut „PLoS Biology“ (Eine naturwissenschaftliche Zeitschrift) weder beschrieben noch katalogisiert. Davon sind heute 59508 Arten vom Aussterben, vor allem durch den Menschen, bedroht. Diese beunruhigend große Zahl macht aber weniger als 1 Prozent der gesamten Lebenswelt aus. (Main Echo: 27./28.08.2011)
Demgegenüber steht ungebremstes Anwachsen der Menschheit.

Gab es um die Zeit Christi Geburt ca. 300 Million Menschen, waren es um 1800 schon eine Milliarde. Gemäß einer Berechnung der UN könnten es um 2050 zwischen 8 – 10,5 Milliarden sein. Aber damit ist noch nicht das Ende erreicht. Wachstum erfolgt, wenn es ungebremst und ohne Nahrungsverknappung verläuft, exponentiell. Düstere Aussichten! Jason Clay, WWF-Mitarbeiter, kommt zu dem Schluss: „Wir müssen in den kommenden 40 Jahren die gleiche Menge an Lebensmittel herstellen wie in den letzten 8000 Jahren“. Verteilungskämpfe sind absehbar. Wie sollen unsere Nachfolger dieser Bedrohung entgehen?

- Geburtenkontrolle: Das Beispiel China zeigt zu welchen Problemen das zumindest in einer Übergangsphase über Generationen führt: Überalterung. Geschlechtsauswahl.
- Erhöhung des Lebensstandards zur freiwilligen Geburtenverringering: Weltweit kaum vorstellbar.

- Beschränkung des Lebensalters durch Reduktion der lebenserhaltenden Versorgung: Eine unethische und wohl auch unmenschliche Maßnahme.
- Freigabe der Selbsttötung: Kein Dahinvegetieren in Alter oder bei unheilbarere Erkrankung, im Wissen um die Aussichtslosigkeit. Die Widerstände von Staat und Kirche dauern noch an, Monopole sind schwer zu kippen. Die Bereitschaft zu diesem Schritt ist sicher in der Breite auch noch nicht vorhanden.
- Zuteilung von Lebenszeitfenstern, nach Bewertung des Einzelnen durch stochastische Methoden. Die wohl radikalste und unmenschlichste Lösung.

Was aber tun? Entweder wird eine Auswahl nach statistischen Erhebungen vorgenommen oder die Menschen töten einander, ohne zu fragen, nach dem Prinzip der nackten Gewalt.

Angeblich wird sich das Problem aber in den nächsten 100 Jahren von selbst lösen: Durch den ungebremsten Anstieg der Bevölkerungszahl wird es zu schweren Auseinandersetzungen um die Ressourcen kommen. Die Weltbevölkerung wird auf einen endlich stabilen Stand von etwa 1,5 Milliarden schrumpfen. Es erübrigt sich auszumalen, wie und unter welchen Umständen diese radikale Reduktion erfolgen wird.

Wenn man überschlägt, wie viel Homo Sapiens, die wohl erstmals vor 5 Millionen Jahren auf sich aufmerksam machten, bisher existiert haben, kommt man angeblich auf die stattliche Zahl von etwa 100 Milliarden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es zuvor ein Dunkelfeld gegeben hat, das begann, als sich der Homo Sapiens von den Schimpansen aus der Familie der Menschenaffen (Hominidar) trennte. Schimpansen sind die nächsten Verwandten der Menschen.

Zusammenfassung

*Damit ist aus meiner Sicht ein Teil des Bogens vollendet: Das Wirken von Lebens-
elementen wie Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor und
deren Verbindungen, beginnend mit dem Urknall bis zu dem Phänomen Leben.
Aus der im Urknall freigesetzten Energie, entstanden über diverse Symmetriebrü-
che Quarks, daraus die Elemente Wasserstoff und Helium. Diese beiden Urele-
mente waren die Basis für die Entwicklung der 92 chemischen Elemente, über
Kernfusionsprozesse in Sternen, durch die Kraftentfaltung der Gravitation. Aus
den 92 chemischen Elementen hat sich eine Reihe von Lebensmolekülen, vor al-
lem auf der Basis von Kohlenstoff, besonders profiliert.*

Aus rein anorganischen, leblosen Elementen hat sich, nachweisbar bisher nur auf unserer Erde, eine neue Dimension der Ordnung, ein im Kern noch immer unfassbare Selbstorganisation von toter zu lebendiger Materie entfaltet. Die Kontinuität der Umweltbedingungen über Milliarden von Jahren, führte zu unglaublicher Diversifikation. Sie gipfelt, zumindest glauben wir das, momentan noch im Menschen, vielleicht einer Art Eintagsfliege des Universums, tödlich gefährdet durch seine immer kritischer werdende Unberechenbarkeit. Todesbedroht deshalb, weil diese Entfaltung m.E. zusehends in eine chaotische Entwicklung steuert, deren Stabilitätsverlust sich schlagartig in eine für den Menschen verheerenden Apokalypse umkehren kann.

Wer allerdings in dem Bildband „Der Sternen Himmel, eine fotografische Reise zu Tierkreis- und Sternbildern (Slawik E. u.)“ die unfassbare Entfaltung unserer Galaxie in Milliarden von Sternen sieht und sich bewusst ist, dass es Milliarden von vergleichbaren Galaxien gibt, kann nicht umhin unser Eintagsfliegen-Dasein anzuzweifeln. Alles spricht m.E. dafür, dass vergleichbare, nicht die gleichen, Entwicklungen wie in Teil 1 und 2 dargestellt, millionenfach abgelaufen sind oder noch ablaufen werden.

Fast schon tragisch ist allerdings der Umstand, dass zumindest aktuell kein Weg zu einer Kommunikation mit denkbarem Leben im Kosmos möglich zu sein scheint. Zu gigantisch sind die Entfernungen, um zumindest innerhalb einer normalen Lebenszeit Kontakt zu finden und nutzen.

Teil 3: Das Ende von allem

Das Ende ist schnell erzählt, wenn auch die Agonie des vertrauten Kosmos nahezu unendlich lange dauern wird. Schon sehr, sehr viel früher, in ca. 1 Milliarde Jahren, wird allerdings die materielle Basis unseres Erdenlebens, nicht mehr vorhanden sein. Die chemischen Elemente, deren komplexes Zusammenwirken für einige Milliarden Jahre zu der Emergenz von Leben auf unserer Erde geführt hat, werden ihre Eigenschaften völlig verlieren, da die zunehmende Temperatur alle mühsam erworbene Differenzierung einebnen wird. Grund ist die Gravitation, die die Sonne zu einschneidenden Veränderungen zwingt. Die Entropie steigt und steigt. Niemand kann allerdings ausschließen, und es ist sogar sehr wahrscheinlich, dass die beschriebenen chemischen Elemente, an anderer Stelle im Kosmos, ein vergleichbares Spiel noch sehr lange immer wieder entfalten.

Wie uns die Thermodynamik und die tägliche Erfahrung lehren, kann ein geordnetes System nicht für immer bestehen. Ordnung heißt, dass sich ein solcher Zustand z.B. durch Quellen und Senken in der Stoff- und Energieverteilung beschreiben lässt. Ordnung ist gleichbedeutend mit hohem Aufwand zur

Systemdarstellung, hohem Informationslevel, geringer Wahrscheinlichkeit und hoher Instabilität, mit einem Wort: mit niedriger Entropie - ein Synonym für Leben.

Letztlich ist der Begriff Ordnung untrennbar mit bewusstem Leben verbunden denn nur Bewusstsein kann Kriterien für Ordnung schaffen.

Aber: Es gibt keine ewige Ordnung im Kosmos.

Die Thermodynamik macht aber dazu eine klare, bisher nicht widerlegte Aussage: Die Entropie eines abgeschlossenen Systems strebt zeitparallel und damit unumkehrbar einem Maximum zu. Irgendwann geht jedes Energiereservoir, also auch das der Kernfusion der Sterne zur Neige. Alle Elemente haben dann ihr Potential zur Kernfusion aufgebraucht und die Gravitation hat vielleicht alle Massen in Singularitäten wie Schwarze Löcher umgewandelt, oder der Kosmos fällt in sich zusammen, oder der Kosmos dehnt sich für alle Zeit aus. Letztlich beobachtet der Homo sapiens ein gravitationsbedingtes Zwischenstadium der Energie-Vielgestaltigkeit in chemischen Elementen durch Kernfusionsprozesse und wird selbst damit gestaltet. Seit etwa 2000 Jahren interpretieren wir das für uns sichtbare Universum sehr subjektiv nach Ordnungskriterien, die dem aktuellen Wissenstand entsprechen. Parallel findet die unvermeidbare gravitative Materiezerstrahlung zurück in Energie statt. Wenn diese Phase beendet ist, könnte nach bisher noch nicht bestätigten Theorien, langsam, aber sicher die Instabilität der Protonen zum Tragen kommen. Ein Proton existiert demgemäß durchschnittlich "nur" 10^{32} Jahre vor dem Zerfall zu einem Positron und einen π^0 -Meson, das sofort zu zwei Photonen zerfällt. Es bliebe nur Strahlung, die aber im Laufe der Jahrmilliarden auch immer energieärmer und damit kälter wird.

Mag es auch noch so lange dauern; letztlich läuft wohl alles auf Ausgleich aller Quellen und Senken hinaus. Das Fitnesskontinuum wird zur Leere.

Im nächsten Abschnitt möchte ich zu diesem Ablauf den mir bekannten kurzen Abriss des augenblicklichen Standes der Wissenschaft unserer kosmischen Zukunft geben. Für die Ermittlung der Fakten stehen zwei Wege offen:

- Beobachtung des aktuellen kosmischen Geschehens. Wir können sowohl die Entwicklung von Sternen als auch deren Vergehen registrieren. Beide Szenarien, die viel jünger oder auch älter als unser Sonnensystem sein können, spielen sich parallel zu unserem Erdendasein ständig in den Tiefen des Kosmos in Sternenwelten ab.
- Darüber hinaus sind mathematische Modelle erdacht und auf ihre Interpretations- und Voraussagefähigkeit hin erfolgreich untersucht worden.

Der entscheidende Faktor, der das Universum nach dem anzunehmenden Urknall formt, ist die Masse der Sterne und damit die Gravitation, die zwischen ihnen und vor allem in ihnen wirkt.

<http://www.sueddeutsche.de/wissen/was-vom-kosmos-uebrig-bleibt-das-ende-kommt-aber-wann-1.573000-2>: Zitat Anfang: „Das Ende der Sterne. Wieder lehrt uns die Beobachtung anderer Galaxien, womit die Sterne rechnen müssen. Es existiert zwar noch viel freie Materie, aus der sich neue Sterne bilden. Doch es gibt auch alte Galaxien, in denen alles Gas und aller Staub schon aufgebraucht wurden. Irgendwann ist es mit der Neuentstehung der Himmelskörper demnach vorbei. Und schließlich wird auch der letzte Stern seinen Wasserstoff verbraucht haben, sich in einen Roten Riesen, dann in einen Weißen Zwerg verwandeln und zuletzt als Schwarzer Zwerg enden. In vielleicht hundert Billionen Jahren dann werden nur noch ausgekühlte Sterne existieren.

Das Ende der Materie

In dem nun dunklen Universum werden schließlich nach und nach die kalten Schwarzen Zwerge von den Schwarzen Löchern verschlungen, bis nur noch diese übrig sind. Selbst jene langlebigen atomaren Teilchen, die noch im Kosmos existieren könnten, die Protonen, werden schließlich zu Elektronen, Positronen, Neutrinos zerfallen. In 10^{30} bis 10^{50} Jahren wird auch das letzte Proton von diesem Schicksal ereilt werden.

Das Ende der Schwarzen Löcher

Hat der Astrophysiker Stephen Hawking Recht, so schlucken Schwarze Löcher, die das Universum am Ende der Zeit unter sich aufteilen werden, nicht nur alles, was in ihre Reichweite gerät. Sie geben auch Strahlung ab. Das bedeutet einen Verlust an Masse - und möglicherweise am Ende die völlige Auflösung. In vielleicht 10^{100} Jahren wird es schließlich nur noch eines geben: Strahlung.

Das Ende

Das Letzte, was in unserem Kosmos noch existieren wird, sind Photonen und jene Elementarteilchen, die den Schwarzen Löchern entgangen sein könnten. Bei einer Temperatur knapp über dem absoluten Nullpunkt werden diese immer weiter auseinandergetrieben. Und die Welt wird schwarz und leer sein - bis zum nächsten Urknall, wenn er denn kommt. Und so wenig uns der Gedanke behagt, dass alles einmal in Finsternis enden wird - immerhin können wir sagen: Ich war dabei“. Zitat Ende.

Aber wer soll das hören?

3.1 Menschliches Zwischenspiel im Universum

Thema: Unkontrollierte Vermehrung, Ressourcenverknappung und Umwelteinflüsse führen zu Prüfsteinen für das Fortbestehen der Menschheit. Welche Kräfte wissen Wege die zukunftsfähig sind?

Noch agiert der Homo Sapiens seit der zeitlichen Lächerlichkeit von etwa 5 Millionen Jahren, sich selbst unverdrossen vervielfachend zu momentan 8 000 000 000 Anwesenden. Im Jahre 2050 wird es die erschreckende Zahl von 10 000 000 000 sein!

Nach momentanem Wissenstand ist der Mensch das einzige biologisch strukturierte, sich selbst bewusste und danach handelnde Wesen, das Entwicklung, Stand und Zukunft des Universums beobachtend registriert. Dabei kommt man zu folgendem Statement:

Bevölkerungsentwicklung:

Unkontrolliert, ungebremst, zukunftsneugierend mit exponentiell steigender Tendenz

Ressourcen:

Die fossile Kohlenstoff-Energiebasis geht zu Ende, neue Energie-Quellen sind lebensnotwendig, aber unzureichend erschlossen

Der Kohlendioxid-Sauerstoff-Kreislauf ist aktiv

Wasser wird zum Streitobjekt

Die biologische Ernährungsbasis hat einen Vorlauf von nur ca. 6 Monaten (Erntezeiten). Alternativen, wie genetisch angepasste Nahrungspflanzen, werden von konservativen Bevölkerungsteilnehmern nicht ohne Grund kritisch gesehen.

Die Temperatur steigt durch unklare Effekte: Kohlendioxid-Emission?

Sonnenaktivität?

Andere Ursachen?

Soziale Frage:

Ständig brisant mit steigender Tendenz. Aggressionspotential durch 50%igen Anteil von Testosteron gesteuerten Männern hoch und wahrscheinlich direkt proportional der Anzahl der Mitmenschen.

Weltherrschaftsansprüche unterschiedlicher Systeme

- Turbokapitalismus: Amerika, England, Australien

- ausgehöhlte Demokratie, ausufernder Liberalismus, Diktatur der Minderheiten: Europa

- Pseudokommunismus: China, Russland

- Islamismus: Religionsdiktatur. Große Teile Afrikas, Indonesiens, Vorder- und Hinter Asien

3.1.1 Zukunft des Homo sapiens

Es gibt allerdings einen interessanten Aspekt zum Verständnis des Universums, den ich bei Stephen Hawking³¹⁶ gefunden habe (Hawking, November 2004, S. 20). Es geht dabei um das Problem des Erkennens der Gesetze unseres Universums in Form einer vollständigen, vereinheitlichten Theorie und der Ableitung der richtigen Schlussfolgerungen:

Zitat Anfang: *„Die einzige Antwort, die ich auf dieses Problem weiß, beruht auf Darwins Prinzip der natürlichen Selektion. Danach wird es in jeder Population sich selbst fortpflanzender Organismen bei den verschiedenen Individuen Unterschiede in der Erbanlage und in der Aufzucht geben. Diese Unterschiede bewirken, dass einige Individuen besser als andere in der Lage sind, die richtigen Schlussfolgerungen über die Welt um sie herum zu ziehen und entsprechend zu handeln. Für diese Individuen ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass sie überleben und sich fortpflanzen, und deshalb werden sich ihr Verhalten und Denken durchsetzen...“* Zitat Ende.

Welche Unterschiede könnten das, bezogen nicht nur auf o.a. kosmische Theorien sein, sondern auf die Kultur des rezenten Homosapiens ?

Sind es einzelne Individuen, zufallsgesteuert verteilt über die ganze Erde? Sind es epigenetische Effekte, die generationenübergreifend das Sozialverhalten ganzer Nationen, aber auch Intelligenz und Konkurrenzfähigkeit beeinflussen? Sind es mehrheitlich Individuen solcher Nationen, die aufgrund der wirtschaftlichen, geostrategischen, aber auch religiösen Fundamente, sozusagen über die Hardware, gut gerüstet sind? Sind es Frauen oder Ethnien?

Oder sind es Nationen, die über gezielte politische Beeinflussung kurzfristig die bessere Software, die „angepassten Köpfe“, die fleißigeren Arbeiter, die ausgeprägten Spezialisten, die ehrgeizigeren Menschen verfügen? Mit einem Wort, die Nationen, die in der Gauss-Verteilung zukunftsfähigeren Karten haben oder sich diese beschaffen.

Unter Gauss-Verteilung verstehe ich folgende Glockenkurve, die eine Normalverteilung repräsentieren kann. Ich formuliere ganz willkürlich folgende Aussage:

Die Kurve repräsentiert Bevölkerungsanteile einer Nation oder Ethnie.

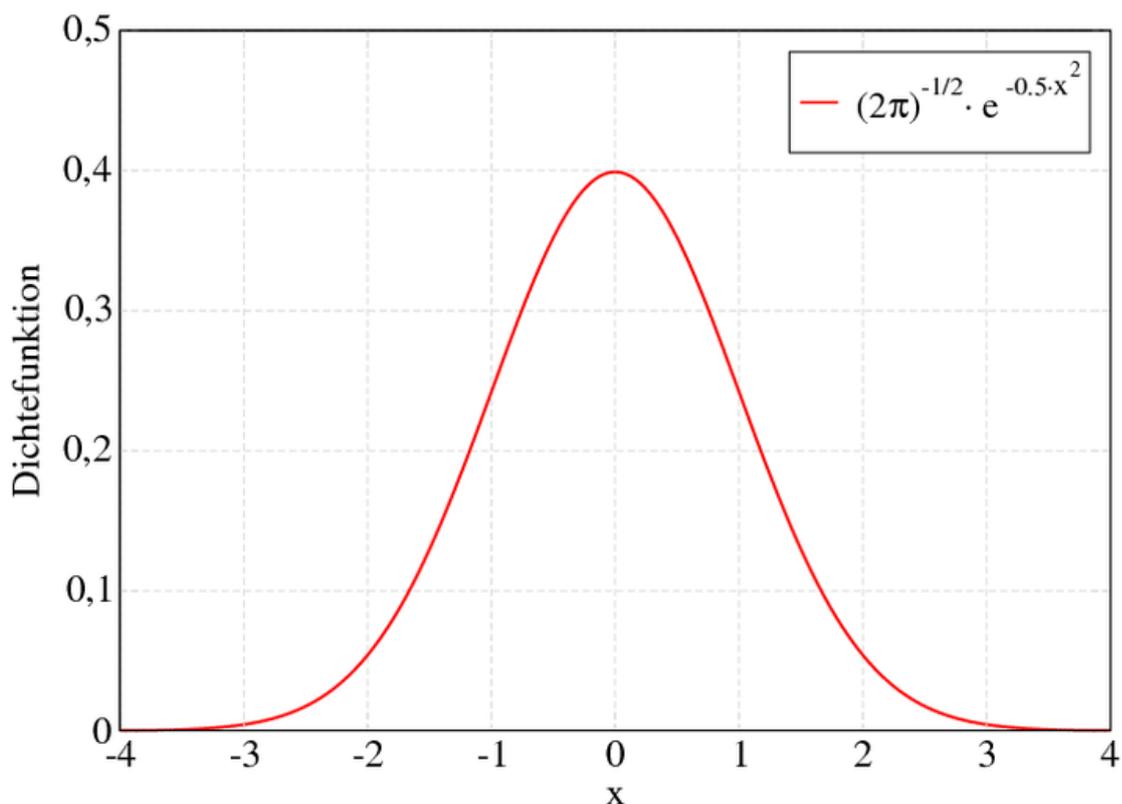
- In der Mitte, bei 0, ist der erfolgreichste, konkurrenzfähigste „Softwareanteil = Kultur“ repräsentiert; die Höhe der Kurve entspricht einem großen Bevölkerungsanteil.
- Bei -3 sei der geringe Bevölkerungsanteil unterdurchschnittlicher,
- bei +3 der geringe Bevölkerungsanteil überdurchschnittlicher „Softwareanteile“ gegeben. Eine solche Normalverteilung kann man auf viele Populationskriterien anwenden.

Global betrachtet sehe ich folgenden Zusammenhang der Normalverteilung von Nationen und Ethnien als Momentaufnahme:

- Erfolgreich wird zunächst die Nation sein, der es gelingt den Wert bei 0 und +3 zu maximieren.
- Nationen, die bei -3 anzusiedeln sind, werden belastet oder verdrängt.

Im Prinzip ist das eine zweite Darstellung von evolutionärer Fitness im Fitnesskontinuum.

Ich wage eine, natürlich ganz subjektive, Beurteilung, der mir wichtig erscheinenden Player (3.1.1.1 – 3.1.1.5). Wer steht wo?



3.1.2 Amerika

Sind es z.B. die selbstverliebten, oberflächlichen Amerikaner „in God’s own land“ (<http://www.heise.de/tp/artikel/28/28191/1.html>), im Kern Celluloid-Tiger, die lange Zeit und heute noch menschliche Soft- und Hardware einkauften, so wie es einst Rom vergleichsweise erfolgreich praktizierte (z.B. Auxiliar Truppen)? Vielleicht ist ihre schonungslos narzisstische, turbokapitalistische Praxis, getragen von einem, wie es der Philosoph Sloterdijk formuliert, *seltsamen Kind Volk*,

erfolgreicher als andere Leitideen. Egozentrisch und rücksichtslos versucht diese Ideologie mit ihrem egoistischen "American way of Life", die ganze Welt zu Konsumenten ihrer Wirtschafts-idee zu degradieren. „America first“. Die in diesem politischen System inzwischen verwirklichte weltweite Einflussnahme über IT-Systeme durch lückenlose Ausspähung für die eigenen Zwecke, ist ein Schritt in diese Richtung und verspricht gewaltige Durchschlagskraft. Allerdings ist das Land gespalten und sieht sich in der Masse nicht als pflichtiger Teil der Welt.

3.1.3 Europäer, Russland, Inder, Chinesen

Sind es die Europäer mit ihrer mörderischen Vergangenheit? Allerdings sind sie seit dem letzten Weltkrieg so mit Menschenrechten und Klima Aktivismus, Genderrechten und Pöppeln von Minderheiten beschäftigt, dass sie nicht mehr ernst genommen werden. Der Wolf ist ein Schoßhündchen geworden.

Sind es die rachesüchtigen, faschistoiden Islamisten, getrieben von der Idee eines Gottesstaates in einem erneuerten Osmanischen Reich oder noch mehr; eine Einstellung, die die christlichen Kirchen heute, freiwillig oder eher zähneknirschend, hinter sich gelassen haben?

Sind es die teils grüblerischen, empfindsamen Russen mit ihrem Traum von einem wiedererstehenden Großreich? Unerklärlich agieren ultranationalistische, machtbesessene, geradezu selbstzerstörerischer Oligarchenzirkel menschenverachtend an der Verwirklichung anachronistischer Großmachtsphantasien. Deckmantel ist eine pervertierte Vorstellung von Kommunismus in einem Land, das in seiner Größe nicht beherrschbar erscheint.

Oder ist es die Masse erfolgshungriger, kastenkranker und frauenverachtender Inder oder sind es die schleichend imperialistisch agierenden Chinesen, deren Potential aus einem ganz anderen Kulturkreis schöpft?

3.1.4 Afrika

Was ist mit Afrika? Ein Kontinent in einer Situation wie im Dreißigjährigen Krieg; damals, mit einer Eliminationsrate von mehr als 50 % der als Deutsch geltenden Bevölkerung. Der schwarze Kontinent, schonungslos ausgebeutet und versklavt, seit die hochfahrende Idee des viktorianischen Imperialismus dort Wurzel fasste. Wird sich aus diesem gefesselten Gulliver einmal eine neue Elite befreien? Wird sich wiederholen, was wahrscheinlich vor 1 – 2 Millionen Jahren geschah, als sich aus der Stufe des Homo ergaster (der „Handwerker“) der Homo sapiens (der „weise Mensch“) entwickelte und über den Norden von Afrika, das heutige Israel, Anatolien usw. über die Welt ausbreitete?

3.1.5 Frauen

Ein ganz anderer Gedanke: Sind es vielleicht die in vielen Entscheidungsbereichen immer noch unterrepräsentierten Frauen? Da liegt das Denkpotehtial etwa der Hälfte der Menschheit größtenteils immer noch, zumindest im Islam, brach.

Ich habe hier nicht die Absicht, mich über die sogenannten grundlegenden Unterschiede der beiden Geschlechter auszulassen. Ich habe aber in meiner beruflichen und privaten Erfahrung den Eindruck gewonnen, dass es keinen Grund gibt, der z.B. einer Wissenschaftskarriere von Frauen entgegen steht. Vielleicht gehen Frauen an Probleme mit anderen Denkansätzen heran, aber warum sollten sie nicht erfolgreich sein? Unübersehbar ist nur, dass unter der weltgeschichtlichen männlichen Dominanz bisher von allen grundlegenden Erkenntnissen, mit ihrer immer vorhandenen Dualität, die negative Komponente bis zum Exzess ausgelebt wurde. Ich habe die vage Hoffnung, dass Frauen weniger die machtbesessene oder zerstörerische Seite dieses Dualismus favorisieren. Wesen, die die Zukunft der Menschheit milliardenfach, über alle Generationen hinweg, neun Monate im eigenen Leib tragen, werden weniger leichtfertig bereit sein, das meist schmerzlich ausgetragene neue Leben für Kriege und Aggressionen anderer zu opfern. Nur in einer Welt, wie sie Aldous Huxley in seinem Buch „Brave New World“, mit künstlicher Befruchtung entworfen hat, wäre auch diese Hoffnung wohl vergebens.

Aber kein Licht ohne Schatten: Es zeichnet sich eine aggressive Feministinnen Dominanz über das ausgleichend Weibliche ab. Da engagieren sich u.a. Frauen, die in ihrem Gender Wahn am liebsten alles Hetero-Sexuelle mit ihrer XX-Philosophie ausmerzen würden. Männlich wird allenfalls als Drohnendasein widerwillig akzeptiert. Ganz aktuell erfahren sie hochwillkommene Unterstützung durch Arbeiten chinesischer Genetiker: "Forscher haben mit zwei Mäuseweibchen gesunden Nachwuchs gezüchtet. Die Fortpflanzung zweier Mäusemänner ist etwas schwieriger". (DocCheck News vom 16. 11.2018). Wenn das unsere Zukunft würde, was ich nicht glaube, wäre "Brave New World" noch erträglich. Auch die "Power Frauen", die alles besser aber mindestens genauso gut wie Männer können, führt in keine besseres Zusammenleben. An den Taten der Männer in der Vergangenheit und Gegenwart sollte man sich nur sehr differenziert orientieren.

3.1.6 Ethnien wie die Hebräer

Oder sind es besondere Ethnien? Z.B. die Hebräer? diese vorwiegend über den prosperierenden Weltkreis verstreuten Stämme, auf die Hawkings obige Definition sehr gut zutrifft. Sie partizipieren von allen Völkern, bleiben letztlich aber gesellschaftlich und genetisch unter sich und kultivieren so das von Hawking bemühte Darwin'sche Prinzip der Selektion diszipliniert seit 3000 Jahren. Einerseits nutzen sie auf geradezu irritierende Art und Weise ihre virile Religion als ausgrenzendes Fanal. Eine Strategie, die man im Christentum vor allem aber im Islam ebenso findet. Uralte Kulthandlungen, seit tausenden von Jahren sinnentleert, werden unbeirrt, und wohl bewusst nur rituell, aber unverwechselbar nachvollzogen, um diese außerordentliche Zweck-Gemeinschaft, als "Volk

Gottes" zu stabilisieren. Der Rest der Menschheit, die nicht Auserwählten, soll nicht in diese mystische Welt vordringen (Kabbala, Tanach). Die Exklusion, der nicht Auserwählten erleichtert den Umgang mit anderen Ethnien und Kulturen, da man sich diesen Lebenswelten als Auserwählter überlegen fühlt und entsprechend handeln darf.

Ähnliche Vorbehalte finden sich auch bei den Ablegern, den beiden anderen monotheistischen Männer-Religionen, im Christentum und vor allem im Islam: Sie versprechen das unbeweisbare Elysium, um eine unmündige Gefolgschaft für irdische Machtansprüche zusammenzuschweißen und die Exklusion zu festigen. Sicher spielt in der jüdischen Zuchtelite die Epigenetik (s.o.: 2.4.11.4) eine noch zu präzisierende Rolle. Verblüffend ist die Dialektik, mit der sie ihre lebensfernen, religiösen Rituale und ihre Gläubigkeit zur Schau stellen und auf der rein rationalen Seite, in hochkomplexen wissenschaftlichen Bereichen, Höchstleistungen verwirklichen. Das Leitmotiv in diesem Spannungsfeld ist der Fortbestand ihrer Kultur. Wenn man die Koryphäen in Physik, Medizin, Psychologie, Chemie und Mathematik hinsichtlich ihrer Volks-Zugehörigkeit vor Augen hat, kann man nicht umhin, unter den Hebräern eine Elite zu sehen. Zieht man einen Vergleich mit den restlichen Nationen, muss man konstatieren, dass sich hier eine naturwissenschaftliche Dominanz auf vielleicht epigenetischer Basis gefestigt hat. Mir drängt sich ein Vergleich mit einer Situation auf, die einige Jahrzehnte alt ist: Die Ablösung des Neandertalers durch den Cromagnon-Menschen. Führen uns die Hebräer in eine intelligentere, besser beherrschbare neue Welt, denn sie sind ja aufgrund ihrer unbestreitbaren analytischen Scharfsinnigkeit und ihres Abstraktionsvermögens, auch als Soziologen und Psychologen, Bankstrategen, Ärzte, Psychologen usw., omnipräsent und erfolgreich.

Es gilt aber auch eine dunkle Seite dieses Intelligenzpotentials zu bedenken, auf die die einschränkende Bemerkung von Hawkings Zukunftssicht zutrifft: „Unsere wissenschaftlichen Entdeckungen könnten uns vernichten...“

Leider hat sich diese Bedrohung, wenn man die Geschichte der Kernwaffen und ihrer Schöpfer analysiert, bereits 1945 in Hiroshima offenbart. Dominierend haben hebräische Wissenschaftler protagonistisch die Wege zu den Kernwaffen ebnet und damit das heutige, ungeheure Vernichtungspotential ermöglicht. Albert Einstein hat an diesem Drama Wege ebend mitgewirkt. Daher liegt ein Schatten auf diesem so positiven Bild jüdischen Wirkens.

Um zu dieser Ansicht zu gelangen, muss man nur Georg Dysons Buch, "Thurings Kathedrale" lesen (Dyson, 2016). Der dort sehr ausführlich geschilderte stringente Verlauf der Entwicklungen der Ballistik Forschung, hin zu der Atombombe, der Wasserstoffbombe und nebenbei der Meteorologie Beeinflussung, ist ganz maßgeblich getragen von vielen Europa-Flüchtlings jüdischer Abstammung; wohl als Antwort auf die nationalsozialistische Bedrohung.

Die dafür um 1945 geschaffenen ersten elektronischen Rechner in den USA, zeugen schon durch die Namen der Konstrukteure von dieser dominanten jüdischen Intelligenz. Ganz nebenbei entwickelte sich aus diesen ersten Rechnern das, was wir heute als Digitale Welt erleben.

Vielleicht war ein unterschwelliger Beweggrund für die Akteure diese schreckliche, alttestamentarische Religion der Rache, gestiftet von Jahve: *"Auge um Auge, Zahn um Zahn"*. Beflügelt von der durch amerikanische Rüstungsimperialisten instrumentalisierten unbegründeten Angst vor einer deutschen Atombombe; vielleicht aber auch von der maßlosen Enttäuschung durch die Nationalsozialisten aus ihrer Heimat vertrieben worden zu sein, haben sie wie Getriebene die Schattenseite der Wissenschaft vorangetrieben. Als sie den Militärs das „Versuchsobjekt“ aus der Hand nehmen wollten, wurden sie gnadenlos kalt gestellt. Denken Sie nur an Oppenheimer. Die Weltmacht schien den amerikanischen Strategen zum Greifen nah.

3.1.7 Fragwürdige neue Kosmologie Theorien

Zurück zum Thema: Ein verunsichernder Vorbehalt, zum breiten Verständnis des Universums durch seine Individuen könnte, unabhängig von „völkischer“ oder geschlechtlicher Zugehörigkeit, m.E. die aktuelle Interpretationsmethodik der kosmologischen Theorien sein. Sie heben selbst für Fachleute sozusagen euphorisiert in schwindelnde Höhen ab. (Ich muss gestehen: Beim Nachlesen meines Textes fragte ich mich, ob das Wort „schwindelnd“ zu viel Doppelsinn beinhaltet). Nur ein erlesener Kreis mathematisch Hochgebildeter kann zzt. über String Theorie, komplexe Symmetrien, hochdimensionale Räume usw. diskutieren. Allerdings galt das auch lange Zeit für andere Theorien, wie die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie, oder heute noch, die Quantentheorie. Da gibt es aber einen Unterschied: Diese "alten" Theorien waren experimentell belegbar. Eine solche experimentelle Überprüfung der aktuellen kosmologischen Theorien ist selbst nach Aussagen der Wissenden nicht mehr verwirklichtbar da unüberwindliche energetische Grenzen bestehen. Was wäre, wenn Galilei seine Theorien der Venusphasen ohne die unwiderlegbaren Ergebnisse seines Fernrohrs publiziert hätte?

Bei dem Stichwort „Experimentelle Überprüfung“ möchte ich auf eine Veröffentlichung vom September aus den Genfer Cern-Forschungslabors der „Opera“-Gruppe hinweisen: Es geht um das rätselhafte Verhalten von Neutrinos, deren Geschwindigkeit vom Entstehungsort im Cern bis zum 731 km entfernten Straßentunnel unter dem Gran-Sasso-Massiv (1,4 km unter dem Fels) vermessen wurde. In 16 111 Versuchen scheinen sie 0,0025 % schneller als die Lichtgeschwindigkeit gewesen zu sein. Das könnte interpretiert werden als Abkürzung durch eine, der in der String Theorie propagierten Extradimension. (Süddeutsche Zeitung, 24./25.09.2011, Seite 1). Inzwischen wurden die Ergebnisse korrigiert: Messfehler

infolge einer defekten Glasfaserleitung sind wahrscheinlich die Ursache. Schade! Ich nehme an, dass die Ergebnisse im Zusammenhang mit der Suche nach Dunkler Materie durch das Projekt DAMA (DARK MATter) und deren vermuteten Trägern, den WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles) angefallen sind. (Vaas, 2013, S. 306)

3.2 Das Ende der Sonne, der Erde und des Sonnensystems

Thema: Historie und Zukunft unseres Sonnensystems

3.2.1 Kurzer Rückblick auf Entstehung und Vergehen der Sonne

Minus 13,8 Milliarden Jahre: Urknall

Die Urelemente Wasserstoff und Helium entstehen.

Aus Wasserstoff- und Helium-Wolken bilden sich durch die Wirkung der Gravitation Galaxien und Sterne. In den Sternen werden durch Kernfusion bis heute und in Zukunft die chemischen Elemente bis Eisen erbrütet. Die restlichen Elemente formieren sich in Supernovae. Sonnenwinde und die Explosionsreste von Sternen expandieren zu neuen Gaswolken. Es formieren sich protoplanetare Systeme. Ein ganz besonderes, unser Sonnensystem, spät entstanden, erfuhr folgende Entwicklung:

Minus 4,6 Milliarden Jahre: Entstehung der Sonne

Die Sonne entwickelt sich als Protostern durch gravitative Kontraktion einer riesigen protoplanetaren Gas- und Staubwolke. Ausgelöst worden sein könnte die Aggregation durch eine vor etwa 5 Milliarden Jahren zu vermutende Supernova-Explosion.

Die Sonnenmasse setzt sich in etwa zu 74 % aus Wasserstoff und zu 25 % aus Helium zusammen. Die restliche Sonnenmasse, ca. 1 %, bildeten Elemente wie Sauerstoff und Kohlenstoff sowie schwerere Elemente bis einschließlich Eisen.

Im Sonneninneren erfolgt sehr bald Wasserstofffusion zu Helium, ausgelöst durch eine enorme gravitative Verdichtung. Der damit entstehende Strahlungsdruck wirkt einem Zusammensturz der Hülle durch die Schwerkraft entgegen.

Minus 4,5 Milliarden Jahre: Entstehung der Erde

Zusammen mit den anderen Planeten unseres Sonnensystems bildet sich die Erde als einer von vier Gesteinsplaneten. Es sind dies die terrestrischen (erdähnlichen) Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars. Die restlichen Großkörper des Sonnensystems sind Gasplaneten.

Minus 3,5 Milliarden Jahre: Entstehung des Lebens auf der Erde

Vor etwa 3,5 Milliarden Jahren hat sich auf der Erde Leben etabliert.

Seit etwa 3 Milliarden Jahre existiert auf der Erde ein alle Biologie erhaltender Kreislauf aus Wasser, Kohlendioxid, Glukose und Sauerstoff, die Photosynthese. Glukose und ATP wurden die Grundpfeiler der biologischen Energieversorgung. Der externe Antrieb war und ist Sonnenenergie.

Heute

Seit etwa 0,003 Milliarden Jahren macht sich die Anwesenheit des Homo Sapiens sehr nachdrücklich bemerkbar.

Plus 1 Milliarde Jahre: Hitzetod der Erde, Ende der irdischen Biologie

Während der nächsten 1 Milliarde Jahren steigen die Leuchtkraft der Sonne um das Dreifache und der Radius auf fast das Doppelte an.

In etwa 1 Milliarde Jahren überschreitet, aufgrund der Sonnenaktivität, die mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche den für höhere Lebewesen kritischen Wert von 50°C. Eine weitere Milliarde Jahre später werden 100°C erreicht. Man muss davon ausgehen, dass die Erde spätestens dann durch die Temperaturzunahme in und um die Sonne, für Leben zu heiß wird. Die Meere verdampfen. Unser Planet wird sozusagen sterilisiert. Die gesamte Biologie wird allmählich vernichtet. Nur noch Entropie-Erhöhung dominiert.

Noch wird es auf der Erde einige Moleküle aus Lebens-elementen geben; im Weltall, vorwiegend im interstellaren Raum, gibt es weiterhin gigantische Mengen der lebensformenden Grundmoleküle. Die Funktion aller biologischen Kreisläufe ist nach Erreichen der Zersetzungsschwelle von organischen Körpern längst beendet.

Damit wäre das Thema Leben aus chemischen Elementen eigentlich erschöpfend bearbeitet. Was ist aber mit all der Chemie, all dem menschlichen Leben, das sich eventuell, wie noch zu beschreiben ist, auf freundlichere Sternensysteme gerettet hat? Oder dem Leben, das zwar sehr wahrscheinlich, aber in heute völlig unerreichbaren anderen Galaxien existiert?

Lassen Sie uns antizipierend vor diesen in Zukunft möglichen biologischen Beobachtern die weitere Entwicklung unseres Kosmos abschätzen.

Plus 4 Milliarde Jahre: Der Andromeda-Nebel verschluckt unser Sonnensystem

In 4 - 10 Milliarden Jahren verschluckt der Andromeda-Nebel unsere Milchstraße und damit unser Sonnensystem. Dies wird ein unspektakulärer Akt sein; dazu sind die Entfernungen der Milliarden von Sterne im Andromeda-Nebel und in unserer Galaxie einfach zu groß. Hier und da gibt es vielleicht eine Kollision.

Plus 5 Milliarde Jahre: Der Wasserstoffvorrat unserer Sonne geht zur Neige

Nach 5 Milliarden Jahren wird sich unsere Sonne, von weitem betrachtet, nur unwesentlich verändern. Zur Aufrechterhaltung ihrer Energieproduktion, wird sie weiterhin fleißig Wasserstoff zu Helium fusionieren und die Wasserstoff-Fusionszone in einen schalenförmigen Bereich um das Zentrum nach außen verlagern.

Plus 5,5 –6,5 Milliarde Jahre: Helium-Brennen, die Sonne wird zum Roten Riesen: Ende der terrestrischen Moleküle

Die gravitative Kontraktionsphase der Helium-Kernzone wird immer stärker da immer mehr Helium entsteht; dabei steigt der Energieumsatz in der Wasserstoff-Fusionsschale und deren Temperatur. Der Sonnenradius wächst das Doppelte an.

Es setzt ein dramatisch beschleunigter Anstieg von Leuchtkraft und Radius ein. Die Sonne wird etwa 150 Mal so groß werden wie heute. Das entspricht dem Radius der Umlaufbahn der Venus. Von der Erde aus gesehen, nimmt sie dann einen großen Teil des Himmels ein, und die Erdkruste wird zu einem einzigen Lava-Ozean zerfließen. Ab spätestens 10 000 °C werden die Atome der schon längst zerfallenen Moleküle sämtliche Elektronen verlieren. Es entsteht ein Plasma. Wieder treten ein ungeheurer Informationsverlust und die entsprechende Entropie-Erhöhung ein. Wenn man sich allerdings die Lage unseres Sonnensystems in unserer Galaxie, mit ihren 100 Milliarden Sternen vor Augen hält und weiter bedenkt, dass es Milliarden von Galaxien im Kosmos gibt, ist die Veränderung und die Entropie-Erhöhung für den Kosmos so relevant, wie ein Regentropfen, der in den Pazifik fällt.

Informationsverlust:

Man kann sich die Frage stellen, inwieweit durch diese thermische Zerstörung von biologischen Strukturen und all ihren Entfaltungen, ein finaler Informationsverlust eintritt.

Natürlich ist das so. Die Entropie erhöht sich, wie es von Clausius vorhergesagt wurde. Man kann aber auch argumentieren, dass der Bodensatz an verbleibenden Bausteinen - Atome -, noch vorhanden ist. Sie können sich im interstellaren Raum durchaus wieder aggregieren und den bereits beschriebenen Weg der Physikalischen-, der Chemischen- und der Biologischen Evolution erneut beschreiten. Zeit dazu ist im Übermaß vorhanden. Energie für die Physikalische Evolution liefert die Gravitation. Nach Abschluss einer planetaren Formation, werden die Chemische und die Biologische Evolution Antrieb durch elektromagnetische Strahlung erfahren. Wieder kann Leben mit all seinen Möglichkeiten und Informationsfindung, sicher aber nicht der gleichen Gestaltung entstehen. Die grundlegende Information - Leben - entsteht aber wieder. Das ist nach meiner Überzeugung der alles bewegendende Schritt. Nur durch Leben und in dessen Gefolge - Bewusstseinsbildung - macht es erst Sinn über Information zu reden. Totes physikalisch, materiell

existierendes Sein braucht und benutzt keine Information, die es dazu veranlassen könnte, bewusst zu agieren. Es funktioniert nach physikalischen Gesetzen und wird irgendwann, im Sinn von Vielkörperphysik, in eine chaotische Lage kommen, die aber auch ohne Information kommen wird.

Wie ist es aber, wenn das energetische Umfeld so aktiv wird, dass auch die Zerstörung von chemischen Elementen, über einen Plasmazustand hinaus, in die Situation eines Schwarzen Lochs führt und das Informationsparadoxon Schwarzer Löcher an die Türe klopft?

WIKIPEDIA sagte dazu: *Anders als bei allen sonstigen durch die Quantenmechanik oder die Relativitätstheorie beschriebenen Vorgängen ist es prinzipiell nicht möglich, dass die Entstehung, das Wachstum und die Auflösung eines Schwarzen Loches in umgekehrter Reihenfolge passieren. Das bedeutet, dass diese Vorgänge durch einen eindeutigen Zeitpfeil ausgezeichnet sind.* Daher ist eine Rekonstruktion von Leben und Information durch die fiktive Umkehr der Bildung eines Schwarzen Loches unmöglich.

Noch ein Aspekt: Ein schwarzes Loch ist kein finaler Zustand. WIKIPEDIA: *Da ein Schwarzes Loch stetig Energie in Form von Hawking-Strahlung verliert, wird es nach einer bestimmten Zeitspanne vollständig zerstrahlt sein, sofern es während dieser Zeitspanne keine neue Masse aufnehmen kann.* Daher wird in einer unendlich fernen Zeit, von allen Massen und damit Informationen nur diese Hawking-Strahlung - Energie - verbleiben. Ein Zurück in einen Neustart in Form eines neuen Urknalls ist nicht denkbar. Es bleibt nur unendlich fein verteilte Energie – Vakuum- oder Nullpunktsenergie - und damit Verlust aller Information. Da der Kosmos ein abgeschlossenes System ist, tritt kein Energieverlust ein. Nur eine Quantenfluktuation könnte einen neuen Zyklus bewirken. Damit sind wir wieder am Anfang und stellen mit Heisenberg fest:

"Die Energie ist das alles Bewegende"

M.E. ist damit auch die Frage nach aller Information, allem Sinn und allem Sein und natürlich auch für alle Glaubenswilligen nach Gott, für mich fast beantwortet. Energie ist die Antwort auf all diese grundlegenden Fragen. Was aber ist Energie? Die Quelle von Energie im Vakuum und den möglichen Fluktuationen zu suchen, hilft auch nicht weiter, da damit nur die Gegebenheit aber nicht das Wesen erfasst wird. Läuft alles darauf hinaus, dass dieses Vakuum ein Potential ist, das sich mit verschwindender Wahrscheinlichkeit aber hoher Symmetrie durch den Urknall in Materie, Antimaterie und Gravitation aber damit auch Energiependants vorübergehend stabilisiert?

Alles scheint eine „göttliche Komödie“ der Symmetrie von positiver und negativer Energie und ihrem Nullsummenspiel zu sein.

Wenn in unendlich ferner Zeit die Gravitation alle, durch die 3 Urkräfte zusammengehaltenen atomaren Strukturen aufgelöst und in Energie, Strahlung verwandelt hat, muss auch die vierte Urkraft, die Gravitation verschwinden. Es gibt keine Massen mehr, die gravitativ angezogen werden können. Nun, es gibt zwar keine Massen mehr, aber Energie steht im Energie-Impuls-Tensor der ART Feldgleichungen Einsteins auch Gravitation gegenüber. Ist Gravitation analog der Energie feinst verteilt? Alle 4 Urkräfte münden wieder in der hohen Symmetrie ihrer

Vereinigung – wie vor dem Urknall. Es gibt dann aber auch keinen Raum mehr, der ja in der Anwesenheit von Masse begründet ist. Es bleibt das Vakuum dessen Beschreibung hinsichtlich Größe und Zeit nicht mehr erfassbar sind, aber nicht völlig leer ist. Es bleibt die Nullpunktsenergie.

Somit besteht die Möglichkeit eines neuen Anfangs, der im Prinzip eine neue, vergleichbare Quantenfluktuation auslösen könnte mit dem Potential sich wiederum durch eine Symmetrieverletzung in ein neues Raum-Zeit-Gefüge zu „retten“.

Es ist naheliegend hier die Antwort auf alles Suchen nach dem Sinn unseres Seins zu suchen und in der „Nullpunktenergie“ genannten letzten uns mental zugänglichen Instanz etwas Göttliches zu sehen: Agnostik?

Diesem anzunehmende Zusammenhang, der ein erstaunliches Pendant in den Gottesbetrachtungen eines Baruch de Spinoza findet, werde ich an anderer Stelle noch einige Gedanken widmen

Die Sonne wird zum Roten Riesen. Durch die Energie liefernden und dabei Masse verbrauchenden Fusionsprozesse, verbunden mit Masseverlusten in Folge von Sternenwind, kommt es zur Verringerung der Sonnenmasse und einem Verlust an gravitativer Kraft und weiterem Kernfusionspotential. Das wiederum wird zur Erweiterung der Planetenbahnen führen. Mag sein, dass damit die Erde noch einige Millionen Jahre vor dem Verschwinden durch Sublimation ins All verschont wird.

Als Roter Riese wird die Sonne zunächst etwa zweitausendmal stärker leuchten als heute. Diese Leuchtkraft wird nochmals gesteigert, wenn im Inneren das Helium Zentrum bei 10^8 K zu neuen Fusionsreaktionen gezündet wird. Nun verschmelzen nicht nur Wasserstoffatome zu Helium Atomen, sondern in erster Linie Helium Atome unter Energiegewinn zu schwereren Elementen wie Sauerstoff und Kohlenstoff. Diese Entwicklung spielt sich als Helium Blitz im Sonneninneren ab und ist mit enormer Energie- und damit Leuchtentfaltung verbunden.

Plus 6,5 –7,5 Milliarde Jahre: Die Sonne wird zum Weißen Zwerg

Nach und nach verliert die Sonne die gesamte äußere Hülle, bis der innere Sonnenkern aus hochverdichtetem Kohlenstoff und Sauerstoff freiliegt. Der Radius hat sich auf ein Zehntel des ehemals so stolzen Sterns reduziert. Aufgrund der hohen Temperatur von weit über 100 000 K, enthält diese Strahlung einen hohen, vorwiegend ultravioletten Anteil, welcher die bereits früher abgestoßene kugelförmige Gaswolke nun zum Leuchten anregt. Für weitere Kernfusionen fehlt die gravitative Masse. Man kennt diese Erscheinung aus astronomischen Beobachtungen planetarischer Nebel. Diese Untersuchungen haben ergeben, dass sich nach langer Zeit die Kugelwolke langsam auflöst und im Zentrum ein heißer, strahlender Weißer Zwerg als letzten Zeugen der verbrauchten Sonne aufblüht.

Plus 10 Milliarde Jahre: Die Sonne wird zum Schwarzen Zwerg; der Entropie-Tod ist unausweichlich

Der Weiße Zwerg, der einst unsere Sonne war, hat nur noch die Größe der Erde, aber eine enorme Dichte von etwa einer Tonne pro Kubikzentimeter. Aufgrund des Fehlens von Elementen, die energieliefernde Fusionsreaktionen starten könnten, kann er keine Energie mehr erzeugen. Damit ist das Ende der Sonne nicht mehr aufzuhalten.

Es kommt nun durch Abstrahlung zu permanentem Energieverlust und Auskühlung. Diese immer schwächer werdende Strahlung reicht noch für viele Milliarden Jahre, um im Weltall in unserem gewohnten sichtbaren Spektrum bemerkbar zu bleiben. Irgendwann, nach einer sehr langen Abkühlphase von ca. 10^{13} Jahren aber, reicht auch dieser Effekt nicht mehr und aus; unserer Sonne ist ein unsichtbarer kalter Schwarzer Zwerg geworden. Falls es mögliche kosmische Beobachter geben sollte, haben sie keine Chance mit den uns bekannten Mitteln, dieses Relikt optisch zu registrieren. Dazu kommt noch die sich wahrscheinlich ständig weiterhin steigende Geschwindigkeit, mit der sich das Raum-Zeit-Kontinuum ausdehnt. Sobald diese Ausdehnung die Lichtgeschwindigkeit überschreitet (das ist kein Widerspruch zur SRT, da sich ja das Raum-Zeit-Kontinuum ausdehnt und keine Relativbewegung der Materie stattfindet) wird der Beobachtungshorizont sowieso schwarz.

Es sind noch weitere Abläufe denkbar, wie verschluckt werden des Schwarzen Zwergs in einem Schwarzen Loch mit all den denkbaren, weiter unten angedeuteten Folgen. Auf jeden Fall ist damit in ferner Zeit der völlige Verlust jeglicher struktureller, planetarer Ordnung und Information über unser Sonnensystem, über unsere Erde mit all ihrem Sein verbunden. Dieses Verschwinden von struktureller Ordnung geht einher mit der Zunahme der Gesamtentropie.

Wie kann man sich das vorstellen?

Im Fall des Verschwindens von Masse in einem Schwarzen Loch könnte diese Entwicklung, aufgrund der Gravitation, zu gigantischer Temperaturerhöhung und einem völligen Zusammenbruch von atomaren Teilchen bis in eine Singularität führen. Dann würde aber die eingangs gezeigte Kurve der Urknall-Entfaltung, siehe Abbildung 6, in umgekehrter Richtung durchlaufen: Die Symmetriebrüche würden aufgehoben, die Symmetrie und die Entropie würden steigen. Dieser Vorgang ist, wie bereits ausgeführt nicht umkehrbar. Der Zeitpfeil geht eindeutig in die Richtung einer Singularität.

Zwar ist das ein Gedanke, der uns naturgemäß im Hinblick auf die zeitliche Distanz weitgehend kalt lassen sollte; trotzdem vermute ich, dass nicht jeder, ich übrigens auch nicht, konfrontiert mit dieser absoluten Finalität, entspannt bleibt. Unweigerlich kommt man ins Grübeln und landet bei der im Abschnitt 3.8 gestellten Frage: Warum.

3.2.2 Sterne vergehen durch Kernfusion

Was aber ist der elementare Antrieb für diese kosmischen Abläufe?

Schauen wir uns zunächst einmal an, wie die weitere Entwicklung sozusagen kosmisch eingeschätzt wird. Was sagen uns die Astrophysiker?

Sterne sind auch nur endlich. Sie entstehen, wie bereits im ersten Teil beschrieben, als erste, zweite und weitere Generationen, aber sie vergehen auch.

Sie stellen Zwischenstadien in der kosmologischen Historie dar. Sterne entstehen infolge der Schwerkraft aus den Elementen Wasserstoff und Helium des Urknalls und deren Zusammenballung zu gasförmigen Masseriesen. Wasserstoff und Helium sind ein Teil der zu Masse gewordenen Energie des Urknalls.

Infolge der gleichen Kraft, der schwächsten der vier Grundkräfte, die Gravitation, werden Sterne über eine reine Gas-Zusammenballung hinaus, in die Kernfusion ihrer Bestandteile, Wasserstoff und Helium zu schwereren Elementen gezwungen. So agieren sie als ungeheure Energiegradienten.

Auf sehr, sehr lange Sicht gesehen verbrauchen sie sich und ihre Masse aber durch ständige Abstrahlung von Fusionsenergie, der in Ihnen stattfindenden Kernfusionen. Es gilt die bekannte Einstein Formel: $E = m \times c^2$. Der Masseverlust durch die Kernfusion wird final als Energie freigesetzt. In einem sehr fernen Ende werden Sterne kalt und kommunikationsunfähig, in Schwarzen Löchern bzw. den unfassbaren Weiten des Raum-Zeitkontinuums verteilt oder gar verschwunden sein.

Im Sinn der Thermodynamik, bezüglich der Entropie, sind sie nach ihrer Entstehung zunächst relativ geordnet erscheinende, strukturelle Systeme. Sie repräsentieren Massegipfel, denen die immanente Gravitation einerseits ein ungeheures Energiepotential sichert ($E = m \times c^2$), sie aber wegen des Wirkens der Gravitation gleichzeitig auch unvermeidlich instabil macht. Sie sind die Repräsentanten eines labilen Gleichgewichts, vergleichsweise niedriger struktureller Entropie. Da aber, wie bereits erwähnt, die Gesamtentropie einem Maximum zustrebt, wurden und werden sie heute und in Zukunft der Gleichverteilung weichen müssen.

Wie sieht dieses Schicksal aus? Nun, die Astronomen beobachten diese Vorgänge schon seit Jahrtausenden. Nehmen wir nur die Sternenleiche RCW 86. Die Registrierung dieser „Supernova“ durch chinesische Himmelsbeobachter vor fast 2000 Jahren, genau im Jahr 185 unserer Zeitrechnung. Überliefert ist die Kunde von einem sehr hellen Lichteffect im Sternbild Zentaur, der etwa 8 Monate anhält. Noch heute können wir die faszinierenden Auswirkungen dieser gigantischen Sternenkatastrophe verfolgen. Wir können mit entsprechenden technischen Hilfsmitteln, galaktischen Kugelwolken um das Explosionszentrum sehen und unsere Schlüsse daraus ziehen ([akh., 2006](#)). Es war eine Supernova, die sich

am Himmel präsentierte. Eine von vielen in unseren Milliarden von Galaxien mit deren Milliarden von Sternen.

Wir sind also in der Lage, nicht nur das Werden, sondern auch das Sterben in unserem Kosmos ständig zu verfolgen.

Sterne erzeugen ihre Energie, wie dargelegt, durch Fusionsprozesse, die durch die schwächste aller vier Kräfte, die Gravitation, ausgelöst werden. Das Vergehen von Sternen hängt ganz wesentlich von der Masse ab: Je schwerer umso schneller. Ein Stern von der 10fachen Sonnenmasse ist bereits nach etwa 35 Millionen Jahren am Ende. Die schiere Größe, und der damit gegebene gravitative Druck, sind für einen erheblich schnelleren Ablauf der Kernfusionsprozesse verantwortlich.

Wie groß können Sterne werden?

WIKIPEDIA: "Hyperriesen haben ein ähnlich großes Volumen wie Überriesen, sind aber noch massereicher und zeichnen sich durch eine sehr hohe Leuchtkraft aus. Einige Hyperriesen haben mehr als 100 Sonnenmassen, wobei sie am Anfang ihrer Entwicklung sogar 200 bis 250 Sonnenmassen enthalten haben könnten. Damit reichen sie an die Eddington-Grenze³¹⁷ heran, eine theoretische Höchstgrenze der Sternenmasse, ab der ein Stern so viel Strahlung erzeugt, dass er seine äußeren Schichten abstößt".

3.2.2.1 Massearme Sterne unter unserer Sonnenmasse

Massearmen Sternen können aufgrund der über die Gravitation erreichbaren Fusionstemperatur, außer Wasserstoff, kein weiteres Element in eine energieliefernde Kernfusion zwingen. Damit bleibt ihnen das bereits für unsere Sonne und weiter unten beschriebene, höchst dramatische Schicksal eines Helium Blitzes und weiterer Katastrophen erspart. Sie werden im Lauf von Jahrmilliarden langsam auskühlen und als Sternenleichen, als Schwarze Zwerge, enden. Schwarze Löcher werden sie einsammeln. Auch hier bleibt am Ende energetische Gleichverteilung als ein Beitrag zum Entropiemaximum.

3.2.2.2 Sonnen unserer Sonnenmasse und Sonnen unter 8 Sonnenmassen

Kurze Ergänzung der o.a. Beschreibung am Beispiel der Sonnenhistorie:

Unsere Sonne garantiert durch Fusion von Wasserstoff zu Helium noch für ca. 5 Milliarden Jahre die gewohnte Energieversorgung, die unser Dasein erst ermöglicht hat; allerdings mit zunehmend „unmenschlichen“ Bedingungen; so lange reicht der Wasserstoffvorrat. Von der Masse her, ist unsere Sonne aber, im Gegensatz zu den o.a. massearmen Sternen in der Lage, nach Wasserstoff, auch Helium zu fusionieren

Das seit Entstehung unseres Sonnensystems durch Wasserstofffusion bereits gebildete Helium-Zentrum, wird immer schwerer durch weiteren zu Helium fusio- nierenden Wasserstoff, bei gleichzeitigem Schrumpfen des Sterns. Dem ist aber eine Grenze gesetzt. Warum dies so ist, erklärt die Quantenmechanik durch den halbzahligen Spin des Elektrons. Elementarteilchen mit dieser Eigenschaft können weniger dicht gepackt werden als Elementarteilchen mit ganzzahligem Spin. Dieses Prinzip, es wurde schon mehrfach erwähnt, kennt man schon lange als Pauli-Prinzip aus der Anordnung der Elektronen in den einzelnen Elektronen- Schalen der chemischen Elemente. Durch diesen halbzahligen Spin wird der Schwerkraft-Kontraktion ein Gegendruck entgegengesetzt, der weiterer Ver- dichtung zunächst Stand hält. Die Physiker bezeichnen das als Elektronischen Entartungsdruck.

Das bei der gravitativen Verdichtung sich immer weiter aufbauende Energiepo- tential kann aber nicht abfließen, sondern wird sozusagen in den durch weiter steigende Gravitation bestimmten Abbau der Entartung investiert. In diesem quantenmechanischen Plasma-Zustand sind Temperatur und Druck unabhängig voneinander. Ein instabiler Zustand baut sich auf. Es kommt zur vorübergehen- den Anpassung des Elektronischen Entartungsdrucks. Die Temperatur steigt, gra- vitativ bedingt, weiter und damit die eingekapselte Energieproduktion, bis eine Temperatur erreicht ist, die die Entartung endgültig aufhebt und eine Ausdeh- nung möglich wird. Dann erst tritt geordnetes Helium-Brennen ein.

Bei der Wasserstoff-Fusion entsteht bekanntlich Helium. Helium ist ein Element, das zwei Elektronen mit antiparallelem Spin in seiner Elektronenhülle unterbrin- gen kann, ohne gegen die o.a. Pauli-Regel zu verstoßen da es nur über eine Elekt- ronenschale verfügt. Mehr Elektronen könnten von Helium nur unter Bildung ei- nes negativen Helium-Ions gebunden werden. Mit dem Start in die Helium-Fu- sion (Helium-Brennen s.u.) und der Bildung höherer Elemente, werden aber bis zu sieben Elektronenschalen für Elektronen zugänglich: Man muss sich nur das Periodische System der chemischen Elemente anschauen. In der ersten Reihe stehen Wasserstoff und Helium. Beide verfügen nur über eine Schale. In der zweiten Reihe finden wir die Elemente Lithium, Beryllium, Bor und vor allem die „Lebenselemente“ Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff sowie Fluor und Neon. In diesen Elementen sind in zwei energetisch abgestuften Elektronenschalen bis zu 10 Elektronen, in Übereinstimmung mit der Pauli-Regel, unterzubringen. Das reicht für eine neue Dimension von Elektronischem Entartungsdruck. Eisen hat schon vier Elektronenschalen, die für 26 Elektronen ausreichen. Radium kann auf seinen sieben Schalen 88 Elektronen stabilisieren.

Unter Verlust von ungeheuren Mengen an Fusionsenergie entsteht durch die Bil- dung höherer Elemente strukturell höhere Ordnung. Das zeigt sich schon darin,

dass zur Beschreibung eines Kohlenstoffatoms wesentlich mehr Information als zu der von Wasserstoff, aufgewendet werden muss. Geben und nehmen: aus physikalische Sicht entsteht Ordnung, Fusionsenergie geht verloren: die Gesamtentropie aber nimmt zu.

Das durch Wasserstoff-Brennen ständig vermehrte Helium beginnt sich in einer Kontraktion zum Sonnenzentrum hin immer stärker aufzuheizen und die Brennzonen des Wasserstoffs an die Oberfläche des Sterns zu schieben. Dabei kühlt sie sich ab und bläht sich auf. Der Kern dagegen zieht sich zusammen: die Materie entartet. Das bedeutet, dass die Dichte und der Druck nicht mehr von der Temperatur abhängen. Bei einer Helium-Dichte von etwa 1000 g/cm^3 , also in späten Phasen eines Sternenlebens, kommt es im Zentrum zu einer gravierenden Veränderung der Helium Eigenschaft infolge der Entartung. Das wird für unsere Sonne in etwa 5 Milliarden Jahren der Fall sein. Dann beginnt das Helium-Brennen. Der erhöhte Strahlungsdruck wird zu weiterem Aufblähen der äußeren Schichten führen. Es entsteht eine größere und damit kühlere Oberfläche, und von der Sonne wird langwelligeres, rotes Licht abgestrahlt. Ein roter Riese ist entstanden.

Weiterer Temperaturanstieg der Kerntemperatur auf 10^8 K führt bei ausreichend massereichen Sternen in wenigen Minuten im Fusionszentrum des Sterns, durch Fusion des ganzen Heliums zu einem Helium-Blitz. Dessen Druckwelle wird aber durch die äußere Hülle des Sterns abgefangen, wodurch die Beobachtung des Phänomens durch elektromagnetische Strahlung ausgeschlossen ist. Das Ergebnis ist über einen sehr kurzen Zeitraum eine Energieproduktion, die 100 Milliarden Sonnenleuchtkräften entspricht. Zu einer Explosion kommt es erst bei noch massereicheren Sternen (s.u.). Mit dem Helium-Brennen beginnt eine neue Klasse von Fusionsreaktionen. Ab 10^8 K fusioniert im inneren Bereich der Sonne Helium zu Kohlenstoff und höheren Elementen, und im Schalenbereich häuft sich Wasserstoff an.

Der Helium-Blitz endet damit, dass die Temperatur hoch genug ist, um die Entartung aufzuheben: Der gewaltige innere Energiestau muss sich Platz verschaffen da die Gravitation weitere Erhöhung der Verdichtungstemperatur aufbaut. Der Entartungsdruck bricht zusammen. Nach etwa 1 Million Jahren stellt sich ein stabiler Zustand der Helium-Fusion im Zentrum und der schalenförmigen Wasserstoff-Fusionszone für etwa 100 Millionen Jahre ein.

WIKIPEDIA: „Bei Sternen mit mehr als 2,2 Sonnenmassen zündet das Heliumbrennen, bevor der Kern entartet. Daher kann es bei diesen Sternen zu keinem Helium-Blitz im Kern kommen“.

Infolge ihrer Ausdehnung haben die äußeren Gasschichten eine sehr geringe Dichte und sind nur noch schwach durch die Gravitation des Sterns gebunden.

Daher verliert er im Außenbereich enorme Gas-Massen als Sternwind. Für den Beobachter wird das als planetarischer Nebel sichtbar.

Helium fusioniert nun lange Zeit, unter Abgabe von Fusionsenergie, zu schwereren Elementen wie Kohlenstoff usw. Ab einer Temperatur von 1×10^9 K wird Sauerstoff gebildet.

Zu einem späteren Zeitpunkt bilden sich nach und nach immer schwerere Elemente in immer aufwändigeren Fusionsreaktionen, bis hin zum Eisen. Dabei finden diese elementspezifischen Fusionen zunächst im Kern des Sterns statt, da dort durch die Gravitation der höchste Druck und damit die höchste Temperatur herrschen. Die jeweilige, etwas kältere Fusionszone des leichteren Vorgängerelements, wird dabei schalenförmig nach außen verlagert. Noch schwerere Elemente werden so nicht gebildet, da ab Eisen kein Energiegewinn mehr stattfindet.

Die Entwicklung zum Roten Riesen ist vielen Hauptsternen, wie unserer Sonne beschieden.

Roten Riesen unter acht Sonnenmassen finden ein relativ friedliches Ende als kalte Schwarze Zwerge, die, wie oben beschrieben, in vielen Milliarden Galaxien unserer Beobachtung mangels Strahlung nicht mehr auffindbar sind.

3.2.2.3 Mehr als acht Sonnenmassen - Supernova – Neutronensterne – Pulsare

Nachdem die Temperatur einige Milliarden K erreicht hat, kommt es zur Energieabstrahlung von kurzweiliger Röntgenstrahlung unter Bildung von Elektron-Positron-Paaren. Diese zerstrahlen als Materie-Antimaterieteilchen sofort zu Neutrino-Antineutrino-Paaren. Neutrinos und Antineutrinos sind aber praktisch durch keine normale Materie zurückzuhalten und bauen einen Großteil der Energie im Inneren durch Verlassen des Sterns ab. Die Zentralregion stürzt durch diesen Energieverlust mehr und mehr in sich zusammen, wobei weiteres Aufheizen eintritt, bis letztlich die Fusion mit der Bildung von Eisen aufhört.

Bei etwa 8 Milliarden K zerfallen die bereits gebildeten Eisenkerne unter massiver Gammastrahlung in wenigen Minuten. Durch Rückforderung der bei der Bildung zuvor freigegebenen Fusionsenergie, tritt Kernzerfall zu Helium ein.

Dieser ungeheure Energieverlust führt zu einer Implosion der Kernregion und in der Folge unter Neutrino-Bildung, zu einer gewaltigen Schockwelle. Da aber durch die außerordentlich hohe Dichte im Zentralbereich des Sterns sogar die Beweglichkeit der Neutrinos ausgebremst wird, kommen diese nur noch bis in den äußeren Schalenbereich des Sterns. Der Stern explodiert; eine Supernova ist entstanden, deren abgesprengten Gasmantel man noch tausende von Jahren danach beobachten kann.

Was aber geschieht mit dem Kern des ehemaligen Sterns?

Es bleibt eine kompakte kleine Kugel von enormer Dichte mit einem Durchmesser von einigen Kilometern, deren Nachweis durch ihre sekundliche pulsartige Radiostrahlung möglich ist. Bei der ersten Bestätigung dieser Realität an der Universität von Cambridge, 1967, glaubte man zunächst aufgrund der eigenartigen Charakteristik dieser Strahlung, an Signale einer außerirdischen Intelligenz. Die Erklärung wurde letztlich in der sehr schnellen Rotation eines nach einer Supernova verbliebenen kleinen Kerns mit einem enorm starken Magnetfeld gefunden. Dieses Magnetfeld streift bei jeder Rotation durch eine Plasmawolke, deren Teilchen durch das Magnetfeld im Wechsel beschleunigt werden. Bei dieser Beschleunigung senden sie bei jeder Rotation elektromagnetische Wellen, Radiowellen, aus, und wir können jeden dieser elektromagnetischen Pulse registrieren.

Ein solch bizarrer Himmelskörper erreicht seine ungeheure Dichte durch Zusammenbruch der Elektronenhülle, die sich mit den Kernprotonen zu Neutronen verdichten. Letztlich resultiert ein Pulsar³¹⁸, d.h. ein Stern, der nur aus Neutronen besteht: ein Neutronenstern der schnell rotiert. WIKIPEDIA: *„Die Symmetrieachse seines Magnetfelds weicht von der Rotationsachse ab, weshalb er Synchrotronstrahlung entlang der Dipolachse aussendet“*.

Ist das das ein mögliches Ende solch schwerer Objekte?

Aus menschlicher Sicht ist enorm viel Ordnung zerstört worden. Der Pulsar enthält aber noch Rotationsenergie. Nun ist zu bedenken, dass der Pulsar während seiner Drehung ständig geringfügig Rotations-Energie verliert. Im Lauf von Millionen Jahren wird der Stern wohl allmählich zur Ruhe kommen. Die Rotation und das Pulsieren werden immer langsamer. Irgendwann wird es keine Signale seiner Sternenexistenz mehr geben, obwohl er weiter existiert. Energie-Gradienten werden auslaufen.

Ist dann im Sinn der Entropie das Maximum erreicht? Sicher nicht, s.u., es ist lediglich ein Körper entstanden, der einer allgemeinen Gleichverteilung noch nicht entspricht.

3.2.2.4 Mehr als zehn Sonnenmassen - Neutronensterne – Schwarze Löcher- Quasare - AGNs

Noch spektakulärere Abläufe ergeben sich bei Sternen, die etwa das 10fache einer Sonnenmasse und mehr aufweisen:

Schon in Sternen, die etwa drei Sonnenmassen entsprechen, kann der Entartungsdruck der Elektronen den Zusammenbruch zu einem Neutronenstern nicht mehr aufhalten. Die Gravitationskraft der Masse ist zu stark, um durch den Fusionsdruck von Innen aufgefangen zu werden. Elektronen verbinden sich mit Protonen zu Neutronen s.o. Wie gesagt, ein Neutronenstern bleibt übrig.

Wenn aber die Kraft der Gravitation infolge der noch höheren Masse so stark ist, dass auch der entstandene Neutronenstern dem Druck nicht mehr standhalten kann, wird auch diese Bastion in Sekundenbruchteilen gebrochen. Es kommt zu weiterer Verdichtung und gesteigerter Gravitation an der Sternoberfläche. Die weitere Entwicklung beschreibt die Allgemeine Relativitätstheorie als masseabhängige Raum-Zeitkrümmung, die einem weit entfernten Beobachter von außen als scheinbarer Zeitstillstand erscheint. Damit ist kein weiterer Einblick mehr möglich, sobald der verbleibende Sternenradius unter diesen Radius sinkt. Es ist der sogenannte Schwarzschild-Radius³¹⁹, oder auch Ereignishorizont genannt, der allein von der Sternenmasse abhängt, erreicht. Licht kann diesem Akkumulator immer schlechter entkommen, was sich zunächst in einer zunehmenden Rotverschiebung äußert, bis letztlich buchstäblich nichts mehr zu sehen ist. Damit ist aber auch keinerlei Kommunikation mit diesem seltsamen Objekt mehr möglich. Alle Informationsanfragen, die man z.B. in Form eines elektromagnetischen Feldes dorthin senden würde, also z.B. Licht, würden unbeantwortet von dieser Gravitationsfalle verschluckt. Innerhalb und außerhalb dieser Grenze spielen, sich voneinander unabhängige und von innen her nicht kommunizierbare Vorgänge ab. Die gesamte Sternenmasse ist auf einen Punkt mit unendlicher Dichte (?) konzentriert. Das alte Singularitätsproblem.

Damit wird die Entwicklung aus dem Urknall heraus umgekehrt. Der Verlauf stellt sich dar, wie in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt, nur verläuft er zeitlich rückwärts. Die Mathematiker bezeichnen auch das als Singularität, ähnlich wie der Zustand vor der Entstehung der Materie im Urknall. In beiden Fällen versagt die rezente beschreibende und rechnende Physik bzw. Mathematik. Im Urknall wurde Materie aus Energie geschaffen; nun wird Materie vernichtet und dabei in Energie transformiert.

Es ist ein Schwarzes Loch entstanden. Schwarze Löcher sind gefräßig und verschlingen im Lauf der Zeit alle Materie, die sich in Reichweite befindet. Dabei verschwindet diese Materie sozusagen von der Bildfläche und wird quantitativ in Energie, in welcher Erscheinungsform auch immer, überführt. Wie bereits erwähnt, ist das aber lt. Hawkings noch nicht das wirkliche Finale. Durch Abstrahlung verliert das Schwarze Loch an Energie und muss ich daher nach nahezu endlos langer Zeit, man spricht von 100^{100} bis 100^{160} Jahren, in das besondere "Nichts" des Quantenvakuums auflösen.

Diese Zusammenhänge hat bereits 1968 John A. Wheeler beschrieben. Dargestellt wird das von Ernst Peter Fischer in seinem Buch „Die Hintertreppe zum Quantensprung“ (Fischer, 2012, S. 253): „*Die Materie – vorausgesetzt, sie ist in ausreichender Menge vorhanden – schien sich nun auf diesen einzelnen Punkt (Singularität) zubewegen zu können, um in ihm zu verschwinden....Zu den ehernen Grundsätzen seiner Wissenschaft,....gehörte die Feststellung, dass so ohne Weiteres keine Ordnung aus Unordnung entsteht und dass nur die Unordnung*

(das Chaos) spontan zunimmt. An dieser Stelle operieren die Physiker mit dem Begriff „Entropie“.

Nun, m.E. stimmt diese Argumentation; nur es entsteht keine Ordnung, sondern nur noch höhere Unordnung. Es formiert sich ein System höchster Symmetrie und mit vernichteter Information und Strukturierung.

Angenommen, wie Wheeler ausführt, irgendwo im Universum ist die Nichtordnung tatsächlich gewachsen (hat die Entropie zugenommen), wie gehen wir dann mit ihr um, wenn sie in dem oben genannten Punkt verschwindet und uns mit der Singularität allein lässt? Wenn Nichtordnung aus der Welt verschwindet, dann muss die Ordnung in der Welt zugenommen haben.

Meine zwei Antworten:

1. Auch hier bin ich der Meinung, dass das Verschwinden von Nichtordnung nur in noch höhere Nichtordnung münden kann.

2. M.E. drückt das die in den Abbildungen 6 und 7 dargestellten Zusammenhänge, rückwärtsgerichtet, aus. Dieser Verlauf wäre dem Wirken eines Schwarzen Lochs als Umkehrung des Urknalls zuzurechnen. Von „Heute“, über E7 bis E5, rückwärts betrachtet, würde die Gesamtentropie abnehmen und die Ordnung zunehmen, bis sie bei E5 das Minimum erreicht hat, wo aus Quarks Neutronen und Protonen entstehen. Die Nichtordnung verschwindet aus der Welt. Die Ordnung nach den Symmetriebrüchen wird kurzzeitig erreicht, um dann wieder in der Nichtordnung des Temperatur- und Dichteanstiegs als hohe Symmetrie, ohne Ordnung zu verschwinden. Und das alles in weniger als einer Sekunde. Damit sind wir wieder bei Antwort eins.

Mit dem beschriebenen Effekt des irreversiblen Sturzes jeglicher Art von Kommunikation in das Schwarze Loch hinein, ist aber auch eine irreversible, schlagartige Verlust von Information verbunden. Das geht unweigerlich mit einem schlagartigen Zuwachs an Entropie einher. Gemäß Hawkings kommt das in der Zunahme des Ereignishorizonts zum Tragen. Der Entropie-Tod ist hier endgültig: Nicht einmal kalte Schwarze Zwerge überleben. Letztlich bleibt nur immer kälter werdende Strahlung.

Siehe auch o.a. Ausführungen zum Thema: "Informationsverlust".

In dieser kosmologischen Welt begegnen uns die wohl interessantesten Gravitationsobjekte, die Quasare³²⁰.

WIKIPEDIA: *Ein Quasar (abgek. auch QSO für Quasi-stellar object) ist der aktive Kern einer Galaxie, der im sichtbaren Bereich des Lichtes nahezu punktförmig (wie ein Stern) erscheint und sehr große Energiemengen in anderen Wellenlängenbereichen ausstrahlt. Der Name Quasar wurde vom englischen ‚quasi-stellar radio source‘ abgeleitet, was mit „stern(en)artige ...“ oder auch „stern(en)ähnliche Radioquelle“ übersetzt werden kann.*

Ein Quasar besteht sehr wahrscheinlich aus einem sogenannten „aktiven Schwarzen Loch“, umgeben von einer Scheibe leuchtender Materie (siehe auch aktiver Galaxienkern, u. a. mit Akkretionsscheibe).

*Ein aktiver Galaxienkern, auch aktiver galaktischer Kern (englisch active galactic nucleus, abgekürzt **AGN**), ist die Zentralregion einer Galaxie, die ungewöhnlich große Mengen an Strahlung nichtstellaren Ursprungs aussendet.*

Die aktive Kernregion ist astronomisch gesehen sehr klein: Sie besitzt ungefähr die Größe des Sonnensystems und erscheint daher auf Aufnahmen punktförmig – ähnlich wie Sterne. Aus heutiger Sicht ist die Akkretion von Materie durch ein supermassereiches Schwarzes Loch im Zentrum der betreffenden Galaxie für die Energiefreisetzung verantwortlich.

Das AGN-Standardmodell vereinheitlicht eine Reihe astronomischer Objekte, die unabhängig voneinander entdeckt worden sind und daher unterschiedliche Bezeichnungen tragen, insbesondere Radiogalaxien, Seyfertgalaxien, Quasare, BL-Lacertae-Objekte, Blazare und LINER.

3.3 Welche außerplanetarische Perspektiven gibt es für die Lebenschemie

Dieses Thema ist von einigem Interesse soweit man sich nicht auf den Standpunkt der Gegner der Kohlenstoff-Chemie stellt und von völlig anderen chemischen Grundlagen-Elementen ausgeht. Ich bin aber der Ansicht, dass die Lebenschemie und hier vor allem Kohlenstoff, auch extraplanetar die entscheidenden biologischen Träger sind.

Der augenblickliche Forschungsstand hinsichtlich der Existenz von außerterrestrischem Leben ist nicht sehr ermutigend.

Es gibt allerdings Wissenschaftler, die der Meinung sind, dass die menschliche Intelligenz und die davon geschaffenen technischen und intellektuellen Werkzeuge, die Menschheit in die Lage versetzen könnten, dem abzusehenden Ende für einige Milliarden Jahre zu entfliehen; zumindest soweit es unser Sonnensystem betrifft. Es wird diskutiert, in einer fernen Zukunft dieses System geordnet zu verlassen und Ausschau nach einer neuen, aber jüngeren, zukunftsfähigeren Heimat zu halten. Dazu sollen riesige intergalaktische Transportsysteme (O`Neil, NASA: Weltraumzigarre, Insel Drei) geschaffen werden, mit einer Ausdehnung von 6 auf 32 km. Ausgestattet mit allen Faktoren, die Leben ermöglichen und

erhalten sollten; zumindest solange bis ein geeigneter neuer Heimatplanet gefunden ist. In diesen kleinen künstlichen Welten sollen nachgestaltete irdische Verhältnisse, die Leben stabilisieren, möglich sein. Der Wasser-Kohlenstoff-Sauerstoff-Licht-Kreislauf wird aufrecht erhalten durch geeignete Pflanzen, und eine sich von selbst einstellende erdähnliche Atmosphäre.

Grundsätzlich scheinen sich die Chancen für einen solchen Auszug aus Terrestria zu verbessern: So zeigen die statistischen Auswertungen der Beobachtungsdaten des inzwischen defekten Weltraumteleskops „Kepler“, dass jeder fünfte sonnenähnliche Stern unserer Milchstraße, in seiner bewohnbaren Zone, einen erdähnlichen Planeten besitzt. Bereits in 12 Lichtjahren Entfernung ist eine solche Konstellation zu erwarten. <http://www.faz.net/aktuell/wissen/weltraum>

Allerdings mussten NASA-Versuche um 1999/2000, vergleichbare terrestrischen Quarantänestationen, schon nach kurzer Zeit mangels Erreichen eines Gleichgewichtszustandes aufgegeben werden. Im wahrsten Sinn hat die „Chemie“, besser die Biochemie, noch nicht gestimmt. Aber das muss nicht das letzte Wort sein.

Ein solcher Exodus ist sicher nicht einfach als unmöglich abzutun. Natürlich sollten in diesen Genuss nicht nur eine Handvoll elitärer Supermenschen kommen. Vielmehr wäre eine geordnete Übersiedlung zu planen und zu verwirklichen. Allerdings sehe ich dazu in unserer derzeitigen globalen Lage weder den politischen Willen noch die Mittel, vor allem aber nicht das tragfähige technische Konzept, was Transportsysteme und vor allem Antrieb betrifft.

Nicht abzutun sind vor allem grundsätzliche somatische Probleme, die für biologische Wesen entstehen, wenn sie den Van-Allen-Gürtel (van Allen Strahlungsgürtel³²¹) und die schützende Ozonschicht der Erde verlassen und der vollen Aktivität der Weltraumstrahlung ausgesetzt sind:

Grundsätzliche Gefahren haben sich in den letzten Jahren gemäß der medizinischen Betreuung der ISS-Bewohner vor allem durch die Schwerelosigkeit ergeben. Siehe: <https://de.sputniknews.com/wirtschaft/20160303308219367-iss-mission-menschliches-genom/> *In der Schwerelosigkeit scheinen sich die Umverteilung von Körperflüssigkeiten, schlechtes Sehen, Muskel- und Knochenschwund, Nierenerkrankungen, erhöhtes Krebsrisiko, Immunschwäche, Balanceprobleme einzustellen. Deswegen muss die ISS-Besatzung täglich zwei Stunden mit Muskeltraining verbringen. Im vergangenen Jahr hatten japanische Wissenschaftler laut Quartz-Magazin eine Untersuchung veröffentlicht, wonach statt des Standard-Belastungstrainings auch ein hybrides Muskeltraining, ein Mix aus physischer Belastung und Elektrostimulation, effektiv ist.*

Ein bemannter Marsflug wird 15 bis 16 Monate bzw. 450 bis 490 Tage dauern.

Und der Rückflug? <https://sonnen-sturm.info/wie-lange-dauert-eigentlich-ein-flug-zum-mars-4476>: *Wie bereits bei Flug zum Mars hin, müsste man beim Rückflug den Zeitpunkt abwarten, bis der Abstand zwischen Mars und Erde am geringsten ist, um wieder zur Erde zurückzukehren. Auf dem Mars oder in einer Umlaufbahn um den Mars müsste daher ein Aufenthalt von ca. 16 Monaten eingeplant werden. Die Gesamte Reise würde somit etwa 1000 Tage andauern.*

Da beschleicht einen, getragen von den augenblicklichen Weltproblemen die Furcht, dass es lange vor einer solchen Aktion, zur Selbstausschöpfung der Menschheit, zumindest aber zu einer Zurückentwicklung in steinzeitliche Phasen kommen könnte.

Aber denken Sie daran: Das menschliche Dasein ist im Rahmen der erdgeschichtlichen Entwicklung lediglich ein Wimpernschlag. Vielleicht bringt uns eine neue Steinzeit um, vielleicht ist aber auch ein Samenkorn für eine vernünftigeren, nicht so unausgegorenen Version Mensch.

3.4 Gibt es eine Alternative zum Entropie-Tod

Nach Meinung der meisten Astrophysiker strebt das bestehende Universum durch Einebnen aller Temperaturdifferenzen unaufhaltsam dem Maximum der Entropie zu. Damit kommt es zu einer Aufhebung aller Unregelmäßigkeit bzw. lokaler Ordnung durch völlige Vergleichmäßigung und Informationsvernichtung, also einem Zustand der größten Wahrscheinlichkeit.

Die von Hoyle 1948 entwickelte, bereits eingangs erwähnte C-Feld-Theorie, gibt hier eine andere Antwort: Das Universum ist nicht in Form eines Urknalls entstanden, sondern befindet sich in einem Zustand der permanenten Selbsterzeugung. Es gibt keinen Anfang und kein Ende. Bestehende Galaxien vergehen und werden durch neu entstehende ersetzt. Eine ständige Erzeugung von Materie soll aus negativer Energie des von Hoyle eingeführten C-Feldes (C steht für creation) erfolgen. Durch Kontakt mit Materie kommt es zur Teilchenbildung unter Vergrößerung der negativen Energie des C-Feldes. So werden Verlust an Ordnung und Zunahme der Entropie ständig ausgeglichen. Das Universum wird ewig. Neue Materie sollte sich ständig von selbst zwischen den Galaxien bilden. Dem Entropie Tod stünde die „endlose kosmische Wiedergeburt“³²² gegenüber. Das Postulat von Clausius über die Maximierung der Entropie mit zunehmender Zeit, kann für diese Interpretation nicht gelten, da ein ewiger Vorgang eine ständige, Zeit gerichtete Akkumulation m.E. ausschließt. Zeit ist für die Ewigkeit kein Begriff, da "früher" und "später" nicht existieren. Ewig ist darüber hinaus kein Merkmal, das in der Physik Geltung hat.

In der Bewertung dieser in Fachkreisen durchaus ernsthaft diskutierten Hoyle'schen Theorie, ist man inzwischen aber zur Überzeugung gelangt, dass dies nicht zutrifft. Hintergrundstrahlung, Unvereinbarkeit der fernen Radioquellen und Quasare (Siehe: 3.2.2.4) sowie primordiale Nukleosynthese haben letztlich eindeutig bewiesen, dass Fred Hoyles Hypothese nicht tragfähig ist. (Davies, Am Ende ein neuer Anfang, S. 184)

3.5 Zwei populäre kosmische Ungereimtheiten

Neben den unzähligen weniger populären offenen Fragen zu unserem Kosmos, die nur die Fachleute interessieren, möchte ich zwei geradezu kryptische Felder ansprechen, die regelmäßig in der Populärliteratur auftauchen. Sie scheinen weite Kreise zu interessieren, wozu vielleicht die ominöse Namensgebung ihren Teil beigetragen hat.

3.5.1 Dunkle Materie und dunkle Energie

Gestatten Sie mir eine kurze Bemerkung zu diesem Thema, das doch für die eigentliche Thematik zu weit führt:

Um 1915 formulierte Einstein die Allgemeine Relativitätstheorie (ART). Es soll ihn zutiefst beunruhigt haben, dass aus den Feldgleichungen dieser Theorie zwei extreme Zustände für das Universum resultierten. Auseinanderfliegen oder Zusammensturz. Vor dem Hintergrund seiner abendländischen, jüdisch-christlichen Erziehungswelt dürfte ihn das Ergebnis dieser beiden finalen Alternativen sehr erschreckt haben. 1917 formulierte er daher eine erweiterte Version der Feldgleichungen, durch Einführung der in Fachkreisen hinlänglich bekannten Kosmologischen Konstanten Λ . Er verband damit die Vorstellung von einer Art abstoßenden Kraft, einer Anti-Gravitation. Bei einem genau definierten Wert von Λ sollten sich die anziehenden Kräfte mit den abstoßenden genau die Waage halten und somit ein stabiles, statisches Universum erklären.

Auch mir als Laie erscheint das als äußerst instabiles Konstrukt. Allerdings ist Anti-Gravitation ein wesentliches Argument für die kosmische Inflation. Siehe 1.5.5.2:

Einsteins Feldgleichungen bestimmen die Raumzeitgeometrie durch den Energie-Impuls-Tensor. Daraus leiten sich die Raumzeitkrümmung und damit die **Gravitation** ab.

Das Vorhandensein der Vakuumenergie erzeugt eine negative Raumzeitkrümmung, die auf Objekte im Raum abstoßend wirkt, da diese der Raumzeitkrümmung folgen müssen

Einstein musste um 1931 akzeptieren, dass aus den Hubbleschen Erkenntnissen über die Fluchtbewegung der Galaxien zweifelsfrei ein dynamisches, nicht

statisches Universum resultierte und sich damit die Einführung der Kosmologischen Konstanten Λ offensichtlich erübrigt.

Mitte des 20. Jahrhunderts kam es jedoch durch Eddington und Lemaitre sowie Wolfgang Priester³²³ zu einer Art Renaissance, die um 2000 durch Messungen zu der Überzeugung führte, dass es eine abstoßende Gravitationskraft geben muss. Das war die Geburtsstunde der „Dunklen Energie“. (Hasinger, 2009, S. 25)

Inzwischen tummeln sich ganze Hochschuleliten auf diesem Gebiet. Es scheint festzustehen, dass weniger als 4 % der Materie für uns sichtbar und greifbar sind. Der Rest, Dunkle Materie und Dunkle Energie, entziehen sich noch immer der endgültigen Aufklärung.

