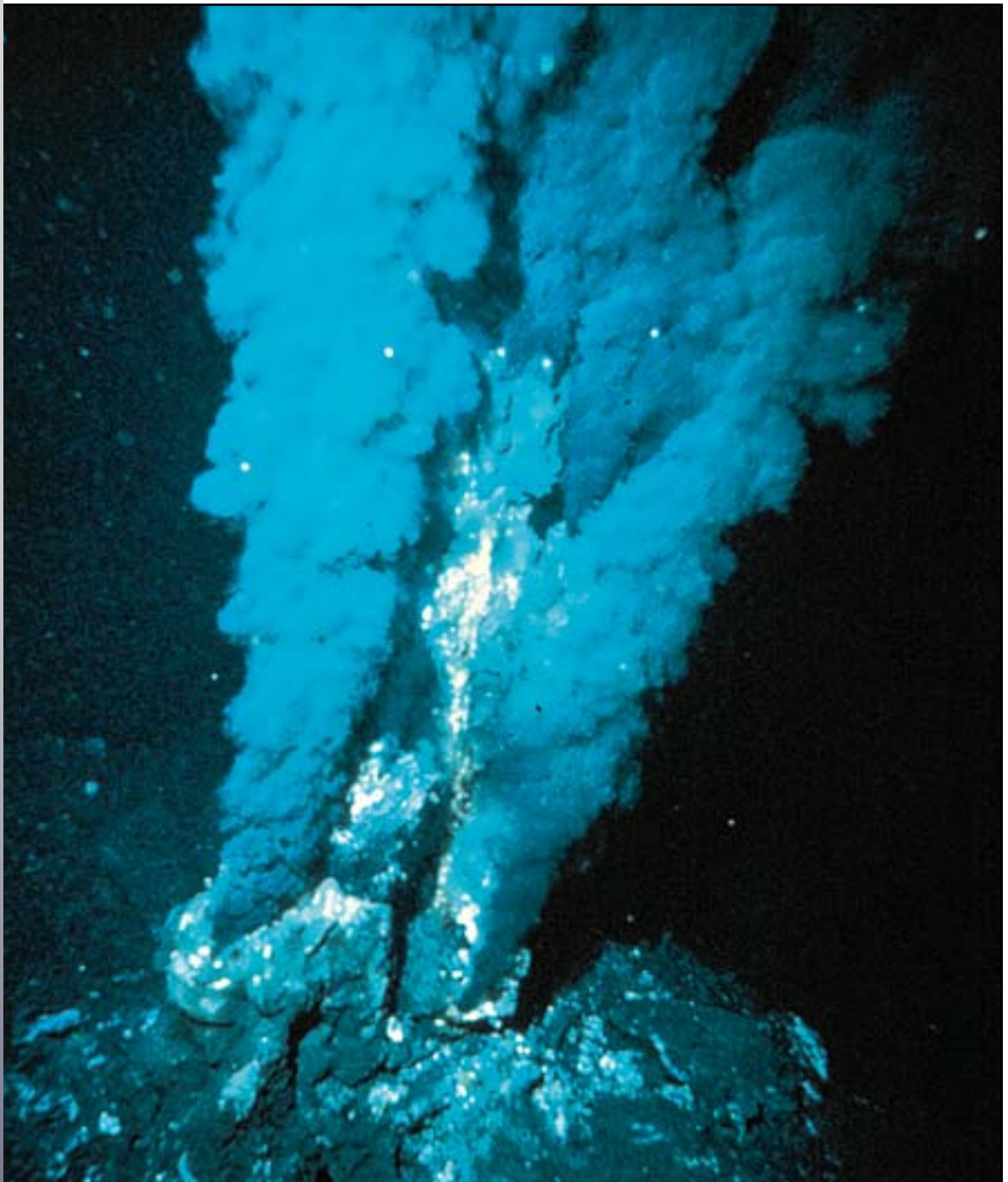
The logo for 'Die Himmelpolizey', featuring a circle of twelve yellow stars of varying sizes, arranged in a slightly irregular pattern.

Die Himmelpolizey

AVL Astronomische Vereinigung Lilienthal e. V.



26

04/11

ISSN 1867 – 9471

DIE SPUR DES LEBENS

Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens

DAS S.E.T.I.-PROGRAMM

Auf der Suche nach extraterrestischem Leben

Die Himmelspolizey
 Jahrgang 7, Nr.26
 Lilienthal, April 2011

Inhalt

Die Sterne	3
Die Spur des Lebens – die große Suche nach dem Ursprung	4
Die S.E.T.I.-Projekte – Auf der Suche nach ausserirdischem Leben	12
Der Vorstand berichtet	20
Die AVL Bibliotheksecke	22
Die AVL-Vereinsfahrt 2011	23

Das allergrößte Rätsel, vor dem die Menschheit seit Beginn der Wissenschaften steht, ist die Frage nach dem Leben. Woher kommt es? Wohin geht es? Und in heutiger Zeit vielleicht aktueller denn je: Gibt es Leben außerhalb unseres Heimatplaneten? Um diese Fragen zu beantworten, ist es wichtig zu wissen, wo und wonach man suchen sollte. Denn selbst auf der Erde gibt es Regionen, wie etwa die auf unserem Titelbild dargestellten „Black Smokers“ in den dunklen Tiefen der Ozeane, wo wir niemals Leben erwartet hätten, es aber doch finden.

Bereits auf Seite 3 versucht unser Gastautor Alexander Seel, Geologe aus Hamburg, am Beispiel der (irdischen) Ameisen, eine Antwort auf die Frage zu finden, ob Schwarmintelligenz im Universum der Schlüssel auf der Suche nach fremdem Leben ist, wie es S.E.T.I. seit 1960 zu finden hofft. Lesen Sie zu dem S.E.T.I.-Programm mehr in Kai-Oliver Detkens Artikel. Aber was ist Leben? In diese einfache Frage mit äußerst komplexer Antwort versucht Peter Kreuzberg ein wenig Licht zu bringen.



Können Ameisenstaaten das irdische Vorbild für extraterrestische Schwarmintelligenz sein?

*Titelbild: OAR/National Undersea Research Program (NURP); NOAA
 Bild Seite 2: Wikipedia, Richard Bartz, Munich Makro Freak*

DIE STERNE und ihre Planeten sind eventuell belebt, und Leben organisiert sich. Ganz unabhängig von der Diskussion über Begriffe wie Intelligenz, ist allein die Organisation eines solchen Ameisenstaates, meist in Form eines Ameisenhaufens, ein enorm komplexes und bisher nur in Teilen verstandenes System. Erstaunlich aus geologischer Sicht ist, dass diese so hoch entwickelte Organisation dieser Lebensformen schon seit wahrscheinlich mehreren zehn Millionen Jahren auf unserem Planeten zu finden ist. Dabei gleicht die Bewohneranzahl von Behausungen vieler Ameisenarten heutigen Millionenstädten. Im Fall der Ameisen ernährt sich der Staat kollektiv durch Aufteilung der Arbeit und Spezialisierung der einzelnen Tiere.

Um das biologische Warum gleich auf die Hand zu geben: Ameisenmännchen haben einen einfachen (haploiden) Gensatz, Ameisenweibchen dagegen einen doppelten (diploiden). Der springende Punkt ist: In einem Ameisenstaat, der sich in der Regel fast ausschließlich aus weiblichen Arbeiterinnen und Soldatinnen zusammensetzt, sind sich diese Schwestern genetisch ähnlicher als sie es potentiellen eigenen Kindern gegenüber wären. Nur darum können sie es sich genetisch gerechnet erlauben, sich ein Leben lang nicht selber fortzupflanzen, sondern sich gemeinsam um ihre Mutter und ihre vielen neugeborenen Schwestern zu kümmern. Hierdurch ist die selbstlose und selbstmörderische Angriffslust selbst gegen eindeutig übermächtige Angreifer zu erklären, wie man sie von (manchen) Ameisen kennt. Auch Wespen, Bienen und Termiten leben in ähnlichen Verhältnissen, und das macht sie so unangenehm und gefährlich, sie handeln wie die Kamikaze.

Ich habe mich nun nicht nur aus reiner Liebe zur Natur mit staatenbildenden Insekten beschäftigt, wie Sie als Sternegucker zwar sicherlich verstehen könnten, sondern besonders hervorragend ist die effektive Kommunikation bei solchen Tieren. Ameisenstaaten treten zusammen wie ein Individuum auf und treffen Entscheidungen scheinbar gemeinsam, denn einzelne Individuen sind bewiesenermaßen nicht dazu in der Lage, jedes einzelne Gehirn ist viel zu klein.

Wandernde Ameisen bauen lebende Brücken, jagende Treiberameisen bilden eine taktisch agierende Frontlinie aus abertausenden von Individuen und südamerikanische Blattschneiderameisen steuern die Luftverhältnisse in einem komplizierten, kubikmetergroßen Brutraum, in dem sie fürsorglich und äußerst reinlich Pilzzucht betreiben. An Beispielen ließen sich noch viele aufführen, unterschiedliche Lebensstrategien gibt es bei Ameisen zur Genüge, hier seien nur noch die gar nicht mal so seltenen, parasitisch lebenden Ameisenarten erwähnt, die sich in fremden Ameisenhaufen einquartieren und dort ein recht sorgloses Leben führen. Auch sehr beeindruckend ist die Tatsache, dass neben der Pilzzucht andere Ameisenarten auch Blattläuse melken, die Ernährungsweise der Ameisen kann daher neben dem Sammeln und Jagen nicht anders als mit Vieh- und Landwirtschaft bezeichnet werden. Es gibt bei den Ameisen kaum etwas, das es nicht gibt!

Wie fällt ein Ameisenstaat jedoch wichtige und große Entscheidungen, wie zum Beispiel den Umzug des gesamten Ameisenstaates in einen anderen Bau, oder die Aufspaltung des Staates in zwei neue Staaten, und wann wird diese Trennung stattfinden, noch vor der Winterruhe oder

erst im nächsten Jahr? Abhängig sind diese Entscheidungen von zu berücksichtigenden Reproduktionszyklen, aber auch von Wetter- und Ernte-prognosen und wahrscheinlich vielen anderen Faktoren mehr. Mensch weiß nicht wie, aber Ameisenstaaten lösen diese Probleme seit Jahrtausenden, und das ist untertrieben, es meint seit Jahrmillionen.

Reichen diese durch Kommunikation gesteuerten Handlungen eines Insektenstaates, um ihre Bewohner als Ganzes als intelligent zu bezeichnen? Wenn dem so wäre, sollte sich die Suche nach Intelligenz im All nicht auf Nervenzellen beschränken, die in großen Gehirnkomplexen zusammengeschlossen sind. Tiere mit wirklich kiloschweren Gehirnen entstanden auf unserem Planeten sehr viel später, und schon muss man sich Sorgen machen, ob ihnen lange Zeit bleibt, um sich im All bemerkbar zu machen.

Intelligentes Leben, und das sei hier an der Stärke des Informationsaustausches kommunizierender Neuronen-Zellen gemessen, existiert seit eventuell über 40 Millionen Jahren in Insektenform auf der Erde, und wird mit Sicherheit auch in vielen Jahrmillionen noch vorhanden sein.

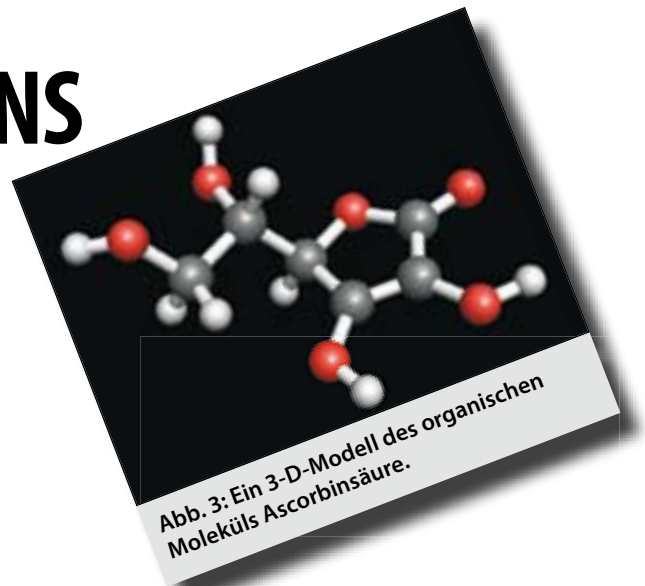
Nimmt man an, dass sich Intelligenz im extraterrestrischen Bereich ähnlich wie auf der Erde entwickelt, sollten wir bei der Suche nach Kommunikationspartnern im All unser Augenmerk auch auf hoch organisierte Gruppen aus vielen Individuen richten. Unabhängig welcher Art und aus welcher Materie diese staatenbildenden Lebensformen auch seien, ist Intelligenz durch intensive Kommunikation von Gruppen generell wahrscheinlicher.

