

Kosmische (Bio)- Chemie

Eine lange Geschichte des Lebens

Inhaltsverzeichnis

Panspermie oder Spontane Zeugung?	2
Am Anfang war...	4
Kühle Zeiten brechen an	5
Molekülwolken	6
Die ersten Sterne	7
Silikatkörnchen	9
Kohlenstoff	10
Das Reiseziel – vom Körnchen zum Kometen?	11
Beginn des Lebens	12
Das Miller- Experiment	14
Ein wenig Chemie	15
Ein geeignetes Zuhause	20
Sind wir allein?	22

©Werner Kasper März 2010

Panspermie oder Spontane Zeugung?

Einige Fragen werden sich sofort jedem stellen, der sich mit der Geschichte des Lebens beschäftigt:

- I. Wie begann das Leben auf der Erde?
- II. War dies ein einmaliges Ereignis, oder wird es sich millionenfach im Universum wiederholen?
- III. Ist die Evolution, bis hin zum Menschen, Zufall, oder eine Folge der ständigen Weiterentwicklung des Alls?
- IV. Werden wir uns weiterentwickeln und sogar einmal den Weltraum erobern, oder sind wir zum Untergang verdammt?

Wir wollen nun versuchen, eine Antwort auf die erste Frage zu finden. Zur zweiten, der ernsthaften Suche nach extraterrestrischen Lebenszeichen, werden seit Jahren weltweite Anstrengungen unternommen (siehe weiter unten: **SETI-Projekt**). Ob es hierauf Antworten gibt wird erst die Zukunft zeigen. Falls ja, ist damit auch die dritte Frage beantwortet. Eine Lösung der letzten Frage ist uns jedoch nicht möglich. Fragen wir uns also, wie das Leben begann.

Es gibt zwei grundlegende Theorien:

Die erste besagt, dass es Leben schon immer gab im Universum, dies ist die so genannte **Panspermie-Hypothese**. Die andere Möglichkeit wird durch die **Spontane Zeugung** beschrieben, nach welcher Leben auf der Erde aus lebloser Materie entstanden ist. Hier spielen möglicherweise Kometen und Meteoriten eine bedeutende Rolle, dazu aber später mehr. Die Bezeichnung Panspermie geht auf den schwedischen Naturwissenschaftler **Svante Arrhenius** zurück, der diesen Begriff bereits 1908 einführte. Hiernach soll das Leben in Form von Keimen auf Staubkörnchen zur Erde gekommen sein.

Schon 500 v.Chr. äußerte **Anaxagoras**, ein griechischer Philosoph, seine Vorstellung, dass tierische und pflanzliche Keime überall im Kosmos vorhanden sind und sich jederzeit bei Auftreten günstiger Bedingungen entfalten können.

Derartige Keime können nun auf verschiedenen Wegen durchs Universum treiben: Nach Arrhenius werden sie durch den Strahlungsdruck der Sterne angetrieben (man spricht dabei von der so genannten **Radiopanspermie**). Gemäß der **Lithopanspermie**, die von **Lord Kelvin** und **Hermann Helmholtz** um 1870 benannt wurde, verbreiten sich die Lebenskeime durch Meteoriten.

Allerdings ergeben sich für beide Hypothesen schier unlösbare Schwierigkeiten:

Der Strahlungsdruck der Sterne ist äußerst gering, seit der Entstehung des Universums könnten die Keime höchstens ein paar Tausend Lichtjahre weit gekommen sein! Viel zu wenig, um die Milchstraße, geschweige denn das gesamte Universum zu "bekeimen".

Die Lithopanspermie zeigt eine weitere Schwierigkeit: Tauchen Meteoriten in die Erdatmosphäre ein, verglühen sie vollkommen bis hin zum Gewicht von einigen Gramm. Haben sie eine Masse von mehr als einer Tonne (was in der Frühzeit unseres Planeten sicher keine Seltenheit war!), werden sie beim Aufprall durch die freiwerdende kinetische Energie völlig zerstört. Lediglich im Massebereich von einigen Kilogramm erhitzen sich Meteorite nur in den äußeren Schichten, das Innere bleibt unversehrt, wobei die äußeren Schichten organischer Materie sogar als Hitzeschutzschild dienen, ähnlich wie bei den heutigen Space-Shuttles. Winzige Staubkörner von unter 5 μm allerdings rieseln dagegen sanft und "unverletzt" zur Erde hinab.

Aber es gibt noch weitere Probleme hinsichtlich der Panspermie- Hypothesen. Die Bedingungen im freien Weltraum sind extrem lebensfeindlich! Einerseits herrscht neben einem fast absoluten Vakuum eine ausgesprochene Kälte von - 273 $^{\circ}\text{C}$ (= 0 [K]). An anderen Orten dagegen, in den heißen Gas- und Staubwolken, müssten die Keime mehrere Millionen Kelvin ertragen. Hinzu kommt noch ein Beschuss mit hochenergetischer UV-, Röntgen- oder Gammastrahlung und mit superschnellen Teilchen wie Protonen oder α -Teilchen (Heliumkerne). Doch selbst aus diesem Dilemma gibt es einen Ausweg, und zwar durch die **Gezielte Panspermie**.



Hiernach könnten extraterrestrische Intelligenzen die Erde vor Jahrtausenden besucht und sie gezielt mit Keimen geimpft haben, um zu sehen wie sich der Planet entwickelt. Sie könnten das Leben auch ungewollt zu uns gebracht haben, indem sie einfach ihren mit Keimen verseuchten Abfall zurück ließen...

Spätestens hier erkennen wir die Probleme und Widersprüche der Panspermie-Hypothesen. Wenn sie nämlich zutreffen sollten, dann muss es das Leben schon immer gegeben haben! Oder wir stehen wiederum vor der Erklärungsnot, wie und wann und an welchem Ort es entstand. Wenn es aber Leben schon immer gab, muss auch unser Universum schon immer existiert haben - damit wäre es ein Universum ohne Entwicklung. Gegen letzteres sprechen aber alle unsere Beobachtungen und Erkenntnisse. Wir wissen, dass wir in einem sich stetig

weiterentwickelnden Kosmos leben, der vor knapp 14 Milliarden Jahren "geboren" wurde. Die Hypothesen der Panspermie verlieren deshalb ihre Bedeutung, will man der tatsächlichen Entstehung des Lebens auf den Grund gehen. Daher wollen wir uns nun mit der Theorie der **Spontanen Zeugung** auseinandersetzen und die *Lange Geschichte des Lebens* verfolgen.

Am Anfang war ...

Unsere Geschichte beginnt nicht mit dem Urknall. Der Urknall war kein Ereignis, denn um ein solches zu beschreiben, benötigt man Raum und Zeit, die uns geläufige Raumzeit existierte aber noch nicht. Wir wissen nichts über dieses *Nichtereignis*, vielleicht war der Anfang auch ganz anders, wie im Beispiel **Ekpyrotisches Universum** beschrieben. Also beginnt unsere Geschichte 10^{-43} [s] nach dem Urknall, als das Universum eine Größe von 10^{-35} [m] und eine Temperatur von 10^{32} [K] hatte. Alle Naturkräfte ("Wechselwirkungen") sind miteinander verschmolzen ("*Große Vereinheitlichung*"), es ist vollkommen symmetrisch. Seine Ausdehnung ist so winzig, dass es der Quantenunschärfe unterliegt und erst im Alter von 10^{-35} [s] aus dem Quantenbereich austritt. In diesem Zeitraum besteht der Kosmos aus einer Ursuppe von Photonen, Quarks und Antiquarks, W- und Z- Bosonen (die 100- Mal schwerer als ein Proton sind) und den superschweren X- Bosonen mit der 10^{15} -fachen Masse eines Protons. Bei seiner Expansion kühlt sich das All weiter ab und die X- Bosonen können nicht mehr erzeugt werden, dafür betreten andere Bosonen die Bühne. **Higgs-Bosonen**, bislang noch nicht nachgewiesene Teilchen, welche der Materie zu ihrer Masse verhelfen.