Siehe auch: (Lesch-Zaum, 2009, S. 54) und (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 107)

Das Universum besteht aus 23 % Dunkler Materie.

Die Dunkle Energie macht 73 % aus.

Für die gewöhnliche Materie bleiben nur 4 %. (Singh, 2008, S. 490)

Was ist Dunkle Materie?

Man weiß es heute noch nicht!

Nun, es kann sein, dass die Erforschung dieses Effekts, wie schon so oft geschehen, über Sekundärergebnisse völlig neue Perspektiven für künftige Kosmologie-Generationen eröffnet. Vielleicht ergeben sich ungeahnte Zusammenhänge, die zu einer bis jetzt für unmöglich gehaltenen Kommunikation mit außerirdischen Lebewesen führen. Solche Kontakte könnten in den kommenden Jahrtausenden bzw. Jahrtausenden von großer Bedeutung sein, um sich den kosmischen Veränderungen anzupassen. Dann würde Leben wahrhaftig zu einem Triumph der chemischen Elemente, die der Vernichtung durch den gravitativen Fusionstod, oder des Identitätsverlustes in Form eines Neutronensterns auf lange Zeit entrinnen könnten.

Zumindest gibt es bisher keinen Wechselwirkungseffekt, der eine Beobachtung dieser Phänomene mit Hilfe des elektromagnetischen Feldes ermöglicht. Nur Ungereimtheiten im Zusammenhang mit der Schwerkraft dienen bisher als Indikatoren. Man hört von der Supersymmetrie (SUSY) und SUSY-Teilchen. Das ist eine Symmetrie der Teilchenphysik, die Bosonen (mit ganzzahligem Spin) und Fermionen (mit halbzahligem Spin) ineinander umwandelt. Dabei werden Teilchen, die sich unter einer SUSY-Transformation ineinander umwandeln, Superpartner genannt. Es sollen das die Teilchen einer Parallelwelt sein, mit denen wir nicht und die mit uns bisher nicht kommunizieren kann.

Inzwischen gibt es auch einige „Beweise“, wohl besser „Argumente“ für Schwarze Materie und Energie. Es sind das:

1. Die bereits erwähnten Arbeiten von Zwicky für Galaxienhaufen
2. Die Ergebnisse der WMAP-Satelliten Mission
3. Linseneffekte bei Hubble-Untersuchungen des Kosmos: Durch außerordentlich große Massen kommt es zu Lichtablenkungen, die sich in kreisförmigen Segmenten um Sternkonstellationen äußern. Einstein hat das vorausgesagt.
4. Der Zusammenhalt von einzelnen Galaxien ist nur durch ein Halo³²⁴ von Schwarzer Materie erklärbar, der die gesamte Galaxie einhüllt.

In allen vier „Beweisen“ wird offensichtlich durch Masseabschätzung immer wieder gefunden, dass die sichtbare Masse nur etwa $1/5 - 1/10$ der tatsächlichen wirksamen Masse ausmacht.

Was aber, wenn in den Massenabschätzungen Fehler stecken?

Eine brandaktuelle Beobachtung von Pieter van Dokkum (Yale University, New Haven) und Charlie Conroy (Harvard Universität, Cambridge), veröffentlicht in „Natur“, lässt in diesem Zusammenhang aufhorchen: Astronomische Beobachtungen mit speziellen optischen Filtern am Keck-Observatorium in Hawaii haben ergeben, dass es eine riesige Zahl von Roten Zwergen³²⁵ im Universum, vor allem in sehr alten Galaxien, geben muss. Dieser Befund lässt darauf schließen, dass es damit auch wesentlich mehr Planeten als bisher angenommen, im Kosmos gibt, die potenziell Leben beherbergen könnten. Darüber hinaus muss diese Entdeckung m.E. aber auch auf die Diskussion über Dunkle Materie Einfluss haben. Da in den beobachteten alten Galaxien bis zu 20-mal mehr solcher Roten Zwerge als in unserer Milchstraße zu finden sind, könnte das eine zumindest teilweise Erklärung für den gravitativen Zusammenhalt der Galaxien sein, der in der bisherigen Betrachtung der Kosmologen vorwiegend der Dunklen Materie zugeschrieben wird.

Ich sehe in der aktuellen Diskussion das Problem der modernen Teilchen- bzw. Astrophysik. Es werden Theorien aufgestellt, die aufgrund energetischer Barrieren oder anderer Hürden nur als Konstrukt erscheinen da nicht mess- bzw. beweisbar. Die Situation erinnert mich an die Probleme mit der Lichtgeschwindigkeit und der „Äthertheorie“ vor FitzGerald³²⁶, Maxwell und Einstein. Warten wir auf einen neuen Einstein!

Zur Beantwortung dieser Frage ist noch abzuwarten, welche Kosmos Version sich in den nächsten Jahren herauskristallisieren wird. Im Teil 1 wurde versucht ein mögliches Bild einer Weltentwicklung darzustellen, und zwar das der stetigen, linearen Ausdehnung. Nun möchte ich ganz kurz auf die Alternativen eingehen. Entscheidend für die weitere Entwicklung ist wie gesagt die von der Masse abhängige Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien. Die wiederum ist abhängig von der

Energiedichte, die die Summe aus normaler und Dunkler Masse verkörpert sowie der abstoßend wirkenden Dunklen Energie. Es gibt eine kritische Masse von etwa 10^{-29} g/cm^3 im gesamten Kosmos. Liegt die Masse des Universums darunter, kommt es zur unaufhaltsamen Expansion. Eine Verlangsamung oder gar Umkehr ist dann unmöglich (s.o.).

Was beobachten wir an Massendichte tatsächlich?

Sie liegt mit 10^{-31} g/cm^3 um den Faktor 100 darunter!

Allerdings scheinen Zweifel an der Belastbarkeit dieser Zahlen angebracht.

Vier Möglichkeiten werden diskutiert:

- Lineare Ausdehnung mit konstanter Geschwindigkeit
- Stillstand (Newton, Einsteins Weltall?)
- Permanente, sich stetig steigernde Ausdehnung (Inflationäres Weltall) (s.u.)
- Gravitativer Zusammenbruch (Kollabierendes Weltall, s.u.)

M.W. ist noch keine endgültige Entscheidung möglich.

Eine gute Einführung in das Thema "Dunkle Masse, bzw. Energie", finden Sie bei

(Vaas, 2013).

Um darzustellen, dass an dieser Front noch hart gerungen wird, möchte ich, ohne jede eigene Wertung, folgendes Zitat aus Dr. Friends Multiuniversum einflechten (Freund, 2010):

Zitat Anfang: *„Schlussfolgerungen aus den Messergebnissen: Die entwickelten Theorien der dunklen Energie und der Quintessenz leben von abenteuerlichen Postulaten, für die sonst keinerlei Notwendigkeit besteht und die teilweise sogar bewährten Theorien widersprechen. Der Rückgriff auf die bereits als falsch akzeptierte kosmologische Konstante ist dabei ebenso symptomatisch, wie die völlige Ratlosigkeit über das Wesen der dunklen Energie. Umso verwunderlicher ist es, dass die beschleunigte Expansion des Universums in vielen Publikationen mittlerweile als eindeutig bewiesene Tatsache dargestellt wird, und zwar immer wieder unter Bezugnahme auf die gleichen, keineswegs eindeutigen Messungen. Bei den WMAP-Ergebnissen drängt sich zudem der Verdacht auf, dass einfach so lange dunkle Energie zugegeben wurde, bis die Berechnungen mit den Beobachtungen übereinstimmen. An dieser Stelle muss ich natürlich einräumen, dass meine Argumentation teilweise mehr intuitiv als an harten Fakten orientiert ist, da diese Fakten meiner Meinung nach eben doch nicht ganz so hart sind. Offensichtliche Defizite im*

theoretischen Unterbau, kaum nachweisbare Effekte und ein gewisser Mangel an Eleganz sind jedoch einfach kein gutes Aushängeschild für ein neues Weltmodell. Was soll man also davon halten?

Die Beobachtungen - sollten sie tatsächlich korrekt sein - sprechen für ein im wahrsten Sinn des Wortes "seltsames" Universum, das sich im großen Maßstab nicht mehr an die Regeln grundlegender physikalischer Theorien hält. Gleichzeitig herrscht allgemeine Verwirrung und es werden allerlei spekulative Lösungsansätze präsentiert, die uns aber auch nicht wirklich weiterbringen. Andererseits ist dieser Artikel jedoch nicht als verzweifelter Versuch gedacht, die etablierten Theorien mit aller Gewalt vor einer möglichen Widerlegung zu retten. Die Situation erinnert mich viel mehr an die Klimmzüge, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit der Äther-Theorie unternommen wurden, um die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit den Mitteln der klassischen Newtonschen Mechanik zu erklären. Diese Bemühungen blieben völlig sinnlos, bis die Einstein'sche Relativitäts-Theorie die beobachteten Effekte quasi nebenbei mit erklärte. Die Anzeichen mehren sich, dass die Kosmologie in einer ernsthaften Krise steckt, aber ich bin überzeugt, dass die angeblich beschleunigte Expansion des Universums sich ganz selbstverständlich aus einer neuen, vereinigten Theorie der Quantengravitation ergeben wird. Davon sind wir aber leider noch ein gewaltiges Stück entfernt“ Zitat Ende.

Vielleicht liegt diese Entwicklung aber auch an allzu großem Vertrauen in die in den letzten Jahrzehnten kreierte, komplexe Mathematik und ihr Primat in der Theorienentwicklung. Sie erinnern sich an mein Statement in der Einführung?

"Mathematik ist die Wissenschaft, die Algorithmen und Formeln gefunden hat, die sich benutzen lassen wie eine Rechen-„Maschine“. Man steckt eine Zahl in die "Maschine", um einen Ablauf, einen funktionalen Zusammenhang in der zeitlichen oder räumlichen Entfaltung beurteilen zu können und erhält z.B. ein Lösungsfeld."

Die in diesem Sinn entwickelte Kosmos-Mathematik hat sich inzwischen wohl verselbstständigt. M. Bojowald äußert sich kritisch in diesem Sinn (Bojowald, 2009, S. 88): „Gerade in jüngster Zeit wird die Mathematik aber auch oft zum Selbstzweck der Physik – vor allem in der Forschung zur Quantengravitation, die derzeit noch keinen kontrollierenden Beobachtungen unterworfen ist. Mathematische Konsistenz dient dann als alleiniges Selektionskriterium zur Auswahl der Theorie“. Die in diesem Zusammenhang angesprochene „Schönheit“ einer Theorie, definiert über ihre mathematische Konsistenz, ist vielleicht ein zu gefühlsmäßiger, menschlicher Aspekt in der wissenschaftlichen Beschreibung der Natur, was ja das eigentliche Ziel sein muss. Zudem hat diese Sprache m.E. einen etwas elitären Beigeschmack: Nur Wissende werden angesprochen. Wer dieses emotionale Wort „Schönheit“ wissenschaftlich etwas eingrenzen will, kann vielleicht

folgende Anmerkung von Martin P. Dittgen (Lesch, 2013, S. 138) akzeptieren. Dittgen schreibt: „Doch was in aller Welt fokussiert die Physiker so auf diese Symmetrie? Nun, aus der Wissenschaftshistorie wird erkennbar, dass die Theorien, die mehr Effekte erklären konnten als ihre Vorgängertheorien, immer diejenigen waren, die eine größere Symmetrie besaßen“. Symmetrie ist zweifellos ein wissenschaftlich, mathematischer Begriff, der, wenn wir ihn z.B. auf Schneekristalle anwenden, auch Schönheit ausstrahlen kann. Symmetrie macht Wissenschaft glaubwürdiger, da heuristisch Vertrautheit aufkeimt.

Aus dem Blickwinkel der Entropie gesehen, besagt dieses Statement m.E. formal, dass „symmetrische Theorien“ die wahrscheinlicheren Theorien sein sollten, da sie in einer Ebene höherer Entropie mit mindestens doppelter Ordnung ansetzen (z.B. Chemie: Racemate oder Materie-Antimaterie) und damit umfassender, aber weniger präzisiert bzw. geordneter im anthropogenen Sinn argumentieren. Spezielle Lösungen, die in einer allgemeinen Theorie enthalten sind – denken sie an Newton und die Allgemeine Relativitätstheorie – stellen Unterordnungen mit niedrigerem Entropie- und differenzierterem, speziellem Informationsgehalt dar.

Mein ganz persönlicher Eindruck von der mit der String-Theorie bzw. Supersymmetrie (SUSY) entstandenen Mathematik, lässt mich vor allem den Begriff der Symmetrie als den dirigierenden, vielleicht sogar verselbstständlichten Wesenszug vermuten. Ich habe den Eindruck, dass die Theoretiker, die seit Dirac und seiner mathematischen "Entdeckung" von Materie und Antimaterie gefundene Symmetrieentfaltung (s.o.) sozusagen exzessiv ausleben. Ich zitiere hier nochmals meine früheren Einlassungen:

Die Erkenntnis dieser dualen Eigenschaft der Materie ergab sich übrigens auch aus rein mathematischen Überlegungen von Paul Dirac³²⁷ aus dem Jahr 1928. Bei dem Versuch, Einsteins Spezielle Relativitätstheorie - nicht die Allgemeine Relativitätstheorie - mit Schrödingers³²⁸ Lösung der zeitlichen Entwicklung einer Wellenfunktion, mit der Quantenmechanik zu kombinieren, fand er durch die relativistische Betrachtungsweise, dass im Gegensatz zu Schrödingers Lösungsansatz, nicht eine, sondern immer zwei Lösungen bestehen. Auf diese Weise wird Einsteins Erkenntnis, die Umwandelbarkeit von Raum und Zeit berücksichtigt. (Bojowald, 2009, S. 96) Dies ergibt sich in dieser relativistischen Quantentheorie (Siehe Ergänzung 4) und (Kiefer K. , 2009, S. 118) aus der Berücksichtigung, dass die Energie in den Lösungsansätzen immer als quadratisches Glied auftritt; bekanntlich kann eine positive quadratische Größe, aus der Multiplikation von zwei positiven, aber auch zwei negativen Faktoren resultieren. Es gibt also zwei Lösungen: Materie - Antimaterie.

Es ist einleuchtend, dass eine symmetrische Teilchen- Antiteilchen-Entstehung aus den Quantenfluktuationen des Vakuums (dem "Nichts") unschlagbar plausibel und logisch erscheint. Letztlich ist sie ja auch experimentell bestätigt. Wenn

man nun versucht dieses Symmetrieprinzip auf weitere, oder gar alle Elementarteilchen und deren Antiteilchen bzw. das Standardmodell der Elementarteilchen auszudehnen, ist natürlich eine wesentlich komplexere Symmetrie, im Prinzip sogar eine hypothetische Symmetrie, vonnöten. Da Symmetrie ein zentraler Begriff in der Physik ist, ordnet man sich in der String-Theorie sozusagen dem Diktat einer Symmetrie unter, deren Existenz in der Natur erst noch zu beweisen

Z.B. sagt die Supersymmetrie die gleiche Anzahl von Fermionen und Bosonen vorher). Vereinfacht ausgedrückt stelle ich mir eine Liste mit zwei Spalten vor. Eine Spalte enthält die Elementarteilchen samt Antiteilchen des Standardmodells, die andere Spalte zählt Symmetrien auf. Die Symmetriedarstellung in der Liste, in die die meisten der o.a. Elementarteilchen passen, wird favorisiert und mit Theorie und Mathematik ausgeschmückt.

Kann das gut gehen? Noch sind nicht alle Elementarteilchen bekannt, (z.B. das Graviton) vor allem aber sind die Bestandteile der Dunklen Materie und Energie noch weitgehend offen.

Ist Symmetrie die letzte Instanz, die wir befragen können und die in diesem Kontext, wenn man die Urknall-Theorie einbezieht, eine Entfaltung des Vakuums zu sein scheint? Was ist das Wesen des Vakuums, dessen Existenz unzweifelhaft gegeben ist, man denke nur an Quantenfluktuation. Dieses Vakuum kann kein "Nichts" im weitesten Sinn sein, dem jeglicher Inhalt also das innere Sein fehlt und bloße aus „Schein“ besteht. Ein Schein für wen? Letztlich muss es Teil des "Alles" sein, das nach WIKIPEDIA u.a. *"den denkbar größten Umfang und zugleich die geringste inhaltliche Bestimmung im Vergleich zu anderen Begriffen"* aufweist. Für bewusste Wesen ist dieses "Alles" die uns mental zugängliche frühere, gegenwärtige und kommende Welt. Das "Alles" muss also auch das Vakuum enthalten und damit alle energetischen, quantenmechanischen und kosmologischen Effekte, die letztlich auch Leben ausmachen.

Ab diesem Punkt wird man ratlos, aber nicht "un"-mutig.

Von den in der folgenden Abbildung 70 dargestellten Entwicklungen dieser Szenarien ist zumindest die eine des unveränderlichen Kosmos eindeutig unrealistisch. Sie entspräche einem völligen Stillstand der Expansionsbewegung des Weltalls. Sie steht damit im Widerspruch zu der im Teil 1 erwähnten Feststellung, der 1931 von Hubble und Humason publizierten Galaxienflucht, die besagt, dass sich fast alle Galaxien von uns wegbewegen, und zwar umso schneller, je weiter sie entfernt sind. Wenn ich die Literatur richtig verstehe, entspräche diese

Stillstand-Version der Newtonschen und ursprünglichen Einstein'schen Ansicht, die damals noch nichts von Hubbles Expansionstheorie wissen konnten.

Um das stabile, unveränderliche Weltall mathematisch begründen zu können, führte Einstein wie gesagt seine berühmte Kosmologische Konstante Λ ein.

Da zu den verschiedenen Modellen auch verschiedene Ausbreitungsgeschwindigkeiten gehören, verschiebt sich auch der Startpunkt des entsprechenden Urknalls, der bei - 13, 8 Milliarden Jahren angenommen wird, in u.a. Graphik.

Man muss aber bei dem Begriff Universum im Auge behalten, dass ein solches Universum sowohl unendlich als aber auch begrenzt sein kann. Entscheidend hierfür ist die geometrische Basis der Raum-Zeit: Kugel oder Sattel.

Denken Sie nur an den o.a. Amöbix. Stellen Sie sich vor, dass er sich auf der Oberfläche eines sehr großen Ballons befindet. Ein dreidimensionaler Beobachter, wie wir, würde auf jeden Fall die Begrenztheit der Ballonoberfläche bestätigen. Für Amöbix (Siehe Ergänzung 1) wäre seine zweidimensionale Welt allerdings unendlich.

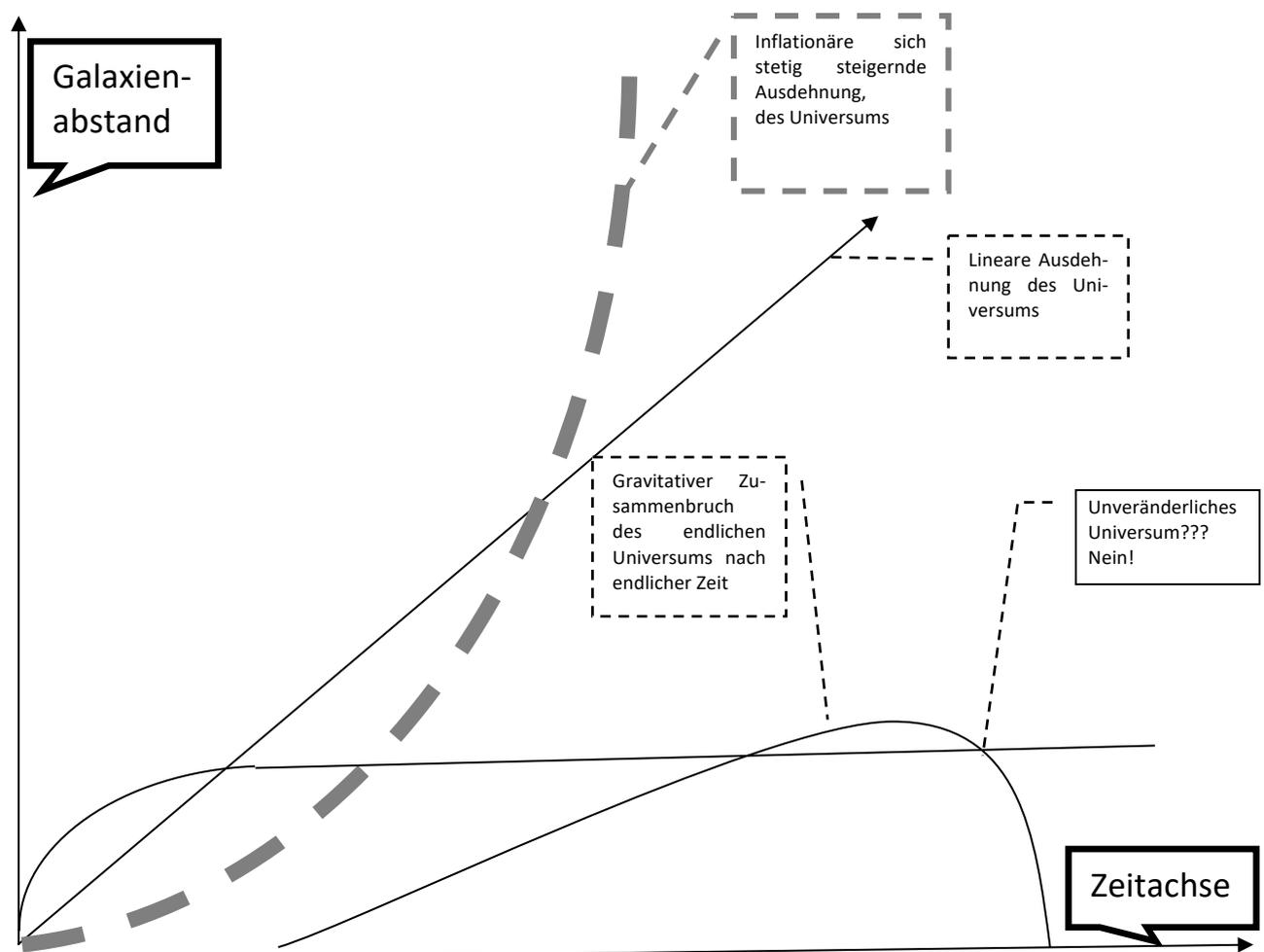


Abbildung 70: Die verschiedenen Möglichkeiten der Entwicklung des Universums

3.5.2 Expansion des Universums

Die Guth'sche überlichtschnelle, kosmische Inflation des Urknalls in der ersten Milli-Milli-Sekunde wird mit exzessiver Akkumulation von Vakuumenergie infolge eines Symmetriebruchs durch Abkühlung erklärt. Es resultiert gravitative Abstoßung. Das belegt der Energie-Impuls-Tensor der ART Einsteins, der neben der Masse-Energiedichte u.a. auch den Druck eines Strahlungsfeldes beschreibt. Er kann positiv oder, als Zug gesehen, negativ sein und entspricht im Energie-Impuls-Tensor anziehender oder abstoßender Gravitation. Raumzeitgeometrie also Raumzeitkrümmung und Gravitation folgen aus dem Energie-Impuls-Tensor.

Die Akkumulation der Vakuumenergie erzeugte eine negative Raumzeitkrümmung, die auf Objekte im Raum abstoßend wirkte, da diese der Raumzeitkrümmung folgen müssen.

Aus den Energiefeldern der anschließenden Baryogenese gewannen die Elementarteilchen Masse aus dem zusammenbrechenden Higgsfeld. Energie wurde in Materie transformiert. Seit dieser abgeschlossenen Masse-Entstehung des Weltalls findet eine unaufhörliche Energie-Rücktransformation zu Energie statt. Die zu Materie „eingefrorene“ Energie aus der Baryogenese, wird im Lauf des Lebensalters des Weltalls wieder frei gesetzt. Masse verschwindet, es bleibt das Pendant an Energie. Masse, die positiver Gravitation unterliegt, zieht sich also gegenseitig an, verschwindet mit zunehmendem Alter des Universums. Was geschieht mit der „befreiten“ Energie? Sie muss sich anhäufen – im Pool der Nullpunktsenergie? Als Dunkle Energie?

Dieser Abbau von Masse hat aber auch Einfluss auf eine elementare Bilanz, die bereits unter 1.1.3 dargestellt wurde:

- Das Universum weist eine flache (euklidische) räumliche Geometrie auf

Von besonderer Bedeutung ist die daraus folgende materielle Bestandsaufnahme:

- Das Universum besteht aus 23 % dunkler Materie

- Die dunkle Energie macht 73 % aus

- Die gewöhnliche Materie addiert sich zu nur 4 % und *besteht aus 0,03 % Schwere Elemente, 0,06 % Schwarze Löcher, 0,3 % Neutrinos, 0,5 % Sterne, 3 % Wasserstoff und Helium.*

Da, wie beschrieben, ein unaufhörlicher Transfer von Masse in Energie stattfindet, können diese 4 % nur einen Momentaufnahme sein; ein Momentanwert der sich kontinuierlich verringert.

Könnten diese ständig enorm wachsenden energetischen Felder einen vergleichbaren Effekt in Form von negativer Gravitation auslösen wie in der kosmischen Inflation die Felder der Vakuumenergie und so die Expansion des Weltalls bewirken? Eigentlich nur, wenn sich langsam eine negative Raumzeitkrümmung ergibt.

Wenn alle Materie wieder in Energie überführt wurde, ist das Ende erreicht. Alle Potentiale sind eingeebnet. Das wäre dann auch das Ende der Entropiemaximierung. Clausius hätte Recht.

Charakteristik der kosmischen Inflation und zunehmenden Expansion des Weltalls.

Kosmische Inflation

Sehr hohe Temperatur
 Ausdehnung: „Singularität“
 Exponentielle Verwirklichung
 Masse entsteht in Milli-Milli Sekunden
 Enorme negative Raumzeitkrümmung

Expansion des Weltalls

Temperatur am Nullpunkt
 Ausdehnung: Gesamtes Weltall (was aber ist das?)
 schleichend, asymptotisch
 Masse verschwindet über die „Lebenszeit“ des Weltalls
 Geringe Raumzeitkrümmung, Summarisch = 0 ?, positiv oder negativ?

Wie wirken sich diese Unterschiede im Energie-Impuls-Tensor aus bzw. kommt es zu einer negativen Raumzeitkrümmung, die negative Gravitation und damit Expansion des Weltalls bewirkt?

Wenn das stimmt wäre sie ganz wesentlich geringer als in der Singularität des Urknalls; was ja auch der gegenüber der kosmischen Inflation wesentlich moderateren Ausdehnung des Weltalls entspräche.

Aber geöffnete Türen führen, wie schon öfters angesprochen, zu neuen verschlossenen Türen.

Da wäre die Frage zur Gravitation im allgemeinen: Es wird immer offenkundiger, dass sich das Weltall ständig weiter ausdehnt. Der von Einstein vermutete Stillstand hat sich als ebenso unwahrscheinlich erwiesen, wie eine Kontraktion. Was sind die Folgen für die Objekte, die nach wie vor der positiven Gravitation unterliegen? Müsste sie nicht mit dem Quadrat der Entfernung immer schwächer werden in diesem Wettstreit von positiver und denkbarer negativer Gravitation? Oder ist das zu erklären mit dem Rosinenkuchen? Man benutzte dieses Modell zur Erklärung der Hubbleschen Beobachtung der Galaxienflucht. Der Kuchen (die Raumzeit) geht auf und die Rosinen entfernen sich voneinander.

Wenn durch die zunehmende Expansion des Weltalls die Raumzeit wächst und damit auch die Entfernung der Galaxien voneinander, könnte die positive Gravitation innerhalb der Galaxien bzw. der Planetensysteme gleich bleiben, wenn es in den Galaxien eine weitere Kraft gibt, die den Zusammenhalt bewirkt und sozusagen die Gravitation ergänzt. Dunkle Masse. Dass es diesen Zusammenhalt gibt hat schon Zwicky vorausgesagt.

Und da ist das grundsätzliche Problem mit dem Nichts, über das schon Aristoteles nachgedacht hat.

Wenn man die beliebte mediale Illustration der kosmischen Inflation und den Fortgang bis ins Heute vor Augen hat, poppt sofort die Frage auf: „Was ist außerhalb dieser blütenartigen Darstellung?“ Das Nichts? Wo beginnt es und wo hört es auf? War vor dem Urknall nur das Nichts?

Natürlich entstehen solche Fragen aus der dreidimensionalen Erfahrungswelt von uns Menschen. Vierdimensionale Raumzeit kann so nicht dargestellt werden. Aber auch unter dieser Prämisse kommt man nicht weiter, wenn man das Nichts als etwas allgegenwärtiges postuliert. Man weiß nur, dass es mit Energie und Vakuumfluktuationen in gewisser Weise mit uns, seinen bewusstseinsfähigen Manifestationen kommuniziert bzw. dass Energie, wie es Heisenberg interpretierte, letztlich das alles Bewegende ist. Alle wissenschaftlichen Erkenntnisse sind letztlich aus dieser grundlegenden Basis abgeleitet.

Noch einmal die Frage: Was ist außerhalb dieser o.a. Blüte zu finden? Ein Nichts voller Nullpunktsenergie? Und der Urknall hat nur einen Bruchteil der – endlichen oder unendlichen - Vakuumenergie in die kosmische Inflation und die Baryogenese katapultiert? Wenn Unendlichkeit ins Spiel kommt, bleibt nur ein Spielraum von nichts bis alles. Alles und nichts ist denkbar?

Was aber, wenn sich ergäbe, dass die Unendlichkeit sich aus der Endlichkeit eine gewölbten, geschlossenen Raumzeit ergibt? Nichts ergibt sich, weil sofort wieder die Frage auftaucht: Was ist außerhalb dieser gewölbten, geschlossenen Raumzeit?

Wie bereits erwähnt kommt man mit solchen Spekulationen nicht an der Agnostik vorbei.

3.6 Was wird aus „meinen“ chemischen Elementen?

Eigentlich ist die Frage beantwortet. Lassen Sie mich trotzdem eine Erweiterung anführen:

Es gibt neben dem Kohlendioxid-Sauerstoff-Kreislauf bekanntlich weitere lebenswichtige Kreisläufe von chemischen Elementen:

Hier die bekanntesten Beispiele und ihre hauptsächlich molekularen Träger: Näheres zu diesen Kreisläufen finden Sie bei (Fuchs, 2007), Allgemeine Mikrobiologie.

Stickstoff (Aminosäuren, Nukleotide, Enzyme)

Schwefel (Aminosäure Cystein, Enzyme)

Phosphor (Nukleotide, Phosphorylierung)

Wie erläutert sind weitere Elemente und Verbindungen in weniger erforschte Kreisläufe eingebunden, die in ihrer Bedeutung noch nicht voll erfasst sind.

Am bekanntesten und am besten erforscht ist der ausgiebig erörterte Kohlenstoff- bzw. Kohlendioxid-Glukose-Kreislauf in Verbindung mit Sauerstoff und Wasser.

Jedes terrestrische Lebewesen, ob Tier oder Pflanze basiert auf Kohlenstoff. Unsere DNA, Muskeln, Nerven usw. gäbe es ohne Kohlenstoff nicht. Kohlenstoff wird über die Nahrung in unseren Stoffwechsel eingebracht und durch anabolischen Aufbau von Lebensmolekülen in die biologischen Systeme sozusagen integriert. Durch katabolischen Abbau wird er letztlich, nach Energietransformation durch ATP, als CO_2 ausgeatmet oder nach dem Tod durch Mineralisierung ebenfalls als Kohlendioxid in den Kreislauf zurückgeführt.

Nach unserem Tod holt sich der Kohlendioxid-Kreislauf diesen „geliehenen“ Anteil, nachdem Bakterien, Pilze usw. alles Lebendige wieder mineralisiert haben, zurück.

Eine Frage ist: Kann man von seinem eigenen Kohlendioxid sprechen? Gibt es mein Kohlendioxid? Hat meine Psyche, meine Lebensform, meine Moral irgendeinen prägenden Einfluss auf dieses Molekül?

Diese Frage wird in manchen Weltbildern ernsthaft diskutiert. Vitalisten sind z.B. der Meinung, dass eine Belebung bzw. Beseelung der Natur in allen ihren Teilen gegeben ist. Es ist in diesem Umfeld die Rede von erinnerungsfähigen Molekülen und Atomen, die sich und ihren Platz im Weltgeschehen kennen (Sheldrake, 2012):

Meine Antwort ist ein klares, materialistisches: „Nein!“

Unser Körper und seine Funktionen erhielten die Kohlenstoffleihegabe aus dem nahezu unermesslichen anonymen irdischen Kohlendioxid-Kreislauf. Es gibt

keine Möglichkeit ein Kohlendioxid-Molekül von einem anderen zu unterscheiden (ausgenommen die Isotope) da die beiden Elemente, die dieses Molekül bilden, selbst nur aus wiederum ununterscheidbaren Bausteinen, den Quarks und den Elektronen bestehen. Wo wäre da Platz für eine Botschaft? Welches Medium sollte eine Besitzform registrieren oder weitergeben?

Wie ausgiebig erörtert, entstanden Kohlenstoff und daraus Kohlendioxid sowie die anderen Lebelemente in den ersten Milliarden Jahren des Urknalls, nach der Kernfusion im Inneren von Sternen. Vor ca. 4-5 Milliarden Jahren kam es selbstorganisatorisch zur Bildung von organischen Molekülverbänden auf unserer Erde. Daraus entwickelten sich über Einzeller langsam Pflanzen und Lebewesen auf hohem Ordnungsniveau. Durch Mineralisierung und Übergang in anorganische Senken bildeten sie sich zurück und boten sich für Kreisläufe an, die, von der Sonne getrieben, das Leben aufrechterhalten. Aus dem ganz speziellen Lebelemente-Bestand in jedem individuellen Lebewesen, in Gestalt hochdifferenzierter Moleküle (z.B. individuelle DNA) und komplexer Reaktionsfolgen, bilden sich nach der Mineralisierung wieder völlig anonyme Grundmoleküle oder gar Elemente zurück. Damit geht jegliche Individualität unwiederbringlich verloren.

Die Lebelemente werden uns durch unser Fortpflanzungspotential angeboten, aber wir müssen sie unweigerlich wieder zurückgeben.

Allerdings sind wir Irdischen tatsächlich ein bisschen unsterblich und alle miteinander verwandt. In allen von uns sind mit einiger Wahrscheinlichkeit einige Atome, z.B. Kohlenstoffatome, die einst Neandertalern, Platon, Jesus, Cäsar u.v.a. für ihre Lebensspanne ausgeliehen hatten. Natürlich gehören in diese Reihe auch Plattwürmer, Dinosaurier, Säbelzahn tiger, Blaualgen, Knollenblätterpilze usw. Materieorientiert ist unsere Erde heute ein weitgehend geschlossenes System.

Über die irdische Entfaltung des Lebens sind wir sogar letztlich auf energetischer Ebene mit dem gesamten Kosmos verwandt. Es war die Energie des Vakuums, des Urknalls, die den Kosmos, das Sonnensystem, die Erde und uns geformt hat.

Es ist kaum zu übersehen, dass dieser Gedanke der Allgegenwart von Energie als das Bewegende (Heisenberg), allerdings in ganz konkretem, physikalischem Sinn, panpsychistischen und vitalistischen Vorstellungen von Lebenskraft und immateriellen Kraftfeldern nahesteht. Der Unterschied besteht darin, dass der wissenschaftliche energetische Ansatz mess- und überprüfbar ist, nachdem man das Wirkungsspektrum einschätzen kann. Unter solchen Voraussetzungen würden auch die ominösen morphischen Felder Sheldrakes, mit ihren nebulösen Resonanzen, vielleicht zu etwas Greifbarem. In diesem Sinn bin ich gespannt, ob der schon mehrfach angesprochene Gedanke von Kahnemann, dass "*die Idee einer*

mentalen Energie mehr ist als nur eine Metapher" (Kahneman, 2012, S. 59) eines Tages messbare Ergebnisse vorweisen kann.

Wenn wir allerdings einbeziehen, dass letztlich alle Materie, alle Moleküle, alle Atome irgendwann in einem schwarzen Loch auch noch den Rest von Struktur und Ordnung verlieren werden, ist es mit der Unsterblichkeit nicht so weit her. Wenn alles auf einer Vereinigung von Masse und Übergang in Energie mündet, vielleicht wiedervereinigt in einer neuen Singularität, bleibt nicht einmal der Gedanke an uns.

Was bleibt ist Energie, die sich ständig verdünnt

Unter diesem Aspekt ist unser Leben, alles Leben, nur eine kurze Leihgabe von Energie. Unsere stoffliche Basis in Form chemischer Elemente, ohne die selbstredend auch kein Bewusstsein möglich ist, wird uns auf begrenzte Zeit zuteil. Wir werden nicht gefragt, ob wir materialisiert werden wollen. Es geschieht mit uns, indem sozusagen ein Staffelholz z.B. die DNA weitergereicht wird und die Evolution keine Ruhe finden kann. Sie wird beherrscht von der Entropie, die wie ein unerbittliches Damoklesschwert über uns hängt und eindeutig auf ständigem zeitlichem Voranschreiten in ein kaltes, leeres Ende beharrt.

Man kann nicht umhin, in diesem Zusammenhang über den Glauben vieler Völker zu sinnieren, die im Tod ein Entweichen von Energie oder Geist sahen. In der altägyptischen Mythologie ist das Ka, ein Aspekt des Seelischen, der den physischen Tod des Menschen überdauert. Er verlässt den Körper des Sterbenden und existiert dann eigenständig weiter.

Diese aus der altägyptischen überlieferten Sichtweise des fundamentalen Gegensatzes aber auch der Gemeinsamkeit von Materie – Leib und Psyche – Seele, muss wohl auf verschlungenen Wegen ihren Weg über Aristoteles bis in unsere Zeit gefunden haben. In diesem Sinn ist die Seele das, was den Lebenden von Toten unterscheidet. Dieser Gedanke ist heute zwar zu relativieren; letztlich sehen wir heute in der Seele, dem Psychischen, vorwiegend das Denken und das Bewusstsein. Nach wie vor ist aber die Auffassung von der Seele, die sich dem Körper unwiderruflich entzieht und der eine zunächst vom Lebenden nicht unterscheidbare Hülle zurücklässt, das große Mysterium, das letztlich allen Glaubensrichtungen den Weg bereitet.

(Siehe hierzu Gedanken von Ansgar Beckermann (Pöppel, Ernst, 1989))

In der jüdischen Kabbala wird, vergleichbar bzw. wohl aus dem Ägyptischen übernommen, der Lebensgeist Chaja genannt. Die darauf aufbauende christliche Sichtweise mit ihrer Lehre von einer immateriellen unsterblichen Seele, ist wohl vielen von Ihnen geläufig. Die Frage bohrt, seit es Bewusstsein gibt: was geschieht mit diesem geordneten Lebensgeist? Das Phänomen des Todes ist nicht

weniger interessant wie das des Lebens, denn beide sind untrennbar aneinandergebunden. Ich denke, es sind diese mit Konstrukten tausendfach überladenen elementaren Fragen, die uns Menschen nicht zur Ruhe kommen lassen. In diesem Sinn bekommt der Begriff Entropie eine geheimnisvolle, fast göttliche Komponente. Leben und Entropie-Kontrolle sind untrennbar miteinander verknüpft. Der Moment, in dem in offenen Kreislaufsystemen die punktuelle Entropie-Erniedrigung Fuß fasste, war der Beginn von Leben. Wenn diese Entropie-Stabilisierung entgleitet, bedeutet das den Tod.

3.7 Mentale Energie

Ganz zu Anfang, im Abschnitt "Was soll die Botschaft dieses Buches sein", bin ich kurz auf einen mehr oder weniger stark metaphysischen Gedanken eingegangen. Ausgangspunkt war die Hypothese vermuteter, messtechnisch noch nicht ausgeloteter Energiestufen, die vielleicht mit einer unterschwelliger energetischen Komponente des menschlichen Bewusstseins korrelieren: *"Die Idee einer mentalen Energie ist mehr als eine Metapher"*. Daniel Kahneman (Kahneman, 2012, S. 59). Kahneman zitiert Glukose-Mehrverbrauch bei intensiven menschlichen Denkvorgängen, angezeigt durch sinkenden Blutzuckerspiegel. Offensichtlich wird mehr ATP (s.o.) verbraucht und damit auch mehr chemische Energie in Form von Glukose, um Denkvorgänge zu unterstützen. Diese Abläufe müssten m.E. im weitesten Sinn elektromagnetischer Natur in Form von Hirnströmen sein, die messbar sind. Ist es denkbar, dass Hirnströme zwischen besonders prädestinierten Lebewesen, vor allem Menschen, durch die damit verbundenen elektromagnetischen Felder wechselwirken können? Ich könnte mir vorstellen, dass eines der elementarsten menschlichen Gefühle, das der Liebe zu einem anderen Menschen, hier von Interesse sein könnte.

Nehmen wir einmal an, dass ein mentaler Informationsfluss auf dieser noch unerschlossenen Ebene fungiert, der aber aufgrund begrenzter Resonanzfähigkeit infolge (seltener) additiver Interferenz nur disponierten "Sendern" und "Empfängern" zugänglich sein könnte. Dieser gedankliche Ansatz bemüht zwar auch die Vorstellung von Resonanzen, wie sie Sheldrake in seinen ominösen morphischen Feldern formuliert, bietet aber auf jeden Fall die grundsätzliche Möglichkeit einer Überprüfung durch Messung. Es handelt sich um eine exoterische Hypothese, die die Geheimlehren der Exoterik und Metaphysik tangiert (*WIKIPEDIA: Exoterik bezeichnet die nach außen gewandten oder von außen zugänglichen Aspekte einer Philosophie oder Religion, im Gegensatz zu nur einem inneren Kreis zugänglichen esoterischen Aspekten*), könnte aber viele metaphysisch eingestufte Effekte in einem wissenschaftlicheren Licht beleuchten. Ein siebter Sinn? Grundsätzlich ist eine solche Idee aber nur akzeptabel soweit sie messtechnisch belegbar ist.

Eine etwas vertiefte Betrachtung:

Bekanntlich hat sich die Evolution immer nach dem Prinzip weiterentwickelt, bewährte nachhaltige Strategien auch in anderen Bereichen zu erproben, auszubauen, rückwärts laufen zu lassen (z.B. im Stoffwechsel) usw. Was könnte sie erstens von der stofflichen Muster-Passungs-Strategie (Schlüssel – Schloss) und zweitens von der Stochastik-Strategie (Suchen und Finden) der Einzelzelle im cerebralen Bereich zwischen Zellhaufen weiterentwickelt haben?

Ich kann mir nicht vorstellen, dass stoffliche Systeme, also molekulare Körper, unsere Gehirntätigkeit in dieser Weise steuern. Das Prinzip wäre zu langsam und wenig flexibel bzw. lässt nur die Einbahnstraße einer konkreten Reaktionsfolge zu. Zudem ist die beschriebene stoffliche Stochastik und Muster-Passung nicht über die Größe einer einzelnen Zelle hinaus funktionsfähig. Die bestimmende Dimension für eine stoffliche Abwicklung in einer Zelle sind nämlich die extrem kurzen Wege für die zugrundeliegende Brownsche Molekularbewegung.

Man muss aber auch verinnerlichen, was wir Menschen - Großlebewesen mit etwa 20 Billionen Zellen, davon etwa 86 Milliarden Gehirnzellen – als schnell oder langsam empfinden. Unsere makroskopischen Bewegungsabläufe sind im Vergleich mit den molekularbiologischen Abläufen in der Winzigkeit einer Zelle, unglaublich langsam. Die neuronalen Abwicklungen auf elektromagnetischer Ebene sind wiederum wesentlich schneller als die Molekularbiologie in einer Zelle. Unser Geschwindigkeitsempfinden summiert sozusagen beide Geschwindigkeitswelten und lässt uns in dieser Welt des Bewegten wie ein Elefant neben einer Ameise aussehen.

Anders ist das mit dem Stochastik-Prinzip des Gehirns als Ganzes auf der Ebene von Zell-Agglomeraten. Ein Stochastik-Prinzip des Gehirns ist für eine ganz besondere Sorte von Zellen, den Neuronen denkbar, die über Synapsen miteinander kommunizieren können.

Stochastisch deshalb, weil neuronale Netze das Problem haben, dass nach dem Lernvorgang Muster, die nicht den Vorbildern ähneln, die aber in der Lernmenge eingeschlossen sind, stochastisches Verhalten der Ausgangsneuronen hervorrufen. Sie arbeiten nicht exakt, sondern näherungsweise.

Hier liegt m.E. auch eine entscheidende Hürde für künstliche Intelligenz. Kann sie dieses Faktum durch raffinierte Algorithmen kompensieren? Letztlich stochert man da in Abläufen von Unvorhersehbarem und Zufälligkeiten.

Jede Zelle, also auch Neuronen, gleichen einer Batterie. Sie bauen durch chemische Elemente (vor allem Kalium- und Natrium-Ionen) an der

Zellmembran eine elektrische Spannung von ca. 70 Millivolt auf. Die hierzu notwendige Energie in Form von ATP (Adenosintriphosphat) erzeugen sie in den Mitochondrien der Zelle, um ständig das Spannungspotential dieser Zellbatterien aufrechtzuerhalten. Spezielle ‚Pumpen‘ (Natrium-Kalium-ATPasen), sorgen dafür, dass in den Zellen der Kalium-Level (K⁺) hoch, der von Natrium (Na⁺) niedrig bleibt. Außerhalb der Zelle ist es umgekehrt.

Diese Zellpotentiale benötigen im Prinzip nur Energie. Und bekanntlich ist das Gehirn der aktivste Energieverbraucher im Körper. Diese Energie wird in der Zelle durch die Glykolyse, den Zitronensäurezyklus und die Atmung mit einem Wirkungsgrad von etwa 42 % in Form von ATP bereitgestellt. Der Rest ist flüchtige Körperwärme. Die aktivsten Gehirnpartien sollte so messtechnisch erfassbar sein. Es ist interessant in diesem Zusammenhang auch auf den entropischen Faktor hinzuweisen. Letztlich ist das Gehirn ja permanent mit der Schaffung von anthropogener Ordnung beschäftigt. Diese Ordnung könnte sich in den angenommenen komplexen Speicherclustern von Zellen manifestieren und gleichzeitig die Spiegel unserer subjektiven Realität sein. Diese Ordnungserhöhung, gleichbedeutend einer Entropieminderung, erfolgt aus thermodynamischer Sicht als Schwimmen gegen den Strom der unvermeidlichen Erhöhung der Gesamtentropie. Dazu ist Energie und ihr dissipativer Verbrauch notwendig, was summarisch diese Erhöhung begleitet.

Wie in der Zelle selbst, wird der Synergismus der Cluster-Vielzahl von Zellen eines Gehirns von den beiden Faktoren Energie und Mustern bestimmt.

Jede einzelne dieser Zellbatterien kann über Synapsen mit einer ungeheuren Zahl von anderen Zellen agieren. Zellpotentiale können sich addieren oder gegenseitig löschen. Es entstehen also auch Muster, allerdings nicht stofflich gebunden, wie in einem Molekül oder einem Enzym, sondern als elektromagnetisches Muster. Viele, sehr viele dieser eMs können in einem Gehirn, solange Zellspannung vorhanden ist, stochastische Musterelemente sein.

Vermutlich sind viele dieser Muster bereits bei unserer Geburt im Stammhirn ererbt vorhanden, bzw. sie werden nach den ersten Zellteilungen in der Meiose sehr früh aufgebaut. Bei diesem Aufbau werden die ersten Strukturen angelegt. So kann das Kind im Mutterleib bereits Reize empfangen. Als Säugling, noch nicht sehfähig, erfährt das Kind zuerst über Herzschlag, Gerüche und Tasten, abgesehen von Schmerz, Hunger, Geräusch, erstmals einiges über sich selbst hinaus: Realität durch Hören, Geruch und vor allem elektromagnetische Muster (eM) des Sehens. Neue Dimensionen werden im wahrsten Sinn greifbar. All diese Vorgänge müssen von Musterbildungen durch eMs begleitet sein.

Auch das motorische Nervensystem, das sich mit dem Wachsen des Embryos formt und nach der Geburt mit der Außenwelt in Kontakt tritt, wird, sobald die Sensorik funktioniert, permanent ergänzt. So lernen wir z.B. das Gehen,

Reden, Schreiben und Sprechen. Unser beginnender Sehvorgang z.B. wird dann dazu führen, dass vorhandene Muster im Gehirn erkannt und verarbeitet, angeglichen und fixiert werden. Es entstehen veränderte bzw. neue elektromagnetische Unikate (eMs). Die nahezu unendlich erscheinende Zahl von Synapsen- Verknüpfungen wird es ermöglichen, durchschnittliche, minder verknüpfte, aber auch genialen Gehirne zu generieren.

Vor allem aber wird eine elektromagnetische Musterauffindung sehr viel schneller erfolgen als die stoffgebundenen, molekularbiologischen Reaktionen in einer Zelle.

Jede Art von Sensorik in unserem Körper wird ihren Bereich von eMs erzeugen und ständig sehr schnelle Rückgriffe bzw. Austausch ermöglichen.

Ich stelle mir vor, dass sich auf der Basis eines elektromagnetischen Pfads, dem im Prinzip Lichtgeschwindigkeit zugrunde liegt, eine ganz andere Dimension entfaltet, die aber nicht nur von Geschwindigkeit, sondern durch ein Musterprinzip der Diversität von Zellagglomeraten gekennzeichnet ist. Eine Gehirnzelle kann theoretisch mit allen anderen elektromagnetisch kommunizieren. Die Kommunikation erfolgt über Synapsen und Botenstoffe zwischen diesen Synapsen.

Es könnten sich, über das gesamte Gehirn, Muster – Cluster -, von elektromagnetisch kommunikationsfähigen Gehirnzellen (eMs) orientieren, die letztlich unsere umgebende Realität spiegeln. Es könnte hunderttausende solcher Areale geben, die letztlich wie Speicher wirken und auf stochastischem Weg miteinander (Denken, Schöpfen), aber vor allem über die Sensorik, unsere Muster-Realität im Gehirn darstellen. Denn natürlich kann es keine Bilder in dem uns geläufigen Sinn, vergleichbar einem Bildschirm in unserem Gehirn geben. Sensorische Reize, die unserem Gehirn eine geordnete Struktur der Außenwelt präsentieren, z.B. beim Anblick einer Landschaft oder einer Person, könnten mit irgendeinem, der im Gehirn bereits als Kind oder Lernenden vorhandenen – gespeicherten - Muster der Realität in eine Wechselwirkung treten. Gespeichertes Gehirn-Muster und das aktuelle, sensorisch registrierte Realitäts-Muster könnten verstärkend interferieren und bestätigen, dass es diese Realität gibt. Diese Realität muss vorhanden sein, denn wir können uns mit den meisten Menschen darüber unterhalten und feststellen, dass sie die weitgehend gleiche Empfindung haben. Und spätestens, wenn man uns Schmerz zufügt, oder mit dieser Musterrealität in sensorisch erlebten Kontakt kommt, wissen wir, dass wir diese Realität nicht träumen. Wir denken, also sind wir. Die Trauminterpretation der Realität hat schon Descartes, mit seinen Worten „Kogito ergo sum“ ausgeschlossen.

3.8 Warum

Wie bereits eingangs erwähnt, wird die Beantwortung der Fragen nach dem Sinn und Urquell unseres Seins, von der Wissenschaft gerne und großzügig den Philosophen und Theologen zugestanden. Die Erklärung ist einfach: Wissenschaftlicher Methodik scheint hier kein Weg geebnet zu sein. Glaube ist gefragt. Zwar suchen Physiker wie Paul Davies in seinem Buch: „Der Kosmische Volltreffer“ (Davies, Der kosmische Volltreffer, 2006, S. 328) in absurden Universen, einmalige Universen, Multiuniversen usw. alternative Erklärungen zu geben. Modelle, die auch die Ewigkeit einbeziehen und damit religiöse Ansprüche vermuten lassen oder ausschließen. Es bleibt aber auch in diesen Überlegungen der Beigeschmack empirisch nicht erkennbarer Sachverhalte, da diese Vorstellungen teils auf ziemlich extravaganten Hypothesen beruhen. Trotzdem ist auch hier die eingangs bereits gestellte Frage von Richard Dawkins angebracht: Was sollte einen Theologen zu einer fundierteren Antwort führen als einen Naturwissenschaftler? (Dawkins, 2016).

Folgender Satz von Max Planck hat mich während der Arbeit an diesem Buch begleitet und letztlich dazu veranlasst, diese Fragen nicht einfach zu verdrängen. Je länger ich mich mit diesem Themenkreis beschäftige, umso vielversprechender leuchtete Max Plancks Aussage am Horizont.

*Für den gläubigen Menschen steht Gott am Anfang,
für den Wissenschaftler am Ende aller seiner Überlegungen.*

Ein verblüffend aktuelles Zitat von Nietzsche, geboren am 15.10.1844, gestorben am 25.8.1900, also noch deutlich vor dem modernen wissenschaftlichen Geschehen, soll als antireligiöse These gegenübergestellt werden:

Zitat Anfang: "In irgendeinem abgelegenen Winkel des in zahllosen Sonnensystemen flimmernd ausgegossenen Weltalls gab es einmal ein Gestirn, auf dem kluge Tiere das Erkennen erfanden. Es war die hochmütigste und verlogenste Minute der Weltgeschichte: Aber doch nur eine Minute. Nach wenigen Atemzügen der Natur erstarb das Gestirn, und die klugen Tiere mussten sterben. - So könnte jemand eine Fabel erfinden und würde doch nicht genügend illustriert haben, wie kläglich, wie schattenhaft und flüchtig, wie zwecklos und beliebig sich der menschliche Intellekt innerhalb der Natur ausnimmt; es gab Ewigkeiten, in denen er nicht war; wenn es wieder mit ihm vorbei ist, wird sich nichts begeben haben. Denn es gibt für jenen Intellekt keine weitere Mission, die über das Menschenleben hinausführte, sondern menschlich ist er, und nur sein Besitzer und Erzeuger nimmt ihn so pathetisch, als ob die Angeln der Welt sich in ihm drehten. Könnten wir uns aber mit der Mücke verständigen, so würden wir vernehmen, dass auch sie mit diesem Pathos durch die Luft schwimmt und in sich das fliegende Zentrum

dieser Welt fühlt“. Zitat Ende (Friedrich Nietzsche aus : "Über Wahrheit und Lüge im außermoralischen Sinn" 1873)

Ich muss sagen, das klingt für mich nach salbungsvoller Resignation, aber auch überheblich und arrogant. Andererseits ist die Endlichkeit des menschlichen Schicksals durchaus antizipiert.

So darf der Film aber nicht enden! Keine Lösung, nur Selbstaufgabe? Wo ist das Happy End?

Es gibt keines so wie wir es aus den vielen religiösen oder pseudoreligiösen Heilslehren oder gar den Medien und der Tröster-Literatur kennen! Nirgends ist nachvollziehbar eine Garantie für ein angenehmes, erfülltes Jenseits hinterlegt. Es sei denn, wir glauben an diese Frohe Botschaft. Und hier sind wir am Kern von Religion. Wenn es der Priesterschaft gelingt den Gläubigen zu vermitteln, dass gerade dieses erhoffte "Leben nach dem Tod" erreicht werden kann, wenn man priesterlichen, richtigen Glauben glaubt, ist fast jede Manipulation der menschlichen Psyche und vor allem der Selbstbestimmung möglich.

Für lange Zeit nach dem Zusammenbruch des römischen Reichs um 400 n. Chr., bis weit ins 20. Jahrhundert, war die christliche Kirche entscheidender Faktor für die Entwicklung von Ordnung und Zukunftsfähigkeit in Europa und darüber hinaus missionarisch und folgenreich in vielen Teilen der Erde. Niemand kann wissen, was ohne diese Kultur, Ordnung und Staat gründende Institution des Christentums geworden wäre. Viele Menschen, die dieser Kirche vorstanden, waren aber dieser Aufgabe nicht gewachsen. Spätestens im Investiturstreit um 1076 n. Chr. wurden irdische Machtansprüche der kirchlichen Repräsentanten transparent, die sich immer wieder aus den gleichen Quellen ableiten lassen: Es sind das urmenschliche egozentrische Eigenschaften, die ohne eine demokratische Kontrolle durch viele und ohne turnusmäßigen Wechsel von Entscheidungsträgern, damals – Kirche und Adel -, infolge des Strebens nach Macht und Einfluss immer wieder in fürchterliche Sackgassen geführt haben.

Als Resultat fand und findet heute eine weitgehende Abkehr von den über viele Jahrhunderte etablierten kirchlichen Wertevorstellungen statt. Deren Jenseitszuständigkeit verblasst immer mehr. Positiv wahrgenommen werden westliche Kirchen heute fast nur noch als Träger karitativer Einrichtungen und Projekte. Es sind dies humanitäre Aktionen, die mehr aus der breiten Masse aufopferungsfähiger Gläubigen kommen und weniger aus dem Kreis der verbeamteten Würdenträger. Das Kirchengvolk steht für den edlen Gedanken der Nächstenliebe, die Führung beschäftigt sich mit Politik.

Es stellt sich die Frage wer und ob alle diese Verwalter oder Erfinder von Religion und Ethik geeignete Repräsentanten von Verantwortung für ihre propagierte Sendung waren. Waren sie Selbstverwirklicher oder einfach "gute Menschen"? Denn ohne Lichtfiguren, die die von ihnen vertretene und vorgelebte, oft altruistische Ethik ertragbar machen, gibt es keinen Konsens. Leicht fällt uns allen die

Nachverurteilung von, aus heutiger Sicht, großen Übeltätern der Geschichte und vor allem der Religionsentfaltung. Die kritische parallele Beurteilung in der Entwicklung, findet meist nicht statt und ist mit Sicherheit an den Bildungsstand gekoppelt. Hier eine klare Schuldzuweisung für den Weg in unsere heutige angespannte Lage konstruieren zu wollen, ist völlig aussichtslos. M.E. kann man nur konstatieren, dass die Entwicklung der Weltlage sich aus moralischer Sicht global grundlegend verschlechtert hat, wobei wohl der ungebremsste Bevölkerungszuwachs der verhängnisvolle Promoter ist, aber auch das Fehlen von Leitkulturen. Eskalierend macht sich zudem eine unfassbar ignorante Tatsachenverfälschung weltweit bemerkbar, auf die ich schon hingewiesen. (z.B. der Wahlkampf in Amerika 2016, der Brexit, die Entwicklung der AFD, Nationalismus, Osmanisierung, Putinisierung usw.). Die sinkende Bereitschaft sich intellektuell zu engagieren, schlägt um in einen Triumph, der regelrecht schamlos zur Schau gestellten geistigen Anspruchslosigkeit des Populismus, der Leugnung von wissenschaftlichen Ergebnissen, der Geschmacklosigkeit vieler Medien, der Tatsachenfälschung durch selbstherrliche Computer-"Spezialisten" (Hacker) usw. Der Begriff "Post-faktische Ära" versucht diese Entwicklung zu kennzeichnen.

Im Islam eskaliert die Überheblichkeit des männlichen Attributs. Er beunruhigt durch eine erschreckend naive Interpretation und gewaltorientierte Instrumentalisierung von Koran-Texten (Medina-Koran) zur Machtübernahme des Besitzes der Ungläubigen. Dogmatismus, den christlichen Kirchen in den letzten Jahrzehnten widerstrebend weitgehend hinter sich lassen mussten, wird hier machiavellistisch, aggressiv und expantorisch eingesetzt.

Relativierend zu dieser begründbaren Religionsablehnung kann man nicht darüber hinwegsehen, dass die stattgefundene Verweltlichung und der Religionsunmut, gerade in den Jahren nach dem 2. Weltkrieg, in Europa zu großen seelischen Konflikten der Amtskirchenabhängigen geführt haben. Denn trotz dieser Emanzipation bohrt die Frage, nach dem Warum und die Angst: was kommt nach dem Tod? Dafür ist eine Flut von kommerzialisierten, gewinnorientierten Verdrängungsmechanismen erstanden. Ständige mediale Berieselung verhindert verunsichernde, aber unerlässliche Selbstbesinnung. Begleiterscheinungen sind Schönheits- und Jugendwahn, permanente Suche nach Ablenkungsvariationen und Fun-Gestaltung und überbordender Bonobismus. Dieser „Ersatz“ von Religion erinnert an den berühmten Ausspruch von Karl Marx: „*Religion, Opium des Volks*“. Nur nicht ins Grübeln kommen! Manchmal gewinnt man den Eindruck, dass eine geradezu psychotische Sucht nach Ablenkung aller Variationen besteht. Selbst die Minuten, die man während eines Spaziergangs zur Selbstbesinnung nutzen könnte, werden mit Kopfhörern und Klangberieselung vergeudet.

Fakt ist allerdings, dass es m.W. keine autarke Menschengruppe, kein Volk, keinen Staat gegeben hat oder gibt, der nicht in irgendeiner Form

einer Religion huldigt oder sich zumindest an deren verkündeten Wertvorstellungen orientiert. Die Gründe hierfür sind elementar: Die Suche nach dem Warum: Sinnsuche!

Letztlich wird die Verleugnung jedweden religiösen Ansatzes, also unserer evolutionären mentalen Entwicklung in den letzten 2 – 3 Million Jahren nicht gerecht.

Ich denke wir "Antireligionisten" können uns ausgleichend zumindest auf das Naturrecht als kleinsten gemeinsamen Nenner zurückziehen: *Wikipedia: Der Begriff Naturrecht oder überpositives Recht ist eine Bezeichnung für universell gültiges Recht, das rechtsphilosophisch, moralphilosophisch oder theologisch begründet wird. Von diesen Vorstellungen abgeleitet dient es dem gesetztenoder positiven Recht als höchstrangige Rechtsquelle zur Legitimierung. Der Rechtspositivismus vertritt die Auffassung, dass verfassungsmäßig zustande gekommenes Recht keine höhere Begründung braucht.*

Die säkularen rechtsphilosophischen Ausprägungen des Naturrechts, die nicht aus religiösen Grundwerten hergeleitet sind, sondern von der Erkennbarkeit durch menschliche Vernunft, werden als Vernunftrecht bezeichnet.

Ein weiterer religionsfreier Rechtsgedanke findet sich bei einem der größten abendländischen Philosophen der Aufklärung: Emmanuel Kant geboren 22. April 1724 in Königsberg, Preußen; gestorben 12. Februar 1804 . Von seinen vier Formulierungen des kategorischen Imperativs spricht mich persönlich die folgende Version besonders an:

Naturgesetzformel „[...] handle so, als ob die Maxime deiner Handlung durch deinen Willen zum allgemeinen Naturgesetze werden sollte.“ (Immanuel Kant: AA IV, 421)

Es ist darüber hinaus nicht zu übersehen, dass es in diesem langen mentalen Entfaltungsprozess zu einer zumindest dualistischen Kausalitätsbeurteilung unserer Wahrnehmungsmechanismen gekommen ist (Kahneman, 2012, S. 100). Auf der einen Seite wird ununterbrochen damit beschäftigt unsere Umwelt in einem, wie die Psychologen sagen, Attributionsprozess, auf der Basis rein physikalischer Gesetzmäßigkeiten zu interpretieren.

Attributionstheorien sind allgemeine Ansätze der Psychologie, die beschreiben, wie Individuen Informationen nutzen, um kausale Erklärungen für Verhaltensweisen von Menschen vorzunehmen. Der Begriff ist

zu unterscheiden von Kausaltheorien; das sind Laienerklärungen für die Ursachen von Gefühlen und Stimmungen

Andererseits wissen wir aber, dass wir für viele Phänomene mit dieser Interpretation nicht vorankommen. Viele lassen dann die Wissenschaft hinter sich und flüchten in esoterische Pseudo-Erklärungen, die mehr gefühlter Natur sind und letztlich zu Glaubensbekenntnissen führen, also zu Attributionen, die intentional begründet sind. Es spricht das Gefühl. Schwarz-Weiß ist "geiler" als Bunt. Auf der naturwissenschaftlich, physikalisch orientierten Ebene wissen wir, wie wir Theorien und Hypothesen anpacken müssen, um uns ihrer Glaubwürdigkeit zu versichern – wir messen. Auf der intentionalen Seite ist das unmöglich - es bleibt nur Überzeugung.

Trotzdem bleibt das grundsätzliche Problem der Verständigung. Wie ich versucht habe, unter dem Kapitel „Beobachten und Messen“ darzulegen, sind unsere Kommunikationsmechanismen von viel Voreingenommenheit Unverständnis, Missverständnissen usw. gekennzeichnet. Schon das Überführen eines in unserem Bewusstsein auf perlenden schönen Gedankens in Sprache und Weitergabe an Partner, führt zumindest bei mir, zu dem Erstaunen, dass die wörtliche Formulierung, den schönen Gedanken oft nicht adäquat ausdrückt. Wir fühlen uns missverstanden, weil wir unvollkommen artikulieren, vielleicht auch weil man oft auf mangelnde Bereitschaft des Zuhörens stößt. Daraus können auf entscheidender Ebene entscheidende Missverständnisse mit Folgen entstehen.

Es spricht nicht viel gegen eine gottgläubige Entfaltung, solange die Menschen dabei glücklich sind und sich nicht missionarisch betätigen. Das war aber noch nie der Fall da früher oder später Strukturen entstehen, die in Hierarchie und Willkür enden. Es ist bezeichnend, dass dies vor allem für die monotheistischen Religionen gilt. Gemeinsam ist ihnen eine grundsätzliche, in ihrer Ein-Gott-Religionsphilosophie angelegte hierarchische Struktur. Der eine Gott impliziert einen Stellvertreter, ein männliches Wesen, das von oben nach unten regiert. Diese Instanzen können nur akzeptieren, wenn sie Menschen lenken bzw. dogmatisch dirigieren können und damit endet der demokratische Gedanke.

Alle religiöse Ambitionen leiten sich aus der Ur-Frage ab: was geschieht, wenn wir sterben? Religionen konstruieren Heilslehren, die eine Zukunftsversprechung im Jenseits beinhalten. Sie "wissen" was danach kommt - ich brauche das sicher nicht näher auszuführen. Sie

stoßen aber immer wieder an die Mauer der Unbeweisbarkeit ihrer Jenseitslehre. Also bleibt nur der Glaube.

Es ist in diesem Kontext höchst interessant, dass es einen relativ frühen monotheistischen Ansatz bei Aristoteles gibt. Er führt in seiner *Metaphysik XII* ab den Kapiteln 6-10 einen Gottesbeweis, dessen zentrales Prinzip das *"ewige, unbewegte Gotteswesen reiner Wirklichkeit"* ist. Für Aristoteles ist Gott kein Schöpfer, sondern rein wissenschaftlich gesehen, aus der Physik ableitbar.

http://www.vaticarsten.de/theologie/philosophie/aristoteles_unbew_beweger.pdf. Ganz offensichtlich hat dieser philosophisch physikalische Ansatz zu keiner Amtskirche geführt und damit den Griechen zumindest deren Schattenseiten erspart.

Wo ist der Unterschied von Wissenschaft und Religion? Es ist ein epistemischer Unterschied: der Wissensvorsprung. *WIKITIONARY: Die epistemische Rechtfertigung liefert die auf wahren Fakten gründenden Argumente dafür, dass man eine Überzeugung auch „Wissen“ nennen darf.*

M.E. hören Religionen zu früh auf zu fragen. Sie tut das bewusst, um das mystische Glaubenskonstrukt unverändert und geheimnisverbrämt zu bewahren. Im Hintergrund steht die Zementierung der kryptisch verfremdeten Machtstruktur. Der Gläubige wird mit zu glaubenden fantastischen Gebilden und Wundern abgespeist. Der Glaube bleibt an der Oberfläche und weicht den Fragen mit bestenfalls klassischen metaphysischen Erwägungen oder gar Doktrinen aus. Meine persönliche Einstellung ist die: Es kann sein, dass es Gott gibt. Wer weiß es? Agnostik.

Es hat sich, zumindest in der westlichen Hemisphäre, einiges verändert. Religion wird heute sehr oft nur gewohnheitsmäßig oder infolge der Konditionierung in jungen Jahren, indoktriniert praktiziert. "Moderne" Manipulationsmechanismen scheinen, zumindest oberflächlich, langsam Religion zum Feiertagsevent degradieren. Die verhängnisvolle Entwicklung des aktuellen, medialen IT-Religionsersatzes ist von hoher Verantwortungslosigkeit gekennzeichnet und kann nur schwer aufgefangen werden, darf aber nicht einfach hingenommen werden. Im Ergebnis ist sie pseudodemokratisch, vorwiegend manipulatorisch und vor allem für Umsatz durch Werbung gewinnmaximierend angelegt ist. Politische angepasste Elite-Correctness, intellektuelle Horizontunterbietung, dümmliches Casting, Modeerscheinungen usw., alles sexualistisch unterlegt und daraus abgeleitete TV-Einschaltquote sind die Kriterien.

Die überkommenen religiösen Lehren dagegen können in ihrer oft durchschaubaren, intoleranten und undemokratischen Präsentation, aber auch in ihrem

hilflosen Verharren in Tradition keinen glaubwürdigen Trost spenden. Sie werden nicht mehr durchgehend akzeptiert, da sie Glaubensdogmen voraussetzen.

M.E. ist in vielen Religionsausprägungen bzw. Heilslehren ein Mechanismus nicht zu übersehen, der beispielhaft in der folgenden hübschen Geschichte zum Ausdruck kommt: unmündiges Beharren auf alten unreflektierten Prinzipien deren Sinnhaftigkeit nicht mehr hinterfragt wird:

Die Katze des Yogis

“Ein Guru hielt mit seinen Jüngern täglich eine Abendmeditation. Als eines Tages die Hauskatze während dieser Zeit in den Meditationsraum lief und störte, ordnete er an, sie solle während dieser Zeit draußen festgebunden werden. So konnte man von da an wieder ungestört meditieren. Aber die Zeit verging. Der Guru starb und bekam einen Nachfolger. Dieser hielt sich streng an die Tradition, dass während der Abendmeditation draußen ‘eine Katze’ angebunden sein müsse. Als schließlich auch die Katze starb, wurde eine neue Katze angeschafft, um sie während der Abendmeditation anbinden zu können. Weil die einfachen Leute den Sinn dieser Maßnahme nicht verstanden, traten Theologen auf den Plan und schrieben ein zweibändiges Werk mit vielen Fußnoten über die Heilsnotwendigkeit einer angebundenen Katze während der Abendmeditation. Mit der Zeit jedoch kam die Abendmeditation selbst ganz außer Gebrauch; niemand mehr interessierte sich dafür. Aber mit größter Treue wurde wenigstens der Ritus des Katzenanbindens beibehalten.”

Francis X. D’sa, Leiter des “Institute für the Study of Religion”, Pune

Zitiert nach Richard David Precht: Die Kunst, kein Egoist zu sein, Goldmann 2010, S. 186, welcher wiederum zitiert nach Peter Knauer: Handlungsnetze. Über das Grundprinzip der Ethik, Books on demand GmbH, 2002, S. 12, online hier: <http://peter-knauer.de/knauer-ethik.pdf>.

Vielleicht noch schlimmer ist, dass grundlegende, einfache Zusammenhänge von vielen Menschen nicht ohne Anleitung verstanden werden. Sie bemühen sich nicht.

Bedenklich ist heute, dass für Christen oder Muslime ein Tabu besteht, wenn man in Diskussionen darauf hinweist, dass für alle Bücher monotheistischer Glaubens eines gilt: Sie sind menschengemacht, Kopfgeburten also. Diese ganz offensichtliche Tatsache wird strikt geleugnet und darauf hingewiesen, dass die

Religionsstifter, ob Moses, Jesus oder Mohamed, begnadete göttliche Sendboten waren, die Gotteswort stellvertretend den Menschen überbracht haben sollen. In diesem Kontext ist die Gleichsetzung dieser Überlieferungen mit der Semantik einer „Stillen Post“ noch wohlwollend. Unverdrossen wurden und werden von deren Epigonen zu glaubende Grundsätze weitergereicht, die sie göttlichen Eingebungen der Religionsstifter - Propheten - zuschreiben. Fraglich ist, ob diese Grundsätze von dazu würdigen Menschen erstellt wurden. Zumindest für Moses und Mohamed ist diese Kompetenz zu bezweifeln. Es drängt sich der Eindruck auf, dass es nur physische Gewalt war, mit der sie ihre Glaubensbotschaft durchsetzten. Dies gilt besonders für Mohamed. Wenn er in Medina seine Kriege und sein Leben verloren hätte, gäbe es den Islam nicht. Denn es waren die nackte Gewalt und die auf diesem Weg gewonnene Anhängerschaft der Kriegsgewinnler, die ihm seinen Weg ebneten. Stellen Sie sich vor, Adolph Hitler hätte alle seine Kriegsziele erreicht. Man hätte ihn zum Religionsstifter irgendeiner völkischen, arischen Pseudoreligion erklärt. Ansätze zu solchem Kult-Verhalten findet man bei kommunistischen Führern wie Stalin oder Mao. Es waren nur die militärischen Niederlagen, die das verhinderten.

"The winner takes it all".

Einen ganz anderen Ansatz zur Religionsstiftung beschreibt Richard Dawkins in sein Buch, "Der Gotteswahn" (Dawkins, 2016, S. 283) unter dem Begriff der "Cargo-Kulte": Neue religiöse Kulte können über Nacht entstehen. So z.B. geschehen nach dem Zweiten Weltkrieg im Pazifischen Raum. Isoliert lebende Inselbewohner wurden kontaktiert von Weißen, deren vergleichsweise weiterentwickelte Technologie die Ureinwohner völlig in deren Bann schlug; sie konnten diese Technologie nur als Zauberei verstehen. Mythen entwickelten sich. Von einigen Inselbevölkerungen werden heute noch regelrechten Messias-Gestalten in Form ehemaliger Weißer Propheten verehrt usw. Das kommt uns allen sehr vertraut vor.

Aber, man muss auch kritisch sehen, dass die in diesem Buch dargestellten kosmischen Zusammenhänge und daraus ableitbare Folgerungen Sinnsuchende nicht glücklich machen können. Deshalb habe ich große Probleme darüber zu referieren. Verträgt jeder diese Aussicht? An was soll man sich nun orientieren? Wo sind vertrauter Anfang und Ende? Wo bleibt der ersehnte Glückszustand im Jenseits, der für die Unbill des irdischen Lebens entschädigt? Und im Diesseits: welche Mechanismen sollen ein willkürarmes Zusammenleben regeln und den allgegenwärtigen Egoismus eingrenzen?

Andererseits bin ich der Meinung, dass mehr oder weniger klar ist: die heile Welt eines christlichen Kommunionunterrichts ist nur ein frommer Wunsch. Insofern gebietet es die Ehrlichkeit sich selbst gegenüber, den Blick nicht länger zu verschließen. Zumindest könnte diese Sicht immun machen gegen neue

Glaubenskonstruktionen. Da nämlich Jahrtausende alte Erfahrungen mit Religionen immer wieder zeigen, dass die „schöne Idee“ als Machtinstrument pervertiert wird, resultiert für mich eine durchgehende Ablehnung solcher Glaubensinstitutionen.

Dass es unseren germanischen Vorfahren um die Zeit der Christianisierung unter Chlodwig (466-511) leicht fiel sich zum Christentum zu bekennen, ist letztlich auf raffiniertes Marketing der Religionsspenden zurückzuführen: Das Christentum versprach allen Gläubigen ein erfülltes Leben nach dem Tod; nicht länger winkte nur den Stammesfürsten und den großen Krieger in ihrem Gefolge dieser beruhigende Lohn, den sie bei Thor in einer Walhall, dem mythologischen Ruheort gefallener Krieger zu finden hofften.

Der Islam hat dieses Prinzip verinnerlicht.

Jedem von uns ist zutiefst bewusst, dass die „schöne Idee“ der meisten Religionen und staatstragenden Gedanken, von hohem moralischem und ethischem Wert sind. Wer wird sich z.B. den Gedanken der Christlichen Nächstenliebe verweigern? Warum aber gelingt es uns nicht diese Botschaft umzusetzen? Nein, ganz im Gegenteil: Im Laufe der Anwendungen pervertieren wir sie geradezu. Erinnern Sie sich nur an die christliche Inquisition. Ich denke, und das gilt m.E. ganz allgemein, ein Grund ist immer wieder die Annektion der "frohen Botschaft" durch eine priesterliche Minderheit sendungsbewusster Missionare, die das Machtpotential erkennt, verwaltet und in Glaubenszwänge und Dogmen umformt, um es in ihrem Sinn zu stabilisieren. Sie haben Angst ihre Privilegien, ihren Status und ihre Dominanz zu verlieren. Es entsteht ein Amtsapparat, streng hierarchisch organisiert, diktatorisch verharrend in der Selbststabilisierung. Wenn es gelänge diese Starrsinns-Mechanismen, der alten Männer z.B. im Islam oder der katholischen Kirche aufzubrechen, diesen Zustand, den man regelrecht mit Informationsdiktatur kennzeichnen kann, zu ersetzen durch eine Informationsdemokratie, wäre m.E. ein Weg in eine glaubwürdigere Diskussion der Zukunftsbewältigung der Menschheit einfacher. In diesem Sinn kann nur der ständige demokratische Wechsel in den Führungsebenen von besonnenen Verantwortungsträgern der Ethik und des Rechts einen Schutz vor Missbrauch ermöglichen. Denn diese selbsternannten Träger altern, werden bequem, unflexibel, störrisch, unbelehrbar und verirren sich in ihren uneingestandenem Zweifeln. Die Biologie bzw. das menschliche Leben machen es uns vor: Generation auf Generation kommt und geht. Jede neue Generation ist das urdemokratische zunächst unbelastete Staffelholz, das Machtmissbrauch eingrenzen kann.

Wer heute, im Jahr 2019, den Stand des demokratischen Prinzips kritisch hinterfragt, muss akzeptieren, dass eine Krise der Demokratie nicht zu übersehen ist.

Jedermann augenfällig sollte dieser Zustand sein, wenn er das letzte Jahrzehnt unter diesem Blickwinkel Revue passieren lässt. Die Entwicklung dieser staats-tragenden Demokratie-Idee in der Türkei, in Russland und in Amerika, ganz abgesehen von China und Afrika, hat eines aufgezeigt:

Zumindest zwei Störfaktoren werden immer offensichtlicher:

1. Die sozialen Netze, die eine pseudodemokratische Situation vortäuschen, in der jeder alles sagen kann, was ihn bewegt. Nur bewegt wird damit nichts, da keine verbindliche Gesetzgebung aus diesen größtenteils unqualifizierten Äußerungen erfolgt. Es werden Vorschlägen, Beschwerden, Wutäußerungen, Hass-Tiraden usw. einer anonymen Community vorgelegt, die sich allenfalls Minderheitenschutz geltend machen könnte. Der Akt, des sich "Auslebens" wird als große demokratische Selbstdarstellung praktiziert und verpufft im Nichts, da er millionenfach völlig unkanalisiert erfolgt. M.E. spielt sich damit ein Vorgang sinnloser Informationsproklamation ab, der allenfalls über stochastische Bewertung eine Verwertbarkeit erreichen könnte.

2. Ein deprimierender Akt der Demokratie-Manipulation feiert in den o.a. Ländern ungeahnte Triumphe. Grund ist m.E., dass eines erkennbar wird:

Demokratie ist eine Sache für Menschen die informationswillig sind. Wenn, wie es in Ländern wie Amerika möglich ist, die vorhandenen Bildungsunterschiede (Informationsbereitschaft) zur Machtergreifung zu nutzen, haben wir aus dem Dritten Reich Hitlers nichts gelernt. Man bezeichnet willkürlich unwillkommene Information als Fake und nutzt die latente Bereitschaft von Menschen, die hart körperlich arbeiten müssen, einfachen Antworten nachzulaufen; meist, weil sie einfache keine Zeit haben sich umfassend zu informieren.

Im alten Griechenland, der Geburtsstätte der Demokratie war das Problem einfach zu lösen. Nur wenige Prozent der Bürger, die Gebildeten, dürften wählen. Das ist heute nicht mehr möglich und als Ergebnis kommen Manipulatoren wie Trump, Erdogan, Putin, Bolsonaro, Orban, Kaczynski usw. an die Schaltstellen und nutzen diese Schwäche gnadenlos für ihre Macht und die ihrer Schattenfiguren aus.

Die beschriebenen metaphysischen Aussichten bieten wie gesagt leider keine beruhigende Antwort. Sie sind nicht geeignet, dem persönlichen Heilsgedanken bzw. der erhofften Vervollkommnung nach dem Tod gerecht zu werden. Sicher werden Sie und ich nicht irgendwann zur Rechten Gottes sitzen; daher gilt: Wir müssen uns von diesen naiven Bildern frei machen. Wir können unser „Heil“ z.B. im Überreligiösen aber außerhalb der Amtskirchen suchen soweit man nicht, aus welchen Gründen auch immer, auf einer wissenschaftlichen Ebene Ruhe findet. Letztlich sollten wir die uns Menschen eigene hilflose Sehnsucht nach

Fassbarkeit und Gegenständlichkeit eines Seins nach dem Tod hinter uns lassen. Sind wir doch erst seit einigen hunderttausend Jahr überhaupt in der Lage darüber nachzudenken und vor allem zu kommunizieren. Unsere von Amtskirchen geprägten, sedierenden, intentionalen Jenseitsvorstellungen sind, im Vergleich zu der wissenschaftlich Version, die Antwort, die m.E. am meisten verunsichert da sie ständig von Hoffen, Stimmungslagen und Gefühlen und vor allem Glauben abhängt.

Ganz grundsätzlich haftet m.E. allen gottgläubigen Religionen ein Denkfehler an. Alle diese Institutionen sprechen von ihrem Gott. Die Juden von einem launischen, rächenden, sehr vermenschlichten Jahve, die Christen vom "lieben Gott" der Nächstenliebe, die Muslime von einem Gott der Stärke usw. Immer wird von einem Allmächtigen gesprochen, der aber in der konkreten Glaubensversion als sehr menschlich und vor allem irdisch erscheint.

Dieser Widerspruch, auf der eine Seite die alles beherrschende Allmacht, auf der anderen Seite der vermenschlichte, irdisch orientierte Lenker, muss zu unbeantwortbaren Fragen führen. "Warum tut Gott mir das an? Warum lässt Gott das Böse zu?" Die Gottfrage ist viel zu elementar, als dass wir sie mit unseren menschlichen Problemen der Heilsfindung belästigen dürfen. Als der Agnostik zugeneigter Interpret kann ich bestenfalls ein göttliches Prinzip vermuten, das uns alle als sehr unwahrscheinliche Möglichkeit enthält.

Es kann daher nicht wirklich verwundern, dass sich Alternativen zu Amtskirchen etablieren, wobei sich z.B. in Sonntagsversammlungen Menschen treffen, um als Ersatz eine Art Gemeinschaftserlebnis zu gestalten. Eine *"Anti-Einsamkeits-Kirche"* mit erstaunlichem Zulauf, vor allem aber Atheisten. (z.B. in der Conway Hall, London, Holborn). Es ist ja nicht von der Hand zu weisen, dass eines der elementarsten Erlebnisse in jedweder Religion das gemeinsame Beten, Singen und Hoffen ist. Ich vermute aber, dass es nur eine Frage der Zeit ist, bis sich eine solche *"Kirche ohne Gott"*, in der sattem beschrieben Weise, ebenso zu einer "gottlosen" Amtskirche entwickelt, wenn die urmenschlichen autoritären und undemokratischen Grundzüge zum Tragen kommen.

Die dargelegten Vorstellungen sind m.E. für viele Menschen nicht neu, aber wahrscheinlich für manchen auch von einer gewissen Brisanz. Ich frage mich daher, wie quer durch alle Religionen, die Amtskirchen und ihre Vertreter mit diesem Jenseits-Problem - der Mutter aller Religionen - und der daraus resultierenden Zerrissenheit, leben. Ist die Überzeugung Ordnung, Autorität und Macht erhalten zu müssen deren Religionsmotor? Ist Glaube für viele religiösen Würdenträger letztlich inhaltslos und wird er zu diesem Zweck wie eine Droge einfach instrumentalisiert? Wie gelingt es denen, die guten Willens sind, die Ergebnisse der Wissenschaft durch den Glauben zu verdrängen? Denken Sie nur an den Kreationismus (s.o.). Andererseits muss man sich darüber im Klaren sein, dass bis

vor etwa 100 Jahren über die ungeheuren Weiten des Universums und seine Gesetze, sehr wenig, bis nichts bekannt war. Erst um 1917 wurde bewiesen, dass es außerhalb unserer Milchstraße noch weitere galaktische Welten gibt. Wissenschaftlicher Fortschritt, wird Religionen immer weiter auf den Prüfstein stellen. Absehbar ist nur, dass beginnend in etwa 1 Milliarde und endend in etwa 6 Milliarden Jahren, das uns selbstverständliche irdische Fassbare nicht mehr gegeben sein wird. Die Erde wird von der aufgeblähten Sonne verschlungen. In etwa 10^{160} Jahren könnte es dann soweit sein, dass der gesamte Kosmos in dünnste energetische Felder verwandelt sein wird. Alles ist dann nur noch hohe Entropie und völlige Nichtordnung: Chaos. Es ist als eine Art Rückkehr anzusehen: Rückkehr zu einem Zustand, der für alles Sein verantwortlich ist. Es könnte das die im Vakuum aufgelöste Energie sein, die uns Heutigen mit den Gestrigen und Zukünftigen, ja sogar dem gesamten Kosmos vereint. Dieser Gedanke macht es nahelegend, in diesen nackten, physikalischen Begriff der Energie, viel oder alles hineinzu projizieren, was unsere Seins-Fragen ausmacht.

Manche nennen es, damit sie Ruhe, finden: Gott. Oder gibt es noch etwas hinter der Energie? Das "Nichts"? Gott sollte mehr sein als eine unendliche Regression, wie sie in den fünf A-posteriorie Gottesbeweisen des Thomas von Aquin erörtert werden.

Aber was ist Energie eigentlich? Diese Frage stelle ich mir noch immer nach all den ca. 340 000 Wörtern, die ich in diesem Buch diesem Thema gewidmet habe.

Ich wiederhole das Eingangszitat von Richard Feynman, soll gesagt habe: *„Es ist wichtig, einzusehen, dass wir in der heutigen Physik nicht wissen, was Energie ist. Wir haben kein Bild davon, dass Energie in kleinen Klumpen definierter Größe vorkommt.“* Er wird mit den „kleinen Klumpen“ Quanten gemeint haben. Die eingangs erwähnte Bemerkung von Werner Heidenberg:

„Die Energie ist tatsächlich der Stoff, aus dem alle Elementarteilchen, alle Atome und daher überhaupt alle Dinge gemacht sind, und gleichzeitig ist die Energie auch das Bewegende“,

ist letztlich auch nicht dazu angetan, Grundsätzliches, über diese beschreibende Definition hinaus, zu erkennen.

Wie wir gesehen haben, kann man die Entstehung von Materie aus der Transformation von Energie im Urknall hypothetisch beschreiben. In dieser Geburt ist alles enthalten, was uns ausmacht: Die Physikalische, Chemische und die Biologische Evolution, der Schritt ins Leben, die Entstehung von Bewusstsein, alle uns umgebenden stofflichen Phänomene, die Kreation von Glaube und Hoffnung, und die Frage nach dem Warum.

So stellt sich die uns erfassbare Welt, abstrahiert, letztlich als ein dualistisches Bild der Energie dar:

Auf der einen Seite, die in Materie transformierte Energie, die sich in Form von hochstrukturierten, komplexen Teilchen, Atomen, Molekülen der Biologie und Menschen usw. zeigt, deren gemeinsames Element die Möglichkeit der ständigen zunehmenden Komplexität ist: Auf mikroskopischer Ebene ist das ein zeitlich undifferenziertes, auf makroskopischer Ebene, gemäß dem Zeitpfeil, ein eindeutig festgelegtes, gerichtetes Potential.

Auf der anderen Seite die Felder reiner Energie, was immer das auch ist. Wir lachenden und weinenden Materiewesen, der Mensch als Oxymoron, sind von materiellen-elektromagnetischen und gravitativen Feldern beherrscht, getrennt durch den Proportionalitätsfaktor $1/c^2$.

Ist Energie die letzte Erklärung für alles?

Man kann diese Überlegungen wie gesagt auch auf die Quantenfluktuation des Vakuums, des "Nichts" (s.o.), zurückführen. So kann Energie virtuell aus dem "Nichts" entstehen. Dieses Potential, das schon immer gegeben war und immer erhalten bleiben wird, ist m.E. ein Zustand über der höchsten Symmetrie und Wahrscheinlichkeit. Virtuelle Teilchen entstehen ständig im "Nichts" als Resultat von Symmetriepotentialen, aber sie vergehen sofort. Seltene Symmetriebrüche können sie in unsere Welt der Realität katapultieren. M.E. ist das aus dem Blickwinkel der Entropie gesehen, ein Schwingen zwischen höchster Abstraktion, einem Maximum, und Minima der realen Möglichkeit von struktureller Gestalt. Real geschah die Transformation dieser Vakuumenergie in Materie, durch Symmetriebrüche – Verletzung eines perfekten Zustands, der letztlich aufgrund der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation zeitlich unhaltbar war. Was aber ist das "Nichts". Ist im "Nichts", der Mutter der Energie, Gott zu finden? Ich glaube nicht, dass die Suche damit zu Ende ist. Bisher ist hinter jeder von menschlichem Denken geöffneten Türe eine neue, geschlossene Türe aufgetaucht. Denn es bleibt die Frage: Was ist Gott?