Alexander Seel, amburg

DIE SPUR DES LEBENS

Die große Suche nach dem Ursprung

VON PETER KREUZBERG, ACHIM



Der Mensch hat der Natur so manches Geheimnis abgerungen. Aber ihr größtes Geheimnis behält sie hartnäckig für sich. Völlig unbekannt ist demnach, wie aus unbelebter Materie Leben entsteht. Gewiss, wir kennen die Bausteine aus denen eine lebende Zelle aufgebaut ist – aber offenbar führt diese Kenntnis nicht vom Was zum Wie.

Die Forschung nach dem Ursprung des Lebens ist eine Suche, der viele Fragen ursprünglich sind. Allen voran stehen die Fragen: woher kommt das Leben und wie entsteht es? Ist die Entstehung des Lebens ein universelles Ziel? Gibt es vielleicht sogar den Kosmos nur zu dem Zweck, Leben entstehen zu lassen und zu beherbergen? Ist die Sinnfrage überflüssig weil die Entstehung von Leben kosmologische Konsequenz ist?

Seit ich mich mit Astronomie beschäftige und hier besonders die Kosmologie schätze und ihr häufig den Vorzug gebe vor allen anderen vielfältigen Möglichkeiten, Astronomie zu betreiben, z.B. durch Beobachtung oder Fotografie der Himmelskörper, wird mir immer bewusster, dass Kosmologie nichts anderes ist, als sich mit dem Ursprung auseinander zu setzen, und zwar mit dem universellen Ursprung, dem Ursprung von allem. Je weiter man in der Zeit und somit in der Entwicklung des Kosmos zurückgeht, desto einfacher werden die Dinge – mit Ausnahme des einen unfassbaren Vorgangs, den man gemeinhin als Urknall bezeichnet. Die Reise in die Ferne der Vergangenheit führt zum Beginn der stofflichen Entwicklung des sichtbaren und unsichtbaren Weltalls zur Entstehung von Protonen und Elektronen; der so genannten

Kosmischen Evolution. Alles was uns umgibt, auch uns selbst, entstand und entsteht auf der Basis von Proton und Elektron. Von da an führt der Weg in stetiger Entwicklung von der Entstehung der ersten Atome zu Gebilden von kaum fassbarer Komplexität und Vielfalt, die in ihrer Gesamtheit Lebewesen genannt werden. Die große wissenschaftliche, philosophische und religiöse Frage lautet also: Ist die Entwicklung von der Entstehung der ersten Atome bis hin zu den komplexesten Strukturen, wie sie sich in allem Lebendigen zeigen, zwangsläufig? Physikalisch betrachtet ist zumindest die Entwicklung des Weltalls, so wie wir es heute kennen, eine Reaktionsfolge von Zwangsläufigkeit – eine Kettenreaktion sozusagen. Bis hin zu der Bildung von organischen Molekülen. Aber ist dies auch die Geschichte der Entstehung des Lebens hier auf unserer Erde?

Schauen wir in die komplexen chemischen Vorgänge im Mikro- und Makrokosmos der Zellen von Lebewesen, bleibt uns vor Staunen der Mund offen stehen. Hier werden elektrische und chemische Botschaften und Signale ausgetauscht, hier wird getarnt und getrickst. Hier werden elektrochemische Eigenschaften von Stoffen dazu verwendet, Flüssigkeiten und Gase zu trennen und in andere Stoffe umzu-

wandeln. Hier wird dupliziert, verändert, vernichtet und produziert. Hier findet in jeder Sekunde eine kaum messbare Anzahl von Aktion und Reaktion statt. Ein verwirrendes Zusammenspiel von chemischen Prozessen beeinflusst das Verhalten der gesamten Makrostruktur und steuert dessen Entwicklung. Ob weiblich, männlich oder neutral sind chemische Entscheidungen. Alle Empfindungen von Lebewesen, ob Angst oder Schmerz, ob Lust oder Freude, sind das Ergebnis chemischer Abläufe.

Jedes chemische Wirken in belebter Materie hat nur ein Ziel: Leben und Überleben – eine Manifestation der Kraft der Natur. Und absolut atemberaubend ist die Entwicklung von Intelligenz – ein System, das durch Feedback mit sich selbst und seiner gesamten Umwelt lernt und sich auf diese Weise steuert. Das abwägt, prüft, Zusammenhänge erkennt und sein Handeln entsprechend anpasst, also Entscheidungen trifft. So erfolgreich, dass diese Eigenschaft dem so ausgestatteten Lebewesen trotz eventuell physischer Nachteile gegenüber anderen Wesen in seinem Umfeld große Vorteile im Überlebenskampf beschert. Als ob dies noch nicht genüge, ist sich dieses kybernetische System seiner selbst bewusst. So staunt es schließlich über sich selbst ob die-

ses Wunders der Natur. Und obwohl die Funktionen der komplexen chemischen Abläufe, die das Leben ausmachen, bekannt und weitestgehend erforscht sind, weiß niemand, wann und wie der entscheidende Schritt von unbelebter zu belebter Materie getan wird. Und so gilt heute immer noch

Definition, die allen Wissenschaftsreichen genügt. Ist es nicht erstaunlich? Das Leben umgibt uns mit einer ungeheuren Vielfalt auf Schritt und Tritt, ist allgegenwärtig und letztlich sind wir selbst Geschöpfe, die sich als lebendig bezeichnen. Und wir sind dennoch nicht in der Lage, Le-

es wie eine Rückkehr in Ruhe, Weite und Einfachheit. Dort im Universum, zeigt sich der Beginn von Allem im einfachen Gewand der Fusionsreaktoren im Inneren der Sterne. Hier, wo die Elemente entstehen, herrschen ungeheure Kräfte und es bedarf gewaltiger Energiemengen dies zu bewirken. Und das Wirken der gewaltigen Kräfte hat scheinbar nur ein Ziel: Es lässt die Welt entstehen; Leben inklusive. Und deshalb ist das Thema Leben auch eine astronomische Angelegenheit.

Seit sich der Mensch seiner Gegenwart im Kosmos bewusst ist, ist auch die Frage „Sind wir allein?“ präsent. Und je weiter die Forschung in das biologische Leben vordringt, vermischt sich die Frage nach dem Nachbarn mit der Suche nach unserer eigenen Herkunft. Beide Fragen beinhalten die Notwendigkeit, herauszufinden, ob die Umstände zur Entwicklung von Leben auch außerhalb der Erde anzutreffen sind. Machen wir uns aber auf die Suche, ist zuvor zu klären, wonach gesucht werden sollte. Es gilt also zunächst die Merkmale belebter Materie zu definieren und Verfahren zu ersinnen diese nachzuweisen. Längst ist also die Suche nach intelligentem extraterrestrischen Leben verfeinert worden durch die Suche nach extraterrestrischen Mikroorganismen. Während die Astronomen also seit vielen Jahren nach Spuren extraterrestrischer Intelligenz im Weltall in Form von Radiosignalen suchen, ist heute die Suche nach belebter Materie nicht zuletzt durch die rasante Entwicklung von Weltraumsonden, auch „vor Ort“ möglich. Zum Beispiel durch die Analyse von Bodenproben auf dem Planeten Mars oder von Ausgasungsprodukten der Kometen.

Parallel durchforsten Riesenteleskope auf der Erde und einige Weltraumteleskope unsere Galaxis. Sie sind auf der Suche nach Exoplaneten – also nach Planeten fremder Sonnensysteme. Schon längst sind die Wissenschaftler dabei, Parameter zu definieren, die dabei helfen sollen, die elektromagnetische Strahlung, die als Emission oder Reflektion von den

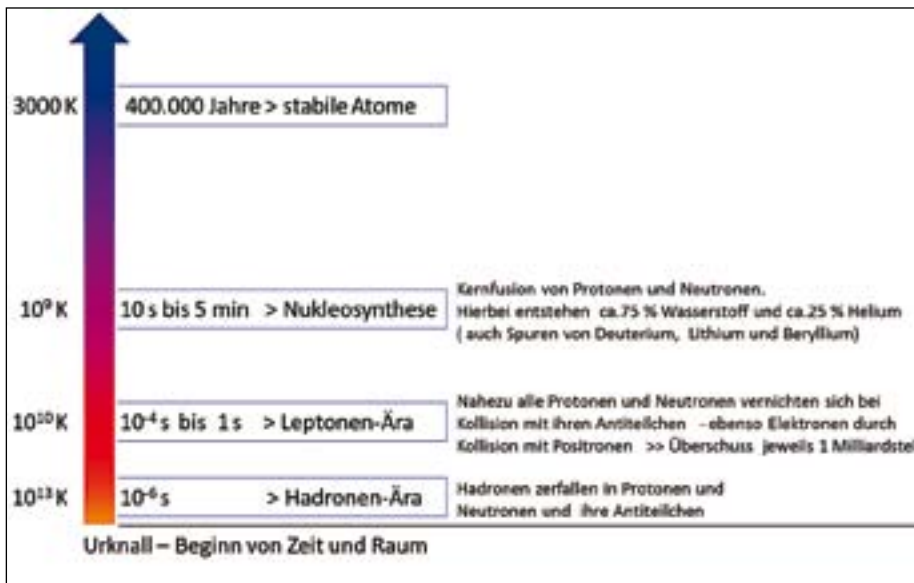


Abb 1: Temperatur und Zeitskala der kosmischen Evolution (Grafik vom Autor).

der Ausspruch von Louis Pasteur: „Lebendiges kann nur aus Lebendigem entstehen.“

Das Leben, liebe Leserinnen und Leser, ist so vielfältig, dass schon die Definition des Begriffes Probleme macht. Der Unterschied zwischen belebter und unbelebter Materie wird gerne dahingehend definiert, dass lebende Materie reproduktionsfähig ist und Stoffwechsellätigkeiten seine Existenz funktionsfähig erhält. Aber nach dieser Definition ist Feuer auch Leben, denn es pflanzt sich fort und betreibt regen Stoffwechsel. Ergo ergänzt der Biologe die Beschreibung des Begriffes Leben um die Eigenschaft der Teilnahme an evolutionären Prozessen gemäß der Darwin'schen Evolutionslehre. Leben ist also nur dann Leben, wenn es sich selbst entwickeln kann.

Eine intensive Recherche nach der Definition des Begriffes Leben bringt schnell etwas sehr Verwunderliches zutage: Es gibt offenbar keine gültige

ben eindeutig zu definieren? Vielleicht entzieht sich das Leben bewusst einer exakten Definition. Vielleicht will es uns damit sagen, dass die Vielfalt seiner Erscheinungsformen die Tatsache beinhaltet, dass genau deshalb eine Definition nicht möglich ist. Vielleicht lautet die Botschaft ja, dass die Vielfalt von Leben hier auf dem Planeten Erde nicht das Ende der Fahnenstange ist und dass wir uns auf einiges gefasst machen sollten, wenn wir dem Leben woanders im Kosmos begegnen sollten. Halten wir uns doch einfach an die NASA. Das Ergebnis einer im Jahr 2000 tagenden hochrangigen Kommission, definiert Leben als ein chemisches System, das sich stoffgebunden selbsttätig an seine Umwelt anpasst und zwar durch Mutation seines Erbgutes; wobei nur Letzteres das Leben gegen unbelebte Materie eindeutig abgrenzt.

Wenn man von dem quirligen chemischen Feuerwerk im Mikrokosmos des Lebens aufschaut in das Weltall, ist

Atmosphären der Exoplaneten empfangen wird, mit Hilfe von Spektralanalysen nach Spuren belebter Materie beziehungsweise nach Stoffwechselprodukten derselben zu durchsuchen.

Wie sehen wir heute die Geschichte der Evolution? Welche Fakten kennen wir und können sie als gesichert ansehen? Also, gehen wir ans Werk und differenzieren zunächst den Begriff der Evolution in die Begriffe Kosmische Evolution, Chemische Evolution und Biologische Evolution.

Kosmische Evolution

Die kosmische Evolution bezeichnet jene Vorgänge, die zur Entwicklung des heutigen Universums führten. Folgerichtig müssen wir beim Urknall beginnen.