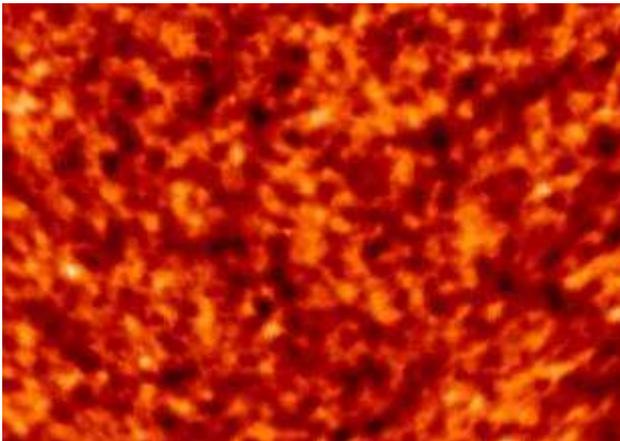
Durch die zunehmende Abkühlung findet ein Phasenübergang von einem symmetrischen Universum in ein solches mit gebrochener Symmetrie statt: die zuvor vereinigten Wechselwirkungen trennen sich voneinander. Man kann sich das am Beispiel unterkühlten Wassers vorstellen. Trotz einer Temperatur unterhalb von 0 [°C] ist es noch flüssig. Schlagartig kann es aber zu Eis kristallisieren, wobei Kristallisationswärme freigesetzt wird. Ähnliches machen auch die Higgs- Bosonen, welche noch bis 10^{-32} [s] nach dem Urknall unterkühlt sein können und sich dann in bestimmter Weise ausrichten. In der Zeit zwischen 10^{-35} [s] und 10^{-32} [s] aber wird noch keine Energie freigesetzt, und genau das bewirkt die exponentielle Expansion des Kosmos, die *Inflationsphase* setzt ein und bläht das All um den Faktor 10^{50} auf.

Nach 10^{-32} [s] wird die Energie des Phasenübergangs, die *Kristallisationswärme*, freigesetzt, wodurch eine ungeheure Zahl von neuen Teilchen, Photonen, Quarks und Antiquarks, erzeugt werden. Gleich darauf beginnt die größte Schlacht im Universum, denn die Teilchen und Antiteilchen

annihilieren, vernichten sich gegenseitig zu Photonen. Aber die Quarks sind im Vorteil: sie sind den Antiquarks zahlenmäßig überlegen, und zwar um den Faktor ein Milliardstel! Aus diesen, bis 1 [s] nach dem Urknall übrig gebliebenen Quarks besteht alle Materie im Kosmos, und natürlich auch wir. Das Universum ist jetzt nur noch 10 Milliarden [K] heiß und ein dichter Brei aus Protonen, Neutronen, Elektronen und Photonen. 10 [s] lang setzen nun Kernreaktionen ein, die etwa 25% der Materie in Heliumkerne umwandeln und einen geringen Prozentsatz an Lithium.

Kühle Zeiten brechen an

Für einen langen Zeitraum, 300 000 Jahre, war es das erst einmal. Es geschieht (fast) nichts in dieser Zeit. Jetzt aber ist das All auf 5000 [K] abgekühlt und die Elektronen können sich mit den Protonen und Heliumkernen verbinden und die ersten Wasserstoff- und Heliumatome bilden. Die Photonen wechselwirken nicht mehr ständig mit diesen Teilchen und der Kosmos wird durchsichtig. In den nächsten 100 Millionen Jahren kehrt wieder "Ruhe" ein, das Universum kühlt sich bis auf 200 [K] ab. War das alles?



Mit freundlicher Genehmigung des [BOOMERANG Project](#)

Den bisher tiefsten Blick in die Vergangenheit zeigt uns dieses Bild, das vom **Boomerang-Teleskop** 1998 im Millimeter-Wellenlängenbereich von einem Stratosphärenballon aus gewonnen wurde. Wir sehen Strukturen des heißen Plasmas, das den Kosmos im Alter von ungefähr 300 000 Jahren erfüllte, als Fluktuationen der Temperatur.

Gewiss nicht! Das Universum war nicht vollkommen gleichmäßig, es gab noch aus seiner Quantenzeit feinste Störungen, Fluktuationen der Materiedichte, die im Endeffekt dazu führen, dass sich in den langen Zeiträumen Materie in Strukturen ansammelt. Das führt schon im "jugendlichen" Alter von 100 000 bis zu 1 Million Jahren zur Ausbildung der ersten Protogalaxien. Hier beginnen Wolken aus atomarem Wasserstoff (es gab ja neben Helium nur Wasserstoff als Hauptbestandteil der Materie) sich unter der eigenen Schwerkraft zusammenzuziehen, wobei sie sich auf bis zu 1000 [K] erwärmen.

Molekülwolken

Jetzt können sich die H- Atome zum Wasserstoffmolekül H_2 zusammenlagern und, so erstaunlich das klingt, diese Moleküle kühlen die dichten Bereiche der Wolke ab! Sie kollidieren nämlich mit den noch vorhandenen Wasserstoffatomen, und die hierbei freiwerdende (Gravitations-) Energie wird in Form von Infrarotphotonen abgestrahlt. Die Wasserstoffwolke kühlt sich bis auf 200 [K] ab und es bilden sich Klumpen, die durch die Eigengravitation zusammengehalten werden.



Molekülwolken wie diese mit der Bezeichnung **Barnard 68** im Sternbild Schlangenträger sind so dicht, dass sie alles Licht dahinter liegender Sterne verschlucken. Sie enthalten zudem viele Moleküle schwerer Elemente und Staub, das kühlt die Wolken wesentlich effektiver - sie haben nur eine Temperatur von 10 [K]. Dieser Kühlungsmechanismus aber hat eine schwerwiegende Bedeutung für die weitere Entwicklung!

Denn wenn durch die zunehmende Dichte der Wolke die Temperatur steigt, wird auch der Druck größer, und ohne Kühlung könnte sie niemals weiter kollabieren, weshalb es keine Sterne im Kosmos geben würde. Doch es gibt noch einen weiteren wesentlichen Aspekt.

Mit freundlicher Genehmigung von FORS Team, 8.2-meter VLT Antu, ESO

Der englische Astrophysiker **James Jeans** (1877 bis 1946) hat berechnet, dass die Masse einer Wolke, damit sie unter der eigenen Schwerkraft kollabieren kann, abhängig ist von der Temperatur **T** und der in der Wolke herrschenden Dichte **p**:

$$r_G = \sqrt{T/P} \quad m_G = \sqrt{T^3/P}$$

Hierin bedeuten r_G = Grenzradius und m_G = Grenzmasse einer Wolke. Nach diesem **Jeansschen Kriterium** kollabiert eine Wolke bei Überschreitung dieser Grenzgrößen.

Bei den 10 [K] kalten Molekülwolken der Milchstraße reicht eine Masse von einer Sonnenmasse aus, um die Kontraktion einzuleiten. Die primordialen (urzeitlichen) "warmen" Wasserstoffwolken benötigen nur aufgrund der höheren Temperatur hierzu aber 1000 Sonnenmassen! Was bedeutet dies nun alles?