Für mich wird aber immer unübersehbarer, dass mystische Vorstellungen von einem Verknüpft sein von allem mit allem nicht einfach beiseitezuschieben sind. Ich meine in diesem Zusammenhang nicht etwa die Weltinterpretationen der überall wuchernden esoterischen Zirkel. Es sind vielmehr die durch rein deterministische Interpretationen unseres Seins nur unzureichend erklärbaren Phänomene; vor allem die Erkenntnis, dass es keine absolute Erfassbarkeit dieser Phänomene geben kann. Je genauer wir einen Effekt erfassen wollen, umso mehr Messgenauigkeit ist notwendig. Letztendlich kommen wir im Kleinen - siehe Quantentheorie - und im Großen - siehe Kosmos - in Bereiche, die nie absolut messbar sind. In unserem Planetensystem kann das z.B. die unvorhersehbare Störung durch einen uralten Komet sein, der, uns unbekannt und in

Berechnungen bisher unberücksichtigt war, auf einen Planeten oder einen seiner Monde trifft und damit das System grundlegend verändert. Wir können das umfassend für alle beteiligten Mehrkörper niemals erfassen. Das Vielkörpersystem, eines von kosmisch gesehen Billionen, entzieht sich durch unvorhersehbare Aktionen jeder endgültigen Messung und trifft in eine neue unbekannt, unbestimmte Zukunft. Wir leben also in einem chaotischen Umfeld, in dem alles mit allem verknüpft ist.

Die alles verbindende Größe in unserem Dasein, im Kleinen wie im Großen, wird von der Omnipotenz der Energie getragen. Es sind die vier Urkräfte (s.u.), die dieses unfassbar groß erscheinende Pantheon im Innersten zusammenhalten. Besonders augenfällig ist dies in der Gravitation, die bis in den fernsten Winkel des Universums, aber auch im Quantenmechanischen Bereich wirkt.

Lassen sich mich zu guter Letzt noch Information und Wahrscheinlichkeit als Entropie-Kriterium einbeziehen. Wir haben gesehen, dass Nichtordnung, also hohe Entropie, geringer Information, hoher Wahrscheinlichkeit und hoher Symmetrie entspricht. Letztlich finden wir diese Situation in der Singularität des Urknalls. Es gibt dafür nur eine Information, die Temperatur. Sie entspricht m.E. dem Zustand hoher Wahrscheinlichkeit, der Leere und höchster Symmetrie. Das gleiche gilt für das tote Weltall, in 10^{160} Jahren, nachdem der letzte Masse in Energie zurückgefallen ist: nur eine Information, die Temperatur und wieder hohe Wahrscheinlichkeit und Symmetrie. Siehe auch <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-wird-unser-kosmos-enden/>. Gemäß dort angedeuteter Theorien könnte eine Ende erst in 10^{32000} Jahren stattfinden, wenn z.B. Kernbausteine (Protonen) zerfallen sind.

Möglich ist ein Zustand ohne jegliche Information, den wir nur denken können und damit höchster Wahrscheinlichkeit, der das ominöse "Alles" und damit auch das "Nichts" umfasst. Ist dieser Zustand des "Alles" mit Gott gleichzusetzen, von dem wir keine Information außer eigene Konstrukte haben?

Aber sicher haben Sie gemerkt: Auch all meine halbwissenschaftlichen Argumente sind wiederum Konstrukte auf der Basis unvollständigen Wissens. Warum sich also die persönliche Hoffnung kaputt machen lassen, die bekanntlich zuletzt untergeht.

Mancher mag sich eine ganz persönliche Lösung zurechtlegen: Letztlich ist uns allen klar, dass jedes Wesen mit Bewusstsein sein Umfeld ganz individuell erlebt "Meine Welt ist nicht Deine Welt". Insofern gibt es rezent etwa 8 Milliarden Vorstellungen von dieser Welt, die alle z.B. im Bereich der Informationsaufnahme und -verarbeitung, mehr oder weniger voneinander abweichen. Wenn Ihnen also Meinungen, Glaubenslehren, Dogmen usw. vorgesetzt werden, sind sie Ausfluss anderer Verständnis-Welten, also deren Eigenkonstrukte der Wahrheit, die

Sie zumindest kritisch mit Ihrer Welt vergleichen sollten, um nicht zu sagen vergleichen müssen.

Lassen Sie sich nie entmündigen!

Nachwort

Kommen wir noch einmal zurück auf die Ausführungen zum Thema Selbstorganisation und den Gedanken der Entelechie bzw. des gerichtet seins unserer terrestrischen Präsenz. Diesen Eindruck kann man tatsächlich ernsthaft diskutieren, wenn man die z.B. vermeintliche Zielstrebigkeit der Evolution hin zum Menschen betrachtet. In diesem Sinn gibt es eine Reihe von Phänomenen, die Sheldrake in seinem Buch "Der Wissenschaftswahn" (Sheldrake, 2012) , wohl eine misslungene Antwort auf Dawkins Buch "Der Gotteswahn" (Dawkins, 2016) beschreibt. Was aber sollen seine morphischen Felder und Resonanzen, die er zur Erklärung anführt. Da sie immateriell und damit nicht messbar sind, spricht er über Konstrukte, die nur Esoteriker zufrieden stellen. Letztlich muss man sich ja zumindest fragen, woher diese Felder kommen sollen bzw. wer oder was diese Allmachtsbefähigung bewirkt. Vielleicht ist diese Frage aber für den Meister des Morphischen schon zu mechanistisch geprägt und damit unerlaubt.

Das setzt Glaube an das berühmte "höhere Wesen" voraus. Somit wird diese Philosophie zum Religionsersatz. Allmacht ist aber ein Status, der keinen Anfang und kein Ende kennt und damit auch keine Gegenwart. War sie schon immer da? Wenn ja, ist Zeit unerheblich. Oder ist die Allmacht entstanden? Dann gab es einen Anfang bzw. sie war plötzlich da. Dann sollte es aber auch ein Ende geben. Dann ist es aber keine Allmacht usw., usw., usw.

Was ist dann mit unserer Gegenwart? Stehen wir dann außerhalb dieser Allmacht als eine Art Zeitvertreib, den es aber nicht geben kann, da Allmacht keine Zeit kennt.

Oder hat dieses Wesen im deistischen Sinn irgendwann beschlossen die Evolution anzustoßen und verfolgt nun interessiert, was es da initiiert hat? Wer aber hat dieses Wesen geschaffen? Ein darüberstehender, früherer Gott usw., usw., usw. Wieder landen wir in der unendlichen Regression.

Nun die Religionswissenschaften kennen diese fruchtlosen Betrachtungen und sind weitgehend zur Überzeugung gelangt, dass in diesem Zusammenhang nicht rationale Sophistik, sondern nur Glaube die Antwort sein kann.

Die alte, bekannte Frage: "Kann Gott einen Stein erschaffen, der so schwer ist, dass er ihn nicht heben kann?" mag das Dilemma beleuchten: Der unlösbare Widerspruch der Frage löst sich auf, wenn man zwischen Wissenschaft und Glaube unterscheidet. Man kann dem Glauben an Gott nicht mit wissenschaftlichen Spitzfindigkeiten aushebeln.

Für meine Person erkläre ich mir die Lösung dieses Entelechie-Problems eigentlich ganz banal:

Wir sehen uns Menschen im Rahmen der Evolution viel zu dominant. Wir sind nicht das Ziel dieser Gerichtetheit, bzw. es gibt uns als Ziel gar nicht. Wir sind nur ein Teil.

Wie an anderer Stelle schon gesagt, kann man die Evolution als blindes Wirken (Siehe Abschnitt 2.1.4: Leben aus der Sicht der Chaostheorie) auffassen; nichts als die erfolgreiche Fortpflanzung von DNA-tragenden Systemen; das ist alles, was Fitness bedeutet.

Höhere Fitness = höhere Vermehrungsrate der DNA in einer Population

Erschreckend banal!

Wenn wir dieses Prinzip auf uns Menschen anwenden, muss man sich fragen, ob wir im Artenzirkus wirklich mithalten können. Befinden wir uns in den vergangenen, vernachlässigbar wenigen, 5 Millionen Jahren nur ganz zufällig und unspektakulär auf einem momentanen, wackeligen Fitness-Gipfel? Es gibt zahllose Arten auf dieser Welt, deren Reproduktionsrate weitaus größer ist. Da hilft auch alles anthropische Ausgrenzen anderer Arten nicht weiter.

Ist daher diese Suche nach dem Urgrund der Zweckbestimmtheit und dem Gerichtet sein der Emergenz des Menschentums nicht einfach sinnlos, da wir nichts Außergewöhnliches sind? Obwohl wir in der Lage sind, über uns und die Welt zu reflektieren, könnten wir nur eine vorübergehend erfolgreich - fit (?) - erscheinende Variation, einer sich selbst organisierenden Möglichkeit der Entropie-Erniedrigung - Leben - sein, die dazu angelegt ist zu emergieren und ständig angepasst zu werden. Niemand wird bestreiten, dass wir Menschen uns in einer vermehrungsbedingt äußerst kritischen Situation befinden, die auf eine Katastrophe zusteuert. Ob es dann, wie Zukunftsforscher voraussagen, in 100 Jahren zu einem Revirement bzw. zu einer Reduktion auf eine bis zwei Milliarden Menschen kommt, oder ob andere Arten den Fitness-Gipfel erklimmen und wir von der Erdoberfläche verschwinden, ist offen. Wir sind eine zufällige Möglichkeit und nicht mehr.

Unser Artenuntergang wäre übrigens nichts Neues auf unserem Planeten. Nahezu jedem ist das angeblich schlagartige Aussterben der Dinosaurier, ausgelöst durch einen Meteoriteneinschlag vor ca. 60 Millionen Jahren, geläufig. Es sieht aber so aus, als habe dieses Aussterben schon 50 Millionen Jahre früher, aus ganz anderen, nämlich evolutionsbedingten Gründen, begonnen: *Die mangelnde Fähigkeit ausgestorbene Arten durch neue zu ersetzen, habe die Tiere anfällig*

gemacht. Warum? Britische Wissenschaftler stellen in den "Proceedings" (PNAS) die Vermutung an, dass es durch den Anstieg des Meeresspiegels zu vermehrter geographischer Isolation von Populationen kam, die mit vermehrter Artenbildung reagierten. Wurde durch die spätere Senkung des Meeresspiegels die Isolation teilweise aufgelöst, hat sich möglicherweise die Artenbildung verlangsamt. (Main Echo 15.06. "Wissen")

Man könnte nun versuchen dieses vermutete Prinzip auf die rezente Menschheit auszudehnen: Während vor der Entwicklung der Verkehrsmittel wie Schifffahrt oder Flugverkehr die Menschen der einzelnen Kontinente weitgehend isoliert lebten, hat sich das durch die rasante Globalisierung grundlegend verändert. Es könnte sich das als Fehlentwicklung erweisen und der Abbau der menschlichen Differenziertheit, unserer Art, zu einem Verlust von Zukunftsfähigkeit führen, da unsere wachsende Gleichschaltung zu weniger Antworten infolge weniger Fitness-Gipfeln führt.

Dazu kommt, dass jeder von uns Menschen dieses Prinzip der Evolution permanent für sich, mehr oder weniger bewusst, zu verwirklichen sucht. Wir sind ständig auf der Suche nach Alleinstellungsmerkmalen, die uns aus der Masse unserer Population hervorheben und damit indirekt unsere Fitness manifestieren. Unser Egoismus ist unablässig damit beschäftigt, um den erworbenen Fitness-Gipfel zu streiten, wenn nicht gar zu kämpfen. Egoismus ist ein selbstorganisatorisches Prinzip, resultierend aus dem dauernden Wirken der Evolution. Unaufhörlich suchen wir nach Anerkennung und Erfolg. Bin ich schön? Bin ich erfolgreich? Warum hat der andere mehr Geld, ein größeres Haus, einen attraktiveren Partner, mehr Einfluss usw. Hier ist der Motor, der uns unabwendbar in immer schwierigere Situationen befördert, vor allem bei ständig wachsender Zahl der Mitbewerber.

Die Frage, was dieses sich selbst organisierende Potential ist, bleibt offen. Letztlich muss ich hier wieder die Zuflucht zu dem allumfassenden Phänomen Energie nehmen. Alle Arten sind genetische, DNA bestimmte Phänotypen, die aus Materie bestehen. Materie ist, wie ausführlich dargestellt wurde, "kondensierte" Energie, und energetische Felder sind es, die Mutationen veranlassen und als Energielieferanten Leben erst ermöglichen. Es ist also das nicht fassbare Potential Energie, das hinter allem steht.

Und was steht hinter Energie? Nun, wie gesagt bleibt für jeden etwas, was er für sich und sein Seelenheil akzeptieren will.

Messbare wissenschaftliche Aussagen, die sie auf ihre Validität überprüfen können, sind weniger kritisch einzustufen. Das setzt allerdings mentale Zugangsbereitschaft voraus, die Sie aus Ihrer Welt lernend, mühsam Erkenntnis suchend, schöpfen müssen. Es gibt also keinen Grund, hechelnd all diesen Konstrukten

hinterherzulaufen. Letztlich kann man sich auf den extremen Standpunkt stellen: "Es gibt nur mich; ich träume das alles". Die Philosophie hat sich dieser Hypothese in der Person von René Descartes bereits im 17. Jahrhundert gestellt. Er forderte von den Menschen nicht länger das zu glauben, was andere als die "Wahrheit" lehrten. Descartes ist heute im Rahmen der Erkenntnistheorie wieder als Vorreiter der Kognitionswissenschaft aktuell. Leider funktioniert diese "Traum-Philosophie" nur begrenzt: sobald der Schmerz beginnt, wird der Traum zum Albtraum und der außerkörperliche Einfluss der Materie auf den Geist ist kaum noch zu verdrängen.

Suchen wir weiter und geben die Hoffnung für unser Ich nicht auf.

Wichtig ist für uns Anthropozentriker auch die Beantwortung von Fragen, wie z.B.:

Ist das Weltall groß?
 Ist der Himalaya hoch?
 Ist die Meiose komplex?
 Sind 20 Billionen Zellen für einen Menschen viel?
 Ist die Entstehung des menschlichen Bewusstseins von Bedeutung?
 Was ist groß oder klein oder viel oder wenig usw.?
 Sind wir Menschen wichtig?
 Sind wir Menschen schön?
 Usw.

Wichtig deshalb, weil wir uns und unsere Kriterien viel zu eng sehen.

Allerdings muss ich bekennen, dass in den letzten Monaten mein wissenschaftsgeprägtes Weltbild etwas angeknackst wurde. George Dysons Buch "Turings Kathedrale" hat zu mich zu beunruhigendem Nachdenken gezwungen. Wenn man erkennen muss, dass die Treiber der wissenschaftlichen Fortschritte seit 1938 immer deutlicher militärische Ideen waren, lange geheim gemanagt bis das zerstörerische Potential offenbar wurde, muss man anfangen kritischer über Wissenschaft zu urteilen. Ich weiß zwar keine verbindliche Antwort, bin mir aber sicher, dass wir in eine Sackgasse stolpern.

4. Mein Weltbild nach 10 Jahren Arbeit an diesem Buch

Ich habe in den ca. 10 Jahren, die ich an diesem Buch arbeite, einiges zusammengetragen, das mir im Rahmen einer durchgängigen Energiebetrachtung wichtig erschien. Ab und zu ist lediglich manches kurze Wort zu politischen und gesellschaftlichen Aspekten eingeflossen.

Abschließende Wort zu dem Begriff Energie

Nullpunktsenergie und Baruch de Spinoza

Unter Nullpunktsenergie versteht man in der Quantenphysik den „energetischen Inhalt“ des Quantenvakuums. Es ist der Zustand niedrigster Energie (aber immer größer null!) und eine grundlegende Eigenschaft des Weltalls im Kleinen, wie im Großen.

Das Quantenvakuum kann durch Quantenfluktuationen, **scheinbar aus dem Nichts Teilchen und deren Antiteilchen erzeugen. Das ist eine elementare Eigenheit von Energie.**

Baruch de Spinoza, geboren am 24. November 1632 in Amsterdam; gestorben am 21. Februar 1677 in Den Haag war ein niederländischer Philosoph.

Er wird dem Rationalismus zugeordnet und gilt als einer der Begründer der modernen Bibel- und Religionskritik.

Statement:

Am Anfang war das Vakuum und seine innewohnende Vakuumenergie, gleichbedeutend mit Nullpunktsenergie. Nullpunktsenergie kann mit dem von Baruch de Spinoza definierten Begriff „Substanz, identisch mit Gott“ in Verbindung gebracht werden.

Begründung:

Was ist das Wesen des Vakuums? Ist es die absolute Leere, das "Nichts"? Nein, bereits Aristoteles hat verworfen, dass es "abgesondert Leeres", geben kann.

Ich neige dazu dem „Nichts“ Vakuumenergie bzw. Nullpunktsenergie zuzuordnen.

Das Vakuum, die Physik beschreibt es als Quantenvakuum, ist hinsichtlich Größe und Zeit nicht erfassbar, aber infolge der innewohnenden Nullpunktsenergie nicht völlig leer. Vielmehr stellt es, im Gegensatz dazu, ein nahezu unendlich großes Energiepotential dar.

Der Urknall ist für die Physik das Sichtbarwerden von Energie. Es muss eine Vakuumenergie-Welt vor dem Urknall gegeben haben. Der Urknall könnte seine energetische Quelle in einer besonderen Eigenschaft des Quantenvakuums haben, einer Quantenfluktuation, die Nullpunktsenergie in die kosmische Inflation und damit in unser Sein transportierte. Danach kam es zu einer Energietranslation in ein reales, materialisiertes Universum. Zeit, Masse und Raum entstanden.

Wir können diese Entwicklung als steil abwärts verlaufende Energietreppe auffassen. Nullpunktsenergie, Urknall, Inflation, Materialisierung und Leben, müssen durchgehend und latent alles heutige "Sein" beinhaltet haben. Alles lag als Möglichkeit sozusagen im „Schoß“ der Energie des Vakuums und wurde über diese Treppe in Leben gebrochen. In diesem Verlauf ist die Energie aus den ungeheuren Höhen der Nullpunktsenergie über den Urknall, die kosmische, die physikalische und die biologische Evolution bis zu den winzigen Energienischen des Lebens herabgestiegen. Rückwärts betrachtet können wir in dieser Leiter das *alles Bewegende*, wie Heisenberg es einmal formulierte, erkennen. Es ist die Energie, die sich ursächlich in der Form der Nullpunktsenergie manifestiert, die wir aber nicht erklären können.

Es wird auch ein Welt Ende geben: Dieses Ende wird beginnen, nachdem in einer - fast - Unendlichkeit die Rücktransformation von Materie in Energie abgeschlossen ist. Dann müsste sich das Sein und die Vierdimensionalität der Raum-Zeit in ein immer dünner werdendes Energiefeld auflösen. Übrig bleiben könnte wiederum die Nullpunktsenergie - ein Nullsummenspiel. Ob es aber überhaupt ein Ende gibt, ist aber heute noch nicht final zu beantworten.

1. Resümee: Mit diesem Argumenten können wir einen Weg zurück zu einem Startpunkt konstruieren, der aber an diesem Punkt, der Nullpunktsenergie, abrupt endet. Sobald wir fragen, was Vakuumenergie bzw. Energie ist, wissen wir nicht weiter. Ist hier das Ende der Naturwissenschaft erreicht?

Ist Energie ein nicht rational erklärbares Phänomen? Ist sie das absolute *Bewegende*, das es schon immer gab, in sich als Summe nicht veränderbar und dem absehbar auch kein Ende vorherbestimmt ist? Kann es etwas geben, das schon immer da war und sein wird, in sich selbst ruhend, bereit zu beliebigen, reversiblen Ausflügen oder Transformationen z.B. in Materie und zurück?

M.E führen diese Gedankengänge zu Ergebnissen, die schon, wenn auch auf rein religiöser Ebene erwogen wurden. Baruch de Spinoza hat im 17. Jhdt. Gottesvorstellungen entwickelt, die von einem unendlichen, absoluten Wesen ausgehen, welches er, – mir semantisch unzugänglich –, als Substanz bezeichnete (Eth.I, Def. 6).

Substanz ist für ihn etwas, dessen Existenz notwendig in sich eingeschlossen ist, das keine Ursache, außer sich hat, sondern Ursache seiner selbst ist (*causa sui*), nicht durch anderes, sondern nur durch sich selbst ist, dessen Begriff nicht den Begriff eines anderen Dings voraussetzen muss (Eth.I, Def. 1 und 3).

Da die Substanz durch sich selbst ist und keine Ursache außer sich selbst hat, die sie begrenzen könnte, ist sie nach dem Spinoza - auf den Raum bezogen – unendlich und auf die Zeit bezogen ewig. Die Substanz nennt er Gott.

2. Resümee: Ich denke, man kann diese Interpretation nicht einfach beiseite wischen, wenn man sich mit der Frage: „was ist Energie?“ beschäftigt. Sicherlich wird dem einen oder anderen manche Kritik in den Sinn kommen. Da ist z.B.

anzuführen, dass der Kosmos heute als abgeschlossenes System betrachtet wird, allerdings abhängig davon, ob er, als sich immer schneller ausdehnendes Gebilde auffassen lässt. Endlich oder unendlich? Welche Geometrie liegt zugrunde? Sattel, Kugel, Ebene? Was ist zur Entropie zu sagen?

Aber: Ist der beschriebene Pfad zum Sein die wirklich belastbare Kosmos-Historie?

Dessen ungeachtet kann man sich aber dem Gedanken einer ganz besonderen Situation, die Frage nach dem Wesen der Energie betreffend, nicht entziehen. Es gibt einfach eine ganze Reihe Parallelen zu Spinozas Definition von Substanz.

Agnostik?

5. Ergänzungen

Die folgenden Themenkreise sollen eine etwas erweiterte Sicht bieten:

Ergänzung 1: Singularität

Wie bereits ausgeführt, ist der Urknall zunächst eine formale, rückgerechnete mathematische Zeitbetrachtung aus der Hubbleschen Beobachtung der Expansion des Weltalls von 1929.

Einige Jahre zuvor hatte Albert Einstein 1905 mit seiner Speziellen Relativitätstheorie (SRT) völlig neue Aspekte über Raum, Zeit und Bewegung erarbeitet, die er 1915 mit der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) auf die Gravitation, also die Anziehung von materiellen Körpern (Es gibt keinen Unterschied zwischen träger und schwerer Masse), ausweitete. Alle Ergebnisse der Betrachtungen Einsteins fußen auf der Feststellung:

„Die Lichtgeschwindigkeit ist konstant und es gibt keine Geschwindigkeit, die größer ist“.

Raum und Zeit sind nicht unabhängig voneinander, sondern in einem Raum-Zeit-Kontinuum verbunden. Ihr Vorhandensein ist untrennbar mit der Emergenz von Materie verknüpft. Zeit und Raum sind über den physikalischen Begriff Geschwindigkeit, Weg pro Zeit, miteinander verknüpft. Änderungen der Geschwindigkeit überführen sozusagen zeitliche in räumliche Abstände und umgekehrt. Merkwürdig wirksam wird das bei Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit: Transformation von Zeit im Raum zeigt sich, da Zeit mit zunehmender Geschwindigkeit immer langsamer vergeht und Abstände abnehmen. Umso schneller sich Objekte relativ zu einem Beobachter bewegen, umso kürzer wird das Objekt in der Bewegungsrichtung für ihn. Für einen Körper, der sich bewegt und dabei Licht aussendet, wird ein Außenbeobachter summarisch für die Geschwindigkeit der Bewegung des Körpers und des ausgesendeten Lichts wiederum nur Lichtgeschwindigkeit registrieren. Er beobachtet nicht die Summe von Lichtgeschwindigkeit vermehrt um die Geschwindigkeit des Körpers. Dieser Zusammenhang ist letztlich die Verständnisbarriere, die die SRT umgibt.

Die Raum-Zeit kann gekrümmt und auch verdreht werden, verantwortlich dafür ist die Anwesenheit von Masse. Sie lässt sich als elastisch interpretieren, je nachdem welche Geometrie vorausgesetzt wird. Die Theoretiker versuchen uns diese Zusammenhänge vereinfacht darzustellen, indem sie das vierdimensionale Koordinatensystem des Raum-Zeit-Kontinuums (3 Raum- und 1 Zeitkoordinate) mit der zweidimensionalen Oberfläche eines aufgeblasenen Ballons und einer Zeitkoordinate vergleichen (Die Vorstellung gilt nur für die Ballonoberfläche, nicht

für den von der Ballonhaut umhüllte Raum, oder den Raum um den Ballon). In dieser Vereinfachung wird der dreidimensionale Raum durch die zweidimensionale Ballonoberfläche repräsentiert. Die dritte Dimension in dieser Projektion ist die Zeit. Zumindest eines wird in diesem Modell-Universum klar: Auf der Ballonoberfläche aufgemalte Punkte, synonym für die Galaxien im Weltraum, entfernen sich voneinander, wenn der Ballon weiter aufgeblasen wird, und zwar jeder Punkt von jedem andere. Vielleicht ist ein aufgehender Hefeteig ein noch transparenterer Vergleich: in der gesamten, dreidimensionalen Masse des Teigs entfernen sich alle Teilchen z.B. Rosinen voneinander. Das Aufblasen des Ballons versteht sich als eine Funktion der Zeit, entspricht also als der Zeitkomponente. Punkte auf dem Ballon, gedachte Galaxien im Weltraum, entfernen sich gesetzmäßig in dem Maß voneinander, wie sich die zweidimensionale Ballonhaut bzw. der dreidimensionale Raum ausdehnen. In dieser Modellvorstellung kommt aber auch zum Ausdruck, dass der symbolisierte Raum, also die Ballonhaut, nicht unendlich groß sein muss.

Wenn wir uns nun vorstellen, dass aus diesem Ballon die Luft herausgelassen wird, rücken die aufgemalten Punkte unaufhaltsam immer näher zueinander. Dieser Ansatz gilt aber auch für ein schrumpfendes Raum-Zeit-Kontinuum. Wenn wir diesen Gedankengang immer weiterführen, also die Hubblesche Galaxienflucht gedanklich rückwärts laufen lassen, kommen wir zu einem Zustand, in dem der Ballon bzw. das Raum-Zeit-Kontinuum formal in einen Punkt übergehen. Ich habe versucht, diese nicht darstellbare Vierdimensionalität mit folgender Vereinfachung auf ein weiteres, angenommen dreidimensionales System deutlich zu machen. Denken Sie sich einen Bewohner einer zweidimensionalen Welt, er sei „Amöbix“ genannt. Er lebt in der u.a. Ebene.

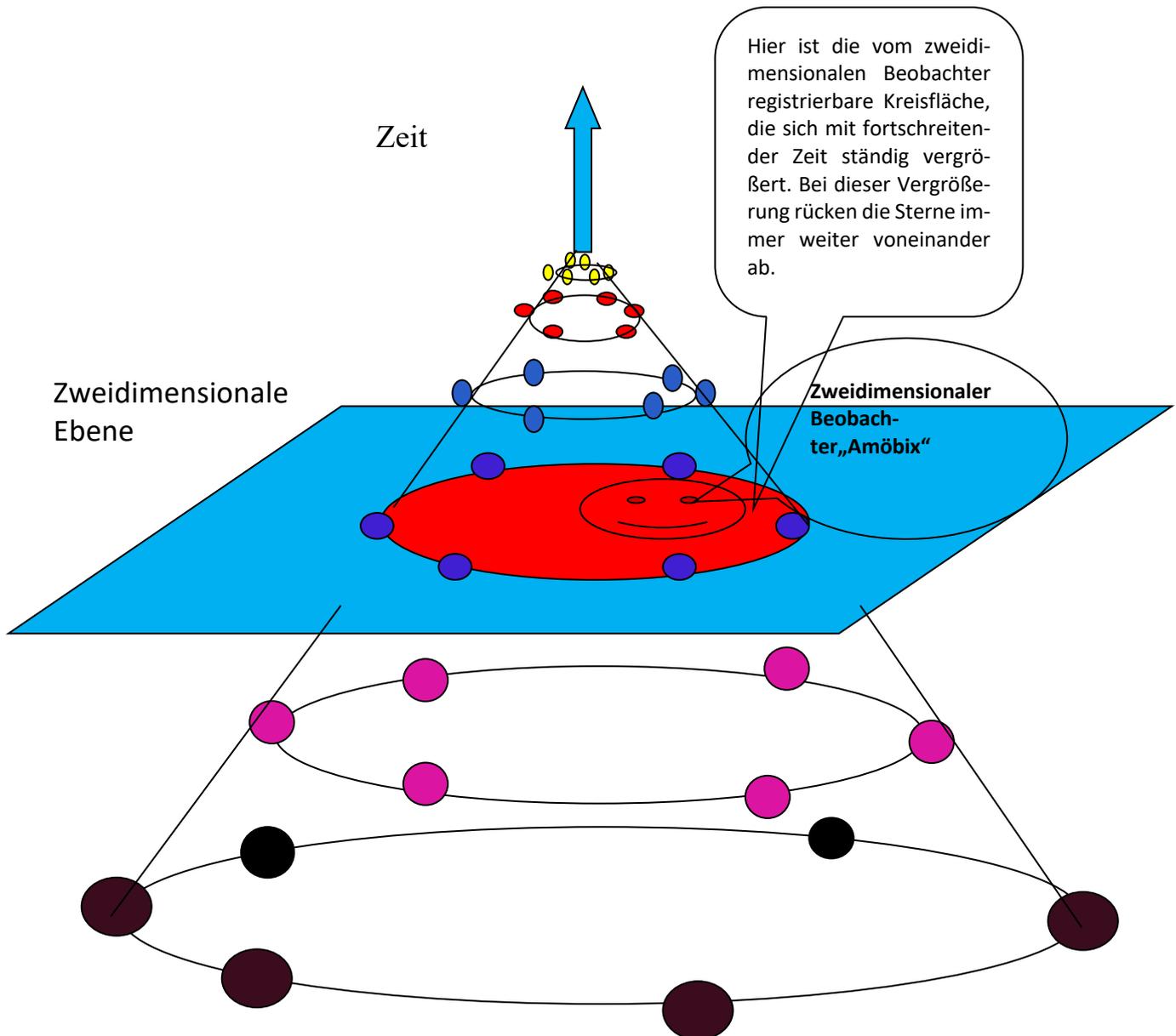


Abbildung 71: Amöbix entdeckt die 3. Dimension

(Anmerkung: Ich habe die Galaxien mit zunehmender Zeit für Amöbix größer werden lassen. Dies entspricht dem Volumenzuwachs der Galaxien im Raum-Zeit-Kontinuum. Im Gegensatz dazu ist festzuhalten, dass ein vergleichbarer Volumenzuwachs in atomaren Gebilden, Molekülen und Materieanhäufung nicht gefunden wird).

Dieser Zusammenhang und die Alternative – gleichbleibende, inflationäre und kontrahierende Entwicklung - werden im Text, Teil 3, (Siehe auch Abbildung 70) angesprochen.

Nehmen wir an, dass in die zweidimensionale Welt, ein für Amöbix zunächst unerklärliches Objekt, in Richtung des blauen Pfeils eindringt. Dieses fremde Objekt

der Abbildung 71, mit einer Kegelstruktur, versinnbildlicht drei Raum- und eine Zeitdimension.

Amöbix hat keine Möglichkeit in die dritte Dimension zu blicken. Er wird aber bemerken, dass sich der Kreis in seiner zweidimensionalen Welt ständig ändert. Findet die Bewegung des Kegels von unten nach oben statt, wodurch die zunehmende Zeit repräsentiert wird, muss Amöbix mit fortschreitender Zeit eine ständige Zunahme des Kreisdurchmessers registrieren. Gleichzeitig wird er feststellen, dass alle Sterne in seiner Kreis-Welt, immer weiter voneinander abrücken. Ich halte es für möglich, dass Amöbix, nach längerem Beobachten, zu dem Schluss gelangt, dass es eine dritte Dimension gibt, die er zwar nicht sehen, aber berechnen kann. Zusätzlich wird er zu der Erkenntnis kommen, dass ein Kreis, der immer größer wird, auch einmal klein gewesen sein muss; so klein, dass er formal einem Punkt, der Singularität entspricht.

Die o.a. Welt von Amöbix repräsentiert eine ebene Geometrie. Man kann sich diese Amöbix-Welt und den Eindringling auch auf der Oberfläche einer Kugel, oder in der Innenfläche einer Kugel, oder auf einer Hyperbel oder eine Sattelfläche vorstellen. Interessant wird diese Betrachtung, je weiter man von der Ebene, hin zu immer stärkerer Krümmung, also immer kleineren Kugeln geht. Diese Krümmung kann einen gedachten Radius, der der Planck'schen Länge ($1,616199 \cdot 10^{-35}$ m) entspricht, nicht unterschreiten da der Eindringling dann nicht mehr genügend Zeit hätte die Oberfläche zu erreichen und damit kein zeitlicher Ablauf mehr eintreten würde. Wäre damit die maximale Gravitation als negative Energie verkörpert, zusammen mit ihrem Gegenpart, der positiven Energie, die sich in Masse umwandeln kann (s.o. Quantenfluktuation)?

Spekulation!

Daraus in irgendeiner Weise auf die Allgemeine Relativitätstheorie zu schließen, erscheint mir unrealistisch, da die Amöbix-Welt nicht unserem Raum-Zeit-Kontinuum, sondern nur einem Modell entspricht.

WIKIPEDIA: In der allgemeinen Relativitätstheorie wird die Gravitation durch eine Krümmung der Raum-Zeit beschrieben, die von den Massen der Himmelskörper verursacht wird. Körper und Lichtstrahlen bewegen sich auf den durch diese Krümmung bestimmten geodätischen Bahnen. Diese Bahnen erwecken den Anschein, dass eine Kraft auf die entsprechenden Körper ausgeübt werde.

In einer vergleichbaren Situation befinden wir uns. Wir sind bekanntlich dreidimensionale Wesen und können die vierte Dimension im vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum nur berechnen, aber nicht darstellen.

In dieser Projektion der Abbildung 71 können wir die Bewegungsrichtung umkehren und werden unweigerlich zu einem Anfang der Amöbix-Welt, dem Urknall, kommen. Letztendlich stehen wir gedanklich vor einem Punkt. Ein Punkt

ist ein grundlegendes Element der Geometrie. Man stellt sich darunter ein Objekt ohne jede Ausdehnung vor und rechnet ihn zu einem Grenzwert der Kegel-schnitte, was anschaulich mit der Abbildung 71 korreliert. Amöbix wird ebenfalls diesen Rückschluss ziehen und dabei mathematisch die Singularität entdecken.

(Paturi, 2010, S. 19): Die Mathematik der Allgemeinen Relativitätstheorie führt im Wesentlichen zu 10 partiellen Differentialgleichungen zweiter Ordnung, deren Lösungsmöglichkeiten stark von Anfangs- und Randbedingungen abhängen. Unter der Annahme einiger Vereinfachungen - gleichmäßige Verteilung der Materie im Kosmos und Richtungsunabhängigkeit, also Homogenität - verbleiben von den 10 Gleichungen noch zwei. Einsteins Lösung in Anwendung der beschriebenen Einschränkungen war ein statisches Universum in Form eines Kugelraums, wie er von dem Mathematiker Riemann³²⁹ bereits im 19. Jhdt. gefunden wurde. Die Riemannsche Geometrie lässt eine Raumkrümmung durch die Summe der kosmischen Masse zu. Sie kann positiv (Kugel), negativ (Sattel) oder Null (Euklidischer Raum) sein. Friedmann publizierte in Übereinstimmung mit de Sitter³³⁰, aufbauend auf diese Gleichungen, ein schrumpfendes oder expandierendes Weltall. Damit war der mathematische Unterbau für Einstein - aber auch für den Urknall geebnet. Die Singularität ergibt sich aus der Grenz Betrachtung (s.u.)

Es folgt rein formal: Bei der Betrachtung der kosmologischen Vergangenheit, müssten vor dem Urknall, Raum und Zeit in einem Punkt, einer Singularität, vereinigt gewesen sein und ein Bereich unendlich großer Raum-Zeitlicher Krümmung entstanden sein. Gleichzeitig sagt die Relativitätstheorie voraus, dass die Temperatur und die Dichte in diesem Zustand des Universums unendlich hoch gewesen sein müssen. Wir sehen hier die Begriffe „Punkt“ und „unendlich“ mehrfach strapaziert. In dieser Unmöglichkeit einer definierten Aussage, spiegelt sich das Dilemma der gegenwärtigen Urknall-Diskussion. Wir sind, wie die Theoretiker sagen, in der Singularität angekommen.

Leider kann die Physik für den Zustand vor und in der Singularität des Urknalls bisher keine Aussagen machen, da die mathematisch-physikalische Gesetze sowie Raum und Zeit in der Singularität nicht definiert sind. Mit dem Begriff „unendlich“ (Mathematisches Zeichen: ∞) kann nämlich keine Mathematik betrieben werden; nur Näherungsbetrachtungen sind möglich. Auch für den „Punkt“ sind Beschränkungen zu beachten.

Ganz allgemein ist es falsch zu sagen, „Eins dividiert durch Null ist gleich unendlich“:

$$1/0 = \infty \quad \text{ist falsch}$$

Begründung: Die verallgemeinerte Schreibweise $a/0$ ($a/0 = b$) hat keinen bestimmten Sinn, da es keine bestimmte rationale Zahl b gibt, die der Gleichung $b \times 0 = a$ mit $a \neq 0$ genügt. Wäre $a = 0$ so könnte für b jede beliebige Zahl verwendet werden.

Eine für jedermann nachvollziehbare Begründung habe ich bei Robert Kaplan (Kaplan, 2004, S. 86) gefunden:

Zitat: „...Jede Zahl mal Null ist Null: Also ist $6 \times 0 = 0$ und $17 \times 0 = 0$. Folglich kann z.B. $6 \times 0 = 17 \times 0$ gelten. Wenn man nun durch Null teilen könnte, erhielte man:

$$\frac{6 \times 0}{0} = \frac{17 \times 0}{0}$$

Die Nullen würden sich aufheben und 6 wäre gleich 17. 6 und 17 sind aber bekanntlich nicht gleich, deshalb kann man vernünftigerweise nicht durch 0 teilen.“

Nur Näherungen sind möglich. So kann man beispielsweise die Formulierung

$1/0$ geht gegen $\rightarrow \infty$

dadurch ableiten, indem man sich einen Bruch vorstellt, in dessen Nenner 0 steht.

Wir können uns diesem seltsamen Bruch nähern, in dem wir abschätzen, dass der Wert eines Bruchs immer größer wird, wenn der Nenner immer kleiner wird:

$$\frac{1}{2} = 0,5$$

$$\frac{1}{0,1} = 10$$

$$\frac{1}{0,01} = 100 \text{ usw.}$$

Strebt der Nenner gegen unendlich klein, strebt der Wert des Bruchs gegen unendlich groß, ohne aber, mathematisch gesehen, unendlich je zu erreichen.

Etwas erhellend im Hinblick auf die Singularität, werden diese Zusammenhänge aus der u.a. Graphik, die die mathematisch formalistische Entwicklung des Kosmos als Geschwindigkeitsfeld in von Form von Differentialgleichungen³³¹ präsentiert. (Bojowald, 2009, S. 49) Das sind u.a. Lösungen von o.a. Einsteins Feldgleichungen, die kosmische Geschwindigkeits-Veränderungen, in Abhängigkeit vom Volumen des Weltalls und die Dichte der enthaltenen Masse darstellen: eine Trajektorie (Bahnkurve). Stellt man sich vor, entlang der Koordinate, „Volumen des Weltalls“, immer weiter zurückzuschreiten, vollzieht man eine solche Näherungsbetrachtung nach. Das Geschwindigkeitsfeld zeigt folgenden

Zusammenhang: Wenn man auf der schematisierten Kurve des Geschwindigkeitsfeldes immer weiter nach links gegen 0 geht, sich der Singularität annähert, wird die Dichte ins Unendliche wachsen.

Es gibt aber nur einen Grund gedanklich die formale Einbeziehung der Unendlichkeit vorher abzurechnen, und das ist eben dieser mathematische weiße Fleck. Welche anderen Abbruchkriterien sollten das sein? Sie wären willkürlich und damit manipulativ. Es muss also eine klare, mathematisch eindeutig definierte Lösung für dieses Unendlichkeitsproblem gefunden werden.

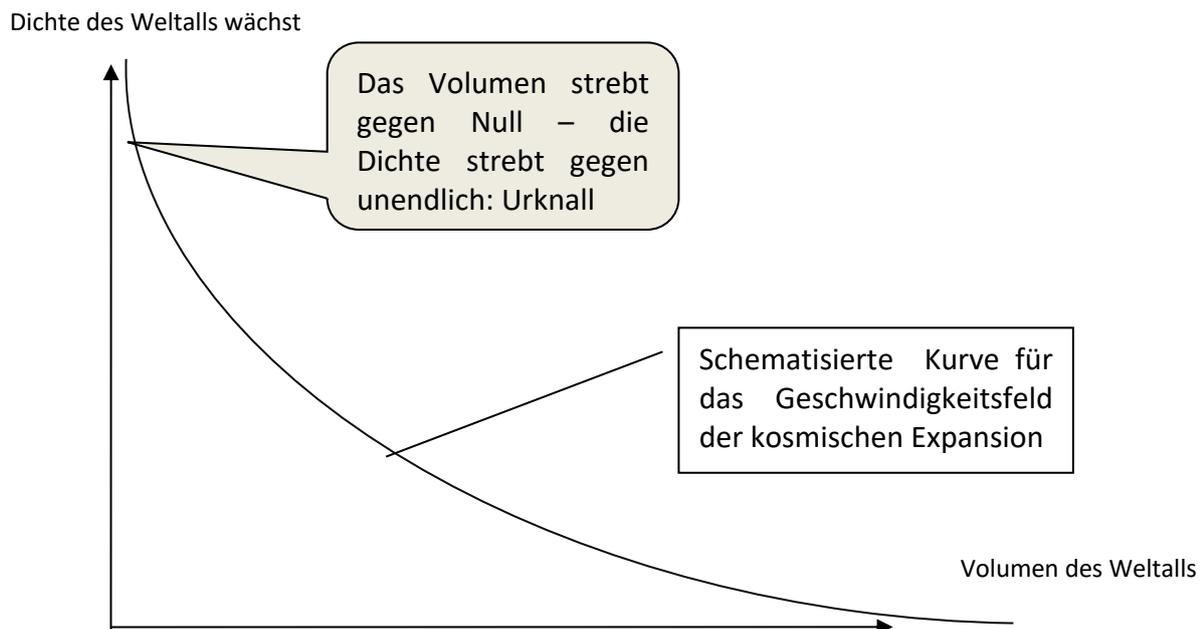


Abbildung 72: Urknall, Singularität, Volumen und Dichte des Weltalls (Bojowald, 2009, S. 49)

Die Theoretiker erklären zu diesem Problem, dass die Feldgleichungen an dieser Stelle nicht anwendbar sind. Das bedeutet, dass die Frage nach der Situation, in der das Volumen gegen Null geht, entweder unsinnig ist, oder Einsteins Relativitätstheorie an dieser Stelle nicht anwendbar ist. Das wiederum heißt, dass auch die Allgemeine Relativitätstheorie noch nicht die universale Lösung darstellt und erweitert werden muss, so wie sie das Newtonsche Weltbild erweitert hat.

Ein Ansatzpunkt ist folgende „Schwäche“ der Allgemeinen Relativitätstheorie: Sie ist entstanden, ohne die Quantenmechanik einzubeziehen. Ihre Beschreibung des Raum-Zeit-Kontinuums impliziert automatisch Homogenität bis ins Unendliche. Damit resultiert bei Annäherung an sehr große Dichte, unvermeidlich die Annäherung an die Unendlichkeit letztlich eine rein formale, aber mathematisch wertlose Lösung: die Singularität.

Aus: <http://www.einstein-online.info/de/einsteiger/quantenG/quanten/>. Zitat Anfang: „Quantentheorie und Relativitätstheorien sind allesamt Kinder des beginnenden zwanzigsten Jahrhunderts, und es verwundert nicht, dass sich die Physiker recht bald Gedanken zu machen begannen, ob es möglich sei, diese Theorien miteinander zu verbinden und beispielsweise eine Quantentheorie relativistischer Teilchen zu formulieren. Was die spezielle Relativitätstheorie angeht, haben sich die entsprechenden Versuche als äußerst erfolgreich erwiesen. Die ursprüngliche Quantenmechanik basierte auf der Theorie von Punktteilchen, die den Gesetzen der klassischen, vor-Einstein'schen Mechanik folgten. Legte man ihr die Mechanik der speziellen Relativitätstheorie zugrunde, so ergab sich eine relativistische Quantenmechanik mit unglaublichen Vorhersagen (Paul Dirac, s.u.): Für jede Sorte relativistischer Teilchen, so sagte diese Theorie voraus, muss eine Art Spiegelbildsorte existieren, entsprechende Antiteilchen. Diese Antiteilchen haben dieselbe Masse wie ihre Teilchen-Partner, aber entgegengesetzte Ladungen. Beispielsweise fordert die relativistische Quantenmechanik in einer Welt, in der elektrisch negativ geladene Elektronen existieren, zwingend die Existenz von Anti-Elektronen, die dieselbe Masse haben, aber elektrisch positiv geladen sind. Dass solche Anti-Elektronen oder Positronen tatsächlich nachgewiesen werden konnten, war ein großer Triumph der Theorie. Bald zeigte sich allerdings, dass die relativistische Verallgemeinerung der Quantenmechanik noch nicht ausreichte. Um die Wirkung von Kräften beschreiben zu können, musste man die Modelle noch erweitern und zu so genannten relativistischen Quantenfeldtheorien übergehen. In diesen Theorien haben nicht nur die Materieteilchen, sondern auch die zwischen ihnen wirkenden Kräfte Quantencharakter. Kräfte werden von Teilchen übertragen: Dass sich beispielsweise zwei Elektronen elektrisch abstoßen, erklärt sich auf Quantenebene durch den Austausch hin- und her- flitzender Photonen, deren Aussendung und Absorption den Krafteinfluss von einem Elektron zum anderen überträgt. Die Quantenfeldtheorien bilden die Grundlage der modernen Teilchenphysik“. Zitat Ende

Es ist anzunehmen, dass eine Einbeziehung der Quantenmechanik in die Allgemeine Relativitätstheorie, also die noch zu erschließende Quantengravitation, zu einem gequantelten Raum-Zeit-Kontinuum führen wird. Wie eingangs erwähnt, hat Paul Dirac bereits 1928 die Spezielle Relativitätstheorie zur relativistischen Quantentheorie (Siehe Ergänzung 4) (Kiefer K. , 2009, S. 118) erweitert. Dann wird ein solches Raum-Zeit-Kontinuum zu einem Raum-Zeit-Netz mit endlicher Maschenweite. Die Theoretiker gehen bezüglich dieser Maschenweite von der Planck'schen Länge von $1,616252 \cdot 10^{-35}$ Meter aus. Ein Grenzwertproblem, für den Fall der Annäherung an Unendlich ist daher nicht möglich, da unterhalb der Planck'schen Länge buchstäblich das "Nichts" regiert.

Hier muss man sich aber fragen, ob nicht auch für dieses "Nichts" die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation gilt, in der es ein "Nichts" nicht geben kann. Virtuelle Teilchen und Quantenfluktuationen müssen möglich sein.

Das erinnert an ein Fraktal wie dem Apfelmännchen. Eine graphische Darstellung auf einem LC-Bildschirm findet spätestens dann ein Ende, wenn die Fraktal-Größe die Größe eines Pixels erreicht. Dann bleibt nur noch eine duale Lösung: Hell oder dunkel, ja oder nein, Sein oder Nichtsein. Eine differenzierte Darstellung des Apfelmännchens an diesem Punkt entfällt. Der LC-Bildschirm mit seinen definierten, endlichen Pixel entspricht also dem Raum-Zeit-Netz mit der endlichen Maschenweite der Planck'schen Länge. Unterhalb der Planck'schen Länge gäbe es dann kein Kontinuum und damit keine Singularität als Lösung. Ob mit diesem Ansatz ein Durchbruch erzielt wird, ist allerdings offen.

Günther Hasinger erklärt:

Zitat Anfang: „Es gibt in der Quantenmechanik eine kleinste Länge unterhalb derer sich physikalische Vorgänge mit den heutigen Theorien nicht mehr sinnvoll beschreiben lassen. Diese sogenannte Planck-Länge beträgt 10^{-35} Meter. Jedes Objekt das kleiner ist, müsste nach den Gesetzen der Quantenmechanik eine Masse haben, die größer als die Planck-Masse von 22 Mikrogramm ist und wäre damit automatisch ein Schwarzes Loch.

(Warum? WIKIPEDIA: Zitat Anfang: „Mitte der 1970er Jahre stellte Roger Penrose die Vermutung auf, Schwarze Löcher könnten auch im Labor erzeugt werden. Es gibt Theorien, nach denen es möglich ist, mit dem Large Hadron Collider (LHC), der am 10. September 2008 in Betrieb genommen wurde, solche Schwarzen Löcher bis zu einmal pro Sekunde zu erzeugen. Dies setzt jedoch die Existenz zusätzlicher kompakter Raumdimensionen voraus, welche u.a. von bestimmten Modellen der Stringtheorie vorhergesagt werden. Solche Schwarzen Löcher wären deutlich kleiner als stellare Schwarze Löcher, die kosmologisch beobachtet werden. Ihre Ausmaße lägen in der Größenordnung von Elementarteilchen. Auf Grund von Quanteneffekten (Hawking-Strahlung) würden sie höchstwahrscheinlich sehr kurze Zeit nach ihrer Entstehung schon wieder zerstrahlen“).

Analog dazu gibt es auch die Planck-Zeit, etwa 10^{-43} Sekunden, die das Zeitintervall angibt, das ein Lichtstrahl benötigt, um die Planck-Länge (Weniger als ein Kerndurchmesser) zu durchqueren. Die Planck-Zeit stellt deshalb den frühestens möglichen Zeitraum dar, zu dem sich das Universum beschreiben lässt“ Zitat Ende. (Hasinger, 2009, S. 61)

Seit einiger Zeit werden Theorien diskutiert, die den Urknall in neuem Licht sehen:

(Bojowald, 2009) *"Der Urknall war nicht der Anfang" (Bojowald arbeitet auf dem Gebiet der Quantengravitation. Anm. d. V.):*

Ausschnitt eines Interviews in der Süddeutschen Zeitung von C. Schrader, D. Schöneberg mit Martin Bojowald³³², vom 09.04.2009 mit dem Titel: „Der Physiker Martin Bojowald hat in die Zeit vor dem Urknall geblickt - mit Hilfe der Mathematik.“ Anfang des Zitats: „SZ: Sie haben in die Zeit vor dem Urknall geblickt. Was haben Sie gesehen?

Bojowald: Wir können jetzt zum ersten Mal mathematische Gleichungen befragen, um zu erfahren, was vor dem Urknall gewesen sein könnte. Wir sehen zumindest, dass es auch vorher ein Universum gab und dass es schrumpfte. Es zog sich auf engsten Raum zusammen, kam dann in eine heiße und dichte Phase, bis die Raum-Zeit wieder anfang zu wachsen. Das Entscheidende ist, dass man überhaupt Gleichungen benutzen kann, um etwas vor dem Urknall auszurechnen. In der Allgemeinen Relativitätstheorie funktionierte das bislang überhaupt nicht. Wenn wir dort rückwärts durch die Zeit blickten, schrumpfte das Universum am Zeitpunkt Null zu einem einzelnen Punkt. Mathematisch gesprochen nennt man das eine Singularität. Hier brachen die Gleichungen zusammen, und die Physik ergab keinen Sinn mehr.

SZ: Es gab also gar keinen Urknall?

Bojowald: Der Urknall war zumindest nicht der Anfang des Universums, es existierte davor schon etwas. Im Übergang vom "Davor" zum "Jetzt" gab es eine Phase, in der die Materie stark konzentriert war. Die Eigenschaften dieser Phase kann man noch am Aufbau des Universums, an der Hintergrundstrahlung, den Sternen und Galaxien ablesen. Das Universum war aber nie in einem Punkt mit - physikalisch sinnloser - unendlich hoher Dichte konzentriert, wie die konventionelle Vorstellung vom Urknall besagt“. Ende des Zitats

Bei dem Bemühen in diese Quantenwelt etwas tiefer einzudringen, habe ich bei M. Bojowald einige Anregungen gefunden, (Bojowald, 2009, S. 126): Er argumentiert in seiner Schleifen-Quantenkosmologie, vergleichbar wie Max Planck bei der Interpretation des kleinsten Wirkungsquantums (Siehe Ergänzung 3). Planck löste mit dieser Erkenntnis das Singularitäts-Problem eines unendlich hohen Energieinhalts bei immer kleineren Wellenlängen in einem Schwarzen Strahler. Durch die Diskretheit von Energie, wie sie die Quantentheorie voraussetzt, ist in der Wärmestrahlung bei immer kleineren Wellenlängen immer weniger Energie enthalten und für sehr kleine Wellenlängen überhaupt nicht mehr verfügbar.

M. Bojowald diskutiert die Möglichkeit eines kollabierenden Vor-Weltalls, das in den – unseren - Urknall zusammenstürzte und sich danach in der uns bekannten Weise entwickelte. Ein nächster Zusammensturz wird angesprochen. Seltsame Kräfte müssen in diesen elementaren Ereignissen auf quantenmechanischer Ebene, weit unterhalb (oberhalb?) der vertrauten klassischen Ebene der Physik gewirkt haben.

In einem kollabierenden Weltall scheint unter quantenmechanischer Betrachtungsweise - Wellencharakter der Materie – ,bei immer kleineren Ausdehnungen, der Anstieg der Energiedichte sich in eine Abstoßung umzukehren. Grund ist, dass es nicht beliebig viel Platz auf quantenmechanischer, atomarer Ebene gibt. Auch in dem Verlauf von Zeit sind nur diskrete Schritte verfügbar; zwischen diesem Raster besteht nur das zeitliche "Nichts" ($\Delta t \times \Delta E > h$, muss aber gültig bleiben). Bojowald schreibt: *„Nimmt man (gemäß der Schleifen-Quantenkosmologie, Anm. d. V.) alle Zeitpunkte zusammen, so erhält man keine kontinuierliche Linie, sondern eine Art Raster. Ein solches Zeitgitter hat nur begrenzte Aufnahmemöglichkeit für Energie....das Zeitgitter wirkt abstoßend sobald an einem Zeitpunkt zu viel Energie lokalisiert zu werden droht. ...ein Zeitgitter kann sehr viel Energie aufnehmen, aber eben nicht beliebig viel. ...Eine konsistente Theorie mit einem Zeitgitter....muss also Abstoßung der Überschuss-Energie bewirken.“*

Die resultierende Energieabstoßung verringert die maximale Dichte. Dieses Umschalten bewirkt ein Umschalten der Kräfte. Damit entstehende Gegenkräfte scheinen eine allgemeine Erscheinung der Quantengravitation zu sein. Diese Gegenkräfte stehen im Widerspruch zu den in der klassischen Physik erfassten Kräften. Auf diese Weise lassen sich die Effekte der GUT-Ära und der Inflations-Ära im Standardmodell der Kosmologie interpretieren und negative Gravitation und negativer Druck und ihre Folgen besser „verstehen“. (Siehe auch 1.5.5.1)

Ich stelle mir allerdings folgende Frage: Wenn das Problem der mathematischen Grenzwert-Beherrschung der Kosmos-Physik, mit der seit Leibnitz und Newton gegebenen Infinitesimalrechnung nicht möglich ist, kann man nach Alternativen fragen: Die bisherigen infinitesimalen Algorithmen arbeiten mit der Näherung, dass eine gegebene mathematische Funktion solange im Kalkül bleibt bis die Näherung Null erreicht. Bei null bricht das System zusammen: die Funktion verschwindet sozusagen aufgrund mathematischer Formalismen, da Divisionen mit Null oder Unendlich sind nicht definiert sind. Man kann sich ihr also nur nähern. In der Physik haben wir aber gelernt, dass es Null, "Nichts", nicht gibt. Das greifbare Ende wird durch Planck'sche Größen bestimmt: z. B. die Planck'sche Länge. Die Quantengravitation (siehe Bojowald) berücksichtigt dies durch o.a. Raster. Kann man diese Planck'sche Größe, oder eine geeignete andere aus diesem Sortiment, anstelle von Null in diese infinitesimalen Näherungsalgorithmen einbringen? Dann erhält man eine endliche Größe, beliebig weit von Null oder einem relevanten physikalischen Wert entfernt, aber kein Singularitätsproblem. Vor allem wäre aber die Näherung physikalisch interpretierbar. Entweder ergibt sich eine Lösung im Raster oder es gibt keine Lösung im Loch des Rasters. Das wäre natürlich keine infinitesimale Mathematik mehr.

Mittlerweile verstehe ich unter "Singularität" einen mit der bestehenden Sprache der Naturwissenschaften nicht fassbaren Zustand eines Vakuums, mit dem Potential der Entfaltung höchster Temperatur und Energie. Infolge von Symmetriebrüchen wurde eine Quantenfluktuation (Siehe: Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation), geboren aus der Nullpunktsenergie, irreversible. Die Entfaltung führt zu allem Sein wie Raum, Zeit, und Materie. Allerdings ist diese "Singularität" nicht ein Nebeneinander dieser Phänomene, sondern ein kryptische Zustand, der alles, was unser Sein in jeglicher Hinsicht ausmacht, optional enthielt. Alle Energie, die wir heute im Weltall vorfinden und damit auch alle Masse, also auch dunkle Energie und dunkle Masse, müssen in diesem Potential der Nullpunktsenergie enthalten gewesen sein.

Alles war oder ist Energie in einem Nullsummenspiel!

In diesem Sinn ist die "Singularität" m.E. vergleichbar mit einem theoretischen schwarzen Strahler, der zumindest rein mathematisch jede beliebige Energiemenge (siehe aber o.a. Einschränkung mit einer Grenze nach oben) enthalten kann, wenn nur die Temperatur im schwarzen Strahler entsprechend hoch angesetzt wird. Wie im Hauptteil beschrieben, muss sie sogar ein Milliardenfaches aller heute bekannten sichtbaren Masse und Energie des gesamten Kosmos beinhalten haben. Die Energieentfaltung ΔE wäre in Abhängigkeit von Δt nur eine Frage der Quantenfluktuation, wenn diese nicht in der kosmischen Inflation, durch negative Gravitation, Nullpunkts- bzw. Vakuumenergie in die Weltentfaltung mitgerissen hätte.

Nur durch Symmetriebrüche hat sich ein winziger Teil davon als Materie in unseren bekannten Kosmos gerettet und ist Basis unseres elektromagnetisch erfassbaren Universums. Der Rest ist nach gegenseitiger Vernichtung von Materie mit Antimaterie, in Form von Photonen, als elektromagnetische Energie, erhalten geblieben.

Diese Theorie wird auch als Theorie von Allem³³³ bezeichnet und könnte alle vier Urkräfte erklären. Bisher gelingt das aber nur für die starke, die elektromagnetische und die schwache Kraft in einer GUT-Theorie³³⁴, in der die Gravitation noch nicht enthalten ist.

Wenn allerdings die Quantenmechanik einbezogen wird, gilt es wohl folgendes zu berücksichtigen:

Gemäß der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation müssen komplementäre Wirkungs-Produkte, wie z.B. Energie und Zeit immer größer bzw. maximal gleich dem Wirkungsquantum h sein:

Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation:

z.B.: $\Delta E \times \Delta t > h$

(= Wirkungspaarung: Energie- und Zeitintervall)

Da eine "Singularität" formal einen Punkt darstellt, müsste der Urknall sehr genau lokalisiert gewesen sein. Lokalisiert worin? Im Vakuum? Das beinhaltet, dass z.B. ΔE sehr groß und Δt sehr klein gewesen sein müssen, das Produkt aber natürlich $> h$. Damit stimmt die konventionelle Betrachtung des Urknallphänomens überein.

Bei der umgekehrten Betrachtung, wenn ΔE klein und Δt groß wären, würde das bedeuten, dass der Urknall sich über einen langen Zeitraum, mit zunächst geringer Energieveränderung, abgespielt haben müsste. Vielleicht ist tatsächlich Δt sehr groß, nämlich beginnend vor 13,8 Milliarden Jahren und endend in (vielleicht) 10^{160} Jahren. (Siehe hierzu: Der aufgeheizte Zauberofen bzw. der Abschnitt Quantenfluktuation).

Außerdem ist die Formulierung von Δt problematisch, da erst durch den Urknall das Raum-Zeitkontinuum entstand. (Dass Δt nicht unendlich sein kann, versuche ich im Abschnitt Quantenfluktuation zu begründen).

Was mir aber plausibel erscheint ist, dass die Entfaltung nur mit gewisser Wahrscheinlichkeit eintrat. Ein genauer Punkt ist nicht formulierbar, sondern eben nur eine Wahrscheinlichkeit, die aber äußerst gering gewesen sein muss. (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 157). Verständlich erscheint mir, dass nur eine höchst unwahrscheinliche Entfaltung stattgefunden haben kann, deren universaler Energieinhalt ΔE kaum noch von Null zu unterscheiden ist. Nur so ist ein Δt denkbar, das unserer erlebten Gegenwart entspricht. Alle kosmologischen Untersuchungen scheinen ja zu bestätigen, dass sich das Universum energetisch - positive gegen negative Energie gerechnet - als Nullsummenspiel offenbart. Was sind schon 10^{160} Jahre in einer an die Unendlichkeit heranreichenden, aber nicht erreichenden Offenbarung?

Diese Argumentation erübrigt sich, wenn man die Ausführungen unter 1.5.5.1 einbezieht.

Mir erschließt sich die heutige Theorie des Urknalls als ein Vorgang der Iteration, des Herantastens und Konkretisierens, indem mathematische Zusammenhänge, basierend auf der Quantenmechanik und der speziellen Relativitätstheorie - die relativistischen Quantentheorie - formuliert wurden. Ziel ist es alle experimentellen Fakten, voraussagend und rückinterpretierend, mit den jeweils aktuellen Erkenntnissen in Einklang zu bringen und sich einer umfassenden Theorie, der Quantengravitation, die Quantenmechanik und Allgemeine Relativitätstheorie vereinigt (Siehe Ergänzung 4), zu nähern.

Ich wiederhole das metaphysische Statement 1.1.6 Die Entropie strebt einem Maximum zu.

Alles erscheint wie eine „göttliche Komödie“ der Symmetrie von positiver (Aggregation) und negativer Energie (Destruktion) und ihrem Nullsummenspiel.

Irgendwann wird die Gravitation alle durch die gefrorene Energie der 3 Urkräfte (SKK, Starke KK und EMK) geformte atomaren Strukturen durch Kernfusion in Energie – Strahlung - verwandeln. Dann kann es aber die vierte Urkraft, die Gravitation nicht mehr geben, da es keine Massen mehr, die gravitativ angezogen werden können, außer den Energiefeldern.

Alle 4 Urkräfte münden wieder in der hohen Symmetrie ihrer Vereinigung – wie vor dem Urknall. Es gibt dann aber auch keinen Raum mehr, der ja in der Anwesenheit von Massen begründet ist. Es bleibt das Vakuum dessen Beschreibung hinsichtlich Größe und Zeit nicht mehr erfassbar sind, aber nicht völlig leer ist infolge der Nullpunktsenergie. Nullpunktsenergie und höchste Symmetrie wären also alles, was einmal dieses Universum dargestellt hat.

Was aber gilt für Singularitäten wie Schwarze Löcher?

Symmetrie ist jedoch labil und stabilisiert sich durch Symmetriebrüche in weniger symmetrische Zustände. Somit besteht die Möglichkeit, wenn nicht sogar der Zwang eines neuen Anfangs, der im Prinzip eine neue, vergleichbare Quantenfluktuation auslösen könnte mit dem Potential sich wiederum durch eine Symmetrieverletzung in ein neues Raum-Zeit-Gefüge zu „retten“.

Es ist naheliegend hier die Antwort auf alles Suchen nach dem Sinn unseres Seins zu finden und in der „Nullpunktenergie“ genannten letzten uns mental zugänglichen Instanz, etwas Göttliches zu sehen: Agnostik

Ergänzung 2: Entropie

WKIPEDIA: *„Entropie ist eine fundamentale thermodynamische Zustandsgröße, die im Gegensatz zu anderen Zustandsgrößen nicht direkt messbar ist und sich daher einem einfachen Verständnis entzieht. Thermodynamisch beschreibt sie eine mit der reziproken absoluten Temperatur gewichtete Form der zu- oder abgeführten Wärme; statistisch beschreibt sie die Zahl der Mikrozustände, durch die der beobachtete Makrozustand des Systems realisiert werden kann. Sie ist eine extensive Zustandsgröße, so dass jedem Zustand eines thermodynamischen Systems ein Wert für die Entropie zugeordnet werden kann, der sich bei Verdoppelung des Systems, also von Teilchenzahl und Volumen, ebenfalls verdoppelt. Die statistische Physik interpretiert diese Zahl als Maß für das vom System erreichbare Phasenraumvolumen, in der klassischen Thermodynamik sind Gleichgewichtszustände mit gleicher Entropie adiabatisch äquivalent (Anm. d. V.)“.*

Der Leser mag die Ausführlichkeit meiner folgenden Entropie-Betrachtung bemängeln. Ich halte dies aber für begründbar, da Entropie, abgesehen von ihrem vielschichtigen wissenschaftlichen Charakter, eine Leitgröße durch die gesamte

kosmische Geschichte und ihrer Zukunft ist. Entropie scheint letztlich eine „nach innen gekehrte, d. h. nicht mehr verwandlungsfähige oder nutzbare Energie.“ (Störig) zu sein, womit wir beim Thema dieses Buches sind:

Energie und ihre Entfaltungsvarianten.

Allerdings muss ich einräumen, dass mir dieses „nach innen gekehrte“, nebulös erscheint. Wenn diese „nicht mehr verwandlungsfähige oder nutzbare Energie“ groß ist, muss, wie noch zu zeigen ist, die Entropie groß sein.

Wenn wir davon ausgehen, dass es einen Urknall gab, ist folgende Betrachtung denkbar:

Vieles spricht dafür, dass vor 13,8 Milliarden Jahren, in Sekunden nach dem Urknall, große energetische Veränderungen auf der einen Seite, die uns bekannten kosmischen, materiellen Strukturen hervorgebracht haben. Auf der anderen Seite wurde aber auch die o. a. „nicht mehr verwandlungsfähige oder nutzbare Energie“, sprich Entropie, freigesetzt. Energie wurde also in zwei Richtungen gelenkt.

- Zum einen in die Richtung der Materiebildung.
- Zum anderen wurde sie synchron freigesetzt als „nutzlose“ (?) Entropie-Erhöhung.

Beide Effekte waren nur in ihrer gemeinsamen Entfaltung möglich.

Nach Abschluss der Selbstgestaltung materieller Strukturen verfügte der Kosmos nur noch über ein um viele Größenordnungen niedrigeres Energieniveau, verteilt über einen wesentlich größeren Raum, ein Niveau, das keinen weiteren direkten Energietransfer in Materie mehr ermöglichte. Dafür wurden aber Interaktionen von Materie mit Materie, im Sinn von chemischen Synthesen, die Pforten geöffnet. Auf diesem niedrigeren Energieniveau war der Weg für die Bildung von Molekülen geöffnet. Deren resultierendes komplexes Synthesepotential ist letztlich die Basis von Leben, da auf einem minimalen Energieniveau die Entropie innerhalb molekularer Aggregationen erniedrigt und damit Ordnung entstehen kann.

Auf der anderen Seite stellt die Schaffung materieller Strukturen nur ein Zwischenstadium dar. Materie ist der Gravitation unterworfen und wird letztlich über Kernfusion wieder in Energie übergehen.

Der Begriff der Entropie stammt aus der Wärmelehre und beschreibt ursprünglich die Änderung der Wärmeenergie eines Systems, im Verhältnis zu dessen Temperatur. Sie ist eine verkappte, besser reduzierte Energieform.

Entropie ist in so verschiedenen Wissenschaftszweigen wie Mathematik, Physik, Thermodynamik und Chemie, aber auch Informationstechnologie und vor allem der Entfaltung des Lebens, ein fundamentaler Begriff. Die im Kontext dieses Buches relevanten Betrachtungsweisen der Entropie sind vorwiegend thermodynamischer und statistischer Natur.

Einiges zu diesem schwierigen Thema wird im Zusammenhang mit der Interpretation der Begründungen des Urknalls erörtert.

Thermodynamische Komponente der Entropie

Die Thermodynamik (=Wärmebewegung) ist als die phänomenologische Methodik in der Theorie der Wärmelehre zu verstehen. Aus makroskopischen Größen wie Druck, Temperatur, Volumen usw., leitet die Thermodynamik Gesetzmäßigkeiten über das Verhalten von Gasen, Wärmetransport, Energiewandlung, chemisches Reaktionsverhalten usw. ab und formuliert dazu vier Hauptsätze. Sie hat sich bereits vor der Erkenntnis der atomistischen Struktur der Materie in der Physik etabliert.

Die Theorie der Thermodynamik beschreibt für ein mechanisches System (z.B. ein Zylinder mit einem Kolben) die ausschließliche Möglichkeiten, mit seiner Umgebung einen Energieaustausch vorzunehmen: Es sind die Wärme (Energie) und die Arbeit (Energie). Dieser so lapidar dargestellte Zusammenhang konnte lange Zeit nicht durchschaut werden, da die nicht gerade offensichtliche Gleichwertigkeit von Wärme und Arbeit, erst im Laufe des 18. Jahrhunderts erkannt wurde. Im Gefolge dieser Erkenntnis zeigte sich aber, dass es grundsätzliche Unterschiede in der gegenseitigen Überführbarkeit gibt: Arbeit kann restlos in Wärme gewandelt werden. Umgekehrt gilt das leider nicht. *„Entropie bedeutet eine nach innen gekehrte, d. h. nicht mehr wandlungs-fähige oder nutzbare Energie.“* (Störig) (M.E. kann mit dieser „Nicht-mehr -Nutzbarkeit“ nur gemeint sein, dass es sich bei dieser Energie um Wärme handelt, die sozusagen als Abfall bei allen vom Menschen organisierten Arbeitsprozessen unvermeidbar anfällt). Die Suche nach den Gründen für diese Tatsache führte u.a. zur Formulierung des Begriffs der Entropie.

Die ursprüngliche thermodynamische Vorstellung vom Wesen der Entropie entwickelte sich im Laufe des 18.-19. Jahrhunderts, bei dem Bemühen etwas über den Wirkungsgrad von Dampfmaschinen herauszufinden. Dahinter verbergen sich folgende Gesetzmäßigkeiten:

- Zur Überführung von Wärme in Arbeit muss ein Temperaturgefälle bestehen.
- Es ist nicht möglich eine Dampfmaschine zu konstruieren, die den gesamten chemischen Energieinhalt des Treibstoffs, z.B. Kohle, vollständig in Arbeitsleistung überführt.

Schon damals bestand ein ökonomisches Interesse daran, im wörtlichen Sinn, für die eingesetzte „Kohle“ die maximale Leistung zu erhalten. Anstoß zu diesen Untersuchungen war sicherlich, dass die ersten industriell genutzten Dampfmaschinen mit einem miserablen Wirkungsgrad von unter 1 % arbeiteten.

Die Thermodynamik und in diesem Kontext die Entropie ermöglicht z.B. zu folgendem Phänomen eine wissenschaftliche Erklärung:

Eine Alltäglichkeit, die jedem von uns aus der Erfahrung geläufig ist, lautet: Wärme kann nur von warm nach kalt fließen und niemals umgekehrt. Warm wird von sich aus, auf Kosten von kalt, nicht noch wärmer. Oder, um es vielleicht genauer im Sinn der Definition von Entropie auszudrücken: Wenn eine Ungleichverteilung von warm und kalt vorliegt, wird sie sich unweigerlich ausgleichen. Sich selbst überlassen, wird warm kälter, aber kalt wird niemals noch kälter und dabei Wärme abgeben. Der Temperatenausgleich ist der weitaus wahrscheinlichere Zustand. Ein Widerspruch zu dieser Beobachtung des Temperatenausgleichs wurde nie beobachtet. Mit der Einbeziehung des Begriffs Wahrscheinlichkeit, nähern wir uns schon einer Interpretation der Entropie, die mehr ihrer statistischen Natur (s.u.) gerecht wird.

Zurück zur Dampfmaschine und dem Weg aus diesem technischen Geschehen die Entropie abzuleiten. Üblicherweise geht man bei diesem Thema von den Betrachtungen aus, die Carnot³³⁵ schon 1824 angestellt hat. Er hatte gefunden, dass sich Wärme nicht vollständig in Arbeit überführen lässt, allerdings unter der heute überholten Annahme, dass Wärme über einen Wärmestoff vermittelt wird.

Zunächst musste aber ein wichtiger grundsätzlicher Sachverhalt geklärt werden. Julius Robert Mayer³³⁶ erkannte, dass Wärme und Arbeit eine Erscheinungsform von Energie sind und definierte des Weiteren Energie als Erhaltungsgröße.

Carnot betrachtete den Prozess einer Dampfmaschine als einen periodisch arbeitenden Kreisprozess, bei dem durch Bereitstellung von zwei Wärmereservoirs mit den beiden Temperaturniveaus T_{hoch} (Wärmemenge Q_{hoch}) und T_{tief} (Wärmemenge Q_{tief}) regelmäßig Arbeit erzeugt wird. Carnot zerlegte den Prozess gedanklich idealisiert in 4 Schritte. Nach diesen 4 Schritten befand sich das System wieder in den Ausgangszustand. In jedem Zyklus wurde Arbeit gewonnen, indem Wärme expansiv mittels eines Arbeitsgases aus dem Reservoir des oberen Temperaturbereichs entnommen und ein Teil dieser Wärme unvermeidlich im Laufe der Expansion an das Reservoir des unteren Temperaturniveaus abgegeben wurde. Die Differenz entsprach der gewonnenen Arbeit.

Ohne auf die nicht leicht verständliche Argumentation von Carnot und der klassischen Thermodynamik weiter einzugehen, will ich versuchen, das Prinzip darzustellen:

Es folgen die hier nicht näher ausgeführten Erkenntnisse: Der Carnot-Prozess ist ein idealisierter (unendlich langsamer), reversibler (= umkehrbarer) Prozess, der technisch nur näherungsweise verwirklichtbar ist. Im Carnot-Prozess bleibt die Entropie erhalten. Im technischen Prozess nimmt sie zu. Mechanische Arbeit kann nur und maximal, bei idealisiert reversiblen Bedingungen, aus der Differenz von

$$\text{Wärmemenge } Q_{\text{hoch}} \text{ minus Wärmemenge } Q_{\text{tief}} = \text{Arbeit}$$

hervorgehen. Clausius suchte nach der phänomenologischen Erklärung von Arbeitsverlust bei irreversiblen, also allen natürlichen Vorgängen.

Ein zusätzlicher Aspekt war die Suche nach der Stabilität von Prozessen. Unter welchen Voraussetzungen verlaufen sie spontan? Er dürfte dabei von dem folgenden Gedanken ausgegangen sein:

Man hatte erkannt, dass der Energieerhaltungssatz (Erster Hauptsatz der Thermodynamik) zur Erklärung der Spontanität von thermodynamischen Abläufen nicht ausreicht; es musste eine weitere Energiegröße geben, die die Richtung einer Zustandsänderung vorgibt.

Natürliche, spontane Vorgänge haben eine eindeutige Richtung. Warm wird kalt, ein Gewicht fällt nach unten, Farbspritzer in Wasser vermischen sich, Gase füllen ein zur Verfügung gestelltes Volumen nach einiger Zeit vollständig aus usw. Allen ist ein gerichteter Zeitablauf in eine Richtung gemeinsam. Das entspricht einem Zeitpfeil.

Unser Erfahrungsschatz sagt uns, dass alle diese spontanen Vorgänge nicht umkehrbar sind. Ihre Richtung entspricht einem parallelen Verlauf zum Fortschritt der Zeit. Sie verlaufen, außer in idealisierten, umkehrbaren Gleichgewichtszuständen, eindeutig zeitlich orientiert und spiegeln den Verlauf allen natürlichen Geschehens um uns herum wider. Niemand wird bestreiten, dass die o.a. Beispiele, in Übereinstimmung mit unserer Erfahrung, in Richtung der höheren Wahrscheinlichkeit des völligen Ausgleichs verlaufen. Kalt wird warm nicht weiter aufheizen, Gewichte fallen nie nach oben, in Wasser gleichmäßig verteilte Farbe, wird sich nicht im Wasser entmischen, Gase werden sich nicht in der Ecke eines Behälters sammeln usw.

Wenn es also eine Größe gibt, die die Richtung einer Zustandsänderung angibt, muss sie in Beziehung zu der Wahrscheinlichkeit von Zuständen vor und nach einer spontanen Änderung stehen. Das System geht immer, im Gleichklang mit der Zeit, in den wahrscheinlicheren Zustand des völligen Ausgleichs über, was

mit unserer Alltagserfahrung alternativlos übereinstimmt. (Siehe unten: Statistische Komponente der Entropie)

Diese Erkenntnis führte zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik: *"Wenn keine Arbeit aufgewendet wird, kann Wärme nur von warm nach kalt fließen"*.

In der Natur laufen nur irreversible Prozesse ab, wobei die Entropie im Laufe der Zeit zunehmen muss.

Aus der detaillierten Untersuchung des o.a. Carnotschen Kreisprozesses, deren Ableitung, mangels vollständigen eigenen Verständnisses, hier nicht dargestellt werden kann, resultierte die Größe der sogenannten

$$\text{(Summe der reduzierten Wärmen)} \quad \sum Q/T = \Delta S \text{ (Entropie-Änderung)}$$

(Σ ist das mathematische Zeichen für Summe, Δ für Differenz)

Dabei stellt $\sum Q/T$ die Entropie-Änderung als Summe der auf die Wärmeübergangstemperatur bezogenen Wärmemengen dar:

$$\sum Q/T = Q_{\text{hoch}}/T_{\text{hoch}} - Q_{\text{tief}}/T_{\text{tief}}$$

Wärme ist eine ungeordnete Energieform; mit ihrer Entfaltung nimmt die Entropie zu. Je größer diese Differenz ist, umso weniger Nutzarbeit kann aus dem Prozess gewonnen werden, und umso größer ist ΔS und der Energieverlust in Form von nutzloser Wärme.

Diese Größe wurde von Clausius 1850 als die Zustandsfunktion „*S = Entropie*“ definiert.

Sie stellt ein Maß für die Irreversibilität, aber auch die Stabilität eines Systems dar und damit der Neigung zu spontanen Veränderungen. Die neu formulierte Zustandsgröße, die Entropie *S*, ist wie der Druck und die Temperatur eine Größe, die einen Zustand beschreibt, nicht aber wie der Zustand erreicht wird. Sie hängt ausschließlich vom Anfangs- und Endzustand des Systems ab. Messen kann man die Entropie mit kalorimetrischen Mitteln. Bei Feststoffen benutzt man dazu die Schmelz- oder Verdampfungswärme. Bei Flüssigkeiten wird die Wärmemenge, die zur Temperaturerhöhung notwendig ist, verwendet.

Im Rahmen der klassischen, technischen Thermodynamik gibt es heute neue Ansätze der Entropiedefinition, die auf dem Prinzip der *adiabatischen Erreichbarkeit* beruht (Thess, 2007):

WIKIPEDIA: Einen Zustand Y eines thermodynamischen Systems bezeichnet man ausgehend vom Zustand X desselben Systems als adiabatisch erreichbar, wenn es möglich ist, das System unter Zuhilfenahme einer "Apparatur" und eines Gewichts im Rahmen eines Prozesses aus dem Zustand X in den Zustand Y zu

überführen, wobei die Apparatur am Ende des Prozesses in den Zustand zurückkehrt, den sie zu Beginn des Prozesses hatte. Das Gewicht darf dabei seine Lage im Schwerfeld geändert haben.

Wenn beispielsweise das System eine bestimmte Wassermenge ist, im Zustand X das Wasser in Gestalt von Schnee und im Zustand Y in flüssiger Form vorliegt, so ist Y von X aus adiabatisch erreichbar. Man schreibt dann $X < Y$, gesprochen "X liegt vor Y". Beispielsweise kann ein an einem Faden befindliches Gewicht über eine Rolle, von der sich der Faden abwickelt, einen mechanischen Rührer antreiben, der den Schnee zum Schmelzen bringt. Umgekehrt ist X von Y aus nicht adiabatisch erreichbar, was zusammengefasst mit der Schreibweise $X \ll Y$ ("X liegt echt vor Y") zum Ausdruck gebracht wird.

Zwei Zustände, die wechselseitig adiabatisch erreichbar sind, heißen adiabatisch äquivalent.

Die Entropie wird dann im Rahmen der Lieb-Yngvason-Theorie als Funktion des Systemzustandes derart definiert, dass

die Entropie zweier Zustände genau dann gleich ist, wenn diese adiabatisch äquivalent sind;

die Entropie von Zustand X genau dann kleiner als die von Zustand Y ist, wenn Y von X aus adiabatisch erreichbar ist, nicht aber umgekehrt

Die adiabatische Erreichbarkeit bildet die Grundlage für eine axiomatische Formulierung der phänomenologischen Thermodynamik, die im Jahre 1999 von den Physikern Elliott Lieb und Jakob Yngvason vollendet worden ist. Näheres ist in der Originalarbeit „The Physics and Mathematics of the Second Law of Thermodynamics“ zu finden.

Die Lieb-Yngvason-Theorie bietet eine einfache physikalische Interpretation der Entropie als ein Maß für die adiabatische Erreichbarkeit von Gleichgewichtszuständen thermodynamischer Systeme.

Da in diesem Konzept weder Temperatur (klassische Thermodynamik) noch wechselwirkende Teilchen (statistische Theorie der Wärme) benötigt werden, kann Entropie leichter als universales, mathematisches Prinzip verstanden werden. Eine Hinwendung zu Entropieaussagen um den Urknall herum erscheint mir jedoch nicht möglich, da die wichtigste Voraussetzung - Gleichgewichtszustände - im Universum nicht gegeben sind. Das gilt wohl auch für die Anwendung in der Biochemie, da hier allenfalls von Fließgleichgewichten gesprochen werden kann.

Statistische Komponenten der Entropie

Ludwig Boltzmann veröffentlichte um 1876, unabhängig von der Phänomenologie der klassischen Thermodynamik, eine modellhafte, mikroskopische Erklärung der Entropie. Es ist das die Statistische Theorie der Gleichgewichte, bekannt auch als Statistische Theorie der Wärme. Grundlage dieser Realitätserklärung ist eine atomistische Betrachtung von Gasen als Konglomerat von Massepunkten, nach

mechanistischen Gesetzmäßigkeiten. Dies entspricht dem klassischen Ansatz vor der Formulierung der Quantentheorie. Da zum Zeitpunkt der Ausarbeitung der Boltzmann-Theorie die atomistische Struktur der Materie noch im Dunkeln lag, ist diese revolutionäre Betrachtungsweise gar nicht hoch genug einzustufen.

Es ist anzunehmen, dass er dabei von folgender Überlegung ausging:

Welche Anzahl Ω von äquivalenten mikroskopischen Möglichkeiten gibt es, um ein makroskopisches System, z.B. ein Gas (aus nicht unterscheidbaren Teilchen) zu beschreiben?

Ein System, als makroskopischer Materiezustand gesehen, ist umso wahrscheinlicher bzw. die Entropie umso größer, je größer der Zustand der Nichtordnung, also der mikroskopisch gleichwertigen Zuständen in diesem Materiezustand ist. Nichtordnung ist wahrscheinlicher als Ordnung. Bezogen auf die Zahl von Mikrozuständen Ω , die diesen Makrozustand verkörpern, gilt: Die Entropie ist umso größer, je größer die Zahl Ω der äquivalenten Möglichkeiten ist. Ω steht dabei für die Zahl der Variationen nicht unterscheidbare Einzelteilchen des Systems (Atome, Moleküle) z.B. eines Gases räumlich in einem gegebenen Volumen anzuordnen, ohne dass der Makrozustand des Gases verändert wird. Die Größe von Ω steht letztlich für die Wahrscheinlichkeit des Makrozustandes, der bei großer Anzahl Ω von Mikrozuständen wahrscheinlicher ist als bei kleinem Ω .

Ludwig Boltzmann fand einen logarithmischen Zusammenhang von Entropie und der Wahrscheinlichkeit von Systemzuständen: Betrachtet man z.B. die Entropie von unabhängigen Systemen S_1 , S_2 und S_3 ..., so ergibt sich bei einer Vereinigung der Systeme die Gesamtentropie S_{gesamt} als Summe, da die Entropie eine extensive Größe ist:

$$S_{\text{gesamt}} = S_1 + S_2 + S_3 \dots$$

Jede der Einzelentropien S_1 , S_2 und S_3 ... entspricht gemäß der jeweiligen Anzahl ihrer Wahrscheinlichkeiten Ω_1 , Ω_2 und Ω_3 ... von Mikrozuständen, einem definierten Makrozustand.

S_1	proportional Ω_1	Makrozustand 1
S_2	proportional Ω_2	Makrozustand 2
S_3	proportional Ω_3	Makrozustand 3 usw.
usw.		

Die Gesamtwahrscheinlichkeit Ω_{gesamt} ist allerdings nicht additiv, sondern multiplikativ verknüpft, da die einzelnen Mikrozustände voneinander unabhängig sind. (Siehe Lehrbücher der Statistik, Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitsrechnung)

$$\Omega_{\text{gesamt}} = \Omega_1 \times \Omega_2 \times \Omega_3 \dots$$

Damit ergibt sich, dass die Verknüpfung von Entropie und Wahrscheinlichkeit logarithmisch³³⁷ sein muss. In diesem Fall wird das mathematische Symbol für den natürlichen Logarithmus (**Logarithmus naturalis**) verwendet.

$$S_{\text{gesamt}} = k_B \ln \Omega_{\text{gesamt}} \quad \text{Makrozustand } 1+2+3 \dots$$

$$S_{\text{gesamt}} = S_1 + S_2 + S_3 \dots = k_B \ln \Omega_1 + k_B \ln \Omega_2 + k_B \ln \Omega_3 \dots = k_B \times \ln (\Omega_1 \times \Omega_2 \times \Omega_3) \quad \dots$$

Aufsummiert und allgemein:

$$S = k_B \times \ln \Omega \quad (\text{Formulierung von Planck})$$

(Hier bezeichnen S die (statistische) Entropie eines abgeschlossenen Systems, d. h. eines mikrokanonischen Ensembles³³⁸ und k_B die Boltzmannkonstante)

k_B ist der Umrechnungsfaktor zwischen dem Wert der absoluten Temperatur in Kelvin und demjenigen in Joule:

$$k_B = (1,380658 \pm 0,000012) 10^{-23} \text{ J/K}$$

Der Wert für die Boltzmann-Konstante ergibt sich als direkte Folge der Festsetzung der Temperaturskala: Die Temperatur des Tripelpunktes von Wasser ist als genau $T_t = 273,160\text{K}$ definiert. Setzt man diesen Wert in die ideale Gasgleichung

$$PV = Nk_B T$$

ein und misst den Druck P, das Volumen V und die Stoffmenge N bei T_t , resultiert obiger Zahlenwert für k_B .

In den meisten thermodynamischen Beziehungen tritt nicht die Temperatur allein, sondern der Faktor $k_B T$ auf; dies resultiert daher, daß $k_B T$ proportional zur Energie pro Freiheitsgrad f eines Systems ist. <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/boltzmann-konstante/1844> (Zu $E = f k_B T$, siehe Plausibilitätsberechnung 1 und Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Am.d.V.)

Allerdings gibt es in den Arbeitspapieren Boltzmanns keine explizite Darstellung dieser Gleichung, wenn diese auch auf seinem Grabstein steht. Dass er den grundlegenden Zusammenhang allerdings erkannte, erhellt aus seinen Arbeitsunterlagen und aus einigen seiner Vorträge. Die endgültige Formulierung erfolgte vielmehr durch Planck, der Boltzmann zu Ehren auch die Konstante k_B eingeführt hat.

Ludwig Boltzmann hatte unter statistischen Voraussetzungen folgendes Prinzip gefunden:

Die Entropie S ist proportional dem Logarithmus naturalis („ln“) der Anzahl der möglichen Mikrozustände Ω (der Wahrscheinlichkeit), z.B. von Gas- oder Materie-Teilchen, die eine makroskopische, abgeschlossene Einheit repräsentieren. (In einem Kristall gibt es nur eine Möglichkeit. In einem Gas-Ballon bestehen

nahezu unzählige Möglichkeiten Gasmoleküle so anzuordnen, ohne dass der Ballon sich in seinen Eigenschaften für den Beobachter ändert).

Betrachten wir die denkbaren Grenzen der Entropie, die „0“ und „unendlich“ sein können:

Umformung: $S/k_B = \ln \Omega$

Potenzform: $e^{S/k_B} = \Omega$

Daraus folgt:

Wenn S gegen „unendlich“ geht, muss die Anzahl von Mikrozuständen Ω gegen „unendlich“ gehen.

Wenn S gegen „0“ geht, muss Ω gegen „1“ gehen. Es gibt dann nur einen und keine weitere unterscheidbaren Mikrozustände.

Ω ist die Wahrscheinlichkeit oder die Anzahl von unterscheidbaren Mikrozuständen, die ein System einnehmen kann.

Der Wert der Boltzmann Konstanten beträgt nach der aktuellen CODATA-Empfehlung³³⁹ :
 $k_B = 1,3806504(24) \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8,617343(15) \cdot 10^{-5} \text{ eV/K} = 0,6950387(59) \text{ cm}^{-1}/\text{K}$.
 (Sie ist nicht mit der Stefan³⁴⁰-Boltzmann-Konstanten³⁴¹ σ zu verwechseln (s.u.))

Ludwig Boltzmann fand damit die Verbindung zwischen phänomenologischer Entropie und Wahrscheinlichkeit bzw. Nichtordnung von atomistischen Strukturen.

Letztlich kommen beide so ganz verschiedenen Ansätze, der phänomenologische und der atomistische, zu gleichen Ergebnissen. Allerdings führt die atomistische, die auch als Statistische Theorie der Wärme bezeichnet wird, darüber hinaus zu tieferem Verständnis der phänomenologischen Beobachtungen. Sie kann z.B. zur Brownschen Molekularbewegung³⁴² oder der Entropie von Gasen am absoluten Nullpunkt Auskunft geben.