Hier lassen wir aber die ersten 10^{-5} Sekunden vergehen und richten unser Augenmerk erst auf einen Zeitpunkt, wo die Materie selbst die Bühne betritt und die Protonen und Neutronen

und ihre Antiteilchen entstanden. Die Entwicklung der Materie ist zwangsläufig; und zwar bedingt einzig und allein durch die Ausdehnung des jungen Raumes, die eine Abkühlung des ultraheißen Urplasmas zur Folge hat. Die Abb. 1 zeigt es: Erst ab einer Temperatur von ca. 3.000 K konnten sich die ersten stabilen neutralen Atome bilden. Wasserstoff als einfachstes Atom mit nur einem Proton als Kern und einem Elektron im Orbit war und ist auch heute noch das häufigste Element im Universum. Im jungen Weltall bildete es gewaltige Gaswolken, die aus Gründen, die heute noch nicht geklärt sind, nicht homogen verteilt waren, sondern durch lokale Dichteschwankungen an jenen Orten kollabierten und so zur Entstehung der ersten Sterne führten. Offenbar ist die Entstehung der Sterne danach in unglaublich rasantem Tempo vonstatten gegangen. Wie erst am 26. Januar 2011 bekannt wurde, haben Astronomen

die bisher älteste Galaxie gefunden, die offenbar bereits 500 Millionen Jahre nach dem Urknall entstand und vermutlich bereits aus Millionen von Sternen bestand. (siehe Abb. 2).

Zurück zur Kosmischen Evolution. Mit den Sternen begann die zweite Phase der Entwicklung des Universums: die Entstehung der höheren Elemente. Im heißen Kern der Sterne fusionierten die Wasserstoffatome zunächst zu Helium, Calcium, Sauerstoff, Stickstoff und Eisen und natürlich allen Elementen, die sich auf der Tafel der Elemente dazwischen befinden. So entstanden nach und nach jene Elemente, aus denen unsere Welt heute in ihrer Gesamtheit besteht. Der Tod jener Sterngeneration besiegelte dann folgerichtig die offenbar von der Natur längst beschlossene Sache: Sie ließ Planeten entstehen, indem die sterbenden Sterne ihren Reichtum an produzierten Elementen in die Umgebung ausschütteten und die Gaswolken somit zu Staub- und Gaswolken machte. Staub, welcher der nachfolgenden Generation von Sternen zum ersten Mal Gelegenheit gab, auch Planeten zu bilden. Welches sie nach heutigen Erkenntnissen auch mannigfaltig taten.

Mit dieser sehr einfachen Darstellung der Milliarden Jahre währenden Kosmischen Evolution wenden wir uns nun der nächsten Stufe auf dem Weg zur Entstehung des Lebens zu.

Chemische Evolution

Die Recherchen für meinen gleichlautenden Vortrag und für diesen Artikel führten mich in die Welt der Biochemie. Je mehr ich mich als chemischer und biologischer Laie mit diesen Themen beschäftigte, wurde mir immer klarer: Sollte ich die Gnade der Wiedergeburt erleben dürfen, so würde ich Biochemie studieren. Betreten wir also gemeinsam die absolut spannende Bühne der Moleküle und forschen nach der Entstehung der Bausteine des Lebens.

Moleküle sind Verbindungen von Elementen (die wiederum ja bekanntlich in den Sternen entstehen). Der Abschnitt erzählt von der Entstehung



Abb. 2: Galaxie 13,2 Milliarden Jahre nach dem Urknall entstanden.

Quelle: NASA/ESA/Garth Illingworth/Rychard Bouwens/HUDF09

der organischen Moleküle, die sich durch verschiedene Szenarien aus den anorganischen Molekülen gebildet haben. Als organische Moleküle werden alle Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen bezeichnet. Also Verbindungen, bei denen das vielfältige Element Kohlenstoff – chemisches Formel-

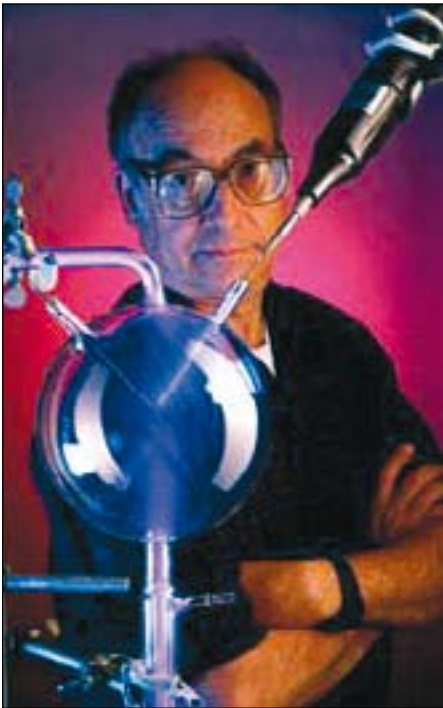


Abb. 4: Stanley Miller und sein berühmtes Ursuppen-Experiment.

zeichen C – die entscheidende Rolle des „Universalverbinders“ spielt. Die Chemie allen Lebens, so wie wir es kennen, könnte auch als Kohlenstoffchemie bezeichnet werden. Neben den organischen Verbindungen gibt es die vielfältige Welt der anorganischen Verbindungen. Hierzu gehören zum Beispiel die Mineralien.

Irgendwann also entstanden auf der Erde organische Moleküle. Was wissen wir über deren Entstehung? Nun ja, was wirklich vor 3,5 bis 4,5 Milliarden Jahren geschah wissen wir natürlich nicht. Auch über die Zusammensetzung der Uratmosphäre, der Urmeere und der geochemischen Verhältnisse ist nichts bis wenig bekannt. Zu fern ist der Zeitraum, in dem sich die junge Erde geformt hat. Aber die Forscher können extrapolieren und experimentieren. So verfügen wir heute über die Kenntnis, dass verschiedene Szenarien

für die Entstehung organischer Moleküle auf der präbiotischen Erde in Frage kommen. Zäumen wir das Pferd von hinten auf: Alle Biomoleküle (chemische Verbindungen, wie sie ausschließlich das Leben selbst verwendet) bestehen aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor. Diese Elemente waren schon im Baustoff des Sonnensystems enthalten und entstanden in den Sternen einer vergangenen Sternpopulation und waren somit auch auf der Erde verfügbar. Das ist Fakt. Auch wissen wir, dass molekularer Sauerstoff erst später verfügbar war. Also entstanden sehr wahrscheinlich zunächst so genannte reduzierte anorganische Verbindungen – Verbindungen ohne den Einbau molekularen Sauerstoffs, wie Schwefelwasserstoffe, Phosphin, Wasserstoff, Wasser, Ammoniak und Methan (übrigens alles Stoffe, die auch in der Atmosphäre von Saturn und Jupiter enthalten sind). Später nach dem Aufkommen des molekularen Sauerstoffs oxidierten jene Verbindungen zu Stoffen wie Phosphate, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Nitrate und Sulfate.

Das Miller-Urey-Experiment

Mit eben solchen Stoffen führten die Wissenschaftler Stanley Miller und Harold C. Urey ein berühmtes und überraschend einfaches Experiment durch (s. **Abb. 4**). Sie nahmen an, dass die präbiotische Atmosphäre und das Urmeer mit diesen Stoffen gesättigt waren, und füllten einen Glaskolben mit dem Gemenge. In den Glaskolben waren zwei Elektroden eingeschmolzen, die einen Lichtbogen erzeugten und so starke UV-Strahlung in das Gasgemisch einbrachten, um die angenommenen frühen Verhältnisse zu simulieren. Die UV-Strahlung muss damals sehr hoch gewesen sein, da (wie bereits erwähnt) freier Sauerstoff für die Bildung einer schützenden Ozonschicht noch nicht zur Verfügung stand. Außerdem sorgten die Blitze des Lichtbogens für die Zufuhr von Energie in Form hoher Temperaturen. Unter der Einbringung von

Wasserdampf konnten Miller und Urey die Entstehung organischer Moleküle wie zum Beispiel Aminosäuren nachweisen. Durch weitere spätere Experimente (nach Miller und Urey) konnten auf diese Weise nahezu alle organischen Baustoffe, die das Leben verwendet, produziert werden, vor allem auch unter der Annahme, dass lokale Ereignisse, wie Vulkanausbrüche, in das energetische und chemische Geschehen eingegriffen haben könnten.

Heute sind diese Experimente als alleinige Erklärung für die Entstehung organischer Moleküle umstritten und die chemische Zusammensetzung der Uratmosphäre wird zur Zeit auch überwiegend anders beurteilt. Auch werden weitergehende Prozesse mit wesentlichen komplizierteren Vorgängen besonders unter der Mitwirkung von Mineralien und Gesteinen diskutiert und experimentell nachvollzogen. Auf einen der wichtigsten kritischen

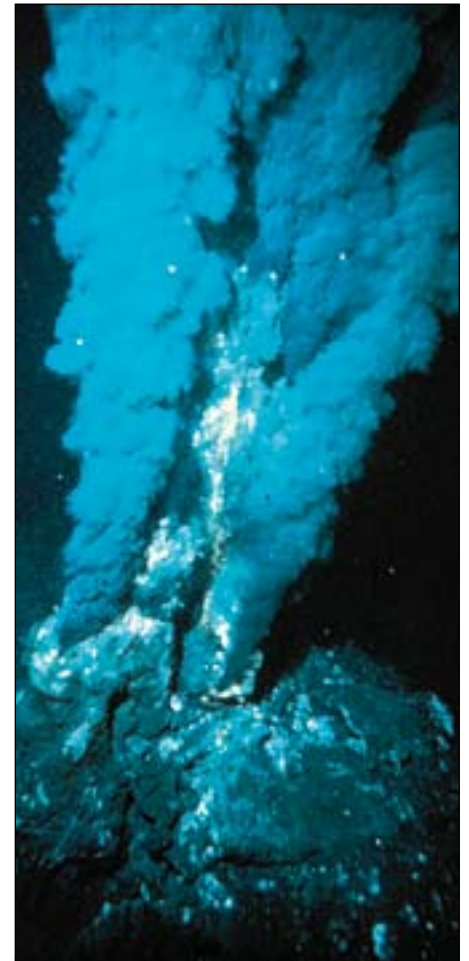


Abb. 5: Vulkanische Aktivität im Atlantischen Ozean – Black Smoker.

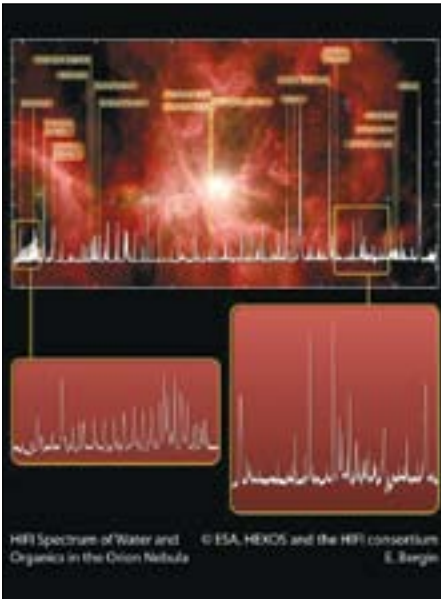


Abb. 6: Spektrallinien organischer Moleküle in den ausgedehnten Gas- und Staubwolken des Orionnebels.

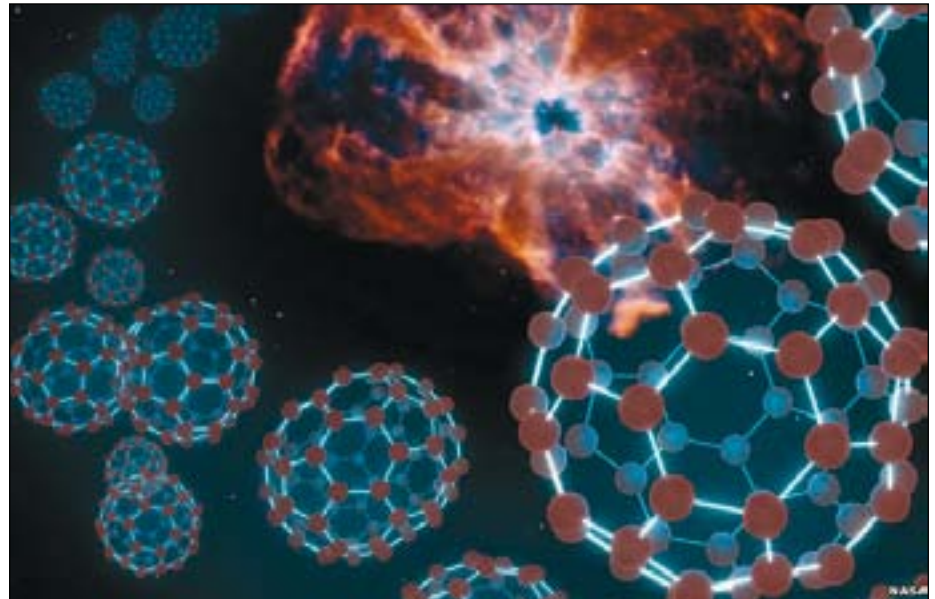


Abb. 8: Fullarene – große „Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen – so genannte Makromoleküle. Nachgewiesen in Gas- und Staubwolken, aus denen auch Sonnensysteme entstehen.
Bild: NASA

Punkte kommen wir später zu sprechen. Auch heute entstehen weiterhin durch natürliche Vorgänge organische Stoffe wie zum Beispiel in den kompakten energiegeladenen Wolken der Vulkane oder in der Tiefsee, wo so genannte Black Smoker (**s. Abb. 5**) einzigartige Biosphären schaffen.