Die ersten Sterne

Die viel schlechtere Kühlung der reinen Wasserstoffwolken sorgt dafür, dass sich größere Massen ansammeln. Bei zunehmender Dichte kollidiert ein H₂-Molekül bereits wieder mit einem H-Atom, bevor es noch ein IR-Photon aussenden konnte. Das erhöht die Bewegungsenergie der Teilchen und damit die Temperatur - eine Kontraktion wird verzögert. Aus allen diesen Aussagen folgt, dass die ersten Sterne sehr massereich gewesen sein müssen. Bereits 100 bis 250 Millionen Jahre nach dem Urknall "erhellte" diese erste Sternengeneration den Kosmos, es waren wahrhaftige Kolosse von mehreren hundert, ja bis zu 1000 Sonnenmassen! Damit waren sie auch superschnelle Brüder, in deren Zentren die ersten schweren Elemente des Universums fusioniert wurden (der Astronom bezeichnet schlicht alle Elemente schwerer als Wasserstoff und Helium als **Metalle**, was eigentlich ein physikalisch-chemischer Unsinn ist! Dennoch wird dieser Begriff auch hier verwendet.). Sie werden sehr viel Energie freigesetzt haben, allein ihre Oberflächentemperatur dürfte 100 000 [K] betragen haben. Daher haben sie das All nicht wirklich erhellt, ihre Energie wurde überwiegend im UV-Bereich abgestrahlt und hat mit Sicherheit allen Wasserstoff und alles Helium ionisiert.

Die Lebenserwartung der ersten Sterne konnte naturgemäß nicht groß sein. Sie gingen derart verschwenderisch mit ihren Brennstoffvorräten um, dass sie schon nach 3 Millionen Jahren in unvorstellbar heftigen Explosionen die ersten Metalle ins All bliesen.



Wie dieser Supernovaüberrest, Cassiopeia A, haben seit vielen Milliarden Jahren ungezählte Sterne schwere Elemente in ihrem Innern erbrütet und nach einem relativ kurzem Leben diese in den Kosmos zurückgegeben. Hier explodierte ein Stern vor 10 000 Jahren, rote Farben der Gasfetzen weisen auf Schwefel hin, blaue auf Sauerstoff.

Mit freundlicher Genehmigung von R. Fesen (Dartmouth) and J. Morse (CASA, U. Colorado), Hubble Heritage Team, NASA

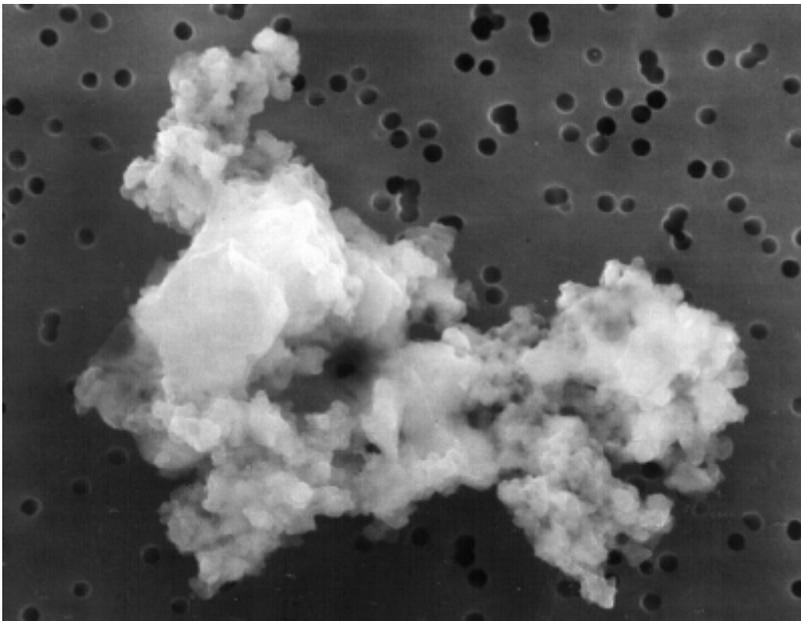
Zurückgegeben an das interstellare Medium, konnten diese Metalle, die nun auch in Form feinsten Staubkörner erschienen, die großen Molekülwolken der nächsten Generation viel besser kühlen. Es konnten deshalb auch nur noch relativ massearme Sterne entstehen, die nun aber langlebig waren.

Einige der ersten Sternriganten kollabierten an ihrem Ende sicher zu **Schwarzen Löchern**, von denen leicht mehrere miteinander verschmelzen konnten. So bildeten sich die Keime der supermassiven Schwarzen Löcher in den Galaxienzentren, deren ungeheure Aktivität uns noch heute in Form der **Quasare** fasziniert.

Heute ist das ganze Universum erfüllt mit chemischen Brutstätten - den Sternen. Wir haben im Kapitel *Energieumwandlung der Sterne* gesehen, wie diese riesigen Gasbälle aus dem einfachsten Element, dem aus nur einem Proton und einem Elektron bestehenden Wasserstoff alle bekannten Elemente bis hin zum Eisen in ihren Zentren fusionieren. Als "Nebenprodukt" erwärmen sie dabei ihre Umgebung und strahlen ihr Licht in den Raum. Massereiche Sterne enden in gewaltigen Supernovaexplosionen, wobei sie noch schwerere Elemente als Eisen bilden und an die **Interstellare Materie** zurückgeben. Zudem produziert jeder Stern einen mehr oder weniger starken, von seiner Masse und seinem Entwicklungsstadium abhängigen Sternwind, der die interstellaren Räume mit verschiedenster Materie bereichert.

Silikatkörnchen

In der Umgebung der Sterne und in ihren äußeren Atmosphären herrschen Bedingungen, die es zulassen, dass sich Elemente zu Verbindungen zusammenlagern. Wasser (H₂O), Kohlenmonoxid (CO), Methan (CH₄), Cyan (CN) oder Ammoniak (NH₃) sind nur einige wenige Beispiele. In den großen Molekülwolken gar findet man bis zu 90 verschiedene Moleküle, die meisten von ihnen zählt man sogar zu den organischen Verbindungen (Verbindungen des Kohlenstoffs). Eine wichtige Rolle in der kosmischen Synthese von Verbindungen spielen alte Sterne, die das **Rote- Riesen-** Stadium erreicht haben: Sie schleudern winzige, nur 1/10 Mikrometer große Silikat-körnchen ins All. Diese begeben sich jetzt auf eine lange Reise und haben Hunderte von Millionen Jahre Zeit, chemische Reaktionen durchzuführen. Es sind die kleinsten Laboratorien im Universum! Aber wie könnte so etwas funktionieren?



Solch ein Staubkörnchen erzählt uns noch heute von den Anfängen unseres Sonnensystems. Nur 1/10 so groß wie ein menschliches Haar, besteht dieses Körnchen aus Silikaten und trägt

Kohlenstoffverbindungen mit sich. Dieses hier wurde eingefangen von einem extrem hochfliegenden U2- Flugzeug. NASA's **STARDUST-** Mission hat 2004 den Schweif des Kometen Wild 2 durchflogen und 2006 erfolgreich eine Fülle von weiteren Proben dieses interplanetarischen Staubes zur Erde gebracht.