Ludwig Boltzmann stellte wie Clausius fest, dass die Entropie in isolierten, geschlossenen Systemen, und dem entspricht auch das Universum, immer wächst. Mathematisch bewies er das damit, dass die Wahrscheinlichkeit für Ordnung und damit die Abnahme der Entropie, verschwindend klein ist. In unserem Universum, als Ganzes betrachtet, ist kein Energie-Austausch mit „Außen“ möglich, da es kein „Außen“ gibt. Es gibt also kosmisch gesehen nur adiabatische Zustandsänderungen, da aus thermodynamischer Sicht Systeme von einem Zustand in einen anderen überführt werden, ohne Wärme mit der Umgebung

auszutauschen (isotherm) und selbst daher also wärmer oder kälter werden müssen. Die einzige Triebkraft, die bleibt, ist die Entropie und nur so lange wie diese steigt, können spontane Vorgänge ablaufen.

Ordnung

Überwiegend wird Entropie-Minderung als ein Synonym für Zunahme von Ordnung verstanden, was aber eine sehr menschliche also anthropogene Sicht beinhaltet. In diesem Sinn verstehe ich unter Ordnung nicht Anordnung, sondern einen willkürlichen, bewussten Gestaltungsakt.

Dieses Konzept ist, wie ich bereits im Abschnitt 1.1 erörtert habe, phänomenologisch missverständlich. Augenscheinliche Widersprüche sind bekannt, z.B. schwerkraftbedingte Entmischungsvorgänge von Mehrphasensystemen, die unter Entropie-Zunahme durch die Phasentrennungen zu scheinbar höherer Ordnung führen:

Kritik:

- Entmischte, "ordentliche" Zustände sind viel häufiger und damit wahrscheinlicher (Öl in Wasser, Milch, die gerinnt, Sedimentation): also Zunahme der Entropie?
- Ursache ist m. E. die Verminderung der Vielzahl der Phasengrenzen): also Abnahme der Entropie?
- Aber: Ist ein Mehrphasensystem wirklich "ordentlicher" als eine Mischung?

Man kann alternativ oder ergänzend zu dem Ordnungsprinzip, von der Unwissenheit über die Komponenten eines Systems ausgehen. (Siehe: <http://unendliches.net/german/entropie.htm>) Aber: es gibt m.E. nur Wissen oder Nichtwissen; Unwissen ist jedoch ein ebenso unklarer Begriff wie Unkosten. Man sollte das Wort Unwissenheit m.E. daher durch Erkenntnis- oder Kenntnisdefizit ersetzen. Am tragfähigsten dürfte allerdings sein, von dem Maß an Information zu reden.

Von welchen Informationen ist da die Rede?

Wohl von der des Betrachters, abgeleitet aus seiner Erkenntnisbasis. Das gilt in diesem Kontext vor allem für die retrospektive, wissenschaftliche Erkenntnislage. Entropie und Kosmos entfalteteten sich nach unserem Wissenschaftsverständnis völlig unabhängig von einem Betrachter. Die Existenz eines solchen Betrachters setzt aber einen Entropie-Zustand voraus, der von denkenden Wesen handelt, die Information verarbeiten können. Ein durchgängiges, ständiges Beobachten des Kosmos kann es daher nicht geben. Es hätte seit dem Urknall erfolgen müssen. Dafür gibt es keine Basis; sie ist vielmehr erst in den letzten

Sekunden der sehr langen kosmischen Existenz entstanden. Über die Zukunft kann nur gemutmaßt werden.

Ohne Zuschauer aber keine Drama; gibt es dann überhaupt ein Drama?

Wenn es keinen Zuschauer gibt, kann es zwar keine authentischen Information geben. Das kosmische Geschehen verläuft aber unbeirrt nach Naturgesetzen. Alles, was wir über diese Gesetze zu wissen glauben, haben wir sehr spät, wissenschaftlich, logisch und experimentell überprüfbar, in den letzten Jahrhunderten abgeleitet.

Man kann diese Argumentation aber relativieren: Wenn wir über Abläufe im Kosmos, z.B. über Entropie reden, tun wir das auf der Basis des rezenten Wissens und damit erarbeiteten mathematischen Formeln und Funktionen. Dazu rekonstruieren wir das Drama aus der Retrospektive. Daraus erhellt, dass unsere Informationen rückblickend, auf unvollständigen, zeitaktuellen Interpretationen beruhen, nicht aber auf absolutem Wissen über den Kosmos. Wir führen Beweise für die kosmische Entfaltung, zurück bis vor 13,8 Milliarden Jahren, mit Informationen, die wir aus unserer Psyche zugänglichen Konstruktionen, nach den Regeln von Ursache und Wirkung, ableiten.

Was ist mit dem Akt des Dramas, das wir nicht verstehen, also mit dem, was andere Erkenntnisfähigkeit anders bewerten würde? (s.a. oben: Anthropisches Prinzip)

Vollends ins Straucheln kann man kommen, wenn man noch die ungeklärte Komplexität der physiologischen Ebene der Erkenntnis einbezieht. Wie kommen Sehen, Hören, Fühlen usw. in unser Gehirn bzw. wie formen sie unser Bewusstsein? Wie kommt es zu kollektiv akzeptierter Erkenntnis?

Entropie-Minderung ist eine Voraussetzung für Leben. Leben hat dazu geführt, dass es Wesen gibt, die über Entropie und damit Ordnung reflektieren können. Entropie kann daher auch als Pfad zur Erkenntnis bzw. Kenntnis über die Ordnung eines Systems und seine Bestandteile angesehen werden (eine ganz anthropogene Sichtweise):

Je mehr Wissen über ein System verfügbar ist, umso geringer ist die Entropie und umso höher die mentale Ordnung im Beobachter. Die Erarbeitung und Speicherung dieser Ordnung hat aber zu einem ungleich höheren Entropie-Konterpart geführt.

Je höher das Erkenntnisdefizit (Nichtwissen) sein kann, umso höher ist die Entropie und umso geringer die Ordnung.

Ordnung liegt vor, wenn die Systembestandteile nur auf eine Art zusammengesetzt sind und in diesem Sinn von einem denkenden Wesen gestaltet und bewertet werden. Über ein geordnetes System kennen wir mehr Zusammenhänge als

über ein nicht geordnetes. Vom nicht geordneten System wissen wir nur, dass es aus vielen Varianten bestehen kann, aber nichts über die Varianten selbst.

Nehmen Sie als Beispiel 10 000 quadratische Puzzleteile, die als Lösung das Bild des Eiffelturms ergeben. Es gibt nur eine geordnete Darstellung des Eiffelturms.

Das Erkenntnisdefizit und damit die Entropie sind vergleichsweise gering.

Nehmen Sie nun an, man würde die 10 000 Teile in einen Eimer füllen und ausgießen. Das könnte man beliebig oft tun und bekäme immer wieder ein neues, meist geringfügig anderes Bild der Nichtordnung. Jedes Mal resultiert eine Variante von Plätzen und Orientierung für die Puzzleteile, über die man nichts weiß, da sie auf Zufall beruht. Wenn Sie nun so optimistisch sein sollten, dieses Vorgehen solange zu betreiben, bis von selbst wieder das komplette Bild des Eiffelturms entsteht, müssten Sie sehr, sehr lange warten. Es ist zwar nicht völlig ausgeschlossen, aber sehr unwahrscheinlich, dass Ihnen das vor dem Untergang des Sonnensystems gelingt. Es werden Myriaden von makroskopischen verschiedenen Spielteile-Konglomeraten entstehen, einfach weil sie möglich sind. Die hohe Ordnung des - einzigen, einmaligen - Eiffelturbildes mit 10 000 definierten Plätzen aus diesen Quadraten gibt es aber nur ein einziges Mal. Andererseits wissen wir so gut wie nichts über die Ordnung unserer 10 000 Bauelemente, nach dem z.B. ein millionsten Mal Ausgießen. Das Maß des Nichtwissens bzw. das Erkenntnisdefizit über jedes chaotische Konglomerat und die Entropie, sind sehr hoch.

Da sehr, sehr viele verschiedene Verteilungs-Situationen dieser 10 000 Spielquadrate möglich sind, ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass sich diese zufällig verwirklichen sehr, sehr hoch. (Brian Greene, 2004, S. 181) Gleichzeitig wissen wir so gut wie nichts Verbindliches über die chaotische Verteilung. Jede ist verschieden. Damit wird verständlich, dass Nichtordnung und Erkenntnisdefizit gegenüber Ordnung und Wissen sehr viel wahrscheinlicher sind.

Allerdings ist die oft in der Literatur benutzte Verknüpfung des Entropie-Begriffs der klassischen Thermodynamik, mit einem Ordnungszustand, aber auch problematisch. Der Begriff Ordnung ist in diesem Kontext, semantisch nämlich nicht leicht fassbar. Schon Im Hauptteil wurde dargestellt, inwieweit Begriffe von Symmetrie, die wir instinktiv, aber unberechtigt mit Ordnung verknüpfen, zu Verwirrung führen. Kann man die Elemente eines geordneten Systems nicht auch auf vielerlei unterschiedliche Art beschreiben? Eben diese Vorstellung ist falsch, denn es gibt nur eine einzige verbindliche Beschreibung. Jede Abweichung davon impliziert, dass mehr Variationen möglich sind und damit weniger Ordnung vorliegt.

Zur Verdeutlichung möchte ich in diesem Zusammenhang eine Fotografie anführen: Alles ist auf einer Fotografie eindeutig festgelegt, so komplex das Motiv auch sein mag. Ein geordnetes System wird durch die Fotografie definitiv eingefroren.

Entropie und Chemie

Von großer Bedeutung ist das Entropie-Konzept auch für die quantitative Beurteilung von chemischen Reaktionen. Wenn ich auf diesen Zusammenhang etwas näher eingehe dann deshalb, weil damit eine quantifizierbare Grundlage zum Verständnis des Phänomens Leben zu finden ist, die im Teil 2 beschrieben werden.

Auch hier ist wieder die alles beherrschende Größe:

Energie und ihre Entfaltungsvarianten

Man hat im 19. Jhdt. erkannt, dass die Reaktionswärme (genauer die Änderung der Reaktionsenthalpie ΔH) allein betrachtet, nur unzureichend darüber informiert, ob eine Reaktion spontan also von selbst abläuft. Vielmehr spielt eine zusätzliche Größe, welche die Spontanität einer Energieänderung berücksichtigt, eine wichtige Rolle. Diesen Sachverhalt berücksichtigt die Größe "Frei Energie ΔG ". ΔG ist diese um die Reaktionsenthalpie ΔH eines chemischen Umsatzes ergänzt zweite energetische Komponente: die mit T multiplizierte Entropie-Änderung ΔS .

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Die eine Komponente, die Reaktionsenthalpie ΔH , gemessen in kJ, sagt aus, welche Wärmetönung bei einer chemischen Reaktion vorliegt und steht damit für die Änderungen der Bindungsenergien. Die zweite energetische Komponenten T ΔS , erfasst die Ordnungsveränderung im Gefolge der Umgruppierung von Bindungsverhältnissen in Molekülen. Das ist die Änderung ΔS , der makroskopisch erfassbaren Entropie in den Einheiten kJ/K.

$$\Delta G \text{ (kJ)} = \Delta H \text{ (kJ)} - T \text{ (K)} \times \Delta S \text{ (kJ/K)}$$

In dieser Gleichung entspricht der T ΔS einer Energiegröße.

Erklärung:

$$\Delta G \text{ (kJ)} = \Delta H \text{ (kJ)} - T \text{ (K)} \times \Delta Q/T \text{ (kJ/K)}$$

$$\Delta G \text{ (kJ)} = \Delta H \text{ (kJ)} - \Delta Q \text{ (kJ)}$$

Alle drei Glieder sind also Energieterme.

$$\Delta G \text{ (kJ)} = \Delta H \text{ (kJ)} - T \Delta S \text{ (kJ)}$$

Die so erhaltene Gleichung sagt aus, ob eine Reaktion spontan abläuft oder nicht. ΔG wird die Triebkraft, oder im Angelsächsischen Freie Energie, oder Freie Enthalpie, oder Gibbsche Energie³⁴³, einer Reaktion genannt. (Dickerson/Geis, 1983, S. 305)

Diese thermodynamische Formulierung der Gibbschen Energie gilt allerdings nur, wenn der Druck konstant bleibt. Das sind die üblichen Reaktionsbedingungen, bei denen Umsetzungen z.B. bei Normaldruck verlaufen, also z.B. in offenen, drucklosen Reaktionsgefäßen.

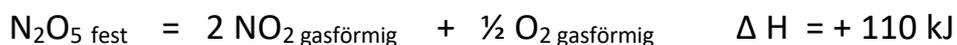
Laufen die gleichen Reaktionen in einem konstanten Volumen ab, also geschlossenen Reaktionsgefäßen, kann es zu Druckveränderungen und damit Arbeitsaufwand durch Volumenänderung kommen. Dann werden die thermodynamischen Zusammenhänge durch die Formulierung der Helmholtz Energie A erfasst:

$$\Delta A \text{ (kJ)} = \Delta U \text{ (kJ)} - T \Delta S \text{ (kJ)}$$

(U ist die Innere Energie)

Im Endeffekt muss ΔG einer Reaktion negativ sein, um Spontanität zu garantieren. Mit anderen Worten: Die Energie des Gesamtsystems muss abnehmen, da ja sonst kein Reaktionsantrieb, kein Energiegefälle vorliegt. Alle drei Größen können mit thermodynamische Methoden quantitativ erfasst werden (genauer: nicht die absolute Größe, sondern die Änderung, was durch Δ ausgedrückt wird), so dass damit auch quantitative Berechnungen und detaillierte Voraussagen ermöglicht werden.

So stellte man z.B. fest, dass der explosionsartige Zerfall von Distickstoffpentoxid N_2O_5 , pro Mol 110 kJ Reaktionsenthalpie verbraucht! Wer mit diesem Material zu tun hatte wird jedoch nicht bezweifeln, dass der Zerfall spontan abläuft. Ein Widerspruch? (Dickerson/Geis, 1983, S. 291)



Entscheiden ist, dass aus einem kristallinen Material, $N_2O_5 \text{ fest}$, mit vergleichsweise hoher Bindungsordnung, drei gasförmige Teilchen entstehen, die einer deutlich größeren Nichtordnung des Systems entsprechen. Diese entstehende Nichtordnung, gemessen als Entropie ΔS in J/K, ist bei dieser Reaktion mit -140 kJ größer als die Reaktionsenthalpie ΔH mit + 110 kJ, sodass gemäß folgender Funktion für die Freie Energie ΔG eine Triebkraft von -30kJ übrigbleibt.

ΔG	=	ΔH	-	$T \Delta S$
-30 kJ		110 kJ		-140 kJ
Freie Energie		Wärmeenergie		Energie zur Ordnungsgestaltung

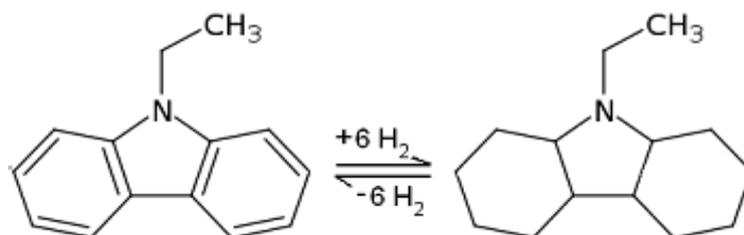
(Das negative Vorzeichen sagt aus, dass Energie frei wird, da das System diese Energie, -30 kJ, verliert. Die Thermodynamik nennt diese Vorzeichenregelung die systemegoistische Betrachtungsweise).

Die Reaktion findet deshalb statt, weil summarisch gesehen die Freie Energie abnimmt. Das Gesamtsystem verliert -30 kJ und geht damit in einen wahrscheinlicheren Zustand über. Schließlich bleibt ein Stein ja auch nicht in der Luft schweben, sondern fällt nach unten, in die erreichbar energetisch niedrigste und damit wahrscheinlichste Lage. Die Differenz von Wärmeenergie und Ordnungsenergie ist der Anteil, der als Freie Energie über die Spontanität der Reaktion entscheidet. Ganz allgemein gilt: Je negativer ΔG ist umso begünstigter ist eine Reaktion. Erreichbar ist das durch negatives ΔH , also exothermen Reaktionsverlauf oder positives ΔS , also Entropie-Erhöhung. Bei niedriger Temperatur bestimmt überwiegend ΔH das Geschehen. Bei hohen Temperaturen bestimmt ΔS den Verlauf; geordnete, symmetrische Strukturen brechen („schmelzen“) und Nichtordnung ist das Resultat. Erhitzt man z.B. ein Enzym, so verliert es seine Aktivität, da seine hochgeordnete Tertiärstruktur zusammenbricht. Es geht dann nur noch um Entropie-Zunahme. Ab einem kritischen, hohen Temperaturniveau resultiert die Dissoziation der Moleküle in Atome und bei noch höherer Temperatur Zerfall der Atome in Atomkerne und Elektronen.

Dieser Zusammenhang wird besonders transparent, wenn man sich chemische Reaktion, wie eine Hydrierung anschaut:

Beispiel: (Formelbild: Kopie aus WIKIPEDIA)

Konkret: N-Ethylcarbazol + 6 H₂ = Dodekahydro-Ethylcarbazol



Schauen wir uns die thermodynamische Grundgleichung an:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Wenn $\Delta S > 0$ ($\Delta S =$ positiv) ist, heißt das: Die Entropie wächst. Also muss die Ordnung abgenommen haben. Das ist z.B. dann der Fall, wenn die obige Gleichung von rechts nach links gelesen wird. (Aus Dodekahydro-Ethylcarbazol bilden sich 6 Wasserstoffmoleküle und 1 Molekül N-Ethylcarbazol)

Wenn $\Delta S < 0$ ist ($\Delta S =$ negativ, hier bitte daran denken, dass es sich um ein ΔS und nicht die absolute Entropie handelt, die nie kleiner als Null sein kann. Dieses ΔS drückt lediglich den Entropie-Unterschied zwischen Edukt und Addukt aus), heißt das: Die Entropie ist kleiner geworden. Daher muss die Ordnung zugenommen haben. Das ist z.B. dann der Fall, wenn die Gleichung von links nach rechts abläuft.

Es ist offensichtlich, dass in o.a. Beispiel, von links nach rechts die Ordnung zunimmt, da von 7 Reaktionspartnern (Edukten), davon 6 gasförmig, nur ein Produkt übrigbleibt. Die Entropie muss also abnehmen und die Ordnung zunehmen. Es gilt daher für diese Reaktion, dass der Entropie-Posten ($- T \Delta S$) durch negatives ΔS (die Entropie nimmt ab) positiv wird. Bei niedriger Temperatur ist dieser Entropie-Posten klein gegenüber der negativen Reaktionsenthalpie ΔH . Damit wird aber die Frei Energieänderung ΔG negativ und die Reaktion verläuft von links nach rechts.

Setzen wir das Reaktionssystem höherer Temperatur aus, steigt der Entropie-Posten. Die umgekehrte Reaktionsrichtung wird verstärkt durch die größer werdende Nichtordnung und damit steigende Entropie. Es gilt daher für diese Rückreaktion, dass der Entropie-Posten ($- T \Delta S$) durch positives ΔS negativ bleibt. Bei entsprechender Temperatur kann er aber die Reaktionsenthalpie ΔH übertreffen. Dann wird aber die Frei Energieänderung ΔG der Umkehrreaktion negativ und die Reaktion verläuft in umgekehrter Richtung von rechts nach links als Dehydrierung.

Bei jedem spontanen Vorgang, und das gilt auch für das weite Feld spontaner, chemischer Reaktionen, nimmt die Nichtordnung des Gesamtsystems immer zu.

Einige Entropie-Kriterien

Entropie kann, abgesehen von Energiebetrachtungen, allgemein als Maß der Ordnung, oder des Gleichgewichts, der Wahrscheinlichkeit, oder der Informationsdichte eines Systems, aber auch als Maß für die symmetrische, isotrope oder homogene Verteilung von Energie und Materie gesehen werden. Da aber alle Nichtgleichgewichte und Nichtgleichverteilungen, im Laufe der Zeit nach Wahrscheinlichkeit und Ausgleich streben - warm wird kalt, Gas verteilt sich, Farbe verteilt sich in Wasser usw. – beobachtet man, dass die Entropie immer steigt. Je größer, gleichmäßiger und nichtgeordneter eine Verteilung ist, umso höher ist die Entropie. Sie nimmt in einem abgeschlossenen System bei einem spontanen (irreversiblen) Prozess immer zu.

Versucht man eine Liste von Entropie-Kriterien aufzustellen, stößt man sich in der Literatur immer wieder an Vorsilben von Entropie-Substantiven. Es ist das die Vorsilbe „Un----“,

Entropie-Kriterien
mit und ohne die Vorsilbe „un....“

Niedrige Entropie	Hohe Entropie		Niedrige Entropie	Hohe Entropie
Geordnete Struktur	Zufällige Struktur		Viel Struktur	Wenig Struktur
Ordnung	Unordnung		Hohe Ordnung	Geringe Ordnung, Nichtordnung, Chaos
Gemeinschaftliches Verhalten	Statistisches Verhalten		Selbstorganisiertes Verhalten	Statistisches Verhalten
Unwahrscheinlich	Wahrscheinlich		Geringe Wahrscheinlichkeit	Hohe Wahrscheinlichkeit
Organisation	Regellosigkeit		Organisation	Regellosigkeit
Kristall	Gas		Kristall	Gas
Ungleichmäßige Verteilung	Gleichmäßige Verteilung		Unterschiedliche Verteilung	Gleichmäßige Verteilung
Gradient vorhanden	Kein Gradient		Gradient vorhanden	Kein Gradient
Ungleichgewicht	Gleichgewicht		Nichtgleichgewicht	Im Gleichgewicht
Hohe Erkenntnistiefe	Geringe Erkenntnistiefe		Hohe Erkenntnistiefe	Geringe Erkenntnistiefe
Hohe Informationsdichte	Geringe Informationsdichte		Hohe Informationsdichte	Geringe Informationsdichte
hohes Wissen	Unwissen		hohes Wissen	Geringes Wissen
Unsymmetrisch	Symmetrisch		Geringe Symmetrie	Hohe Symmetrie
Anisotropie	Isotropie		Anisotropie	Isotropie
Heterogen	homogen		heterogen	homogen

Tabelle 12: Entropie-Kriterien

Die Vorsilbe „un-“ bezeichnet im Deutschen nicht nur eine Verneinung, sie kennzeichnet auch etwas Negatives. Beispiele: Unkraut, Ungeist, Untat. Der Begriff Unkosten ist ein besonders einleuchtendes Beispiel: Unkosten gibt es nicht, es kann nur Kosten oder keine Kosten geben. Unkosten galten früher einmal als „schlimme, unangenehme Kosten“.

Klarer werden die Gegensätze m.E., wenn man diese Vorsilbe weglässt und dafür eine mehr wertende Bezeichnung benutzt. Das Problem einer solchen vereinfachenden Betrachtung, wie in Tabelle 10, will ich nicht herunterspielen. Wo ist der Nullpunkt, von dem aus wir die Phänomene beurteilen? Wo beginnen z.B. „Organisation“ und wo „Regellosigkeit“? Letztlich bleibt nur eine duale

Entscheidung: Man kann nur zwischen zwei gegebenen unterschiedlichen Zuständen entscheiden, für welchen Zustand, welche der beiden Spalten zutrifft und dann eine Art Gradmessung zuteilen. Diese verschwommene Begriffswelt erinnert an „Fuzzylogik“ die „*vor allem für die Modellierung von Unsicherheiten und Unschärfen von umgangssprachlichen Beschreibungen entwickelt wurde*“. (WIKIPEDIA) (Auch hier wieder das leidige „Un-“).

Entropie und Leben

Es ist von herausragender Bedeutung, dass Aussagen der Entropie nicht nur zur Erklärung von „einfachen“ thermodynamischen Fragestellungen, wie dem Verhalten von Wärmekraftmaschinen oder dem Verlauf von chemischen Reaktionen, sondern auch für weitere Wissensgebiete von grundsätzlicher Bedeutung sind. So ergeben sich aus diesem Konzept Antworten auf die Frage nach der Entstehung und dem Vergehen von Gestaltung im Kosmos (siehe: Abschnitt 1.1). Genauso ist es möglich Aussagen zu dem wohl elementaren Problem - wie ist Entstehung von Leben möglich (siehe: Teil 2) - zu erstellen.

Entscheidend ist die Erkenntnis, dass sich in jedem abgeschlossenen, isolierten System, die Gesamtenergie nicht ändern kann. Damit sind wir wieder bei der Energie, als dem "Beweger" aller Dinge angelangt.

Es gilt das o.a. Gesetz:

Nur solche Reaktionen können spontan ablaufen, bei denen die Freie Energie ΔG abnimmt. Dabei ist nicht nur die Reaktionsenthalpie, also die Wärmeentfaltung, sondern auch die sich einstellende Ordnung, verkörpert durch $T \Delta S$, zu berücksichtigen gemäß

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Man kann nun zwei extreme Situationen betrachten, in den jeweils entweder ΔH oder $T \Delta S$ keine Rolle spielen: (Dickerson/Geis, 1983, S. 310)

Ein rein mechanischer Vorgang, z.B. das Herabrollen eines Steins von einem Hügel ist mit keiner Entropie-Änderung (Ordnungsveränderung) verbunden. $\Delta S = 0$. Daher gilt

$$\Delta G = \Delta H$$

Die Spontanität ist nur von der potenziellen Energie bestimmt, die erniedrigt wird.

Wenn ein System abgeschlossen ist und kein Energieaustausch mit der Umgebung erfolgen kann, also ΔH gleich Null wird, gilt

$$\Delta G = - T \Delta S$$

Damit wird eine spontane Reaktion durch Abnahme der Freien Energie nur möglich, wenn die ΔS positiv ist, also die Entropie zunimmt. Dann wird ΔG negativ (minus mal plus = minus). Die Freie Energie nimmt ab, die Reaktion oder der Vorgang kann spontan ablaufen, die Ordnung wird geringer.

Denken Sie an das Beispiel des explosionsartigen Zerfalls von Distickstoffpentoxid (s.o.).

Dagegen kann ein Prozess bei dem ΔS negativ ist, also die Entropie abnimmt und damit ΔG positiv (minus mal minus = plus) wird, nur ermöglicht werden, wenn Energie zugeführt wird. Solche Reaktionen müssen durch Zufuhr von Energie erzwungen werden.

Dieser Zusammenhang ist für die Entstehung und den Erhalt von Leben von grundlegender Bedeutung. Nur bei genügender Energiezufuhr - für die Biologie ist dies das Wirken der Sonne - können auf der Erde Reaktionen mit Entropie-Erniedrigung, also Ordnungserhöhung erzwungen werden. Auf diesen Sachverhalt wird im 2. Teil ausführlicher eingegangen.

Bitte beachten Sie in diesem Kontext auch einige Gedanken, die ich unter dem Titel: Komplexität und Biodiversität vorgestellt habe.

Gesamtentropie

Zum Thema Entropie und Richtung wurden bereits einige Anmerkungen im Abschnitt 1.1 „Die Entropie strebt einem Maximum zu“, aufgeführt.

Da das Universum ein abgeschlossenes System angenommen werden ist, ohne ein „Außenuniversum“, von dem Energie übernommen werden kann, muss die Gesamtentropie des Universums immer steigen.

Denken Sie an die o.a. Formulierung für abgeschlossene Systeme, in denen $\Delta H = 0$ ist:

$$\Delta G = - T \Delta S$$

Damit werden spontane, also natürliche Abläufe nur möglich, wenn die ΔS positiv ist und damit die Entropie zunimmt.

In abgeschlossene Untersysteme, wie z.B. lebenden Zellen, getragen von biochemischen Reaktionsabläufen, kann die Entropie allerdings fallen, solange der damit verbundene Ordnungszuwachs durch noch größere Nichtordnung, also noch höhere Entropie im Zellumfeld, z.B. durch die Wasserentropie, mehr als kompensiert wird.

Die Physiker definieren Entropie u.a. als ein Maß für die Wahrscheinlichkeit von zeitlichen Veränderungen. Es ist unendlich viel wahrscheinlicher, dass zwei in Kontakt stehende Körper im Laufe der Zeit die gleiche Temperatur annehmen, als dass ein Körper wärmer und der andere kälter wird. Die Entropie kann somit numerisch nur zunehmen und gibt damit Richtung und Zeitentwicklung wie einen Zeitpfeil vor.

Der maximale Entropie-Wert unseres Universums ist noch nicht erreicht; es liegt kein Gleichgewicht vor. Noch sehr lange nicht. Das Gleichgewicht wird sich aber in den nächsten Milliarden und Milliarden Jahren einstellen; dann ist irgendwann der konstante, maximale, finale Entropie-Wert erreicht. Früher, im augenblicklichen Zustand und wohl auch noch für viele Milliarden Jahre, bestand und besteht aber noch ein Ungleichgewicht, das wohl jedermann sichtbar ist, der den Sternenhimmel beobachtet oder die Photographien der gigantischen Galaxienspiralen, aufgenommen vom Hubble-Teleskopen, studiert.

Die Entropie-Entfaltung gibt die Richtung allen Geschehens in ausschließlich zukunftsorientierter, nicht umkehrbarer Weise vor. Alles, was im gesamten Weltall geschieht, wird dabei umfasst. Jede Veränderung, ob auf der kosmischen oder der galaktischen Ebene, ob irgendwo im Sonnensystem oder in Rahmen der Evolution unserer Erde, ob eine Atombombe gezündet wird oder ob ein Kind auf die Welt kommt. Alles wird vom Anfang bis zum Ende von der mit der Zeit unweigerlich zunehmenden Gesamtentropie beherrscht. Wenn wir die Gesamtentropie des Kosmos messen könnten, würde die Messung mit dem höheren Entropie-Wert eindeutig dem längeren Zeitfortschritt entsprechen.

Entropie und Zeit weisen einen parallelen Verlauf auf, der uns aus der Erfahrung heraus vertraut und völlig normal erscheint. Diese vermeintliche Normalität kann man allerdings in Frage stellen (s.o. Entropie und Zeitpfeil).

Jeder Versuch, einen vergangenen, spontan eingetretenen natürlichen Zustand wieder herzustellen, ist von weiterer Entropie-Erhöhung begleitet: Nehmen Sie ein Glas, das vom Tisch gefallen ist und versuchen Sie es wieder in den alten Zustand zu überführen. Suchen Sie die Teile zusammen, und stellen Sie die alte Form, die alte Ordnung, in einer Art Puzzle, wieder her. Verkleben Sie die Splitter oder beauftragen Sie einen Glasbläser, es durch Zusammenschmelzen wieder in die alte Fassung zu überführen. Für all diese Aktivitäten verbrauchen Sie Energie, die Ihr Körper durch „Verbrennen“ von Nahrungsmitteln bereitstellen muss. Dabei kommt es, u.a. wegen der Unmöglichkeit die gesamte Nahrungsmittelenergie in das Adenosintriphosphat Ihrer Körperenergie (s.u.) zu überführen, zu Verlusten in Form von ca. 60 % Körperwärme. Der Glasbläser braucht eine sehr heiße Flamme, usw. Die meiste Wärme geht ungenutzt in die Atmosphäre verloren, nur ein Teil dient dem Zusammenschmelzen der Scherben. Sie sehen, viel ungenutzte Energie und damit Entropie Anstieg.

Der Entropie-Begriff ist ein Konzept des menschlichen Geistes zur Naturerfassung. Man muss wohl akzeptieren, dass Natur, identisch mit Leben, zwar nicht offensichtlich einsehbar, aber doch elementar und allgegenwärtig von beiden Antipoden Ordnung und Nichtordnung also Chaos, beherrscht ist. Leben ist eine Folge von unwahrscheinlichen Ordnungsprozessen und erzeugt selbst weitere Ordnung.

Der aus menschlicher Sicht wichtigste Vorgang, der Ordnung erzeugt, ist die Evolution. Sie ist m.E. ein weiterer Teilaspekt der Entropie. Beide verlaufen zeitparallel, allerdings gegenläufig. Die Evolution schafft neue Ordnung und senkt damit in ihren lebenden Schöpfungen punktuell die Entropie. Um diese lebende Schöpfung herum steigt die Nichtordnung allerdings so, dass die Gesamtentropie tatsächlich steigt.

Wie kann man sich den Anfang der Entropie vorstellen? Was vor dem anzunehmenden Urknall gewesen sein könnte, ist reine Spekulation. Der Urknall selbst muss dementsprechend als ein extremes Energiemaximum angesehen werden und spaltet sich, infolge von Symmetriebrüchen, in nicht nutzbare Energie und die vier energetische Naturkräfte. Entropie muss daher ein Phänomen sein, das mit diesen vier Naturkräfte und der nicht nutzbaren Energie in Verbindung zu bringen ist.

Direkt nach dem Urknall, als starke, elektromagnetische, schwache und gravitative Kraft noch in einer Urkraft vereinigt waren, muss Entropie zumindest latent eine Rolle gespielt haben bzw. ihr Grundgedanke anwendbar sein. Erst nach den Milli-Milli-Sekunden, nach den Symmetriebrüchen, als die Entfaltung in starke, elektromagnetische, schwache Kraft und gravitative Kraft eintrat, sollte sie infolge von Energieverlusten in Form nicht nutzbarer Energie, sehr, sehr kurzzeitig auf ein Minimum geschrumpft sein.

Heute wird unser irdisches Dasein ganz überwiegend von einer dieser vier, der elektromagnetischen Kraft, bestimmt. Wenn auch mal ein Flugzeug, infolge der gravitativen Kraft, vom Himmel fällt, wird unser gesamtes Dasein doch von der elektromagnetischen Kraft im Zusammenwirken der Atome dominiert.

In diesem Kraftfeld spielt sich unser Leben ab. Chemische Elemente, mit ihren differenzierten Eigenschaften infolge ihrer von Atomkernen abhängigen Elektronenhüllen, sind die Materie gewordenen Spielbälle dieser elektromagnetischen Kraft. Vielleicht ist das auch die Antwort auf die Frage nach der Entropie vor den Symmetriebrüchen. Davor wird die Betrachtung rein formal, mathematisch und kann sich nicht auf eine stoffliche Basis beziehen. Zum zeitlichen Aspekt s.u.

Große Fragen bleiben: Die Entropie, die Nichtordnung, wächst ständig. Was ist der Endpunkt dieses Wachstums, dieses Clausiusschen Maximums? Gibt es eine stoffliche, oder energetische Größe, die diese Nichtordnung in irgendeiner Weise repräsentiert? Offensichtlich ist für uns, dass letztlich alles Strukturelle, jede Ordnung und jedes Potential nivelliert werden. Wie aber wird das bezahlt?

Kann die Nullpunktsenergie vor dem Urknall bzw. nach dem Weltende in irgendeiner Weise mit Entropie oder dem Clausiusschen Entropiemaximum in Verbindung gebracht werden?

Wenn wir uns eine große Waage vorstellen und auf die eine Waagschale die Energie des Urknalls legen, müssen wir zum Ausgleich, auf die andere Schale alle Galaxien mit ihren diversen Ordnungselementen legen und zusätzlich, die in den letzten 13,8 Milliarden Jahren in den Kosmos abgestrahlte, nicht nutzbare Energie. Wir wissen, dass auf der zweiten Waagschale ein ständiger Wandel stattfindet, obwohl die Waage im Gleichgewicht verharrt: Galaxien zerstrahlen durch gravitative bewirkte Kernfusion zu elektromagnetischen Feldern. Ordnung wird zu Energie. Die Gesamtenergie des Alls ist konstant; die o.a. Waage verharrt im Gleichgewicht: ein Nullsummenspiel.

Bei allen Entropie-Betrachtungen ist festzustellen, dass es im Fall einer lokalen, punktuellen Entropie-Erniedrigung immer auch zu einer Erhöhung der Gesamtentropie kommt. Es wird der Teil, der einer solchen Entropie-Erniedrigung entspricht, mehr als übertroffen in Form der Gesamtentropie:

$$\text{Gesamtentropie} > \text{punktueller Teilentropie}$$

Oder:

$$\text{Gesamtentropie} - \text{punktueller Teilentropie} > 0$$

D.h. aber, dass es keinen Vorgang gibt, in dem beide gleich sind.

Es besteht hier ein ursächlicher Zusammenhang, der quantifizierbar sein sollte. Vieles spricht dafür, dass es außer der uns bekannten Energieform noch Dunkle Energie gibt. Gibt es einen Zusammenhang von Entropie, nicht nutzbarer Energie und Schwarzer Energie?

Zeit

Es wurde schon darauf hingewiesen, dass die Zunahme der Gesamtentropie in geschlossenen Systemen und die Zeit parallel verlaufen. In einer nicht selbstverständlichen Weise sind sie miteinander verknüpft. Wenn man die Entropie direkt nach dem anzunehmenden Urknall, sinnvoll erst ab 10^{-43} sec also der Planckzeit, vor den Symmetriebrüchen hinterfragt, muss man auch nach der Zeit an sich fragen. Vernünftig dürfte die Annahme sein, dass sich die Raum-Zeit erst nach dem Urknall als Kontinuum definieren lässt. Hat es zuvor keine Zeit gegeben? Dann ließe sich auch keine Entropie formulieren, denn beide scheinen miteinander elementar verknüpft zu sein. Viel spricht dafür, dass Zeit tatsächlich erst mit dem Urknall als Raum-Zeit-Kontinuum zählt. Was sollte zuvor anderes dagewesen

sein als das "Nichts" der Nullpunktsenergie; es sei denn man definiert einen überirdischen Urheber.

Zeit ist die unablässig fließende, individuell gefühlte, gerichtete Verknüpfung von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Tag- und Nachfolge machen sie phänomenologische allgegenwärtig. Vergangenheit und Zukunft sind Komponenten, die sich der Realität der Gegenwart, dem Greifbaren und Fühlbaren völlig entziehen. Sie existieren nur als eigene Erfahrung bzw. Erwartung in unserem Bewusstsein, letztlich in der grauen Masse von vielen Milliarden Zellen unseres Gehirns und natürlich auch in all den Milliarden rezenter Gehirne unserer Mitmenschen. (Siehe auch Überlegungen von Aurelius Augustinus³⁴⁴: „*Was also ist Zeit? Wenn mich jemand danach fragt, weiß ich es immer noch, kann es aber nicht erklären*“). Vergangenheit und Zukunft sind wie lebendige Träume in denkenden Individuen. Vergangenheit ist subjektive Erinnerung aus der Gegenwart heraus. Oft ist sie durch falsche Wahrnehmung und Fehlinterpretation getrübt. Aber, sie ist zumindest in groben Zügen festgelegt und nachempfindbar.

Zukunft entspricht der persönliche Erlebniserwartung, extrapoliert aus der Vergangenheit und dem Jetzt, getragen von Hoffnungen. Im Gegensatz zu Vergangenheit gibt es keine verifizierbare Aussage, was die Zukunft bereit hält; wenn man einmal von kosmischen Ereignissen absieht. Das resultiert aus den irdischen, chaotische Umständen, die uns unübersehbar dominieren.

Die Gegenwart, das „Jetzt“, ist der komplexeste Begriff, der sich wie die Spitze einer sehr dünnen Nadel darstellt, aber dem Realen am nächsten kommt. Je mehr wir diese Spitze unter die Lupe nehmen, umso feiner finden wir sie. Sie wird zu einem infinitesimalen Element. Der Abstand von Vergangenheit und Zukunft, das „Jetzt“, ist nicht wirklich mess- und greifbar. Scheinbar nahtlos gehen beide, bis auf diesen nicht fassbaren Hauch des „Jetzt“, der aber ganz und gar vom Erkennen dieser drei Komponenten abhängt, ineinander über. Je mehr ich mich darauf konzentriere, das „Jetzt“, der Situation, in der ich diese Zeilen schreibe zu fassen, umso bewusster wird mir, dass ich ständig zwischen Vergangenheit und Zukunft pendele. Ich schreibe z. B. das Wort „Zukunft“, also einen Begriff, der mir erwartungsvoll durch den Kopf geht, und der in die Zukunft zielt, wenn ich beschließe ihn wirklich niederzuschreiben. Aber schon beim Niederschreiben des ersten Buchstabens, des „Z...“, sehe ich in die Vergangenheit, in der ich dieses Wort gedacht habe. Irgendwo dazwischen muss mein persönliches „Jetzt“, und dessen Erleben liegen. Das „Jetzt“, ist allenfalls vergleichbar mit einer Fotografie. Deren physikalisches Entstehen muss als endlich angesehen werden, ganz in Abhängigkeit von der Belichtungszeit. Sie kann die Gegenwart in dieser Erkennens-Abhängigkeit von der Erkennens-Dauer festhalten. Die Gegenwart kann ich zeitlich immer kürzer fassen, in dem ich die Belichtungszeit weiter und weiter verkürze. Jede Verkürzung dieser Belichtung, wird den Verlauf eines Vorgangs zeitlich immer genauer eingrenzen. Irgendwann ist aber kein

Abbild und damit Gegenwart mehr zu erreichen, da durch die Kürze der Blendenöffnung, keine Belichtung mehr eintritt. Die fotografische Gegenwart ist dann nur noch eine Funktion von Zeit und Licht oder besser ausgedrückt von Zeit und Energie.

Unter diesem Blickwinkel wirkt sich Gegenwart, das „Jetzt“, aber auch auf die Dauer von Vergangenheit aus. Je genauer, d.h. kürzer ich die Gegenwart erfasse, umso länger wird die Vergangenheit.

Jedoch wird die Zukunft von dieser Unschärfe der Gegenwart nicht erfasst, da der Zeitpfeil nur in die Zukunft weist, von der man nichts wissen kann.

Ich stelle mir allerdings vor, dass bei einer Reduzierung der Gegenwart, des „Jetzt“, auf die Planckzeit von 10^{-43} sec, der Zeitpfeil keine Richtung mehr vorgibt, da Zeit dann zu einer Konstanten wird und damit Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft verschwinden.

Carlo Rovelli hat in seinem Buch „Die Ordnung der Zeit“ (Rovelli, Die Ordnung der Zeit, 2018, S. 39) einen grundsätzlichen anderen Gedanken eingebracht, der auf Einstein zurückgeht und von der informationstechnischen Seite bestimmt ist. Kein Signal kann schneller als mit Lichtgeschwindigkeit weitergegeben werden. Mein „Jetzt“ ist also mit dem „Jetzt“ auf einem um Lichtjahre entfernten Stern nicht vergleichbar. Man muss von einer „ausgedehnten Gegenwart“ (*der Gesamtheit der Ereignisse, die in raumartigem Abstand von hier liegen*) ausgehen. Es gibt kein gemeinsames „Jetzt“ da mein „Jetzt“ immer um einen messbaren Zeitabstand von dem „Jetzt“ eines mit mir kommunizierenden Menschen verschieden sein muss.

Ich möchte das an einem einfachen Rechenbeispiel erklären:

Nehmen wir an ich würde mit meinem auf den Mars geflogenen Sohn über seinen Geburtstagstermin reden.

Fakten	Lichtgeschwindigkeit	300 000 km/sec
	Mittlere Entfernung	227 Million km
	Signaldauer	$227 \times 10^6 / 3 \times 10^5 =$
		$75,66 \times 10^1 =$
		76 0 sec = ca. 13 Minuten,

Wenn ich also meinen Geburtstagsgruß per Funk also mit Lichtgeschwindigkeit abschicke (Jetzt des Vaters), wird er meinen Sohn erst in 13 Minuten (Jetzt des Sohns) erreichen. Mein „Jetzt“, liegt für ihn dann schon 13 Minuten in der Vergangenheit. Wenn wir beiden versuchen diese Zeitdifferenz auszugleichen, indem ich ihm in meinem Gruß mitteile, dass er bitte bedenken soll, dass der Gruß 13 Minuten alt ist, muss er konstatieren, dass er damit in **seiner Vergangenheit** blickt.

Wenn ich ihm meinen Gruß 13 Minuten vor seinem Geburtstagstermin abschicke wird er aus meiner Sicht zwar termingerecht eintreffen, sobald er ihn aber liest, differiert mein „Jetzt“, um 13 Minuten von seinem „Jetzt“, das dann 13 Minuten in **meiner Vergangenheit** liegt.

Ganz grundsätzlich gilt diese Aussage für jede Art von Kommunikation. Man kann also davon ausgehen, dass mein „Jetzt“ absolut einmalig ist da es immer eine messbare Entfernung zwischen Kommunikanten gibt. Ich denke, dass diese Diskrepanz dann endet, wenn diese Messbarkeit nicht mehr möglich ist. Dieser Fall tritt ein, wenn nur noch die die Planckzeit von 10^{-43} sec bleibt. Wie gesagt (s.o.) verschwinden dann die Unterschiede von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Diese Zeitspanne ist aber lediglich für das Innere von Atomkernen relevant. *(Die Planck-Zeit ist eine Planck-Einheit und beschreibt das kleinstmögliche Zeitintervall, für das die bekannten Gesetze der Physik gültig sind. Sie ergibt sich aus der Zeit, die Licht benötigt, um eine Planck-Länge zurückzulegen und eine theoretische Zustandsveränderung zu bewirken. Benannt wurde sie nach Max Planck. Wikipedia)*

Und was geschieht bei Überlichtgeschwindigkeit, z.B. in der Inflationären Phase des Urknalls? (<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/%DCberlichtgeschwindigkeit.html>). Dann geht es aber nicht mehr um Relativgeschwindigkeiten, für die ja die allgemeine Relativitätstheorie steht. Das „Jetzt“ nähme endlichere Formen an. Wir kämen uns sozusagen alle ein bisschen näher.

Man kann diese Probleme auch auf ganz einfache Weise umgehen, wie es die Astrologen tun, indem sie keine maximale Geschwindigkeit akzeptiert. Alles geschieht instantan. Mein „Jetzt“ und das „Jetzt“ meines Sohns auf dem Mars sind dann identisch. Nur dann wäre es vorstellbar, dass die Gestirne unser Leben beeinflussen. Was dazu zu sagen ist, habe ich im Abschnitt 1.1.1 formuliert.

Wie bereits ausgeführt, gilt im mikroskopischen Bereich z.B. auf der Ebene von chemischen Reaktionen oder Gasen, das Prinzip der Mikroreversibilität. Wenn man die Moleküle eines Gases sehen könnte, wäre eine Entscheidung, ob ein Zeitrückschritt oder ein Zeitfortschritt vorliegt, aus deren Translations-Bewegung nicht möglich. Eine chemische Reaktion beispielsweise, beinhaltet stets das Potential sowohl vorwärts als auch rückwärts laufen. Die Gleichgewichtslage ist allerdings unterschiedlich.

Immer ist Bewegung mit einem Vorher und Nachher, also Zeit, verbunden. Das erinnert an Vergangenheit und Zukunft. Bewegung wiederum setzt Raum voraus. Bewegung im Raum benötigt Zeit. Im Mikrokosmos ist allerdings nicht evident, ob es sich bei einer Bewegung von Einzelteilchen um zeitliches Vorwärts oder Rückwärts handelt und damit auch nicht, ob die Zeit voran oder zurück schreitet. Grund dafür ist, dass man auf dieser Ebene nur chaotische Bewegung wahrnehmen kann, ohne jegliche makroskopische Information. Denken Sie an die Brownsche Molekularbewegung bei konstanter Temperatur. Alle mikroskopischen Bilder einer solchen Situation sind gleich chaotisch. Keines der Bilder zeigt eine geänderte Wahrscheinlichkeit oder Symmetrie. Da man folglich keinem Bild eine Entropie-Änderung zuordnen kann, entfällt das Zeitkriterium, das ja geringere vor größerer Entropie definiert.

Bereits im Abschnitt 1.3.2 Interpretationen zur kosmischen Entropie-Entfaltung aus der Literatur, habe ich auf folgenden Zusammenhang hingewiesen:

Auf mikroskopisch atomarer Ebene sind fast alle Teilchen sozusagen morphologisch und zeitlich absolut gleich.

Das gilt nicht für instabile, radioaktive Teilchen, die im Laufe der Zeit - Alterung - ihre Masse und Ordnungszahl ändern. Auf diesem Weg verlaufen eindeutig zukunftsorientierte mikroskopische Vorgänge. Die instabilen radioaktiven Entitäten sind insofern Beweise für den Zeitpfeil auf atomarer Ebene. So sehen wir z.B. in der Uran-Radium-Reihe, der natürlichen Zerfallsreihe des Uranisotops ^{238}U , einen hochkomplexen zeitanalogen Wandlungsprozess. Es gelingt jedoch nicht diesen Verlauf für das einzelne Atom zu beobachten, da für dessen zufallsgesteuerten Zerfall ja nur statistisch erfassbare Halbwertszeiten gelten. Theoretisch werden wir z.B. für ein einzelnes ^{234}Th -Atom, das erste Zwischenprodukt nach ^{238}U , nicht die Halbwertszeit von 24,10 d beobachten. Es kann sein, dass wir diesen Vorgang sofort oder erst nach 1000 Jahren für ein ausgewähltes Einzelatom registrieren. Nur für eine statistisch relevante Menge ist eine Angabe der Halbwertszeit möglich. Aber dieser elementare, nur statistisch erfassbare Vorgang weist auf einem Alterungsprozess hin, der absolut unumkehrbar ist. Die emittierten α - und β -Teilchen werden sich nicht wieder in das stabile Endprodukt der Zerfallsreihe einlagern und zum radioaktiven Ausgangsprodukt zurückführen. Wenn wir lange genug warten, sehen wir sogar auf makroskopischer Ebene, dass ^{238}U zu stabilem ^{206}Pb gealtert ist.

Wenn wir die Situation nach dem Wirken der vier Urkräfte einstufen, ergibt sich ein grundlegender Unterschied:

Für die Abläufe zwischen und in Atomen und Molekülen, ist die unendlich weit reichende, anziehende und abstoßende Elektromagnetische Wechselwirkung aktiv, bzw. die ausschließlich anziehend wirkende Gravitation. Für den radioaktiven β -Zerfall wirkt dagegen ganz überwiegend die nur 10^{-18} Meter weit reichende, anziehende und abstoßende Schwache Wechselwirkung (Vaas, 2013, S. 39). Wenn dieser Größenbereich durch das emittierte Teilchen verlassen wurde, gibt es kein Zurück mehr. Eine zeitliche Abfolge, die in die Zukunft weist, läuft ab diesem Verlassen wie ein Uhrwerk. Die schwache Wechselwirkung ist die einzige, die die Symmetrie der Naturvorgänge gegenüber einer Spiegelung des Raums, einer Umkehrung der Ladung oder **der Zeitrichtung** verletzt.

Nach dem o.a. beschriebenen Ablauf von radioaktiver Entfaltung, könnte die Schwache Wechselwirkung eine ausschließlich in die Zukunft orientierte Größe sein und dem Ablauf der permanenten Entropie-Erhöhung folgen. Rein plausibilitätsorientiert klingt das zumindest vernünftig, denn bei einem radioaktiven Zerfall wird ein stabileres, energieärmeres und damit wahrscheinlicheres Potential erreicht. Man kann sicher auch getrost von abnehmender Ordnung sprechen.

Wie bereits angeklungen (s.a.: 3.1.1) gibt es eine weitere eindeutige Vorgabe des Zeitpfeils: WIKIPEDIA sagte dazu: *Anders als bei allen sonstigen durch die Quantenmechanik oder die Relativitätstheorie beschriebenen Vorgängen ist es prinzipiell nicht möglich, dass die Entstehung, das Wachstum und die Auflösung eines Schwarzen Loches in umgekehrter Reihenfolge passieren. Das bedeutet, dass diese Vorgänge durch einen eindeutigen Zeitpfeil ausgezeichnet sind.*

Ich versuche mir das wie folgt für meine makroskopische Situation klarzumachen:

Ich befinde mich völlig allein, in jeder Beziehung abgeschirmt, in einem schwarzen Raum. Ich versuche mit meinen Sinnen herauszufinden, ob etwas geschieht. Ich sehe, höre, fühle, schmecke und taste nichts. Ich bin informationslos. Steht die Zeit still? Ich kann es nicht entscheiden, wenn ich einmal von meiner körperlichen Befindlichkeit, Atemzug auf Atemzug, Puls, Hunger, Durst usw. absehe.

(Das allerdings geht nicht. Ich registriere unausweichlich nebenbei meine Körperfunktionen und es besteht kein Zweifel, dass Zeit existiert und dass sie voranschreitet). Ich fühle, wie auf meiner Hand eine Fliege entlang krabbelt. Gottseidank, es gibt Veränderung, es gibt Zeit. Mit Information ist die Situation eindeutig, da Informationsänderung mit Entropie-Änderung verbunden ist.

Dass dieser Gedankengang eigentlich schon sehr alt ist, wurde mir beim Lesen von Carlo Rovellis Buch: „Die Ordnung der Zeit“, ab Seite 58 (Rovelli, Die Ordnung der Zeit, 2018) bewusst. Gemäß Rovelli hat Aristoteles seine Definition von Zeit an die Vorstellung gebunden, dass „*Zeit nur das Maß der Veränderung*“ ist. Wo sich nichts verändert gibt es keine Zeit. Diese Definition setzt m.E. die Gegebenheit von Bewegung bzw. von Raum – ob ein oder mehrdimensional – voraus, denn eine Veränderung hinterlässt immer kausale Spuren: Vorher – nachher: Ein Wechselvorgang. M.E. muss man aber den äußerst vielschichtigen Begriff der Veränderung in diesem metaphysischen Dunstkreis eingrenzen. Veränderungen können z.B. auf mentaler Ebene, ohne mess- oder sichtbare Außenwirkung eintreten. Transparent wird die Argumentation des Aristoteles für mich erst, wenn man mit Veränderung auch Bewegung, im Sinn von Heisenberg „Die Energie ist das alles Bewegende“ verknüpft. Erst die Bewegung schafft einen klaren Bezug zu Raum und ist messbar. Eine prinzipiell andere Idee favorisierte Newton, der seine Mechanik auf dem absoluten Zeitgedanken aufbaut, dass „*Zeit vergeht, auch wenn sich nichts verändert*“.

Einstein hat diese beiden Ansichten in seinen Relativitätstheorien auf nicht unmittelbar einsichtige Weise vereinigt, indem er das Vorhandensein von Raum und Zeit in seiner *Raumzeit* (s.o.), die letztlich ein Gravitationsfeld ist, untrennbar verknüpfte. *Raumzeit existiert auch ohne Materie, Raum und Zeit sind reale immer miteinander verknüpfte Erscheinungen.*

M.E. sind diese Zusammenhänge nicht einfach bzw. selbstverständlich. Ich sehe darin vor allem eine anthropogene Unterstellung. Die Diskussion wäre ohne den Menschen nicht möglich. Unser Bewusstsein hat sie sozusagen losgetreten. Es sei denn, sie wird von außerirdischer Intelligenz an anderer Stelle geführt. Insofern entspricht das der Newtonschen Vorstellung, denn wie an anderer Stelle ausgeführt, sind wir erst seit einigen tausend Jahren überhaupt in der Lage den Zeitgedanken durchzuspielen. Ganz offensichtlich ist aber sehr lange davor schon einiges im Universum geschehen, sonst würde dieses Buch noch sinnloser. „*Zeit vergeht also, auch wenn sich nichts verändert*“? Dem war aber nie so. Unübersehbar hat sich ständig etwas verändert und tut das auch permanent. Wir können diese Vorgänge sogar messen. Unübersehbar nimmt die Unordnung der Welt und des Universums ständig zu womit wir im Sinn der Entropie eine zusätzliche Argumentationshilfe für die Realität der Zeit in Händen halten.

Ist voranschreitende Zeit für Lebewesen nicht auch unweigerlich gekoppelt an Ordnung schaffendes Zählen, an Puls-, Tages-, oder Jahresrhythmen? Schon sehr früh muss unseren Hominiden-Vorfahren dieses Empfinden von unaufhaltsamer Zukunft bewusst gewesen sein. Um ihr nicht einfach ausgeliefert zu sein, haben sie die Periodizität des Mondes und der Sonne in Worte gefasst, sich Zählworte und Zahlensysteme geschaffen und damit die Zeit für sich geordnet. Sprache entstand.

Grenzen der Zeit im Mikrokosmos:

Mikroreversibilität stellt im Prinzip eine an sich zeitsymmetrische Situation dar. Offensichtlich ist die makroskopische Situation aber nicht mehr zeitsymmetrisch, denn es hat sich eine Vorzugsrichtung etabliert, die ich einfach „Zeit“, oder differenzierter „Zeitfortschritt“ nenne und damit unsere vertraute, unumkehrbare Zeitsituation meine.

Was wäre, wenn sich die umgekehrte Situation eingestellt hätte? Wäre das permanenter Zeitrückschritt? Rückschritt wohin? In den Urknall? Zeitrückschritt hätte zu so paradoxen Effekten geführt, wie sie Hawking beschreibt. (Hawking, November 2004, S. 182):“..... *Leben würde dann aus dem Ende zum Anfang führen. Tot wäre der Anfang, Geburt das Ende?.....* „

Oder ist es so, dass in der makroskopischen Situation, die aus Milliarden von Milliarden von Mikrozuständen besteht, sich in Summe der Zeitfortschritt und der Zeitrückschritt der Mikrosituationen nicht einfach aufgehoben haben. Letztlich muss es ja eine Erklärung für diese Entwicklung geben, die m.E. die Wahrscheinlichkeit von makroskopischen Zuständen begründet. Wenn man von einer gewissen Zahl von mikroskopischen Zuständen ausgeht, die zeitsymmetrisch sind, wird die Wahrscheinlichkeit, dass beim Hinzufügen vieler weiterer solcher Zustände immer noch volle Zeit-Symmetrie besteht, immer geringer. Das Ganze wird immer labiler. Irgendwann ist der Punkt erreicht, wo ein Zurück in die Symmetrie nicht mehr möglich ist, weil sich der wahrscheinlichere Trend, die Nichtordnung, durchsetzt. Das ist dann der Punkt, an dem m.E. die Zeit in unserem Sinn und damit die Entropie ihren Anfang nehmen. Anderenfalls hätte das wohl zu einer Situation des "Nichts" geführt. Der Zeitfortschritt hat die Oberhand behalten.

Das klingt plausibel, lässt aber viele Fragen offen. Wann ist das geschehen?

Kam es zu dieser Entscheidung in einem sehr frühen Stadium z.B. in oder nach dem anzunehmenden Urknall, also der Entstehung der Raum-Zeit? Anderenfalls müsste sich diese Entscheidung ja heute noch und in nahezu unendlicher Folge bei jeder Materieanhäufung vollziehen, was natürlich völlig unwahrscheinlich ist. Resultiert Zeit aus einem Symmetriebruch?

M.E. spielt in diesem Kontext die Temperatur eine entscheidende Rolle. Eine an sich mikroreversible chemische Reaktion, ist über die Aktivierungsenergie temperaturabhängig, verläuft zudem in die Richtung einer Verringerung der Freien

Energie. Damit ist der Zeitpfeil wirksam. Ein Gas ist umso „beweglicher“ je höher die Temperatur ist. Die Mikroreversibilität erstarrt bei tiefer Temperatur, da Kondensation oder Kristallisation, also ein Phasenübergang eintritt.

M.E. kann die qualifizierteste Aussage, die zu Thema Zeit zu leisten ist, mit der Philosophie des Entropie-Konzeptes erfolgen. Die Dreifaltigkeit von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft wird aus dieser Sicht zu einem stetigen Fluss von Entropie-Erhöhung. Wir wissen mit Sicherheit, dass die Entropie der Vergangenheit niedriger war, als sie es in der Zukunft sein wird. Die einzige Phase, in der sich die Entropie sich nicht ändert, ist der Wimpernschlag der Gegenwart.

Zum Abschluss dieses Themas noch ein weiterer Gedanke:

Meine obigen Spekulationen resultieren aus der sogenannten klassischen Physik. Was ist, wenn die Quantenphysik einbezogen wird?

Vor allem die Ausführungen von Claus Kiefer, in seinem Buch „Der Quantenkosmos“ (Kiefer K. , 2009, S. 80), zum Thema „Verschränkte Zustände und die Widerlegung der lokalen Realität“ haben mich veranlasst, neue Interpretationen zu suchen: Ausgangspunkt war der Satz: „...*alle mikroskopischen Objekte werden durch Schrödingers Wellenfunktion beschrieben...*“. Das heißt, dass obiger klassischer Ansatz, der Betrachtung der Mikroreversibilität von kleinen Gasmolekülen im Translationszustand, dem nicht gerecht wird. Es kommt nämlich durch Superpositionierung (Überlagerung), der diesen Teilchen - Quantenobjekte - entsprechenden einzelnen Wellenfunktionen, zu einem völlig neuen Zustand der einzelnen Komponenten durch Interferenz (Wellenlöschung bzw. Verstärkung). Zusammengesetzte Systeme unterliegen hierdurch einer sogenannten Verschränkung³⁴⁵, einem Zustand der Abhängigkeit durch Gemeinsamkeit über beliebig weite Abstände. Dieses Prinzip müsste m.E. auch für die Betrachtung der Mikroreversibilität gelten.

Die Zustände der quantenmechanischen Interferenz, der Kohärenz³⁴⁶, verschwinden durch Dekohärenz³⁴⁷ am Messgerät, also in der makroskopischen Situation. Grund ist die Tatsache, dass z.B. ein Zeitmesser sich durch Verschränkung nicht beliebig weit ausdehnen kann, sondern nur lokal betätigt. Dabei versteht die Physik unter Lokalität die Eigenschaft, dass Vorgänge nur Auswirkungen auf ihre direkte räumliche Umgebung haben. Daraus resultiert: Es gibt nur einen Zustand für das Gesamtsystem. Allerdings sehe ich hier keine Aussage, in welche Richtung das Gesamtsystem strebt.

Soweit ich das verstanden habe, scheint die Mikroreversibilität keine Rolle für den Makrokosmos zu spielen, wenn sie auch gemäß der statistischen Wärmelehre existiert. Was zählt, ist nur der nicht verschränkte Beobachter, also wir, dessen Physis, aufgrund der ständigen Entropie-Erhöhung den Zeitfortschritt wahrnimmt.

Vielleicht nähern sich diese Ideen den Gedanken von Rovelli, der unsere Wahrnehmung der Welt in der Betrachtung der Quantenzeit als Unschärfe bezeichnet und so zu einem ganz anderen Zeitbezug kommt. (Rovelli, Die Ordnung der Zeit, 2018, S. 116)

Wer sich intensiver mit dem anspruchsvollen Thema Entropie beschäftigen will, sollte versuchen, über den Artikel „Warum Zeit nur in eine Richtung fließt“ (Sean Carroll, 2004), einen Einstieg zu finden. Die Folgen dieser Überlegungen führen auf grundsätzlichen Fragen nach dem Wesen der Zeit, alternative Vorstellungen zum gängigen Urknallmodell und zur Dunklen Energie.

Wie passt der Gedanke der Ewigkeit zu Zeit und damit zur Entwicklung von Entropie und Energie unseres Kosmos?

Das Neue Fischer Lexikon (Lexikon, 1981, S. 1687) schreibt dazu: *„Ewig ist immerwährend im Sinn unbegrenzter, anfangs- und endloser Dauer“*.

WIKIPEDIA meint: *„Das Konzept der Ewigkeit ist wissenschaftlich nicht definiert, da die bekannten physikalischen Theorien, die sich mit Fragen der Kosmologie befassen, den Begriff des Unendlichen nicht sinnvoll formulieren. (Siehe auch: Steady State-Theorie)“*

Ewigkeit ist m.E., ohne auf religiöse Vorstellungen einzugehen, permanente Gegenwart oder erstarrte Zeit. Es ist trivial darauf hinzuweisen, dass es kein biologisches Leben in der Ewigkeit geben kann, es sei denn man bezieht sich auf ein glaubensorientiertes Konzept. Leben ist rein physikalisch gesehen immer endlich.

Es kann in der Ewigkeit keine Entropie-Änderung geben, da in einer erstarrten, anfangs- und endlosen Zeit Entropie keine Rolle spielt. Alles ist statisch und besteht für immer. Damit muss das „Alles“ identisch mit der menschlichen Vorstellung von Gott sein, womit wir in der Welt des Glaubens sind.

Am Rande frage ich mich, ob "Alles" wirklich der Gegenpol zum "Nichts" ist. Semantisch gesehen müsste "Alles" auch das "Nichts" umfassen. Zumindest in der Physik scheint das auf triviale Weise belegbar: Das "Alles" besteht, wenn man den atomistischen Aufbau betrachtet, fast ausschließlich aus Leere, "Nichts" und nur einige kondensierte Energiequanten (Strings) sind mehr als das "Nichts".

In der gedachten Ewigkeit kann es keine Vergangenheit und Zukunft geben, nur Gegenwart. Vergangenheit umfasst immer eine bis zur Gegenwart begrenzte Zeit. Gäbe es eine Zukunft in der Ewigkeit, müsste sie sich zeitlich beginnend von der Gegenwart und der Vergangenheit unterscheiden. Gibt es keinen Unterschied zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, ist das Ewigkeit. Das erweckt Angst vor der Ewigkeit.

Ich erinnere mich in diesem Zusammenhang gut an meine religiöse „Ausbildung“ - besser Formatierung - als Zehnjähriger. Von all dem Dogmatismus und den Androhungen von Strafen, den unverständlichen Ritualen und der Unsterblichkeit der Seele, der Gnade, den esoterischen Glaubenselementen usw. ist mir das Wort „Ewigkeit“ damals besonders im Gedächtnis geblieben. Ich weiß, dass mich dieses Wort, damals nach einigem Grübeln über die Erfassbarkeit, regelrecht bis ins Herz zutiefst erschreckte. Ewigkeit ist unerklärbar, unfassbar.

Vor kurzen kam mir eine Bemerkung eines Kindes zur Erfahrung des Todes unter: *...und dann? Stirbt dann die Zukunft?*“ Diese Frage ist wohl zutiefst philosophischer Natur. Wann stirbt die Zukunft? Eigentlich mit jedem Tod, denn außerhalb des Egos gibt es keine Welt.

s.a.: 1.3.2 Interpretation zur kosmischen Energie-Entfaltung aus der Literatur: Entropie und Zeitpfeil bzw.

Hypothese: Anfang und Ende des Kosmos sind Symmetriebestimmt. Dort: Was wir Menschen phänomenologisch als Zeit formulieren, verliert in diesem Kontext (Mikrokosmos) an Bedeutung.

Ergänzung 3: Das Planck'sche Wirkungsquantum

1859 wurde durch Kirchhoff erkannt, dass mit einer Temperaturerhöhung, sprich Energiezufuhr, in einem schwarzen Körper, die Bildung von Teilchen des elektromagnetischen Feldes (Photonen) einher geht.

Dieser Zusammenhang wurde durch Stefan und Boltzmann 1879 und 1884 im gleichnamigen Strahlungsgesetz festgeschrieben. Die von einem schwarzen Körper thermisch abgestrahlte Leistung wächst in Abhängigkeit von seiner Temperatur in der vierten Potenz.

In eine Formel gegossen bedeutet, dass die Gesamtenergie E in einem Volumen V eines schwarzen Körpers, mit der 4. Potenz der Temperatur steigt:

$$E = a \times V \times T^4$$

Die Konstante a wurde 1900 durch Max Planck, mit der Einführung des Wirkungsquantums h , als eine aus anderen Naturkonstanten zusammengesetzte Größe, in seinem berühmten Strahlungsgesetz definiert.

Planck war zu der Überzeugung gekommen, dass Atome die Energie der elektromagnetischen Strahlung nur in **ganzzahligen Vielfachen einer Grundenergie** aufnehmen oder abgeben könnten.

Ohne die Einführung dieser „Verlegenheitslösung“ h war das Emissionsspektrum schwarzer Körper für hohe Frequenzen nicht schlüssig beschreibbar. Ohne h (angeblich stand h für „hilf“), das **nicht unterschreitbare Wirkungsquantum**, ist die Schwarzkörperstrahlung im Ultraviolett-Bereich nicht erklärbar. In diesem

Strahlungsbereich geht sie in der Realität gegen Null, während die alten Strahlungsgesetze, vor Planck, einen Anstieg gegen unendlich voraussagen (Strahlungsgesetz nach Rayleigh-Jeans). Bei hohen Frequenzen im Ultravioletten, müssten sonst größere Energiepakete ($E = h \times f$, f ist hier die Frequenz) entstehen, als das elektromagnetische Spektrum sie beinhaltet. Die entsprechenden Energiepakete entstehen aber in der Realität nicht. Das Strahlungsmaximum verlagert sich in den niederfrequenten Bereich.

Energetische Modellvorstellung:

Hohlraumstrahlung sei verkörpert durch zwei stehende elektromagnetische Wellen im thermischen Gleichgewicht. Da die elektromagnetischen Wellen nur innerhalb der Wände des Hohlraums existieren können, fungieren die Hohlraumwände links und rechts als Knotenpunkte der Wellen. Die erlaubten, also passenden Wellen zwischen zwei gegenüberliegenden Hohlraumflächen, müssen eine ganzzahlige Anzahl von Halbwellen umfassen.

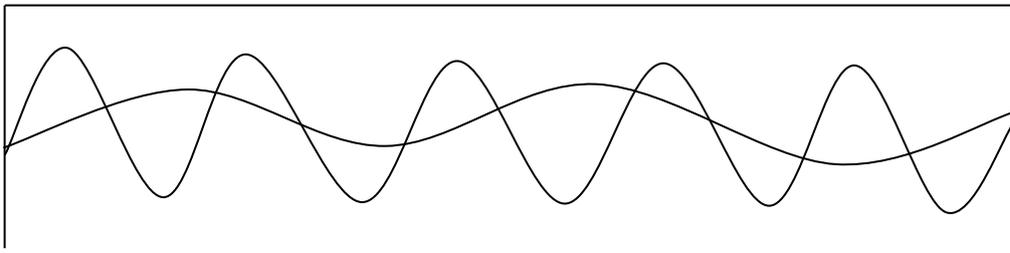


Abbildung 73: Hohlraumkörper mit 2 stehenden, passenden also erlaubten elektromagnetischen Wellen (schematisch)

Anmerkung: Ich muss gestehen, dass mir dieses plausible Bild Probleme bereitet. Für idealisierte Zustände, mit idealisierten Hohlkörperwänden, klingt das sehr einleuchtend. Nun ist uns aber allen bewusst, dass es diese idealisierten Verhältnisse nicht gibt. Jeder reale Schwarze Strahler weist Wandungen auf, deren „Körnigkeit“ weit größer sein kann als die zu diskutierenden Wellenpakete. Wie sollen da die Knotenpunkte der Wellen an der Wandung so genau definiert sein? Ich denke, dass eine solche genaue Lokalisation darüber hinaus, mit den

Prinzipien der Quantentheorie nicht übereinstimmen kann: Es wären Ort und Energie einer Welle genau definiert?

Die Antwort lautet m.E.: Man muss sich neben der Wellenvorstellung auch über die Teilchenstruktur im Klaren sein. Letztlich müssen ja quantisierte, elektronische Übergänge stattfinden, damit definierte Lichtquanten erzeugt werden. Daher können keine kontinuierlichen Frequenzen abgestrahlt werden, sondern nur die, welche diskontinuierliche Quantensprünge bewirken. Kleine Wellenlängen (z.B. UV-Strahlung) entsprechen hohen Frequenzen und damit großen Quantensprüngen. Die Wahrscheinlichkeit für solche Übergänge ist bei einem gegebenen Energiefeld nicht die gleiche wie für große und vor allem mittlere Wellenlängen.

WIKIPEDIA: „Das Planck'sche Wirkungsquantum h ist für jedes physikalische System, das harmonisch schwingen kann, das konstante Verhältnis vom kleinstmöglichen Energieumsatz zur Schwingungsfrequenz“.

$$h = E / f \quad (\text{Umformung von } E = h \times f)$$

Offensichtlich realisieren sich nur bestimmte diskrete Schwingungszustände; die gesamte Hohlraumstrahlung setzt sich aus diesen stehenden Wellen zusammen. Die Anzahl passender Schwingungszustände nimmt bei höheren Frequenzen f zu, weil mehr Wellen mit kürzerer Wellenlänge in den Hohlraum passen.

Theoretische Überlegungen führen zum Strahlungsgesetz nach Rayleigh-Jeans, das, rein algorithmisch, eine mit höheren Frequenzen stets quadratisch wachsende Energiedichte voraussagt. Der Hohlraum, über alle Frequenzen integriert, müsste eine unendliche Energie enthalten (Ultraviolett Katastrophe). D.h. bei steigender Frequenz f , müsste im Ultraviolett-Bereich, im Gegensatz zu der beobachteten Realität, immer mehr Strahlung auftreten.

In guter Übereinstimmung mit der experimentellen Praxis war dagegen die Einführung der Planck'schen Hypothese, dass ein Oszillator der Frequenz f , anstelle beliebiger Energiemengen, nur ganzzahlige Vielfache der Energie $E = h \times f$ aufnehmen kann. Planck postulierte daher, **dass die Energieaufnahme nicht kontinuierlich erfolgt, sondern nur in Vielfachen von einer kleinsten h -Einheit**, die ihm zu Ehren, später als Planck'sches Wirkungsquantum bezeichnet wurde. Es bedarf einer Mindestenergie $E = h \times f$, damit überhaupt Anregung erfolgen kann. Schwingungszustände, deren Mindestenergie $E = h \times f$ **deutlich über der thermisch zur Verfügung gestellten Energie liegen**, also solche im hochfrequenten Ultraviolett Bereich, können nicht, oder nur mit **geringer Wahrscheinlichkeit** angeregt werden, so dass von ihnen nur ein **bestimmter Bruchteil** zur gesamten Hohlraumstrahlung beiträgt. Lediglich Schwingungszustände mit niedrigerer Mindestenergie $E = h \times f$, also kleineren Frequenzen, können die angebotene

thermische Energie vollständig aufnehmen und werden (im Mittel) mit Sicherheit angeregt.

Ich will versuchen, diesen Zusammenhang zu verdeutlichen:

Annahme:

Bei einer Temperatur T_1 steht thermisch maximal die Anregungsenergie E_1 zur Verfügung

$$E_1 = a \times V \times T_1^4 \quad \text{mit dieser Energie korreliert die Frequenz } f_1$$

$$E_1 = h \times f_1$$

Kleine Energie, niedrige Frequenz:

E_2 sei die Mindestenergie, damit die Schwingung $E_2 = h \times f_2$ angeregt wird.

Wenn E_2 kleiner ist als E_1 , kann die Schwingung mit der Frequenz f_2 des Schwarzen Strahlers angeregt werden.

Grund: $f_2 < f_1$, f_2 ist im vorhandenen Spektrum enthalten. Die Schwingung ist Teil der Hohlraumkörper-Strahlung des schwarzen Strahlers.

Große Energie, hohe Frequenz:

E_3 sei die Mindestenergie, damit die Schwingung $E_3 = h \times f_3$ angeregt wird.

Wenn E_3 größer ist als E_1 , kann die Schwingung mit der Frequenz f_3 des Schwarzen Strahlers nur zu einem bestimmten Bruchteil bzw. fast überhaupt nicht angeregt werden.

Grund: $f_3 > f_1$, f_3 ist größer als das vorhandene Spektrum. Die Schwingung ist im schwarzen Strahler nicht, oder nur ganz untergeordnet enthalten.

Mit dem Wirkungsquantum h hielt eine der elementarsten physikalischen Größen Einzug in die Naturwissenschaften. 1918 erhielt Planck dafür den Nobelpreis.

Ergänzung 4: Zusammenstellung der Elementarteilchen und ihren Wechselwirkungskräften

Vorab: Ich denke, es ist für den Leser besser, diesen Anhang zu überspringen. Es gibt im Internet bessere Übersichten zu diesem Thema.

Die Theorie des Standardmodells der Elementarteilchen "beruht auf der Existenz der Materie". Die mathematische Beschreibung dieses Standardmodells erfolgt durch eine Mastergleichung aus vier Teilgleichungen", die es ermöglicht die

Regeln anzugeben, wie jedes Teilchen im gesamten Universum mit jedem anderen Teilchen wechselwirkt" (Cox, 2009, S. 177)

Vorab: Zu allen Materieteilchen präsentiert die Natur je ein Antiteilchen: Symmetrie. Das ist zum einen experimentell in Beschleunigern bestätigt worden, wurde aber auch schon von Paul Dirac, im Rahmen der relativistischen Quantenfeldtheorie, 1928 für das Elektron vorausgesagt. Diese Theorie verknüpfte die Quantenmechanik und die spezielle Relativitätstheorie SRT (nicht die allgemeine Relativitätstheorie ART) miteinander. Diese relativistische Quantenfeldtheorie lässt rein mathematisch nur zwei Möglichkeiten zu:

- Zu jedem geladenen Teilchen gibt es ein Antiteilchen. Es muss daher Materie und Antimaterie, mit entgegengesetzter Ladung geben.
- Es muss Teilchen geben, die sich zeitlich rückwärts entwickeln.

Die experimentellen Befunde aus den Teilchenbeschleunigern aber auch der gesunde Menschenverstand, sprechen eindeutig für Materie und Antimaterie und gegen sich rückwärts entwickelnde Teilchen.

Grundsätzlich: Es gibt Materie- und Austauscheteilchen.

Zwischen den Teilchen gibt es gibt folgende vier Kräfte:

1. Die starke Wechselwirkung (ST) oder Kernkraft. Sie hält die Quarks der Atomkerne zusammen.
2. Die elektromagnetische Wechselwirkung (EM), die sämtlichen Effekte der Elektrizität und des Magnetismus, also auch des Lichtes verursacht. Sie wirkt zwischen Kern und Elektronen sowie zwischen den einzelnen Atomen.
3. Die schwache Wechselwirkung (SW), die z.B. im Betazerfall bestimmter radioaktiver Atomkerne und für Neutrinos in sehr kleinen Abständen wirkt.
4. Die Gravitationskraft (GR), die Sterne, Planeten, Galaxien und darüber hinaus alle Massen anziehend beeinflusst.

Sie stehen in etwa in folgendem Kräfte-Verhältnis zueinander:

1. zu 2. zu 3. zu 4. = 1 zu $1/10^2$ zu $1/10^{14}$ zu $1/10^{39}$

Die Gravitation ist offensichtlich eine äußerst schwache Kraft, von allerdings überragender kosmischer Bedeutung.

Materieteilchen (= Fermionen, halbzahliger Spin).

Zu jedem Materieteilchen gibt es ein Antimaterieteilchen. Der halbzahlige Spin ist verantwortlich dafür, dass z.B. Fermionen wie das Elektron, aufgrund der Abstoßung, nie den gleichen Zustand einnehmen können. (Paulisches Ausschließungsprinzip).

Leptonen („leichte“ Teilchen, Spin = $\frac{1}{2}$):

Wechselwirkung mit elektromagnetischer und schwacher Kraft:

Elektron:	Ladung= -1
Myon:	Ladung= -1
Tauon:	Ladung= -1

3 Neutrinos, Wechselwirkung nur mit schwacher Kraft:

Elektron-Neutrino	Ladung= 0
Myon-Neutrino	Ladung= 0
Tau-Neutrino	Ladung= 0

Quarks (Bausteine der Protonen und Neutronen, Spin = $\frac{1}{2}$):

Protonen, Neutronen und die flüchtigen Mesonen, sind Vertreter Hadronen³⁴⁸, die der starken Wechselwirkung unterliegen.

Neben der Ladung tragen sie in bildlichem Sinn eine „Farbladung“.

Up-Quark	Ladung = + 2/3
Down-Quark	Ladung = - 1/3
Charm-Quark	Ladung = + 2/3
Strange-Quark	Ladung = - 1/3
Top-Quark	Ladung = + 2/3
Bottom-Quark	Ladung = - 1/3

Es gibt also, symmetrisch zu 6 Leptonen, 6 Quarks.

Austauschteilchen (= Bosonen, ganzzahliger Spin = 1):

Ihr Austausch erfolgt gemäß der Quantenfeldtheorie mit fast Lichtgeschwindigkeit. Dazu gehören: die Eich- oder Vektorbosonen (Spin = 1), sie werden zwischen den Fermionen ausgetauscht und sind Überträger der Naturkräfte. Dazu gehört auch das Higgs-Boson (Spin = 0). Das Paulische Ausschließungsprinzip gilt nicht. So können viele Bosonen den gleichen Quantenzustand einnehmen (Photonen= Laser)

Für jede der 4 Wechselwirkungskräfte gibt es Austauschteilchen.

Elektromagnetische Kraft (EM):

Eichboson ist das Photon γ : Übertragung der elektromagnetischen Wechselwirkung, keine Masse, keine Ladung, sie koppeln an die elektrische Ladung von Teilchen.

Starke Wechselwirkung (ST):

8 Gluonen: Übertragung der starken Wechselwirkung, sie besitzen eine „Farbladung“, keine Masse, sie sind Bindeteilchen zwischen Quarks, indem sie an deren „Farbladung“ koppeln.

Sie wirkt für alle Hadronen: Baryonen (Protonen, Neutronen, bestehend aus Quarks-Triplets) und Mesonen (Quarks-Antiquarks-Paare)

Schwache Wechselwirkung (SW):

X Teilchen, Weakonen, die Eichbosonen W^+ , W^- und Z^0 übertragen die schwache Wechselwirkung, sie liegen der Radioaktivität zugrunde und sind für die Kernfusion von zentraler Bedeutung.

Gravitationskraft (GR):

Noch nicht bewiesen:

Gravitonen (Spin = 2) Übertragung der Gravitationskraft.

Das Graviton soll nach der Theorie masselos sein.

Zu Thema "masselos" füge ich eine interessante Diskussion im Internet (Chemieonline Forum, Stand Februar 2016) ein. Der Leser kann diese Ausführungen getrost übergehen; sie dienen mir vor allem selbst als Gedächtnisstütze bez. der Nachvollziehbarkeit der Argumentation

Ausgangspunkt der Diskussion:

WIKIPEDIA: Im Rahmen der am 11. Februar 2016 bekanntgegebenen direkten Messung von Gravitationswellen durch B. P. Abbott et al. konnte die Compton-Wellenlänge des Gravitons auf

$$\lambda_g > 10^{13} \text{ km}$$

eingeschränkt werden.

<http://www.chemie.de/lexikon/Compton-Wellenl%C3%A4nge.html>:

Die Compton-Wellenlänge ist eine für jedes Teilchen mit Masse charakteristische Größe. Sie kann als Größenordnung für die lineare Ausdehnung der Elementarteilchen angesehen werden. Ein Teilchen der Ruhemasse m_0 hat eine Compton-Wellenlänge von

$$\lambda_g = h / (c \times m_0)$$

Wenn dem Graviton eine Compton-Wellenlänge zugeordnet werden kann, sollte es also eine Ruhemasse haben.

Berechnung der Masse aus der Compton-Wellenlänge:

$$m_0 = h/c \times \lambda_g \text{ (Umformung der o.a. Gleichung)}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J sec bzw. (kg m}^2\text{/sec}^2) \times \text{sec}$$

$$c = 299792458 \text{ m/sec}$$

$$\lambda_g > 10^{16} \text{ m}$$

$$m_0 = 6,626 \cdot 10^{-34} / 299792458 \times 10^{16} \text{ (kg m}^2\text{/sec}^2) \times \text{sec} / (\text{m/sec} \times \text{m})$$

$$m_0 = 2,211 \times 10^{-58} \text{ kg (Masse des Gravitons?)}$$

bzw., nachdem $1,783 \times 10^{-36} \text{ kg} \approx 1 \text{ eV}/c^2$ entsprechen (Siehe Endnote 135), erhalten wir:

$$m_0 \approx 1,2 \times 10^{-22} \text{ eV}/c^2 \text{ (Masse des Gravitons?)}$$

Eigentlich Diskussion:

Zu diesem Thema hatte ich ab dem 18.02.2016 eine erhellende Diskussion im Chemieonline Forum mit einem Gesprächspartner namens Nick F.

Er führt aus:

Anfang des Zitats: "Es ist ein Riesenunterschied, ob $\lambda_g > 10^{16} \text{ m}$ oder $\lambda_g = 10^{16} \text{ m}$ ist.

Hintergrund ist folgender: Wenn die QFT (Quantenfeldtheorie Anm. d. V.) recht hat, dann ist das Graviton masselos. Nehmen wir an es hätte eine positive Masse, dann können wir auch seine Eigenschaften messen. Zum Beispiel die Comptonwellenlänge. In einer perfekten Welt würde das Messen solcher Eigenschaften Widersprüche aufwerfen, was bedeuten würde, dass das Graviton masselos sein muss. Hier haben wir also eine untere Schranke der Comptonwellenlänge gemessen, was bedeutet, dass die Masse des Gravitons $m_g < 1,2 \times 10^{-22} \text{ eV}/c^2$ sein muss. Das ist also völlig in Ordnung mit der Theorie $m_g = 0$. Das Problem ist, dass wir nicht exakt messen können. Wenn ich etwas messe, dann erhalte ich einen Messfehler. Zum Beispiel kann meine Wasserflasche exakt 1kg wiegen, aber meine Messungen ergeben zufällige Werte im Bereich 999 g-1001 g. Das liegt einfach an der Messungenauigkeit. Das gilt auch für $m = 0$. Negative Massen können wir nicht messen, aber dank Ungenauigkeiten können unsere Messergebnisse positiv sein. Wir können also nie exakt $m = 0$ messen. ABER durch viele, viele Messungen können wir sagen, dass die Masse kleiner als eine gewisse Zahl sein muss. hier:

$$m_g < 1,2 \times 10^{-22} \text{ eV}/c^2$$

nun gilt aber $0 \text{ eV}/c^2 < 1,2 \times 10^{-22} \text{ eV}/c^2$

Ergo $m_g = 0$ ist völlig in Ordnung. Damit wir $m_g = 0$ ausschließen können, benötigen wir eine Messung der Form $m_g > 0$ oder $\lambda_g < \text{irgendetwas astronomisches}$.

Mit anderen Worten, wir haben $m_g = 0$ nie ausgeschlossen. wir haben nur die Comptonwellenlänge $m_g > 0$ versucht zu messen und eine untere Schranke gefunden. Um auf $m_g > 0$ zu schließen, brauchen wir aber eine obere Schranke der Comptonwellenlänge (die theoretisch nicht existieren dürfte). Oder nochmal anders ausgedrückt, wir haben zwei Hypothesen; H0 ($m = 0$) und deren Negation H1 ($m > 0$). beide kann ich testen; hier haben wir H1 getestet. Sobald ich etwas gefunden habe, dass eine der Hypothesen ausschließt, habe ich die andere bewiesen. Leider schließt unser Test der Comptonwellenlänge keine der beiden Hypothesen aus. Der Test zeigt nur

$$m < 1,2 \times 10^{-22} \text{ eV}/c^2$$

Man beachte auch, dass die Masse eines Elektrons bei $m_e \approx 5 \times 10^{-5} \text{ eV}/c^2$ liegt. Sollte das Graviton also eine Masse haben, so ist diese unvorstellbar klein, was ziemlich nahe der Hypothese $m = 0$ kommt. Die Theorie liegt also nicht ganz daneben.

Vergleiche auch mit Neutrinos. Wir wussten, dass sie eine Masse haben müssen (denn sie oszillieren), aber alle unsere Messungen waren zu ungenau und enthielten immer noch $m = 0$ im Fehlerbereich. Erst 2014 konnte die Masse des Elektron-neutrinos hinreichend genau gemessen werden und sie liegt bei etwa $0,3 \text{ eV}/c^2$. Dass $m_g < 1,2 \times 10^{-22} \text{ eV}/c^2$ sein muss ist also um astronomische Größenordnungen kleiner als die kleinsten

bekannten Massen im Teilchenzoo. Obwohl wir $m_g > 0$ also nicht ausschließen können, so ist es dennoch ein ziemlich gutes Argument für $m_g = 0$

Das Messproblem ist ganz grob gesagt folgendes. Bis auf ganz, ganz wenige Ausnahmen, können wir keine physikalische Größe direkt messen. Wir benötigen ein Hilfsmittel. Angenommen ich habe ein Auto in einem unbeleuchteten Raum und ich möchte dessen Form wissen. Eine Möglichkeit wäre, dass ich Fußbälle auf das Auto werfe und schaue, wie sie zurückprallen. Das würde sogar relativ gut funktionieren, solange wir keine Details kennen wollen, die kleiner sind als der Fußball. Mit anderen Worten, die Außenspiegel und Antenne werden nicht rekonstruierbar sein, die allgemeine Außenverkleidung bekommen wir aber recht gut. Um nun feinere Details wie die Außenspiegel zu messen, müssen wir den Fußball durch etwas Kleineres ersetzen; zum Beispiel Tischtennisbälle. Es gibt aber noch immer Details am Auto, die unterhalb der Tischtennisballauflösung sind. Dazu gehört zum Beispiel die Antenne, Türgriffe, Scheibenwischer, ... für solche Feinheiten nutzen wir normalerweise sehr viel kleinere Objekte; Photonen! Unsere Augen sind auf Photonen gut eingestellt und Photonen können Feinheiten messen, die unser Auge nicht auflösen kann. Insofern ist diese Messmethode gut genug. Nun (können) wollen wir aber immer mehr Feinheiten sehen. Als nächstes gehen wir zum Auto mit einer Lupe und einer Taschenlampe. Dann mit einer Taschenlampe und einem Mikroskop. Und irgendwann sind wir an dem Punkt, an dem wir Auflösungen haben möchten, die ungefähr in derselben Größenordnung sind, wie die Wellenlänge des sichtbaren Lichts. Plötzlich sind Photonen nicht mehr klein genug. Das ist jetzt in etwa so als ob ich Tennisbälle auf eine Puppe werfe, um deren Form zu bestimmen. Und die Lösung des Problems? Die Geburt des Elektronenmikroskops. Aber auch hier haben wir eine Auflösungsgrenze; die Größe eines Elektrons.