Zwar beweisen solche Experimente, dass, unter der Annahme bestimmter Parameter, die Natur imstande war,

organische Stoffe zu erzeugen, aber genügt dies als Initialzündung für die Entstehung von Leben? Reicht das bloße Vorkommen organischer Stoffe aus, die Natur anzuregen, sich selbst reproduzierende und durch chemische Informationsauswertung anpassungsfähige Systeme zu entwickeln? Und wenn heute bezweifelt wird, dass die Experimente von Miller und Urey tatsächlich die Quelle organischer Stoffe

als Baustoff für das Leben sind, welche Quellen kommen außerdem in Frage? Sie ahnen es schon, liebe Leserinnen und Leser, schließlich ist dies eine astronomische Zeitung. Ja tatsächlich, die Suche nach einer weiteren Quelle organischer Moleküle führt uns in den Weltraum.

Gas- und Staubwolken unserer Galaxis als Quelle organischer Stoffe.

Der Gedanke liegt nahe – warum also nicht? Gas- und Staubwolken enthalten alle Elemente, aus denen die Welt besteht – inklusive aller Lebewesen. Das wissen wir, seitdem wir wissen, wie Sterne funktionieren. Aber können sich unter den extremen Verhältnissen von Temperatur und Strahlung im freien Weltraum auch Moleküle bilden? Und wenn ja, gilt das auch für komplexe organische Moleküle?

Die Entwicklung von Empfängern für Elektromagnetische Strahlung aus dem Weltraum ist rasant vorangeschritten. Immer größer, empfindlicher und spezialisierter werden die Detektoren. Hierbei verschafft uns die Analyse bestimmter Bereiche der elektromagnetischen Strahlung besondere Einblicke in die Beschaffenheit der selbst strahlenden oder reflektierenden Objekte des Weltraums. Gemeint sind Teleskope, die im Bereich der Mi-



Abb. 7: Sagittarius B2 – eine Region nahe dem Zentrum der Milchstraße, die derart viele verschieden organische Moleküle beherbergt, dass sie schon scherzhaft als Heimat der Moleküle bezeichnet wird.

Bild: NASA – Spitzer Infrarot-Weltraumteleskop

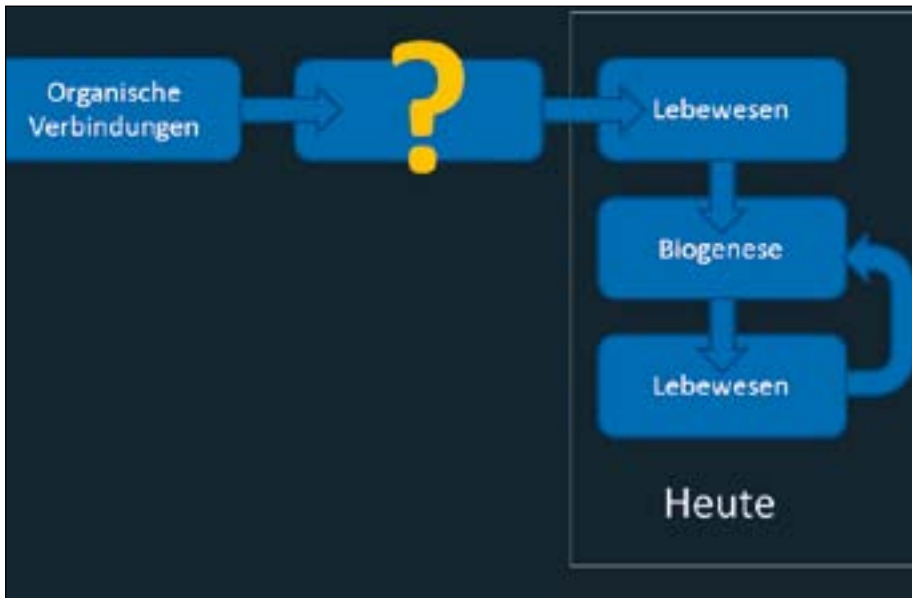


Abb. 9: Der erste Schritt von den organischen Stoffen zum Lebewesen ist unbekannt – danach entwickelte sich das Leben aus sich selbst heraus. (Grafik vom Autor)

krowellen, Radiowellen oder Gammastrahlung arbeiten. Im Bezug auf die Entdeckung organischer Moleküle ist besonders die Radioastronomie von Bedeutung. Moleküle verraten sich durch typische Schwingungen, wenn sie, zum Beispiel durch Kollision, angeregt werden. Die Schwingungen erzeugen ein bestimmtes Spektrallinien-Muster im Spektrum des infraroten Bereiches der elektromagnetischen Strahlung sowie im Bereich der Radiowellen (s. Abb.: 6).

Jedes Atom des Moleküls schwingt auf seine Weise in seiner typischen Frequenz. Alle ausgestrahlten Frequenzen eines Moleküls ergeben Hinweise auf seine Identität, ähnlich einem Fingerabdruck. Allerdings gilt es, die typischen Linienbündel in einem Dschungel an Spektrallinien der empfangenen Gesamtstrahlung herauszufinden. Thomas Bürke vom Max-Planck-Institut hat die Schwierigkeit, ein bestimmtes Molekül aus dem Gemenge an Frequenzen herauszurechnen, auf anschauliche Weise so beschrieben. Zitat: „Es ist, als gälte es, nach einem Handballspiel anhand von

Fingerabdrücken herauszufinden, wer den Ball zu welchem Zeitpunkt berührt hat.“.

Und tatsächlich – in den riesigen Gas- und Staubwolken unserer Galaxis wurden seit einigen Jahren zahl-



Abb. 10: Spiegelsymmetrie der Aminosäure Alanin. L (lat. laevus) steht für links- und D (lat. dexter) für rechtshändig. (Grafik abgeleitet aus Artikel der Nachrichten der Olbersgesellschaft Nr. 185, Seite 5)

reiche auch sehr komplexe organische Moleküle entdeckt. Offenbar ist der freie interstellare Weltraum als Quelle organischer Moleküle ein nicht zu unterschätzender Faktor. Lichtwochen bis Lichtmonate durchmessende Bereiche beinhalten zum Beispiel Massen an Glucolaldehyd. Sogar so genannte Fullarene¹ – große, kugelförmige, sehr stabile Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen – wurden zur großen Überraschung der Forscher in einigen Staubwolken entdeckt (s. Abb.8).

Es scheint so, als böte der Weltraum nicht nur alle Elemente, die für die Entstehung von biotischen Molekülen benötigt werden, sondern liefere auch gleich die Grundbausteine dazu. Die Produkte gelangten offenbar durch das Abregnen von Mikrometeoriten oder durch Kometeneinschläge auf die Erde.

Fassen wir zusammen:

Die Chemische Evolution, die Entstehung organischer Moleküle, nutzte also verschiedene Quellen um die Bausteine des Lebens zu produzieren: **Die präbiotische Uratmosphäre**, in der heftige und sicher jahrhundertlang dauernde Gewitter elektrische Entladungen verursachten und somit die notwendige Energie in Form von UV-Strahlung einbrachten, um organische Moleküle entstehen zu lassen. **Die intensive Vulkantätigkeit** der jungen Erde, die Wasserdampf in großen Mengen freisetzte und auch mit starken elektrischen Entladungen aufwartete und auch unter Wasser in der Tiefsee noch heute Energie für mittlerweile vorhandenes mikrobielles Leben liefert. Und **das Weltall**, wo in den Gas- und Staubwolken aufgrund heftiger Strahlung junger Sterne Moleküle auf der Oberfläche winziger Staubkörner kondensieren.

Die Chemische Evolution hat also nun ihren Teil zur Entwicklung beigetragen, indem es eine Vielfalt von organischen Molekülen entstehen

¹ Benannt nach dem Architekten Richard Buckminster Fuller, wegen seiner ähnlich geformten geodätischen Gebäudekuppeln. Fullarene werden deshalb umgangssprachlich auch als Buckyballs bezeichnet. Bei der Erforschung von kohlenstoffhaltigen Atmosphären von Riesensternen entstanden die Makromoleküle zufällig vor 25 Jahren im Labor. Und nun findet man sie tatsächlich auch im Weltraum.

Quelle: <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-10730280>

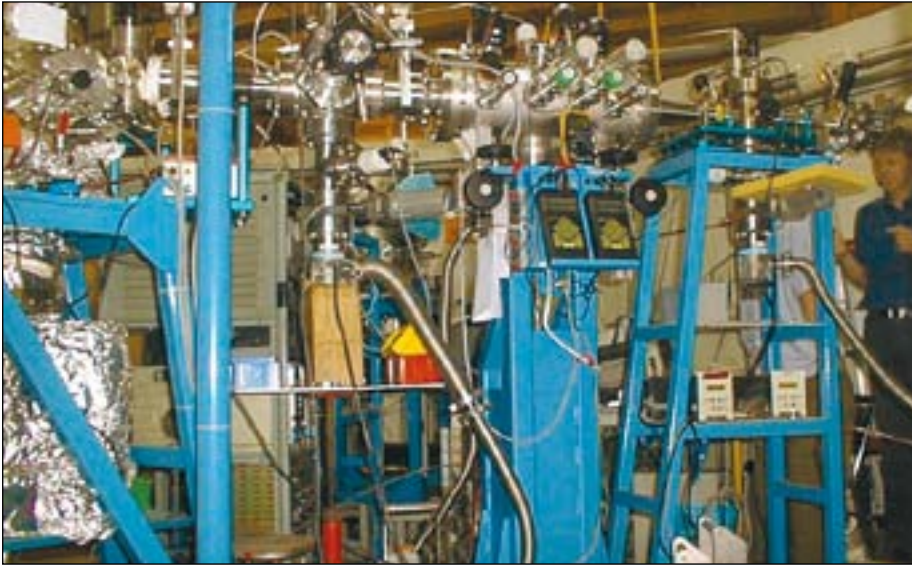


Abb. 11: Die Experimentalvorrichtung am Synchrotron-Zentrum in Orsay zur Bestrahlung von Aminosäuren unter Weltraumbedingungen.

Foto Dr. Uwe Meierhenrich

ließ. War der letzte Schritt, der Beginn der Biologischen Evolution, nun genügend von der Natur vorbereitet?

Biologische Evolution

Im Kontext dieses Artikels interessiert uns nur der Beginn der Biologischen Evolution. Wir alle wissen, dass die bis heute andauernde Evolution allen Lebens auf der Erde von ungeheurer Vielfalt und Komplexität ist und es nicht Ziel dieses Artikels sein kann, den langen Weg des Lebens zu schildern – was mir auch hinsichtlich meiner Kompetenz als ausgesprochen vermessen erschien.

Nun haben wir also eine Erde, die über eine Vielfalt an anorganischen und organischen Stoffen verfügt. Reicht es aus, Luft und Wasser mit diesen Stoffen zu düngen? Sind nun alle Zutaten vorhanden? Ist alles für die Entstehung des Lebens angeordnet und geschieht alles Übrige zwangsläufig? Wir wissen es nicht. Der entscheidende Paukenschlag, der jene sich selbst organisierenden chemischen Systeme in die Welt ruft, entzieht sich unserer Erkenntnis. Unser Wissen setzt erst wieder an jenem Punkt an, wo die einfachsten Vertreter des Lebens damit beginnen, sich ihren

Lebensraum zu erobern und sich im Sinne Darwins zu entwickeln. Kein Labor der Welt kann den allerersten Schritt nachvollziehen und künstlich provozieren. In der Abb. 9 ist der zu Beginn zitierte Satz von Louis Pasteur: „Leben kann nur aus Lebendigem entstehen“, grafisch nachvollzogen.