Mit freundlicher Genehmigung der [NASA](#)

Bevor die Silikat-körnchen den Bereich des Sterns endgültig verlassen, überziehen sie sich mit einer Eisschicht aus gefrorenem Wasser, Methan und Ammoniak, Verbindungen, die man in der Sternumgebung findet. Nun beginnt ihre lange Reise, und für ewige Zeiten passiert nichts. Aber irgendwann nähert sich unser Körnchen einem anderen Stern und wird mit dessen UV- Strahlung konfrontiert. Durch die so zugeführte Energie können sich die Moleküle aufspalten und so genannte **Radikale** bilden, recht reaktionsfreudige Molekülgruppen wie z.B. OH, CH₃ oder NH₂. Wieder der Kälte des Weltraums

ausgesetzt, sind sie recht inaktiv, können aber in den langen Zeiträumen der Reise langsam zur Oberfläche wandern. Unser Körnchen kommt wiederum in den Bereich eines anderen Sterns, oder es stößt in einer Molekülwolke mit anderen Partikeln zusammen. Es erwärmt sich dabei und die Radikale reagieren heftig miteinander! CH_3 und NH_2 bilden jetzt Methylamin, CH_3NH_2 , und OH und CH_3 lagern sich zu Methanol (Methylalkohol) CH_3OH zusammen. Unser *Mikrolabor* hat seine ersten Synthesen vollzogen!

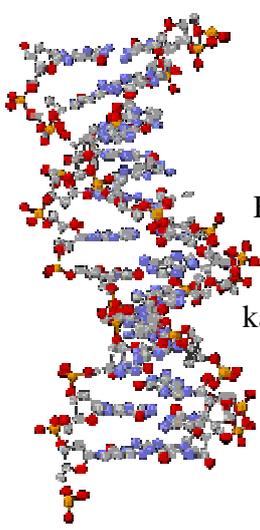
Doch schon wieder ist unser Silikatkörnchen der Weltraumkälte ausgesetzt, die Reaktionen frieren ein. Aber irgendwann, nach Äonen, wird es durch ein Ereignis erneut erwärmt, die Reaktionen setzen wieder ein und am Ende ist das winzige Körnchen mit einer bunten Mischung aus verschiedensten organischen und anorganischen Verbindungen überzogen. Wir finden Formaldehyd H_2CO , Blausäure HCN, Verbindungen des Phosphors (der später sehr wichtig wird für die Bildung der DNS) wie CP oder CN und viele andere mehr. Ja, man hat sogar nachweisen können, dass der meiste Kohlenstoff im Weltraum in Form so genannter **polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe** gebunden ist, bereits recht großer Moleküle.

Kohlenstoff

Kohlenstoff mit seinen 4 Außenelektronen ist prädestiniert für die Bildung langkettiger oder ringförmiger Moleküle, die aus Hunderttausenden von Atomen bestehen können. Er stellt die Basis der organischen ("belebten", im Gegensatz zur "unbelebten" anorganischen) Chemie dar, weil kein anderes chemisches Element in der Lage ist, eine solche Vielfalt von Verbindungen einzugehen. Wir kennen heute mehrere Hunderttausend verschiedene organische Verbindungen, die neben dem (häufigsten) Wasserstoff (H) auch Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Phosphor (P), Schwefel (S) und viele andere mehr enthalten können. Einige Namen sind Ihnen sicher geläufig: Aminosäuren, Proteine, Vitamine, Desoxiribonukleinsäure (**DNS**), Hämoglobin (eine Verbindung mit Eisen, der rote Blutfarbstoff), Chlorophyll (das "Grün" der Pflanzen)...man könnte Tausende weitere natürlichen Ursprungs aufzählen. Unzählige synthetisch erzeugte organische Verbindungen verschönern, erhalten oder verlängern unser Leben in Form von Farben, Kunststoffen, Medikamenten. Es würde den Rahmen dieser Seite völlig sprengen, wollte man diese Vielfalt näher beschreiben!

Vieľfach wurde in der Science Fiction- Literatur beschrieben, wie auch in Fachkreisen ernsthaft diskutiert, dass Leben auch auf einer komplexen Siliziumchemie basieren könnte.

Vielleicht in Kombination mit Ammoniak (NH_4OH), nach Wasser dem zweitbesten Lösungsmittel. Dazu muss man aber bedenken, dass Silizium längst nicht in der Lage ist, dermaßen komplexe Verbindungen aufzubauen wie der Kohlenstoff.



Erwähnt sei hier die **DNA** (siehe nebenstehende Skizze) als Träger der Erbinformation, ohne die eine Fortpflanzung bzw. Vervielfältigung von Individuen kaum denkbar wäre. Silizium kann solch komplexe Strukturen kaum bilden, und schon gar nicht in der fast unübersehbaren Vielfalt wie der Kohlenstoff! Es ist noch nicht einmal denkbar, dass "primitivstes" Leben in Form von Einzellern aus Silizium gebildet werden könnte.

Das Reiseziel - vom Körnchen zum Kometen?

Unsere Staubkörner haben jetzt eine Reise von Hunderten Millionen Jahren hinter sich gebracht. Möglich, dass es jetzt in eine interstellare Gas- und Staubwolke gelangt, in der sich bereits Myriaden anderer Silikatkörner aus allen Teilen der Galaxie eingefunden haben. Im Zentrum dieser Wolke hat sich inzwischen ein Protostern gebildet, der auch schon von einer protoplanetaren Staubscheibe umgeben ist. Unser Körnchen wird, wie Milliarden andere auch, vielleicht von einem Kometen eingefangen und damit zu einem regelrechten Impfkern.



Eines Tages fällt dieser Komet auf einen Planeten und bringt mit seiner Fracht neben Wasser eine Fülle von fertigen organischen Verbindungen auf die Oberfläche. Die präbiotische ("Vorlebens"-) Phase des Planeten ist initiiert! Im

Laufe der Zeit fängt der Planet immer mehr Kometen ein. Man konnte ausrechnen, dass in der Frühphase unseres Planeten alles Wasser durch ein Bombardement aus solchen "schmutzigen Schneebällen", wie man Kometen auch nennt, herangeschafft wurde.

Mit freundlicher Genehmigung von Don Davis, NASA

Allerdings werden große Körper wie Kometen, die leicht einen Durchmesser von 1000 [Km] erreichen können, bei ihrem Aufprall völlig zerstört, so dass auch die organischen Moleküle den Absturz nicht "überleben". Kleinere Meteoriten bis zu einigen Gramm Masse verglühen in der Atmosphäre, bei größeren aber werden nur die äußeren Schichten stark erhitzt, so dass die innere "Fracht" unzerstört erhalten bleibt. Feiner Staub (Mikrometeorite), wie unser Körnchen und der auch im Kometenschweif zu finden ist (die Erde durchkreuzt mehrmals jährlich solche Schweife, die wir dann als Meteoritenschauer sehen), schwebt jedoch unbeschadet zur Erdoberfläche. So könnte auch unser Körnchen einfach auf die Erde gelangt sein, immerhin rieseln noch heute täglich rund 8 Tonnen solchen Staubes auf unseren Planeten herunter. Auf diese Weise konnte schon in der Frühzeit des Planeten dessen Oberfläche leicht mit 1 Milliarde Tonnen oder mehr organischen Materials geimpft werden. Er ist inzwischen schon soweit abgekühlt, dass Wasser zu Meeren kondensieren kann.

Kometen, wie hier Hale-Bopp, haben entscheidende Einflüsse auf die Entwicklung des Lebens genommen. Sicher hatten sie einen großen Beitrag geleistet, die Oberfläche unseres Planeten allein durch ihre Schweife mit organischer Materie zu versorgen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit haben sie auch alles Wasser zur Erde geschafft. Auch in späteren Zeiten, als das Leben bereits weit vorangeschritten war, nahmen diese kosmischen Bomben Eingriffe in die Entwicklung.