Egal wie du etwas misst, deine Methode hat immer intrinsische Auflösungsgrenzen. Du kannst weder beliebig klein noch beliebig groß messen. Um ein Objekt gut messen zu können, muss es in deinen Auflösungsbereich passen. Anderen falls sind deine Messergebnisse zunehmend unschärfer, bis du nur noch Rauschen erhältst. So können wir auch das Graviton betrachten. Wir wollen seine Masse messen, erhalten aber nur Rauschen. Somit wissen wir, dass die Masse zu klein für unsere Messmethode ist. Unsere Messmethode hat eine Auflösungsgrenze von $10^{-22} \text{ eV}/c^2$. Folglich ist die Masse des Gravitons kleiner als $10^{-22} \text{ eV}/c^2$. Hinzu kommt, dass du auch in deinem Auflösungsbereich Messfehler hast. wenn du die Form des Autos rekonstruieren möchtest, und du nur weißt, wie du den Ball hineingeworfen hast und wie er zurückgeprallt ist, dann gehst du davon aus, dass du EXAKT weißt, wo der Ball hinein ging und wo er herauskam. Wie aber willst du sicherstellen, dass dein Ball nicht 1mm/s schneller war als du ihn eigentlich hineinwerfen wolltest, oder 1mm weiter links zurückkam, als du gemessen hast. Dies sind alles kleine Messfehler, die Fehler in deiner Gesamtmessung hervorrufen. Bei jeder Messung bekommst du einen Messfehler. Dieser kann systematisch sein (zum Beispiel, weil 1cm auf deinem Lineal nur 9.9 mm ist) oder zufällig (Schwankungen in der Geschwindigkeit, mit der du den Ball auf das Auto wirfst; zufällige Fehler kannst du nicht vermeiden)".
Ende des Zitats

Higgs-Teilchen: H

Sie, d.h. das Higgs-Feld ist verantwortlich für die Entstehung von Masse. Es ist das (z. Zt.) letzte Teilchen des Standardmodells der Elementarteilchen, das 2012 im LHC auch tatsächlich nachgewiesen wurde. Die Higgs-Theorie besagt, dass aus mehr formal-mathematischen Gründen, keinem der Elementarteilchen eine Masse zukommt, was natürlich im Widerspruch zu der Erfahrung steht. Higgs argumentiert, dass es ein Feld gibt (Higgs-Feld), das im ganzen Universum existiert, durch dessen Wechselwirkung mit jedem der Elementarteilchen die Masse der Elementarteilchen entsteht. Wellenvorgänge in diesem Higgs-Feld präsentieren sich als Higgs-Bosonen. Die Massebildung der W- und Z-Bosonen und in der Folge auch der Fermionen Leptonen werden durch das Higgs-Feld erzeugt und durch das Higgs-Boson vermittelt. Spontane Symmetriebrechung ist die Ursache.

Da die meisten Teilchen Masse besitzen (nur das Photon und das Gluon haben keine Masse), muss diese Symmetriebrechung schon in der Vergangenheit, bei einer Temperatur von 10^{28} K, (10^{15} GeV) stattgefunden haben. Unterhalb dieser Temperatur, bei etwa 10^{15} K, (10^2 GeV) trat Aufspaltung in die vier bekannten o.a. Naturkräfte ein.

Oberhalb 10^{32} K, (10^{19} GeV) wird die Symmetrie (Isotropie) wiederhergestellt und die zwei Naturkräfte, die X-Kraft und die Gravitation vereinigen sich zu einer Urkraft.

Die X-Kraft ist die Kraft, die neben der Gravitation, in der Frühphase des Universums, nur 10^{-43} bis 10^{-33} Sekunden nach dem Urknall, bei 10^{32} K (10^{19} GeV), die elektromagnetische, die schwache und die starke Wechselwirkung in sich kurzfristig vereinigte und neben der Gravitation wirkte.

Diese Zusammenhänge werden in dem Artikel: *Das Higgs-Teilchen aus dem Blickwinkel der Theoretischen Physik*, von Martin P. Dittgen (Lesch, 2013, S. 133) in Ansätzen verstehbar dargestellt, was besonders für die Aspekt Symmetrie und Symmetriebrechung gilt. Besagtes Buch, herausgegeben von Harald Lesch, ermöglicht darüber hinaus einen sehr guten Überblick über grundsätzliche und aktuelle Fragestellung zur Entdeckung des Higgs-Teilchens.

Eine zusammenfassende Darstellung finden sie bei Rüdiger Vaas (Vaas, 2013, S. 32 ff)

Theorienbaum in der Theoretischen Physik:

(GR Gravitationskraft + ST starke Kraft + EM Elektromagnetische Kraft + SW Schwache Kraft)

Feldtheorie		
Klassische Feldtheorie		Quantenmechanik
Feldgleichungen	Quantenfeldtheorie QFT	
Allgemeine Relativitätstheorie ART	Relativistische Quantenfeldtheorie RQT (Spezielle Relativitätstheorie SRT)	Nicht relativistische Quantenfeldtheorie
Gravitationskraft (GR)	Starke (ST), elektromagnetische (EM) und schwache Kraft (SW)	
Quantengravitation (Ein mathematisch befriedigende Lösung ist noch nicht erschlossen) (Kiefer C. , 2011, S. 219) Quantisierung des Gravitationsfeldes und Vereinigung von Quantentheorie und Gravitationstheorie. Eine	Elementarteilchenphysik	Festkörperphysik
		Quantenflavourdynamik QFD beschreibt die elektroschwache Wechselwirkung. Sie wurde erweitert um die- Quantenelektrodynamik QED Sie erklärt mit hoher Genauigkeit die elektromagnetische Wechselwirkung zwischen geladenen Teilchen (zum Beispiel Elektronen, Myonen,

Theorie, die nicht Teilchen und Felder in einer äußeren Raumzeit beschreibt, sondern die Quantentheorie für die Raumzeit selbst. Die Quantisierung ist bisher noch nicht gelungen. Aber: Stringtheorie, die M-Theorie und die Loop-Quantengravitation (Camejo, 2006, S. 213).		Quarks) mittels Austausch von virtuellen Photonen sowie die Eigenschaften von elektromagnetischer Strahlung. (Camejo, 2006, S. 212)	
		Quantenchromodynamik QCD Sie beschreibt die starke Wechselwirkung zwischen den Quarks. In ihr wird ein Teil der im Atomkern auftretenden Wechselwirkungen zwischen Protonen und Neutronen auf die subnukleare Wechselwirkung zwischen Quarks und Gluonen reduziert.	
	Standardmodell der Elementarteilchenphysik SME		
	Standardmodell der Kosmologie SMK		
Urknall			

Was ist unter relativistisch zu verstehen?

Wie gesagt war es Dirac, der als Erster eine Verknüpfung von Quantenmechanik und spezieller Relativitätstheorie SRT untersuchte. Im Prinzip handelt es sich um den Einfluss der relativen Geschwindigkeit von Elementarteilchen. Grundsätzlich geht man von der Unveränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit in allen Koordinatensystemen aus. Aus dieser relativistischen begründeten Überlegung resultiert die Äquivalenz von Raum und Zeit, was zu vier Koordinaten führt. Für diesen Umstand ist Zeitabhängigkeit der Schrödinger-Gleichung nicht stimmig. So vergrößert sich z.B. die Masse eines bewegten Teilchens gegenüber der Ruhemasse mit der Geschwindigkeit v .

$$m = m_0 / \left[\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right]$$

z.B.: $v=c$ besagt: $m = m_0 / 0 \gg \infty$, die Masse geht bei Lichtgeschwindigkeit gegen unendlich.

z.B.: $v=1/2 c$ besagt: $m = m_0 / \sqrt{0,75}$

Dieser Effekt führt z.B. im Periodischen System der Elemente ab der fünften Reihe zu notwendigen Massekorrekturen.

Da in der nicht relativistischen Theorie die Elektronenmasse zu Null angenommen wird, sich in der Dirac-Wellengleichung aber zu 0,511 MeV ergibt, kann man sich die beiden Energieskalen um diesen Betrag verschoben vorstellen. Betrachtet man nämlich z.B. das Wasserstoffatom mit einer Bindungsenergie von 13,6

eV, ist 0,511 MeV ein sehr großer Energiebetrag. Es erscheint plausibel beide Energieskalen so gegeneinander zu verschieben, dass die nicht relativistische Energie mit der relativistischen übereinstimmt. Die relativistische Dirac-Wellenfunktion mit ihren vier Dimensionen, führt dann zu zwei Teilchen, von denen zwei dem Spin, der durch die nichtrelativistische Quantenmechanik nur festgestellt, aber nicht erklärt werden kann und zwei verschiedenen Teilchen, dem Elektron und dem Positron (Anm. d. V.: Diese Argumentation ist für Laien kaum verständlich).

<http://www.chem.uzh.ch/teaching/documents/year2/che212/v11.pdf>

WIKIPEDIA: „Gerade die Existenz von Antiteilchen zeigt, dass bei der Vereinigung von spezieller Relativitätstheorie und Quantentheorie nicht einfach eine relativistische Version der üblichen Quantenmechanik herauskommen kann. Stattdessen ist eine Theorie nötig, in der die Teilchenzahl variabel ist – Teilchen können vernichtet und erzeugt werden (einfachstes Beispiel: die Paarbildung von Teilchen und Antiteilchen). Dies leisten die (relativistischen) Quantenfeldtheorien, etwa die Quantenelektrodynamik als speziell-relativistische Theorie der elektromagnetischen Wechselwirkung und die Quantenchromodynamik als Beschreibung der starken Kraft, welche die Bausteine von Atomkernen zusammenhält. In Gestalt des Standardmodells der Elementarteilchenphysik bilden relativistische Quantenfeldtheorien das Rückgrat der heutigen Physik der kleinsten Teilchen. Die Vorhersagen des Standardmodells lassen sich an Teilchenbeschleunigern mit hoher Präzision testen, und die Vereinigung von spezieller Relativitätstheorie und Quantentheorie gehört damit zu den am strengsten überprüften Theorien der modernen Physik“.

Sie sehen: diese Theorien sind noch experimentell überprüfbar.

Wie die relativistische Quantenfeldtheorie zur Erkenntnis der Existenz von 2 Arten von Materie führte – Materie und Antimaterie –, erwartete man auch von einer Theorie der Quantengravitation Neuland. Es könnte sein, dass sich neue Welten – neue Universen – auftun (Bojowald, 2009, S. 98). Hier zeichnet sich der Pfad in die String-Theorie ab.

Ergänzung 5: Die Welt der Atome

In diesem Exkurs möchte ich auf den Bau der Atome eingehen; Bausteine, die wegen ihrer Winzigkeit für uns nie direkt sichtbar sein werden. All unser Wissen über Atome basiert auf indirekten physikalischen Messungen und bisher widerspruchsfreien Modellvorstellungen, die sich im Laufe der Forschung ständig verbessern und zu Ergebnissen führen, die nur durch diese atomistische Theorie ermöglicht bzw. widerspruchsfrei erklärbar werden.

Materie besteht aus chemischen Elementen, die aus Atomen aufgebaut sind. Atome bestehen den Kernbausteinen, den Protonen, den Neutronen und den

Elektronen der Hülle. Die Kernbausteine wiederum formieren sich aus den Quarks im scheinbar leeren Raum, der aber von Quantenfeldern beherrscht ist. Atome verbinden sich zu Molekülen. Moleküle können sich offensichtlich, entgegen thermodynamischer Vorbehalte - Entropie-Erniedrigung -, unter speziellen Bedingungen organisieren. Ein Resultat kann Leben sein.

Unser heute populärwissenschaftlich verbreitetes Atommodell geht auf u.a. Niels Bohr zurück, der ein Atom als eine Art kleines Planetensystem charakterisiert hat. Die Quantenmechanik hat dieses Modell allerdings ganz wesentlich verbessert, um nicht zu sagen korrigiert.

Das Atommodell als eine Art kleines Planetensystem

Wie kommt man zu dieser plakativen Erkenntnis, die man als die Entdeckung des Atomkerns bezeichnen kann?

1911 fand Rutherford durch Streuexperimente beim Beschuss von Goldfolie mit Alpha-Teilchen (Helium-Kerne ohne Elektronenhülle, also Teilchen, die zweifach positiv geladen sind, da sie aus 2 Protonen und 2 Neutronen bestehen. Sie sind aus natürlichen Zerfallsprozessen radioaktiver Elemente leicht verfügbar) heraus, dass Atome aus einem winzigen Kern und einer Hülle, ähnlich einem Planetensystem, bestehen. Aus der Verteilung, der an der Goldfolie, entgegen der Erwartung, gestreuten Alpha-Teilchen, erschloss Rutherford das erste Atommodell.

Man kann das sehr anschaulich mit einem Gewehrschuss auf einen Kürbis vergleichen. Wenn im Kürbis nur weiche Kürbismasse enthalten ist, geht die Kugel ohne jede Ablenkung hindurch. Versieht man diesen Kürbis allerdings mit einem kleinen Kern aus Eisen, wird die Kugel manchmal abgelenkt bzw. in Schussrichtung zurückgeworfen. Damit zeigt sich, dass der Kürbis nicht nur Kürbismasse, sondern auch etwas Härteres, sozusagen einen Kern enthalten muss.

Die Auswertung der Streuverteilung ergab: Atome bestehen, vereinfacht ausgedrückt, aus einem winzigen Kern von positiv geladenen Protonen, ladungslosen Neutronen (außer Wasserstoff, der im Kern, wenn nicht von Deuterium oder Tritium die Rede ist, nur ein Proton enthält) und einer um den Kern, in ca. 10 000-facher Entfernung angeordneten Elektronenhülle, die im Normalzustand die Größe des Atoms repräsentiert. Jedes Elektron trägt das Pendant zur positiven Protonenladung, in Form einer gleich großen negativen Ladung. Jedes Atom ist im Normalzustand elektrisch neutral, da die positive Kernladung der Summe an Protonen durch die gleiche Anzahl negativer Elektronen kompensiert wird. Dass diese Elementarteilchen in der ersten Sekunde des Urknalls, also vor 13,8 Milliarden Jahren entstanden sein sollen, habe ich versucht im Teil 1 meines Buchs (Energie, Entropie, Leben) zu erklären.

Ich finde, dass sich zur Verdeutlichung des Phänomens Materie und Atom, wunderbar ein Zitat von Demokrit eignet:

„Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter; in Wirklichkeit gibt es nur Atome im leeren Raum“.

Eine wahrhaft außerordentlich seherische Bemerkung, vor fast 2400 Jahren.

Vielleicht würde er heute sagen:

„Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter; in Wirklichkeit gibt es nur Elektronen und Quarks im leeren Raum“.

Oder vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt:

„Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter; in Wirklichkeit gibt es nur Strings im leeren Raum“.

Die Elektronenhülle

Wenn Sie sich das Periodensystem anschauen, finden Sie die natürlich vorkommenden Elemente, mit einer Hülle von 1 bis zu 92 Elektronen und einem Kern, von 1 bis zu 92 Protonen, ergänzt durch Neutronen. Diese Hülle aus Elektronen ist nach ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten aufgebaut, die sich in der Stellung des Elements im Periodensystem manifestiert, und deren komplexe Struktur erst Mitte des vorigen Jahrhunderts durch die Quantenmechanik geklärt wurde.

Sehr vereinfacht sollten Sie sich einen „zwiebelschalenartigen“ Aufbau vorstellen. Je weiter die Schale vom Kern entfernt ist, umso mehr Elektronen finden darin Platz. Alles, was wir gemeinhin unter chemischen Reaktionen verstehen, spielt sich in der äußersten Elektronenschale ab.

Führt man Materie Energie zu, z.B. durch Bestrahlung oder in einer heißen Flamme, kommt es zu Anregung von Elektronen, die bildlich gesprochen in den Atomen auf höhere Schalen springen. Da für sie dort die energetische Situation instabil ist und sie unter Normalbedingungen einen Zustand überproportional hoher Energie einnehmen, fallen sie nach kurzer Zeit wieder auf ihren alten Platz zurück und geben dabei die aufgenommene Energie in Form eines Photons, also Licht, ab. Dieses Photon beinhaltet genau die Energie, die der Energiedifferenz der beiden wechselwirkenden Schalen entspricht.

Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, dass sich der Aufbau der Elektronenschalen nicht kontinuierlich darstellt, sondern, dass sich die einzelnen Schalen durch definierte, gequantelte Energiedifferenzen unterscheiden. D.h. die Elektronen sind nur auf ganz bestimmten Energieniveaus stabil. Die Quantenmechanik hat für die genaue Beschreibung eines Elektrons in der Atomhülle, vier Kennzahlen erarbeitet, auf die ich weiter unten eingehe. Wichtig ist, dass kein Elektron in seinen vier energetischen Kennzahlen mit einem zweiten Elektron, innerhalb der gegebenen Elektronenschalen eines Atoms, identisch ist (Pauli-Verbot). Trotzdem gilt: Elektronen sind, wie alle atomaren Bausteine nicht unterscheidbar.

Mathematische Grundlagen dieser Atominterpretation ist die Schrödinger-Gleichung, der die meisten Anwendungen der Quantentheorie zugrunde liegen bzw. die bereits davor erarbeitete Matrizen-Entwicklung von Heisenberg.

Die deterministische (zeitgebundene), lineare Differentialgleichung Schrödingers, kann die Spektren aller Atome durch diskrete Energiewerte, also Quantisierung beschreiben. In ihren Lösungen ergeben sich stabile, niedrigste Energiezustände für Elektronen, für die, im Gegensatz zur klassischen Physik, kein Elektronenbremskontinuum (kontinuierliche Bremsstrahlung³⁴⁹), sondern nur genau definierte, diskontinuierliche Werte existieren. Damit wird die Stabilität von Materie erklärbar. (Kiefer C. , 2011, S. 31)

Entscheidend für diesen Umstand ist das Planck'sche Wirkungsquantum h . Die von den frühen Atomphysikern später als revolutionäre Entdeckung erkannte Annahme war, Atome können die Energie der elektromagnetischen Strahlung nur in ganzzahligen Vielfachen einer Grundenergie aufnehmen oder abgeben.

In dieser Quantisierung von Energieniveaus liegt die Gleichartigkeit unserer stofflichen Erfahrungswelt; ob auf der Erde oder in einer fernen Galaxie. Zum Beispiel ist ein Barium-Atom in allen Einzelheiten seines Elektronenaufbaus hier und dort völlig gleich. Ein Sauerstoffatom in der Luft, als molekularer Bestandteil in einem Gesteinsmolekül oder in der DNA, ist ebenfalls in allen Details nicht unterscheidbar. Das ist der Schlüssel zu unserer Welt. Die Bausteine sind völlig identisch. Das gleiche gilt auch für Moleküle, die aus Atomen aufgebaut sind mit der Einschränkung des Molekülaufbaus aus verschiedenen Isotopen.

Erst mit der Entwicklung von Leben ändert sich das; allerdings nur hinsichtlich des lebendigen Gesamtsystems. Wenn es zwar auch „nur“ aus identischen Atomen besteht, so ist jedes Lebewesen, im weitesten Sinn, durch seinen ungeheuer komplexen zellulären Aufbau, mit all seinen Funktionen und Eigenschaften ein Unikat.

Zu dieser Tatsache möchte ich einige Zeilen aus dem wunderbaren Buch von Klaus Kiefer, „Der Quantenkosmos“, zitieren:

Zitat Anfang „Im Unterschied zu klassischen Objekten sind quantenmechanische Objekte ununterscheidbar; ein Elektron sieht aus wie das andere. Leibniz³⁵⁰ hat noch behauptet, dass es keine zwei ununterscheidbaren Gegenstände geben könne. Diesen Schluss hat er aus seinem „Prinzip des zureichenden Grundes“ gezogen: Hätte Gott zwei identische Atome geschaffen, so gäbe es keinen Grund, das eine hier und das andere dort (statt umgekehrt) zu platzieren. Er soll zur Demonstration sogar seine Hofgesellschaft losgeschickt haben, um im Schlossgarten zu Herrenhausen nach identischen Blättern zu suchen – ein vergebliches Unterfangen. Hätte die Gesellschaft nach Elektronen gesucht, so hätte sie allerdings nur eine Version finden können.“ Zitat Ende (Kiefer K. , 2009, S. 87)

Als „Konkurrenzmodell“ zu o.a. Planetensystem, wurde damals auch ein „Teigmodell“ diskutiert. Dabei sollte der positive Kern in einer Art Elektronenteig existieren, was natürlich der Vorstellung des Elektrons als Teilchen widerspricht. (Pietschmann, 2003, S. 29)

Schauen wir uns nochmals beispielhaft das allgemein akzeptierte Modell des Helium 4 Atoms an:

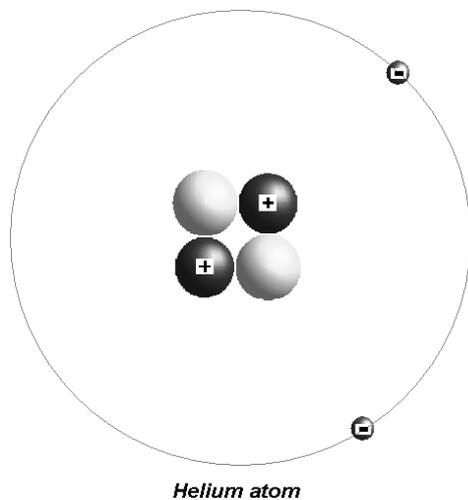


Abbildung 74: Das Heliumatom (Kopie aus WIKIPEDIA)

Wir finden einen Kern aus 2 Protonen, von denen jedes eine positive Elementarladung trägt und zwei ladungslosen Neutronen. Dieser Kern hat eine Ausdehnung von ca. 10^{-13} cm und enthält fast die gesamte Masse. Um diesen Kern kreisen mit einem Radius von $1 - 2,4 \times 10^{-8}$ cm, zwei nahezu gewichtslose Elektronen mit jeweils einer negativen Elementarladung. Damit ist das Helium-Atom elektrisch neutral. D.h., der durch die Elektronenhülle bestimmte Durchmesser des Helium-Atoms ist ca. 10 000 Mal größer als der Kern. Dazwischen ist Leere. Diese außerordentlichen Größenverhältnisse gelten für alle o.a. chemische Elemente.

Elektronenübergänge

Wie gesagt sind die Elektronenhüllen der natürlichen Elemente des Periodensystems nach ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten aufgebaut, die sich in der Stellung des Elements im Periodensystem manifestiert und deren komplexe Struktur erst in den 20iger Jahren, durch Methoden der Spektralanalyse (s.u.) und darauf aufbauend durch die Quantenmechanik geklärt wurde.

In dem oben angesprochenen „zwiebelschalenartigen“ Aufbau der Elektronenhülle, ist jeder dieser Schalen ein ganz bestimmtes Energieniveau eigen.

Absorption von Energie, Absorptionsspektren:

Zwingt man Elektronen durch Zufuhr von Energie, z.B. in Form einer Gas-Flamme, von der äußersten besetzten Schale eines Atoms auf höher liegende unbesetzte Bahnen oder entfernt man sie völlig aus dem Wirkungsbereich des positiven Atomkerns, werden aus dem elektromagnetischen Energiespektrum der Flamme ganz definierte Frequenzen absorbiert. Das dokumentiert sich als feine Linie fehlender, also absorbiertes Energie, im Frequenzbereich des Flammenspektrums.

Zum Beispiel Wasserstoff:

Ein Elektron im Wasserstoffatom, wird von seiner Bahn mit dem Radius r_2 durch Energiezufuhr in Form eines Photons (entnommen aus dem Energiespektrum des elektromagnetischen Felds), auf die Bahn mit dem Radius r_3 gehoben. Dabei finden die im linken Term-Schema beschriebenen Energieübergänge statt.

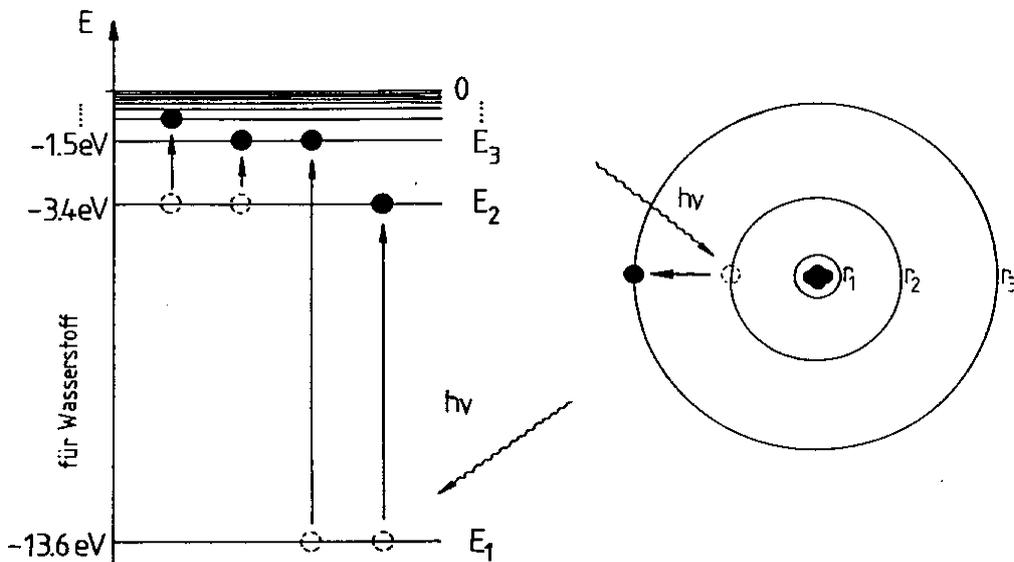


Abbildung 75: Photonen Absorption (pages.unibas.ch/phys-ap/HTML/77/anl77.htm)

Absorptionsprozess:

Absorption von Energie

Das Photon kann nur dann genutzt werden, wenn seine Energie mindestens genau passt. Die dem Elektron zugeführte Energie bewirkt einen Sprung auf die nächsthöhere Bahn.

Emissionsprozess:

Emission von Energie, Emissionsspektren.

Da energetisch angehobene Elektronen im angeregten Atom A energetisch instabile sind, fallen sie nach kurzer Zeit spontan wieder auf ihre alte Schale zurück. Die Quantenmechaniker führen diesen Effekt auf die Quantenfluktuation zurück. (Hasinger, 2009, S. 27) Die Elektronen geben dabei die aufgenommene Energie in Form eines Photons, also Licht ab. Dabei hat dieses Photon genau die Energie, die der Energiedifferenz der beiden betroffenen Schalen entspricht. D.h., das Photon hat eine ganz bestimmte Frequenz. Die Frequenz kann mit den Mitteln der Spektralanalyse gemessen werden. Diese Emissionsfrequenz ist identisch mit der o.a. Absorptionsfrequenz des Flammenspektrums.

Die Physik nutzt die Spektralanalyse seit vielen Jahren, initiiert vor allem durch die Arbeiten von Fraunhofer³⁵¹ am Sonnenspektrum sowie von Kirchhoff, Huggins und Secchi (s.o.) bereits im 19. Jahrhundert. Sie hat wesentlich zur Erkenntnis des irdischen und kosmischen atomaren Materieaufbaus und der Quantenmechanik beigetragen. Man kann durch die Messung von Absorptions- bzw. Emissionsvorgängen jedes Element eindeutig charakterisieren, vergleichbar einem Fingerabdruck. Denken Sie nur an die „Zerlegung“ von Sonnenlicht in die Spektralfarben mittels eines Prismas. Wenn man das mit hochauflösenden Spektroanalysatoren für Sonnenlicht durchführt, findet man das Regenbogenspektrum und die Spektrallinien von Elementen wie Eisen, Natrium, Wasserstoff und Calcium. In diesem Sonnenspektrum wurde auch ein ganz besonderes Element gefunden, und zwar noch bevor man es auf der Erde in Substanz nachweisen konnte: Helium.

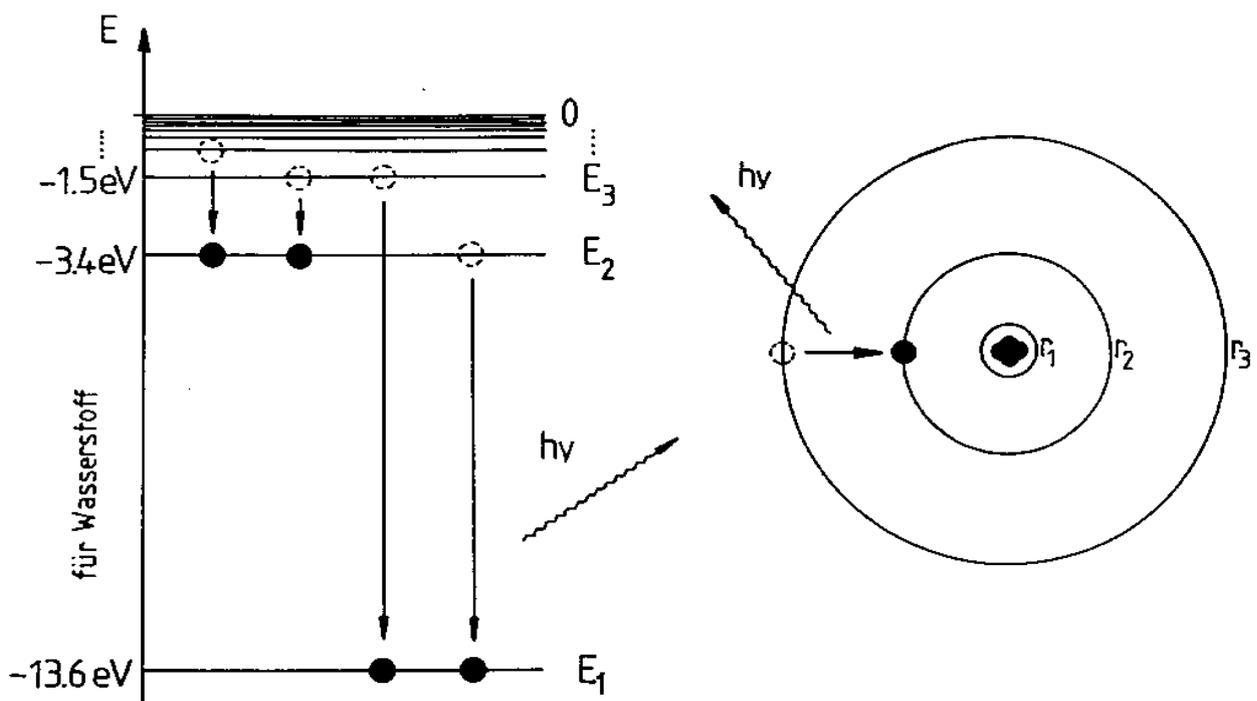


Abbildung 75: Photonen Emission (pages.unibas.ch/phys-ap/HTML/77/anl77.htm)

Emissionsprozesse: Das Elektron sucht seine ursprüngliche tiefere Bahn. Dabei wird Energie frei. Diese Energie präsentiert sich als emittiertes Photon.

Nehmen wir z.B. das Barium-Atom:

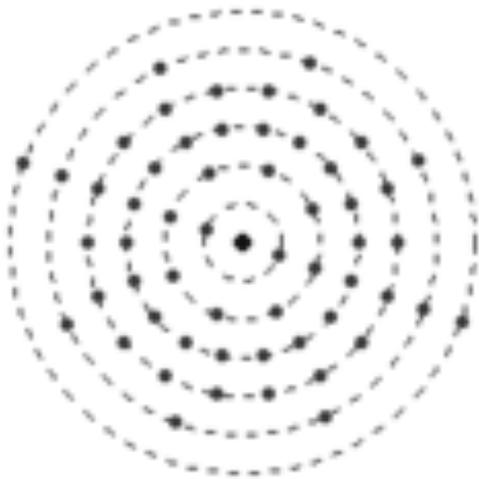


Abbildung 76: Das Barium-Atom (Kopie aus WIKIPEDIA)

Lassen Sie sich durch diese schematische Darstellungsweise des Barium-Atoms, in Form von vereinfachten „Zwiebelschalen“, nicht täuschen. Der Kern enthält, hier nicht dargestellt, 56 Protonen und 74, oder 76, oder 78, oder 79, oder 80, oder 81, oder 82 Neutronen, je nach Isotop³⁵².

Um diesen Kern herum befinden sich, in durchschnittlich ca. 10 000-fachem Abstand, 56 Elektronen auf differenzierten Bahnen. (Eine angenähert quantitative Beschreibung dieser komplexen Anordnung der Energieniveaus der einzelnen Elektronenschalen und -unterschalen ist sehr aufwändig. Sie wurde erst durch die Quantenmechanik ermöglicht und kann hier nicht näher erläutert werden. Es wird dann auch nicht mehr von Elektronenbahnen, sondern von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten der Elektronen gesprochen).

Durch Zufuhr von Energie, wie oben beschrieben, z.B. durch die thermische Energie einer Gasflamme, können die Elektronen der äußersten Barium-

Elektronenbahnen, auf leere höhere Bahnen „gehoben“ werden, die weiter vom Kern entfernt sind; dies ist der o.a. Absorptionsvorgang. Da das Elektron weiter vom positiven Kern entfernt wird, ist dazu Energieaufwand nötig da die negative Ladung des Elektrons von der positiven Kernladung entfernt wird. Dieser Zustand ist energetisch dauerhaft instabil. Daher fällt das Elektron auf seinen Stammsplatz zurück und gibt dabei die Energie, die es beim „Anheben“ aufgenommen hat, wieder ab. Das erfolgt in Form der Abstrahlung eines Photons, also eines Lichtteilchens, mit der Frequenz, die der „Anhebungsenergie“ entspricht. Dies ist der Emissionsvorgang, der sich in einer Spektrallinie bemerkbar macht. Man kann das experimentell in farblicher Weise darstellen:

Wenn Sie Barium-Verbindungen in eine Gasflamme halten, sehen Sie eine fahlgrüne Flammenfärbung und im Spektralanalysator charakteristische Spektrallinien, nämlich die Elektronenübergänge bei einer Wellenlänge von 524,2 und 513,7 nm.

Wenn man einen fernen Stern beobachtet und diese Linien, ganz allgemein nennt man das Fraunhofersche Spektrallinien³⁵³, findet, kann man davon ausgehen, dass der Stern u.a. Barium-Atome enthält. Spektralanalytisch können so alle chemischen Elemente in fernen Sternen und Galaxien nachgewiesen werden, entgegen der eingangs erwähnten Annahme der Unbeweisbarkeit von August Comte, Begründer des Positivismus

Der Atomkern

Uns Epigonen ist das Atommodell als das Bohrsche Atommodell inzwischen seit ca. 100 Jahren vertraut, soweit man einer Sache, die man nicht sehen, sondern sozusagen nur indirekt durch Experimente beweisen kann, vertrauen will. Diese Modellvorstellung gilt inzwischen aber nur noch als grobe Näherung an das durch die Quantenmechanik präzierte Modell.

Über die Elektronenhülle ist das für uns Wesentliche gesagt.

Nun wollen wir den Atomkern betrachten, der ja das Vieltausendfache an Masse, verglichen mit der Elektronenhülle, enthält.

Er ist das primäre Produkt der primordialen Elementsynthese, bei den außerordentlich hohen Temperaturen von Fusionsreaktionen im Sterninneren. Die Elektronen stießen erst viel später, in einer energetisch unspektakulären Situation dazu.

Es hat sich herausgestellt, dass auch der Atomkern nicht eine willkürliche Anhäufung von Protonen und Neutronen ist. Vielmehr ist ein schalenförmiger Aufbau ermittelt worden, der Elementen spezielle Eigenschaften des Atomkerns (Siehe Literaturzitat 139) verleiht. Dazu gehören die Elemente mit den Kernladungszahlen 2, 8, 20, 28, 50, 82. Diese Elemente weisen eine besonders stabile, symmetrische schalenförmige Kernstruktur auf. Solche Kerne werden auch als magische Kerne bezeichnet. Siehe hierzu F. Paturi (Paturi, 2010, S. 79), der auch die

Möglichkeit stabiler Inseln bei den noch künstlich zu erzeugenden Transuranen erörtert.

Alle Atome, außer Wasserstoff, enthalten in ihren Atomkernen Protonen und Neutronen.

Erklärung:

Für den Zusammenhalt des Atomkerns ist die starke Wechselwirkungskraft zwischen Protonen und Neutronen verantwortlich. Sie wirkt gleichermaßen auf beide anziehend, aber nur auf sehr kurze Distanz. Daher ist die Bindungsenergie pro Nukleon ungefähr konstant. Hinzu kommt aber die elektrostatische Abstoßung der Protonen untereinander, die dieser anziehenden Kraft entgegenwirkt. Neutronen dagegen stoßen sich, als ungeladene Teilchen durch die elektromagnetische Kraft nicht ab. Zwar ist die elektromagnetische Kraft schwächer, sie wirkt aber über größere Entfernungen. Dadurch steigt die Abstoßung mit der Zahl der Protonen rapide an. Bis zu einer Protonenzahl von 82 wird das durch „überschüssige“ Neutronen kompensiert, darüber hinaus nicht mehr. Es folgen die 10 Elemente, deren Kerne über einen mehr oder weniger langen Zeitraum zerfallen. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass es eine ganze Reihe von Elementen mit geringerer Protonenzahl gibt, deren Isotope ebenfalls mehr oder weniger langsam zerfallen, also radioaktiv sind. Dazu gehört z.B. das bereits angesprochene Kaliumisotop Kalium-40.

Die starke Wechselwirkung im Atomkern verhindert auch, dass im Atomkern gebundene Neutronen zerfallen, die frei nur etwa 610 Sekunden Halbwertszeit bzw. 880 Sekunden Lebensdauer haben. (Siehe WIKIPEDIA und in meinem Buch, Energie, Entropie, Leben: Baryogenese)

Sind die beiden Kernbausteine Proton und Neutron, die elementaren Bausteine unserer Welt?

Schon 1964 haben die Physiker Murray Gell-Man und Georg Zweig sich diese grundsätzliche Frage gestellt und das Modell der Quarks aufgestellt, das eine weitere Feinstruktur von Proton und Neutron voraussagte.

Zur experimentellen Bestätigung dieser Theorie wurden, ähnlich wie bei den Rutherford'schen Versuchen, 1966 Streuversuche im Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) an Atomkernen unternommen. Allerdings galt es die 10 000 Mal feinere Struktur des Atomkerns aufzulösen. Als Geschosse benutzte man nicht alpha-Teilchen, sondern Elektronen. Aus Stoßversuchen mit Elektronen von nahezu Lichtgeschwindigkeit, ergab sich eine starke Ablenkung beim Eintritt in Protonen, wodurch klar wurde, dass Protonen eine differenzierte Struktur aufweisen müssen.

Die experimentelle Antwort lautet daher:

Nein, auch Proton und Neutron weisen eine differenzierte innere Struktur auf: Sie bestehen aus wesentlich kleineren Bausteinen: Man hat sie Quarks genannt.

Ihre Entstehungsgeschichte habe ich versucht im Teil 1 meines Buchs (Energie, Entropie, Leben) darzulegen.

Dass es über diese Bausteine hinaus noch einfachere Strukturen gibt, versucht die bereits mehrfach angesprochene String-Theorie zu beweisen.

Das Ergebnis war wie gesagt das Auffinden von jeweils 3 Quark- Bausteinen für das Proton und das Neutron. Und auch hier wieder ungeheure, beängstigende Leere: Ein Quark nimmt innerhalb eines Protons nur etwa ein Millionstel des Protonenvolumens ein. Diese Leere wird von Frank Close In seinem Büchlein „Das Nichts verstehen“ (Close, Das Nichts verstehen, 2011, S. 32) sehr eindrucksvoll dargelegt.

Damit kann das gesamte Spektrum der Bausteine unserer stofflichen Welt, also alle Moleküle, Atome, Atomkerne, Protonen, Neutronen und Elektronen, ausschließlich auf das Elektron und die Quarks reduziert werden, soweit man nicht Strings einbeziehen will. Eine in höchstem Maße faszinierende wie irritierende Feststellung ist folgendes Faktum: Unser hochdifferenzierte Welt, mit all ihren Facetten von Ozeanen, Gebirgen, Biologie, Pflanzen, Lebewesen, scheint bis auf das kleine Virus, ausschließlich durch diese zwei Bausteine verkörpert zu sein. Das ist natürlich ein sehr reduktionistischer Ansatz. Holistische bzw. vitalistische oder panpsychistische Ansätze suchen nach Mehr. Es wäre schön, sie würden es endlich finden.

Alles stoffliche Sein scheint ein energiebeherrschtes Wirken der elektromagnetischen Kraft in Elektronen und Quarks zu sein.

Wieder steht hinter allem die Energie als letzte Instanz, denn Quarks und Elektronen resultieren aus der Energie- Masse-transformation des Urknalls. Es ist zu prüfen, ob Energie auf niedrigstem Niveau über diese materialisierte Ebene hinaus in holistischem Sinn wirken könnte.

In diesem Zusammenhang möchte ich jedoch auf die Vorläufigkeit solcher Modellvorstellungen hinweisen: Kürzlich hatte ich das Buch "Eins, Zwei, Drei...Unendlichkeit von George Gamow (Gamow, 1958) zur Hand genommen. Professor Gamow wirkte zum Zeitpunkt der Veröffentlichung seines Buches, es war das Jahr 1958, als Physiker an der Universität von Colorado. Ich hatte es mir als 16-Jähriger, nach den ersten schulischen Einblicken in Physik und Chemie gekauft, allerdings trotz des eher populärwissenschaftlichen Inhalts ziemlich wenig verstanden. Professor Gamow kommt in diesem Werk zum Abschluss des Kapitels „Elementarteilchen“ zu dem Statement: „*Statt der vielen Atome der Chemie haben wir drei Grundeinheiten: Nukleonen (Das waren für ihn Neutronen und positive und negative Protonen (was er damit meinte ist mir allerdings nicht ganz klar; vielleicht das Antiproton. Anm. d. V.), Elektronen und Neutrinos. Es bleibt*

bei allem Vereinfachungswillen nicht mehr viel zu vereinfachen. So scheint es, dass wir hier auf der Suche nach den Grundbausteinen der Materie am Ziel angelangt sind.“

Sie sehen, schon ca. 60 Jahre später hat die Wissenschaft die nächste Türe geöffnet und dahinter natürlich weitere verschlossene Türen gefunden.

Das momentane Weltbild der Physiker geht davon aus, dass Quarks und Elektronen nicht aus noch kleineren Teilchen aufgebaut sind. Allerdings gibt es, wie oben angeführt, die String-Theorien, die besagen, dass alles, auch Quarks und Elektronen, einzig aus den String-Schwingungen bestehen. Aber zu diesem „laufenden Verfahren“ können nur die Fachleute etwas sagen. (Randall, 2005, S. 323) Ich lege besonderen Wert auf die Darstellung dieser Zusammenhänge, da Quarks von zentraler Bedeutung für das Verständnis des Entstehens von Materie sind. Das wurde bereits bei der Diskussion des Urknalls erörtert. Im Wesentlichen sollten Sie sich nur die innere, aus Quarks bestehende Struktur des Protons und des Neutrons merken, und dass es mindestens zwei verschiedene Sorten von beständigen Quarks für Materie gibt. Es gibt noch vier weitere Quarks, die aber unbeständig und für unsere Betrachtung unbedeutend sind.

Materie

Materie besteht aus Protonen und Neutronen und diese wiederum aus Quarks:

Quark Sorten:	u (von „up“)	d (von „down“)
---------------	--------------	----------------

Quark Ladungen:	u: + 2/3	d: - 1/3
-----------------	----------	----------

Ein Proton entsteht, wenn wir formal 2 u Quarks und 1 d Quark zusammensetzen

Proton:	u+u+d
Ladung:	$(2/3) + (2/3) - (1/3) = + 1$

Ein Neutron entsteht, wenn wir formal 2 d Quarks und 1 u Quark zusammensetzen

Neutron:	u+d+d
Neutronen Ladung:	$(2/3) + (-1/3) + (-1/3) = 0$

Antimaterie

Wie schon erwähnt, entsteht Antimaterie parallel zu Materie, aus Energie die sich sozusagen symmetrisch entfalten kann.

Antimaterie besteht aus Antiprotonen und Antineutronen, die von Anti-Quarks geformt werden:

1. Anti-Quark Sorten: Anti-u (von „up“) und Anti-d (von „down“)

2. Quark Ladungen: \bar{u} : - 2/3 \bar{d} : + 1/3

Ein Antiproton entsteht, wenn wir 2 Anti-u Quarks und 1 Anti-d Quark zusammensetzen

Antiproton: Anti-u + Anti-u + Anti-d
Ladung: $(-2/3) + (-2/3) + (1/3) = - 1$

Ein Antineutron entsteht, wenn wir 2 Anti-d Quarks und 1 Anti-u Quark zusammensetzen

Antineutron: Anti-u + Anti-d + Anti-d
Ladung: $(-2/3) + (1/3) + (1/3) = 0$

Damit wäre das aktuell Wichtigste zur innersten Struktur der chemischen Elementen, den gegebenen Bausteinen unserer stofflichen Welt, gesagt. Wir beenden damit den kurzen, sehr oberflächlichen Exkurs in die Welt der Atome. Wie die Natur diesen Baukasten genutzt hat, wobei 92 natürliche Elemente, von Wasserstoff bis zu Uran, zur Verfügung standen, wie diese und vor allem die Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff, die Leberelemente, zu Molekülen agieren können, wurde bereits im zweiten Teil etwas näher beleuchtet.

Ergänzung 6: Wasser

Wasser hat eine ganze Reihe von vergleichsweise außergewöhnlichen Eigenschaften, die für Leben wie wir es für unsere irdischen Verhältnisse kennen, von elementarer Bedeutung sind, und die im Wirken der Evolution in die Systementwicklung des Lebens integriert wurden. Diese Tatsache wird häufig als ein weiterer Mosaikstein in der Beweisführung für eine Lenkung hin zu menschlichem Leben gewertet. Immer wieder begegnet man z.B. der Überzeugung eines Erinnerungsvermögens von Wasser.

Zitat: Homöopathische Wirkung: Hat Wasser ein Gedächtnis? „Fünfzehn Jahre nach Skandalen um angeblich wissenschaftlichen Nachweis der Homöopathie sagt wieder ein Wissenschaftler "Ja".

In homöopathischen Arzneimitteln werden chemische Substanzen zum Teil so stark mit Wasser verdünnt, dass in der Dosis, die dem Patienten verabreicht wird,

kein einziges Molekül der Ursprungssubstanz mehr vorhanden ist. Die Homöopathen glauben jedoch, dass im Wasser irgendwie die "Information" des Arzneimittels gespeichert bleibt. Der Schweizer Chemiker Louis Rey wird in einer der kommenden Ausgaben der Fachzeitschrift Physica A experimentelle Ergebnisse vorstellen, die diese Annahme unterstützen. Das berichtet das Wissenschaftsmagazin New Scientist (Ausgabe vom 14.06.2003)“.

Es ist also schon etwas dran an der Vermutung, dass die unerklärliche Neigung mancher Mensch dieser Plazebo“wissenschaft“ zu vertrauen einer unterschweligen, unausgesprochenen Neigung zu Magie entspringt.

So die Sichtweise, wenn man davon ausgeht, dass die Entwicklung sozusagen durch Intelligentes Design auf vorbestimmten Gleisen verlaufen ist. Ich bin aber, wie bereits mehrfach erörtert, eher der Ansicht, dass Leben sich an die Möglichkeiten und Grenzen, die anorganisch vorgegeben waren, selbstorganisierend angepasst hat und mit dem „gearbeitet“ hat, was zur Verfügung stand. Wasser wurde u.a. genutzt, weil es in riesigem Überschuss nahezu überall präsent war und in den passenden Aggregatzuständen vorlag. (S.u.: Wasserentropie)

Erinnerungsvermögen ist gebunden an eine stoffliche Basis sowie einen Schreib- und Lesemechanismus für gespeicherte Informationen, der mit dieser stofflichen Basis geordnet kommunizieren kann. Man braucht nur an das Beispiel der genetischen Information oder an die Datenverarbeitung im IT-Sektor zu denken, um zu sehen: Da ist nichts, was in Wasser diese Funktion leisten könnte. Auch die Tatsache, dass Wasser über van der Waalsche Kräfte (Wasserstoffbrückenbindungen, s.u.) kurzlebige, temperaturabhängige Strukturen aufbauen kann, ist keine Basis oder Beweis eines solchen Wasser-Gedächtnisses.

WIKIPEDIA: "Weil Wassermoleküle Dipole sind, besitzen sie ausgeprägte zwischenmolekulare Anziehungskräfte und können sich durch Wasserstoffbrückenbindung zu Clustern zusammenlagern. Dabei handelt es sich nicht um beständige, feste Verkettungen. Der Verbund über Wasserstoffbrückenbindungen besteht nur für Bruchteile von Sekunden, wonach sich die einzelnen Moleküle wieder aus dem Verbund lösen und sich in einem ebenso kurzen Zeitraum erneut – mit anderen Wassermolekülen – verketteten. Dieser Vorgang wiederholt sich ständig und führt letztendlich zur Ausbildung von variablen Clustern“.

Eine lesenswerte Stellungnahme zu diesem Thema finden sie bei (Paturi, 2010, S. 223)

Ich bin mir sicher, dass die Aussage über die grundsätzliche biologische Bedeutung von Wasser, auch für außerirdische Systeme gilt, es sei denn, man findet eine Form von Leben, die sich von der Basis ihrer chemischen Elemente sowie

der physikalischen Voraussetzung her, ganz wesentlich von unserem Kohlenstoff-Leben unterscheidet.

Die besonderen Eigenschaften von Wasser liegen ursächlich in seinem molekularen Aufbau begründet.

Wasser dürfte das älteste Molekül im Kosmos sei und hat sich, das ist heute noch so, Interstellar aus Wasserstoff und Sauerstoff gebildet. Es gelangte, gefroren in Kometen, auf die frühe Erde.

„Neues Wasser“ wird in lebenden Organismen ständig bei der Zellatmung von Glukose zu Kohlendioxid und Wasser gebildet. Als Hauptprodukt entsteht Adenosintriphosphat, das die für die Zelle lebensnotwendige Energie beinhaltet.

Der molekulare Aufbau von Wasser

Wasser ist ein eher unspektakuläres, kleines Molekül, aus einem Sauerstoff und zwei Wasserstoffatomen. Beide Atomsorten weisen stark unterschiedliche Elektronegativität auf. Von großer Bedeutung ist ergänzend die räumliche Anordnung dieser drei Atome, die sich aus der Betrachtung der Molekülorbitale³⁵⁴ und damit aus quantenmechanischen Berechnungen ableiten lässt. Sie hat weitreichende Auswirkungen auf die physikalischen und makroskopischen Eigenschaften sowie die biologischen Abläufe. Um sich diese räumliche Anordnung nachvollziehbar zu machen, stellen Sie sich am besten einen Tetraeder vor, in dessen Mittelpunkt das Sauerstoffatom sitzt, das zwei Bindungen zu zwei Wasserstoffatomen tätigt, die an zwei Ecken des Tetraeders lokalisiert sind. Im Wassermolekül stellt sich ein Winkel zwischen H-O-H von etwa $104,5^\circ$, nahe am Tetraeder Winkel von 109° ein. **Es ist nicht linear gestreckt.** Die beiden restlichen Tetraeder-Ecken lassen wir außen vor; (sie sind durch zwei Molekülorbitale besetzt, die keine Bindung eingehen, da sich in jedem dieser Orbital zwei Elektronen aufhalten. Mehr Elektronen pro Orbital sind aus quantenmechanischen Gründen nicht möglich). Wenn man jetzt eine gedachte Ebene durch den Tetraeder legt, die das Sauerstoffatom und die beiden Wasserstoffatome enthält, ergibt sich das nächste Bild, das zwanglos das Auftreten eines permanenten elektrischen Dipolmoments des Wassermoleküls erklärt.

Abbildung 77: Das Tetraedermodell des Wassermoleküls

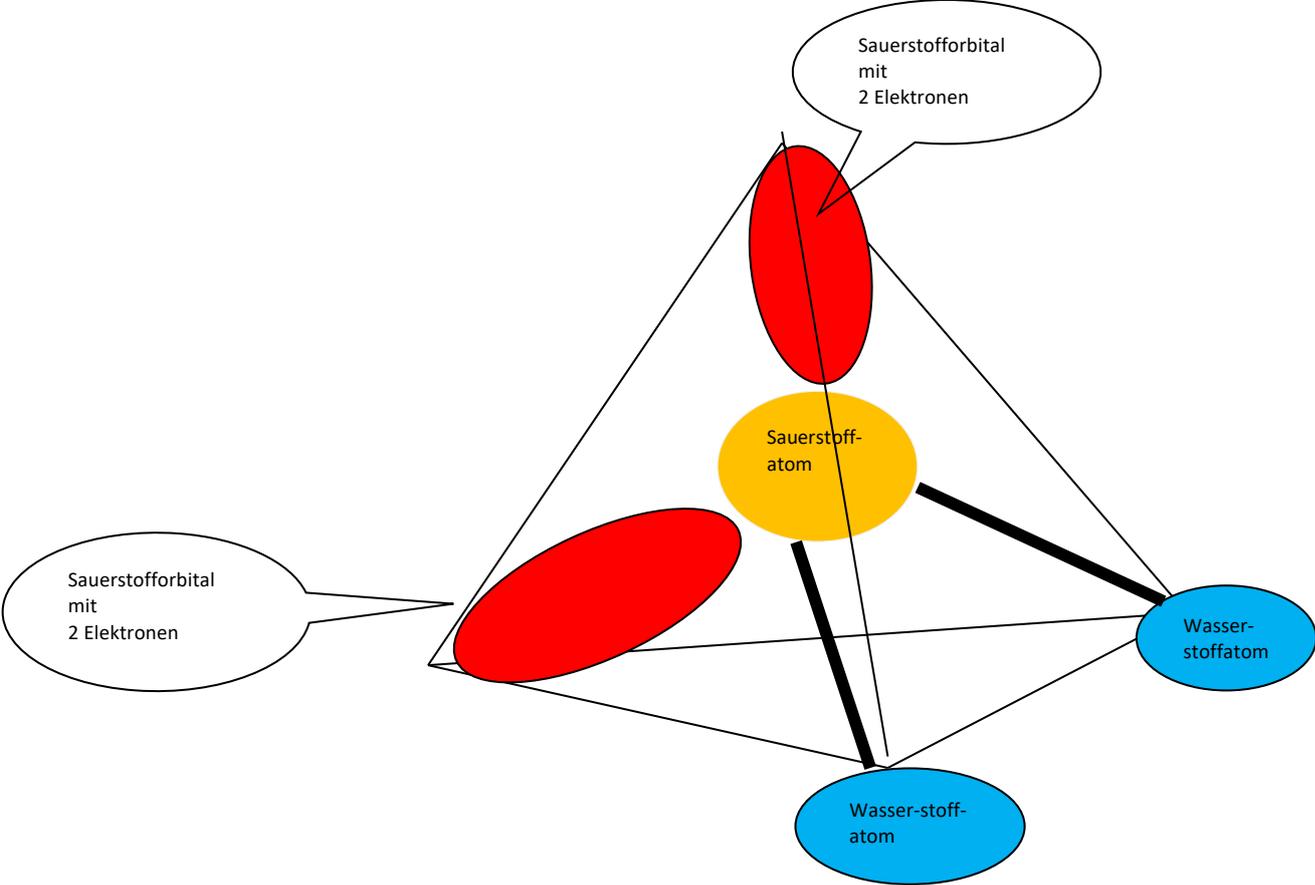
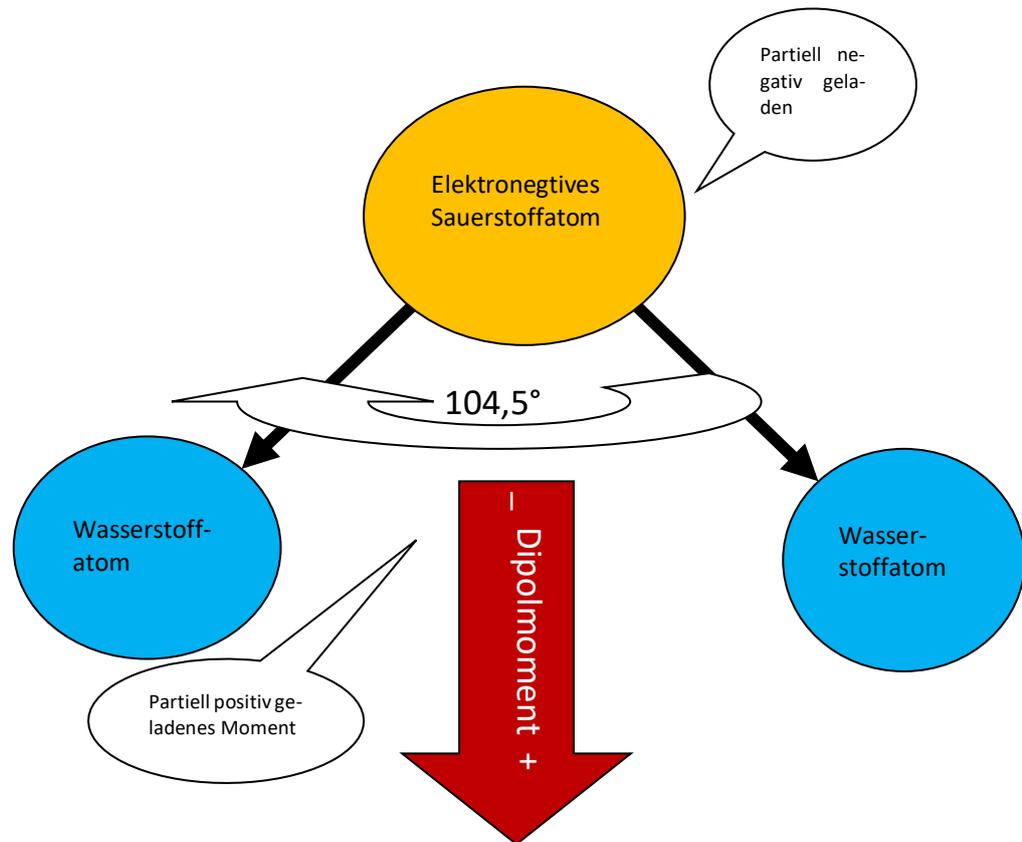
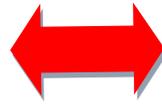


Abbildung 78: Modell des Wassermoleküls als Dipol

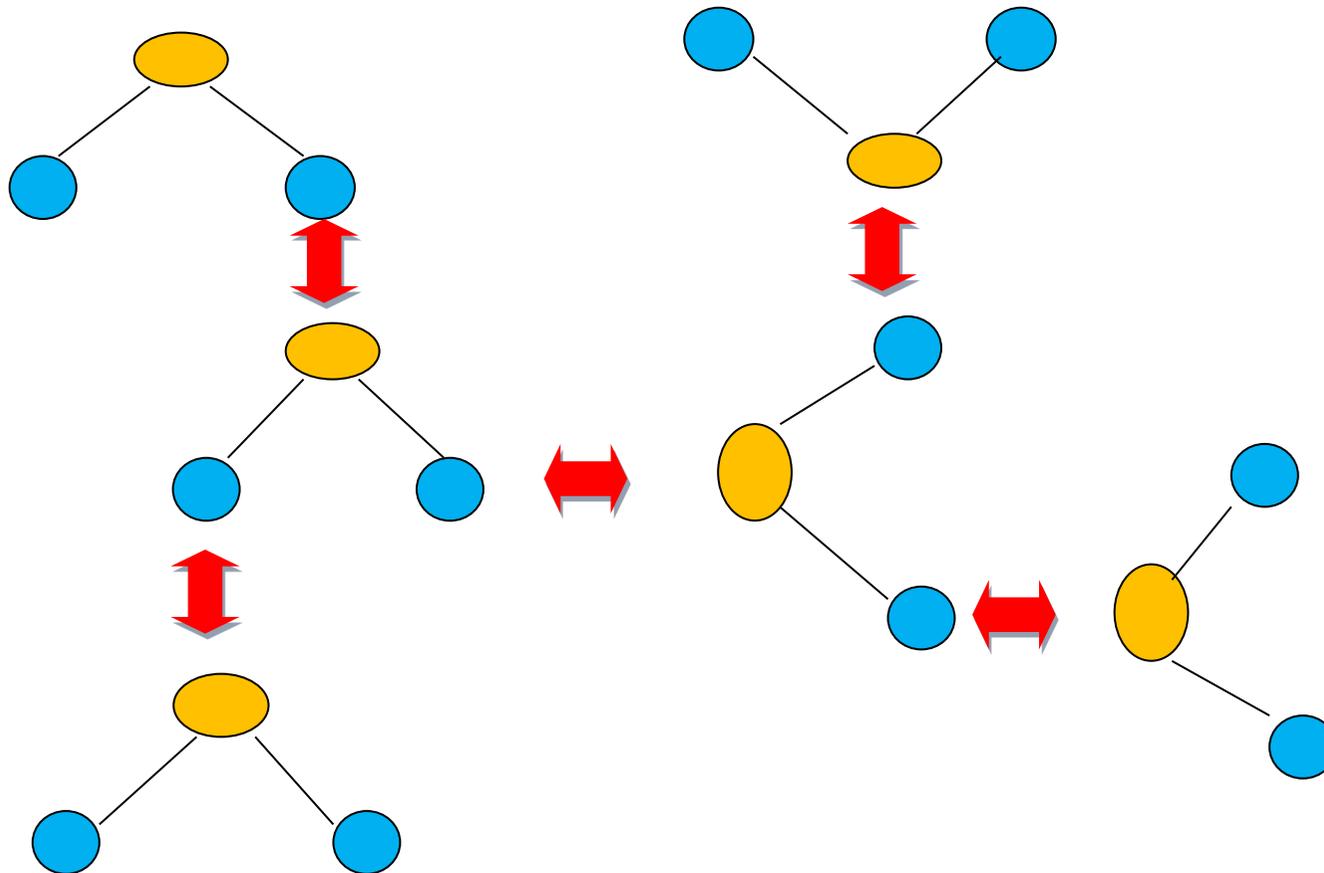


Dieses Dipolmoment hat Auswirkungen auf die Phänomenologie, die Physik und die Chemie dieses außergewöhnlichen Moleküls. Es bilden sich nämlich zwischen den partiell positiv geladenen Wasserstoffatomen und dem partiell negativ geladenen Sauerstoffatom Anziehungskräfte zwischen einzelnen Wassermolekülen aus, die man als Wasserstoffbrückenbindung bezeichnet. Übrigens gilt das nicht nur für Wasser. Auch in Proteinmolekülen oder der DNA sind vergleichbare Kräfte wirksam, die dort zur Ausbildung von höher geordneten Strukturen, z.B. den o.a. sogenannten Quartärstrukturen, führen.

Abbildung 79: Modellhaft ist hier der Aufbau von Wasserstoffbrückenbindungen =



in Wasser dargestellt:



Wie äußert sich diese Kraft konkret?

Hier die wichtigsten Beispiele:

Aus dem Chemieunterricht wird vielleicht manchem von Ihnen noch der Begriff der Anomalie von Wasser geläufig sein. Zu diesem Thema finden Sie einige interessante Effekte bei Paturi: (Paturi, 2010, S. 84)

Dazu eine kurze Darstellung einiger dieser Eigenschaften, die Wasser aus der theoretischen Erwartung der Eigenschaften herausfallen lassen:

Wasserstoffverbindungen der 6. Hauptgruppe

Wenn Sie im zweiten Teil meines Buchs (Energie, Entropie, Leben) das dort beschriebene Periodensystem aufsuchen, finden Sie den Sauerstoff in der 16. Gruppe bzw. 6. Hauptgruppe, zusammen mit den Elementen Schwefel, Selen und Tellur (Polonium können wir in diesem Zusammenhang vergessen). Es ist ein Charakteristikum der Gruppen des Periodensystems, dass die jeweils darin aufgelisteten Elemente und ihre analogen Verbindungen, sehr ähnliche Eigenschaften aufweisen: Periodizität. Diese 4 Elemente haben, was durch ihre Stellung im Periodensystem³⁵⁵ zum Ausdruck kommt, einen sehr ähnlichen Aufbau ihrer äußeren Elektronenhülle und damit sehr ähnliches chemisches Verhalten. So bilden Schwefel, Selen und Tellur, ebenso wie Sauerstoff, Verbindungen mit jeweils zwei Wasserstoffatomen. Man sollte nun annehmen, dass diese vier Wasserstoffverbindungen untereinander tendenziell vergleichbare Eigenschaften haben. Dem ist aber, wie Sie durch folgendem Vergleich entnehmen können, nicht so.

Man erwartet Schmelz- bzw. Siedepunkte von Wasser, die durch die beiden gestrichelten Pfeile in der Abbildung 80 angedeutet sind, findet aber tatsächlich deutlich abweichende Verläufe.

	Schmelz-punkt °C	Siedepunkt °C	Verdampfungs- Enthalpie(kJ/Mol)	Bildungs- Enthalpie(kJ/Mol)	Bindungswinkel-
H ₂ O	0	100	44,041	-286,02	109,0°
H ₂ S	-85,6	-60,75	18,69	-20,6	92°
H ₂ Se	-65,73	-41,3	19,3	30	91°
H ₂ Te	-51	-2,3	23	99,6	89,5°

Tabelle 13: Wasserstoffverbindungen der Elemente der 6. Hauptgruppe

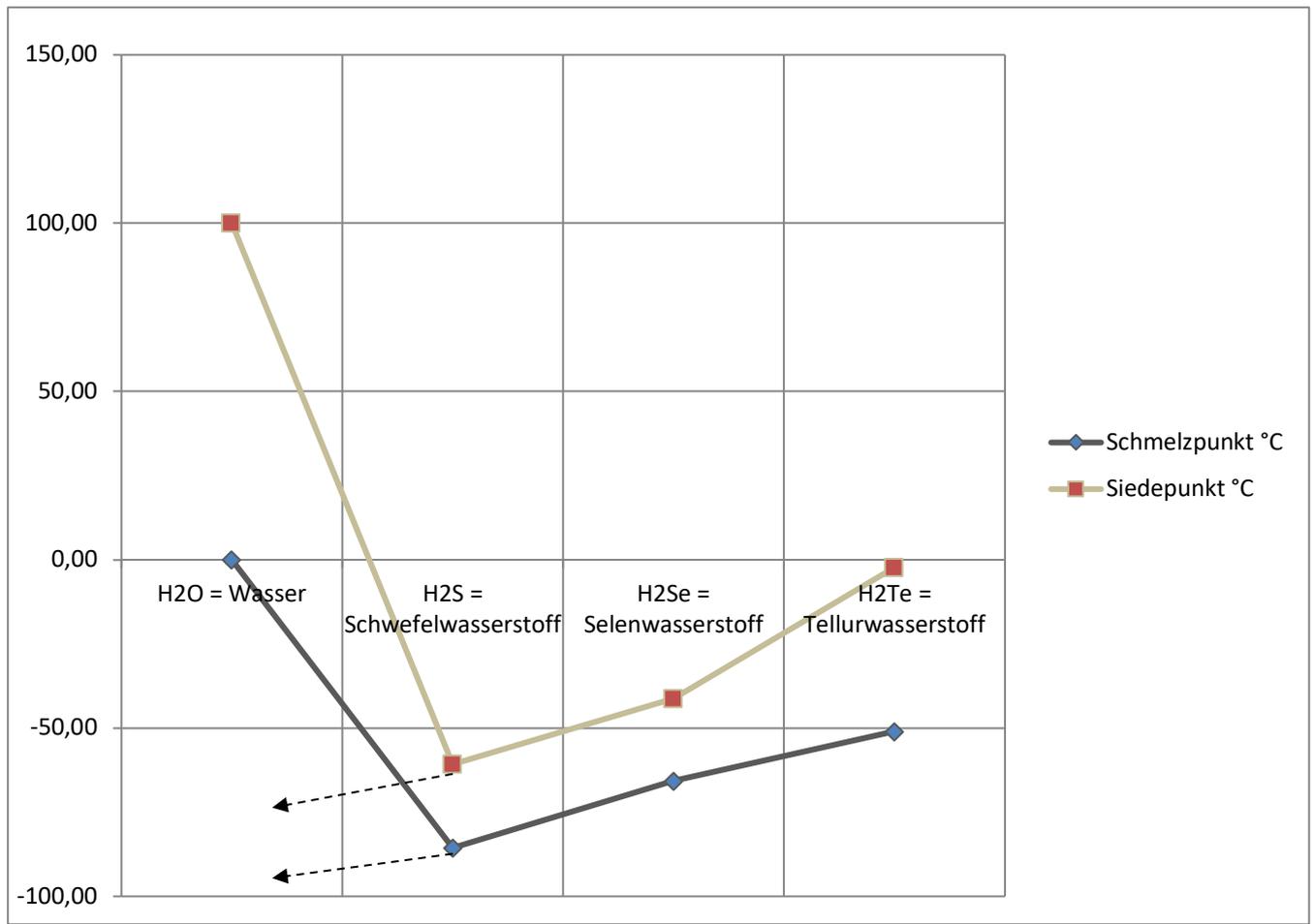


Abbildung 80: Vergleich der Schmelz- und Siedepunkte in graphischer Form

Ganz offensichtlich fällt Wasser ziemlich aus der Reihe. Den Siedepunkt würde man extrapoliert bei ca. -70°C und den Schmelzpunkt bei etwa ca. -100°C erwarten.

Ursache für dieses anormale Verhalten ist u.a. der eingangs erwähnte Bindungswinkel: Mit $104,5^{\circ}$ bilden die beiden gebundenen Wasserstoffatome und das Sauerstoffatom eine nicht lineare Struktur. Das führt zur Ausbildung des besagten Dipolmoments. Zwar ist das für die drei Wasserstoffverbindungen der anderen Elemente auch der Fall. Aber die als Folge davon entstehenden Wasserstoffbindungen sind bei Wasser wesentlich stärker, da Sauerstoff mit einem Wert von 3,5 das Element ist, das im Gegensatz zu den restlichen Elementen seiner Gruppe, die höchste Elektronegativität aufweist. Dazu kommt noch eine Aufweitung der Bindungswinkel infolge des zunehmenden Atomradius bei den 3 Elementen.

Da Sauerstoff im Gegensatz zu den folgenden Elementen seiner Gruppe nur zwei Elektronenschalen aufweist und somit die Bindungsbildung deutlich näher am Atomrumpf erfolgt, tritt eine deutlich höhere Bildungsenthalpie³⁵⁶ auf. Auch die

nur noch von Quecksilber übertroffene hohe Oberflächenspannung des Wassers hat hier ihren Grund.

Wärmekapazität

Wenn man Wasser erwärmt, braucht man für die Erhitzung eines Kilogramms um 1 Kelvin, 4,2 kJ an thermischer Energie. Wasser kann im Vergleich mit anderen Flüssigkeiten offensichtlich wesentlich mehr Energie aufnehmen, ohne dass sich die Temperatur dabei deutlich erhöht. Grund sind wieder die Wasserstoffbrücken, zu deren thermischen Schwingungsanregung ein beträchtlicher Teil an Wärme verbraucht wird. Systeme aus einer großen Anzahl von Teilchen = Moleküle, können Energie in Form von Translations-, Rotations-, Schwingungs-, und potenzieller Energie aufnehmen. Diese verschiedenen Möglichkeiten der Energieaufnahme nennt man Freiheitsgrad. Durch die Wasserstoffbrückenbindungen kommen weitere Freiheitsgrade hinzu. Diese zusätzliche, in Schwingungen gespeicherte Energie, wird beim Abkühlen als latente Wärme wieder frei. Die temperatenausgleichende Wirkung von Wasserreservoirs, wie Flüssen, Seen und Meere, ist in der Meteorologie von außerordentlicher klimatischer Bedeutung.

Dichteanomalie

Reines Wasser ist geruchlos, farblos und geschmacklos, hat bei + 4 °C seine größte Dichte und damit sein größtes spezifisches Gewicht. Wasser sinkt vor dem Gefrieren bei + 4°C zunächst ab und verhindert so das schnelle, durchgängigen Gefrieren von Gewässern. Beim Gefrierpunkt von 0 °C nimmt das Volumen um rund 9,5 % zu. Dieser Effekt bewirkt bekanntlich die Schwimmfähigkeit von Eis. Ein ganz wesentlicher Aspekt ist auch die Auswirkung auf Gesteine, die durch in Spalten eingedrungenes Wasser und dessen Volumenzunahme beim Gefrieren, im Lauf der Zeit zerlegt werden. So verrotten z.B. die Hochgebirge.

Schmelzpunkterniedrigung und Siedepunkterhöhung

Es ist von besonderer Bedeutung, dass in Wasser gelöste Stoffe eine Absenkung des Schmelzpunktes unter 0°C und Anhebung des Siedepunktes über 100 °C des Wassers bewirken. So bewirkt die Schmelzpunkterniedrigung, dass z.B. in wässrigen biologischen Zellsystemen durch innere Eisbildung Zerstörung, durch spitze Eiskristalle, erst bei Temperaturen deutlich unter 0° C eintritt. Pflanzen können so Temperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt schadlos überstehen. Die molare Schmelzpunkterniedrigung beträgt 1,853 K kg/mol, die molare Siedepunkterhöhung 0,513 K kg/mol. (Es senkt sich der Gefrierpunkt, gemessen in Kelvin, pro Mol gelöstem Stoff in einem Kilogramm Lösungsmittel (hier Wasser) um 0,513 K)

Wasserentropie

Wasser ist von entscheidender Bedeutung für die Formation von Ordnung, also Entropie-Erniedrigung in biologischen Systemen.

Modellvorstellung:

Lassen Sie uns davon ausgehen, dass sich 5 α -L-Aminosäuren irgendwie zu einem Polypeptid verbinden. Stellen Sie sich vor, jede dieser 5 Aminosäuren weist vor der Reaktion eine Hydrathülle von jeweils 10 Wassermolekülen auf. Macht in der Summe 50 Wassermoleküle. Nach der Reaktion, wobei sich ein aus 5 Aminosäuren bestehendes Makromolekül, das Polypeptid, gebildet hat, ist dieses Molekül von einer Hydrathülle aus nur noch 20 Wassermolekülen umgeben. Durch die viermalige Bindungsbildung findet ein Teil der Wassermoleküle der fünf Aminosäuren-Hydrathüllen keinen Platz mehr am entstandenen Makromolekül. Sie wurden durch die Bindungen verdrängt. Damit sind von ehemals 50 Wassermolekülen 30 freigesetzt worden. Diese 30 Wassermoleküle vereinigen sich nun völlig ungeordnet mit dem restlichen Lösungswasser. Damit steigt die Wasserentropie und überkompensiert den partiellen Entropie-Verlust der Bindungsbildung. (Follmann, 1981, S. 80)

Dieser sehr vereinfachte Vorgang ist im Detail wesentlich komplizierter. (Siehe Abschnitt: Molekulare Proteinsynthese) Die Reaktionsteilnehmer – alle Biologie spielt sich in einer wässrigen Zellmatrix ab - und die wirksamen Enzymsysteme, die DNA, die m-RNA und t-RNA, die Aminosäuren und das fertige Peptid liegen alle mit Hydrathüllen vor, die in den Reaktionszentren der Enzyme vorübergehend entfernt und sich danach wieder ergänzen usw.

Ohne Wasser keine partielle Entropie-Abnahme aber auch kein Leben, denn Leben spielt sich in Zellen ab und Zellen sind, sehr vereinfacht gesehen, Wasserbläschen. Weitergehende Betrachtungen finden sie im Abschnitt: Komplexität und Biodiversität.

Von noch elementarer Bedeutung ist die Rolle des Wassers für die grundlegende Biochemie des Lebens. In der Photosynthese, in der Lichtreaktion in grünen Pflanzen, dient Wasser als Reduktionsmittel um den Energiecarrier NADPH bereitzustellen. Dabei fällt Sauerstoff an. Im Calvin-Zyklus wird NADPH genutzt, um in Pflanzen Kohlendioxid zu reduzieren und Glukose aufzubauen. Glucose wiederum ist das zentrale Energiereservoir der gesamten Biochemie, gleichgültig ob Regenwurm, Walfisch, Vogel, Bakterium oder Mensch.

Wasser ist mehr als eine Flüssigkeit!

Ergänzung 7: Das Chemische Periodensystem (PSE)

Ich möchte in einem kurzen Exkurs zunächst auf die Basis der Chemie eingehen. Für den einen oder anderen mag dieser Passus in Erinnerung bringen, was er in unserer Schulzeit im Chemieunterricht gehört hat.

Grundsätzlich ist m.E. der Einstieg in die Chemie am sinnvollsten über das sogenannte Periodensystem zu bewerkstelligen.

Die stoffliche Grundlage unseres gesamten Seins, angefangen von allen Lebewesen, Pflanzen, Wasser, Gestein, Luft, bis hin zu den fernsten Galaxien des Kosmos, besteht ausschließlich aus Chemischen Elementen, also atomaren Bausteinen.

Diese wiederum sind aus einer Elektronenhülle, und einem aus Protonen und Neutronen bestehenden Kern aufgebaut. Wie wir gesehen haben, bestehen Proton und Neutron aus jeweils 3 Quarks.

Es gibt 92 natürliche Chemische Elemente. Das natürliche Periodensystem schließt ab mit



(Ordnungszahl: 92 Elektronen und 92 Protonen, Kernmasse: 238 = 98Protonen und durchschnittlich 146 Neutronen, je nach Isotop)

Ca. 20 weitere Elemente wurden in den letzten 50 Jahren künstlich hergestellt. Elemente mit höherer Ordnungszahl sind aber instabil und zerfallen unter radioaktiver Strahlung zu niedrigeren Elementen. Im Februar 2010 wurde das bisher schwerste Element, mit dem Namen „Copernicium“ (${}^{277}\text{Cb}_{112}$) getauft, das von Wissenschaftlern in Darmstadt (Helmholtzzentrum der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI)) 1996 erzeugt wurde. Es hat die Ordnungszahl 112. (AFP, 2010)

Viele Elemente sind seit Urzeiten bekannt, z.B. Cu (Kupfer), Fe (Eisen), Au (Gold), Ag (Silber), C (Kohlenstoff), S (Schwefel) usw. Weitere wurden erst in der beginnenden Industrialisierung und im letzten Jahrhundert gefunden, z.B. Al (Aluminium), Cl (Chlor), H (Wasserstoff), Ti (Titan) usw.

Allen diesen Elementen ist das Aufbauprinzip, das vereinfacht gesagt auf der in Einer-Schritten steigenden Zahl der atomaren Bausteine, Elektron, Proton beruht, gemeinsam. Trotz des teilweise völlig verschiedenen Erscheinungsbildes der Elemente - Gase, einige flüssige Elemente, Feststoffe, davon viele Metalle - liegt allen das gleiche Bauprinzip zu Grunde.

Es überrascht zunächst, dass die Eigenschaften der Elemente nicht kontinuierliche von Gasen, über flüssige Elemente, hin zu Metallen verlaufen. Vielmehr zeigt sich, vereinfacht gesagt, in der Folge von jeweils 8 Elementen eine Periodizität, aus der sich 8 Gruppen von Elementen mit verwandtschaftlichen Eigenschaften ableiten lassen.

Bereits 1829 hat J.W. Döbereiner³⁵⁷erste Dreierbeziehungen von chemischen Elementen erkannt.

L. Mayer³⁵⁸ und D. Mendelejew³⁵⁹ haben, unabhängig voneinander, 1869 erkannt, dass „*Die Eigenschaft der Elemente in periodischer Weise regelmäßig wechseln, wenn man sie nach zunehmender Atommasse anordnet*“. Seit dieser Entdeckung werden die chemischen Elemente in einer Art zweidimensionalem Kästchensystem, dem Periodensystem, zusammengefasst.

Diese Anordnung, die zunächst rein phänomenologisch auf chemischen Ähnlichkeiten der Element-Eigenschaften aufbaute, hat sich im Nachhinein, vor allem durch die Erkenntnisse der Quantenmechanik, von hoher Aussagekraft erwiesen. Die ursprünglich rein erfahrungsgemäße Einteilung in waagrechte Perioden und senkrechte Gruppen, korreliert mit der Elektronenhülle jedes Elements, die die chemischen Eigenschaften bestimmt.

Wie erfolgreich dieses Ordnungsprinzip war, geht auch daraus hervor, dass zunächst eine ganze Reihe von Elementen in diesem Kästchensystem als weiße Flecken geführt wurde; Terra incognita. Trotzdem konnte man aufgrund der Stellung im Kästchensystem, der Periode, der Reihe, voraussagen, welche Eigenschaften das noch nicht in Substanz aufgefundene Element haben musste, um es dann gezielt zu suchen, z.B. Ge (Germanium). So gelang Mendelejew die Vorhersage von drei neuen Elementen. Dennoch dauerte es viele Jahre, bis alle 92 Elemente aufgefunden und allen Eigenschaften sozusagen durchgehend kartographiert waren.

Es gilt zu beachten, dass die Anordnung der Elemente, zunächst rein phänomenologisch erfolgt ist und sich erst im Nachhinein herausstellte, dass diese Ordnung mit der Elektronenkonfiguration des jeweiligen Elements korrespondiert. Die folgende Version zeigt die Stellung, und die daraus ableitbaren Eigenschaften der 92 natürlich vorkommenden Elemente (ab 92 radioaktiv) im PSE, die letztlich aus der Zahl der Elektronen der äußeren Elektronenhülle resultiert.

1																	2	
1	H 1.0079															He 4.0026		
2	3 Li 6.941	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
4	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
5	37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La-Lu -	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac-Lr -	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)							
Lanthaniden			57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97	
Actiniden			89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)	

Abbildung 81: Das Periodensystem der Elemente (PSE) Kopie (Generalic, 2008)

Es gelten folgende „einfache“ („einfach“ sagen die Kundigen oft, in überheblicher Untertreibung) Zusammenhänge:

Zunächst die Waagrechte, **die Perioden:**

Die sieben waagrecht Perioden von 1 bis 7, entsprechen den „zwiebelschalenartig“ angeordneten Elektronenhüllen.

1. Periode: 1. Schale

2. Periode: 1.+ 2. Schale

3. Periode: 1.+ 2. + 3. Schale

⋮

7. Periode: 1. + 2. + 3. + 4. + 5. + 6. +7. Schale

Diese Schalen von 1 bis 7, werden oft auch mit Buchstaben K (= 1.Schale), L (= 2.Schale), M (= 3.Schale), N (= 4.Schale), O (= 5.Schale), P (= 6.Schale), Q (= 7.Schale) bezeichnet und stellen jeweils definierte Energieniveaus dar, auf denen sich nur eine ganz bestimmte Zahl von Elektronen befinden kann (Pauli Verbot).

Nun die Senkrechten, **die Gruppen:**

Die 18 Gruppen, die von oben nach unten verlaufen, entsprechen der Elektronenzahl der jeweils äußersten Elektronenhülle.

Dabei ist aber zu beachten, dass die Elemente der 3. bis einschließlich der 12. Gruppe eine Sonderstellung einnehmen.

In der 1. Gruppe haben wir 1 Außenelektron,

in der 2. Gruppe 2 Außenelektronen,

in der 13. Gruppe 3 Außenelektronen,

in der 14. Gruppe 4 Außenelektronen,

in der 15. Gruppe 5 Außenelektronen,

in der 16. Gruppe 6 Außenelektronen,

in der 17. Gruppe 7 Außenelektronen und

in der 18. Gruppe 8 Außenelektronen.

Und was ist mit den Gruppen 3 bis 12?

Bei diesen wird die nächstinnere Schale direkt unter der Außenschale, die weiterhin „nur“ 2 Elektronen aufweist, mit Elektronen aufgefüllt. Man nennt die Elemente dieser Gruppen, Übergangselement. Eine Erklärung für dieses Phänomen liefert die Quantenmechanik, die belegt, dass die sieben „Zwiebelschalen“ der Elektronenhülle einer weiteren Aufspaltung in Energie-Unterniveaus unterliegen. Lassen Sie uns einmal die Elektronenanordnung der 1. und 2. Periode am einfachen Atommodell durchspielen.

1. Periode:1. Gruppe erste Schale:

H (Wasserstoff) 1 Elektron

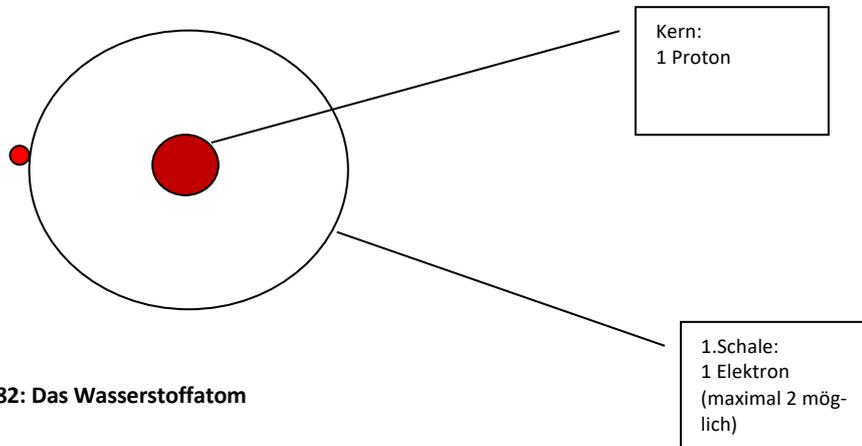


Abbildung 82: Das Wasserstoffatom

18. Gruppe, erste Schale:

He (Helium) 2 Elektronen

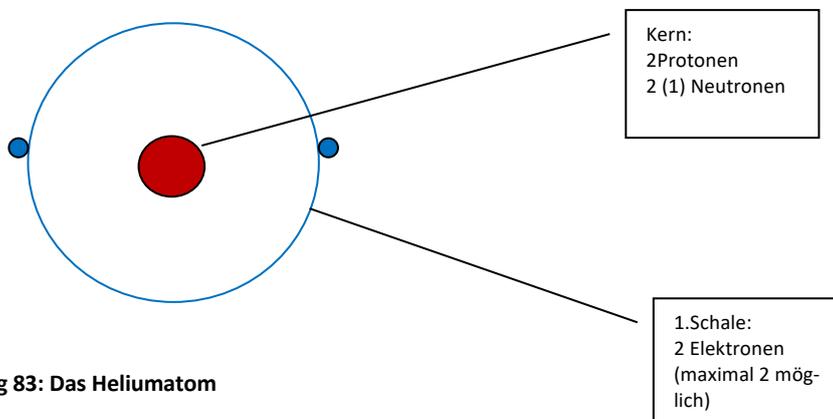


Abbildung 83: Das Heliumatom

2. Periode:1. Gruppe, erste + zweite Schale:

Li (Lithium) hat 2 Elektronen in der ersten und 1 Elektron in der zweiten Schale.

2. Gruppe, Erste + zweite Schale:

Be (Beryllium) hat 2 Elektronen in der ersten und 2 Elektron in der zweiten Schale

13. Gruppe, Erste + zweite Schale:

B (Bor) hat 2 Elektronen in der ersten und 3 Elektronen in der zweiten Schale...

14. Gruppe, Erste + zweite Schale:

C (Kohlenstoff) hat 2 Elektronen in der ersten und 4 Elektronen in der zweiten Schale. Hier begegnet uns nach Wasserstoff der zweite Baustein des Lebens. Auf die Besonderheit dieser Konfiguration von 4 Elektronen in der Außenschale, komme ich noch im Zusammenhang mit der Fähigkeit des Kohlenstoffs komplexe, dreidimensionale Molekülverbände zu bilden zurück. Kohlenstoff ist aus diesem Grund das zentrale Atom des Lebens. Leben ist untrennbar mit Kohlenstoff verbunden. Das gilt zumindest für irdische physikalische Bedingungen.

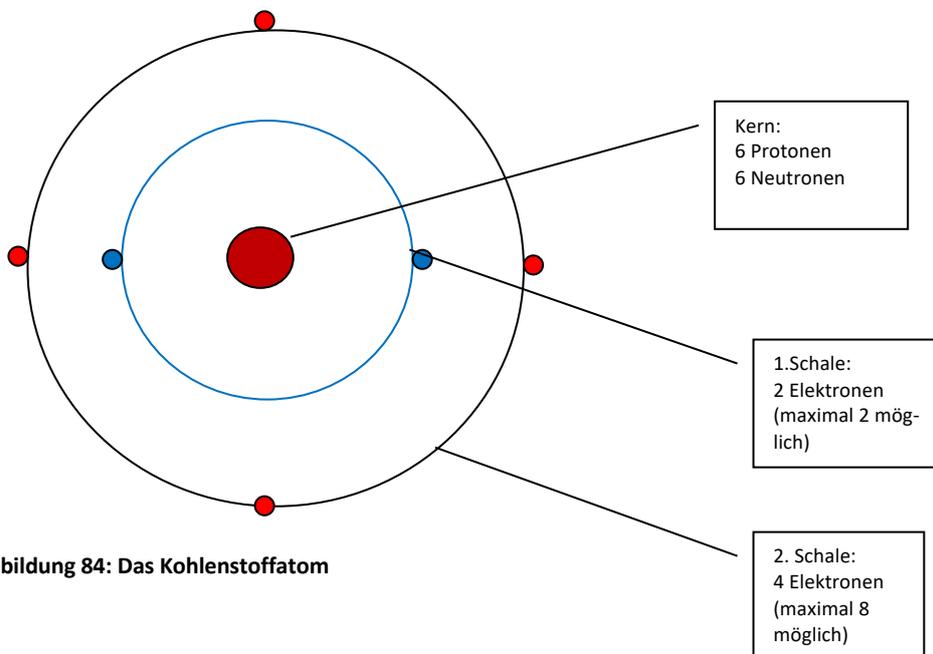


Abbildung 84: Das Kohlenstoffatom

15. Gruppe, Erste + zweite Schale:

N (Stickstoff) hat 2 Elektronen in der ersten und 5 Elektronen in der zweiten Schale. Hier begegnet uns nach Wasserstoff und Kohlenstoff der dritte Baustein des Lebens.