Greifen wir die Frage noch einmal auf: Sind alle Zutaten für das Leben mit der Entstehung der organischen Moleküle angerichtet? Nein! Die Sache, so schlüssig sie auch bis hierhin schien, hat einen gewaltigen Haken. Die organischen Moleküle, so wie sie die Natur in den zuvor beschriebenen Prozessen produziert hat, sind so pur wie sie entstanden offenbar nicht für die Entwicklung von Lebewesen geeignet. Grund ist eine Eigenschaft bestimmter Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen die aus abiotischer Synthese entstanden sind – also durch Prozesse, die nicht das Leben selbst durchführte. Es handelt sich um Enantiomere, Moleküle, an die sich von einem zentralen Kohlenstoffatom ausgehend vier Nachbarmoleküle andocken – wie bei Glucosen und Aminosäuren. Solche Moleküle kommen in der Natur in spiegelbildlichen Strukturen vor (**s. Abb. 10**). Sind die Moleküle abiotisch entstanden, entstehen zu gleichen Teilen rechts- wie links strukturierte Moleküle, die sich ähnlich unterscheiden wie die rechte und die linke

Quellen Inhalt

Wikipedia Stichworte: Biologische Evolution, Chemische Evolution, Makromoleküle, Organische Moleküle, Biochemie, Miller-Urey

Nachrichten der Olbers-Gesellschaft Bremen Nr. 185 April 1999,

Pressestelle Universität Bremen <http://idw-online.de> - Artikel von Angelika Rockel:

Biologische Asymmetrie aus dem Weltraum,

[http://scinexx.de/kommt das Leben aus dem All?](http://scinexx.de/kommt%20das%20Leben%20aus%20dem%20All?)

<http://www.astro.uni-koeln.de/node/590> Organische Moleküle im Orion-Nebel

Pressemitteilung des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie:

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/public/pr/pr-c2h5ocho-dt.html> – Auf den Spuren organischer Materie

http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2006/1212/003_aliases.jsp

GEO Themenlexikon für Astronomie, div. Einträge

Priv.-Doz. Dr. Uwe J. Meierhenrich, Laboratoire de Chimie Bioorganique, Universität Nizza, E-Mail-Austausch
ESA Homepage Projekt ROSETTA

Organische Moleküle im Gas- und Staubwolken-Komplex Sagittarius B2 im Zentrum der Galaxis:

<http://www.eso.org/public/images/eso0924e/>

Hand eines Menschen. Man spricht von der symmetrischen Chiralität² organischer Moleküle. Die belebte Natur aber ist homochiral! Biologische Moleküle³ kommen nur links- bzw. rechtshändig in der belebten Materie (zum Beispiel in der Zelle) vor.

Wenn wir nach den Zutaten für den ersten entscheidenden Schritt von unbelebter zu belebter Materie fragen, müssen wir nun auch fragen, wie Homochiralität in der präbiotischen also unbelebten Natur der jungen Erde entstanden sein mag, wo doch das Leben diese Eigenschaft ohne Ausnahme bevorzugt?

Finden wir physikalische Prozesse, die seinerzeit für das notwendige Vorkommen homochiraler Enantiomere gesorgt haben könnten? Zwar kann Homochiralität „vererbt“ werden, aber eben nur durch Prozesse der belebten Materie (Leben kann nur aus Lebendigem entstehen!). Bei der Suche nach anderen Ursachen, die Symmetrie organischer Moleküle zu durchbrechen, werden wir nicht fündig.

So landen wir also wieder da, wo wir unsere informatorische Reise auf der Suche nach den Spuren des Lebens begonnen haben: im Weltraum. Die Wissenschaft macht sich auf die Suche nach außerirdischen Quellen. Hier haben Bremer Wissenschaftler die Nase ziemlich weit vorn. Dr. Uwe Meierhenrich von der Bremer Universität, heute Professor in Nizza, beschäftigte sich schon seit geraumer Zeit mit diesem Thema. Vor allem mit der Frage, ob es im Weltraum Prozesse geben kann, die einen homochiralen Überschuss organischer Moleküle in den Gas- und Staubwolken unserer Galaxis erzeugen. In seinen Experimenten, die er gemeinsam mit Wissenschaftlern im Synchrotron-Zentrum Soleil, Orsay (Frankreich) und dem CNRS-Orleans durchführt, werden Aminosäuren, die auf der Oberfläche eines bis knapp an den absoluten Nullpunkt tiefgekühlten Aluminiumblocks aufgebracht wurden (um so erstmals Aminosäuren in fester Form zu behan-



Abb. 12: ROSETTA 2014 im Anflug an den Kometen 67P/Tschurjumow-Grasimko.

Alle Bilder ohne Quellenangabe sind im Sinne der GNU gemeinfrei.

deln, was den Weltraumbedingungen eher entspricht als wässrige Lösungen zu verwenden) mit zirkular polarisierter Strahlung im ultravioletten Bereich bestrahlt. Das Ergebnis war ein signifikanter Überschuss an homochiralen Molekülen. Zirkular polarisierte Strahlung kommt auch im Weltraum vor. Heiße junge Sterne produzieren sie ebenso, wie Neutronensterne.

Ich habe Dr. Meierhenrich 1999 anlässlich eines Vortrages von mir im Olbers-Planetarium Bremen kennengelernt. Damals leitete ich die Redaktion der Olbers-Nachrichten und Dr. Meierhenrich bat uns, einen Artikel über seine Forschungen zu veröffentlichen (§. Nachrichten der Olbersgesellschaft Nr. 185). Seinerzeit haben Dr. Meierhenrich und Prof. Wolfram Thiemann Experimente entwickelt, die eine Weltraumsonde befähigt, Material eines Kometen dahingehend zu untersuchen, ob organische Moleküle mit homochiralem Überschuss vorhanden sind. Somit wäre der direkte Nachweis erbracht, dass Bausteine des Lebens bereits im Weltraum entstehen können und möglicherweise durch Kometen auf die Erde gebracht wurden. Diese Vorschläge haben

Eingang gefunden in die Mission ROSETTA der ESA. ROSETTA wird 2014 den Kometen 67P/Tschurjumow-Grasimko treffen und den Lander PHILAE absetzen. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Bodenproben werden mit Hochspannung erwartet. Sie könnten zu einem neuen Weltverständnis führen das die Erkenntnis beinhaltet, dass die Vorzugsposition der Erde in den Köpfen der Menschen im Kontext mit der Einzigartigkeit als Lebensheimat aus dem Fokus rückt.

Fazit

Alle Kenntnis von den Funktionsabläufen der Biochemie und die Forschungsergebnisse über die Herkunft der Bausteine des Lebens führen nicht dazu, dass uns das Leben die Türe öffnet und uns einlädt, dem eigentlichen Akt der Zündung des Lebensfunken beizuwohnen. Und ich hoffe, dass das noch lange so bleibt. Denn die Folgen wären unabsehbar.

Peter Kreuzberg



²Chiralität = Händigkeit (engl. Chirality) abgeleitet vom griechischen Wort cheir = Hand

³Organische Moleküle werden als biologische Moleküle (oder Biomoleküle) bezeichnet, wenn sie in belebter Materie vorkommen oder von dieser produziert werden. Ein biologisches Molekül ist also immer ein Baustein des Lebens.

AUF DER SUCHE NACH AUSSERIRDISCHEM LEBEN

Die S.E.T.I.-Projekte

VON KAI-OLIVER DETKEN, GRASBERG

Außerirdisches Leben zu entdecken hat den Menschen von jeher fasziniert. Seit er wissenschaftlich zu den Sternen aufblickt, beschäftigt er sich mit der Möglichkeit, dass an anderer Stelle im Weltraum ein anderes Lebewesen vielleicht gerade genau dasselbe machen könnte. Dabei wurde diese Vorstellung meistens weniger von romantischen, sondern eher von argwöhnischen Gefühlen begleitet. Zahlreiche Ufo-Sichtungen, die es ca. seit dem Jahr 1920 gegeben hat, gehen eher von feindlichen Außerirdischen aus, da mit diesen Sichtungen immer eine Katastrophe einherging. Mögliche fremde Lebewesen beschwören daher sowohl Neugier und Erleichterung, dass wir nicht allein sind in den weiten des Universums, als auch Angst hervor, da man davon ausgehen muss, dass diese sog. Aliens technologisch viel weiter entwickelt sein werden. Trotzdem siegt natürlich immer die Neugier beim Menschen, weshalb wir uns seit dem Raumfahrtzeitalter mit einer möglichen Kontaktaufnahme beschäftigen. Das Programm Search for Extraterrestrial Intelligence – kurz S.E.T.I. – hat sich seit 1960 zur Aufgabe gemacht nach Signalen außerirdischer Zivilisationen zu suchen. Dieser Artikel geht auf das Programm ein und soll auch die Frage nach dem Sinn eines solchen Unterfanges hinterfragen.

Die Anfänge

Seit der Erfindung des Radios beschäftigen sich die Menschen mit der Möglichkeit, dass auch andere Zivilisationen ähnliche Entwicklungen geschaffen haben könnten und man diese Signale, wenn auch sehr schwach, auch empfangen könnte. Bereits der italienische Wissenschaftler Guglielmo Marconi, der 1909 zusammen mit dem deutschen Physiker Ferdinand Braun den Nobelpreis erhielt, stellte bereits 1922 fest, dass er außerirdische Radiowellen empfangen habe. Zwar konnte dies von keiner anderen Quelle bestätigt werden; trotzdem sollte man sich vergegenwärtigen, dass es sich bei Guglielmo Marconi nicht um einen Fantasten, sondern um einen anerkannten Pionier der drahtlosen Telekommunikation gehandelt hat. Er stand zeitlebens unter einem Erfindungsdruck und widmete sich hauptsächlich seinen Forschungen. So entwickelte er 1896 u.a. auch ein Gerät zur Aufspürung und Registrierung elektrischer Schwingungen, welches er im selben Jahr noch patentieren ließ. Hiermit hat er dann wohl auch



Abb. 1: Radioteleskop am Green-Bank-Observatorium [2].

$$N = R+ \times fp \times ne \times fl \times fi \times fc \times L$$

R+ = mittlere Sternentstehungsrate pro Jahr in unserer Galaxis

fp = Anteil der Sterne mit Planetensystem

ne = Anzahl der Planeten mit Ökosphäre

fl = Anteil der Planeten mit Leben

fi = Anteil der Planeten mit intelligentem Leben

fc = Anteil der Planeten mit Interesse an interstellarer Kommunikation

L = Lebensdauer einer technischen Zivilisation in Jahren

Abb. 2: Die Drake-Gleichung.

die außerirdischen Schwingungen „erkannt“ bzw. er konnte sie keiner anderen Quelle zuordnen.

Auch Nikola Tesla, Erfinder und Elektro-Ingenieur, meinte Signale von Außerirdischen empfangen zu haben. Tesla widmete sich Zeit seines Lebens zahlreichen Erfindungen und versuchte sich den Wechselstrom, im Gegensatz zu Edison, der den Gleichstrom bevorzugte, zunutze zu machen. Unsere heutige Energieversorgung mit Wechselstrom haben wir dadurch zum größten Teil seinen Arbeiten zu verdanken. Nach Erfindungen im Energiesektor arbeitete er an Beleuchtungssystemen und später in der Hochfrequenz- und Medizintechnik. Seine wichtigste Erfindung war der Wechselspannungsgenerator, der weltweit seinen Siegeszug antrat. Um die Jahrhundertwende wurden allerdings seine Erfindungen immer skurriler. 1899 behauptete er dann einen Erstkontakt mit Außerirdischen auf dem Mars mit Hilfe von Glühlampen hergestellt zu haben. Bis heute werden seine Spätwerke zu Strahlungs- und Umgebungsenergie heftig diskutiert. Trotzdem kann man auch ihn nicht als reinen Fantasten abtun, da er in seinem Leben immerhin 112 Patente veröffentlicht hat. [1]

Im Jahre 1960 wurde dann an der Cornell Universität das erste moderne SETI-Experiment ins Leben gerufen. Frank Drake, ein amerikanischer Astronom und Astrophysiker, nannte sein Projekt Ozma, nach dem Kinderbuch

„Ozma von Oz“, indem er bestimmte Bereiche des Weltraums nach außerirdischen Signalen untersuchte. Er hatte dafür ein Radioteleskop mit einem Durchmesser von 26 Metern (siehe Abb. 1) zur Verfügung und richtete es auf die Umgebung von Tau Ceti und Epsilon Eridani nahe dem 1,42-GHz-Band aus. So wurde ein 400-kHz-Band untersucht und auf Band aufgenommen, damit man die Ergebnisse zeitversetzt untersuchen konnte. Er hatte damit ungleich andere Möglichkeiten als seine Vorgänger Marconi und Tesla, aber leider keinen Erfolg. Trotzdem richtete er die erste SETI-Konferenz 1961 aus und entwickelte die sog. Drake-Gleichung. Diese Gleichung dient bis heute zur Diskussion der Anzahl der technischen und intelligenten Zivilisationen in unserer Milchstraßen-Galaxie. Sie bezieht sich nur auf Lebensformen, die in ihrer Umgebung auf Stick- und Kohlenstoff angewiesen sind und daher ähnliche Bedingungen wie auf der Erde vorfinden – doch dazu an anderer Stelle mehr. Nachdem auch die Sowjetunion 1964 mit einem Suchprogramm begann und 1971 eine weitere SETI-Konferenz organisierte, überlegte die NASA ein Radio-SETI-Projekt mit dem Namen Zyklop ins Leben zu rufen. Man schlug ein Radioteleskop-Array mit 1.500 Antennen mit je 91,5 m vor, was jedoch aus Kostengründen wieder verworfen wurde. Frank Drake unternahm daher, zusammen mit dem Wissenschaftler Carl Sagan – Mitau-

tor des Buches „Intelligent Life in the Universe“, einen anderen kostengünstigeren Vorstoß. Er sendete vom Arecibo-Observatorium eine einmalige Botschaft mit einer Länge von 1.679 Bit in Richtung des Kugelsternhaufens M13 im Sternbild Herkules, der ca. 25.000 Lichtjahre entfernt ist. Die Anzahl der Bits wurde mathematisch genau festgelegt, da sie 2 Primfaktoren enthält (23 und 73) und die Nachricht daher als Rechteck mit 23 x 73 Pixel verstanden werden soll. Sie enthält das Bild des Observatoriums, einen Menschen, die DNA und die für das Leben notwendigen Elemente auf der Erde. Diese Nachricht ist als Arecibo-Botschaft in die Geschichte eingegangen.