Mit freundlicher Genehmigung von W. Pacholka und NASA

Beginn des Lebens

Während dieser Abkühlphase regnet es wahrhaft sintflutartig, die Atmosphäre ist mit Luftfeuchtigkeit geschwängert wie in einer Waschküche. In den Regentropfen löst sich der größte Teil des Kohlendioxids der Atmosphäre, welches später mit dem Kalzium der Gesteinsoberfläche die unlöslichen Kalksedimente bildet. Durch diese Auswaschung bleibt dem Planeten ein mörderischer Treibhauseffekt, wie wir ihn etwa von der Venus kennen, erspart.

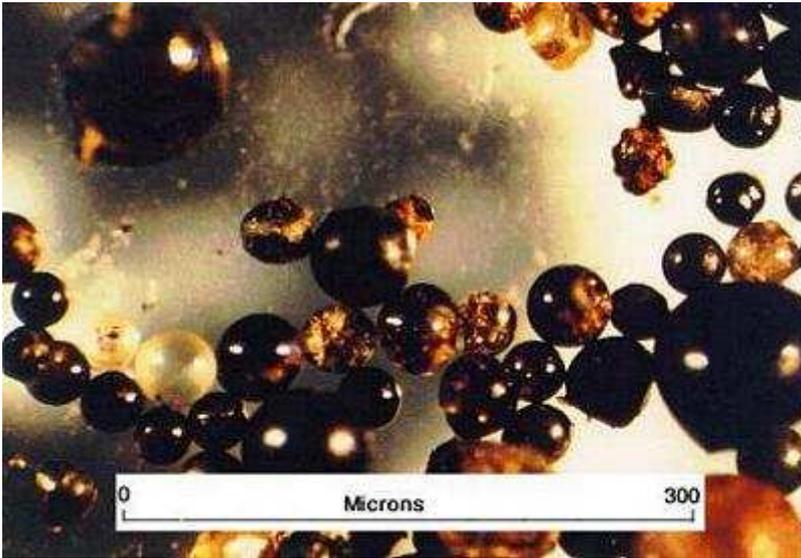
Mitten in dieses Szenario läßt der Komet seine kosmische Fracht ab, entweder direkt durch Einschlag oder in Form von Meteoriten oder Mikrometeoriten. Neben der Impfung des Planeten mit diesem organischen Material wirkt aber vielleicht noch ein anderer Mechanismus. In der feuchtwarmen frühen Atmosphäre finden sich Methan, Ammoniak und Wasserstoff, und es gewittert heftig! Schon vor etwa 50 Jahren hat man ([Stanley Miller](#), siehe weiter unten) eine solche Uratmosphäre im Labor erzeugt und sie elektrischen Entladungen ausgesetzt. Dabei entstanden recht schnell verschiedene organische Verbindungen, unter anderem Aminosäuren, Bestandteile der Proteine. In den Meeren, vielleicht auch in Seen, Bachläufen oder sogar Pfützen, die alle für eine konstante Temperatur sorgen und Schutz vor der wilden Atmosphäre bieten, vollzieht sich jetzt das Wunder. Organische Moleküle lagern sich zu größeren Strukturen und Verbänden zusammen und beginnen, sich selbst zu reproduzieren. Es sind gerade 700 Millionen Jahre vergangen, nachdem der Planet sich gebildet hat (eine im kosmischen Maßstab lächerlich kurze Zeitspanne), und schon beginnen die ersten einzelligen Organismen - Bakterien - mit der Eroberung des Planeten. Das Leben nimmt seine unaufhaltsame Entwicklung. Eingestehen müssen wir uns allerdings bis heute, dass wir nicht das Geringste darüber wissen, welche Umstände den vielen verschiedenen Molekülen das einhauchte, was wir Leben nennen.



Meteoritical Society
name: HaH 259
classification: H5
 Found 1998, scattered on
 four square meters
 Total mass: 5055 gr
 Nb. of frag.: many
 main mass: 3615 gr
 cut for analysis: 40 gr
 Fe% 17.2 Fs% 15.4
 Wo% 1.5
 classified by Paul P. Siplera
 Planetary Studies Foundation, USA
 publication
 Meteoritical Bulletin N°83

Meteorite in verschiedenen Größen, Formen und Zusammensetzungen erzählen uns noch heute von der kosmischen Biochemie. Etwa 5 % aller gefundenen Meteorite, die alle zusammen Zeugen der Entstehung des Sonnensystems sind, sind die so genannten **Chondrite** (*Chondren*, kleine Kügelchen), wie dieser mit der Bezeichnung HaH 259. In ihnen konnte man schon im 19. Jahrhundert Kohlenwasserstoffe nachweisen.

Mit freundlicher Genehmigung von [R. & R. Pelisson](#)

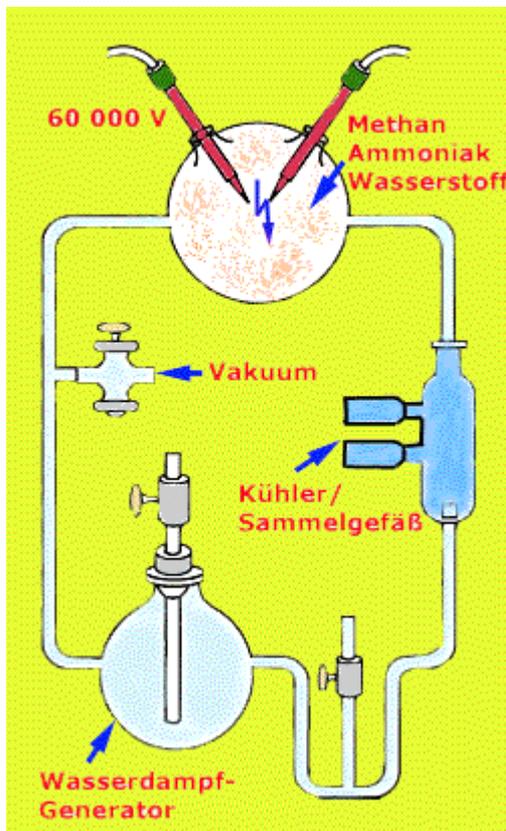


Eine Vielzahl von Verbindungen findet man auch in Mikrometeoriten. In solchen Zeitzeugen konnten aromatische, sechseckförmige Moleküle, stickstoffhaltige Fünfecke, Radikale wie COOH, OH uva. nachgewiesen werden. Insgesamt hat man bisher etwa 74 Aminosäuren, 87 aromatische und 140 aliphatische Verbindungen, 5 Basen der DNA sowie Graphit, Diamant, Silikate usw. in Meteoriten entdecken können.

Mit freundlicher Genehmigung von Cold Regions Research and Engineering Laboratory

Das Miller- Experiment

Stanley Miller führte 1953 folgendes Experiment durch:



In einen Glaskolben, der mit Methan, Ammoniak und Wasserstoff gefüllt war, leitete er Wasserdampf ein und setzte diese künstliche, der irdischen Uratmosphäre nachempfundene Mischung elektrischen Entladungen von 60 000 Volt aus. In einer Kühlfalle sammelte er die entstandenen Reaktionsprodukte und analysierte nach einigen Tagen die erhaltene Mischung. Er fand unter anderem folgende Zusammensetzung:

Diverse Karbonsäuren	13.0%
Glycin	1.05%
Alanin	0.85%
Glutaminsäure	Spuren
Asparaginsäure	Spuren
Valin	Spuren

sowie weitere Verbindungen.