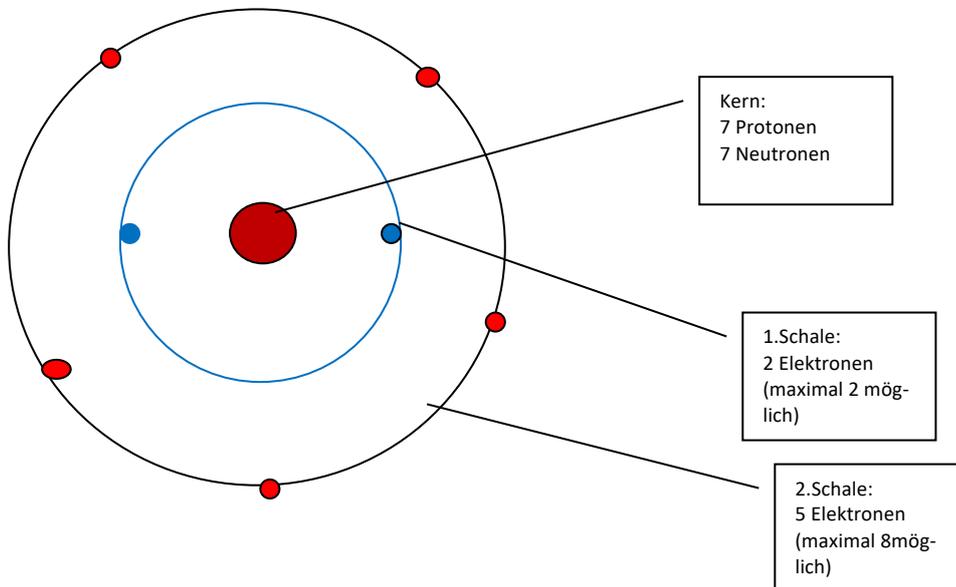


Abbildung 85: Das Stickstoffatom

16. Gruppe, Erste + zweite Schale:

O (Sauerstoff) hat 2 Elektronen in der ersten und 6 Elektronen in der zweiten Schale. Hier treffen wir auf den vierten Baustein des Lebens.

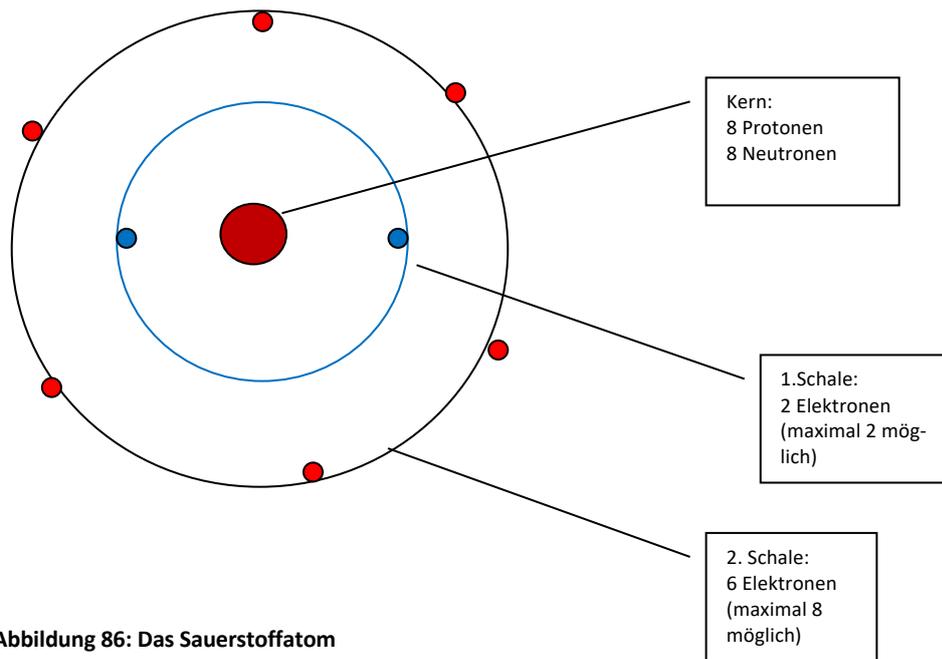


Abbildung 86: Das Sauerstoffatom

17. Gruppe, Erste + zweite Schale:

F₂ (Fluor) hat 2 Elektronen in der ersten und 7 Elektronen in der zweiten Schale...

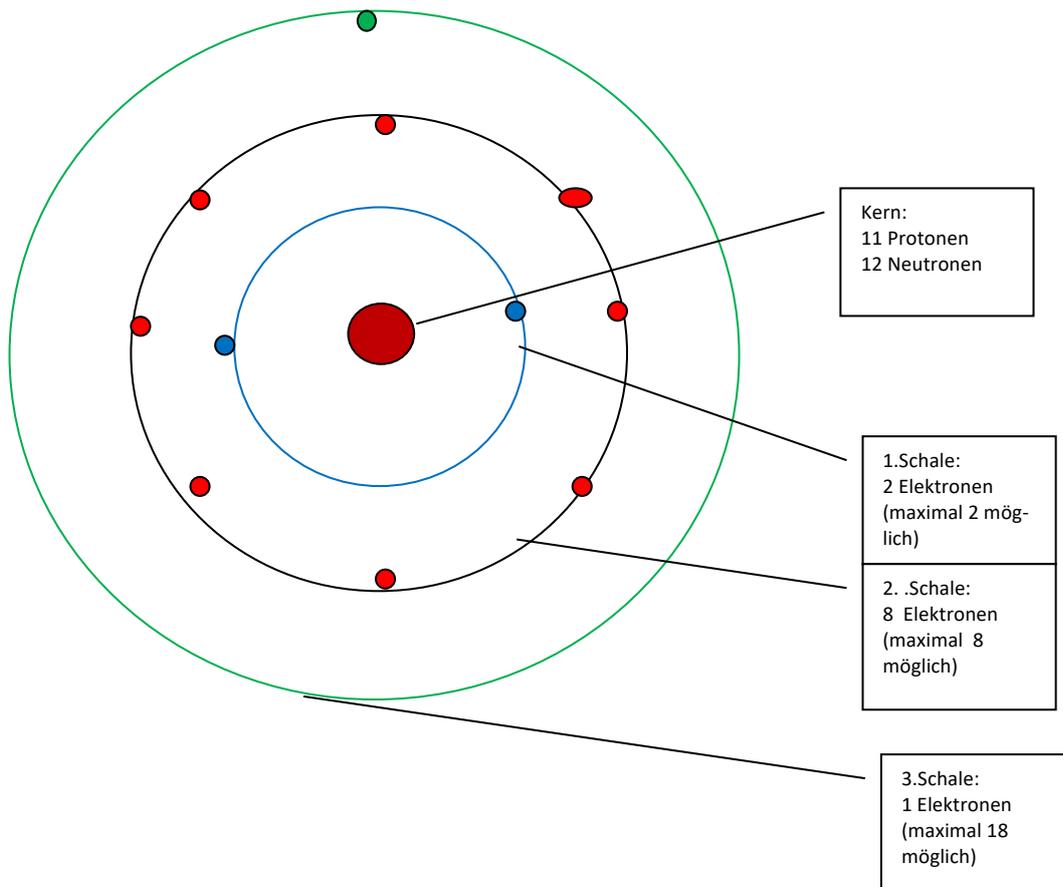
18. Gruppe, Erste + zweite Schale:

Ne (Neon) hat 2 Elektronen in der ersten und 8 Elektronen in der zweiten, der äußersten Schale. Damit ist ein besonderer Zustand erreicht, den wir auch bei den anderen Atomen der 18. Gruppe, den Edelgasen, vorfinden: Achte Elektronen: ein Elektronenoktett. Eine Ausnahme stellt Helium dar, das bereits mit 2 Elektronen einen vergleichbar stabilen Zustand einnimmt. Kennzeichnend für Atome, die diese Elektronenkonfigurationen verwirklichen, ist eine absolute Reaktionsfähigkeit. Sie reagieren mit fast keinem Element; daher die Bezeichnung Edelgase. Der Zustand eines Elektronenoktetts in der äußersten Elektronenhülle, kann aber auch auf andere Weise hergestellt werden: Durch Eingehen von Bindungen zwischen Atomen. Darauf komme ich aber im Zusammenhang mit der Molekülbildung weiter unten noch zurück.

3. Periode:1. Gruppe, Erste + zweite + dritte Schale

Na (Natrium) hat 2 Elektronen in der ersten, 8 Elektronen in der zweiten Schale und 1 Elektron in der dritten Schale

Abbildung 87: Das Natriumatom



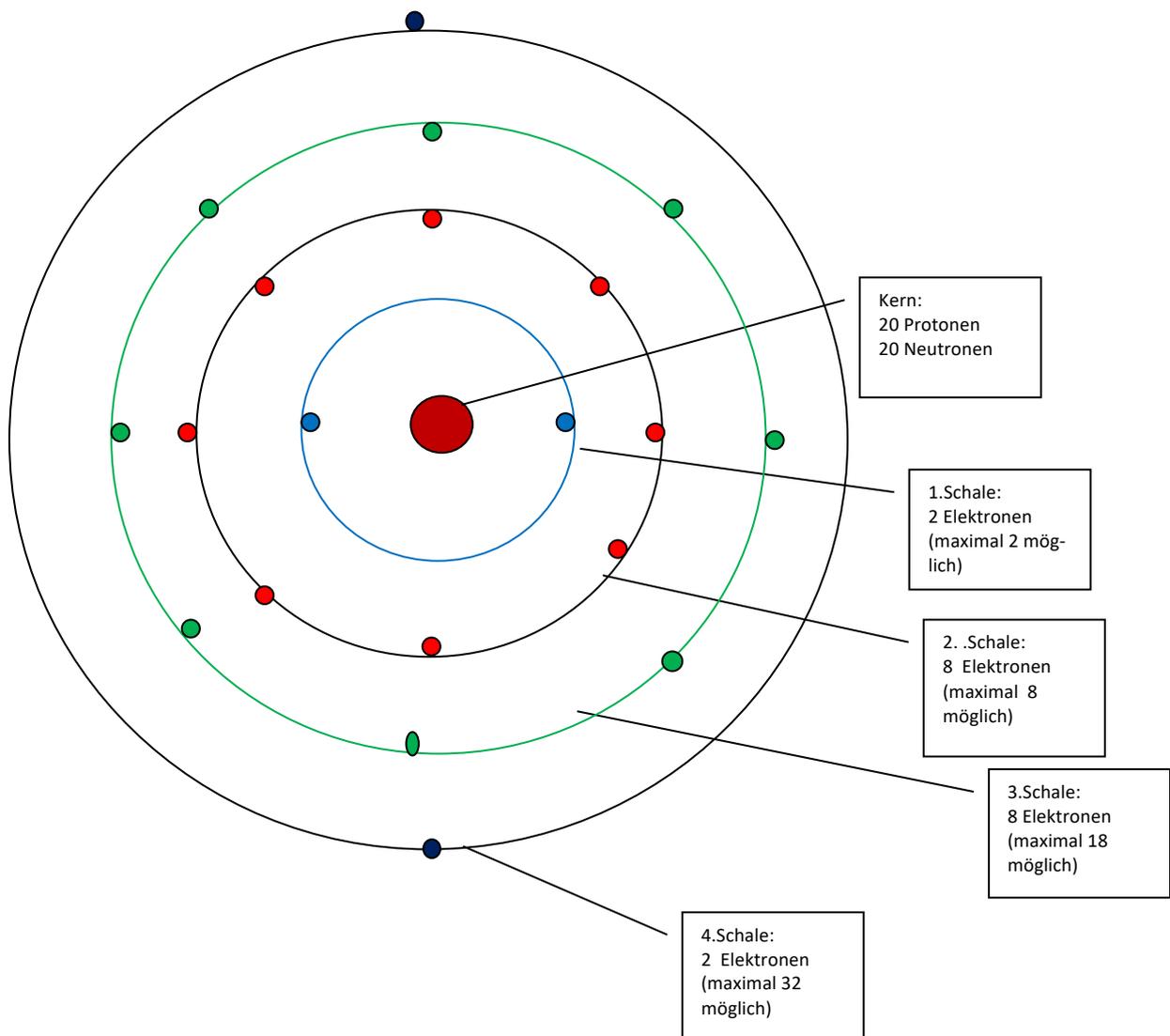
4. Periode:**2. Gruppe, Erste + zweite + dritte + vierte Schale:**

Abbildung 88: Das Calciumatom

Ca (Calcium) hat 2 Elektronen in der ersten, 8 Elektronen in der zweiten Schale, 8 Elektronen in der dritten Schale und 2 Elektronen in der vierten Schale. Warum die 3. Schale nicht vor der 4.Schale auf die maximal möglichen 18 Elektronen aufgefüllt wird, ergibt sich dadurch, dass aus energetischen Gründen erst ab Sc (Scandium), der bereits oben erwähnte Effekt der Auffüllung der vierten Schalen der Elektronenhülle eintritt.

Vielleicht ist es hier an der Zeit zu einer Bemerkung, zu dem für Neulinge oft irritierenden Einstieg in die Chemie:

In der Chemie fühlt man sich als Einsteiger aber auch im fortgeschrittenen Stand immer wieder verunsichert. Man glaubt eine Sache verstanden zu haben, bis man bemerkt, dass nur eine oberflächlich Sichtweise vorliegt. Für den Lernen werden Modelle diskutiert, die er nicht allzu genau hinterfragen darf. Dann kommt meist die Antwort: „Nun, das Modell ist eine Vereinfachung. Für das detailliert Verständnis müssen Sie schon tiefer einsteigen!“

Sicher gilt dieses stufenweise Erkennen von immer tieferen Zusammenhängen auch in anderen Wissensdisziplinen. Die meisten von uns Suchenden müssen sich im Laufe ihres Lebens durch eine Mamutschka-artig aufgebaute Erkenntnisstruktur hindurcharbeiten. Nur wenigen ist es vorbehalten diese Wissenshüllen in einem Gang zu durchschauen und den Kern einer Wissensdisziplin zu erfassen.

So auch hinsichtlich des Periodensystems. Zum einen müssen Sie tatsächlich mehr investieren, wenn Sie z.B. die Zusammenhänge in den Gruppen 3 bis 12, also den Übergangselementen oder den Lanthaniden und den Aktiniden verstehen wollen. Zum anderen muss man sich darüber im Klaren sein, dass unter Normalbedingungen, d.h. Zimmertemperatur und Normalluftdruck, nur die Edelgase als einatomige Spezies vorliegen, also so wie sie im PSE symbolisch dargestellt werden.

Alle anderen Elemente befinden sich in Bindungszuständen, die makroskopisch, unter Normalbedingungen, eine gasförmige, flüssige, vor allem aber metallische Erscheinungsform bewirken. Die meisten Elemente liegen nicht so vor, wie sie im PSE, also einatomig, dargestellt werden.

Nehmen Sie z.B. H = Wasserstoff: Er ist atomar zu reaktiv und geht sofort in den Zustand eines zweiatomigen Moleküls – H_2 – über.

C = Kohlenstoff: Er bildet einen sehr stabilen Verband, quasi ein perfektes dreidimensionales Makromolekül, den Diamant. Oder er liegt in einer anderen Modifikation in Kohle, mit vergleichbar flächigen Bindungsformationen vor. Für uns aber noch wichtiger sind die weiter unten beschriebenen Verknüpfungen von Kohlenstoff untereinander oder mit anderen Elementen, zu einer ungeheuren Zahl von Molekülen, unter Ausbildung ganz unterschiedlicher Bindungstypen.

O = Sauerstoff: Auch er tritt nur als zweiatomiges Molekül – O_2 – in Erscheinung.

N = Stickstoff: Ebenso ist er nur als zweiatomiges Molekül – N_2 – vorhanden.

Na = Natrium: Es befindet sich als Element in einem metallischen Verband usw.

Nur so viel sei für den Interessierten gesagt: Es geht immer wieder um energetische Effekte.

Wieder ist die Energie der Schlüssel

Ursache für diese Molekülbildung ist das weiter oben angedeutete Bestreben der Atome, in der Außenschale 2 Elektronen bzw. 8 Elektronen, das Oktett zu besitzen. Diesen Zustand erreichen die Atome, indem sie sich zu Molekülen verbinden und dabei in energieärmere Zustände übergehen.

Letztlich ist das Periodensystem der chemischen Elemente eine Art Baukastensystem aus materialisierten Energiepaketen von beschränkter Lebensdauer. Irgendwann werden sie sich wieder in gravitative Abläufen auf höchstem energetischem Niveau gepresst und ihre komplexe Ordnung wird völlig aufgelöst in Energie. Zuvor aber haben sie das Potential, in Energie-Nischen zerstörungsfrei zu interagieren. Sie können miteinander reagieren, sich organisieren und einige Zeit ihren Triumph in der Entfaltung gegen die Wahrscheinlichkeit, hin zu Ordnung und Leben finden.

Ergänzung 8: Heutige Betrachtung der Kohlenstoffbindungen

Im 2. Teil habe ich eine sehr schlichte Darstellung der grundsätzlichen Zusammenhänge vorgelegt, was m.E. für den nicht vorinformierten Leser völlig ausreicht.

Eine vertiefte Betrachtungsweise geht aus quantenmechanischen Berechnungen (Schrödingers Wellenfunktion) resultierender, differenzierter Energieniveaus der Elektronenschalen hervor. Allerdings muss die Vorstellung von differenzierten planetenartigen Elektronenbahnen, zugunsten von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von Elektronen korrigiert werden. Die einzelnen, früher als „zwiebel-schalenartig“ angeordneten Elektronenschalen angenommenen Energieniveaus in den Perioden 1 -7, werden nun mit Wellenfunktionen beschrieben und damit berechenbar. Diese zeigen eine Aufspaltung in die schon angedeuteten energetischen Unterniveaus (s, p, d, f). Diese Bezeichnung stammt aus spektroskopischen Befunden und sagt etwas über die Art der Spektrallinien aus, die sich durch Elektronenübergänge ergeben.

Im s(sharp) - Unterniveau können gemäß dem Pauli-Prinzip maximal 2 Elektronen, mit jeweils antiparallelem Spin aufgenommen werden. (Je zwei Elektronen können sich nicht im gleichen Zustand befinden: Hundsche Regel).

Im p (prinzipale) –Unterniveau (dreifach differenziert) können maximal 6 Elektronen, also 3 Paare mit antiparallelem Spin sein.

Im d (diffuse)–Unterniveau (fünffach differenziert) können maximal 10 Elektronen, also 5 Paare mit jeweils antiparallelem Spin sein.

Im f (fundamental)–Unterniveau (siebenfach differenziert) können maximal 14 Elektronen, also 7 Paare mit jeweils antiparallelem Spin sein.

Beim Kohlenstoff finden sich, wie beschrieben, 2 Elektronen in der 1. Schale im 1s-Niveau mit antiparallelem Spin, 2 Elektronen in der 2. Schale mit 2s-Niveau

mit antiparallelem Spin und 2 Elektronen in zwei 2p-Niveaus, mit parallelem Spin, da die Niveaus zunächst einfach besetzt werden, bevor Paarung mit antiparallelem Spin auftritt. Das dreifach differenzierte 2p-Niveau besteht aus den drei Orbitalen $2p_x$, $2p_y$ und $2p_z$ wobei x, y und z die räumliche Orientierung beschreiben.

Es dürfte auch dem nicht Kundigen sofort klar sein, dass die bisher dargestellten Atomorbitale, wie sie in Abbildung 15 zu sehen sind, keine anschauliche Erklärung für die Gestaltung von Einfach-, Doppel- oder Dreifachbindungen des Kohlenstoffs liefern. Es sind das Bilder von Grundzuständen vor der Formierung einer Bindung. Die Atomorbitale müssen interagieren, bevor plausible Bindungsformationen entstehen können. Man nennt diese Hybridisierung.

Sehen Sie zur Verdeutlichung die im Internet verfügbare modellhafte Interpretation von Professor Dr. M. Häberlein:

Aktueller Stand: 10. 09. 2008; mit freundlicher Genehmigung

© Prof. Dr. M. Häberlein in FH Frankfurt a. M., Fb 2: Informatik und Ingenieurwissenschaften

Wie muss man sich die sp^3 -Hybridisierung am Beispiel Kohlenstoff vorstellen?

Bei einer sp^3 Hybridisierung geht Kohlenstoff vier Bindungen zu vier Partneratomen, z.B. zu Methan (CH_4) ein. Die vier Methan-Bindungen sind völlig gleichwertig und weisen genau in die vier Ecken eines Tetraeders. Sie können sich unschwer vorstellen, dass die unten aufgezeigten 4 Orbitale (s, p_x , p_y und p_z), das in der aufgezeigten Form nicht leisten können. Es muss also vor der Bindungsbildung etwas geschehen, was diese 1 + 3 Kombination völlig gleichwertig macht.

Darstellung der verschiedenen Elektronenorbitale im Grundzustand eines Atoms.

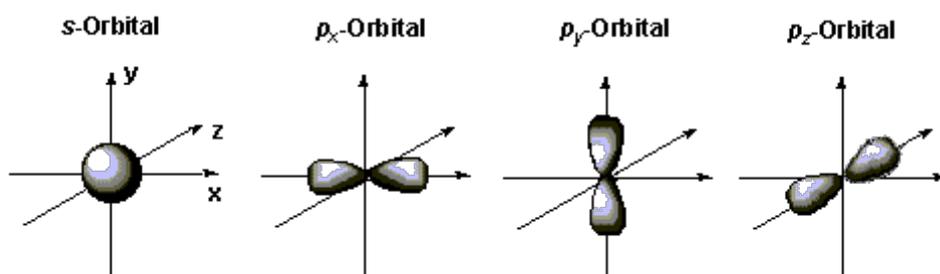


Abbildung 89: s- und p-Atomorbitale vor der Hybridisierung

Bevor diese 4 Elektronen 4 Bindungen eingehen, kommt es zu einer räumlichen Umstrukturierung der Orbitale:

Anhebung eines 2s-Elektrons aus dem Grundzustand in das 2p-Niveau und Nivellierung des einen 2s-, mit den drei 2p-Elektronen, auf das Vierfache Energieniveau $2sp^3$. Verbunden damit ist die Absenkung und Nivellierung der p-Energieniveaus. Es sind vier $2sp^3$ -Hybridorbitale entstanden, die nunmehr 8 Elektronen aufnehmen können. Es können also 4 gleichwertige Bindungen gebildet werden.

Bitte daran denken: nur die äußerste Elektronen (hier die 4 Elektronen auf dem Niveau $2sp^3$ gehen chemische Bindungen ein). Eine Bindung über das Niveau 1s erfolgt nicht.

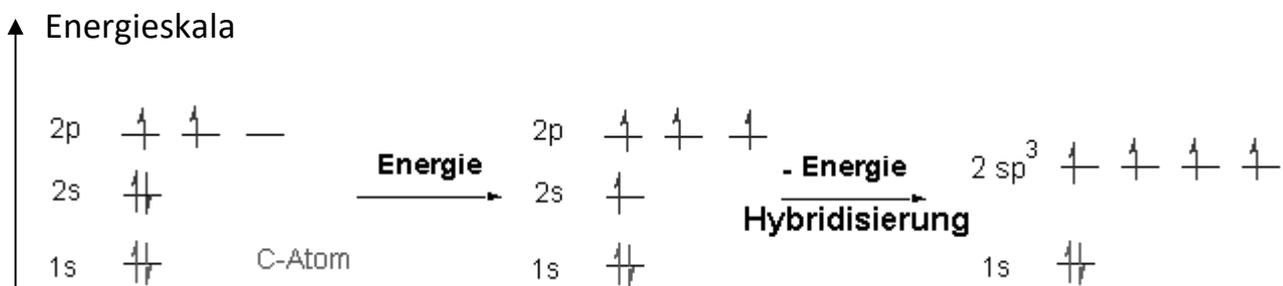


Abbildung 90: Hybridisierungsablauf zu 4 Orbitalen der Kohlenstoff

Die Einfachbindung am Beispiel Methan: (σ -Bindung)

Bei einer Einfachbindung nivellieren wie gesagt zwei 2s-Elektronen, mit den zwei 2p-Elektronen, zu einem sogenannten sp^3 -Hybrid, dessen entstandenen 4 Orbitale exakt in die Ecken eines Tetraeders weisen. Mit dieser Interpretation der Bindungsbildung ist nun auch die räumliche Struktur, also die tetraedrische Ausrichtung der vier Einfachbindungen erklärbar, was mit der Oktett Regel allein nicht möglich ist. (s.o.). Diese raumerfassende Bindungsgestalt ist von enormer Bedeutung. Sie ist die Grundlage der gesamten Morphologie und für das Phänomen der optischen Aktivität (Siehe Ergänzung 9).

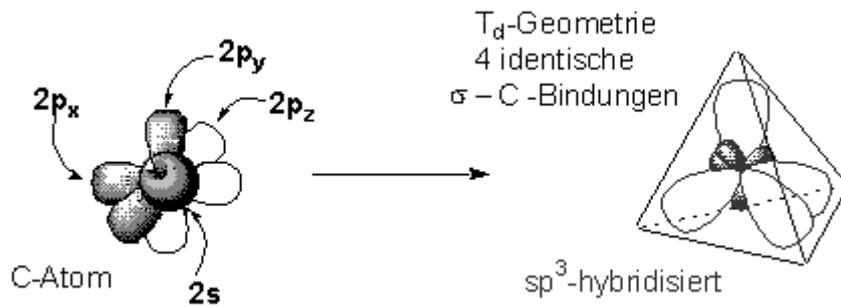


Abbildung 91: Atomorbitale nach der Hybridisierung

(T_d -Geometrie bezieht sich auf ein Punktgruppensystem im Rahmen der Symmetriegruppennomenklatur von Schönflies: T = Tetraeder Gruppe und d = diagonal symmetrische Ebene).

Jedes der vier Hybridorbitale kann eine Valenzbindung zu anderen Atomen aufbauen.

Aus je einem der vier sp^3 -Hybridorbitale des Kohlenstoffs und dem s-Orbital eines Wasserstoffs, bildet sich je ein Molekülorbital, bei dem das Bindungselektronenpaar beiden Atomkernen angehört und somit die vier C-H-Bindungen entstehen.

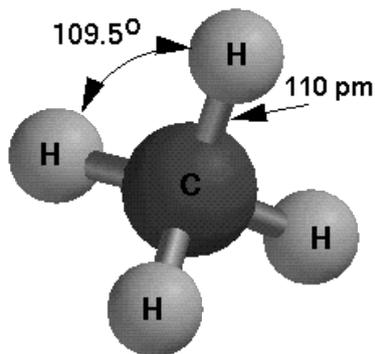


Abbildung 92: Methan, Kohlenstoff mit 4 Liganden, Winkel $109^\circ 28'$ (Kopie aus WIKIPEDIA)

Bildung von Ethan durch drei Bindungen zwischen C und H und eine C-C-Bindung. Beide C-Atome sind sp^3 -hybridisiert, formal:

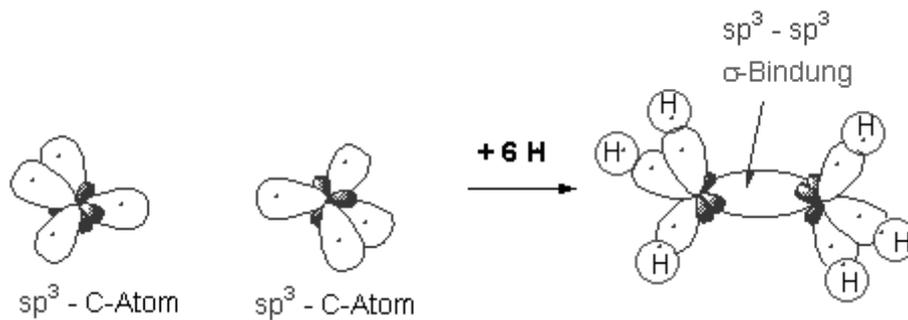


Abbildung 93: Molekülorbitale von Ethan

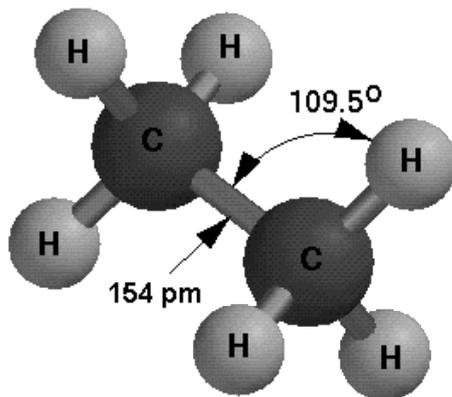


Abbildung 94: Ethan, Kugel-Stab-Modell (Kopie aus WIKIPEDIA)

Doppelbindung am Beispiel Ethen: (π -Bindung)

Bei einer Doppelbindung kombinieren die beiden $2s$ -Elektronen eines C-Atoms mit nur einem der beiden $2p$ -Elektronen zu einem sogenannten dreigliedrigen sp^2 -Hybrid, dessen Valenzen nun in die Ecken eines Dreiecks (Ebene!) weisen. Es entstehen pro C-Atom drei σ -Bindungen. Zwei dieser drei σ -Bindungen werden für die Bindung von zwei Wasserstoffatomen betätigt. Die dritte σ -Bindung bildet sich zwischen den beiden C-Atomen aus. Das dritte für die Hybridisierung nicht genutzte $2p$ -Elektron des einen C-Atoms bildet nun mit dem für die Hybridisierung nicht genutzten $2p$ -Elektron eines zweiten C-Atoms, das Elektronenpaar einer zusätzlichen π -Bindung. Im Endeffekt entsteht eine Doppelbindung.

Hybridisierungsablauf zu 3 Bindungspartnern des Kohlenstoffs:

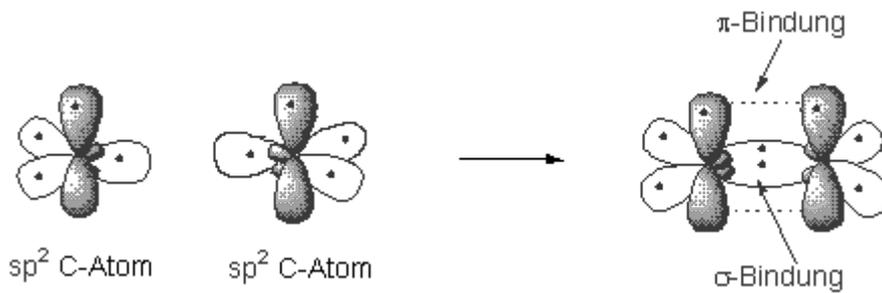
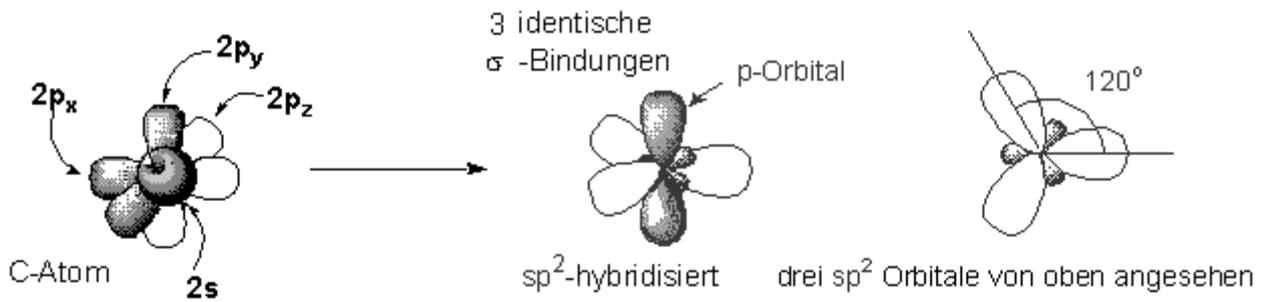


Abbildung 95: Molekülorbitale von Ethen

Die Molekülstruktur ist planar (eben); aus der Ebene heraus ragt unterhalb und oberhalb die π -Bindung:

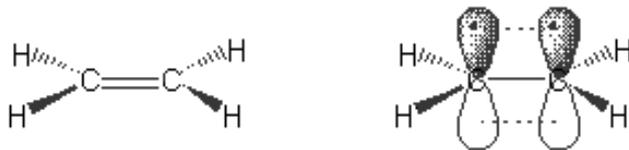


Abbildung 96: Planare Struktur von Ethen

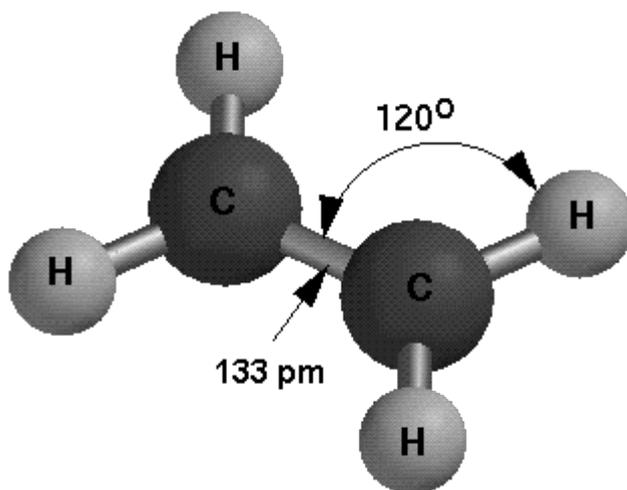
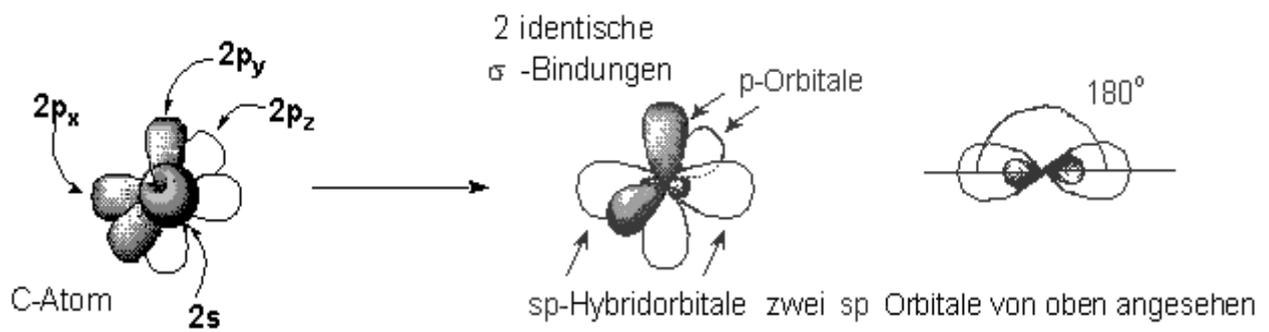
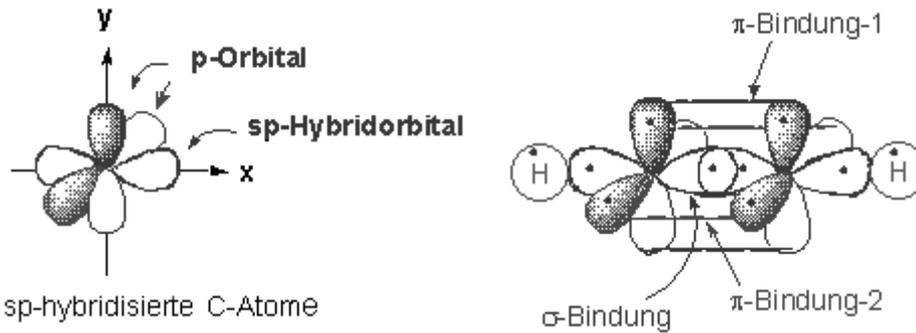


Abbildung 97: Ethen, Kugel-Stab-Modell (Kopie aus WIKIPEDIA)

Dreifachbindung am Beispiel Ethin (Acetylen):

Bei einer Dreifachbindung kombiniert ein 2s-Elektronen mit nur einem 2p-Elektronen pro C-Atom zu einem sogenannten zweigliedrigen sp-Hybrid, dessen Valenzen (σ -Bindungen) nun in Form einer Geraden verlaufen. Zwei Elektronenpaare bleiben für zwei zusätzliche Doppelbindungen (π -Bindung) übrig.

Hybridisierungsablauf zu 2 Bindungspartnern der Kohlenstoff:



Die Molekülstruktur des Ethin ist linear:



Abbildung 99: Lineare Struktur von Ethin

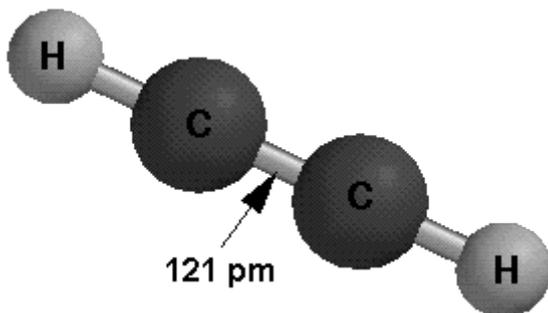


Abbildung 100: Ethin, Kugel-Stab-Modell (Kopie aus WIKIPEDIA)

Alle Hybridorbitale können aber auch Valenzbindungen (σ -Bindungen), nicht nur zu Kohlenstoff, sondern auch zu anderen Atomen, wie z.B. Wasserstoff oder Sauerstoff aufbauen und eine Vielzahl von Molekülen bilden.

In allen drei Beispielen gilt, dass die geometrischen und räumlichen Verhältnisse erst durch Quantenmechanik eindeutig erklärbar sind.

Ergänzung 9: Optische Aktivität – Chiralität - Händigkeit

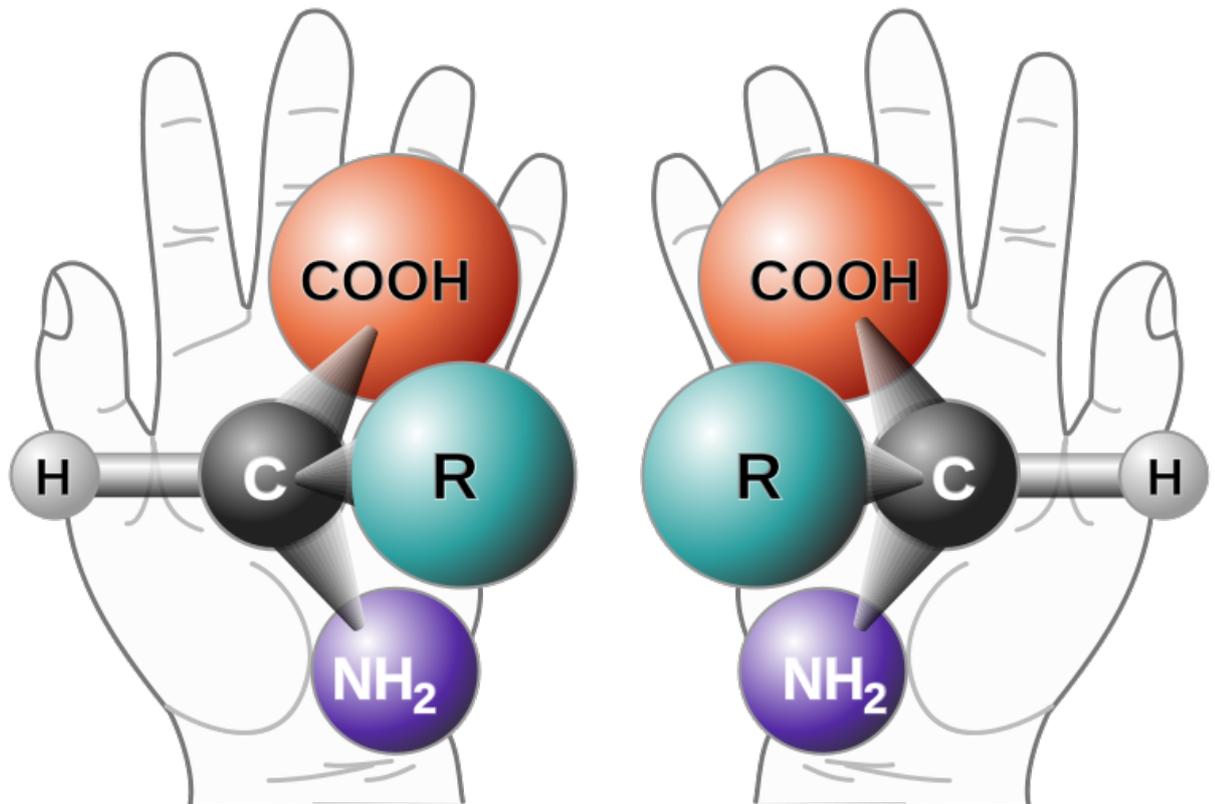
Makroskopischer Effekt

Gebilde mit einem Asymmetrie Zentrum können als Bild und Spiegelbild (D und L-Enantiomeren) auftreten. Ein Asymmetrie Zentrum kann z.B. in organischen Verbindungen ein Kohlenstoffatom sein, das mit vier verschiedenen Substituenten verbunden ist. Das betreffende Kohlenstoffatom nennt man Asymmetrie Zentrum.

Optische Aktivität äußert sich in der Erscheinung, dass die Lösung eines D-Enantiomeren, z.B. einer D-Aminosäure, die Ebene von polarisiertem Licht dreht. Prüft man das L-Enantiomere, so wird die Lichtebene um den gleichen Betrag in die Gegenrichtung gedreht. Das Racemat, eine 1:1 Mischung der D- und L-Enantiomeren, bewirkt dagegen für polarisiertes Licht keine Drehung, da beide Effekte sich gegenseitig aufheben. Das ist der phänomenologische Effekt, den Sie in Lehrbüchern der organischen Chemie und unter dem Begriff „optische Aktivität“ nachlesen können.

Optische Aktivität ist ursächlich verbunden mit „Chiralität“ bzw. Asymmetrie und steht für „Händigkeit“ und Existenz von Enantiomeren. (Asymmetrie ist eine hinreichende aber nicht notwendige Voraussetzung für die Existenz von Enantiomeren). Chiralität ist eine hinreichende und notwendige Voraussetzung für die Existenz von Enantiomeren. (Bär, 1973, S. 6))

Chiralität begegnet uns auf Schritt und Tritt. Den Effekt beobachtet man, wenn man z.B. versucht, seine beiden Hände oder besser ein Paar Handschuhe so aufeinander zu legen, dass man sie sozusagen deckungsgleich ineinanderschieben kann. Sie werden sehen: Es geht nicht. Räumlich gesehen ist die linke Hand mit der rechten Hand nicht identisch.



WIKIPEDIA: Diese Datei ist gemeinfrei

Beide Anordnungen stellen ebenfalls Enantiomere dar, die als Bild und Spiegelbild aufzufassen sind.

Mikroskopischer Effekt

Versuchen wir das Verständnis für diese Phänomene über gedachte ein-, zwei- und dreidimensionale Welten aufzubauen.

Eindimensionale Welt

Wir gehen von einer eindimensionalen Welt aus und den linearen Komplexen A-M-B bzw. A-M-A. Meine Betrachtung spielt sich nur auf einer gedachten Linie ab. Bedenken Sie, dass diese Komplexe sich systemkonform nur in der Linie, also in einer Dimension verschieben lassen. Die Elemente A, B und M sind als Punkte zu sehen. A und B könnten sich als farbige Punkte voneinander unterscheiden.

Der A-M-B Komplex ist durch Verschiebung auf der Linie nicht mit dem B-M-A Komplex zur Deckung bringen. Das geht nur, wenn man einen Komplex aus der Linie herausnimmt und um 180° dreht. Damit ist man aber bereits in einem zweidimensionalen System.

U.a. Konstellation 1 weist im Gegensatz zu der Konstellation 2 keinen internen Spiegelpunkt auf. Die Konstellation 2 erlaubt es, ohne Schwierigkeiten, den Komplex A-M-A entlang der Linie so zu verschieben, dass er mit dem zweiten

Komplex A-M-A identisch wird. In der Konstellation 2- sie ist eigentlich trivial und dient nur zur Herausarbeitung des Prinzips - ist M ein Spiegelpunkt. In der Konstellation 1 ist das nicht der Fall.

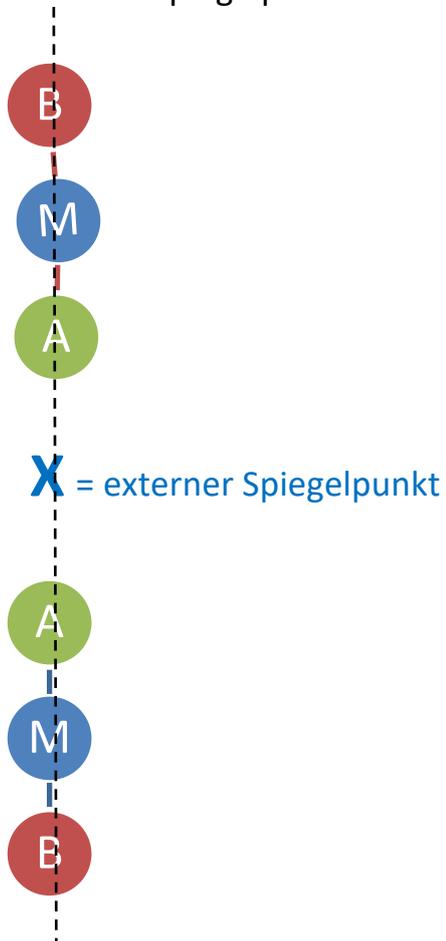
Der Bewohner einer eindimensionalen Welt stellt fest, dass es zwei Komplexe aus den Elementen A, M und B gibt. Beide Komplexe sind in ihrer Zusammensetzung gleich, sie bestehen aus den Elemente A, M und B. Beide Komplexe sind aber, wenn man sie entlang der einen Dimension bewegt, unterscheidbar.

Entscheidend für dieses Phänomen ist, dass sich an M zwei verschiedene Substituenten befinden.

Eindimensionale Welt (Linienwelt)

Konstellation 1

M ist kein interner Spiegelpunkt



Konstellation 2

M ist interner Spiegelpunkt

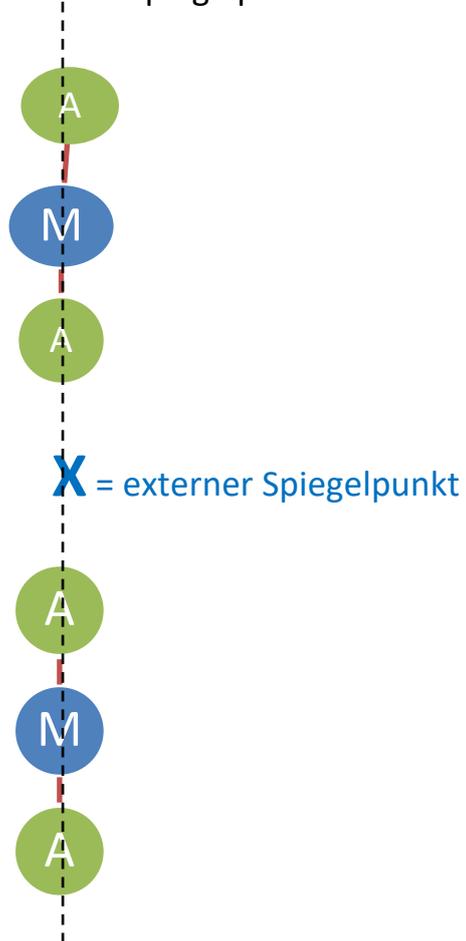


Abbildung 101: Chiralität. Die eindimensionale Welt

Sie können allerdings die beiden Enantiomeren der Konstellation 1 doch auf einer besonderen Linie zur Deckung bringen.

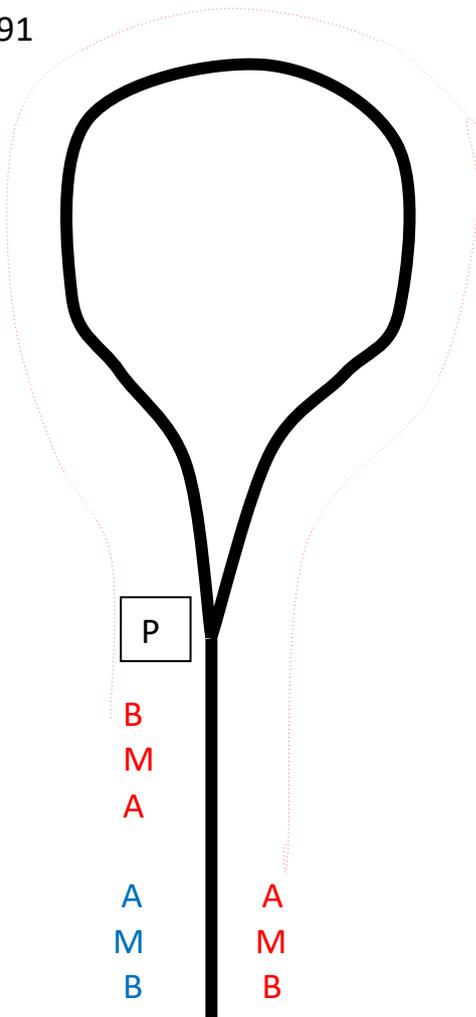


Abbildung 102: Eindimensionale Symmetrienumkehr

Auf der Geraden, die am Punkt P in eine geschlossene eindimensionale Schleife mündet, befinden sich die Antipoden AMB und BMA. Wenn man den Antipoden BMA, ohne Richtungsumkehr die Schleife durchlaufen lässt und anschließend wieder in die Gerade überführt, kommen beide zur Deckung, ohne aus der Eindimensionalität herauszutreten. (Es bleibt allerdings die Frage, ob die Einmündung P ein- oder zweidimensional ist).

Diese Darstellung entspricht einem Umstülpen der Gerade in sich selbst, mit Symmetrienumkehr.

Zweidimensionale Welt



Nun gehen wir von einer zweidimensionalen Welt und dem flächigen Komplexen MABC bzw. MACC aus. Bedenken Sie, dass diese Komplexe sich systemkonform nur in der Fläche, also nur in zwei Dimensionen verschieben lassen.

Sie sehen, Sie brauchen in der Konstellation 2 den rechten Komplex nur nach links zu rücken und um 120° in der Ebene zu drehen und können beide Komplexe völlig zur Deckung bringen, ohne aus der Ebene heraus in die dritte Dimension zu gehen.

In der Konstellation 1 geht das nicht. Sie müssen einen der beiden Komplexe aus der Ebene heraus in die dritte Dimension bewegen, um die Spiegellinie um 180° herum funktionieren, damit Sie Deckung erreichen.

In der Konstellation 1 gibt es keine interne Spiegellinie.

Der Bewohner einer zweidimensionalen Welt stellt fest, dass er zwei Komplexe besitzt, die in ihrer Zusammensetzung gleich sind, sie bestehen aus M, A, B und C. Beide Komplexe unterscheiden sich aber, wenn man versucht sie in der Fläche zur Deckung zu bringen. M kann wieder als körperloser Punkt gedacht werden. Entscheidend für dieses Phänomen ist, dass sich an M drei verschiedenen Substituenten befinden.

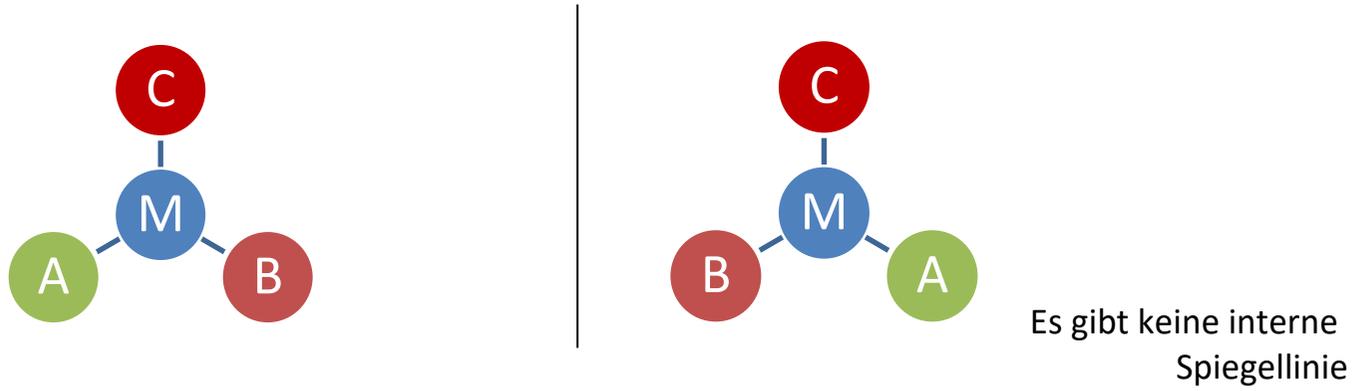
Sie können allerdings die beiden Enantiomeren der Konstellation 1 doch in einer Ebene mit einem speziellen Trick zur Deckung bringen: Formen Sie aus einem Papierstreifen ein Möbius Band³⁶⁰



und malen Sie z.B. die linke Version (linkes Enantiomere) auf dieses Band. Malen Sie auf ein kleines verschiebbares Stück Papier die rechte Version (rechtes Enantiomere). Beide sind an diesem Punkt des Möbius Bandes nicht zur Deckung zu bringen. Verschieben Sie nun das Stück Papier auf dem Möbius Band solange, bis Sie an dem Punkt des Bandes angekommen sind, auf dem Sie die linke Version aufgemalt haben. An diesem Punkt finden sie auf der einen Seite des Bandes, die linke Version und auf der anderen Seite, die rechte Version deckungsgleich. Sie haben also beide Versionen zur Deckung gebracht, ohne aus der Papierebene herauszugehen. Diese Darstellung entspricht einem Umstülpen der Ebene in sich selbst mit Symmetrienumkehr.

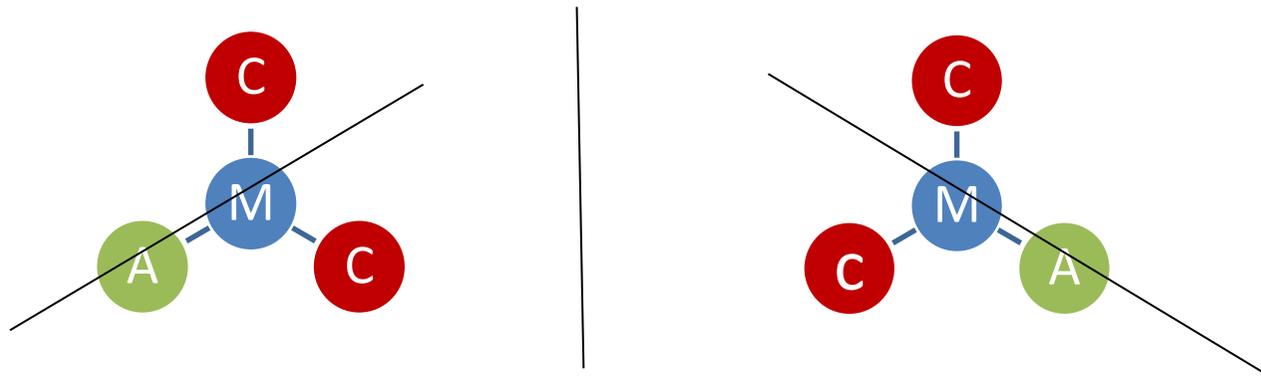
Zweidimensionale Welt (Flächenwelt)

Konstellation 1



Externe Spiegellinie

Konstellation 2



Interne Spiegellinie entlang A-M

Interne Spiegellinie entlang A-M

Abbildung 103: Chiralität. Die Zweidimensionale Welt



Dreidimensionale Welt (Raumwelt = Unsere Erfahrungswelt)

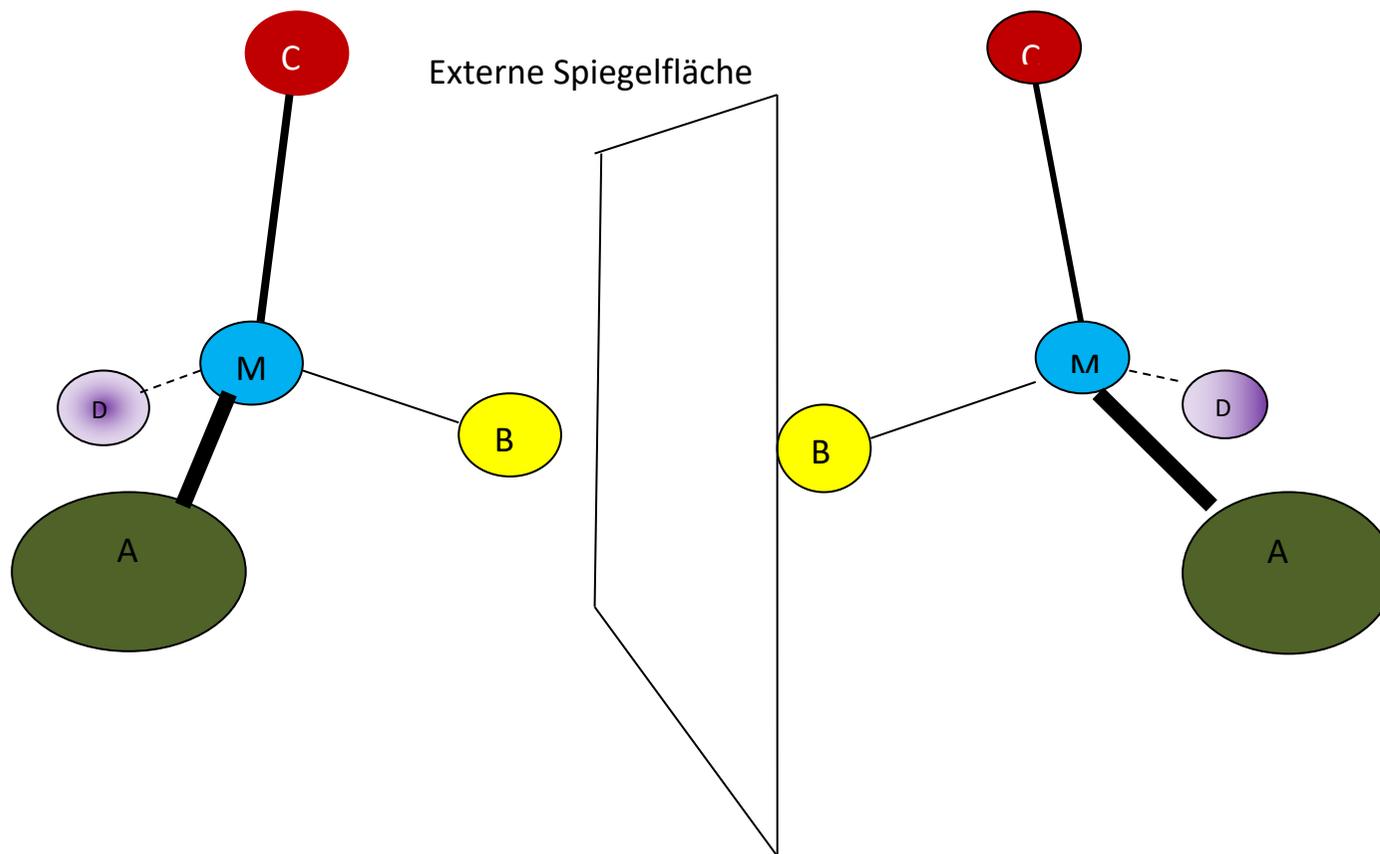
In Konstellation 1 sind an den 4 Ecken eines Tetraeders 4 verschiedene Substituenten an M gebunden. Wir haben den räumlichen Komplex MABCD. Dies ist analog zu der räumlichen Situation in sehr vielen biologischen Molekülen. M kann hier als körperloser Punkt gedacht werden. M steht in der Chemie sehr oft für Kohlenstoff.

In Konstellation 2 sind an den 4 Ecken eines Tetraeders nur 3 verschiedenen Substituenten an M gebunden. Ein vierter Substituent ist mit einem der 3 verschiedenen identisch, z.B. C. Wir haben den räumlichen Komplex MACCD.

In der internen Spiegelebene liegen die Elemente A, M und D. Die beiden gleichen Elemente C liegen ober- und unterhalb.

Sie sehen, wenn Sie in der Konstellation 2 die Spiegelebene des rechten Komplexes in die Spiegelebenen des linken Komplexes klappen, können Sie beide Komplexe zur Deckung bringen. In der Konstellation 1 geht das nicht. Wenn man den Gedankengang der Überführbarkeit in der nächsten Dimension anwendet, müssten Sie einen der beiden Komplexe aus der Dreidimensionalität heraus, in die vierte Dimension bewegen, um Deckung zu erreichen. Man erreicht aber Deckung, indem man z.B. B und D vertauscht, also das ganze System sozusagen umstülpt. Was damit gemeint ist, kann jeder nachvollziehen, der ein Paar Handschuhe in Händen hält. Das Paar verhält sich wie Bild und Spiegelbild; beide sind nicht zur Deckung zu bringen. Stülpt man allerdings einen von den beiden Handschuhen in der Weise um, dass das Innere nach außen gekehrt wird, erhält man zwei Handschuhe, die identisch sind, also zur Deckung zu bringen sind. Siehe hierzu: Umstülpung: Geometrie in Bewegung http://www.geometrie.tugraz.at/tagdergeometrie/2011/heinz09_umstuelpfung_dgfgg.pdf (Ist das beschriebene Umstülpen bzw. der Austausch von zwei Substituenten eine Operation der vierten Dimension?)

Konstellation 1



Antipode 1
Enantiomere 1
Bild

Antipode 2
Enantiomere 2
Spiegelbild

kein internes Spiegelement
Konstellation 2

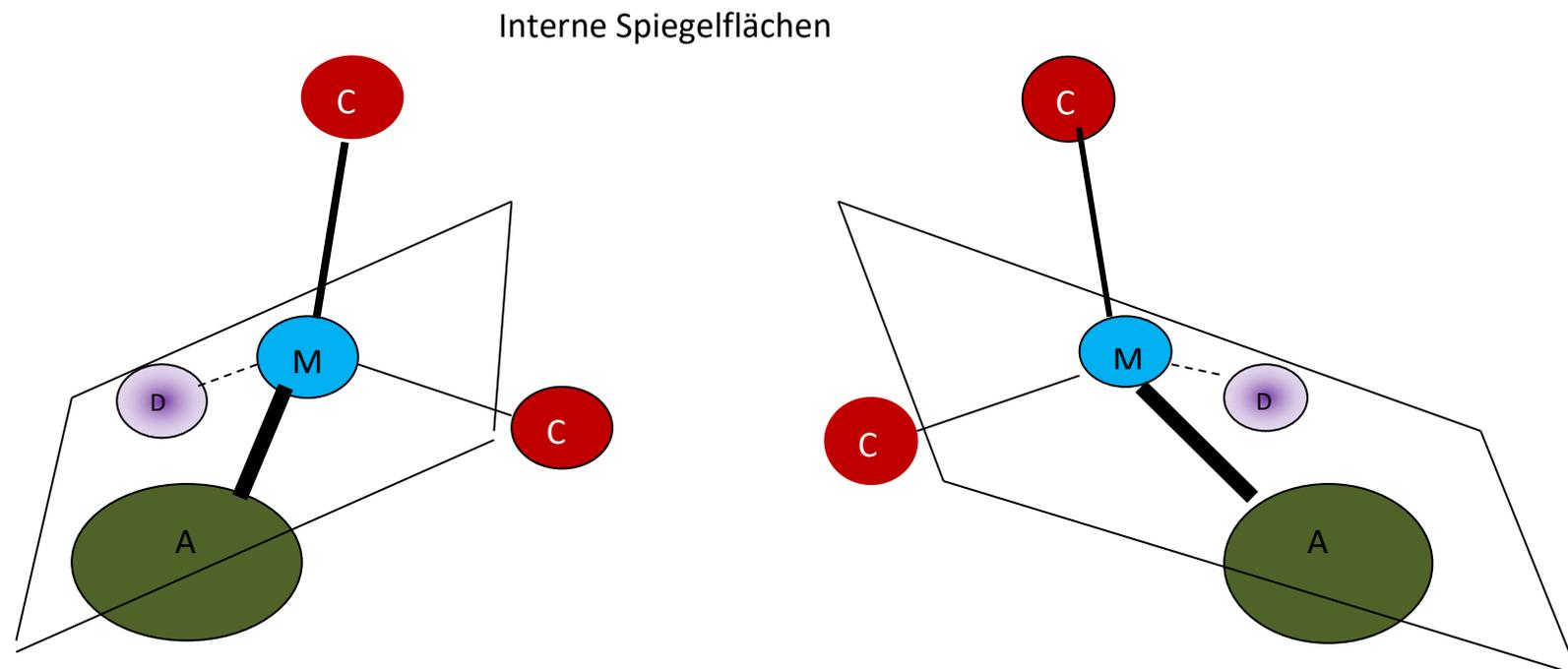


Abbildung 104: Chiralität. Die dreidimensionale Welt

In der Konstellation 1 gibt es keine interne Spiegeleben. In der Konstellation 2 gibt es eine interne Spiegelebene.

Wir Bewohner einer dreidimensionalen Welt, stellen fest, dass wir zwei Komplexe besitzen, die in ihrer Zusammensetzung gleich sind; sie bestehen aus M, A, B, C und D. Beide Komplexe unterscheiden sich aber, wenn man versucht, sie im Raum zur Deckung zu bringen. Beide Komplexe unterscheiden sich in ihrer räumlichen Erstreckung, und sie unterscheiden sich phänomenologisch gesehen bei der Drehung von polarisiertem Licht.

Die beiden Komplexe MABCD werden auch Antipoden bzw. Enantiomeren genannt. Sie verhalten sich wie Bild und Spiegelbild.

Entscheidend für dieses Phänomen ist, dass 4 verschieden Substituenten gebunden sind.

In der eindimensionalen Welt war es anschaulich möglich, in die zweidimensionale zu wechseln. Dann konnte Deckung erreicht werden (Ausnahme: geschlossene Schleife).

Bei der zweidimensionalen Welt gelang es mit dem Wechsel in die dritte Dimension. (Ausnahme: Möbiusband)

Beim letzten Beispiel, der dreidimensionalen Welt, müssen wir einen der beiden Komplexe im dreidimensionalen Raum in sich umstülpen, um Deckung zu erreichen.

Unterschied zwischen den jeweiligen Konstellationen 1 und 2 der drei Darstellungen:

Alle Konstellationen 2 haben interne Symmetrieelemente und können innerhalb ihrer Dimension ineinander überführt werden.

Alle Konstellationen 1 haben kein internes Symmetrieelement und können nur in der nächsten höheren Dimension ineinander überführt werden.

Dimension	Elemente außer M		Interne Symmetrieelemente	Externe Symmetrieelemente	Überführungsoperation
1	MAB	2	Keines	Punkt	In der 2. Dimension um 180° drehen
2	MABC	3	Keines	Linie	In der 3. Dimension um 180° umklappen
3	MABCD	4	Keines	Ebene	In sich umstülpen
4?	MABCDF?	5	Keines?	Raum?	?

Tabelle 14: Konstellationen, 1 bis 3-dimensional

Resümee: Ein Körper, der kein internes Spiegelement enthält, ist chiral, also händig und existiert immer Form zweier Antipoden (2 Enantiomeren, Bild und

Spiegelbild). Mit diesem Statement können wir auf weniger abstrahierte Formen, wie den oben beschriebenen Tetraeder mit 4 verschiedenen Substituenten, schließen. Ich denke, dass es manchem Leser nicht klar ist, wieso in diesem Zusammenhang beispielsweise ein Handschuh als ein Antipode gesehen werden kann. Wo ist in einem Handschuh das Asymmetrie Zentrum mit 4 verschiedenen Substituenten? Ein Handschuh hat kein Asymmetriezentrum, aber er hat auch kein internes Symmetrieelement und ist damit chiral. Das Fehlen jeglichen Symmetrie-Elements ist der bestimmende Umstand.

Lassen Sie mich angesichts dieser Tabelle etwas spekulieren:

In allen 1- und mehrdimensionalen Welten, sind jeweils zwei Gegenstücke (Antipoden) vorhanden, die in ihrer eigenen Dimensionenwelt nicht zur Deckung zu bringen sind.

Am vertrautesten, zumindest für den Chemiker, ist das in der 3-dimensionalen Welt. Es gibt 2 Antipoden, die sich physikalisch unterscheiden lassen: Schickt man durch eine Lösung eines Antipoden Licht, das über einen Filter linear polarisiert wurde, also nur in einer Ebene schwingt, so wird die Schwingungsebene des Lichts, von der Lösung des einen Antipoden, z.B. nach links gedreht. Die Lösung des zweiten Antipoden, dreht die Lichtebene um den gleichen Betrag, aber nach rechts. D.h. die beiden Antipoden beeinflussen das elektromagnetische Feld gegenläufig.

Gibt es Wechselwirkungen in der 1- und 2-dimensionalen Welt, die innerhalb dieser Dimensionalitäten eine Unterscheidung mit physikalischen Mitteln zulassen?

Zumindest für die 2-dimensionalen Welt kann man wie folgt spekulieren:

Nachdem die Unterscheidung von Antipoden in der 3-dimensionalen Welt, mit Hilfe eines 2-dimensionalen Feldes, in Form einer linear polarisierten Lichtebene möglich ist, könnte in der 2-dimensionalen Welt, eine Unterscheidung von Antipoden, mit einem 1-dimensionalen Medium, z.B. longitudinale Wellen³⁶¹ (ein Feld kann das nicht sein) möglich sein. (Wenn dem so wäre, drängt sich die Frage auf, ob solche Wellen auch in der 3-dimensionalen Welt eine Rolle spielen).

In der 4-dimensionalen Welt kann man nun folgende Spekulation anstellen: Auch hier gibt es 2 Antipoden, die mit irgendeinem physikalischen Effekt, einem Feld oder was auch immer, unterscheidbar sein sollten. Diese 4-dimensionalen Welt sollte unser Raum-Zeit-Kontinuum sein, das ohne Materie nicht vorstellbar ist, da es sonst dem Vakuum entspräche.

Auf Antrieb fallen mir als Antipoden Materie und Antimaterie bzw. Teilchen und Antiteilchen (außer dem Photon) ein.

Sie entstanden 10^{-33} Sekunden nach dem Urknall. Hat hier das für die Masse- bzw. Materiebildung verantwortliche Higgs-Feld mitgewirkt?

Ergänzung 10: Das Zusammenspiel von CO₂, Wasser, Glukose, Sauerstoff und Sonnenlicht mit den Energie-Carriern NADP-NADPH, NAD-NADH, FAD-FADH₂ sowie ATP

Das Prinzip: Sonnenenergie wird transformiert in biochemische Lebensenergie ATP

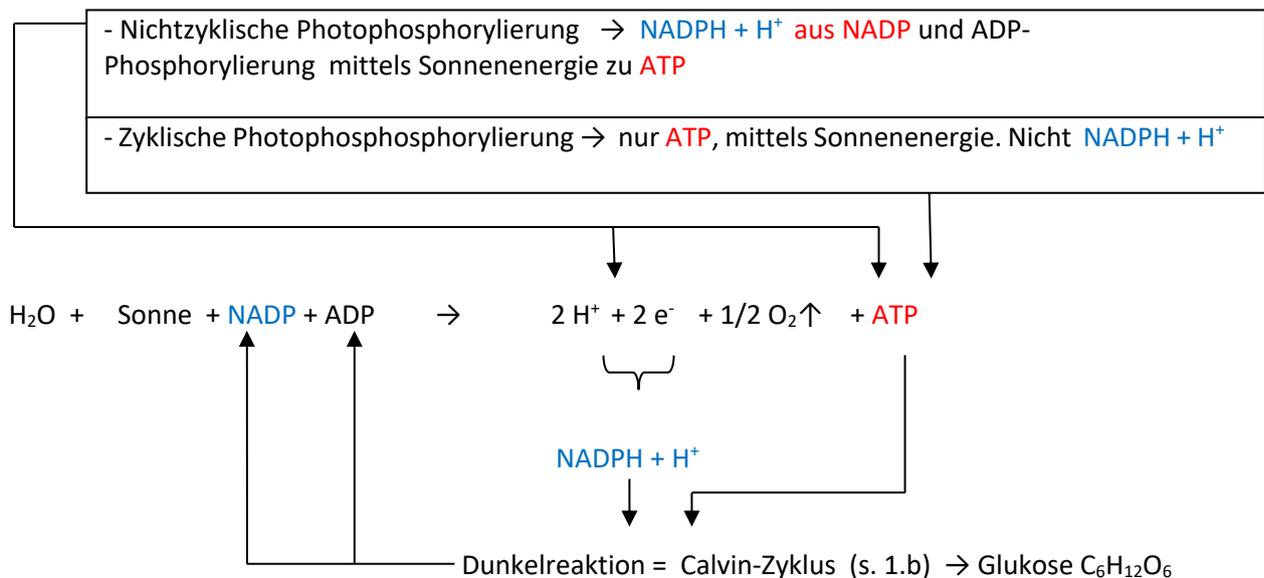
A) Aktivität von NADP und NADPH+H⁺

1. Energiespeicherung durch Photosynthese in der Flora

1a. Lichtreaktion, ATP-Energie Gewinnung für den Anabolismus

Formal: Sonne, H₂O, (Chlorophyll) → 2 H⁺ + 1/2 O₂ + 2 e⁻

Zyklus der **Lichtreaktion:**

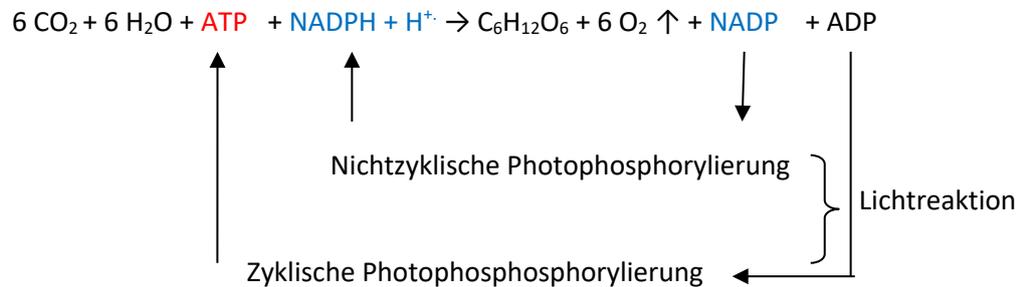


Evolution: Die Photosynthese (1.) hat Teile der Biochemie von Glykolyse (2.) und Gluconeogenese (1c.) übernommen
Die Atmung (4.) könnte sich aus der Photosynthese (1.) entwickelt haben. Beides sind Elektronentransportphosphorylierungen

1b. Dunkelreaktion, Glukoseaufbau, Calvin-Zyklus, Anabolismus

Formale: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$

Zyklus der **Dunkelreaktion** kombiniert mit der Lichtreaktion:



Evolution: Die Photosynthese (1.) hat Teile der Biochemie von Glykolyse (2.) und Glukoneogenese (1c.) übernommen

Teile der Dunkelreaktion der Photosynthese (1b.) entsprechen enzymatisch der Glukoneogenese -Bildung (1c.)

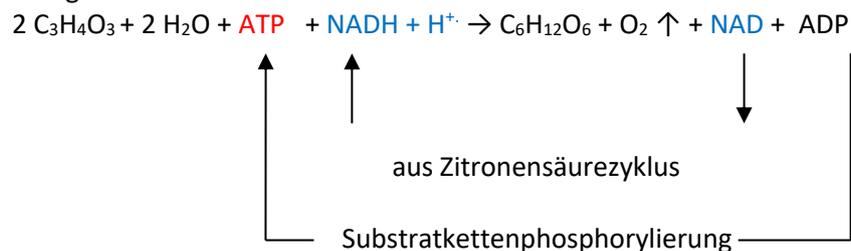
B) Aktivität von NAD und NADH + H⁺ bzw. FAD und FADH₂

1c. Glukoneogenese, Glukoseaufbau (Glykogen), Anabolismus

Sprachregelung: Pyruvat (C₃H₄O₃) Brenztraubensäure

Formale: $2 \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \uparrow$

Zyklus der Glukoneogenese:



Evolution: Die Glukoneogenese (1c.) entspricht enzymatisch weitgehend der Umkehrung der Glykolyse (2.)

Teile der Glukogenese-Bildung (1c.) entsprechen der Dunkelreaktion der Photosynthese (1b.)

Man gewinnt den Eindruck, dass es sich bei diesem Zyklus um eine Art Bindeglied zwischen Anabolismus und Katabolismus handelt, da die Reaktion im Hinblick auf den enzymatischen Pfad in beiden

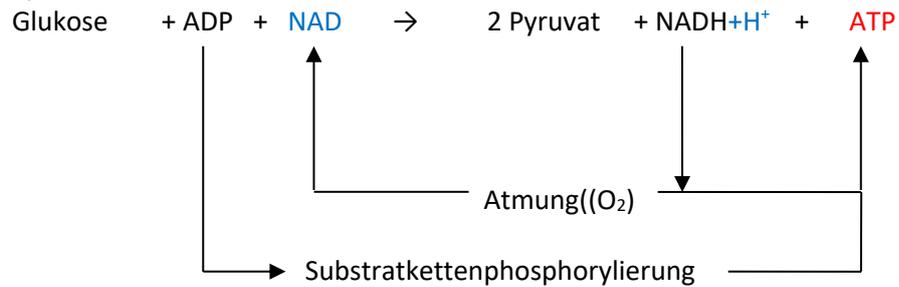
Richtungen möglich ist. Energieaufbau und Energieabbau in Form von Glukose, sind je nach Bedarf möglich.

2. Glykolyse, Katabolismus

ADP-Substrat-Phosphorylierung mittels Glukose-Bindungsenergie zu **ATP**

Formale: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 \text{ Pyruvat} + 2 H_2O$

Zyklus der Glykolyse:



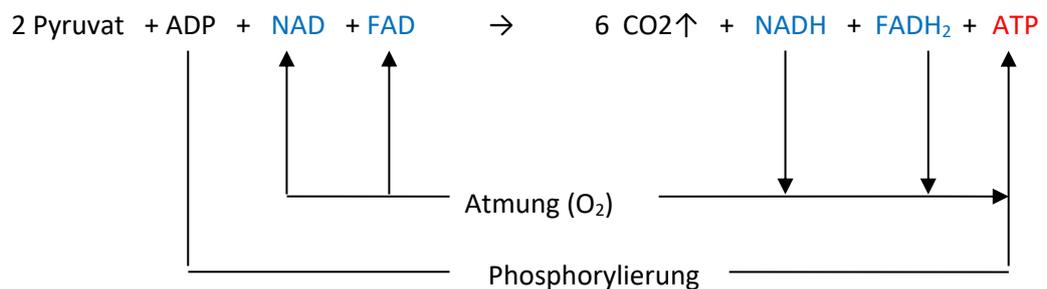
Evolution: Die Glykolyse (2.) entspricht enzymatisch weitgehend der Umkehrung der Glukoneogenese (1c.)

3. Zitronensäurezyklus, Katabolismus

ADP- Phosphorylierung mittels Glukose-Bindungsenergie und Atmung zu **ATP**

Formale: $2 \text{ Pyruvat} \rightarrow 6 \text{ CO}_2$

Zitronensäurezyklus:



4. Reduktiver Zitronensäurezyklus

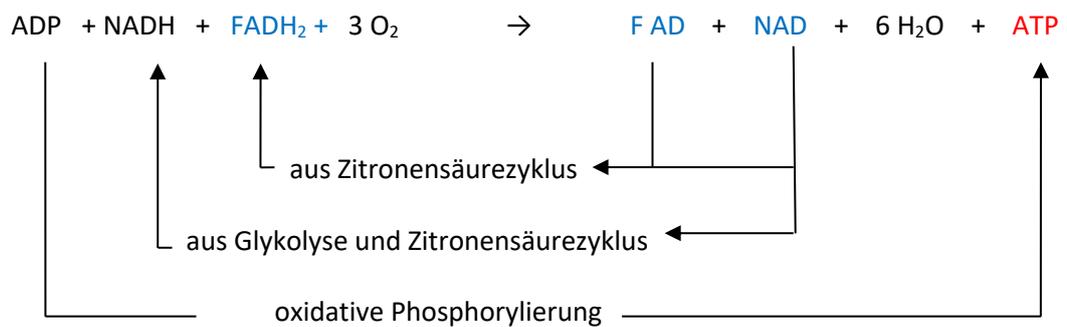
Der reduktive Citratzyklus (auch reduktiver Citratzyklus, reduktiver Zitronensäurezyklus, reduktiver Tricarbonsäurezyklus bzw. reduktiver Krebs-Zyklus) ist ein zyklischer Reaktionsweg, bei dem die Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Fixierung (Kohlenstoffdioxid-Assimilation) durch rückläufige Schritte des Citratzyklus' erfolgt. Durch diese Umkehr der Schritte des Citratzyklus wird er auch als reverser Citratzyklus bezeichnet. Der Zyklus wurde 1966 durch die Arbeiten von MC. Evans, Bob B. Buchanan und Daniel I. Arnon entdeckt.^[1]

4. Atmung, Katabolismus

ADP durch oxidative Phosphorylierung mittels Sauerstoff von NADH und FADH₂ zu ATP

Formal: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Atmungszyklus:



Evolution: Die Atmung (4.) könnte sich aus der Photosynthese (1.) entwickelt haben

6. Buchempfehlungen:

Bojowald, M. (09.04.2009. Mai 2009). *Zurück vor den Urknall*, S. Fischer Close, Frank (2011). *Das "Nichts" verstehen*. Spektrum Akademischer Verlag.

Bei diesem Autor fällt mir allerdings negativ bzw. verunsichernd auf, dass er dieses Thema, obwohl von Unschärferelation und Quantenphysik ausführlich die Rede ist, ohne Erwähnung von Pauli, Schrödinger und vor allem Heisenberg abhandelt.

Greene, Brian /2008) *Der Stoff aus dem der Kosmos ist*. Goldmann.

Christen, H. R. (1985). *Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie*. Otto Salle Verlag, Verlag Sauerländer.

Dickerson/Geis. (1983). *Chemie-eine lebendige und anschauliche Einführung*. Weinheim: Verlag Chemie.

Davies, P. (2006). *Der kosmische Volltreffer*. Frankfurt/New York: campus.

- Follmann, H. (1981). *Chemie und Biochemie der Evolution*. Heidelberg: UTB & Meyer.
- Fritzsche, H. (1983). *Vom Urknall zum Zerfall*. München: R. Piper & Co. Verlag.
- Fuchs, G. (2007). *Allgemeine Mikrobiologie*. Stuttgart: Thieme.
- Gamow (1958). *Eins Zwei Drei...Unendlichkeit*. München: Goldmanns gelbe Taschenbücher.
- Hasinger, G. (2009). *Das Schicksal des Universums*. München: Goldmann.
- Kahneman, Daniel (2011). *Schnelles Denken, langsames Denken*. München, Siedler Verlag.
- Kiefer, C. (2009). *Der Quantenkosmos*. Frankfurt: S. Fischer.
- Kiefer, C. (2011). *Quantentheorie, eine Einführung*. Fischer.
- Lehninger, Albert L. (1979). *Biochemie*. New York: Verlag Chemie.
- Randall, L. (2005). *Verborgene Universen*. Frankfurt: S. Fischer.
- Singh, S. (2008). *Big Bang*. (dtv, Hrsg.) München.
- Wolpert, L. (2009). *Wie wir leben und warum wir sterben*. München: C.H.Beck.
- Taschner, R. (2009). *Zahl, Zeit, Zufall*. München: Piper
- Stewart, Ian (2014) *Weltformeln, rororo*
- Vaas, Rüdiger (2013) *Vom Gottesteilchen zur Weltformel*, Kosmos

7. Literaturquellen:

- Abdel-Samad. (2015). *Mohamed*. München: Droemer.
- Abdel-Samad, H. (2011). *Der Untergang der islamischen Welt. Ešine Prognose*. Knauer TB.
- AFP. (20. 02 2010). Schwerstes Element heißt Copernicium. *Main Echo*.
- Aigner, Florian. (2016). *Der Zufall, das Universum und Du*. Wien: Brandstätter Verlag.
- akh. (20. September 2006). Sternenleiche wird verjüngt. *Spiegel*.
- Amsler, C. (18. 7 2008). <http://PDG.LBL.GOV>. (1. (ParticleData Group) PL B667, Hrsg.)
- Bär, T. (1973). *Organische Stereochemie*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Beyer, H. (1967). *Lehrbuch der organischen Chemie*. Leipzig: S. Hirzel.
- Bogdanov. (2011). *Das Gesicht Gottes*. München: Riemann.
- Bojowald, M. (09.04.2009. Mai 2009). Der Urknall war nicht der Anfang. *Süddeutsche Zeitung*.
- Börner. (2011). *Kosmologie. Eine Einführung*. Frankfurt: Fischer Verlag.
- Brandon, C. (1974). Large Number Coincidences and Anthropic Principle in Cosmology. *IAUS*.
- Brian Greene. (2004). *Der Stoff, aus dem der Kosmos ist*. München: Goldmann.
- Caldwell, N. (2014). *The Astrophysical Journal Letters*.
- Camejo, A. S. (2006). *Skurrile Quantenwelt*. Heidelberg: Springer.
- Christen, H. R. (1985). *Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie*. Otto Salle Verlag, Verlag Sauerländer.
- Clark, C. (2014). *Die Schlafwandler*. Deutsche Verlags-Anstalt.
- Clegg, B. (kein Datum). *Vor dem Urknall*. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Close, F. (2011). *Das Nichts verstehen*. Heidelberg: Spektrum.
- Close, F. (2011). *Das Nichts verstehen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2009.
- Cox, F. (2009). *Warum ist $E = m \times c^2$* . Stuttgart: KOSMOS.
- cris. (10.. Februar 2010). Enceladus ist nass. *Süddeutsche Zeitung*, S. 18.
- Davies, P. (2006). *Der kosmische Volltreffer*. Frankfurt/New York: campus.
- Davies, P. (kein Datum). *Am Ende ein neuer Anfang*. Düsseldorf, Köln: Eugen Diedrichs Verlag.
- Dawkins, R. (2016). *Der Gottes Wahn*. Berlin: Ullstein.
- Dickerson/Geis. (1983). *Chemie-eine lebendige und anschauliche Einführung*. Weinheim: Verlag Chemie.
- dpa. (10./11. Oktober 2009). Spuren von Wasser überall auf dem Mond. *Main Echo*, 36.

- dpa. (13./14.. Februar 2010). Neue Jahreszeit auf Pluto angebrochen. *Main Echo*, S. 32.
- Dyson, G. (2016). *Thurings Kathedrale*. Berlin: Ullstein.
- E. Beckers, P. C.-J. (1999). Pluralismus und Ethos der Wissenschaft. *Aufsatz: Ist der Kosmos für den Menschen gemacht? Überlegungen zum Antrophischen Prinzip*. Gießen.
- Finkelburg, W. (1964). Einführung in die Atomphysik. (Springer, Hrsg.) Berlin.
- Fischer, E. P. (2012). *Die Hintertreppe zum Quantensprung*. München: Fischer Verlag.
- Follmann. (1981). *Chemie und Biochemie der Evolution*. (H. Follmann, Hrsg.) Heidelberg, Deutschland: Quelle & Meyer.
- Follmann, H. (1981). *Chemie und Biochemie der Evolution*. Heidelberg: UTB & Meyer.
- Frank, C. (2011). *Das Nichts verstehen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2009.
- Freund, D. (23. 01 2010). *Dr. Friends Multiuniversum*. Abgerufen am 23. 02 2010 von http://www.drfreund.net/aktuell_009.htm
- Fritzsch, H. (1983). *Vom Urknall zum Zerfall*. München: R. Piper &Co. Verlag.
- Fuchs, G. (2007). *Allgemeine Mikrobiologie*. Stuttgart: Thieme.
- Gamow. (1958). *Eins Zweie Drei...Unendlichkeit*. München: Goldmanns gelbe Taschenbücher.
- Generalic, E. (11. 04 2008). <http://www.periodni.com/de/>. Abgerufen am 14. 09 2009 von Periodensystem der Elemente: Google
- Hasinger, G. (2009). *Das Schicksal des Universums*. München: Goldmann.
- Hawking, S. (November 2004). *Die illustrierte kurze Geschichte der Zeit*. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Heisenberg, W. (2012). *Werner Heisenberg Quantentheorie und Philosophie*. Stuttgart: Reclam.
- Heisner, G. (10./11. 10 2009). Experten erforschen Hölle auf Erden. *Main Echo*, 36.
- Henze Gunnar (ddp). (2010). Erfolgreiche Jagd nach fernen Planeten. *Main Echo*, 5.
- Herbig, J. (1976). *Kettenreaktion. Das Drame der Atomphysiker*. München: Carl Hanser Verlag.
- Herrmann, D. B. (2014). *Das Urknall Experiment*. Kosmos.
- Hofstadter, D. R. (2003). *Gödel Escher Bach ein Endloses Geflochtenes Band*. München: Klett-Cotta Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Holleman, W. (1985). *Lehrbuch der anorganischen Chemie*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Holt, J. (2014). *Gibt es Alles oder Nichts?* Hamnburg: rowolt.
- Hoppe, W. (kein Datum). *Biophysik*. SpringerVerlag.