Die Arecibo-Botschaft stand im klaren Gegensatz zum passiven Lauschen des SETI-Programms und wurde auch von anderen Wissenschaftlern durchaus kritisch gesehen. Zum einen wurde die Interpretierbarkeit einer solchen Nachricht in Frage gestellt, da man diverse mathematische Kniffe anwenden muss, um sie zu entziffern. Neben den technischen Möglichkeiten zum Empfang einer solchen Nachricht müsste eine andere Zivilisation ja auch in der Lage sein die Nachricht selber zu begreifen. Das hieße beispielsweise, dass die Außerirdischen in der Lage sein müssten die Primzahlen als Rechteckangabe deuten zu können. Sollten sie keine Rechtecke kennen und Grundlagen der Algebra sowie Geometrie nicht beherrschen, wäre eine Entschlüsselung nicht möglich. Zusätzlich muss das Binärsystem bekannt sein, um die Nachricht lesen zu können. Wenn diese Basis vorhanden ist, bleiben noch die unterschiedlichen Interpretierbarkeiten, die auch einen ganz anderen Schluss zulassen könnten.

Neben den Kommunikationshindernissen wurde aber auch die Sorge laut, dass diese Signale außerirdisches Leben direkt zur Erde führen könnten. Der Astrophysiker Stephen Hawking glaubt beispielsweise an außerirdische Lebensformen, doch er warnt gleichzeitig vor dem Kontakt mit den Aliens. Er glaubt, dass ein

Kontakt eine existentielle Bedrohung darstellen würde, da er auf unsere eigene Lebensart verweist: „Wir müssen nur auf uns selbst schauen, um zu sehen, wie sich aus intelligentem Leben etwas entwickelt, dem wir lieber nicht begegnen möchten.“ Uns ähnliche Außerirdische würden über die Erde herfallen, sich ihrer Ressourcen bemächtigen und wenn der Planet ausgelaugt sei, würden sie weiterziehen. Es würde ein ähnlicher Effekt erzielt werden, wie bei der Landung von Columbus in Amerika, der bei den Ureinwohnern Krankheiten und Tot hinterlassen hat. Ähnliche Befürchtungen äußern inzwischen auch andere, wie beispielsweise der Sozialpsychologe Albert Harrison, Professor an der Universität Kalifornien. Er meint, dass durch unsere Fernsehkanäle ein Bild vom Menschen gezeichnet wird, welches von anderen Lebensformen als Bedrohung empfunden werden könnte. Im Falle eines militärischen Konflikts wären wir dann sicherlich technologisch unterlegen. [3]

Die Drake-Gleichung

Allerdings sollte man sich im ersten Schritt erst einmal damit beschäftigen, wie die Wahrscheinlichkeit für außerirdisches Leben eigentlich aussieht. Dazu ziehen wir die Drake-Gleichung heran, die auch als Green-Bank-Formel (weil er sie 1961 auf der ersten SETI-Konferenz in Green Bank vorgestellt hat) oder SETI-Gleichung bekannt ist. [1]

Als Voraussetzung für Leben werden erdähnliche Bedingungen angenommen. Damit wird mögliches Leben auf Basis anderer Elemente, wie z.B. Schwefel- und Silizium, ausgeschlossen. Weiterhin muss das Sonnensystem einen Zentralstern besitzen, der einen geeigneten Abstandsbereich besitzt, indem sich ein Planet aufhalten kann, bei dem Wasser dauerhaft in flüssiger Form vorliegt. Dies ist der Fall bei Sternen der Spektralklassen F bis M und der Leuchtstoffklasse V. Zusätzlich muss der Planet innerhalb des Sonnensystems so platziert sein, dass er vor kosmi-

schen Katastrophen (z.B. Meteoriten) weitestgehend geschützt ist. Außerdem muss der Planet in der Lage sein eine entsprechende Chemie für Leben bilden zu können, wozu er genügend radioaktive Elemente besitzen muss, die einen Karbonat-Silikat-Zyklus am Laufen halten können. Dieser Zyklus bezeichnet in der Chemie einen geochemischen, zyklischen Wechsel von Silikaten zu Carbonaten (und umgekehrt) unter dem Einfluss von Kohlensäure bzw. Kieselsäure. Dadurch wird ca. 80% des Kohlendioxids in einem Zeitraum von mehr als 500.000 Jahren zwischen Gestein und Atmosphäre ausgetauscht. Damit dieser Zyklus entsteht, der als erste Grundlage für Leben vorhanden sein muss, muss der Planet sich innerhalb des habitablen Alters bilden. Dieser Zeitraum wird allerdings vom Urknall an bis heute und weiteren 10-20 Milliarden Jahren andauern. Nach Ablauf dieser Zeit werden wichtige radioaktive Elemente nicht mehr im ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, weshalb



Abb. 3: Allen Telescope Array (ATA) in Kalifornien [5].

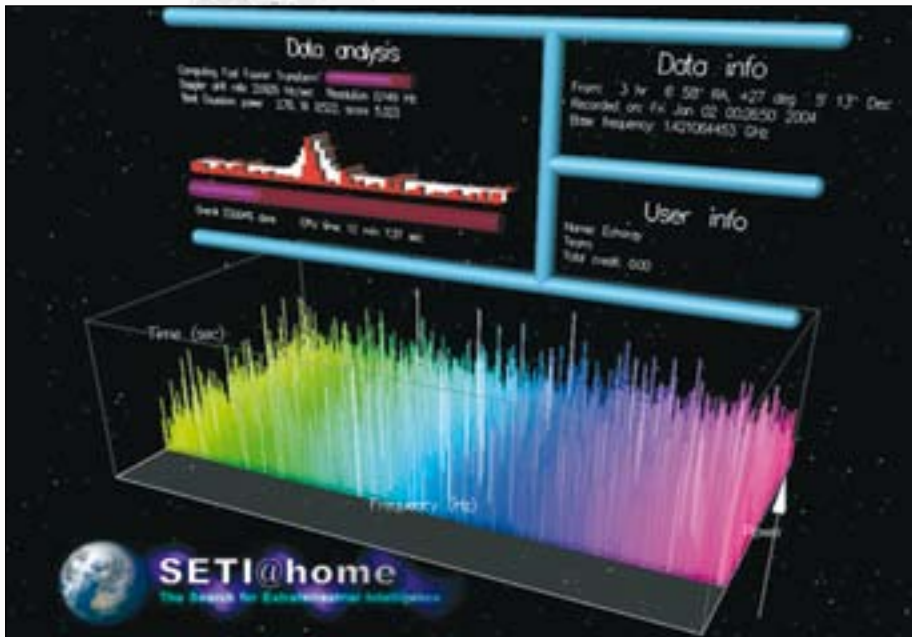


Abb. 4: Bildschirmschoner von SETI@home mit BOINC [6].

der eben beschriebene Zyklus zum Erliegen kommen wird. Neben den eben beschriebenen Anforderungen sollte auch die Planetenachse leicht geneigt sein, damit jahreszeitliche Unterschiede bestehen und mindestens ein Mond in der richtigen Größe sollte den Planeten umkreisen, damit das Klima stabilisiert werden kann. Allerdings werden diese beiden letzten Anforderungen als Soll-Kriterien gesehen.

Aus diesen Anforderungen ergab sich die hier abgebildete Drake-Gleichung, die mit N die mögliche Anzahl außerirdischer Zivilisationen in unserer Galaxie (Milchstraße) angibt, die technisch in der Lage wäre mit uns in Kontakt treten zu können.

Die mittlere Sternentstehung kann durch empirische Beobachtungen wie durch das Weltraumteleskop Hubble gut abgeschätzt werden und liegt zwischen 4 und 19. Dabei wird ein Stern mittlerer Größenordnung gesucht, der eine ähnliche Größe und Brenndauer wie unsere Sonne hat, da man annimmt, dass die Entwicklung von Leben ca. eine halbe Milliarde Jahre dauern wird. Des Weiteren zeigen Beobachtungen, dass ungefähr die Hälfte aller Sterne ein Planetensystem haben könnte. Seit 1995 wurden über 500 Exoplaneten in ca. 400 Systemen

entdeckt. Zurzeit der Formelentstehung war dies wissenschaftlich noch nicht nachgewiesen. Die Ökosphäre ist der Bereich, in dem durch den Abstand zur Sonne Leben entstehen könnte. In unserem Sonnensystem befinden sich Mars, Venus und die Erde in einem solchen Abstand. Auf wie vielen Planeten nun Leben existieren könnte, kann nur abgeschätzt werden (z.B. anhand unseres Sonnensystems). Zukünftig wird man mit empfindlicheren Teleskopen auch Exoplaneten nachweisen können, die z.B. Sauerstoff enthalten. Auf wie vielen Planeten sich intelligentes Leben entwickeln wird, kann hingegen nur grob geschätzt werden, da es hierfür keine wissenschaftlichen Zahlen gibt. Hier stellt sich natürlich auch die Frage, wie Intelligenz überhaupt definiert wird. Wenn außerirdische Zivilisationen eine gewisse Entwicklungsstufe hinter sich haben, geht man allerdings davon aus, dass sie sich auf die Suche nach außerirdischem Leben machen werden. Der letzte Faktor beinhaltet die Zeitspanne in der eine Zivilisation in der Lage sein wird außerirdische Signale empfangen und entschlüsseln zu können bzw. wie lange sie überhaupt existiert. Auf der Erde hat es beispielsweise in Abständen von 25-30 Millionen Jahren ein Massensterben

gegeben, das wahrscheinlich durch Klimakatastrophen ausgelöst wurde. Auch die Selbstzerstörung einer Zivilisation kann ein Grund für ihr Verschwinden sein.

Als Ergebnis der Drake-Gleichung kann man aufgrund der Unsicherheiten einiger Faktoren nicht ein einzelnes Resultat erwarten, daher wurden drei Modelle daraus abgeleitet. Das gemäßigte Modell geht davon aus, dass es nur eine Zivilisation in unserer Galaxie gibt. Das würde bedeuten, dass wir in unserer Milchstraße allein wären. Das optimistische Modell geht von 100 Zivilisationen aus und 5.000 Lichtjahren mittleren Abstands zwischen zwei sendenden Zivilisationen. Das enthusiastische Modell geht von 4 Millionen Zivilisationen in unserer Milchstraße aus, mit einem mittleren Abstand voneinander von nur noch 150 Lichtjahren. Selbst wenn wir von dem schlechtesten Fall ausgehen würden, würde das bedeuten, dass es Milliarden Möglichkeiten für Leben im gesamten Weltraum gibt. Allerdings wäre die Kommunikationsmöglichkeit zwischen verschiedenen Zivilisationen enorm eingeschränkt. Im enthusiastischen Modell würde man immerhin noch 300 Jahre auf eine Antwort warten müssen.

Die SETI-Programme

Nach den SETI-Anfängen startete 1979 die Universität Kalifornien in Berkeley das Projekt SERENDIP (Search for Extraterrestrial Radio Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations). Dafür wurde ein Frequenzanalysator für 100 Kanäle gebaut sowie verschiedene Radioteleskope mit einem Spiegeldurchmesser von 25 bis 65 Metern. 1980 wurde die Planetary Society gegründet, die auch verschiedene SETI-Projekte unterstützte. An der Universität Harvard nutzte man zwischen 1982 und 1985 einen Frequenzanalysator mit 131.000 Kanälen aus. Dies wurde durch neue digitale Signalprozessoren – sog. DSP-Chips – ermöglicht. Im Anschluss daran wurden im Projekt META (Me-

gachannel Extra-Terrestrial Array) bereits Frequenzanalytoren von 8 Millionen Kanälen und einer Kanalbandbreite von 0,5 Hz eingesetzt. Durch die DSP-Technik wuchs die Wahrscheinlichkeit auf einen möglichen Empfang außerirdischer Signale um ein Vielfaches an.