Je nach Zusammensetzung seiner Uratmosphäre erhielt er eine Fülle von Aminosäuren, Kohlenhydrate, Fettsäuren usw. Damit war klar, dass aus einfachen anorganischen Molekülen komplexe organische Verbindungen entstehen können, die durchweg eine wichtige Rolle im Aufbau des Lebens spielen.

Wenn Sie möchten, können Sie auf der Homepage den Originalbericht von Stanley Miller als pdf- Datei downloaden (eine wirkliche Rarität im Internet!).

Neuere Experimente unter ähnlichen Bedingungen von **Carl Sagan** zielten daraufhin ab, die Atmosphäre des Saturnmondes Titan zu simulieren, weil diese bereits einige organische Verbindungen enthält. Neben Stickstoff als Hauptbestandteil findet man in dieser Atmosphäre Blausäure (HCN, aus 5 Molekülen dieser Verbindung kann man Guanin oder Adenin synthetisieren, zwei Purinbasen, welche als Leitersprossen in der Doppelhelix Verwendung finden), weiterhin einige % Methan und in Spuren Äthan, Propan, Acetylen, Methylacetylen, Cyanacetylen, Dicyanacetylen und CO und CO₂.

In seinen Versuchen fand Sagan 59 verschiedene Substanzen, darunter 27 Nitrile sowie Polyene, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und Aminosäuren.

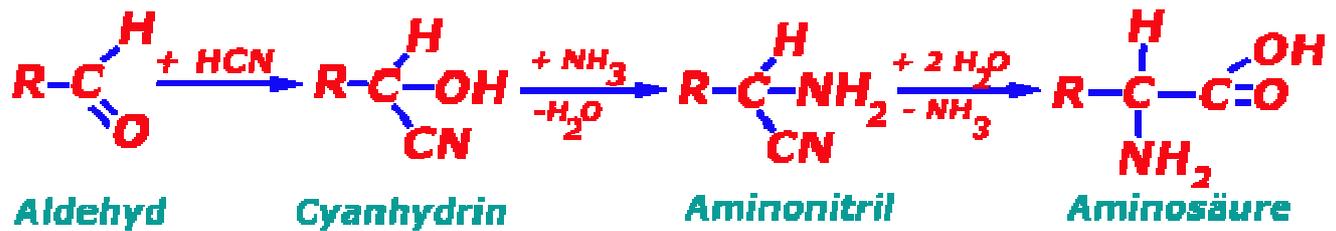
Weitere Laborarbeiten unternahm **Francois Raulin** (Paris). Nach seinen Erkenntnissen könnte sich die präbiotische Chemie in zwei Stufen aufteilen:

1. In einer aus Methan, Stickstoff und Wasserdampf bestehenden Uratmosphäre bilden sich leicht durch die UV- Bestrahlung und elektrische Entladungen (Blitze) reaktive organische Moleküle wie Nitrile (**RCN**, R= Radikal, eine beliebige reaktive Gruppe) und Aldehyde (**RCHO**).

2. Im Wasser der Ozeane, in Seen oder Pfützen reagieren diese Vorläufersubstanzen weiter zu Aminosäuren, Purinbasen und Zucker.

Ein wenig Chemie

Die **Aminosäuren** (richtiger heißen sie Aminocarbonsäuren) können z.B. entstehen aus einem Aldehyd, Ammoniak und Blausäure:



Diese Reaktionen finden technisch Anwendung in der so genannten **Strecker-Synthese**.

Aminosäuren mit der allgemeinen Struktur **H₂N-RCH-COOH** bilden unter Wasserabspaltung Proteine:



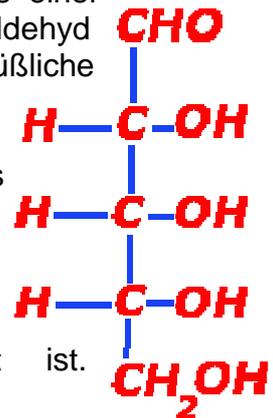
Von diesen Aminosäuren finden lediglich 20 verschiedene im irdischen Leben Verwendung. In Meteoriten konnte dagegen 90 Aminosäuren nachweisen, von denen 8 im irdischen "Einsatz" sind.

Stickstoffhaltige Basen gehen auf eine Polymerisation von Nitrilen (**R-CN**) in wässriger Lösung zurück. Hier können sich aus HCN die Purinbasen *Adenin* und *Guanin* bilden, während aus dem Cyanacetylen **HC₂-CN** Pyrimidbasen wie *Cytosin*, *Uracil* und *Thymin* entstehen.



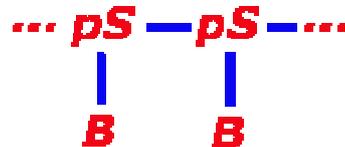
Zucker können aus Aldehyden dargestellt werden. So könnte aus dem in der "Ursuppe" vorhandenen *Formaldehyd* HCHO (einer Verbindung, die man bereits in den großen Staub- und Gaswolken beobachtet) Ribose und die Desoxiribose entstehen:

Schon 1861 (Butlerow) bzw. 1886 (Loew) konnte man aus einer Calciumhydroxidlösung mit Paraformaldehyd bzw. Formaldehyd ohne großen Aufwand bei Raumtemperatur eine "süßliche Verbindung" synthetisieren. Die einfachsten Zucker sind Monosaccharide, Pentosen wie die Ribose, Glucose oder Fructose. Nebenstehend ist die Struktur des (D (-)) Ribose- Moleküls dargestellt.

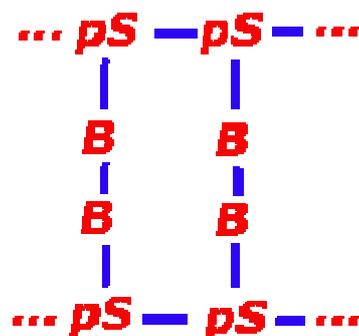


Ersetzt man eine oder mehrere OH- Gruppen durch H, so spricht man von Desoxizuckern, wie der Desoxiribose, die am Aufbau der **Desoxiribonucleinsäure** (DNS) beteiligt ist.

Diese Zucker (**S**) bilden mit den stickstoffhaltigen Basen (**B**) die Grundbausteine, welche mit der Phosphorsäure H_3PO_4 (**p**) so genannte Nukleotide mit der Struktur (**pSB**) bilden. Diese Nukleotide lagern sich leicht zu Ketten zusammen:



Nun ist der Weg nicht mehr weit bis zur Doppelhelix der DNS! In dieser sind zwei Nukleotid- Ketten durch Paare der stickstoffhaltigen Basen miteinander verbunden, man sagt, die Basen stellen die Sprossen einer Leiter dar. Folgender Ausschnitt aus der DNS verdeutlicht dies:



Hier sind zwei Ketten durch Basenpaare **B B** miteinander verbunden. Diese Paare dienen quasi als Sprossen in der Leiter der Doppelhelix.

Es ist durchaus denkbar, dass eine solche Entwicklung auf der Erde stattgefunden hat. Problematisch ist an diesem Modell allerdings, dass solche Reaktionen in den Meeren kaum möglich gewesen sein dürften, denn die großen Wassermengen führen zu einer schnellen Verdünnung der Konzentration vorhandener Verbindungen. Aber es gab sicherlich auch geschützte Orte wie kleinere Seen oder Pfützen, die sich vielleicht sogar in Höhlen oder Grotten befanden. Nach einer neueren Hypothese (*Cairns-Smith*) könnte sich die präbiotische Chemie auch auf tonhaltigen Böden abgespielt haben, wobei der Ton als Katalysator wirkt. Somit umgeht man elegant auch die Hydrolyse, der Aufspaltung von Molekülen in Ionen in wässriger Umgebung.