- Horx, M. (April 2014). *Das Megatrend Prinzip*. München: Pantheon Verlag.
http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/wegscheider/gebhardt_files.
 (kein Datum).
- Jungk, R. (1956). *Heller als tausend Sonnen*. Bern Stuttgart Wien: Scherz.
- Junker R, S. S. (1998). *Evolution-ein kritisches Lehrbuch*. Weyel.
- Kahneman, D. (2012). *Schnelles Denken, langsames Denken*. München: Siedler Verlag, Random House GmbH.
- Kaplan, R. (2004). *Die Geschichte der Null*. München: Piper Verlag.
- Kauffman, S. (1995). *Der Öltropfen im Wasser*. München Zürich: Piper.
- Kegel, B. (2018). *Epigenetik*. Köln: DuMont Buchverlag.
- Kehse, K. (Mai 2017). Wie das Licht in die Welt kam. *Geo kompakt*.
- Kiefer, C. (2011). *Quantentheorie*. Frankfurt: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Kiefer, K. (2009). *Der Quantenkosmos*. Frankfurt: S.Fischer .
- Kluxen, K. (1985). *Geschichte Englands*. Stuttgart: Alfred Kröner Verlag Stuttgart.
- Koestler, A. (1959). *Die Nachtwandler. Die Geschichte der Astronomie*. Ungarn.
- Kortüm, G. (1966). *Einführung in die chemische Thermodynamik*. Weinheim: Verlag Chemie.
- Krauss, L. (2013). *Ein Universum aus Nichts*. München: Albrecht Knaus.
- Lane, N. (2013). *Leben. Verblüffende Erfindung der Evolution*. Darmstadt: Primus-Verlag.
- Lang, C. B. (2005). *Mathematische Methoden in der Physik*. München: Spektrum.
- Lehninger. Albert L. (1979). *Biochemie*. New York: Verlag Chemie.
- Lesch, H. (2013). *Die Entdeckung des Higgs-Teilchens*. München: C. Bertelsmann.
- Lesch-Zaum. (2009). *Die kürzeste Geschichte allen Lebens*. München: Piper.
- Lewis, W. (2009). *Wie wir leben und warum wir sterben*. München: C.H. Beck.
- Lexikon, F. (1981). *Das neue Fischer Lexikon in Farbe*. Frankfurt am Main : Fischer Taschenbuch Verlag.
- Lüst, D. (2011). *Quantenfische: Die Stringtheorie und die Suche nach der Weltformel*. C.H. Beck.
- Meierhenrich, P. D. (2007). Origin of biomolecular Asymmetry. www.chirality.de.
- Menneken, M. (11 2009). www.planet-erde.de.
- Meyer, A. (2015). *Adams Apfel und Evas Erbe*. München: Bertelsmann.
- Müller, A. (2009). Lexikon der Astrophysik.
- Neukamm, M. (2010). www.martin-neukamm.de.
- Nordrhein-Westfalen, G. D. (25. 12 2009). www.gd.nrw.de.
- Ossenkopf, V. (kein Datum). Die Entstehung des Sonnensystems. Uni Köln.
pages.unibas.ch/phys-ap/HTML/77/ani77.htm. (kein Datum).
- Paturi, F. (2010). *Die letzten Rätsel der Wissenschaft*. München Zürich: Piper.
- Pietschmann, H. (2003). *Quantenmechanik verstehen*. Springer- Verlag.
- Planet-erde.de*. (2010).

- Pohl, R. (1963). *Optik und Atomphysik, Einführung in die Physik, Dritter Band*. Berlin göttingen Heidelberg: Springer-Verlag.
- Polkinghorne, J. (2011). *Quantentheorie*. Stuttgart: Philipp Reclam jun.
- Popp, M. (12.16 2016). Hitlers Atombombe, Störfall der Wissenschaftsgeschicht. *Spektrum der Wissenschaft*.
- Precht, R. D. (2010). *Die Kunst kein Egoist zu sein*. München: Wilhelm Goldmann Verlag.
- Precht, R. D. (2010). *Die Kunst kein Egoist zu sein*. München: Wilhelm Goldmann Verlag.
- Randall, L. (2005). *Verborgene Universen*. Frankfurt: S. Fischer.
- Rauch, H. (kein Datum). *Chemische Evolution und der Ursprung des Lebens*. Springer.
- Reno, P. (2.18 2018). Per DNA-Verlust zum Menschen. *Spektrum der Wissenschaft*, S. 30.
- Rossmann, A. (2013). *Isotopenverteilung in Glucose und sekundären Naturstoffen und ihre Bedeutung zur Herkunftsbestimmung bei Lebensmitteln*.
- Rovelli, C. (2018). *Und wenn es die Zeit nicht gäbe*. Rowohlt.
- Rüdiger, G. u. (12. 10 2009). Astrophysiker fahnden nach rätselhafter Bremskraft. *Spiegel Online Wissenschaft*.
- Schieritz, M. (2013). *Die Inflationslüge*. München: Knaur.
- Scholz, M. (2016). *Astrobiologie*. Heidelberg: Springer Spektrum.
- Schulz, J. (kein Datum). <http://www.quantenwelt.de/elementar/kaonen.html>.
- Schurig, V. (05.15 2015). Molekularer Symmetriebruch, Labor&more. *Labor&More*.
- Sean Carroll, P. d. (04. 11 2004). Warum Zeit nur in eine Richtung fließt. www.raumfahrer.net.
- Sheldrake, R. (2012). *Der Wissenschaftswahn*. W. Barth Verlag.
- Singh, S. (2008). *Big Bang*. (dtv, Hrsg.) München.
- Skinner, Michael K. (November 2018). Epigenetik Vererbung der anderen Art. *Spektrum der Wissenschaft, Highlights 3.18, S. 7*.
- Slawik, E. u. (kein Datum). *Der Sternen Himmel, eine fotografische Reise zu Tierkreis- und Sternbildern*. Heidelberg: Neuer Honos Verlag.
- Slawik, R. (kein Datum). *Der Sternen Himmel*. Heidelberg: Neuer HONOS Verlag.
- Spengler, O. (1979). *Der Untergang des Abendlandes*. München: C.H. Beck.
- Stewart, I. (2014). *Weltformeln*. Hamburg: Rowohlt.
- Stieglitz, J. (2010). *Im freien Fall*. München: Verlagsgruppe Random House.
- Stiller, S. (2015). *Planet der Algorithmen*. München: Knaus .
- Störig, H. J. (kein Datum). *Kleine Weltgeschichte der Wissenschaften 2*. ,Fischer Taschenbuch, Juni 1982.

- Taschner, R. (November 2009). *Zahl, Zeit, Zufall, Geheimnisse der Wissenschaft*. München: Piper Verlag.
- Thess, A. (2007). *Was ist Entropie? Eine Antwort für Unzufriedene*. Springer Verlag 2008.
- Unzicker, A. (2012). *Auf dem Holzweg durchs Universum*. München: Carl Hanser Verlag.
- Vaas, R. (2013). *Vom Gottesteilchen zur Weltformel*. Kosmos.
- Weiss, A. (19. Juli 2004). www.mpa-garching.mpg.de/weiss/Nucleosynthes.
- Weiss, A. (kein Datum). www.aei.mpg.de/einsteinOnline/de/Vertiefung. (M.-P.-I. f. Astrophysik, Hrsg.)
- Westphal, W. H. (1963). *Physik*. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer Verlag.
- WIKIPEDIA. (kein Datum). Abgerufen am September 2009 von <http://www>.
- Wolpert, L. (2009). *Wie wir leben und warum wir sterben*. München: C.H.Beck. www.tls-tautenurg.de/research/eike/entstehung-sterneEG02. (kein Datum).
- Zachmann, H. (2004). *Mathematik für Chemiker*. Weinheim: Wiley-VCH.

8. Namen- und Faktensammlung

Biographische Daten wie Geburt, Tod, Aufenthaltsorte, Beruf usw. wurden größtenteils aus WIKIPEDIA bez. „Das neue Fischer Lexikon in Farbe“ (Lexikon, 1981) entnommen.

¹ Werner Karl Heisenberg, * 5. Dezember 1901 in Würzburg; † 1. Februar 1976 in München, war einer der bedeutendsten Physiker des 20. Jahrhunderts und Nobelpreisträger. Er formulierte 1927 die nach ihm benannte Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation, die eine der fundamentalen Aussagen der Quantenmechanik trifft – nämlich, dass bestimmte Messgrößen eines Teilchens (etwa sein Ort und Impuls), nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmt werden können. WIKIPEDIA

² François VI. de La Rochefoucauld, * 15. September 1613 in Paris; † 17. März 1680 ebenda, war ein zeitweise politisch aktiver französischer Adeliger und Militär, der jedoch vor allem als Literat in die Geschichte eingegangen ist. Mit seinen aphoristischen Texten gilt er als Vertreter der französischen Moralisten. https://de.wikipedia.org/wiki/Fran%C3%A7ois_de_La_Rochefoucauld - cite_note-1 WIKIPEDIA

³ LHC, CERN. Der knapp 27 Kilometer lange *Large Hadron Collider* LHC, sollte 2008 mit vier Experimenten in Betrieb gehen und Proton-Proton-Kollisionen höchster Energien liefern. Mit Hilfe dieser Anlage können die Physiker quasi die Zeit zurückdrehen und erkunden, was beim Ursprung unseres Universums im Urknall geschah. Wie entstehen die Massen der Teilchen? (Bestätigung der Realität der Higgs-Teilchen). Gibt es zu jedem Teilchen ein supersymmetrisches "Partner-Teilchen"? Warum gibt es in unserem Universum mehr Materie als Antimaterie, obwohl beide im Urknall zu gleichen Teilen entstanden sein sollten?

Das CERN, die Europäische Organisation für Kernforschung, ist eine Großforschungseinrichtung bei Meyrin im Kanton Genf in der Schweiz. Am CERN wird physikalische Grundlagenforschung betrieben, insbesondere wird mit Hilfe großer Teilchenbeschleuniger der Aufbau der Materie erforscht.

Nach WIKIPEDIA

⁴ Das Hubble-Weltraumteleskop (englisch Hubble Space Telescope, kurz HST) ist ein Weltraumteleskop für sichtbares Licht, Ultraviolett- und Infrarotstrahlung.

Das Teleskop entstand in Zusammenarbeit von NASA und ESA und wurde nach dem US-Astronomen Edwin Hubble benannt. Es wurde am 24. April 1990 mit der Space-Shuttle-Mission STS-31 gestartet und am nächsten Tag aus dem Frachtraum der Discovery ausgesetzt. Das Hubble-Weltraumteleskop war das erste von vier Weltraumteleskopen, welche von der NASA im Rahmen des „Great Observatory Programms“ geplant wurden. Die anderen drei sind Compton Gamma Ray Observatory, Chandra X-Ray Observatory und Spitzer-Weltraumteleskop. WIKIPEDIA

⁵ FAIR – Facility for Antiproton and Ion Research

In den nächsten Jahren wird bei der GSI (*GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH in Darmstadt*) das neue internationale Beschleunigerzentrum FAIR entstehen, eines der größten Forschungsvorhaben weltweit. An FAIR wird eine nie dagewesene Vielfalt an Experimenten möglich sein, durch die Physiker aus aller Welt neue Einblicke in den Aufbau der Materie und die Entwicklung des Universums, vom Urknall bis heute, erwarten.

Standort: Darmstadt

http://www.gsi.de/forschung_beschleuniger/fair.htm

Am 4. Juli 2017 erfolgte auf dem nordöstlichen Baufeld der Spatenstich für den Bau des großen Ringbeschleunigers SIS 100, Herzstück der künftigen Beschleunigeranlage und des großen Verzweigungsgebäudes, indem Strahlzuführung, sowie Ein- und Auskoppelung in den SIS 100 und in die weiteren Beschleuniger bzw. Experimente verlaufen werden. WIKIPEDIA

⁶ Mark Aurel, * 26. April 121; † 17. März 180, von 161 bis 180 römischer Kaiser. Stoiker.

⁷ Ein besonderes Merkmal der stoischen Philosophie ist die kosmologische, auf Ganzheitlichkeit der Welterfassung gerichtete Betrachtungsweise, aus der sich ein in allen Naturerscheinungen und natürlichen Zusammenhängen waltdes universelles Prinzip ergibt. Für den Stoiker als Individuum gilt es, seinen Platz in dieser Ordnung zu erkennen und auszufüllen, indem er durch die Einübung emotionaler Selbstbeherrschung sein Los zu akzeptieren lernt und mit Hilfe von Gelassenheit und Seelenruhe zur Weisheit strebt. WIKIPEDIA

⁸ Ludwig E. Boltzmann, Physiker, * 20.02.1844 in Wien, † 05.09.1906 in Duino. Thermodynamik, kinetische Gastheorie (Lexikon, 1981, S. 742) Er war Anhänger der Atomtheorie, aus der er die Entropie ableitet. Mitbegründer des Stefan-Boltzmann-Gesetz Strahlungsgesetzes.

⁹ Vakuumfluktuationen (auch Quanten- oder Nullpunkts Fluktuation) sind Teilchen-Antiteilchen-Paare, die in der Quantenfeldtheorie aus dem Vakuum entstehen und wieder zerfallen. Diese Teilchen werden virtuell genannt, da sie nicht messbar sind. Erst durch die inflationäre Ausdehnung nach dem Urknall war diese gegenseitige Vernichtung ausgeschlossen und hat letztlich zur Baryogenese geführt. Siehe auch: (Hasinger, 2009, S. 69) und (Kiefer C. , 2011)

¹⁰ In der Philosophie versteht man unter Entelechie die Eigenschaft von etwas, sein Ziel (Telos) in sich selbst zu haben WIKIPEDIA

¹¹ Panpsychismus ist eine metaphysische Theorie, der zufolge alle existenten (und nicht auf anderes reduzierbare) Objekte geistige Eigenschaften besitzen.. WIKIPEDIA

¹² Immanuel Kant, * 22. April 1724 in Königsberg; †12. Februar 1804 ebenda, deutscher Philosoph im Zeitalter der Aufklärung. Er zählt zu den bedeutendsten Philosophen der abendländischen Philosophie. Sein Werk „Kritik der reinen Vernunft“ kennzeichnet einen Wendepunkt in der Philosophiegeschichte und den Beginn der modernen Philosophie.

¹³ Aristoteles (384-322 v. Chr.), griechischer Philosoph. Zusammen mit Platon und Sokrates gehört er zu den berühmtesten und bedeutendsten Philosophen des Altertums.

<http://www.kreienbuehl.ch/lat/altgriechisch/aristotelesbio.html>

Wissensdisziplin: Wissenschaftstheorie, Logik, Biologie, Physik, Ethik, Dichtungstheorie und Staatslehre.

¹⁴ Leonardo da Vinci,* 15. April 1452 in Anchiano bei Vinci; † 2. Mai 1519 auf Schloss Clos Lucé, Amboise; war ein italienischer Maler, Bildhauer, Architekt, Anatom, Mechaniker, Ingenieur und Naturphilosoph. Er gilt als einer der berühmtesten Universalgelehrten aller Zeiten.

¹⁵ Galileo Galilei, ✕ 15. Februar 1564 in Pisa; † 8. Januar 1642 in Arcetri bei Florenz. Italienischer Naturforscher, Mathematiker, Physiker und Astronom. (Lexikon, 1981, S. 2041)

¹⁶ Demokrit ca. 460 v. Chr. bis ca. 370 v. Chr. Demokrit war Schüler des Leukippos, lebte und lehrte in der Stadt Abdera. Er gehörte zu den Vorsokratikern und gilt als letzter großer Naturphilosoph. Er hatte großen Einfluss u.a. auf Aristoteles. <http://www.anderegg-web.ch/phil/demokrit.htm>

¹⁷ Im Jahre 1900 wurden in der Ägäis nahe der Insel Antikythera von einem römischen Schiffswrack bronzene Teile geborgen, die in keiner Weise mit dem verglichen werden konnten, was bis dahin im Mittelmeerraum gefunden wurde. Als man sich jedoch anschickte, die erwähnten Bronzeteile zu analysieren, begann ein großes Staunen..... Man fand in den griechischen Beschriftungen auf den Überresten, Hinweise auf den damals gebräuchlichen Kalender auf Sonne, Mond und auf die damals bereits bekannten Planeten. <http://cs.uni-muenster.de/Studieren/Scripten/Lippe/geschichte/pdf/Kap2.pdf>
Damit ist der Mechanismus von Antikythera der älteste erhaltene Analogrechner der Welt. WIKIPEDIA

¹⁸ Eratosthenes von Kyrene, ✕ zwischen 276 und 273 v. Chr. in Kyrene; † um 194 v. Chr. in Alexandria, war ein außergewöhnlich vielseitiger griechischer Gelehrter in der Blütezeit der hellenistischen Wissenschaften. Nach WIKIPEDIA

¹⁹ Pythagoras von Samos * um 570 v. Chr. auf Samos; † nach 510 v. Chr. in Metapont, war ein antiker griechischer Philosoph (Vorsokratiker) und Gründer einer einflussreichen religiös-philosophischen Bewegung. Als Vierzigjähriger verließ er seine griechische Heimat und wanderte nach Süditalien aus. Dort gründete er eine Schule und betätigte sich auch politisch. Trotz intensiver Bemühungen der Forschung gehört er noch heute zu den rätselhaftesten Persönlichkeiten der Antike. Manche Historiker zählen ihn zu den Pionieren der beginnenden griechischen Philosophie, Mathematik und Naturwissenschaft, andere meinen, er sei vorwiegend oder ausschließlich ein Verkünder religiöser Lehren gewesen. Möglicherweise konnte er diese Bereiche verbinden. Die nach ihm benannten Pythagoreer blieben auch nach seinem Tod kulturgeschichtlich bedeutsam.

²⁰ Diese sechs islamischen Glaubensgrundsätze hat Mohammed von den Juden und Christen übernommen

-
1. Allah, den einen Gott
 2. Seine Engel
 3. Seine Bücher
 4. Seine Gesandten
 5. Das Jüngste Gericht
 6. Das Schicksal, ob gut oder schlecht, dass es von Allah alleinbestimmt ist.

Nach islamischem Verständnis bilden diese 6 Punkte eine unzertrennliche Einheit; akzeptiert man einen Punkt nicht, leugnet man dadurch zugleich auch die anderen

²¹ Sir Isaac Newton, * 25. Dezember 1642, in Woolsthorpe-by-Colsterworth, Lincolnshire; † 20. März 1726 http://de.wikipedia.org/wiki/Julianischer_Kalender in Kensington, englischer Physiker, Mathematiker, Astronom, Alchemist, Philosoph und Verwaltungsbeamter. Nach WIKIPEDIA

²² Albert Einstein, * 14. März 1879 in Ulm; † 18. April 1955 in Princeton N.J.), theoretischer Physiker. Nobelpreis 1921, Relativitätstheorie, Quantenhypothese des Lichts. (Lexikon, 1981, S. 1460)

²³ Yin und Yang sind zwei Begriffe der chinesischen Philosophie, insbesondere des Daoismus. Sie stehen für polar einander entgegengesetzte und dennoch aufeinander bezogene Kräfte oder Prinzipien. Ein weit verbreitetes Symbol des Prinzips ist das Taijitu ☯, in dem das weiße Yang (hell, hart, heiß, männlich, Aktivität) und das schwarze Yin (dunkel, weich, kalt, weiblich, Ruhe) gegenüberstehend dargestellt werden. WIKIPEDIA

²⁴ Otto Hahn, * 8. März 1879 in Frankfurt am Main; † 28. Juli 1968 in Göttingen, war ein deutscher Chemiker, Pionier der Radiochemie, Entdecker zahlreicher Isotope, heute Nuklide genannt (1905–1921), des Protactinium (1917), der Kernisomerie beim „Uran Z“ (1921) und der Kernspaltung des Urans (1938), wofür ihm 1944 der Nobelpreis für Chemie verliehen wurde. Nach WIKIPEDIA

²⁵ Fritz Straßmann, * 22. Februar 1902 in Boppard; † 22. April 1980 in Mainz, war ein deutscher Chemiker. Er war einer der Entdecker der Kernspaltung. Nach WIKIPEDIA

²⁶ Lise Meitner, * 17. November 1878 in Wien; † 27. Oktober 1968 in Cambridge, eigentlich Elise Meitner, war eine österreichisch-schwedische Kernphysikerin. Unter anderem lieferte sie im Januar 1939 zusammen mit ihrem Neffen Otto Robert Frisch die erste physikalisch-theoretische Erklärung der Kernspaltung, die ihr Kollege Otto Hahn und dessen Assistent Fritz Straßmann am 17. Dezember

1938 entdeckt und mit radiochemischen Methoden nachgewiesen hatten. WIKIPEDIA

²⁷ Otto Robert Frisch,* 1. Oktober 1904 in Wien; † 22. September 1979 in Cambridge, war ein österreichisch-britischer Physiker. WIKIPEDIA

²⁸ Das Manhattan Engineer District (MED), später abgekürzt als Manhattan-Projekt, war die Deckbezeichnung für das Projekt unter dem alle Tätigkeiten der USA während des Zweiten Weltkrieges ab 1942 zur Entwicklung und zum Bau einer Atombombe unter der militärischen Leitung von General Leslie R. Groves ausgeführt wurden. Die Forschungsarbeiten im Rahmen des Manhattan-Projekts wurden von dem US-amerikanischen Physiker J. Robert Oppenheimer geleitet. Nach WIKIPEDIA

²⁹ Julius Robert Oppenheimer, × 22. April 1904 in New York, NY, USA; † 18. Februar 1967 in Princeton, New Jersey), US-amerikanischer theoretischer Physiker, deutsch-jüdischer Abstammung, der vor allem während des Zweiten Weltkriegs für seine Rolle als wissenschaftlicher Leiter des Manhattan-Projekts bekannt wurde. Dieses im geheim gehaltenen Los Alamos National Laboratory in New Mexico stationierte Projekt hatte zum Ziel, die ersten Nuklearwaffen zu entwickeln. Robert Oppenheimer gilt als „Vater der Atombombe“, verurteilte jedoch ihren weiteren Einsatz, nachdem er die Folgen ihres Einsatzes gegen die japanischen Städte Hiroshima und Nagasaki gesehen hatte. Nach WIKIPEDIA

³⁰ Edward Teller, × 15. Januar 1908 in Budapest, † 9. September 2003 in Stanford, Kalifornien; war ein ungarisch-amerikanischer Physiker. Zusammen mit Hermann Arthur Jahn erklärte er den Jahn-Teller-Effekt. Außerdem gilt er als „Vater der Wasserstoffbombe“. Teller studierte in Deutschland. Wegen seiner jüdischen Herkunft emigrierte er 1935 in die USA. Er war sehr früh Mitglied des Manhattan-Projekts, das die ersten Nuklearbomben entwickeln sollte. Bereits während dieser Zeit drängte er auf die zusätzliche Entwicklung fusionsbasierter Nuklearwaffen, der Wasserstoffbombe. Nach WIKIPEDIA

³¹ Leó Szilárd, * 11. Februar 1898 in Budapest; † 30. Mai 1964 in La Jolla, Kalifornien, war ein ungarisch-deutsch-amerikanischer Physiker und Molekularbiologe. WIKIPEDIA

³² Samuel T. Cohen, × 1921 in Brooklyn, New York), Physiker und Erfinder der Neutronenbombe. Samuel Cohen erhielt seinen Dokortitel für Physik von der Universität von Kalifornien. Nach dem japanischen Angriff auf Pearl Harbor, am

7. Dezember 1941, trat er der amerikanischen Armee bei. 1944 wurde er als Mitarbeiter dem Manhattan-Projekt zugewiesen. Seine Aufgabe bestand in der Berechnung des Verhaltens von Neutronen innerhalb der Atombombe Fat Man, die am 9. August 1945 über der japanischen Stadt Nagasaki abgeworfen wurde.

³³ John von Neumann, 1903 in Budapest geboren, gestorben 1957 in Washington D.C. Mathematiker. Prägender Einfluss auf die Computer-Entwicklung. In Los Alamos beteiligte sich von Neumann an der Entwicklung des amerikanischen Nuklearwaffenprogramms und beriet die Militärs vor dem Abwurf der Atombomben auf Japan.

³⁴ Kreationismus ist die Lehre, der zufolge das Universum bzw. das Leben auf der Erde von einem übernatürlichen Wesen erschaffen wurde. Grundlage kreationistischer Vorstellungen sind meist religiöse Schöpfungsmythen, wie z. B. die Schöpfungsgeschichte im biblischen Buch Genesis. Viele Kreationismus-Anhänger treten mit wissenschaftlichem Geltungsanspruch auf und stehen damit in Opposition zu den Erkenntnissen der Kosmologie, Geologie und Evolutionsbiologie. Kreationistische Vorstellungen sind unter fundamentalistischen und evangelikalen Christen verbreitet. Auch im Islam haben sie beträchtlichen Einfluss. <http://www.gwup.org/infos/themen-nach-gebiet/84-Kreationismus/57-kreationismus>

³⁵ Intelligent Design (ID) ist eine dem kreationistischen Gedankengut nahestehende Anschauung, die die Behauptung aufstellt, dass das Leben, wenn nicht durch die Schöpfung in sechs Tagen, so jedenfalls nicht durch eine planlose, zufällige Evolution entstand. Nach Auffassung von ID ist das Leben zu komplex, um rein zufällig zu entstehen, weshalb die Anhänger der Bewegung hinter solchen Fragen eine übergeordnete Kraft sehen, eine Art göttlichen Plan. http://www.science-at-home.de/lexikon/lexikon_det_00090801000002.php

³⁶ Platon, * um 428/427 v. Chr. in Athen oder Aigina; † um 348/347 v. Chr. in Athen, griechischer Philosoph.

Von 407 bis 399 war Platon einer der Schüler des berühmten Philosophen Sokrates (wie auch Xenophon). Seine ersten philosophischen Schriften dürfte Platon bereits vor der Hinrichtung Sokrates (399) verfasst haben. Meist ist Sokrates die zentrale Figur der Dialoge, vor allem wegen dessen auffälliger Art der Diskussion: der Lehrer belehrt nicht seine Gesprächspartner, sondern versucht durch stetes (und mitunter nervendes) Nach- und Hinterfragen des (von anderen) Gesagten

zum eigentlichen Kern/Wesen vorzudringen. <http://www.stefan.cc/geschichte/autoren/platon.html>

³⁷ Ein Algorithmus ist eine aus endlich vielen Schritten bestehende eindeutige Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems oder einer Klasse von Problemen. Nach WIKIPEDIA

In der Mathematik versteht man darunter eine Folge von methodischen Lösungsvorschriften.

³⁸ Benoît B. Mandelbrot, * 20. November 1924 in Warschau; † 14. Oktober 2010 in Cambridge, Massachusetts war ein französischer US-Amerikanischer Mathematiker. WIKIPEDIA

³⁹ Leonardo da Pisa, auch Fibonacci (* um 1170 in Pisa; † nach 1240 ebenda), war Rechenmeister in Pisa und gilt als einer der bedeutendsten Mathematiker des Mittelalters.

⁴⁰ Oswald Arnold Gottfried Spengler, *29. Mai 1880 in Blankenburg, Harz; †8. Mai 1936 in München. Deutscher Geschichtsphilosoph, Kulturhistoriker und antidemokratischer politischer Schriftsteller. Nach WIKIPEDIA

⁴¹ René Descartes (latinisiert Renatus Cartesius; * 31. März 1596 in La Haye en Touraine; † 11. Februar 1650 in Stockholm) war ein französischer Philosoph, Mathematiker und Naturwissenschaftler. WIKIPEDIA

⁴² Zen bezeichnet die Sammlung des Geistes und die Versunkenheit, in der alle dualistischen Unterscheidungen wie Ich und Du, Subjekt und Objekt, wahr und falsch, aufgehoben sind. Der Weg des Zens ist also eine mystische Erfahrung. <http://www.zenbuddhismus.de/d>.

⁴³ Agnostizismus ist eine Weltanschauung, die insbesondere die Begrenztheit menschlichen Wissens betont. Die Möglichkeit der Existenz transzendenter Wesen oder Prinzipien wird nicht bestritten. Agnostizismus ist sowohl mit Theismus als auch mit Atheismus vereinbar, da der Glaube an Gott möglich ist, selbst wenn man die Möglichkeit der Gewissheit bezüglich seiner Existenz verneint. Die Frage „Gibt es einen Gott?“ beantworten Agnostiker dementsprechend nicht mit „Ja“ oder „Nein“, sondern mit „Ich weiß es nicht“, „Es ist nicht geklärt“, „Es ist nicht beantwortbar“ oder „Es ist nicht relevant. WIKIPEDIA

⁴⁴ Die Ursprünge des englischen Parlaments sind auf das angelsächsische *Witenagemot* zurückzuführen, einer Ratsversammlung von führenden Männern. Nachdem im Jahr 1215 führende Adlige von König Johann Ohneland in der Magna Charta bedeutende Rechte zugestanden erhielten, entwickelte sich der königliche Rat – die Curia Regis – langsam zu einem Parlament. Der Englische Bürgerkrieg(1642–1649), in dessen Verlauf das Lange Parlament tagte, wurde zwischen Parlamentariern und den Anhängern König Karls I. ausgetragen. WIKIPEDIA

⁴⁵ Newcomen: Englischer Schmied, Eisenhändler, Ingenieur und Erfinder der ersten wirtschaftlichen Dampfmaschine, der atmosphärischen Dampfmaschine. Er wurde 1663 in Dartmouth, Devonshire (England) geboren. Gestorben 1729. http://library.thinkquest.org/C006011/german/sites/newcomen_bio.php3?v=2

⁴⁶ Thomas Savery; * 1650 in Shilstone, Devonshire; † Mai 1715 in London) war ein englischer Ingenieur und Erfinder. WIKIPEDIA

⁴⁷ James Watt, * Januar 1736; †25. August 1819. Schottischer Erfinder. Verbesserung des Wirkungsgrades von Dampfmaschinen durch Verlagerung des Kondensationsprozesses aus dem Zylinder in einen separaten Kondensator.

⁴⁸ Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik: Er ist eine besondere Form des Energieerhaltungssatzes der Mechanik und sagt aus, dass Energien ineinander umwandelbar sind, aber nicht gebildet, bzw. vernichtet werden können.

Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik: Es ist nicht möglich eine zyklisch arbeitende Maschine zu konstruieren, die keinen anderen Effekt produziert als die Übertragung von Wärme von einem kälteren auf einen wärmeren Körper.

Es gibt zusätzlich einen 0. Hauptsatz der Thermodynamik und einen 3. Hauptsatz der Thermodynamik.

Siehe ergänzend und gut veranschaulichend: https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/thermodynamik/INHALT/HS2.HTM

⁴⁹ Sir James Chadwick; * 20. Oktober 1891 in Bollington, † 24. Juli 1974 in Cambridge; war ein englischer Physiker. Er war Nobelpreisträger für Physik im Jahre 1935. Den Nobelpreis erhielt er für die Entdeckung des Neutrons. WIKIPEDIA

⁵⁰ Jean Frédéric Joliot-Curie, * 19. März 1900 in Paris; † 14. August 1958 ebenda, war ein französischer Physiker. 1935 erhielt er gemeinsam mit seiner Ehefrau Irène Joliot-Curie den Chemienobelpreis. WIKIPEDIA

⁵¹ Isidore Marie Auguste François Xavier Comte, *19. Januar 1798 in Montpellier; †5. September 1857 in Paris, war Mathematiker, Philosoph und Religionskritiker. Er wurde bekannt als Mitbegründer der Soziologie. Er formulierte das Drei-Stadien-Gesetz: „kindliche“ Religion, „jungenhafte“ Metaphysik und „männliche“ Wissenschaft.

Nach WIKIPEDIA, Er gilt als Begründer des Positivismus.

⁵² Positivismus ist eine erkenntnistheoretische Grundhaltung, die davon ausgeht, dass die Quelle aller menschlichen Erkenntnis das Gegebene, d. h. die *positiven* Tatsachen, ist. Bestimmend für den Positivismus ist das Exaktheitsideal der Naturwissenschaften. Der Positivismus lehnt alles das als unwissenschaftlich ab, was nicht beobachtbar und durch wissenschaftliche Experimente erfassbar ist. Metaphysische Argumentationen werden dementsprechend als Scheinprobleme abgetan. Als unwissenschaftlich abgelehnt werden auch ethische und theologische Fragestellungen. Der Positivismus geht sowohl von der Selbstverständlichkeit des wissenschaftlichen Fortschritts als auch von der Selbstverständlichkeit des Humanitätsbegriffs aus. Da jedoch gerade diese Annahmen heutzutage immer mehr in Frage gestellt werden, gerät der Positivismus zwangsläufig in eine Krise, die letztlich die gesamte Philosophie betrifft. <http://www.wissen.de/lexikon/positivismus>

⁵³ Gustav Robert Kirchhoff, *12. März 1824 in Königsberg ; †17. Oktober 1887 in Berlin. Deutscher Physiker. Erforschung der Elektrizität. Strahlungsgesetz. Begründer der Spektralanalyse. (Lexikon, 1981, S. 3237)

⁵⁴ Sir William Huggins, *7. Februar 1824 in London, England; †12. Mai 1910 , britischer Astronom und Physiker. (Lexikon, 1981)

⁵⁵ Pietro Angelo Secchi, *29. Juni 1818 in Reggio nell'Emilia, Italien; †26. Februar 1878 in Rom, italienischer Astronom und Jesuitenpater. Nach WIKIPEDIA

⁵⁶ Werner Karl Heisenberg ,* 5. Dezember 1901 in Würzburg; † 1. Februar 1976 in München, war einer der bedeutendsten Physiker des 20. Jahrhunderts und Nobelpreisträger. Er formulierte 1927 die nach ihm benannte Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation, die eine der fundamentalen Aussagen der

Quantenmechanik trifft – nämlich, dass bestimmte Messgrößen eines Teilchens (etwa sein Ort und Impuls), nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmt werden können. WIKIPEDIA

⁵⁷ DNA = Desoxyribonucleinsäure. Das in allen biologischen Zellen enthaltene Speichermolekül des genetischen Codes, das die korrekte Weitergabe der gesamten Zellinformation in sich trägt und weitergibt.

⁵⁸ Rüdiger Vaas (Vaas, 2013) konstatiert allerdings: Eigenschaften wie Spin, Ladung und Ruhemasse unterliegen nicht der quantenmechanischen Unbestimmtheitsrelation und lassen sich daher gleichzeitig sehr genau bestimmen (Vaas, 2013). Allerdings wird dies zumindest hinsichtlich des Spins durch Claus Kiefer relativiert (Kiefer C. , 2011, S. 87): "*Die Quantenmechanik sagt auch für den Spin eine Unbestimmtheitsrelation...voraus. Die Spin Komponenten in Bezug auf unterschiedliche räumliche Achsen können nicht gleichzeitig genau angegeben werden.*" Ich denke, es handelt sich dabei um mögliche Komponenten des Spins in einem Koordinatensystem und nicht um den Spin selbst.

⁵⁹ Richard Phillips Feynman (* 11. Mai 1918 in Queens, New York; † 15. Februar 1988 in Los Angeles) war ein amerikanischer Physiker und Nobelpreisträger des Jahres 1965.

⁶⁰ Reduktionismus: Isolierte Betrachtung von Einzelementen ohne ihre Verflechtung in einem Ganzen oder von einem Ganzen als einfacher Summe aus Einzelteilen unter Überbetonung der Einzelteile, von denen aus generalisiert wird. <http://www.duden.de/zitieren/10059813/1.6>

⁶¹ Fraktal ist ein von Benoît Mandelbrot geprägter Begriff, der natürliche oder künstliche Gebilde oder geometrische Muster bezeichnet, die einen hohen Grad von Skaleninvarianz bzw. Selbstähnlichkeit aufweisen. Das ist beispielsweise der Fall, wenn ein Objekt aus mehreren verkleinerten Kopien seiner selbst besteht. Nach WIKIPEDIA

⁶² Ribonukleinsäure, kurz RNS; Englisch RNA für ribonucleic acid, ist eine Nukleinsäure, die sich als Polynucleotid aus einer Kette von vielen Nukleotiden zusammensetzt. Das Biomolekül ist bei bestimmten Virentypen (RNA-Viren, Retroviren) sowie den hypothetischen urzeitlichen Ribozymen Träger der Erbinformation, also die materielle Basis der Gene. Das Wort setzt sich zusammen aus Ribose und Nukleinsäure. Nach WIKIPEDIA

⁶³ Die Quantenfeldtheorie (QFT) ist ein Gebiet der theoretischen Physik, in dem Prinzipien klassischer Feldtheorien (zum Beispiel der klassischen Elektrodynamik) und der Quantenmechanik zur Bildung einer erweiterten Theorie kombiniert werden. Spezielle Theorien, die bestimmte physikalische Systeme mit den Methoden der Quantenfeldtheorie behandeln, werden als Quantenfeldtheorien bezeichnet. WIKIPEDIA

⁶⁴ Max Planck, *1858 in Kiel; †4. Oktober 1947 in Göttingen; war ein bedeutender deutscher Physiker und Nobelpreisträger für Physik. Er wird als Begründer der Quantenphysik betrachtet. Nach WIKIPEDIA

⁶⁵ Die Planck-Einheiten, benannt nach Max Planck, bilden ein natürliches Einheitensystem. Sie werden aus drei Naturkonstanten hergeleitet, nämlich der Gravitationskonstanten G , der Vakuumlichtgeschwindigkeit c und dem Planck'schen Wirkungsquantum h und (siehe Planck-Skala).

file:///C:/Users/karlw/AppData/Local/Temp/Planck-Skala.pdf:

Die physikalischen Einheiten von Masse, Energie, Zeit, Temperatur etc., sowie die Maßeinheiten Länge, Fläche, Volumen u. a. sind uns in unserer makroskopischen Welt wohl bekannt und geläufig. Für den Mikrokosmos sind sie hingegen ungeeignet und müssen sinnvollerweise in eine andere Skala, die Planck-Skala, benannt nach Max Planck (1858–1947), dem Begründer der Quantentheorie, übersetzt werden. Über diesen Aspekt hinaus ist aber etwas ganz Anderes entscheidend, denn die Planck-Skala markiert größenordnungsmäßig eine Grenze für die Anwendbarkeit der bekannten Gesetze der Physik. Grundlage für die Planck-Skala ist die Heisenbergsche Unschärferelation, benannt nach dem Physiker Werner Heisenberg (1901–1976). Diese besagt, dass zwei komplementäre Eigenschaften eines Teilchens, wie Ort und Impuls oder Zeit und Energie nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmbar sind, sondern eine Unschärfe in der Größenordnung des sogenannten Planck'schen Wirkungsquantums zeigen, das heißt Ort \times Impuls bzw. Zeit \times Energie sind jeweils $\geq h/4\pi$. Es gibt demnach eine Grenze jenseits derer das Prinzip von Ursache und Wirkung aufgehoben ist, z. B. unmittelbar nach dem Urknall oder am Ereignishorizont von Schwarzen Löchern (siehe diesbezüglichen Beitrag). Schon Max Planck wies darauf hin, dass es eine kritische Masse geben muss, ab der eine Beschreibung mit Relativitätstheorie und Quantentheorie allein nicht mehr möglich ist. Seither nennt man diese kritische Masse die Planck-Masse (oder äquivalent Planck-Energie). Konkret wird bei diesem kritischen Wert der Masse die Gravitation innerhalb einer Kugel mit dem Radius einer Planck-Länge so stark, dass sich ein Schwarzes Loch mit dem Schwarzschild-Radius einer Planck-Länge bildet. In diesem Fall wird also die Planck-Dichte so groß, dass die Gravitation zur stärksten Kraft im Universum avanciert.–Normalerweise ist die Gravitation die schwächste der vier Grundkräfte der Physik: Gravitation, elektromagnetische Wechselwirkung, schwache und starke Wechselwirkung.–Für Materieansammlungen, deren Dichte oberhalb der Planck-Dichte liegt, lassen sich die Vorgänge nicht mehr mit der uns bekannten Physik beschreiben. Das bedeutet, dass diese Einheiten und mit ihnen ein ganzes System von weiteren Planck-Einheiten sozusagen die natürlichen "Anfangsbedingungen" für die Physik, wie wir sie kennen, definieren. Sie werden direkt als Produkte und Quotienten der folgenden fundamentalen Naturkonstanten berechnet: G = Gravitationskonstante, c = Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, h = Planck'sches Wirkungsquantum, k_B = Boltzmann-Konstante, ϵ_0 = Elektrische Feldkonstante des Vakuums, C = Elektr. Ladung

Die wesentlichen Einheiten der Planck-Skala lauten:

Planck-Masse: $m_P = \sqrt{h \cdot c / (2 \cdot \pi \cdot G)} = 2,18 \cdot 10^{-8} [\text{kg}]$

Planck-Länge $l_P = \sqrt{(G \cdot h) / (2 \cdot \pi \cdot c^3)} = 1,62 \cdot 10^{-35} [\text{m}]$

Planck-Zeit:	$t_P = l_P/c = 5,39 \cdot 10^{-44}[\text{s}]$
Planck-Ladung	$q_P = \sqrt{2 \cdot h \cdot c \cdot \epsilon_0} = 1,88 \cdot 10^{-18}[\text{C}]$ (Coulomb)
Planck-Temperatur:	$T_P = (m_P \cdot c^2) / k_B = 1,42 \cdot 10^{32}[\text{K}]$ (Kelvin)
Planck-Energie:	$E_P = m_P \cdot c^2 = 1,96 \cdot 10^9[\text{J}]$ (Joule)
Planck-Dichte:	$\rho_P = m_P/l_P^3 = 5,15 \cdot 10^{96}[\text{kg}/\text{m}^3]$

⁶⁶ Die Quantengravitation ist eine zurzeit in Entwicklung befindliche Theorie, die die Quantenphysik und die allgemeine Relativitätstheorie, also die beiden großen physikalischen Theorien des 20. Jahrhunderts vereinigen soll. Während die allgemeine Relativitätstheorie nur eine der vier Elementarkräfte des Universums beschreibt, nämlich die Gravitation, behandelt die Quantentheorie die anderen drei Elementarkräfte (elektromagnetische Wechselwirkung, schwache Wechselwirkung und starke Wechselwirkung). Die Vereinigung dieser beiden Theorien ist unter anderem wegen ihrer Überschneidungen, aber auch wegen abweichender wissenschaftsphilosophischer Konsequenzen notwendig. WIKIPEDIA

⁶⁷ Die Quantenelektrodynamik (QED) ist im Rahmen der Quantenphysik die quantenfeldtheoretische Beschreibung des Elektromagnetismus. WIKIPEDIA

⁶⁸ Die Quantenchromodynamik (QCD) ist eine Quantenfeldtheorie zur Beschreibung der starken Wechselwirkung. Sie beschreibt die Wechselwirkung von Quarks und Gluonen, also der fundamentalen Bausteine der Atomkerne. WIKIPEDIA

⁶⁹ Der Urknall ist gemäß dem Standardmodell der Kosmologie der Beginn des Universums. Im Rahmen der Urknalltheorie wird auch das frühe Universum beschrieben, das heißt die zeitliche Entwicklung des Universums nach dem Urknall. Der Urknall bezeichnet keine „Explosion“ in einem bestehenden Raum, sondern die gemeinsame Entstehung von Materie, Raum und Zeit aus einer ursprünglichen Singularität. Als Begründer der Theorie gilt der Theologe und Physiker Georges Lemaître, der 1931 für den heißen Anfangszustand des Universums den Begriff „primordiales Atom“ oder „Ur-Atom“ verwendete. Nach WIKIPEDIA

⁷⁰ Alan H. Guth, * 27. Februar 1947 in New Brunswick, New Jersey, USA, ist ein theoretischer Physiker und Kosmologe. Er wurde auch außerhalb der Fachwelt bekannt durch sein 1980 veröffentlichtes Modell vom inflationären Universum. WIKIPEDIA

⁷¹ Edgar Allan Poe, * 19. Januar 1809 in Boston, Massachusetts, USA; † 7. Oktober 1849 in Baltimore, Maryland, war ein US-amerikanischer Schriftsteller. Er prägte entscheidend die Genres der Kriminalliteratur, der Science Fiction und der

Horrorgeschichte. Seine Poesie wurde zum Fundament des Symbolismus und damit der modernen Dichtung. WIKIPEDIA

⁷² Sir Fred Hoyle, * 24. Juni 1915 in Bingley bei Bradford; †20. August 2001 in Bournemouth, Astronom und Mathematiker. Nach WIKIPEDIA

⁷³ Thomas Gold, * 22. Mai 1920 in Wien; † 22. Juni 2004 in Ithaca, New York, war ein US-amerikanischer Astrophysiker österreichischer Herkunft, der wie Fred Hoyle durch unorthodoxe Meinungen auf den verschiedensten Gebieten bekannt wurde. Seine Arbeitsgebiete waren Astrophysik und Radioastronomie. WIKIPEDIA

⁷⁴ Das Ekpyrotische Universum (von altgr. ekpyrosis „Weltenbrand“) ist ein im Jahre 2002 von Paul Steinhardt und Neil Turok publiziertes kosmologisches Modell, welches eine theoretische Möglichkeit zur Entstehung unseres Universums beschreibt. Nach WIKIPEDIA

Einige Kosmologen sehen nicht den Urknall, sondern die Kollision zweier Universen als Weltengründer. <http://www.wglobuli.homepage.t-online.de/index1.2.htm>

⁷⁵ Abbé Georges Edouard Lemaître, * 17. Juli 1894 in Charleroi, Belgien; † 20. Juni 1966 in Löwen, Belgien, Theologe, Priester und Astrophysiker, gilt als Begründer der Urknalltheorie. Nach WIKIPEDIA

⁷⁶ Alexander Friedmann, * 4. Juni 1888 in Sankt Petersburg; †16. September 1925 in Leningrad, Physiker, Geophysiker und Mathematiker. Nach WIKIPEDIA

⁷⁷ Die kosmologische Konstante Λ wurde von Albert Einstein als neue Größe in die Kosmologie im Jahr 1917 eingeführt. In den Einstein'schen Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie tauchte daher ein neuer Term auf, der seither auch Λ -Term genannt wurde. Aus heutiger Sicht ist die kosmologische Konstante eine zeitlich unveränderliche Form Dunkler Energie. Nach WIKIPEDIA
Zum ersten Mal benutzte Albert Einstein die kosmologische Konstante in seinen Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie.Einstein führte die Konstante ein, da er zu dieser Zeit von einem statischen Universum ausging. Da nun aber das materieerfüllte Universum in seiner Formel entweder expandiert oder kollabiert, entschloss sich Einstein zu dieser Konstante, um dem entgegenzuwirken.

http://www.desy.de/~troms/teaching/WiSe1112/talks/Rothfos_Ausarbeitung.pdf

⁷⁸ Nikolaus Kopernikus, *1473 in Thorn; †24. Mai 1543 in Frauenburg, Domherr in Frauenburg, Mathematiker, Jurist, Astronom sowie zeitweilig Administrator und Arzt. (Lexikon, 1981, S. 3366)

⁷⁹ Friedrich Johannes Kepler, *27. Dezember 1571 in Weil; †15. November 1630 in Regensburg. Naturphilosoph, evangelischer Theologe, Mathematiker, Astronom, Astrologe und Optiker. (Lexikon, 1981, S. 3184)

⁸⁰ Edwin Powell Hubble, *20. November 1889 in Marshfield, Missouri; †28. September 1953 in San Marino, Kalifornien, US-amerikanischer Astronom. Nach WIKIPEDIA

⁸¹ Edward Arthur Milne, * 14. Februar 1896 in Hull, Yorkshire; † 21. September 1950 in Dublin, war ein englischer Mathematiker und Astrophysiker WIKIPEDIA

⁸² Als Stringtheorie bezeichnet man eine Sammlung eng verwandter hypothetischer physikalischer Modelle, die anstelle der Elementarteilchen – das sind Objekte der Dimension Null – sogenannte Strings (englisch für Fäden oder Saiten) als fundamentale Objekte mit eindimensionaler räumlicher Ausdehnung verwenden. Das steht im Gegensatz zu den gewohnten Modellen der Quantenfeldtheorie, die von nulldimensionalen Teilchen ausgehen.

In Stringtheorien sind D-Branen eine spezielle Klasse von p-Branen. Das Kunstwort Brane kommt aus dem englischen und ist abgeleitet von dem Wort „membrane“ (deutsch: Membran). Während der Begriff „membrane“ ein zweidimensionales Objekt bezeichnet, beschreibt „p-Brane“ ein Objekt der Dimension p. D-Branen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Enden offener Strings an ihnen ansetzen. Das Konzept stammt von Joseph Polchinski (1989). Nach WIKIPEDIA

⁸³ Peter Ware Higgs, *29. Mai 1929 in Elswick, Newcastle upon Tyne, ist ein britischer Physiker. Am 8. Oktober 2013 wurde ihm zusammen mit François Englert der Nobelpreis für Physik für die Entwicklung des Higgs-Mechanismus zuerkannt.

⁸⁴ „Vom Urknall zum Durchknall“, Alexander Unzicker (Springer Verlag 2010)

⁸⁵ René Descartes (latinisiert Renatus Cartesius; * 31. März 1596 in La Haye en Touraine; † 11. Februar 1650 in Stockholm) war ein französischer Philosoph, Mathematiker und Naturwissenschaftler.

⁸⁶ Das Adjektiv anthropogen (altgriechisch *ánthropos* „Mensch“, mit dem Verbalstamm *gen-* „entstehen“) ist ein Fachbegriff für das durch den Menschen Entstandene, Verursachte, Hergestellte oder Beeinflusste. So sind beispielsweise Kunststoffe anthropogen, da sie nur vom Menschen hergestellt werden. Die Bezeichnung anthropogen wird häufig verwendet für Eingriffe des Menschen in die Umwelt und für vom Menschen verursachte Umweltprobleme. WIKIPEDIA

⁸⁷ *Objections to Astrology. A Statement by 186 Scientists.* In: Patrick Grim (Hrs.): *Philosophy of Science and the Occult.* Albany: State University of New York Press, 1982, S. 14–18.) Die Entfernungen sind zu groß.

⁸⁸ David Joseph Bohm, * 20. Dezember 1917 in Wilkes-Barre, Pennsylvania; † 27. Oktober 1992 in London, war ein US-amerikanischer Quantenphysiker und Philosoph. Bohm hat eine Reihe signifikanter Beiträge zur Physik geliefert, insbesondere im Bereich der Vielteilchentheorie und der Grundlagen der Quantenmechanik. Bohm ist Begründer der bohmschen Mechanik, einer alternativen Interpretation der Quantenmechanik. WIKIPEDIA

⁸⁹ Die Theorie der Lokalität beschreibt in der Physik die Eigenschaft, dass Vorgänge nur Auswirkungen auf ihre direkte räumliche Umgebung haben. Nichtlokalität lässt auch zu, Effekte mit Fernwirkungen vorherzusagen. Bei *Nichtlokalität* und *Lokalität* geht es prinzipiell um die Frage, ob oder unter welchen Bedingungen ein Ereignis ein anderes Ereignis beeinflussen kann. Dabei versteht man in der Physik unter Ereignis einen beliebigen physikalischen Vorgang, der zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort stattfindet. WIKIPEDIA

⁹⁰ Wilhelm Olbers, *11.10.1758 in Arberg bei Bremen, †2.3.1840 in Arberg, Astronom. (Lexikon, 1981, S. 4456)

⁹¹ Der Hubble-Radius bezeichnet die Entfernung, in der Galaxien eine Zurückweichgeschwindigkeit von c , der Lichtgeschwindigkeit, haben. Er ist 14,2 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt, was einer Rotverschiebung von $z = 1,46$ entspricht. In einem Universum mit steigender Expansionsgeschwindigkeit können

Objekte, die heute innerhalb des Hubble-Radius liegen, aufgrund der beschleunigten Expansion künftig hinter dem Hubble-Radius verschwinden, wodurch uns das von ihnen ausgesandte Licht nicht mehr erreichen kann. WIKIPEDIA

⁹² Vesto Melvin Slipher, *11. November 1875 bei Mulberry, Indiana; † 8. November 1969 in Flagstaff, Arizona, US-amerikanischer Astronom. Er untersuchte spektroskopisch die Rotationsperioden von Planeten und die Zusammensetzung von Planetenatmosphären. 1933 fand er Methan in der Atmosphäre von Neptun. Als erster beobachtete er die Radialgeschwindigkeit von Galaxien. Nach WIKIPEDIA

⁹³ Carl Wirtz, *24. August 1876 in Krefeld; †18. Februar 1939 in Hamburg. Deutscher Astronom, erkannte als Erster einen Zusammenhang zwischen der Rotverschiebung und der Entfernung von Spiralgalaxien. Er entdeckte, dass die Rotverschiebung in den Spektren von weit entfernten Spiralgalaxien mit der Entfernung anwächst. Diese Entdeckung wird heute oft - und fälschlicherweise - dem Astronomen Edwin Hubble zugeschrieben. Nach WIKIPEDIA

⁹⁴ Milton Lasell Humason, * 19. August 1891 in Dodge Center/Minnesota; †18. Juni 1972 in Mendocino/Kalifornien, amerikanischer Astronom. Nach WIKIPEDIA

⁹⁵ Als Rotverschiebung elektromagnetischer Wellen wird die Verlängerung der *gemessenen Wellenlänge gegenüber der ursprünglich emittierten Strahlung* bezeichnet. Der Effekt ist aus der Astronomie bekannt, wo das Licht weit entfernter Galaxien zum Roten verschoben erscheint. Dies lässt sich durch Analyse der Spektrallinien messen. Es gibt drei Ursachen der Rotverschiebung:

1. Eine Relativbewegung von Quelle und Beobachter (Dopplereffekt)
2. Ein unterschiedliches Gravitationspotenzial von Quelle und Beobachter (Relativität)
3. Das expandierende Universum zwischen Quelle und Beobachter (Kosmologie) Nach WIKIPEDIA

⁹⁶ (1 pc steht für das Parsec, Parallaxensekunde bzw. parallaktische Sekunde: 1 pc = 30,86 10^{15} m bzw. 3,262 Lichtjahre)

Eine anschauliche Erklärung finden Sie unter: <http://einklich.net/rec/astro/entfernung.htm>

Kurzfassung:

Man erfasst als erstes sehr genau die Position eines Sterns zwischen den anderen Sternen, z.B. mit einem Foto. Damit die Messung genau wird, müssen diese anderen Sterne sehr viel weiter von uns entfernt sein als der Stern, dessen Entfernung man messen will. Nach genau

einem halben Jahr misst man die Position noch einmal. Die Erde, und damit die Messapparatur, stehen dann am gegenüberliegenden Punkt ihrer Bahn um die Sonne, 300 Millionen Kilometer von der ersten Messung entfernt. Der Stern scheint nun an einer etwas anderen Stelle zu stehen – wegen der Parallaxe.... Jetzt muss man nur noch den Winkel zwischen den beiden Sichtlinien messen, und schon kennt man die Entfernung des Sterns.

⁹⁷ WMAP-Satelliten Mission (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) von 2003 zur Untersuchung der kosmischen Hintergrundstrahlung. Es handelt sich um eine NASA Explorer Mission, die im Juni 2001 gestartet wurde, um fundamentale kosmologische Messungen über das Universum als Ganzes- durchzuführen.

⁹⁸ Das Hertzsprung-Russell-Diagramm, kurz HRD, wurde 1913 von Henry Norris Russell entwickelt und baut auf Arbeiten von Ejnar Hertzsprung auf. Nach WIKIPEDIA

Innerhalb einer Spektralklasse können sich die Sterne nur noch in ihrer Größe unterscheiden, so dass auch die absolute Helligkeit allein von der Größe abhängt. Um diesen Zusammenhang zu analysieren, haben Anfang des 20. Jahrhunderts der Däne Ejnar Hertzsprung und der Amerikaner Henry Norris Russell unabhängig voneinander die Spektralklasse und absolute Helligkeit von Sternen in einem Diagrammaufgetragen. http://www.drfreund.net/astronomy_hrd.htm

⁹⁹ Die nach einer Halbwertszeit verbliebene Menge einer Substanz halbiert sich im Lauf der nächsten Halbwertszeit, d. h. es verbleibt $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$; nach 3 Halbwertszeiten $\frac{1}{8}$, dann $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$ und so fort. Das gilt allerdings nur als statistischer Mittelwert, also dann, wenn die betrachtete Probe eine große Zahl von Molekülen oder Atomen enthält. Nach WIKIPEDIA

¹⁰⁰ Paul Adrien Maurice Dirac, * 8. August 1902 in Bristol; †20. Oktober 1984 in Tallahassee, britischer Physiker, Nobelpreisträger und Mitbegründer der Quantenphysik. Nach WIKIPEDIA

¹⁰¹ LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory/Laser-Interferometer Gravitationswellen-Observatorium) ist ein Observatorium, mit dessen Hilfe Gravitationswellen nachgewiesen werden sollen. Ursprünglich 1992 von Kip Thorne, Ronald Drever (Caltech) und Rainer Weiss (MIT) gegründet, beschäftigt das Projekt inzwischen hunderte Wissenschaftler in über 40 Instituten weltweit. WIKIPEDIA

¹⁰² George Anthony Gamow, * 4. März 1904 http://de.wikipedia.org/wiki/Gregorianischer_Kalender in Odessa, Russland, †19. August 1968 in Boulder,

Colorado). Russisch-US-amerikanischer Physiker. Atomkernmodell, Kernzerfall (Lexikon, 1981, S. 2052)

¹⁰³ Ralph Asher Alpher, * 3. Februar 1921 in Washington D.C.; † 12. August 2007 in Austin, Texas. US-amerikanischer Physiker und Kosmologe. Nach WIKIPEDIA

¹⁰⁴ Robert Wilson, * 10. Jan. 1936, Houston, Texas. U.S. Radioastronom. Mit seinem Kollegen Arno Penzias, fand er experimentell die kosmische Hintergrundstrahlung. Beide erhielten 1978 den Nobelpreis.

¹⁰⁵ Arno Penzias, * 1933 in München, 1939 Emigration nach England, dann Amerika, 1961 bei Bell Laboratories. Mit seinem Kollegen Robert Wilson, fand er experimentell die kosmische Hintergrundstrahlung. Beide erhielten 1978 den Nobelpreis.

¹⁰⁶ Das 1921 kg schwere Planck-Teleskop wurde zusammen mit dem Infrarotteleskop Herschel durch eine Ariane 5 ECA in den Weltraum gebracht. Der Start erfolgte nach mehrmaliger Verschiebung am 14. Mai 2009 um 13:12 Uhr UTC vom Centre Spatial Guyanais bei Kourou. Nach dem Brennschluss der Oberstufe wurden der Planck-Satellit um 13:40 UTC wenige Minuten nach dem Herschel-Teleskop auf einer hochelliptischen Erdumlaufbahn zwischen 270 und 1.197.080 km Höhe, die 5,99° zum Äquator geneigt ist, ausgesetzt. Von dieser Umlaufbahn erreichte der Satellit nach mehreren Bahnmanövern seine Lissajous-Bahn um den Lagrange Punkt L₂ des Erde-Sonne-Systems.

Am 14. August 2013 wurde das Teleskop nach 1554 Tagen Betrieb vom L2-Punkt abgezogen und in eine Bahn gebracht, die sicherstellt, dass es für die nächsten 300 Jahre nicht durch die Erde eingefangen wird. ^[3] Am 23. Oktober 2013 wurde Planck endgültig abgeschaltet.<http://de.wikipedia.org/wiki/Planck-Weltraumteleskop> - cite_note-4

¹⁰⁷ Nukleosynthese, auch als Nukleogenese oder Elemententstehung bezeichnet, ist einer der Prozesse, mit dem die Kosmologen die Entstehung der Elemente im Universum erklärt.

¹⁰⁸ Carl David Anderson, * 3. September 1905 in New York; † 11. Januar 1991 in San Marino, Kalifornien, war ein US-amerikanischer Physiker und Nobelpreisträger. WIKIPEDIA

¹⁰⁹ Paul Adrien Maurice Dirac, * 8. August 1902 in Bristol; † 20. Oktober 1984 in Tallahassee, britischer Physiker, Nobelpreisträger und Mitbegründer der Quantenphysik. Nach WIKIPEDIA

¹¹⁰ Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger, * 12. August 1887 in Wien Erdberg † 4. Januar 1961. Österreichischer Physiker und Wissenschaftstheoretiker. Er gilt als einer der Begründer der Quantenmechanik und erhielt für die Entdeckung neuer produktiver Formen der Atomtheorie gemeinsam mit Paul Dirac 1933 den Nobelpreis für Physik. Nach WIKIPEDIA

¹¹¹ Rudolf Julius Emanuel Clausius, * 2. Januar 1822 in Köslin; † 24. August 1888 in Bonn, deutscher Physiker. Er vervollkommnete die kinetische Gastheorie, sprach erstmals den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik aus und führte den Begriff Entropie ein. (Lexikon, 1981, S. 1044)

¹¹² Die Thermodynamik verknüpft, ausgehend von ganz wenigen grundlegenden Postulaten, den sog. Hauptsätzen der Thermodynamik, empirisch gefundene und zunächst scheinbar voneinander unabhängige makroskopische, d.h. der Messung unmittelbar zugängliche Eigenschaften der Materie untereinander. Sie bedient sich dazu einer - ebenfalls geringen - Anzahl charakteristischer Größen, die auf Grund der Hauptsätze definiert werden und ausschließlich vom Zustand des betrachteten Stoffes oder Systems abhängen; man bezeichnet deshalb diese Größen als Zustandsfunktionen, durch sie wird der Zustand des Systems eindeutig festgelegt... (Kortüm, 1966, S. 15). Thermodynamik (Wärmebewegung) ist die Lehre der Energie, ihrer Erscheinungsformen und Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Die Basis der Thermodynamik bilden vier Hauptsätze. Die Thermodynamik bringt Größen wie Energie, Wärme, geleistete Arbeit, Druck und Volumen miteinander in Zusammenhang. Sie erlaubt Aussagen darüber, welche Änderungen an einem System möglich sind, beispielsweise welche chemischen Reaktionen ablaufen können, erlaubt Angaben über die hierzu erforderlichen Druck- und Temperaturbedingungen. Sie macht aber keine Aussagen darüber, wie schnell die Prozesse ablaufen oder was dabei mikroskopisch im Einzelnen geschieht.

¹¹³ Die Wahrscheinlichkeitstheorie oder Wahrscheinlichkeitsrechnung ist ein Teilgebiet der Mathematik, das aus der Formalisierung der Modellierung und der Untersuchung von Zufallsgeschehen hervorgegangen ist. Gemeinsam mit der mathematischen Statistik, die anhand von Beobachtungen zufälliger Vorgänge Aussagen über das zugrundeliegende Modell trifft, bildet sie das mathematische

Teilgebiet der Stochastik. Die zentralen Objekte der Wahrscheinlichkeitstheorie sind zufällige Ereignisse, Zufallsvariable und stochastische Prozesse. WIKIPEDIA

¹¹⁴ Hermann Klaus Hugo Weyl, * 9. November 1885 in Elmshorn; † 8. Dezember 1955 in Zürich, war ein deutscher Mathematiker, Physiker und Philosoph, der wegen seines breiten Interessensgebiets von der Zahlentheorie bis zur theoretischen Physik und Philosophie als einer der letzten mathematischen Universalisten gilt. WIKIPEDIA

¹¹⁵ Gottfried Wilhelm Leibniz, * 21. Juni in Leipzig; † 14. November 1716 in Hannover, war ein deutscher Philosoph, Wissenschaftler, Mathematiker, Diplomat, Physiker, Historiker, Politiker, Bibliothekar und Doktor des weltlichen und des Kirchenrechts in der frühen Aufklärung. WIKIPEDIA

¹¹⁶ Die Standardentropie (Symbol S^0) eines chemischen Stoffes ist die Entropie dieses Stoffes unter Standardbedingungen. Bezieht sich der Wert der Standardentropie auf die Stoffmenge von einem Mol, spricht man auch von der molaren Standardentropie (Symbol S^0_m). WIKIPEDIA

¹¹⁷ Es handelt sich um schwache Anziehungskräfte zwischen Molekülen und Atomen, die durch spontane Polarisierung eines Teilchens und im Gefolge in benachbarten Teilchen entstehen bzw. um Dipol-Dipol-Kräfte, wie zum Beispiel Wasserstoffbrückenbindungen.

¹¹⁸ Die Wahrscheinlichkeitstheorie oder Wahrscheinlichkeitsrechnung ist ein Teilgebiet der Mathematik, das aus der Formalisierung der Modellierung und der Untersuchung von Zufallsgeschehen hervorgegangen ist. Gemeinsam mit der mathematischen Statistik, die anhand von Beobachtungen zufälliger Vorgänge Aussagen über das zugrundeliegende Modell trifft, bildet sie das mathematische Teilgebiet der Stochastik. Die zentralen Objekte der Wahrscheinlichkeitstheorie sind zufällige Ereignisse, Zufallsvariable und stochastische Prozesse. WIKIPEDIA

¹¹⁹ Hans Kuhn, * 5. Dezember 1919 in Bern, Schweizer Professor emeritus für Physikalische Chemie und ehemaliger Direktor am Max Planck Institut für biophysikalische Chemie (Karl-Friedrich-Bonhoeffer-Institut) in Göttingen. Nach WIKIPEDIA

¹²⁰ Diastereomere sind Stereoisomere (chemische Verbindungen gleicher Konstitution aber unterschiedlicher Konfiguration), welche sich – im Gegensatz zu

Enantiomeren – nicht wie Bild und Spiegelbild verhalten. Diastereomere können sowohl chiral als auch achiral sein. WIKIPEDIA

¹²¹ Die Stochastik (von altgriechisch ‚Kunst des Vermutens‘, ‚Ratekunst‘) ist ein Teilgebiet der Mathematik und fasst als Oberbegriff die Gebiete Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik zusammen. WIKIPEDIA

¹²² Die Kombinatorik ist eine Teildisziplin der Mathematik, die sich mit endlichen oder abzählbar unendlichen diskreten Strukturen beschäftigt und deshalb auch dem Oberbegriff Diskrete Mathematik zugerechnet wird. Beispiele sind Graphen (Graphentheorie), teilgeordnete Mengen wie Verbände, Matroide, kombinatorische Designs, Lateinische Quadrate, Parkettierungen, Permutationen von Objekten, Partitionen. Die Abgrenzung zu anderen Teilgebieten der diskreten Mathematik ist fließend. Eine Definition von George Pólya bezeichnet die Kombinatorik als Untersuchung des Abzählens, der Existenz und Konstruktion von Konfigurationen. WIKIPEDIA

¹²³ Als Brownsche Bewegung (oder Brownsche Molekularbewegung) wird die vom schottischen Botaniker Robert Brown im Jahr 1827 wiederentdeckte Wärmebewegung von Teilchen in Flüssigkeiten und Gasen bezeichnet. Dabei beschreibt jedes Atom oder Molekül eine Bewegung, deren Intensität temperaturabhängig ist. Weniger bekannt ist, dass bereits 1785 Jan Ingenhousz die Bewegung von Holzkohlestaub auf Alkohol beschrieb. WIKIPEDIA

¹²⁴ Tohuwabohu bezeichnet ein großes Durcheinander und bedeutet nach Luther „wüst und leer“.

¹²⁵ Eine adiabatische Zustandsänderung ist ein thermodynamischer Vorgang, bei dem ein System von einem Zustand in einen anderen überführt wird, ohne thermische Energie mit seiner Umgebung auszutauschen.

¹²⁶ Die Baryogenese ist die Theorie zur dynamischen Entstehung des Ungleichgewichts von Materie und Antimaterie im Universum, d. h. der Baryonen-Asymmetrie. Auf die Baryogenese folgte die weitaus besser verstandene primordiale Nukleosynthese. Nach WIKIPEDIA

¹²⁷ James Clerk Maxwell, * 13. Juni 1831 in Edinburgh; † 5. November 1879 in Cambridge, war ein schottischer Physiker. Er entwickelte einen Satz von Gleichungen (die Maxwell'schen Gleichungen), welche die Grundlagen der

Elektrizitätslehre und des Magnetismus bilden. Zudem entdeckte er die Geschwindigkeitsverteilung von Gasmolekülen (Maxwell-Verteilung). Er veröffentlichte im Jahre 1861 die erste Farbfotografie als Nachweis für die Theorie der additiven Farbmischung. WIKIPEDIA

¹²⁸ Eine Elementarzelle oder Einheitszelle ist das von Basisvektoren eines Kristallgitters gebildete Parallelepipet. Ihr Volumen ist das Spatprodukt der Basisvektoren. Den gesamten Kristall kann man sich aufgebaut denken aus der Verschiebung der Elementarzelle in alle drei Richtungen des Kristallgitters. Die Überdeckung des Raumes durch die Elementarzellen ist lückenlos und überlappungsfrei. WIKIPEDIA

¹²⁹ Fuzzylogik (engl. fuzzy ‚verwischt‘, ‚verschwommen‘, ‚unbestimmt‘; fuzzy logic, fuzzy theory ‚unscharfe Logik‘ bzw. ‚unscharfe Theorie‘) ist eine Theorie, welche vor allem für die Modellierung von Unsicherheit und Vagheit von umgangssprachlichen Beschreibungen entwickelt wurde. Sie ist eine Verallgemeinerung der zweiwertigen Booleschen Logik. WIKIPEDIA

¹³⁰ Das Boltzmannsche H-Theorem erlaubt es, in der kinetischen Gastheorie die Maxwell-Boltzmann-Verteilung zu finden und die Entropie zu definieren. Es handelt sich damit um eine zentrale Aussage in der kinetischen Gastheorie. WIKIPEDIA

¹³¹ Sir Arthur Stanley Eddington, * 28. Dezember 1882 in Kendal; † 22. November 1944 in Cambridge, britischer Astrophysiker. Nach WIKIPEDIA

¹³² Hermann Klaus Hugo Weyl, * 9. November 1885 in Elmshorn; † 8. Dezember 1955 in Zürich, war ein deutscher Mathematiker, Physiker und Philosoph, der wegen seines breiten Interessensgebiets von der Zahlentheorie bis zur theoretischen Physik und Philosophie als einer der letzten mathematischen Universalisten gilt. WIKIPEDIA

¹³³ Ein schwarzer Körper (auch: schwarzer Strahler, Planck'scher Strahler) ist in der Physik ein idealisierter Körper, der auf ihn treffende elektromagnetische Strahlung bei jeder Wellenlänge vollständig absorbiert. Er ist zugleich eine ideale thermische Strahlungsquelle, die elektromagnetische Strahlung mit einem charakteristischen, nur von der Temperatur abhängigen Spektrum aussendet, und dient als Grundlage für theoretische Betrachtungen sowie als Referenz für

praktische Untersuchungen elektromagnetischer Strahlung. Der Begriff „schwarzer Körper“ wurde 1860 von Gustav Kirchhoff geprägt. Nach WIKIPEDIA

¹³⁴ Josef Stefan, * 1835, † 1893, lehrte in Wien. Er entdeckte die direkte Proportionalität von Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers und der vierten Potenz der Temperatur.

¹³⁵ <http://homepage.univie.ac.at/franz.vesely/sp01/sp/node9.html>

Die Ableitung erfolgt aus der Kinetischen Gastheorie:

Siehe: 2.3 *Thermodynamik der verdünnten Gase*:

Damit erhalten wir sofort für die mittlere Energie eines Moleküls:

$$\langle E \rangle = 3kT/2$$

¹³⁶ X-Teilchen sind Leptoquarks, hypothetische Elementarteilchen, die gleichzeitig an Quarks und Leptonen koppeln. Es sind Wechselwirkungsteilchen. Von den zwölf Leptoquarks sind drei X-Bosonen X^r, X^g, X^b mit einer elektrischen Ladung $Q=+4/3$ (in Einheiten der Elementarladung e), drei sind Anti-X-Bosonen $X^{r,g,b}$ mit $Q=-4/3$ sowie sechs weitere sind Y-Bosonen $Y^{r,g,b}$ und Anti Y-Bosonen $\bar{Y}^{r,g,b}$ mit $Q=+1/3$ bzw. $Q=-1/3$. Man nimmt an, dass Leptoquarks nur in einer sehr kurzen Periode am Anfang des Universums existiert haben, am Ende der GUT-Ära ("Grand Unified Theory"), kurz nach dem Urknall. Dann zerfielen sie in Quarks und Leptonen (u.a. Elektronen) und bildeten, den Theorien entsprechend, die Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie aus. Leptoquarks wurden bislang nicht experimentell nachgewiesen. NACH WIKIPEDIA.

X- Teilchen sind Prognosen der "Grand Unified Theory" (GUT), die die Vereinigung der starken mit der elektro-magnetischen und schwachen Wechselwirkung beschreiben, also nach der Abspaltung der Gravitation. Nach WIKIPEDIA

¹³⁷ Die Planck-Einheiten, benannt nach Planck, bilden ein natürliches Einheitensystem. Sie werden aus drei Naturkonstanten hergeleitet, nämlich der Gravitationskonstanten G , der Vakuumlichtgeschwindigkeit c und dem Planck'schen Wirkungsquantum h und markieren eine Grenze der Anwendbarkeit der bekannten Naturgesetze.

Planck-Zeit:

$$t_p = l_p/c = 5,39124 \cdot 10^{-44} \text{ s}$$

¹³⁸ Die Avogadro-Konstante N_A ist eine nach Amedeo Avogadro benannte physikalische Konstante, welche die Zahl chemischer Einheiten N pro mol angibt. Sie ist zahlenmäßig identisch mit der Loschmidt-Zahl. (Christen, 1985, S. 257) $N_A = 6,0220943 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

¹³⁹ Ernest J. Sternglass, * 24. September 1923 in Berlin, ist ein US-amerikanischer Physiker. Nach WIKIPEDIA

¹⁴⁰ Der Casimir-Effekt (nach Hendrik Casimir, der ihn 1948 vorhersagte) ist ein quantenphysikalischer Effekt, der bewirkt, dass z.B. auf zwei parallele leitende Platten im Vakuum eine Kraft wirkt, die beide zusammendrückt. 1956 wurde dieser Effekt durch die russische Forschungsgruppe von Boris W. Derjaguin, I. I. Abrikosowa und Jewgeni M. Lifschitz und 1958 von Marcus Sparnaay experimentell bestätigt. Nach WIKIPEDIA

¹⁴¹ Die Gitterenergie oder Gitterenthalpie gibt an, wie viel Arbeit man aufwenden muss, um die atomaren, ionischen oder molekularen Bestandteile eines Festkörpers unendlich weit voneinander zu entfernen, umgekehrt entspricht sie der potentiellen Energie, die freigesetzt wird, wenn sich die Atome, Moleküle oder Ionen aus unendlicher Entfernung (Gaszustand) zu einem Kristallgitter zusammenfinden. Die Gitterenergien von Ionenverbindungen (wie Kochsalz), Metallen (wie Eisen) und kovalent gebundenen Polymeren (wie Diamant) sind wegen der starken vorwiegend elektrostatischen bzw. kovalenten Wechselwirkungen erheblich größer als bei Festkörpern, die aus neutralen Molekülen aufgebaut sind (wie Eis, Zucker oder Iod) und nur über Dipol-Dipol- und Van-der-Waals-Kräfte wechselwirken. Nach WIKIPEDIA

¹⁴² Als kosmologische Inflation wird eine Phase extrem rascher Expansion des Universums bezeichnet, von der man annimmt, dass sie unmittelbar nach dem Urknall stattgefunden hat. Je nach zugrundeliegenden Annahmen begann sie zwischen 10^{-43} s , d. h. der Planck-Zeit, und damit dem Beginn des Urknalls selbst, und 10^{-35} s und dauerte bis zu einem Zeitpunkt zwischen 10^{-33} s und 10^{-30} s nach dem Urknall. In dieser Zeit soll sich das Universum um einen Faktor zwischen 10^{30} und 10^{50} ausgedehnt haben. Dennoch hätte der Bereich des heute sichtbaren Universums danach nur einen Durchmesser der Größenordnung 1 m gehabt. Anschließend setzte das Universum seine Expansion im Rahmen des Standard-Urknall Modells wie von den Friedmann-Gleichungen beschrieben fort. Nach WIKIPEDIA

¹⁴³ Andrei Dmitrijewitsch Linde (2. März 1948 in Moskau) ist ein russisch-US-amerikanischer theoretischer Physiker und Harald Trap Friis Professor für Physik an der Stanford University. Linde ist einer der Hauptautoren der Theorie des inflationären Universums

¹⁴⁴ X-Teilchen sind Leptoquarks, hypothetische Elementarteilchen, die gleichzeitig an Quarks und Leptonen koppeln. Es sind Wechselwirkungsteilchen. Von den zwölf Leptoquarks sind drei X-Bosonen X^r, X^g, X^b mit einer elektrischen Ladung $Q=+4/3$ (in Einheiten der Elementarladung e), drei sind Anti-X-Bosonen $X^{r,g,b}$ mit $Q=-4/3$ sowie sechs weitere sind Y-Bosonen $Y^{r,g,b}$ und Anti Y-Bosonen $\bar{Y}^{r,g,b}$ mit $Q=+1/3$ bzw. $Q=-1/3$. Man nimmt an, dass Leptoquarks nur in einer sehr kurzen Periode am Anfang des Universums existiert haben, am Ende der GUT-Ära ("Grand Unified Theory"), kurz nach dem Urknall. Dann zerfielen sie in Quarks und Leptonen (u.a. Elektronen) und bildeten, den Theorien entsprechend, die Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie aus. Leptoquarks wurden bislang nicht experimentell nachgewiesen. NACH WIKIPEDIA.

X- Teilchen sind Prognosen der "Grand Unified Theory" (GUT), die die Vereinigung der starken mit der elektro-magnetischen und schwachen Wechselwirkung beschreiben, also nach der Abspaltung der Gravitation. Nach WIKIPEDIA

¹⁴⁵ Unter negative Gravitation kann man sich vielleicht mit folgendem Beispiel etwas Konkretes vorstellen: „Während nach der klassischen Mechanik die Erde eine nach unten gerichtete Kraft auf den Beobachter ausübt, und der Stuhl ihn nur in Ruhe hält, übt nach der allgemeinen Relativitätstheorie der Stuhl eine nach oben gerichtete Kraft aus, die den Beobachter konstant beschleunigt“. Nach WIKIPEDIA

Das klingt plausibel, aber auch konstruiert: „Dementgegen zeigen alle Experimente und Erkenntnisse, dass sich Gravitation weder abschirmen lässt noch, dass es eine abstoßende Gravitation gibt. Die Physik geht deshalb davon aus, dass sich massive Teilchen über die Gravitation anziehen und es keine derartige Kraft gibt. Einzelne Forschungsarbeiten, die von anderen Ergebnissen berichten, werden mit großer Skepsis betrachtet und konnten die Fachwissenschaft nicht überzeugen“. Nach WIKIPEDIA

¹⁴⁶ Wolfgang Ernst Pauli, * 25. April 1900 in Wien; † 15. Dezember 1958 in Zürich, war ein österreichischer Wissenschaftler und Nobelpreisträger, der zu den bedeutendsten Physikern des 20. Jahrhunderts zählt. Er formulierte 1925 das später nach ihm benannte Pauli-Prinzip, welches eine quantentheoretische

Erklärung des Aufbaus eines Atoms darstellt und weitreichende Bedeutung auch für größere Strukturen hat. WIKIPEDIA

¹⁴⁷ 1955 (in Pauli, W. (Hrsg.): „*Niels Bohr and the development of physics*“): Beweis, dass die kombinierten Symmetrieoperationen P (Raumspiegelung), C (Ladungskonjugation), T (Zeitumkehr) eine Symmetrie der relativistischen Quantenfeldtheorie sind (CPT-Theorem). Als dann 1957 entdeckt wurde, dass in der schwachen Wechselwirkung P verletzt war, war das für Pauli ein Schock. WIKIPEDIA

¹⁴⁸ James Watson Cronin, * 29. September 1931 in Chicago, US amerikanischer Physiker. Er erhielt 1978 zusammen mit Val Fitch den Physik-Nobelpreis „für die Entdeckung von Verletzungen fundamentaler Symmetrieprinzipien im Zerfall von neutralen K-Mesonen“. Nach WIKIPEDIA

¹⁴⁹ Val Logsdon Fitch, * 10. März 1923 in Merriman, Nebraska, US-amerikanischer Physiker. Nach WIKIPEDIA

¹⁵⁰ Andrei Dmitrijewitsch Sacharow, *21. Mai 1921 in Moskau; †14. Dezember 1989 , russischer Kernphysiker, Dissident und Nobelpreisträger. Er verteidigte die Menschenrechte und unterstützte die Zivilgesellschaft. Nach WIKIPEDIA

¹⁵¹ John Archibald Wheeler, * 9. Juli 1911 in Jacksonville, Florida † 13. April 2008 in Hightstown, New Jersey, war ein US-amerikanischer theoretischer Physiker und zuletzt emeritierter Professor an der Princeton University. WIKIPEDIA

¹⁵² Das Elektronenvolt wird als Einheit in der Atomphysik und verwandten Fachgebieten wie der experimentellen Elementarteilchenphysik verwendet. Sowohl die Ruhemasse von Elementarteilchen als auch die Energie, auf die sie in Teilchenbeschleunigern gebracht werden, werden in Elektronenvolt angegeben. Die Umrechnung auf die Masse geschieht mit Hilfe der bekannten Gleichung aus der speziellen Relativitätstheorie $E = mc^2$, wobei E für die Energie, m für die Masse und c für die Vakuumlichtgeschwindigkeit steht. Danach entspricht $1 \text{ eV}/c^2$ ungefähr $1,783 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$. In der Teilchenphysik wird oft in natürlichen Einheiten gerechnet, wobei Massen vermöge Einsteins Relation $E = mc^2$ in der Energieeinheit Elektronenvolt (eV) angegeben werden. Dabei entspricht $1 \text{ MeV}/c^2$ einer Masse von ca. $1,8 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$. Nach WIKIPEDIA

¹⁵³ Murray Gell-Mann, †15. September 1929 in New York, US-amerikanischer Physiker. Er erhielt 1969 den Nobelpreis für Physik . Nach WIKIPEDIA

¹⁵⁴ George Zweig, † 30. Mai 1937 in Moskau, US-amerikanischer Physiker und Neurobiologe und einer der Entdecker der Quarks. Nach WIKIPEDIA

¹⁵⁵ Deuterium ist neben Protium und Tritium ein Isotop des Wasserstoffs. Deuterium wird auch als Schwerer Wasserstoff bezeichnet. Sein Atomkern wird auch Deuteron genannt. Deuterium wurde 1931 von dem amerikanischen Chemiker H. C. Urey, F.G. Brickwedde und G.M. Murphy entdeckt. (Holleman, 1985, S. 267)

¹⁵⁶ PETRA (Positron-Elektron-Tandem-Ring-Anlage) wurde von 1975 bis 1978 erbaut. Der Beschleuniger war zum Zeitpunkt seiner Inbetriebnahme mit 2.304 Meter Länge der größte Speicherring seiner Art und ist noch heute nach HERA der zweitgrößte Ringbeschleuniger des DESY. PETRA diente ursprünglich der Erforschung der Elementarteilchen. Positronen und Elektronen konnten auf 19 GeV beschleunigt werden. Als einer der größten Erfolge gilt der Nachweis des Gluons, des Trägerteilchens der Starken Kraft, an PETRA im Jahr 1979.

¹⁵⁷ Als Magische Zahlen bezeichnet man in der Kernphysik bestimmte Neutronen- und Protonenzahlen in Atomkernen, bei denen eine höhere Stabilität als bei benachbarten Nukliden beobachtet wird. Solche Kerne selbst werden auch als magische Kerne bezeichnet. Die magischen Zahlen lassen sich erklären durch das Schalenmodell der Kernphysik. Auf dieser Basis werden auch Inseln der Stabilität bei Ordnungszahlen oberhalb der natürlich vorkommenden Elemente vorhergesagt.

¹⁵⁸ Das Pauli-Prinzip (auch Paulisches Ausschlussprinzip) ist ein wichtiges, experimentell entdecktes Prinzip der Quantenmechanik und hängt mit dem Spin zusammen. Es ist nach seinem Entdecker Wolfgang Pauli benannt. Es besagt, dass bei Vertauschung von Fermionen die Wellenfunktion antisymmetrisch ist. Daraus ergibt sich insbesondere, dass Elektronen (oder andere Fermionen), die den gleichen Raum belegen, nicht in allen Quantenzahlen übereinstimmen dürfen. Das Pauli-Prinzip bestimmt entscheidend den atomaren Aufbau; eine Folge davon ist u. a., dass normale Materie nicht beliebig kondensierbar ist. Dieses Prinzip gilt für alle Teilchen, deren Spin nicht ganzzahlig ist. Man fasst sie unter dem Begriff Fermionen zusammen. Neben den Elektronen gehören auch die Teilchen, die den Atomkern bilden, das Proton und das Neutron, zu den Fermionen. Nach WIKIPEDIA

¹⁵⁹ Als Große vereinheitlichte Theorie oder Grand Unified Theory (GUT, auch Grand Unification) bezeichnet man eine Theorie, die drei der vier bekannten physikalischen Grundkräfte vereinigt, nämlich die starke Wechselwirkung, die schwache Wechselwirkung und die elektromagnetische Kraft. Nach WIKIPEDIA

¹⁶⁰ Hoimar Gerhard Friedrich Ernst von Ditfurth, * 15. Oktober 1921 in Berlin-Charlottenburg; † 1. November 1989 in, war ein habilitierter deutscher Arzt und Journalist. Bekannt wurde Hoimar von Ditfurth jedoch vor allem als Fernsehmoderator und populärwissenschaftlicher Schriftsteller. WIKIPEDIA

¹⁶¹ Das Pauli-Prinzip (auch Paulisches Ausschlussprinzip) ist ein wichtiges, experimentell entdecktes Prinzip der Quantenmechanik und hängt mit dem Spin zusammen. Es ist nach seinem Entdecker Wolfgang Pauli benannt. Es besagt, dass bei Vertauschung von Fermionen die Wellenfunktion antisymmetrisch ist. Daraus ergibt sich insbesondere, dass Elektronen (oder andere Fermionen), die den gleichen Raum belegen, nicht in allen Quantenzahlen übereinstimmen dürfen. Das Pauli-Prinzip bestimmt entscheidend den atomaren Aufbau; eine Folge davon ist u. a., dass normale Materie nicht beliebig kondensierbar ist. Dieses Prinzip gilt für alle Teilchen, deren Spin nicht ganzzahlig ist. Man fasst sie unter dem Begriff Fermionen zusammen. Neben den Elektronen gehören auch die Teilchen, die den Atomkern bilden, das Proton und das Neutron, zu den Fermionen. Nach WIKIPEDIA

¹⁶² Die Corioliskraft gehört zu den Schein- oder Trägheitskräften. Sie tritt in rotierenden Bezugssystemen zusätzlich zur Zentrifugalkraft auf, wenn eine Masse innerhalb des rotierenden Bezugssystems nicht ruht (also wenn sie nicht einfach nur „mitrotiert“), sondern sich relativ zum Bezugssystem bewegt. Benannt ist sie nach Gaspard Gustave de Coriolis, der sie 1835 erstmals mathematisch herleitete. WIKIPEDIA

¹⁶³ Kugelsternhaufen haben eine räumliche Ausdehnung von etwa 20 bis 50 Lichtjahre und enthalten etwa tausendmal mehr Sterne als offene Sternhaufen. Sie verdichten sich zum Zentrum hin immer mehr, kommen überall in der Milchstraße vor, sind die ältesten Objekte und wenig jünger als der Urknall (rfd)

¹⁶⁴ Fritz Zwicky, †14. Februar 1898 in Warna, Bulgarien, als Sohn eines in Bulgarien tätigen Schweizer Baumwollhändlers, †8. Februar 1974 in Pasadena, Kalifornien), Schweizer Physiker und Astronom, der vorwiegend am California Institute of Technology (Caltech) wirkte. Nach WIKIPEDIA

¹⁶⁵ Das Virialtheorem ermöglicht Aussagen über zeitliche Mittelwerte von potentieller und kinetischer Energie von Vielteilchensystem. Wechselwirkung können untereinander durch ein allgemeines Potential beschrieben werden.

Das gilt auch für Galaxienhaufen. http://pulsar.sternwarte.uni-erlangen.de/wilms/teach/astrosem07/astro_seminar_v1.0.pdf

¹⁶⁶ William Thomson, 1. Baron Kelvin, meist als Lord Kelvin auch Kelvin of Largs bezeichnet, *26. Juni 1824 in Belfast, Nordirland; †17. Dezember 1907 in Netherhall bei Largs, Schottland, in Irland geborener britischer Physiker. Nach WIKIPEDIA

¹⁶⁷ Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, *31. August 1821 in Potsdam; †8. September 1894 in Charlottenburg, deutscher Physiologe und Physiker. Nach WIKIPEDIA

¹⁶⁸ Tunneleffekt ist in der Physik eine veranschaulichende Bezeichnung dafür, dass ein atomares Teilchen eine Potentialbarriere von endlicher Höhe auch dann überwinden kann, wenn seine Energie geringer als die Höhe der Barriere ist. Nach den Vorstellungen der klassischen Physik wäre dies unmöglich, nach der Quantenmechanik ist es möglich. Mit Hilfe des Tunneleffekts wird unter anderem der Alpha-Zerfall von Atomkernen erklärt. Technische Anwendungen des Tunneleffekts sind beispielsweise das Rastertunnelmikroskop und der Flash-Speicher. Nach WIKIPEDIA

¹⁶⁹ Carl Friedrich von Weizäcker, *28. Juni 1912 in Kiel; †28. April 2007 in Söcking am, deutscher Physiker, Philosoph und Friedensforscher. Nach WIKIPEDIA

¹⁷⁰ Hans Albrecht Bethe, *2. Juli 1906 in Straßburg; †6. März 2005 in Ithaca, New York, deutsch-US-amerikanischer Physiker und Nobelpreisträger für Physik (1967). Nach WIKIPEDIA

¹⁷¹ Empedokles, geboren im frühen 5. Jahrhundert v. Chr. in Akragas auf Sizilien; gestorben um 434 v. Chr. wohl auf dem Peloponnes, war ein antiker griechischer Philosoph (Vorsokratiker), Arzt, Politiker, Priester und Dichter. Nach WIKIPEDIA

¹⁷² Edwin Ernest Salpeter, *3. Dezember 1924, †26. November 2008 Österreichisch-Australischer- Amerikanischer Astrophysiker. Nach WIKIPEDIA

¹⁷³ Ralph Howard Fowler, *17. Januar 1889 in Fedsden, Essex; †28. Juli 1944 in Cambridge, war ein britischer Physiker und Astronom. Nach WIKIPEDIA

¹⁷⁴ Das anthropische Prinzip, kurz AP, besagt, dass das beobachtbare Universum nur deshalb beobachtbar ist, weil es alle Eigenschaften hat, die dem Beobachter ein Leben ermöglichen. Wäre es nicht für die Entwicklung bewussteinfähigen Lebens geeignet, so wäre auch niemand da, der es beschreiben könnte.