Weitere Projekte wurden an verschiedenen Universitäten gestartet, bevor die NASA 1992 entschied, ein eigenes SETI-Programm zu finanzieren. Das Programm MOP (Microwave Observing Program) sollte die gezielte Suche bei ca. 800 nahegelegenen Sternen sowie eine Durchmusterung des gesamten Himmels beinhalten. Leider wurde das Programm ein Jahr später aus Kostengründen wieder eingefroren. Jedoch entschied die Planetary Society das Projekt BETA (Billion-Channel Extraterrestrial Array) als Nachfolger von META in Angriff zu nehmen. Hier werden 250 Millionen Kanäle mit jeweils einer Bandbreite von 0,5 Hz verwendet. Der Frequenzbereich von 1.400 bis 1.720 Megahertz wird untersucht, wobei alle zwei Sekunden eine Bandbreite von 125 Megahertz abgetastet wird. Dadurch wird eine wesentlich effizientere Suche ermöglicht.

Im Jahre 1999 wurde zusätzlich das Projekt SETI@home in Berkeley an der Universität Kalifornien aus der Taufe gehoben. Die Daten des Projektes SERENDIP werden hierbei verwendet, um diese mit Hilfe vieler Computer, die im Internet von Benutzern freiwillig zur Verfügung gestellt werden, zu analysieren. Zudem arbeitet man in Nordkalifornien seit 2005 an einem neuen Radioteleskop, das sich aus ca. 350 Einzelteleskopen mit je 6,1m-Antennen zusammensetzt. Es heißt Allan Telescope Array (ATA), nach seinem größten Sponsor Paul Allan, dem Mitbegründer von Microsoft. Der zu beobachtende Frequenzbereich liegt zwischen 0,5 und 11,2 Gigahertz. Es kann gleichzeitig auf verschiedenen Frequenzen als auch als Interferometer verwendet werden. Dadurch ist es in der Lage, zur selben Zeit viele Objekte innerhalb der Gesichtsfelder der Einzelteleskope beobachten zu können, da man eine hohe Winkelauflösung erreichen kann, was zu einer höheren Auflösung führt.

SETI@home

Im Gegensatz zu den universitären Projekten, kann beim SETI@home-Projekt jeder mitmachen. Dies wird ermöglicht, wie bereits erwähnt, durch die Ausnutzung verteilter Rechenleistung im Internet. Jeder Benutzer kann seit 1999 ein entsprechendes SETI@home-Programm herunterladen und auf seinem Rechner installieren. Dieses Programm entnimmt die nicht benötigte Rechenleistung eines Computers und nutzt diese für SETI-Analysen bei geringster Priorität aus. Dadurch, dass heutige Rechnersysteme die meiste Zeit nur einen Bruchteil ihrer Leistung für die eigentlichen Aufgaben nutzen, ist dieser Ansatz entstanden. Nach Abarbeitung eines Datenpakets werden die Ergebnisse an den zentralen SETI-Server zurückgeschickt und mit den Ergebnissen anderer Computer kombiniert. Das Bildschirmschoner-Programm von SETI@home informiert jeden Benutzer über aktuelle Fortschritte (siehe Abb. 4).



Abb. 5: Arecibo-Teleskop auf der Karibikinsel Puerto Rico [7].

SETI@home benötigt kein eigenes Radioteleskop, sondern nutzt das weltweite größte Radioteleskop Arecibo-Teleskop auf der Karibikinsel Puerto Rico (siehe Abb. 5), welches für astronomische Beobachtungen genutzt wird, parallel aus. Das funktioniert über einen zusätzlichen Empfänger, der Radiosignale auffängt. SETI@home erhält dadurch viele Radiodaten ohne Teleskopzeit zu belegen. Das Radioteleskop ist deshalb so groß, weil es in ein Tal der Hügel von Arecibo eingebettet wurde. Nachteilig ist dabei, dass es starr mit der Erde verbunden ist und deshalb nur von einem relativ schmalen Bereich der nördlichen Hemisphäre Signale aufzeichnen kann.

Dadurch, dass die Rechenkapazität an die SETI-Gemeinde ausgelagert wird, werden nur wenig eigene Rechnersysteme benötigt. Durch die Zusammenschaltung weltweiter Internet-Rechner standen im Dezember 2009 ca. 700 TeraFLOPS an Rechenkapazität zur Verfügung. Die Einheit FLOPS (Floating Point Operations Per Second) ist ein Maß für die Leistungsfähigkeit von Rechnersystemen oder Prozessoren. Zum Vergleich: der im März 2006 schnellste Supercomputer Deutschlands JUBL besaß eine Rechenkapazität von nur 45,6 TeraFLOPS. Seit 1999 haben alle SETI@home-Rechner zusammen 2,3 Millionen Jahre Rechenzeit zurückgelegt. Das beinhaltet ca. 1,8 Milliarden Ergebnisse von über 5,4 Millionen Benutzern!

Wenn man an SETI@home teilnehmen möchte, kann man dies über zwei verschiedene Software-Programme tun: SETI@home Enhanced [8] oder Astropulse [9]. Während das erste Programm direkt von den Seiten der UC Berkeley zur Verfügung gestellt wird, kann über Astropulse auch etwas auf den deutschen Seiten von SETI@Deutschland nachgelesen werden. Beide Programme besitzen dabei verschiedene Schwerpunkte. Während SETI@home Enhanced im schmalbandigen Frequenzbereich arbeitet,

sucht Astropulse nach breitbandigen Pulsen, wie sie von Pulsaren, Neutronensternen und von sterbenden Wurmlochern (Hawkinsche Strahlung) ausgehen können. Auch fremde Zivilisationen wären wahrscheinlich in der Lage solche Radiosignale auszusenden. Beide Programme suchen entsprechend nach Gaußschen Anstiegen und Fällen von Übertragungsleistungen, die möglicherweise auf eine Radioquelle hindeuten könnten. Zusätzlich werden Pulse gesucht, die eine schmalbandige digitale Transmission sein könnten sowie nach Pulsfolgen.

Seit Juni 2004 wurde die Software-Plattform auf BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) umgestellt, um flexibler Erweiterungsmöglichkeiten zukünftig einbetten zu können. Diese Plattform, die

direkt von der UC Berkeley entwickelt wurde, wird auch für andere Projekte, in denen verteilte Rechenleistung benötigt wird, eingesetzt. So umfassen andere Großprojekte beispielsweise die Erstellung eines 3D-Modells unserer Milchstraße oder die Vorhersage der Klimaentwicklung. Im März 2010 hatte die Plattform mit 600.000 angeschlossenen Rechnern eine Gesamtrechenleistung von 3,5 bis 6,8 PetaFLOPS vorzuweisen! Seit 2003 ist die Software „Open Source“ und kann von jedem frei genutzt werden. [10]

SETI-Ergebnisse

Den gesamten Himmel nach allen möglichen elektromagnetischen Signalen abzusuchen ist quasi nicht möglich. An den Anfängen von SETI kann man ja bereits erkennen, dass man sich

Literaturhinweise

- [1] Sebastian von Hoerner: Sind wir allein? – SETI und das Leben im All; Beck-Verlag; München 2003
- [2] Dieses Bild wurde durch den Autor Geremia in die Gemeinfreiheit übergeben. Dies gilt weltweit. Geremia erlaubt jedermann die Verwendung des Werks zu jedem Zweck ohne jegliche Bedingungen, außer solchen Bedingungen, die gesetzlich vorgeschrieben sind.
- [3] Christoph Titz: Warnung von Astrophysiker Hawking: Sprecht bloß nicht mit den Aliens!; Spiegel Online Wissenschaft; 25. April 2010; Hamburg 2010
- [4] Frank Drake, Dava Sobel: Signale von anderen Welten. Mit dem NASA-SETI-Projekt auf der Suche nach fremden Intelligenzen; 1994
- [5] SETI Institute, University of California Berkeley: Dishes spread out across a California valley as part of the Allen Telescope Array; COSMIC LOG on msnbc.com; Article: Radio eyes open wide, October 2007
- [6] SETI BOINC development team: Screenshot des Setiboinc-Clients; dieses Bildschirmfoto wurde unter der freien GNU GPL-Lizenz veröffentlicht und kann entsprechend der genannten Lizenz frei genutzt werden.
- [7] Kevin McCoy: Panoramic photo of the radio telescope at the Arecibo Observatory, Arecibo, Puerto Rico. Stitched from five photos, GNU-Licence, January 2007
- [8] SETI@home Enhanced: http://setiathome.berkeley.edu/sah_enhanced.php
- [9] Astropulse: <http://www.seti-deutschland.de/de/startseite/projekte/astropulse.html>
- [10] BOINC – Open Source Software für Volunteer Computing und Grid Computing: <http://boinc.berkeley.edu>
- [11] SETI@home Webseite: <http://setiathome.ssl.berkeley.edu>
- [12] Nikolai S. Kardaschow: Transmission of Information by extraterrestrial civilizations. in: Soviet Astronomy-AJ, vol.8, no. 2, Sept.-Oct. 1964
- [13] Professor Dr. Alois Loidl: Institut für Physik an der Universität Augsburg: Was ist eigentlich Elektromog?; Wissenschaftszentrum Umwelt; <http://www-4.physik.uni-augsburg.de/exp5/esmog/index.html>
- [14] Jürgen Blum: Meilensteine der Kosmologie; Kosmologie-Vortrag – Teil 1; http://www.deepstardust.de/files_pdf/Vortrag_MicrowaveBackground.pdf
- [15] Giuseppe Cocconi, Philip Morrison: Searching for Interstellar Communications; Nature; Vol. 184; No. 4690; September 1959
- [16] Markus Becker: 50 Jahre Alien-Suche – Schweigen im Weltall; Spiegel Online Wissenschaft; 22. Februar 2010; Hamburg 2010

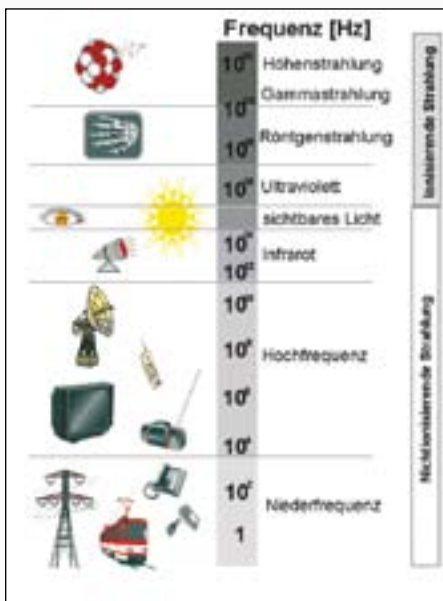


Abb. 6: Frequenzspektrum mit Anwendungsbeispielen [13].

auf bestimmte Frequenzen aufgrund der vorhandenen Technik festlegen musste. Um ein fremdes Signal aufspüren zu können, muss man davon ausgehen, dass dieses Signal stärker als die Strahlung des jeweiligen Heimatplaneten sein sollte. Dies wiederum bedeutet, dass es für außerirdisches Leben keinen Sinn machen würde, ein starkes Signal über ein großes Wellenlängenspektrum zu übertragen, da dies mit einer unnützen Energieleistung einhergehen würde. Daher kann man davon ausgehen, dass ein solches Signal sehr schmalbandig gesendet werden wird. [12] Das gestaltet die Suche dementsprechend schwierig, da man das gesamte Frequenzspektrum nach Signalen absuchen müsste, um die Wahrscheinlichkeit eines Erfolges möglichst hoch zu halten. Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass man nicht weiß, welche Modulation oder Codierung außerirdische Zivilisationen benutzen würden. Dementsprechend sucht man auf verschiedenen Frequenzen nach einem Signal, welches stärker als das Hintergrundrauschen ist und ein regelmäßiges Muster aufweist.

Anhand des sehr weiten Frequenzspektrums, welches in Abb. 6 einmal mit den dazugehörigen Anwendungen dargestellt ist, wird deutlich, wie schwer eine solche Entdeckung fallen dürfte. Selbst wenn uns ein außerirdi-

ches Signal erreichen würde, wäre es sehr wahrscheinlich, dass wir es überhören, da wir nicht alle Frequenzen gleichermaßen untersuchen können. Hinzu kommt, dass wir selbst inzwischen auch fast jede Frequenz selbst nutzen und dieses Signal auch untergehen könnte.