Seit Millers Experiment wissen wir, dass die meisten Grundbausteine des Lebens unter recht einfachen Bedingungen "produziert" werden können. Hierzu zählen die oben genannten Aminosäuren, Purin- und Pyrimidbasen sowie Zucker, welche die Bausteine von RNS und DNS darstellen. Miller ging in seinem Versuch aber von falschen Voraussetzungen aus. Für seine Experimente verwendete er Methan, Ammoniak, Wasserstoff und Wasser. Jedoch glaubt man heute, dass auf der frühen Erde kaum Ammoniak vorhanden gewesen sein kann, denn dieses wäre durch die hohe UV-Strahlung (mangels Sauerstoff gab es noch keine schützende Ozonschicht, die ja aus Sauerstoff gebildet wird) sehr schnell zerstört worden. Und Wasserstoff als leichtestes Element würde sich umgehend in den Weltraum verflüchtigen. Wahrscheinlich gab es auch nicht allzu viel Methan, eher glich die irdische Atmosphäre der unserer beiden Nachbarplaneten Venus und Mars, die aufgrund fehlender Bioaktivität bis heute weitgehend unverändert erhalten blieb. In der Uratmosphäre überwiegen damit Kohlendioxid, Stickstoff und Wasserdampf.

Doch alle genannten Verbindungen kann man auch aus einfachsten Molekülen wie Blausäure, Formaldehyd und Wasser zusammen"basteln", wie sie sicherlich von Meteoriten oder Kometen zur Erde gebracht wurden. Doch selbst wenn die oben gezeigten Synthesen bis hin zur DNS führten, reicht das nicht aus, um zu "leben"! Das erste Leben muss durch eine Hülle, eine "Zelle" vor äußeren Umwelteinflüssen geschützt werden, weil sonst die Moleküle und die in ihnen enthaltenen (Erb-) Informationen fortgespült würden. Solche Zellmembranen bestehen aus Fettsäuren, zu deren Entstehung aber Temperaturen von etwa 450 [°C] erforderlich sind. Wir wissen nicht, wie sich diese gebildet haben könnten. Vielleicht lag der Beginn des Lebens daher nicht in den Meeren oder Seen, sondern entstand eher in Nischen wie z.B. heißen, unterseeischen Quellen. Hier treten Gase wie Methan aus, ein Vorteil ist auch die hohe Temperatur (wir kennen heute Bakterien, die man nur in solchen Umgebungen findet). Mineralische Salze könnten hier für eine genügende reduzierende Wirkung

sorgen, um eine präbiotische Chemie zu initiieren. Möglicherweise sind auch Viren die ersten Bewohner der Erde gewesen, Verbände von nur wenig mehr als 1000 Molekülen. In jedem Fall muss auch innerhalb der Zelle die chemische "Energieversorgung" sichergestellt sein, was durch Enzyme, einer Unterfamilie der Proteine, gelingt. Informationstragende Moleküle schließlich, wie die RNS (Ribonukleinsäure) oder DNS (Desoxiribonukleinsäure) übertragen wichtige Informationen ("Erbgut") auf Tochterzellen. Unsere heute bekannten Moleküle sind viel zu kompliziert, als dass hiermit das Leben hätte beginnen können. Es muss auch einfacher gegangen sein!

Die Vervielfältigung von Molekülgruppen mit der Fähigkeit, "Fehler" zu machen (das nennt man Evolution!) könnte so entstanden sein:

- I. Die in der Atmosphäre vorhandenen, oder durch Kometen/Meteoriten zur Erde gelangten einfachen organischen Moleküle entwickeln in Wasser an geschützten Orten eine präbiotische Chemie. Möglicherweise spielen unterseeische, vulkanische Aktivitäten eine Rolle, oder tonhaltige Böden wirken als Katalysator.
- II. Als nächstes entsteht eine einfache "Kopiermaschine", die Informationen an Tochterzellen weitergibt. Entstandene Fehler führen zur Weiterentwicklung (Mutationen). Durch Ton oder eine erste Proteinmembran geschützt, entwickelt sich eine Prä- RNS- Welt
- III. Es bildet sich die RNS- Welt: Einfache Ribonukleinsäuren, welche ihr eigenes Enzym ("Ribozym") darstellen, entstehen durch Katalyse, Informationen werden gespeichert und weitergegeben, die Evolution führt zur Entwicklung von funktionellen Membranen, erste Protozellen entstehen.
- IV. Jetzt treten die ersten Mikroorganismen auf. Vor etwa 2,3 Milliarden Jahren teilen sie sich in 3 verschiedene Entwicklungswege: Archäobakterien, Eubakterien und Eukaryoten. Später gehen Zweige der Eubakterien, Mitochondrien und Chloroplasten eine Symbiose mit den Eukaryoten ein. Das hat vor 0,7 Milliarden Jahren zur Entwicklung von Pflanzen, Tieren und Pilzen geführt

Durch intensive Forschung auf dem Gebiet unserer ungeheuer komplexen Biochemie wissen wir heute, dass Leben auf immer einfachere Weise möglich ist, immer weniger komplizierte Moleküle erforderlich sind. Wir wissen, dass die Proteine und Nukleinsäuren nicht von Anfang an vorhanden sein mussten, um die Funktionen Katalyse bzw. Informationsweitergabe zu erfüllen. Die RNS kann beide Funktionen übernehmen und somit Leben auf einfachster Stufe ermöglichen. Somit brauchen wir uns heute nicht mehr zu fragen, was zuerst da war, die DNS oder die Proteine. Eine einfache RNS genügt. Die Frage, wer zuerst da war, die Henne oder das Ei, erübrigt sich damit!

Wir haben auf unserer langen Reise durch die Zeit gesehen, dass alle Zutaten für eine kosmische Biochemie überall und reichlich im Universum vorhanden sind. Und überall, in jeder der vielleicht 500 Milliarden (oder mehr) Galaxien des Alls sorgen Milliarden von Sternen ständig für weiteren Nachschub an Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und allen anderen Elementen, den "Zutaten", aus denen jede Mikrobe und letztendlich auch wir alle bestehen. Wir sind nichts anderes als Sternenstaub! Es sollte daher prinzipiell an jedem (geeigneten) Ort im All möglich sein, dass sich unter günstigen Bedingungen Leben - auch intelligentes - entwickeln kann. Aber leider bietet nicht jeder Ort diese günstigen Bedingungen. Im Gegenteil!

Ein geeignetes Zuhause

Dass Planetensysteme um andere Sterne keine Seltenheit, sondern eher die "Regel" sind, wissen wir heute. Fast täglich entdeckt man neue, wenn auch bislang meist solche von Jupiters Ausmaßen oder noch größer. Doch es ist nur noch eine Frage der Zeit, bis wir auch Planeten von Erdgröße nachweisen. Das ist die erste Bedingung, die erfüllt sein muss, damit Leben entstehen kann: es braucht einen festen Boden unter den Füßen, einen Planeten also. Damit dieser entstehen kann, muss die Urwolke, aus der Stern und Planeten sich bilden, einen hohen Gehalt an gesteinsbildenden Elementen/Verbindungen aufweisen. Auf einem Gasplaneten wie Jupiter sind die Bedingungen für Leben denkbar schlecht, eine feste Oberfläche und die Anwesenheit von Wasser sollten daher gegeben sein. Hinzu kommt, dass sich der Planet innerhalb einer Ökosphäre aufhält, einer Umlaufbahn, die es dem Wasser gestattet in flüssiger Form vorzuliegen. Hätte die Erde eine nur um 5% kleinere Umlaufbahn, so wäre alles Wasser gasförmig aufgrund eines venusähnlichen Treibhauseffektes.