Siehe auch Zitat 176: Als Anthropologie wird im deutschen Sprachraum und in vielen europäischen Ländern in erster Linie die naturwissenschaftliche Anthropologie (auch: physische Anthropologie) bezeichnet. Der Mensch wird im Anschluss an den englischen Naturforscher Charles Darwin und die Evolutionstheorie als ein biologisches Wesen betrachtet. Nach WIKIPEDIA

Der Zusammenhang kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

Universum-Eigenschaften ↔ lebendige Beobachter ↔ Universum beobachtbar

¹⁷⁵ Kernbildungsprozesse:

(Müller, 2009)

P-Prozess:

Der p-Prozess wurde von Burbidge, Fowler und Hoyle 1957 postuliert, weil man einige Kerne mit sehr geringer Häufigkeit identifizierte, die weder durch den s-Prozess (s.u.), noch durch r-Prozess (s.u.) entstanden sein konnten. Auf der Nuklidkarte sind dies 32 stabile Kerne, die sehr protonenreich sind und p-Kerne genannt werden. Die p-Kerne entstehen nicht durch Neutronen-, sondern durch Protoneneinfang. Im Speziellen sind es 32 stabile Nuklide zwischen den Elementen Selen (*Se-74*) und Quecksilber (*Hg-196*). Sie entstehen aus zuvor in s- und r-Prozessen gebildeten Kernen.

R-Prozess:

Phänomenologisch gleicht der r-Prozess (engl. rapid), dem s-Prozess (s.u.), dem zweiten Prozess, dem wir die sehr schweren Elemente verdanken. Atomkerne

fangen also Neutronen aus der Umgebung ein. Voraussetzung ist aber, dass die Neutronendichte deutlich höher ist als im s-Prozess, typisch bei 10^{20} cm^{-3} , also 100 Trillionen Neutronen in einem Würfel eines Kubikzentimeters. Die Kerne werden mit Neutronen übersättigt. Stoppt der Neutronenfluss, so zerfallen einige der Neutronen im übersättigten Kern über den β^- -Zerfall, d.h. es werden Protonen im Kern erzeugt. Als Folge dessen ist die Ordnungszahl (Kernladungszahl Z) angestiegen: ein neues, schwereres Element ist entstanden.

S-Prozess:

Schwere Atomkerne im Sternplasma haben einen größeren Wirkungsquerschnitt, d.h. eine größere Wahrscheinlichkeit, die Neutronen einzufangen. Das schwerste Element, das der Stern unter Energiefreisetzung zunächst gebildet hat, ist Eisen (Fe). Die Eisenkerne stellen demnach die Ausgangsprodukte (Edukte) für den s-Prozess dar. Die Kerne benötigen vergleichsweise viel Zeit, bis sie die Neutronen eingefangen haben. Die typische Zeitskala liegt im Bereich von Jahren. Der s-Prozess verdankt seinen Namen gerade dieser Langsamkeit (engl. slowness), nicht etwa, weil die beteiligten Neutronen langsam wären. In den mit Neutronen übersättigten Kernen finden die üblichen kernphysikalischen Umwandlungsreaktionen statt: der β^- -Zerfall der Neutronen generiert Protonen in den Eisenkernen und erzeugt damit Elemente höherer Ordnungszahl (Zink Zn, Kupfer Cu). Diese wiederum fangen ihrerseits Neutronen ein und werden auch zu schweren Elementen umgewandelt (Gallium Ga, Germanium Ge). Dies funktioniert bis hinauf zu Wismut (Bi-209, Ordnungszahl 83), dem letzten stabilen Nuklid.

¹⁷⁶ Die Sonnenkorona ist die Atmosphäre der Sonne. Die Dichte (Anzahl der Atome) ist noch wesentlich geringer als die der Chromosphäre und auch die Lichtintensität im Vergleich zur Chromosphäre noch viel geringer. Man kann sie mit bloßem Auge nur kurz während einer totalen Sonnenfinsternis sehen, wenn das Licht der Photosphäre durch den Mond vollständig abgedeckt ist. Sie hat eine Ausdehnung von mehreren Sonnendurchmessern und "verliert" sich langsam im Raum. Auch die Sonnenkorona ändert ihre Form mit dem Sonnenzyklus. Eine Korona im Maximum ist relativ rund und symmetrisch. Eine Minimums Korona zeichnet sich durch Asymmetrie und lange Koronastrahlen aus. Eine totale Sonnenfinsternis ist die einzige Möglichkeit die Chromosphäre mit dem bloßen Auge zu beobachten. <http://www.baader-planetarium.de/zubehoer/zub-sonne/sonne/basis/korona.htm>

¹⁷⁷ Unter magnetischer Rekonnexion versteht man ein physikalisches Phänomen, bei dem sich die Struktur eines Magnetfeldes abrupt ändert und große Energiemengen freigesetzt werden.

¹⁷⁸ Subrahmanyam Chandrashar, *19. Oktober 1910 in Lahore, Britisch-Indien, †21. August 1995 in Chicago) US-amerikanischer (Astro-)Physiker indischer Herkunft. Er war der Neffe des indischen Physikers C. V. Raman (1888-1970) und Nobelpreisträger für Physik. Nach WIKIPEDIA

¹⁷⁹ Stanley Lloyd Miller, * 7. März 1930 in Oakland, Kalifornien; † 20. Mai 2007 in National City, Kalifornien, US-amerikanischer Biologe und Chemiker. Er gilt als Pionier auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens. NACH WIKIPEDIA

¹⁸⁰ Anthropologie ist die Wissenschaft vom Menschen. Sie wird im deutschen Sprachraum und in vielen europäischen Ländern vor allem als Naturwissenschaft verstanden. Die naturwissenschaftliche oder physische Anthropologie betrachtet den Menschen im Anschluss an die Evolutionstheorie von Charles Darwin als biologisches Wesen.

¹⁸¹ Die Müller-Lyer-Illusion ist eine sehr bekannte geometrisch-optische Täuschung. Sie wurde 1889 von dem deutschen Psychiater und Soziologen Franz Müller-Lyer (1857–1916) entdeckt. Für diese Täuschung existiert bis heute keine einhellige Erklärung. WIKIPEDIA

¹⁸² Ein Zirkelschluss ist ein Beweisfehler, bei dem die Voraussetzungen das zu Beweisende schon enthalten. Es wird also behauptet, eine Aussage durch Deduktion zu beweisen, indem die Aussage selbst als Voraussetzung verwendet wird. Dabei wird eine These in einem Argument durch Schlussfolgerung aus Prämissen abgeleitet, deren Gültigkeit ebenso fragwürdig ist wie die der These, auch wenn sie glaubwürdiger klingen oder den Eindruck erwecken, unabhängig von der Akzeptanz der These gültig zu sein. Dies stellt eine Verletzung des Satzes vom zureichenden Grunde dar. Der Selbstbezug kann auch über mehrere Stufen geschehen, sodass der Zirkelschluss dem unvorsichtigen Betrachter, oder gar dem Urheber selbst, verborgen bleibt. Nach WIKIPEDIA

¹⁸³ Eratosthenes von Kyrene, * zwischen 276 und 273 v. Chr. in Kyrene; † um 194 v. Chr. in Alexandria, war ein außergewöhnlich vielseitiger griechischer Gelehrter in der Blütezeit der hellenistischen Wissenschaften. Nach WIKIPEDIA

¹⁸⁴ Archimedes von Syrakus, * um 287 v. Chr. vermutlich in Syrakus auf Sizilien; † 212 v. Chr., war ein antiker griechischer Mathematiker, Physiker und Ingenieur. Er gilt als einer der bedeutendsten Mathematiker der Antike. Seine Werke waren auch noch im 16. und 17. Jahrhundert bei der Entwicklung der höheren Analysis von Bedeutung. WIKIPEDIA

¹⁸⁵ Aristarch(os) von Samos, * um 310 v. Chr. Auf Samos; † um 230 v. Chr.) war ein griechischer Astronom und Mathematiker. Er war ein Schüler von Straton von Lampsakos und einer der ersten griechischen Astronomen, die das heliozentrische Weltbild vertraten, wonach die Sonne und nicht die Erde im Zentrum des Weltalls steht. Daher gilt er auch als der „griechische Copernicus“. Er stieß mit seiner Theorie jedoch kaum auf Anerkennung (Ausnahme: Seleukos von Seleukia), so dass seine Vorstellungen im Schatten der Arbeiten von Aristoteles und Ptolemaios standen. Erst fast 2000 Jahre später wurden sie von Copernicus wiederentdeckt und erneut aufgegriffen. NACH WIKIPEDIA

¹⁸⁶ Johann Carl Friedrich Gauß, * 30. April 1777 in Braunschweig; †23. Februar 1855 in Göttingen), deutscher Mathematiker, Astronom, Geodät und Physiker mit einem breit gefächerten Feld an Interessen. Nach WIKIPEDIA

¹⁸⁷ Leonhard Euler, * 15. April 1707 in Basel; † 7. September 1783 in Sankt Petersburg, war ein Schweizer Mathematiker, der wegen seiner Beiträge zur Analysis, zur Zahlentheorie und zu vielen weiteren Teilgebieten der Mathematik als einer der bedeutendsten Mathematiker gilt. WIKIPEDIA

¹⁸⁸ Georges Louis Marie Lelerce, Comte de Buffon, * 7. September 1707 in Montbard; † 16. April 1788 in Paris, französischer Naturforscher. Nach WIKIPEDIA

¹⁸⁹ Pierre-Simon (Marquis de) Laplace, * 28. März 1749 in Beaumont-en-Auge in der Normandie; †5. März 1827 in Paris), französischer Mathematiker und Astronom. Er beschäftigte sich unter anderem mit der Wahrscheinlichkeitstheorie und Differentialgleichungen. Nach WIKIPEDIA

¹⁹⁰ Carl Friedrich von Weizsäcker, * 28. Juni 1912 in Kiel; † 28. April 2007 in Söcking am Starnberger See) war ein deutscher Physiker, Philosoph und Friedensforscher.

¹⁹¹Die astronomische Einheit (abgekürzt AE, international AU für Englisch astronomical unit) ist ein Längenmaß in der Astronomie. Die AE hat eine Länge von

149 597 870 700 Metern und entspricht etwa dem mittleren Abstand zwischen Erde und Sonne.

¹⁹² Der Kuipergürtel ist eine scheibenförmige Region, die sich in unserem Sonnensystem außerhalb der Neptun-Bahn in einer Entfernung von ungefähr 30 bis 50 Astronomischen Einheiten (AE) nahe der Ekliptik erstreckt und schätzungsweise mehr als 70.000 Objekte beherbergt, die je einen Durchmesser von mehr als 100 km haben. (WIKIPEDIA)

¹⁹³ Der Theorie nach, umschließt die von Oort angenommene „Wolke“ das Sonnensystem schalenförmig in einem Abstand von etwa 300 bis 100.000 Astronomischen Einheiten (AE), was etwa 1,5 Lichtjahren entspricht (vergleiche Entfernung zu Proxima Centauri 4,2 Lichtjahre), und enthält Gesteins-, Staub- und Eiskörper unterschiedlicher Größe, die bei der Entstehung des Sonnensystems übrig geblieben sind beziehungsweise sich nicht zu Planeten zusammenschlossen. Diese sogenannten Planetesimale wurden von Jupiter und den anderen großen Planeten in die äußeren Bereiche des Sonnensystems geschleudert. Nach WIKIPEDIA

¹⁹⁴ Exo-Planeten sind Planeten, die um eine andere Sonne als die unsere kreisen. Das Vorhandensein solcher Planeten ist die Voraussetzung, dass sich anderswo im Universum intelligentes Leben entwickelt haben könnte.

¹⁹⁵ Der Mikrolinseneffekt bezeichnet in der Astronomie den Fall von Gravitationslinsen, bei denen der Abstand zwischen den verschiedenen durch die Gravitationslinse erzeugten Bildern des Hintergrundobjekts so gering ist, dass sie von heutigen Teleskopen nicht getrennt beobachtet werden können und auch die Lichtablenkung nicht gemessen werden kann. Die Wirkung der Gravitationslinse zeigt sich dann dadurch, dass das Gesamtlicht der unaufgelösten Bilder des Hintergrundobjekts heller erscheint als es ohne die Linse wäre. Eine solche Verstärkung wäre an sich noch nicht leicht erkennbar, da die eigentliche Helligkeit und Entfernung des Hintergrundobjekts normalerweise nicht bekannt sind. Bewegen sich aber Linse und Hintergrundobjekt am Himmel sehr nahe aneinander vorbei, dann nimmt die Helligkeit während eines solchen Mikrolinsen-Ereignisses in charakteristischer Weise zu und wieder ab, während das durch den Einsteinradius gegebene Gebiet hoher Verstärkung durchquert wird WIKIPEDIA

¹⁹⁶ Die Cyanobakterien, früher Blaualgen, Cyanophyceae genannt, bilden eine Abteilung der Domäne Bacteria. Sie zeichnen sich vor allen anderen Bakterien

durch ihre Fähigkeit zur oxygenen Photosynthese aus. Früher wurden sie zu den Phycophyta (Algen) gerechnet und als Klasse Cyanophyceae (Blaualggen) geführt. Einige Cyanobakterien enthalten neben anderen Photosynthese-Farbstoffen blaues Phycocyanin und ihre Farbe ist deshalb blaugrün. Darum wurden sie „Blaualggen“ genannt und diese Bezeichnung wurde für alle Cyanobakterien verwendet – auch für diejenigen, die kein Phycocyanin enthalten und nicht blaugrün gefärbt sind. Cyanobakterien besitzen im Gegensatz zu Algen keinen echten Zellkern und sind somit als Prokaryoten nicht mit den als „Algen“ bezeichneten eukaryotischen Lebewesen verwandt, sondern zählen zu den Bakterien. Cyanobakterien besiedeln vermutlich seit mehr als 3,5 Mrd. Jahren (Archaikum) die Erde und zählen damit zu den ältesten Lebensformen überhaupt. Es sind etwa 2000 Formen als „Arten“ von Cyanobakterien benannt, die in fünf bis sieben Ordnungen eingeteilt werden. WIKIPEDIA

¹⁹⁷ Stromatolithen sind biogene Sedimentgesteine, die durch Einfangen und Bindung von Sedimentpartikeln oder durch Fällung gelöster Stoffe oder durch beides in Folge des Wachstums und Stoffwechsels von Mikroorganismen in einem Gewässer entstanden sind. Sie sind meistens geschichtet und bestehen oft aus sehr feingeschichtetem Kalkstein. Die innere Struktur der Stromatolithen ist verschieden: flache, ebene Schichten, nach oben gewölbte Schichten, mehrere gewölbte Schichtpakete nebeneinander (Säulenform). Einige erinnern mit ihrem schaligen Aufbau aus Knollen, Säulen oder welligen Lagen äußerlich an einen Blumenkohl. Nach WIKIPEDIA

¹⁹⁸ Die kaledonische Orogenese ist die zweite Phase Gebirgsbildung (Orogenese) innerhalb der Acadischen Gebirgsbildungsära. Sie begann im Ordovizium und hatte ihren Höhepunkt im Silur. „Kaledonisch“ stammt vom lateinisch-keltischen Namen Caledonia für Schottland und der Cephalopodenzeit (Kopffüßler) (WIKIPEDIA)

¹⁹⁹ Die variszische oder variskische Orogenese ist eine Phase der Gebirgsbildung im mittleren Paläozoikum (Erdaltertum), welche durch die Kollision von Gondwana und Laurasia sowie mehrerer von ihnen abstammenden Mikroplatten (Terranes) verursacht (WIKIPEDIA)

²⁰⁰ Pangaea zerbrach in die zwei Kontinente Laurasia und Gontwanaland. Danach zerbrach Gontwanaland in Afrika, Antarktis, Australien, Südamerika und Indien. Laurasia teilte sich auf in Nordamerika, Europa und Asien.

²⁰¹ Die Tethys, seltener auch Tethysmeer genannt, war in der Erdgeschichte ein Ozean, der überwiegend im Mesozoikum existierte und sich später zum indischen Ozean entwickelte. Vor der alpidischen Orogenese war sie ein tiefes Randmeer (Paratethys), deren Meeresablagerungen heute zahlreiche Gesteine der Alpen und Karpaten bilden. (WIKIPEDIA)

²⁰² Die Alpidische Orogenese bezeichnet die letzte globale Gebirgsbildungsphase der Erdgeschichte. Alpidisch oder alpin bedeutet „zu den Alpen gehörend.“ Bei dieser Gebirgsbildung wurden der Atlas, die Pyrenäen, die balearischen Inseln, die Alpen, Karpaten, Apenninen, die Rhodopen, der Balkan, Anatolien, Kaukasus, Hindukusch, Karakorum, Himalaya bis zu den westlichen Gebirgen Indochinas und Malaysias geformt. Die Anden und die Rocky Mountains entstanden ebenfalls durch plattentektonische Vorgänge dieser Zeit. (WIKIPEDIA)

²⁰³ Chemotrophie ist die bei gewissen Lebewesen vorherrschende Gewinnung von Energie aus chemischen (exergonen) Stoffumsetzungen. Nach WIKIPEDIA

²⁰⁴ Phototrophie ist die Nutzung von Licht als Energiequelle durch Lebewesen. Organismen, die dazu fähig sind, werden als phototroph (Adjektiv) oder als Phototrophe (Substantiv im Plural) bezeichnet. Nach WIKIPEDIA

²⁰⁵ Koinzidenz (aus lat. con, ‚gemeinsam‘, und incidere, ‚vorfallen‘) ist ein zeitliches und/oder räumliches Zusammenfallen von Ereignissen oder Zusammenreffen von Objekten. WIKIPEDIA

²⁰⁶ William K. Hartmann ist ein Astronom, Autor und Schriftsteller. Er war der erste, der die wissenschaftliche Welt überzeugte, dass die Erde von einem planetengroßen Körper namens Thea getroffen wurde und dabei den Mond als Ab Sprengung erzeugte sowie die Erdneigung von 23° bewirkte.

²⁰⁷ Die Präzession ist allgemein die Richtungsänderung der Achse eines rotierenden Körpers, wenn äußere Kräfte ein Drehmoment auf ihn ausüben. Speziell in der Astronomie ist damit die Richtungsänderung der Erdachse gemeint, die eine Folge der Massenanziehung des Mondes und der Sonne in Verbindung mit der Abweichung der Erdfigur von der Kugelform ist. Nach WIKIPEDIA

²⁰⁸ Der Van Allen Strahlungsgürtel (benannt nach James van Allen) ist ein Torus energiereicher geladener Teilchen, die durch das magnetische Feld der Erde eingefangen werden. Diese Teilchen stammen überwiegend vom Sonnenwind und der kosmischen Strahlung. Der Gürtel besteht im Wesentlichen aus zwei

Strahlungszonen: Die innere von ihnen erstreckt sich in niedrigen geografischen Breiten in einem Bereich von etwa 700 bis 6.000 km über der Erdoberfläche und besteht hauptsächlich aus hochenergetischen Protonen. Die zweite befindet sich in etwa 15.000 bis 25.000 Kilometer Höhe und enthält vorwiegend Elektronen. Seine Entdeckung ist auf den 31. Januar 1958 datiert. Die geladenen kosmischen Teilchen werden im Van-Allen-Gürtel durch das Magnetfeld der Erde in Folge der Lorentzkraft abgelenkt, in einer sogenannten magnetischen Flasche eingeschlossen und schwingen so zwischen den Polen der Erde mit einer Schwingungsdauer von ca. einer Sekunde hin und her. WIKIPEDIA

²⁰⁹ Ein Komet oder Schweifstern ist ein kleiner Himmelskörper von meist einigen Kilometern Durchmesser, der in den sonnennahen Teilen seiner Bahn eine durch Ausgasen erzeugte Koma und meist auch einen leuchtenden Schweif entwickelt. Der Name kommt von altgriechisch. κομήτης komētēs ‚Haarstern‘, abgeleitet von κόμη kómē für ‚Haupthaar‘, ‚Mähne‘.

Kometen sind wie Asteroiden Überreste der Entstehung des Sonnensystems und bestehen aus Eis, Staub und lockerem Gestein. Sie bildeten sich in den äußeren, kalten Bereichen des Sonnensystems (überwiegend jenseits der Neptunbahn), wo die reichlichen Wasserstoff- und Kohlenstoff-Verbindungen zu Eis kondensierten. WIKIPEDIA

²¹⁰ Als Asteroiden (von griechisch ἀστήρ, astēr „Stern“ und der Endung -eides „ähnlich“), Kleinplaneten oder Planetoiden werden kleine Objekte bezeichnet, die sich auf keplerschen Umlaufbahnen um die Sonne bewegen, größer als Meteoroiden, aber kleiner als Zwergplaneten sind. WIKIPEDIA

²¹¹Ein Meteorit ist ein Festkörper kosmischen Ursprungs, der die Erdatmosphäre durchquert und den Erdboden erreicht hat. Er besteht gewöhnlich überwiegend aus Silikat Mineralen oder einer Eisen-Nickel-Legierung. Da es sich fast immer um vielkörnige Mineralaggregate handelt, werden Meteoriten unabhängig von ihrer chemischen Zusammensetzung zu den Gesteinen gezählt. WIKIPEDIA

²¹² Anorganik ist der Teilbereich der Chemie, der sich mit unbelebter Materie in der Regel ohne biologisch funktionale Kohlenstoffverbindungen befasst.

²¹³ Adenosintriphosphat (ATP) ist ein Nukleotid, bestehend aus dem Triphosphat des Nukleosid Adenosin (und als solches ein energiereicher Baustein der Nukleinsäure RNA). ATP ist jedoch hauptsächlich die universelle Form unmittelbar

verfügbarer Energie in jeder Zelle und gleichzeitig ein wichtiger Regulator energieliefernder Prozesse. ATP wird bei Bedarf aus anderen Energiespeichern (Kreatinphosphat, Glykogen, Fettsäuren) synthetisiert. Das ATP-Molekül besteht aus einem Adenin Rest, dem Zucker Ribose und drei Phosphaten.

²¹⁴ Abgeschlossene Systeme lassen mit ihrer Umgebung keinen Energie- oder Materieaustausch zu. Geschlossene Systeme lassen mit ihrer Umgebung nur Energie, aber keinen Materieaustausch zu. Offene Systeme lassen mit ihrer Umgebung Energie und Materieaustausch zu.

²¹⁵ Stuart Alan Kauffman, * 28. September 1939, ist ein US-amerikanischer theoretischer Biologe, lehrt Biologie, Physik und Astronomie an der University of Calgary (Kanada) und ist auch außerordentlicher Professor der Philosophie. Am bekanntesten ist er für seine These, dass bei der Entstehung der Komplexität biologischer Systeme und Organismen die Selbstorganisation ein mindestens ebenso wichtiger Faktor ist wie die darwinsche Selektion. WIKIPEDIA

²¹⁶ Ein Protobiont ist ein hypothetischer Vorläufer des (einzelligen) Lebens. Er besteht aus einer Nukleotidmembran, abiotisch gebildeten Proteinen und Nucleinsäuren sowie einem einfachen Apparat zur Energiegewinnung und zur Informationsübertragung. Aufgrund der Beschaffenheit der Erde vor 4 Milliarden Jahren muss der Uroorganismus anaerob (sauerstofffrei), hyperthermophil (überlebensfähig bei Temperaturen von 80 -120 °C), halophil (überlebensfähig bei hohen Salzkonzentrationen) und chemolithoautotroph (Nutzung von chemischer Energie, bei der nur anorganische Stoffe für die Energiegewinnung umgesetzt werden) gewesen sein. WIKIPEDIA

²¹⁷ Adenin (A, Ade) ist eine der vier Nukleinbasen in der DNA und RNA, zusammen mit Cytosin, Guanin und Thymin (Uracil in RNA). Es ist eine heterocyclische organische Verbindung mit einem Puringrundgerüst und einer Aminogruppe in 6-Stellung. Die Nucleoside von Adenin sind das Desoxyadenosin in der DNA und das Adenosin in der RNA. In der Watson-Crick-Basenpaarung bildet es zwei Wasserstoffbrücken mit Thymin bzw. Uracil. WIKIPEDIA

²¹⁸ Porphyrin sind organisch-chemische Farbstoffe, die aus vier Pyrrol-Ringen bestehen, die durch vier Methingruppen zyklisch miteinander verbunden sind. Der einfachste Vertreter ist Porphin. Porphyrin bzw. porphyrinverwandte Verbindungen kommen z. B. auch als Chlorophyll und als Häm in den Häm-basierten Proteinen Hämoglobin und den verschiedenen Cytochromen vor. Häm ist eine

Komplexverbindung mit Protoporphyrin IX und einem Eisen-Ion als Zentralatom anstelle der beiden Wasserstoffatome.

²¹⁹ Coacervat: Ein im Schwebestadium zwischen kolloidaler Lösung und Ausfällung befindlicher Stoff, meist im Anfangsstadium bei der Bildung hochpolymerer (vgl. polymer) Kolloide. <http://www.duden.de/rechtschreibung/Koazervat>

²²⁰ Adenosintriphosphat (ATP) ist ein Nukleotid, bestehend aus dem Triphosphat des Nucleosids Adenosin (und als solches ein energiereicher Baustein der Nucleinsäure RNA). ATP ist jedoch hauptsächlich die universelle Form unmittelbar verfügbarer Energie in jeder Zelle und gleichzeitig ein wichtiger Regulator energieliefernder Prozesse. ATP wird bei Bedarf aus anderen Energiespeichern (Kreatinphosphat, Glykogen, Fettsäuren) resynthetisiert. Das ATP-Molekül besteht aus einem Adenin Rest, dem Zucker Ribose und drei Phosphaten.

²²¹ Hämoglobine (Hb) sind eisenhaltige, sauerstofftransportierende Proteine, die in den roten Blutkörperchen (Erythrozyten) angesiedelt sind. Sie nehmen den Sauerstoff in der Lunge bzw. den Kiemen auf und verteilen ihn im Körper. Die Bindung des Sauerstoffs erfolgt an einem Eisenkomplex des Protoporphyrins IX (Häm). Wirbeltier-Hämoglobine sind Proteinkomplexe aus vier Untereinheiten (2 α , 2 β), die jeweils eine Häm-Gruppe, die in ein Globin eingebettet ist, enthalten. Die Häm-Gruppe ist außerdem für die rote Farbe des Hämoglobins verantwortlich. Nach WIKIPEDIA

²²² Ein Coenzym wird am Enzym mit einem Substratbruchstück beladen, dissoziiert ab und überträgt das Bruchstück an einem anderen Enzymprotein auf eine zweite Verbindung. Es ist nicht kovalent an das Enzym gebunden. (Fuchs, 2007, S. 198)

²²³ Als Zeemann-Effekt bezeichnet man das mehrfache Aufspalten von Spektrallinien, wenn sich die emittierende Materie in einem externen Magnetfeld befindet. Das Phänomen wurde erstmals 1896 von Pieter Zeemann (1865–1943) beschrieben; 1902 erhielt er dafür den Nobelpreis für Physik. Die Aufspaltungen haben ihren Ursprung in der Wechselwirkung des Magnetfeldes mit den magnetischen Momenten des Atoms, die vom Bahndrehimpuls und vom Spin des Elektrons erzeugt werden. Analog gibt es den Effekt auch z. B. für den Kernspin. Nach WIKIPEDIA

²²⁴ Die Helix ist eine Kurve, die sich mit konstanter Steigung um den Mantel eines Zylinders windet. Je nach Windungsrichtung bezeichnet man die Helix als

rechtsgängig, wenn sie sich im Uhrzeigersinn windet, oder linksgängig bei einer Windung gegen den Uhrzeigersinn. Nach WIKIPEDIA

²²⁵ In der Chemie wird oft nur eine einzige der vier Hundsche Regeln verwendet, die 1927 von Friedrich Hund selbst rein empirisch gefunden wurde. Sie besagt, wenn für die Elektronen eines Atoms mehrere Orbitale/Nebenquanten mit gleichem Energieniveau zur Verfügung stehen, werden diese zuerst mit je einem Elektron mit parallelem Spin besetzt. Erst wenn alle Orbitale des gleichen Energieniveaus mit jeweils einem Elektron gefüllt sind, werden sie durch das zweite Elektron vervollständigt. Nach WIKIPEDIA

²²⁶ Unter Hydrolyse versteht man eine Spaltung von Kovalenzbindungen durch Reaktion mit Wasser. (Christen, 1985, S. 326)

²²⁷ Aromatische Verbindungen sind eine Stoffklasse in der organischen Chemie. Ihr Name stammt von dem aromatischem Geruch der zuerst entdeckten Verbindungen in dieser Stoffklasse. Ein typischer Vertreter ist das Benzol. Nach WIKIPEDIA

²²⁸ Ringsysteme, die außer Kohlenstoff noch Heteroatom als Ringglieder enthalten, z.B. Stickstoff, Sauerstoff oder Schwefel. Wie in der isozyklischen Reihe sind auch hier die 5- und 6-Ringe am beständigsten. Ferner zählen dazu Ringsysteme, in denen Benzolkerne mit heterozyklischen Ringen kondensiert sind. (Beyer, 1967, S. 604)

²²⁹ Chlorophyll oder Blattgrün ist eine Klasse natürlicher Farbstoffe, die von Organismen gebildet werden, die Photosynthese betreiben. Insbesondere Pflanzen erlangen ihre grüne Farbe durch Chlorophyllmoleküle. Pflanzen, Algen und Cyanobakterien besitzen verschiedene Chlorophylltypen, Photosynthese treibende Bakterien verschiedene Typen von Bakteriochlorophyll. Nach WIKIPEDIA

²³⁰ Als Carotinoide bezeichnet man eine umfangreiche Klasse an natürlichen Farbstoffen, die eine gelbe bis rötliche Färbung verursachen. Carotinoide zählen zu den Terpenen. Sie kommen vor allem in den Chromoplasten und Plastiden der Pflanzen, in Bakterien, aber auch in der Haut, in der Schale und im Panzer von Tieren sowie in den Federn oder im Eigelb der Vögel vor, wenn die betreffenden Tiere mit ihrer Nahrung farbstoffhaltiges Pflanzenmaterial aufnehmen. Denn nur

Bakterien, Pflanzen und Pilze sind in der Lage, diese Pigmente de novo zu synthetisieren. Nach WIKIPEDIA

²³² Quartärstrukturen bilden sich aus Proteinen, also Aminosäure Ketten, die über die Carboxylgruppe der einen Aminosäure mit der α -Aminogruppe der nächsten Aminosäure verbunden sind. Es bildet sich die charakteristische Amid- oder auch Peptid-Gruppe NH-CO (Primär Struktur) aus. Es kommt durch van de Waals-Kräfte und Wasserstoffbrücken zur Ausbildung von Anlagerungsstrukturen in linearer, flächiger und räumlicher Form. Man denke an die Struktur von Hämoglobin.

²³³ Unter Tertiärstruktur versteht man in der Biochemie den übergeordneten räumlichen Aufbau von Proteinen, Nukleinsäuren oder Makromolekülen, die aus einer einzelnen Kette bestehen. Sie ist aus mehreren Sekundärstrukturen zusammengesetzt. Nach WIKIPEDIA

²³⁴ Humanes Trypsin ist ein Gemisch dreier Verdauungsenzyme, die im Dünndarm Eiweiße zersetzen und zu den Peptidasen zählen. Viele ähnliche Enzyme bei Säugetieren, Insekten, Fischen und Pilzen tragen ebenfalls den Namen Trypsin. Nach WIKIPEDIA

²³⁵ Mit Anabolismus bezeichnet man bei Lebewesen den Aufbau von körpereigenen Bestandteilen. Dabei wird Energie verbraucht, die bei chemotrophen Organismen aus chemischen, energiefreisetzenden (exergonen) Stoffumsetzungen, bei phototrophen Organismen aus Licht gewonnen wird.

²³⁶ Die Telomere sind die aus repetitiver DNA und assoziierten Proteinen bestehenden Enden der Chromosomen. Mit jeder Zellteilung werden die Telomere verkürzt, da die DNA-Polymerase am Folgestrang nicht mehr ansetzen kann. Unterschreitet die Telomerlänge ein kritisches Minimum von circa 4 kbp, kann sich die Zelle nicht mehr weiter teilen, oft tritt dann der programmierte Zelltod (Apoptose) oder ein permanenter Wachstumsstopp ein (Seneszenz). Die hierdurch entstehende Begrenzung der zellulären Lebenszeit wird als Tumorsuppressor-Mechanismus verstanden.

²³⁷ Katabolismus wird der Abbau von Stoffwechselprodukten von komplexen zu einfachen Molekülen zur Entgiftung des Organismus und zur Energiegewinnung genannt. Mit dem Anabolismus ist er durch die Energiekopplung verbunden: Die hier gewonnene Energie dient dort zum Aufbau komplexer Moleküle. Nach WIKIPEDIA

²³⁸ Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid, eigentlich Nicotinsäureamid-Adenin-Dinukleotid (abgekürzt NADH) ist ein Hydrid-Ionen (Zwei-Elektronen/Ein-Proton) übertragendes Koenzym, das an zahlreichen Redoxreaktionen des Stoffwechsels der Zelle beteiligt ist. WIKIPEDIA (Formelbild: Siehe Text)

²³⁹ Flavin-Adenin-Dinukleotid (kurz FAD) ist ein Koenzym. Es hat eine wichtige Bedeutung als Elektronenüberträger in verschiedenen prokaryotischen und eukaryotischen Stoffwechselprozessen, wie der oxidativen Phosphorylierung, der β -Oxidation von Fettsäuren und anderen Redoxreaktionen.<http://de.wikipedia.org/wiki/Flavin-Adenin-Dinukleotid> - cite_note-akt-2 FAD kann einzelne Elektronen übertragen¹ im Gegensatz zum NAD⁺. Oxidoreduktasen können somit mittels FAD molekularen Sauerstoff aktivieren. WIKIPEDIA (Formelbild: Siehe Text)

²⁴⁰ Mit den Van-der-Waals-Kräften, benannt nach dem niederländischen Physiker Johannes Diderik van der Waals (1837–1923), bezeichnet man die relativ schwachen nicht-kovalenten Wechselwirkungen zwischen Atomen oder Molekülen, deren Wechselwirkungsenergie mit etwa der sechsten Potenz des Abstandes abfällt. Nach WIKIPEDIA

²⁴¹ Baruch de Spinoza (portugiesisch *Bento de Espinosa*, latinisiert *Benedictus de Spinoza*; geboren am 24. November 1632 in Amsterdam; gestorben am 21. Februar 1677 in Den Haag) war ein niederländischer Philosoph. Er war Sohn sephardischer Immigranten aus Portugal und hatte Portugiesisch als Erstsprache. Er wird dem Rationalismus zugeordnet und gilt als einer der Begründer der modernen Bibel- und Religionskritik.

²⁴² Louis Pasteur, * 27. Dezember 1822 in Dole, † 28. September 1895 in Villeneuve-L'Étang bei Paris, französischer Chemiker und Biologe der u.a. bedeutende Beiträge zur optischen Aktivität leistete. Er war ein Pionier auf dem Gebiet der Mikrobiologie und widerlegte die Theorie der Urzeugung.

²⁴³ Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck,* 1. August 1744 in Bazentin-le-Petit (Département Somme); † 18. Dezember 1829 in Paris) war ein französischer Botaniker und Zoologe. Lamarck ist der Begründer der modernen Zoologie der wirbellosen Tiere, prägte den Begriff Biologie und legte als erster eine ausformulierte Evolutionstheorie vor. WIKIPEDIA Allerdings ging Lamarck fälschlich von der Vererbung erworbener Eigenschaften aus. WIKIPEDIA

²⁴⁴ Georges Léopold Chrétien Frédéric Dagobert, Baron de Cuvier,* 23. August 1769 in Mömpelgard; † 13. Mai 1832 in Paris) war ein französischer Naturforscher.

²⁴⁵ Charles Robert Darwin, † 12. Februar 1809 in Shrewsbury; † 19. April 1882 in Downe, war ein britischer Naturforscher. Er gilt wegen seiner wesentlichen Beiträge zur Evolutionstheorie als einer der bedeutendsten Naturwissenschaftler. Nach WIKIPEDIA

²⁴⁶ Clinton Richard Dawkins, FRS, FRSL , * 26. März 1941 in Nairobi, Kenia, ist ein britischer Zoologe, theoretischer Biologe, Evolutionsbiologe und Autor populärwissenschaftlicher Literatur. Von 1995 bis 2008 war er Professor an der University of Oxford.

²⁴⁷ Die Deduktion ist in der Philosophie und der Logik eine Schlussfolgerung von gegebenen Prämissen auf die logisch zwingenden Konsequenzen. Deduktion ist schon bei Aristoteles als Schluss vom Allgemeinen auf das Besondere verstanden worden und als Gegensatz zur Induktion, der Gewinnung von allgemeinen Erkenntnissen aus speziellen. Nach WIKIPEDIA

²⁴⁸ JHWH oder YHWH (יהוה, ausgesprochen meist Jahwe oder Jehovah) ist der Eigenname Gottes im Tanach, der hebräischen Bibel. Er bezeichnet dort den gnädigen Befreier und gerechten Bundespartner des erwählten Volkes Israel, der für Judentum und Christentum zugleich Schöpfer, Richter und Erlöser der ganzen Welt ist. So stellt ihn das erste der Zehn Gebote vor. Nach WIKIPEDIA

²⁴⁹ Googol ist eine englischsprachige Bezeichnung für die Zahl 10^{100} . Das entspricht einer 1 mit 100 Nullen, ausgesprochen. Nach WIKIPEDIA

²⁵⁰ Mark Aurel, † 26. April 121; † 17. März 180, von 161 bis 180 römischer Kaiser. Stoiker.

²⁵¹ Ein besonderes Merkmal der stoischen Philosophie ist die kosmologische, auf Ganzheitlichkeit der Welterfassung gerichtete Betrachtungsweise, aus der sich ein in allen Naturerscheinungen und natürlichen Zusammenhängen waltdes universelles Prinzip ergibt. Für den Stoiker als Individuum gilt es, seinen Platz in dieser Ordnung zu erkennen und auszufüllen, indem er durch die Einübung emotionaler Selbstbeherrschung sein Los zu akzeptieren lernt und mit Hilfe von Gelassenheit und Seelenruhe zur Weisheit strebt. WIKIPEDIA

²⁵² Kohlenstoffchauvinismus ist ein polemischer Begriff der Exobiologie und philosophischen Bewusstseinsdebatte. In der Exobiologie werden Positionen als kohlenstoffchauvinistisch kritisiert, wenn sie die Möglichkeit der Entstehung von extraterrestrischem Leben nur auf Kohlenstoffbasis diskutieren. In der Bewusstseinsdebatte ist der Vorwurf des Kohlenstoffchauvinismus gegen Positionen gerichtet, die Bewusstseins- und Gehirnzustände miteinander identifizieren und somit die Möglichkeit von bewussten Systemen ohne biologisches Gehirn ausschließen. Diese Debatte wird insbesondere in Bezug auf die Möglichkeit von bewussten Computern oder Robotern diskutiert. Nach WIKIPEDIA

²⁵³ Svante August Arrhenius, * 19. Februar 1859 auf Gut Wik bei Uppsala; † 2. Oktober 1927 in Stockholm, schwedischer Physiker und Chemiker und Nobelpreisträger für Chemie. NACH WIKIPEDIA

²⁵⁴ Kavitation ist die Bildung und Auflösung von dampfgefüllten Hohlräumen (Dampfblasen) in Flüssigkeiten. Man unterscheidet zwei Grenzfälle, zwischen denen es viele Übergangsformen gibt. Bei der Dampfkavitation oder harten (transienten) Kavitation enthalten die Hohlräume hauptsächlich Dampf der umgebenden Flüssigkeit. Solche Hohlräume fallen unter Einwirkung des äußeren Drucks per Blasenimplosion zusammen (mikroskopischer Dampfschlag). Bei der weichen beziehungsweise stabilen Gaskavitation treten in der Flüssigkeit gelöste Gase in die Kavitäten ein und dämpfen oder verhindern deren Kollaps. Nach WIKIPEDIA

²⁵⁵ Alexander Iwanowitsch Oparin, * 1894 in Uglitsch; † 1980 in Moskau, war ein sowjetischer Biochemiker und gilt als Begründer der naturwissenschaftlichen Erforschung der Entstehung des Lebens auf der Erde. Nach WIKIPEDIA

²⁵⁶ John Burdon Sanderson Haldane; * 5. November 1892 in Edinburgh; † 1. Dezember 1964 in Bhubaneswar im Bundesstaat Orissa, Indien war Theoretischer Biologe und Genetiker. Nach WIKIPEDIA

²⁵⁷ James Alexander Malcolm Caldwell, * 27 September 1931, † 23 Dezember 1978, war ein britischer Akademiker und Marxist. Er war ein ständiger Kritiker der amerikanischen Außenpolitik und warb für den asiatischen Kommunismus und ein Unterstützer der Khmer Rouge.

²⁵⁸ Metalle können Elektronen aus ihrer äußeren Elektronenhülle abgeben und werden dabei je nach Elektronenverlust positiv geladen. Z.B. Na^+ , Ca^{++} , Al^{+++} usw. Bei Metallen handelt es sich um chemische Elemente, die sich im Periodensystem der Elemente links und unterhalb einer Trennungslinie von Bor bis Astat befinden. Das sind etwa 80 Prozent der chemischen Elemente, wobei der Übergang zu den Nichtmetallen über die Halbmetalle fließend ist. Nach WIKIPEDIA

²⁵⁹ Ein Anion ist ein negativ geladenes Ion. Anionen entstehen aus Atomen bzw. Molekülen durch Elektronenaufnahme.

²⁶⁰ Harold Clayton Urey, * 29. April 1893 in Walkerton im US-Bundesstaat Indiana; † 5. Januar 1981 in La Jolla, Kalifornien, amerikanischer Chemiker. NACH WIKIPEDIA, Mitarbeit an der ersten Atombombe

²⁶¹ Die Strecker-Synthese ist eine Namensreaktion der Organischen Chemie. Ihr Entdecker, Adolph Strecker (*1822, †1871), publizierte sie erstmals 1850. Aus Aldehyden, Ammoniak und Cyanwasserstoff (HCN) entstehen α -Aminocarbonsäuren bzw. Aminosäuren. Die Synthese ist ferner gültig für primäre und sekundäre Amine.

²⁶² K. Harad, S.W. Fox, Thermal Synthesis of Natural Amino-Acids from a Postulated Primitive Terrestrial Atmosphere, Nature 201, 335-337 (1964)

²⁶³ Günter Wächtershäuser, * 1938 in Gießen, ist Honorarprofessor für evolutionäre Biochemie der Universität Regensburg und Münchner Patentanwalt. Er entwickelte Anfang der 1980er Jahre eine Theorie über den abiogenen Ursprung erster Lebewesen auf mineralischen Oberflächen, die Theorie der Eisen-Schwefel-Welt. WIKIPEDIA

²⁶⁴ Alexander Michailowitsch Butlerow, * 3. September in Tschistopol, † 5. August in Butlerowka, war ein russischer Chemiker. Er führte aufgrund von Untersuchungen an Isomeren die Begriffe Struktur und Strukturformel in die Chemie ein. Als Baustein der organischen Verbindungen ging er von einem vierwertigen Kohlenstoffatom aus.

²⁶⁵ Die Fischer-Projektion ist eine Methode, die Raumstruktur einer chiralen chemischen Verbindung eindeutig zweidimensional abzubilden. Sie wurde von Emil Fischer entwickelt und verwendet die Stereodeskriptoren D (lat. dexter „rechts“) und L (lat. laevus „links“), die als kleine Großbuchstaben dargestellt und mit Bindestrichen von der übrigen Formel getrennt werden.

Emil Fischer, * 9. Oktober 1852 in Flamersheim (bei Euskirchen); † 15. Juli 1919 in Berlin; gilt als Begründer der klassischen Organischen Chemie und erhielt 1902 den Nobelpreis für Chemie für bahnbrechende Arbeiten auf dem Gebiet der Zuckerchemie. Nach WIKIPEDIA

²⁶⁶ K. Harad, S.W. Fox, Thermal Synthesis of Natural Amino-Acids from a Postulated Primitive Terrestrial Atmosphere, *Nature* 201, 335-337 (1964)

²⁶⁷ Günter Wächtershäuser, * 1938 in Gießen, ist Honorarprofessor für evolutionäre Biochemie der Universität Regensburg und Münchner Patentanwalt. Er entwickelte Anfang der 1980er Jahre eine Theorie über den abiogenen Ursprung erster Lebewesen auf mineralischen Oberflächen, die Theorie der Eisen-Schwefel-Welt. WIKIPEDIA

²⁶⁸ Ein Protobiont ist ein hypothetischer Vorläufer des (einzelligen) Lebens. Er besteht aus einer Nukleotidmembran, abiotisch gebildeten Proteinen und Nukleinsäuren sowie einem einfachen Apparat zur Energiegewinnung und zur Informationsübertragung. Aufgrund der Beschaffenheit der Erde vor 4 Milliarden Jahren muss der Uroorganismus anaerob (sauerstofffrei), hyperthermophil (überlebensfähig bei Temperaturen von 80 -120 °C), halophil (überlebensfähig bei hohen Salzkonzentrationen) und chemolithoautotroph (Nutzung von chemischer Energie, bei der nur anorganische Stoffe für die Energiegewinnung umgesetzt werden) gewesen sein. WIKIPEDIA

²⁶⁹ Eine Zygote ist eine Zelle (diploid), die durch Verschmelzung zweier haploider Geschlechtszellen (Gameten) entsteht – meistens aus einer Eizelle (weiblich) und einem Spermium (männlich). Bei diesem als Befruchtung bezeichneten Vorgang

verschmelzen zunächst beide Membranen (Plasmogamie) und dann auch die Zellkerne der beiden Geschlechtszellen (Karyogamie). Den gesamten Verschmelzungsvorgang nennt man Syngamie. Sobald die Samenzelle in die Eizelle eingedrungen ist, findet die Rindenreaktion statt, bei der die Eizelle eine Substanz ausschleudert, die es für weitere Samenzellen unmöglich macht, in die Eizelle einzudringen. Bei Mehrzellern entstehen aus der Zygote durch vielfache Mitosen (Kernteilungen) mehrzellige Organismen. Nach WIKIPEDIA

²⁷⁰ http://www.wissenschaft-im-dialog.de/aus-der-forschung/wieso/detail/browse/11/article/wie-oft-kann-sich-eine-menschliche-zelle-teilen-bevor-die-genetische-erbinformation-zu-kurz-wird.html?tx_ttnews%5BbackPid%5D=88&cHash=21e497c3eaf2d3a761422896ddc4b643

²⁷¹ Als Cytoplasma wird die die Zelle ausfüllende Grundstruktur bezeichnet, die aus dem flüssigen Cytosol (Matrix cytoplasmatica) mit verschiedenen gelösten Stoffen sowie dem festeren Cytoskelett (Cytoskeleton) besteht. Es wird nach außen von der Zellmembran (Membrana cellularis, Cytolemma oder auch Plasmalemma bei Pflanzenzellen) begrenzt. In ihr sind Organellen (Organella) inklusive Zellkern (Nucleus) enthalten und durch verschiedene Membranen gegen das Cytoplasma abgegrenzt. Nach WIKIPEDIA

²⁷² Prokaryoten auch Prokaryoten oder Monera genannt, sind zelluläre Lebewesen, die keinen Zellkern besitzen. Ihr Zelltyp wird als Protocyte bezeichnet. Seit alle zellulären Lebewesen in drei Domänen eingeteilt werden, fassen die Domänen der Bakterien (Bacteria) und der Archaeen (Archaea) alle Prokaryoten zusammen. Nach WIKIPEDIA

²⁷³ Als Eukaryoten oder Eukaryoten werden alle Lebewesen mit Zellkern und Zellmembran zusammengefasst. Zusätzlich haben Eukaryoten mehrere Chromosomen, was sie von Prokaryoten unterscheidet. Eukaryoten entwickeln sich immer aus zellkernhaltigen Ausgangszellen (Zygoten, Sporen). Alle anderen zellulären Lebewesen, die keinen echten Zellkern besitzen, Archaeen (Archaea) und Bakterien (Bacteria), darunter die Cyanobakterien (Cyanobacteria), werden als Prokaryoten bezeichnet. Nach WIKIPEDIA

²⁷⁴ Der pH-Wert ist ein Maß für die saure oder alkalische Reaktion einer wässrigen Lösung. Der pH-Wert ist eine dimensionslose Zahl, die den pH charakterisiert. Er ist der negative dekadische Logarithmus (= „Zehnerlogarithmus“) der

Wasserstoff-Ionen-Aktivität und von großer Bedeutung in der Chemie. $\text{pH} = 1$ bedeutet: sehr sauer, $\text{pH} = 14$: bedeutet sehr alkalisch. Nach WIKIPEDIA

²⁷⁵ Chitin ist neben Cellulose das am meisten verbreitete Polysaccharid auf der Erde und dient der Strukturbildung. Es unterscheidet sich von Cellulose durch eine Acetamidgruppe in jeder Sechsringseinheit. Es kommt sowohl bei Pilzen (Fungi) als auch bei Gliedertieren (Articulata) und Weichtieren (Mollusca) vor. Bei Pilzen bildet es einen der Hauptbestandteile der Zellwand. Bei Ringelwürmern (Annelida) kommt es im Mundraum vor. Bei Gliederfüßern (Arthropoden) ist es Hauptbestandteil des Exoskeletts. Auch bei Wirbeltieren wurde es gefunden, etwa bei Knochenfischen (Teleostei) und Schleimfischen (Blenniidae) wie dem Grauen Schleimfisch (*Paralipophrys trigloides*) Nach WIKIPEDIA

²⁷⁶ Robert Hooke, * 28. Juli 1635 auf der Isle of Wight; † 14. März 1703 in London, war ein englischer Physiker, Mathematiker und Erfinder. Er prägte den Begriff der Zelle. Nach WIKIPEDIA

²⁷⁷ Diffusion ist ein physikalischer Prozess, der zu einer gleichmäßigen Verteilung von Teilchen und somit zur vollständigen Durchmischung zweier Stoffe führt. Sie beruht auf der thermischen Eigenbewegung von Teilchen. Bei den Teilchen kann es sich um Atome, Moleküle oder Ladungsträger handeln. Bei ungleichmäßiger Verteilung, also Vorliegen eines Gradienten (Gefälles), bewegen sich statistisch mehr Teilchen aus Bereichen hoher in Bereiche geringer Konzentration bzw. Teilchendichte als umgekehrt. Dadurch wird netto ein makroskopischer Stofftransport bewirkt. Unter Diffusion versteht man in der Regel diesen Netto-Transport. Nach WIKIPEDIA

²⁷⁸ WIKIPEDIA, Oszillierende Reaktion: "*...vielmehr sind sie von immenser Bedeutung für das Leben. So fungieren sie als Taktgeber für periodische Prozesse (Sinusknoten des Erregungsbildungssystem des Herzens) oder synchronisieren die Nerventätigkeit im Gehirn...*".

²⁷⁹ Ilya Prigogine, * 25. Januar 1917, Moskau, Russland, † 28. Mai 2003, Region Brüssel-Hauptstadt, Belgien, war ein russisch-belgischer Physikochemiker, Philosoph und Nobelpreisträger. Seine Arbeiten über Dissipative Strukturen, Selbstorganisation und Irreversibilität haben einen nachhaltigen Einfluss ausgeübt. WIKIPEDIA

²⁸⁰ Hugo Marie de Vries (16. Februar 1848 - 21. Mai 1935) war ein niederländischer Botaniker und einer der ersten Genetiker. Er ist vor allem bekannt ... für die Einführung des Begriffs " Mutation ", und für eine Entwicklung Mutations-theorie der Evolution. Nach WIKIPEDIA

²⁸¹ Duden: Regression: (Statistik) Aufteilung einer Variablen in einen systematischen und einen zufälligen Teil zur angenäherten Beschreibung einer Variablen als Funktion anderer.

²⁸² Sir Francis Galton, * 16. Februar 1822 in Sparkbrook, Birmingham; † 17. Januar 1911 in Haslemere, Surrey, war ein britischer Naturforscher und Schriftsteller. Er wurde 1909 zum Ritter geschlagen und war – wie auch sein Cousin Charles Darwin – ein Enkel von Erasmus Darwin.

²⁸³ Es ist erlaubt, die Datei unter den Bedingungen der GNU-Lizenz für freie Dokumentation, Version 1.2 oder einer späteren Version, veröffentlicht von der Free Software Foundation, zu kopieren, zu verbreiten und/oder zum Modifizieren; es gibt keine unveränderlichen Abschnitte, keinen vorderen und keinen hinteren Umschlagtext.

²⁸⁴ *Escherichia coli* (abgekürzt *E. coli*) ist ein säurebildendes (Laktose-positiv), gramnegatives, stäbchenförmiges, Oxidase-negatives und peritrich begeißeltes Bakterium, das im menschlichen und tierischen Darm vorkommt. Es gehört zur Familie der Enterobacteriaceae (griech. „enteron“: Darm). Benannt wurde es 1919 nach seinem Entdecker Theodor Escherich. Es gehört zu den weltweit am besten untersuchten Organismen. Nach WIKIPEDIA

²⁸⁵ Hans Kuhn, * 5. Dezember 1919 in Bern, Schweizer Professor emeritus für Physikalische Chemie und ehemaliger Direktor am Max Planck Institut für biophysikalische Chemie (Karl-Friedrich-Bonhoeffer-Institut) in Göttingen. Nach WIKIPEDIA

²⁸⁶ Manfred Eigen, * 9. Mai 1927 in Bochum, deutscher Bio- bzw. Physikochemiker und ehemaliger Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen. Eigen wurde der Nobelpreis für Chemie (1967) in Anerkennung seiner Arbeiten zur Geschwindigkeitsmessung von schnellen chemischen Reaktionen verliehen. Nach WIKIPEDIA

²⁸⁷ Dem allgemein favorisierten "stereochemischen Modell" zufolge organisierte sich der genetische Code zunächst aus einem Ensemble sich selbst replizierender RNA-Moleküle (so genannter Ribozyme), die unmittelbar bestimmte Aminosäuren binden können. Diese so genannten Aptamere kodieren also direkt (ohne Umweg über einen "Transporter") Aminosäuren. So ist es durchaus wahrscheinlich, dass am Ende der RNA-Welt in einem Komplex sich selbst replizierender Ribozyme diverse Moleküle auch einige Aminosäure-Aptamere enthielten. Gesellten sich in der Folge weitere Aptamere hinzu, sowie ein Ribozym, welches die Verknüpfung der Aminosäuren zu Oligopeptiden katalysiert, wäre aus einem sich selbst replizierenden Hyperzyklus ein einfacher Translations-Apparat entstanden. Später könnten sich einige dieser Ribozyme auf die Herstellung von Peptiden, andere auf die "Beladung" von RNA-Molekülen mit Aminosäuren spezialisiert haben, während aus den so beladenen RNA-Molekülen wiederum die verschiedenen Sorten t-RNA entstanden sind (vgl. Knight/Landweber 2000; Kaiser 2009, 198f.). <http://ag-evolutionsbiologie.de/app/download/3387133802/Evolution-of-the-genetic-code.html>

²⁸⁸ Ribozyme (von Ribonucleinsäure (RNA) und Enzym) sind katalytisch aktive RNA-Moleküle, die wie Enzyme chemische Reaktionen katalysieren. Nach WIKIPEDIA

²⁸⁹ Ein Mitochondrium ist ein von einer Doppelmembran umschlossenes Organell mit eigener Erbsubstanz. Mitochondrien kommen in den Zellen fast aller Eukaryoten vor. Bei wenigen einzelligen Eukaryoten sowie bei Prokaryoten kommen sie nicht vor. Mitochondrien fungieren als „Energiekraftwerke“, indem sie der Zelle das energiereiche Molekül Adenosintriphosphat zur Verfügung stellen. Mitochondrien werden nicht neu gebildet, sondern gehen durch Teilung auseinander hervor. Bei Zellteilungen werden sie von der Mutterzelle auf die Tochterzellen verteilt. Mitochondrien sind in einem frühen Stadium der Evolution der Eukaryoten entstanden, vermutlich durch endosymbiontische Aufnahme von Bakterien. Nach WIKIPEDIA

²⁹⁰ Die Chloroplasten sind Organellen der Zellen von Grünalgen und höheren Pflanzen, die Photosynthese betreiben. Bei höheren Pflanzen können aus den photosynthetisch aktiven Chloroplasten durch Differenzierung Chromoplasten, Leukoplasten (Amyloplasten, Elaioplasten), Etioplasten und Gerontoplasten hervorgehen (zusammengefasst als Plastiden). Nach WIKIPEDIA

²⁹¹ DNA-Polymerasen, genauer DNA-abhängige DNA-Polymerasen, sind Enzyme, welche die Synthese von DNA aus Desoxyribonukleotiden an einer DNA-Matrize katalysieren. DNA-Polymerasen spielen eine Schlüsselrolle bei der DNA-Replikation.

²⁹² Die Elektronegativität ist ein allgemeines Maß der Anziehung eines Atoms für ein Elektron im Zustand der Bindungsbildung. Die Skala verläuft von Lithium (1) bis Fluor (4).

²⁹³ Das Redoxpotential ist ein Begriff aus der Elektrochemie und charakterisiert eine Messgröße von chemischen Redoxreaktionen. Genau genommen handelt es sich um das Reduktions-/Oxidationspotential eines Stoffes, gemessen unter Standardbedingungen gegen eine Standard-Referenz-Halbzelle. In biologischen Systemen ist das Standard Redoxpotential definiert beim pH 7,0 gegen eine Standard-Wasserstoffelektrode und dem Partialdruck von Wasserstoff von einem 1 bar. Nach WIKIPEDIA

²⁹⁴ Die Nernst-Gleichung beschreibt die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotentials eines Redox-Paares ($\text{Ox} + z e^- \rightarrow \text{Red}$)

$$E = E^0 + \frac{RT}{z_e F} \times \ln \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}$$

²⁹⁵ Ein Anhydrid ist eine chemische Verbindung, die aus einer Säure oder Base durch Entzug von Wasser entsteht. Nach WIKIPEDIA

²⁹⁶ Phosphorylase-Kinase ist ein Enzym, das das Enzym Glycogenphosphorylase phosphoryliert und damit aktiviert. Dadurch spielt sie im kaskadenförmigen Aktivierungsmechanismus des Glycogenabbaus von Tieren und Bakterien eine zentrale Rolle. Sie ist die erste Serin/Threonin-Kinase, die im Jahre 1959 von Edwin Gerhard Krebs und seinen Mitarbeitern entdeckt wurde.

Nach WIKIPEDIA

²⁹⁷ Siehe WIKIPEDIA von <http://de.wikipedia.org/wiki/Phosphane>

²⁹⁸ Als Osmose wird in den Naturwissenschaften der gerichtete Fluss von Molekülen durch eine semipermeable Membran bezeichnet. Osmose ist für viele Abläufe in der Natur von Bedeutung, besonders für die Regulation des Wasserhaushalts von Zellen und Pflanzen, und findet als Trennverfahren Anwendung in der Medizin und Verfahrenstechnik. Die theoretische Erklärung der Osmose liefert

die statistische Mechanik. <http://de.wikipedia.org/wiki/Osmose> - cite_note-0
Nach WIKIPEDIA

²⁹⁹ Kofaktoren, Koenzyme und Kosubstrate sind Bezeichnungen für verschiedene Einteilungen von Stoffen, die durch ihre Interaktion mit Enzymen biochemische Reaktionen beeinflussen. Es werden dabei organische Moleküle und auch Ionen (meist Metallionen) betrachtet. Verbindungen wie Wasser, die ubiquitär sind, werden zu keiner der Gruppen (auch nicht zu den Substraten) gerechnet. Nach WIKIPEDIA

³⁰⁰ Das Massenwirkungsgesetz (MWG) beschreibt die Division der Aktivitäten der Produkte und der Edukte einer (chemischen) Reaktion im chemischen Gleichgewicht. Das Verhältnis ist konstant. Es gilt für jede Reaktion, die reversibel ist und bereits ihren Gleichgewichtszustand erreicht hat. Die resultierende Konstante hat unter gegebenen Bedingungen einen festen, für die betrachtete Reaktion spezifischen Wert, der einzig über die äußeren Bedingungen (z. B. die Temperatur) beeinflusst werden kann. Die thermodynamische Erklärung hierfür ist, dass es immer einen energetisch niedrigsten und damit günstigsten Zustand gibt. Nach WIKIPEDIA

³⁰¹ Die Diagenese ist der geologische Prozess der Verfestigung von Lockersedimenten wie Schlamm und die Veränderung der Gesteine unter verhältnismäßig niedrigen Drücken und Temperaturen bis zu ihrer Abtragung. Nach WIKIPEDIA

³⁰² Symbiose (Zusammenwirken) bedeutet ein abhängiges Zusammenwirken von verschiedenen Individuen mit Vorteilen für die Teilnehmer.

³⁰³ Die Domäne ist in der jetzt allgemein akzeptierten systematischen Einteilung der Lebewesen nach Carl R. Woese (University of Illinois) die höchste Klassifikationskategorie. Alle Lebewesen werden in diesem System in drei Domänen eingeteilt, wobei die Unterteilung auf der unterschiedlichen Struktur der ribosomalen Ribonukleinsäure (rRNA) basiert. Diese drei Domänen sind:

- Bakterien (Bacteria), veraltet: Eubacteria
 - Die Domäne der Bakterien ist in Phyla (Stämme) unterteilt. (Prokaryoten)
- Archaeen (Archaea), veraltet: Archaeobacteria
 - Die Domäne der Archaeen ist in Phyla (Stämme) unterteilt. (Prokaryoten)
- Eukaryoten (Eukaryota)
 - Die Domäne der Eukaryoten ist in Reiche unterteilt (Nach WIKIPEDIA)

³⁰⁴ Das Enzym ATP-Synthase oder F_0F_1 -ATPase ist ein Transmembranprotein. Die ATP-Synthase tritt abhängig vom Verhältnis der Substrate und Produkte entweder als ATP-verbrauchende Protonenpumpe oder als Protonen-getriebene ATP-Synthase auf. Unter physiologischen Bedingungen besteht die Hauptaufgabe des Enzyms allerdings darin, die Synthese von ATP zu katalysieren. ATP ist eine energiereiche Verbindung, deren Bildung der Zufuhr von Energie bedarf. Um diese Energie aufzubringen, koppelt die ATP-Synthase die ATP-Bildung mit dem energetisch begünstigten Transport von Protonen (oder anderen Ionen) entlang eines Protonengefälles über eine Membran. Die ATP-Synthase ist also ein Energiewandler, der eine Energieform in eine andere umformt. Das Enzym spielt im Stoffwechsel fast aller bekannten Organismen eine zentrale Rolle, da ATP ununterbrochen, als Energieüberträger benötigt wird. Nach WIKIPEDIA

³⁰⁵ WIKIPEDIA: Peroxisomen, auch Microbodies (veraltet) genannt, sind Zellorganellen in eukaryotischen Zellen, die von einer Zellmembran umgeben sind. Sie verbrauchen in vielfältigen Stoffwechselfunktionen Sauerstoff und gelten daher als die ersten Entgiftungsapparate, die mit dem Auftreten einer sauerstoffhaltigen Erdatmosphäre erforderlich wurden

³⁰⁶ WIKIPEDIA: Katalase (Gen-Name: CAT) ist ein Enzym, das Wasserstoffperoxid (H_2O_2) zu Sauerstoff (O_2) und Wasser (H_2O) umsetzt. Wasserstoffperoxid entsteht beim Abbau von Hyperoxiden durch die Superoxiddismutase. Es fällt als Nebenprodukt beim Abbau von Purinen und bei der Oxidation von Fettsäuren an und kann zur Schädigung von Genom und Proteinen führen. Katalasen befinden sich daher in fast allen aerob lebenden Lebewesen, beim Menschen vor allem in den Peroxisomen der Leber und Nieren, und den Erythrozyten. Mutationen im CAT-Gen können zum erblichen Katalasemangel führen, der in Japan gehäuft vorkommt. <https://de.wikipedia.org/wiki/Katalase> - cite_note-1

³⁰⁷ Chlorophylle sind Chelat-Komplexe, bestehend aus einem derivatisierten Porphyrin-Ring und Mg^{2+} als Zentralion. Je nach Art des Chlorophylls sind an den Grundkörper verschiedene Seitenketten angehängt. So ist beispielsweise Chlorophyll a mit Phytol verestert. Chlorophyllide sind Chlorophylle ohne Seitenketten. Strukturell sind die Chlorophylle mit den Hämen verwandt, welche als Bestandteil des Blutfarbstoffs (Hämoglobin), des Myoglobins und der Cytochrome auftreten, als Zentralion jedoch nicht Magnesium sondern Eisen enthalten. Läuft die Photosynthese bei Lebewesen ab, die Sauerstoff freisetzen (oxygene Phototrophe), spricht man allgemein von Chlorophyll. Anoxygene Phototrophe erzeugen jedoch nicht Sauerstoff als Reaktionsprodukt bei der Photosynthese, bei

diesen Organismen bezeichnet man das Chlorophyll als Bakteriochlorophyll. Nach WIKIPEDIA

³⁰⁸ Assimilation ist der Stoff- und Energiewechsel, bei dem aufgenommene, körperfremde Stoffe unter Energiezufuhr schrittweise in körpereigene Verbindungen umgewandelt werden. Das Wort Assimilation kommt vom lateinischen assimilatio und bedeutet Angleichung, Eingliederung. Es werden also Stoffe aus der Umwelt den Anforderungen des Organismus angeglichen. Dabei wird nach dem jeweils bestimmenden aufgenommenen Stoff zwischen Kohlenstoff-, Stickstoff-, Schwefel, Phosphat- und Mineralstoff-Assimilation unterschieden. Nach WIKIPEDIA

³⁰⁹ Melvin Calvin, * 8. April 1911 in Saint Paul, Minnesota; † 8. Januar 1997 in Berkeley, Kalifornien, war ein US-amerikanischer Chemiker, Biochemiker und Nobelpreisträger, dem es nach dem Zweiten Weltkrieg gelang, die Sekundärreaktion der Fotosynthese aufzuklären. Nach WIKIPEDIA

³¹⁰ Plasmatische Grundsubstanz im Innenraum von Chloroplasten und anderen Plastiden. Plastiden sind Zellorganellen der Pflanzen und Algen, die aus endosymbiontisch lebenden Zellen hervorgegangen sind. Nach WIKIPEDIA

³¹¹ Delokalisierte Elektronen findet sich in konjugierten Systemen aromatischer Kohlenstoff Verbindungen, deren Elektronensystem sich über mehrere C-Atome erstrecken. Diese Elektronen sind dabei in einer „Elektronenwolke“ über die Kohlenstoffatome des gesamten aromatischen Systems verteilt und energetisch leichter beeinflussbar. Auch andere Atome, z.B. Sauerstoff-, Schwefel- oder Stickstoffatome, können in diese Konjugation einbezogen werden.

³¹² Die Ozonschicht ist ein Teil der Stratosphäre in 15-50 km Höhe, in der unter Einwirkung der energiereichen ultravioletten Strahlung der Sonne Sauerstoff in Ozon umgewandelt wird. Im Ozon sind im Gegensatz zu Sauerstoffmolekülen, die aus zwei Sauerstoffatomen bestehen, drei Sauerstoffatome gebunden.

³¹³ Eutrophierung bedeutet eine Überdüngung bzw. Überernährung der Pflanzen und anderer photosynthetisch aktiver Organismen (Cyanobakterien, Algen), besonders von Wasserpflanzen. Im engeren Sinne wird unter Eutrophierung die vom Menschen verursachte Erhöhung des Nährstoffangebotes, besonders von Nitrat und Phosphat, in Gewässern verstanden. Eutrophierung führt zu einer hohen Sauerstoffzehrung im Gewässer. Nach WIKIPEDIA

³¹⁴ Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, * 16. Februar 1834 in Potsdam; † 9. August 1919 in Jena, deutscher Zoologe, Philosoph und Freidenker, der die Arbeiten von Charles Darwin in Deutschland bekannt machte und zu einer speziellen Abstammungslehre ausbaute. Nach WIKIPEDIA

³¹⁵ Ein phylogenetischer Baum stellt die evolutionären Beziehungen zwischen verschiedenen Arten oder anderen Einheiten, von denen man vermutet, dass sie einen gemeinsamen Vorfahren besitzen, dar. Nach WIKIPEDIA

³¹⁶ Stephen William Hawking, * 8. Januar 1942 in Oxford, Großbritannien ist ein britischer theoretischer Physiker und Astrophysiker. Von 1979^[1] bis 2009^[2] war er Inhaber des Lucasischen Lehrstuhls für Mathematik an der Universität Cambridge, den einst Sir Isaac Newton und Paul Dirac innehatten. WIKIPEDIA

³¹⁷ Als Eddington-Grenze oder Eddington-Limit (nach dem britischen Physiker Sir Arthur Stanley Eddington) bezeichnet man in der Astrophysik die natürliche Begrenzung der Leuchtkraft. Es ist der größte Energiefluss, der durch eine hydrostatische Gas-Schichtung mittels Strahlung hindurch transportiert werden kann, bevor der Strahlungsdruck den hydrostatischen Druck überwindet. Der Strahlungsdruck kommt zustande durch Streuung der Strahlung an freien Elektronen, die Thomson-Streuung. Die Leuchtkraft eines bestimmten Objektes, bei welcher der hydrostatische Druck durch den Strahlungsdruck überwunden würde, heißt Eddington-Leuchtkraft.

³¹⁸ Ein Pulsar (Kunstwort aus engl. pulsating source of radio emission „pulsierende Radioquelle“) ist ein schnell rotierender Neutronenstern. Die Symmetrieachse seines Magnetfelds weicht von der Rotationsachse ab, weshalb er Synchrotronstrahlung entlang der Dipolachse aussendet. Liegt die Erde im Strahlungsfeld, empfängt man wie von einem Leuchtturm regelmäßig wiederkehrende Signale. Pulsare strahlen hauptsächlich im Radiofrequenzbereich, manchmal bis in den oder nur im Röntgenbereich. Von den mehr als 1700 bekannten Quellen ließen sich nur bei einigen wenigen auch im sichtbaren Bereich Intensitätsschwankungen beobachten. Die Rotationsdauer eines Pulsars ohne Begleiter liegt zwischen 0,01 und 8 Sekunden. Die Rotationsdauer erhöht sich pro Sekunde um etwa 10^{-15} s (d.h. er wird im Laufe der Zeit langsamer) und begrenzt die Lebensdauer auf etwa zehn Millionen Jahre. WIKIPEDIA

³¹⁹ Der Schwarzschild-Radius ist der Grenzradius, den ein Objekt erreichen muss, damit an seiner Oberfläche die Entweichgeschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit ist. Er stellt somit die Grenze zum Schwarzen Loch dar. Ein Schwarzes Loch ist ein Objekt, an dessen Oberfläche die Schwerkraft so stark ist, dass nichts dieses Objekt verlassen kann - noch nicht einmal Licht. Daher kann man Schwarze Löcher auch nicht direkt beobachten.

³²⁰ Ein Quasar ist der Kern einer meist weit entfernten aktiven Galaxie, die im sichtbaren Bereich des Lichtes nahezu punktförmig (wie ein Stern) erscheint und ungeheure Energiemengen in anderen Wellenlängenbereichen ausstrahlt. Daher leitet sich der Name Quasar von Quasi-Stellar Object bzw. Quasi-Stellar Radio Source (Radioquelle) ab. Quasare entwickeln sich in aktiven Galaxien. Sie entstehen durch Massesammlung in das im Zentrum jeder Galaxie anzunehmende Schwarze Loch. Durch Reibung und Zusammenbruch einer sich dabei bildenden Akkretionsscheibe in dieses Schwarze Loch kommt es zur Strahlung.

³²¹ Der Van Allen Strahlungsgürtel (benannt nach James van Allen) ist ein Torus energiereicher geladener Teilchen, die durch das magnetische Feld der Erde eingefangen werden. Diese Teilchen stammen überwiegend vom Sonnenwind und der kosmischen Strahlung. Der Gürtel besteht im Wesentlichen aus zwei Strahlungszonen: Die innere von ihnen erstreckt sich in niedrigen geografischen Breiten in einem Bereich von etwa 700 bis 6.000 km über der Erdoberfläche und besteht hauptsächlich aus hochenergetischen Protonen. Die zweite befindet sich in etwa 15.000 bis 25.000 Kilometer Höhe und enthält vorwiegend Elektronen. Seine Entdeckung ist auf den 31. Januar 1958 datiert. Die geladenen kosmischen Teilchen werden im Van-Allen-Gürtel durch das Magnetfeld der Erde in Folge der Lorentzkraft abgelenkt, in einer sogenannten magnetischen Flasche eingeschlossen und schwingen so zwischen den Polen der Erde mit einer Schwingungsdauer von ca. einer Sekunde hin und her. WIKIPEDIA

³²² Das Ekpyrotische Universum (von altgr. ekpyrosis „Weltenbrand“) ist ein im Jahre 2002 von Paul Steinhardt und Neil Turok publiziertes kosmologisches Modell, welches eine theoretische Möglichkeit zur Entstehung unseres Universums beschreibt. Nach WIKIPEDIA

Einige Kosmologen sehen nicht den Urknall, sondern die Kollision zweier Universen als Weltengründer. <http://www.wglobuli.homepage.t-online.de/index1.2.htm>

³²³ Wolfgang Priester, 22. 4. 1924 – 9. 7. 2005 war Gründungsdirektor des Bonner Instituts für Astrophysik und Extraterrestrische Forschung (IAEF),

³²⁴ Der Halo einer Galaxie ist ein annähernd kugelförmiger Bereich, der größer ist als die Galaxie selbst und in dessen Zentrum sie eingebettet ist. Im Halo befinden sich Kugelsternhaufen und wenige, meistens alte Einzelsterne, die das Zentrum der Galaxie außerhalb ihrer Rotationsebene, meistens auf exzentrischen Umlaufbahnen, umkreisen. Außerdem findet man dort interstellare Gaswolken und nach vorherrschender Meinung auch Dunkle Materie, deren Gravitation die Galaxien zusammenhalten und deren Zusammensetzung noch unbekannt ist. Der Halo der Milchstraße hat einen Durchmesser von ungefähr 165.000 Lichtjahren. Nach WIKIPEDIA

³²⁵ Rote Zwerge sind die kleinsten aktiven Sterne. Etwa 70 Prozent der Sterne des Milchstraßensystems gehören zu diesem Stern Typ. Ihre Masse beträgt zwischen 8 und 57 Prozent der Sonnenmasse. Bei einer geringeren Masse käme keine Wasserstofffusion zustande, es entstünde ein Brauner Zwerg. Die Masse eines typischen Roten M-Zwerges beträgt in etwa 10 Prozent der Sonnenmasse, der Radius weist 15 Prozent des Sonnenradius auf. Nach WIKIPEDIA

³²⁶ George Francis FitzGerald , * 3. August 1851 in Dublin, Irland; † 22. Februar 1901 , war ein irischer Physiker. Er war der Sohn von William FitzGerald, einem Professor für Moralphilosophie und späteren anglikanischen Bischof, und der Neffe von George Johnstone Stoney, dem das Elektron seinen Namen verdankt. WIKIPEDIA

³²⁷ Paul Adrien Maurice Dirac, * 8. August 1902 in Bristol; †20. Oktober 1984 in Tallahassee, britischer Physiker, Nobelpreisträger und Mitbegründer der Quantenphysik. Nach WIKIPEDIA

³²⁸ Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger, *12. August 1887 in Wien-Erdberg; †4. Januar 1961. Österreichischer Physiker und Wissenschaftstheoretiker. Er gilt als einer der Begründer der Quantenmechanik und erhielt für die Entdeckung neuer produktiver Formen der Atomtheorie gemeinsam mit Paul Dirac 1933 den Nobelpreis für Physik. Nach WIKIPEDIA

³²⁹ Georg Friedrich Bernhard Riemann , * 17. September 1826 in Breselenz bei Dannenberg (Elbe); † 20.Juli 1866, war ein deutscher Mathematiker, der trotz seines relativ kurzen Lebens auf vielen Gebieten der Analysis,

Differentialgeometrie, mathematischen Physik und der analytischen Zahlentheorie bahnbrechend wirkte. Er gilt als einer der bedeutendsten Mathematiker. WIKIPEDIA

³³⁰Willem de Sitter, * 6. Mai 1872 in Sneek; † 20. November 1934 in Leiden, war ein niederländischer Astronom. WIKIPEDIA

³³¹ Wenn eine Funktion gesucht wird, deren Ableitung $f(x)$ ist, kann man das durch die Gleichung

$$dy/dx = f(x)$$

ausdrücken. Solche Gleichungen, in denen die gesuchte Funktion $y(x)$ als Ableitung (= Tangentensteigung) vorkommt, heißen Differentialgleichungen. (Lang, 2005, S. 219)

³³² Martin Bojowald, * 18. Februar 1973 in Jülich) ist ein deutscher Physiker.

³³³ Eine Weltformel, oder eine Theorie von Allem (TOE, Theory Of Everything) ist eine hypothetische Theorie der theoretischen Physik und Mathematik, die zusammen alle bekannten physikalischen Phänomene gänzlich erklärt und verknüpft. Mit der Zeit ist der Begriff in die Popularisierungen der Elementarteilchenphysik eingeflossen, die zu einer Theorie erweitert werden soll, welche durch ein einzelnes Modell die Theorien aller grundlegenden Wechselwirkungen der Natur erklären würde. Nach WIKIPEDIA

³³⁵ Sadi, * 01.06.1796 in Paris, † 28.02.1832, Physiker. Erdachte den Carnotschen Kreisprozess

³³⁶ Julius Robert von Mayer, * 25. November 1814 in Heilbronn; † 20. März 1878 ebenda) war ein deutscher Arzt und Physiker. Er formulierte als einer der ersten den ersten Hauptsatz der Thermodynamik.

³³⁷ Der Logarithmus stellt die Umkehrung der Potenzrechnung dar. Man will z.B. wissen durch welchen Exponenten wird die 4 zur 64? – Die Antwort wäre 3, da $4^3 = 64$ ist. Der Logarithmus ist also die Antwort auf $4^x = 64$. Man spricht das folgendermaßen: „Der Logarithmus zur Basis 4 von 64 ist 3“. Geschrieben: $\log_4 64 = 3$

Der Logarithmus zur Basis e (Eulersche Zahl) wird auch als natürlicher Logarithmus bezeichnet und mit „ln“ abgekürzt:

Wenn $y = e^x$, dann ist $x = \log_e y = \ln y$.

³³⁸ mikrokanonisches Ensemble

N, V, E : Eine Menge abgeschlossener Systeme mit gegebener Teilchenzahl N , gegebenem Volumen V und gegebener Innerer Energie E (siehe auch: statistische Entropie, mikrokanonischer Zustand). Nach WIKIPEDIA

³³⁹ Das Committee on Data for Science and Technology (CODATA) ist eine in Paris ansässige Organisation mit dem Ziel der Verbesserung von Qualität, Zuverlässigkeit und Zugänglichkeit von interessanten Daten aus allen Feldern der Wissenschaft und Technologie. CODATA wurde um 1966 vom Internationalen Wissenschaftsrat (International Council for Science) gegründet. Nach WIKIPEDIA

³⁴⁰ Josef Stefan, * 24. März 1835 zu , † 7. Januar 1893 in Wien. Österreichischer Mathematiker und Physiker.

³⁴¹ Das Stefan-Boltzmann-Gesetz ist ein physikalisches Gesetz, das die von einem schwarzen Körper thermisch abgestrahlte Leistung in Abhängigkeit von seiner Temperatur angibt. Es ist benannt nach den Physikern Josef Stefan und Ludwig Boltzmann. Die Stefan-Boltzmann-Konstante ist eine Naturkonstante und i

Ihr Zahlenwert beträgt gemäß CODATA 2006

$$\sigma = 2\pi^5 k_B^4 / 15h^3c^2 = 5,670\,400 \pm 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

k_B Boltzmann-Konstante nicht mit σ zu verwechseln

³⁴² Als Brownsche Molekular Bewegung wird die vom schottischen Botaniker Robert Brown im Jahr 1827 wiederentdeckte Wärmebewegung von Teilchen in Flüssigkeiten bezeichnet. Dabei beschreibt jedes Atom oder Molekül eine Bewegung, deren Ausmaß temperaturabhängig ist. Weniger bekannt ist, dass bereits 1785 Jan Ingenhousz die Bewegung von Holzkohlestaub auf Alkohol beschrieb. Nach WIKIPEDIA

³⁴³ Die Gibbs-Energie G , benannt nach dem US-amerikanischen Physiker Josiah Willard Gibbs, ist ein thermodynamisches Potential mit den natürlichen unabhängigen Variablen Temperatur T , Druck p und Stoffmenge n . Im deutschen Sprachraum wird die Gibbs-Energie meist als Freie Enthalpie bezeichnet; gebräuchlich sind auch Gibbsche freie Energie oder Gibbs-Potential. Diese Bezeichnungen sollen in der Chemie jedoch nach einer Empfehlung der IUPAC nicht mehr verwendet werden

³⁴⁴ Augustinus Aurelius, * 13.11.354 in Tagaste in Numidien, † 28.08. 430 in Hippo Regius in Numidien, Theologe und Philosoph. (Lexikon, 1981, S. 393)

³⁴⁵ Eine besondere quantenmechanische Eigenschaft ist die Verschränkung. Zwei oder mehr Teilchen bezeichnet man als verschränkt, wenn sie nicht unabhängig voneinander beschrieben werden können. Klassisch ist es ja immer möglich, Eigenschaften von Objekten zu beschreiben, ohne dabei die Eigenschaften anderer Objekte kennen zu müssen. Zwar können Ort und Geschwindigkeit einer Billardkugel von dem vorangegangenen Stoß mit einer anderen Kugel abhängen, nach dem Stoß laufen aber beide Kugeln auf eigene Bahnen, die unabhängig voneinander beschrieben werden können. In der Quantenphysik ist das anders. Nach einem Stoß - oder allgemeiner: nach einer Wechselwirkung - können sich mehrere Teilchen in einem gemeinsamen Zustand befinden. Dieser Zustand kann zum Beispiel durch eine gemeinsame Wellenfunktion beschrieben werden, bei der die Wahrscheinlichkeit, mit denen eine Eigenschaft des einen Teilchens gemessen wird, von der Messung des anderen Teilchens abhängt. Dabei steht zur Zeit der Trennung der beiden Teilchen jedoch noch nicht fest, in welchem Zustand sich die Teilchen bei der Messung befinden werden. Für jedes einzelne der verschränkten Quantenteilchen ist also der Ausgang einer Messung unbestimmt, während die Korrelation von Beginn an feststeht. <http://www.quantenwelt.de/quantenmechanik/vielteilchen/verschraenkung.html>.

³⁴⁶ Kohärenz bezeichnet in der Physik eine Eigenschaft von Wellen, die stationäre (ortsfeste) Interferenzerscheinungen ermöglicht. Allgemeiner beschreibt die Kohärenz die Gesamtheit der Korrelationseigenschaften zwischen Größen eines Wellenfeldes. Nach WIKIPEDIA

³⁴⁷ Die Dekohärenz beschreibt die Entstehung klassischer Eigenschaften - also der Welt, in der es eindeutige Zustände wie 'tot' und 'lebendig' gibt - aus einem Quantensystem. Ziel der Dekohärenz Theorie, an der schon vor 30 Jahren geforscht wurde, ist zu klären, wie klassische Phänomene zustande kommen, wenn

doch die Gesetze der Quantenmechanik überall gelten sollen. . <http://www.sci-nexx.de/wissen-aktuell-6541-2007-05-21.html>

³⁴⁸ Als Hadronen bezeichnet man Teilchen, die der starken Wechselwirkung unterworfen sind, im Gegensatz etwa zu Leptonen. Sie sind aus Quarks und deren Antiteilchen zusammengesetzt und somit im eigentlichen Sinn keine Elementarteilchen. Die bekanntesten Hadronen sind die Nukleonen (Neutronen und Protonen), aus denen die Atomkerne aufgebaut sind. Je nach Spin werden die Hadronen eingeteilt in

- Mesonen, sie haben ganzzahligen Spin. Sie bestehen aus einem Quark und einem Antiquark, dem Antiteilchen eines Quarks.
- Baryonen, sie haben halbzahligen Spin. Sie bestehen aus drei Quarks (Antibaryonen aus drei Antiquarks). Nach WIKIPEDIA

³⁴⁹ Bremsstrahlung ist die elektromagnetische Strahlung, die entsteht, wenn ein geladenes Teilchen, zum Beispiel ein Elektron, beschleunigt wird. Jede Geschwindigkeitsänderung eines geladenen Teilchens erzeugt Strahlung. Von Bremsstrahlung im engeren Sinne spricht man, wenn Teilchen in Materie gebremst werden.

³⁵⁰ Gottfried Wilhelm Leibniz, * 21. Juni in Leipzig; † 14. November 1716 in Hannover, war ein deutscher Philosoph und Wissenschaftler, Mathematiker, Diplomat, Physiker, Historiker, Politiker, Bibliothekar und Doktor des weltlichen und des Kirchenrechts in der frühen Aufklärung. Er gilt als der universale Geist seiner Zeit und war einer der bedeutendsten Philosophen des ausgehenden 17. und beginnenden 18. Jahrhunderts. Nach WIKIPEDIA

³⁵¹ Joseph Fraunhofer, seit 1824 Ritter von Fraunhofer, * 6. März 1787 in Straubing; † 7. Juni 1826 in München, war ein deutscher Optiker und Physiker. Er begründete am Anfang des 19. Jahrhunderts den wissenschaftlichen Fernrohrbau. Ein Objektivtyp, das Fraunhofer-Objektiv, wurde nach ihm benannt. Seine hervorragendste Leistung besteht in der Verbindung von exakter wissenschaftlicher Arbeit und deren praktischer Anwendung für neue innovative Produkte. Mit dieser Denkweise wurde Joseph von Fraunhofer zum Vorbild und Namensgeber der heutigen Fraunhofer-Gesellschaft. Nach WIKIPEDIA

³⁵² Ein Isotop eines Elements enthält immer die gleiche Anzahl an Protonen und Elektronen, aber unterschiedliche Anzahl von Neutronen.

³⁵³ Astronomie und Astrophysik, starke, dunkle Absorptionslinien im Sonnenspektrum. Sie entstehen durch Absorption des von der Photosphäre ausgesandten Lichtes in der unteren Chromosphäre, die etwa 1000 K kühler ist. J. von Fraunhofer katalogisierte ab 1815 etwa 500 Spektrallinien, wobei er die Linien zunächst mit Buchstaben kennzeichnete. Die markantesten Linien werden auch heute noch so bezeichnet, wie etwa die D-Linien des Na-Dubletts oder die H- und K-Linien des Calciums, wobei letztere als Linien, die auch im interstellaren Medium erzeugt werden, für die Astrospektroskopie von besonderer Bedeutung sind. Die Fraunhofer'schen Linien zeigen eine durch die Sonnenrotation hervorgerufene Doppler-Verschiebung. Die Bezeichnung Fraunhofer-Linien wird heute meist auf diese klassischen Linien eingeschränkt, während man bei den über 25 000 bekannten Spektrallinien der Sonne vom Sonnenspektrum spricht. Aus: http://www.techniklexikon.net/d/fraunhofersche_linien/fraunhofersche_linien.htm

³⁵⁴ Orbitale (Molekülorbitale) stehen für Bereiche um den Atomkern (Atomkerne von Molekülen), in denen die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen mathematisch durch Wellenfunktionen beschreibbar ist (Schrödinger Gleichung). Durch Überlappung von Orbitalen können Bindungen durch Elektronen zwischen Atomen entstehen.

³⁵⁵ Das Periodensystem der Elemente zeigt die Stellung und die daraus ableitbaren Eigenschaften der Elemente, ab 92 radioaktiv, die letztlich aus der Zahl der Elektronen der äußeren Elektronenhülle resultieren. Siehe auch Teil 2

³⁵⁶ Bildungsenthalpie ist die Energieänderung (Reaktionswärme), die eine chemische Reaktion unter Berücksichtigung der Änderung des Drucks mit sich bringt.

³⁵⁷ Johann Wolfgang Döbereiner, * 13. Dezember 1780 in Hof; † 24. März 1849 in Jena, deutscher Chemiker, der als Vordenker für die Entstehung des Periodensystems gilt und mit der Untersuchung von Platin den Weg zur Katalyse ebnete. Nach WIKIPEDIA

³⁵⁸ Julius Lothar von Meyer, * 19. August 1830 in Varel, Oldenburg ; † 11. April 1895 in Tübingen, deutscher Arzt und Chemiker. Er ist neben Dmitri Mendelejew Mitbegründer des Periodensystems der chemischen Elemente. Nach WIKIPEDIA

³⁵⁹ Dmitri Iwanowitsch Mendelejew, * 27. Januar in Tobolsk, Russland; † 20. Januar in Sankt Petersburg) war ein russischer Chemiker. Er erarbeitete, unabhängig von Lothar Meyer, eine Systematik der chemischen Elemente, die er periodische Gesetzmäßigkeit nannte. Sie ermöglichte eine tabellarische Anordnung, heute Periodensystem oder Periodisches System der Elemente (PSE) genannt sowie die Vorhersage von drei neuen Elementen. Damit vollendete Mendelejew vorläufig die 50-jährige Suche nach einem Zusammenhang zwischen den Atomgewichten und den chemischen Eigenschaften der chemischen Elemente. Zu seinen Ehren bekam das Element 101 den Namen Mendelewium. Nach WIKIPEDIA

³⁶⁰ Ein Möbiusband ist eine zweidimensionale Struktur in der Topologie, die nur eine Kante und eine Fläche hat. Wikipedia

³⁶¹ Eine Longitudinalwelle– auch Längswelle genannt – ist eine physikalische Welle, die in Ausbreitungsrichtung schwingt (Druckwellen). Sie benötigt immer ein Medium, um sich fortzubewegen. Das bekannteste Beispiel ist Schall in Luft und Wasser. Ihr Gegenstück. Nach WIKIPEDIA

Internet: Chemieonline Forum

Nick F.

Studienort: TUD, CalTech, UW

Studienfach: Mathematik

Ort: Dùn Èideann (Edinburgh)