Als nächstes benötigen wir eine stabile Umlaufbahn, die bei den recht häufigen Doppelsternen oder gar Mehrfachsystemen kaum gegeben ist. Durch die ständigen Bahnstörungen würden die Planeten irgendwann in ihre Sonnen stürzen, zumindest aber könnten sich keine gleichmäßigen klimatischen Verhältnisse einstellen. Es sollte also ein Planetensystem um eine einzelne Sonne sein, in welchem die Umlaufbahnen nahezu kreisförmig sind. Der Stern sollte zudem nicht viel mehr als zwei Sonnenmassen aufweisen, damit seine Lebensdauer genügend lang ist. Unter 0,5 Sonnenmassen wird er dann wohl zu wenig Licht und Wärme spenden. Ein Mond als Trabant des Planeten wäre ein weiterer Vorteil, denn er wirkt sich stabilisierend auf die Rotation aus. Zumindest ein großer Gasplanet übernimmt mit seiner Gravitation die Aufgabe, Kometen und andere Bruchstücke und Kleinkörper einzufangen, um unseren Planeten nach und nach immer besser vor Einschlägen zu schützen.

Nun müssen wir noch die örtlichen Gegebenheiten betrachten! Ein Planetensystem in der Nähe des galaktischen Zentrums hätte sicher "keine ruhige Minute". Instabile Umlaufbahnen der dicht stehenden Sterne, ein ständiges Bombardement mit hochenergetischen UV-, Röntgen- oder Gammastrahlen gilt es hier zu überstehen. Denn das zentrale Schwarze Loch, welches fast in jeder Galaxie zu finden ist, kann durch den Einfang eines Planeten oder Sterns sehr aktiv werden und mit plötzlichen Strahlungsausbrüchen überraschen. Miteinander kollidierende Sterne, häufige Supernovaexplosionen oder schnell rotierende Pulsare erschweren zusätzlich jeden Aufenthalt in dieser Zone.

Die massereichen, dichten Dunkelwolken der Spiralarme sind bestimmt auch nicht der richtige Ort für belebte Planeten. Die sehr intensive Strahlung vieler massereicher und daher kurzlebiger Sterne ist nicht sehr einladend. Geht man dagegen weiter in die äußeren, ruhigeren Bereiche der Spiralarme, so findet man eine stetige Abnahme des Gehaltes an Metallen. Die Bildung von Planeten (Gesteine!) ist hier kaum noch möglich. Es gibt daher, analog zur planetaren Ökosphäre, auch eine solche galaktischen Ausmaßes.



Außerirdische, wenn sie intelligent und auf der Suche nach bewohnten oder bewohnbaren Planeten wären, würden damit gezielt in einem bestimmten Gürtel der Milchstraße im Abstand zwischen 15000 und 40000 Lichtjahren vom Zentrum suchen. Hier ist die Wahrscheinlichkeit am größten, etwas "Brauchbares" zu finden, auf lebensfreundliche Bedingungen zu treffen (die Sonne ist 28 000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt). Im nebenstehenden Bild ist die Ökosphäre einer Galaxie als grüner Bereich angedeutet. Sicher würden sie ihre Suche auch nicht in elliptischen Galaxien beginnen, denn hier sind die Sternbahnen eher zufällig und ungeordnet und daher kaum geeignet, Planeten stabile Bedingungen zu bieten.

Sind wir allein?

Trotz aller Einschränkungen, die wir hier für "lebensbejahende" Orte im Universum und unserer Milchstraße machen mussten, sollte allein in unserer Galaxie eine millionenfache Chance für die Entwicklung von Leben bestehen. Aufgrund dieses Wissens suchen Hunderttausende Wissenschaftler und Laien weltweit im Rahmen des Projekts **SETI** nach dem Beweis für außerirdisches Leben. Am Ende dieser Bemühungen wird hoffentlich - vielleicht schon morgen - der erste Kontakt zu "E.T." stehen!



Es ist allerdings auch nicht völlig auszuschließen, dass wir die einzigen intelligenten Lebewesen sind. Verdanken wir doch unsere Existenz sehr wahrscheinlich einer zufälligen Katastrophe, nämlich einem Meteoriteneinschlag vor etwa 65 Millionen Jahren, der den weltbeherrschenden Dinosauriern ein Ende setzte. Erst von da ab dominierten die Säugetiere das Geschehen und entwickelten sich schließlich bis zum *homo sapiens*. Solche Katastrophen sind mindestens 3 Mal in der Geschichte der belebten Erde geschehen, und jedes Mal gab es große Änderungen in der Entwicklung von Fauna und Flora. Sind wir also ein Zufallsprodukt, oder führt die Entwicklung des Lebens "automatisch" zu intelligenten Lebensformen? Wir wissen es nicht.

Mit freundlicher Genehmigung von Don Davis, NASA

Wie schon eingangs erwähnt, wissen wir absolut nichts darüber, was zu dem Wunderwerk des Urknalls geführt hat. Genauso wenig wissen wir wie es dazu kam, dass komplexe organische Moleküle plötzlich begannen, sich zu organisieren, größere Strukturen zu bilden und sich zu vermehren. Es ist uns völlig unbekannt, wie das Leben entstand. Nachweislich gab es jedenfalls schon vor 3,8 Milliarden Jahren erste Einzeller auf der Erde. Es kann sein, dass es Leben schon immer gab und durch Meteorite in Form von Sporen oder Bakterien zur Erde kam. Es kann sein, dass Außerirdische die frühe Erde besuchten und Keime auf den Hinterlassenschaften eines Picknicks zurück ließen. Aber das ist alles eher unwahrscheinlich, solche Deutungen sind zu einfach, ebenso wie die Schöpfungsgeschichte. Denn wir *wissen* heute, dass es eine Evolution gibt! Nicht nur die des Lebens, sondern auch eine des gesamten Kosmos. Entstanden aus einer zufälligen Quantenfluktuation, entwickelte sich das All zu immer komplexeren Strukturen - zu Gaswolken, Sternen, Galaxien, Galaxienhaufen und Superhaufen, und diese Entwicklung hält weiterhin an. Die Entropie - die Unordnung des Universums - nimmt ständig weiter zu. Auch das Leben ging so vor. Aus den ersten Einzellern entwickelten sich Kolonien von Zellen, in denen jede einzelne sich immer mehr auf bestimmte Aufgaben spezialisierte und die sich gegenseitig immer besser ergänzten (Symbiose). Das Leben fand durch ständige Mutationen zu immer komplexeren Strukturen, verfolgte so bessere Wege zur Anpassung an äußere Bedingungen. An der Spitze dieser Entwicklung stehen wir und sehen heute, dass ein ganzes Universum entstehen musste, damit wir unsere Blicke zum Sternenhimmel erheben können und versuchen verstehen zu lernen, wie das Universum funktioniert. Dieses bisher erreichte Verständnis sollte in dieser "kurzen", langen Geschichte des Lebens ein wenig geschildert werden.



Wir wissen nichts über den "Startschuss", der unser Universum und das Leben entstehen ließ. Ob es vielleicht so gewesen ist?

©Werner Kasper März 2010