Eine solche Entdeckung bleibt daher auch dem Zufall mit überlassen, wie das schöne Beispiel von der Entdeckung der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung aus dem Jahre 1964 verdeutlicht. Die Bell Labs arbeiteten damals in Crawford, USA, an einer neuen Antenne (siehe Abb. 7), die die Satellitenkommunikation ermöglichen sollte. Dabei entdeckten die Physiker Robert Woodrow Wilson und Arnold Allan Penzias ein Rauschen in der Erdatmosphäre, welches aus allen Richtungen kam und eine gleichmäßige Stärke aufwies. Sie nahmen im ersten Moment an, dass sie bei der Konstruktion einen Fehler gemacht hatten. Nachdem sie das ausschließen konnten, reinigten sie die Oberfläche ihrer Antenne von Taubendreck, da sich dies ebenfalls nachteilig auf den Empfang auswirken könnte. Auch die Reinigung brachte keine Abhilfe, weshalb sie versuchten das Rauschsignal zu messen. Dabei kam heraus, dass das Rauschen von einer sehr schwachen Hintergrundstrahlung verursacht wurde, die eine Strahlungstemperatur von ca. 3 Grad Kelvin aufwies. Die beiden Physiker hatten durch Zufall das abgekühlte Strahlungsfeld des Urknalls entdeckt. Dafür bekamen beide 1978 den Nobelpreis verliehen.

Die beiden Physiker hatten es relativ einfach dieses Rauschen zu finden, da es aus allen Richtungen kommt und immer vorhanden ist. Einzelne Signale oder sogar Muster zu erkennen, ist deutlich schwieriger. Daher muss man sich auf bestimmte Frequenzbereiche festlegen, um eine gezielte Suche zu ermöglichen. Die Physiker Giuseppe Cocconi und Philip Morrison veröffentlichten 1959 in der Zeitschrift Nature eine Publikation [14], mit der die SETI-Forschung im Grunde begann.

Sie kamen darin zu dem Schluss, dass Mikrowellen-Frequenzen zwischen 1 und 10 Gigahertz am besten geeignet wären, um eine interstellare Kommunikation zu ermöglichen. Unter 1 GHz befindet sich die sog. Synchrotronstrahlung, die durch Elektronen verursacht wird, die durch das Erdmagnetfeld wandern. Oberhalb von 10 GHz wirkt sich wiederum die Strahlung von Wasserstoff- und Sauerstoffatomen in unserer Atmosphäre als störend aus. Hinzu kommt, dass es prinzipiell einfacher ist niedrige Frequenzen zu senden und zu empfangen. Daher kamen beide Physiker zu dem Schluss, dass Frequenzen um 1,42 GHz besonders geeignet wären, da auf dieser Frequenz neutraler Wasserstoff strahlt, der von Radioastronomen häufig untersucht wird. Eine weitere interessante Frequenz beträgt 1,72 GHz, auf der Sauerstoff-Wasserstoff-Moleküle zu Hause sind. Daher wird das Frequenzspektrum zwischen 1,42 und 1,72 GHz für die SETI-Forschung favorisiert.

Trotz der Einkreisung auf ein bestimmtes Frequenzfenster, bleibt die Wahrscheinlichkeit auf den Empfang außerirdischer Signale gering. Schließlich haben die SETI-Forscher gerade mal ein Billionstel des Weltraums und des Frequenzspektrums untersucht, die für interstellare Signale in Frage kommen könnte. Es ist daher nicht verwunderlich, dass SETI bisher keinen Erfolg vorweisen konnte. Eine Ausnahme gibt es allerdings: Am 15. August 1977 zeichnete das Radioteleskop der Ohio State University, das im Rahmen des SETI-Programms ausschließlich auf den interstellaren Raum fixiert war, ein Schmalband-Radiosignal auf, das als sog. Wow!-Signal in die Geschichte einging. Der Astrophysiker Jerry E. Ehman maß ein Signal, welches 72 sec lang andauerte und danach nicht mehr auftauchte. Auch die Natur des Signals blieb ungeklärt. Das Signal war dabei 30fach stärker als das Hintergrundrauschen, mit einer Bandbreite unter 10 kHz. Die Frage, ob das Signal eine Modulation und dementsprechend Inhalte enthalten haben könnte, wurde von



Abb. 7: Bell Labs Horn-Radio-Antenne in Crawford [14].

dem Entdecker bejaht. Leider waren damals weder das Radioteleskop noch die Computer leistungsfähig genug, um ein solches Signal entschlüsseln zu können. Letztendlich konnte aber auch nicht nachgewiesen werden, dass das Signal wirklich aus dem interstellaren Raum kam und nicht durch terrestrische Quellen verursacht wurde. Es bleibt aber eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit über, dass es sich um außerirdisches Signal gehandelt hat.

Fazit

Es ist nach jetzigem Kenntnisstand und der mathematischen Wahrscheinlichkeit zufolge davon auszugehen, dass es außerirdische Zivilisationen in jedem Fall gibt. Die Drake-Formel lieferte dazu eine Annäherung, die selbst im schlechtesten Fall Milliarden außerirdische Zivilisationen aufweist – wenn auch nicht in unserer Galaxie, sondern für den gesamten Weltraum gerechnet. Viele Unbekannte dieser Formel sind inzwischen aber zu Bekannten geworden. So können wir heute davon ausgehen, dass etwa

die Hälfte aller Sterne auch Planeten besitzen. Die Zahl der gefundenen Exoplaneten steigt weiter stark an; zukünftig wird man auch Planeten in Erdgröße finden, auf denen Leben existieren könnte.

Problematisch bleibt aber die große Entfernung zwischen den Planeten verschiedener Sonnensysteme. Dadurch wird eine Kommunikation quasi ad absurdum geführt und auch die Wegstrecke für den Empfang eines Signals kann so lang sein, dass bei der Ankunft evtl. die jeweilige Zivilisation nicht mehr existiert oder zumindest noch nicht oder nicht mehr in der Lage sein wird, dieses Signal zu verarbeiten. Von daher mögen die Sorgen des Astrophysikers Hawking unrealistisch anmuten, da er vor einer Kontaktaufnahme mit Außerirdischen warnt. Hawkings gibt solche Äußerungen aber nicht ohne fundamentales Wissen von sich, da er schließlich Wissenschaftler ist und immerhin einer der renommiertesten Physiker unserer Zeit. Für ihn ist dieses Szenario also durchaus denkbar,

da außerirdische Zivilisationen technisch weiter entwickelt sein dürften, wenn sie in der Lage sind mit uns in Kontakt zu treten.

Uns bleibt es mit unserer heutigen Technik lediglich vorbehalten in die unendlichen Weiten des Weltraums zu lauschen. Dabei darf man davon ausgehen, dass wir eines Tages auch erfolgreich interstellare Signale nachweisen können – vielleicht schon morgen, vielleicht auch erst in 200 Jahren. Aufgrund der immer leistungsfähigeren Technik sind wir heute in der Lage Milliarden Kanäle gleichzeitig zu durchforsten. In zwanzig Jahren könnte dies bedeuten, dass wir eine Millionen Sterne gleichzeitig untersuchen werden, wie SETI-Forscher Dan Werthimer auf einem Symposium in San Diego bekanntgab. [16] Wir stehen mit der SETI-Forschung daher letztendlich erst am Anfang.

Dr. Kai-Oliver Detken



BERICHT DES VORSITZENDEN ÜBER DAS VEREINSJAHR 2010

Lilienthal, den 22. März 2011



Der Verein blickt auf ein Jahr zurück, welches den Mitgliedern wieder vielfältige Möglichkeiten bot, ihr Hobby Astronomie zu (er)leben. Lässt man das Jahr Revue passieren, dann fällt auf, dass nahezu alle astronomischen Aktivitäten der Mitglieder mit einer aus sich selbst wachsenden Fachkompetenz heraus nahezu leidenschaftlich durchgeführt werden.

Mit anderen Worten: Die AVL ist ein Selbstläufer geworden. Die aktiven Mitglieder organisieren ihre Treffen und sonstigen Vereinsaktivitäten ohne steuernden Anstoß des Vorstands. Jener wiederum freut sich darüber, allen Aktiven die benötigte Infrastruktur hierfür zur Verfügung stellen zu können, wie zum Beispiel die Einweihung der großen Mitglieder- und Jugendsternwarte im März 2010 eindrucksvoll dokumentiert. Trotz strömenden Regens sind zahlreiche Mitglieder und Freunde des Vereins gekommen um sich gemeinsam mit uns zu freuen. Bürgermeister Holatz versicherte dem Vorstand in einer

spontanen kleinen Rede, die AVL auch weiterhin im Rahmen des Möglichen zu unterstützen und bedankte sich für alle Aktivitäten, die der Verein über die „AVL-Grenzen“ hinweg in der Region durchführte.

Ein besonderes Wort in diesem Zusammenhang über unsere Aktiven. Es ist nicht selbstverständlich, dass immer dann, wenn Arbeiten zu verrichten sind oder Aktionen für die Öffentlichkeit stattfinden, notwendige Hilfe parat ist. Der Vorstand freut sich sehr darüber, dass dies bei der AVL anders ist. Der Vorsitzende kennt dies nicht in diesem Maße aus anderen Vereinen. Der Verein verfügt inzwischen über vielfältiges handwerkliches Potential aus zahlreichen Berufen, die tatsächlich auch für durchzuführende Arbeiten aktiv zur Verfügung stehen. Vielen Dank dafür! Vor allem sind es aber auch **die regelmäßigen Hilfen**, die quasi immer präsent sind und so schnell wie selbstverständlich wirken. So sorgt **Volker Kunz** immer für aus-

reichenden Getränkevorrat und **Karin Bellmann** für die Reinigung unseres Vereinsheims. Dafür ein besonders großes Danke schön.

★ **Unsere Vereinsaktivitäten** sind lebhaft spürbar im Bereich unserer astronomischen Arbeitsgruppen. Hier ist besonders eine stetig steigende Fachkompetenz festzustellen. So ist kein „universelles“ Thema schwierig genug, um nicht den Ehrgeiz der **Astrophysiker** herauszufordern. Diese Gruppe macht es möglich, dass sich neben den „Professionellen“, den Physikern, auch nicht speziell ausgebildete Teilnehmer aus den verschiedensten Berufsrichtungen in den Diskussionsrunden und Präsentation wohlfühlen und offensichtlich viel Spaß an spannenden astronomischen Wundern des Universums haben. Hier stehen wirklich jedem, der sich einfach nur interessiert, die Türen offen. Auch das ist nicht selbstverständlich. Häufig vergraben sich die „Professionellen“ in elitären geschlossenen Kreisen. Das wird der AVL nicht passieren.

★ Ebenso schlugen die astronomischen Herzen voller Begeisterung bei unseren Vereinsmitgliedern, die sich der Digitalisierung des Himmels verschrieben haben – **den Astrofotografen**. Habe ich früher für die Illustration meiner astronomischen Präsentationen in den Vorträgen „nur“ immer Bilder von einigen wenigen Profis verwenden können, so stehen heute viele weitere Namen als Quellenangaben unter den Bildern. Keine Nacht ist den Hardlinern unter den AVL-Astrofotografen zu kalt, aber viele Nächte sind zu kurz. Besonders in diesem Fachbereich sieht der Verein noch einige Möglichkeiten, die technische Infrastruktur weiter zu verbessern. So wird es in diesem Jahr eine Rückstellung von Mitgliedsbeiträgen und Spenden ermöglichen, die inzwischen ziemlich baufällige kleine Sternwarte, die überwiegend von den Astrofotografen genutzt wird, abzureißen und neu aufzubauen.

★ **Unsere AVL-Jugendgruppe** hat ein neues Mitglied bekommen – ausnahmsweise mal **ein Mädchen**. Herzlich willkommen, Johanna. Ansonsten fanden wie immer an jedem 3. Samstag unsere Treffen statt. Sogar das Planetarium Bremen durften wir unsicher machen.

★ **Die AVL-Vorträge und -Beobachtungsveranstaltungen** öffnen den Weltall für alle interessierten Menschen der Region. Unsere Veranstaltungen im Jahr 2010 waren (wie immer) erfolgreich – anders kann man es in aller Bescheidenheit nicht ausdrücken. Neun Fachvorträge und zwei Beobachtungsveranstaltungen haben wie immer anziehend auf zahlreiche Besucher gewirkt. Zusätzlich fanden auch wieder Kinderaktionen bei Kali-Schlaufuchs der Bürgerstif-

tung Lilienthal statt. Vollersode (nahe Hambergen) war an fünf Abenden das Zentrum der lokalen Astronomie. Hier öffnete mit Unterstützung der AVL unser Vereinsmitglied **Friedo Knoblauch** seine Sternwarte. Lassen Sie uns auch in Zukunft die Astronomie zu den Menschen tragen.

★ Fast nebenbei hat sich **unsere kleine Bücherei** weiterentwickelt. Immer häufiger finden wir in unserer Vereinszeitschrift die Veröffentlichung von Neuzugängen.

★ **Unser Vereinszeitschrift „Himmelspolizey“** wird ebenfalls immer professioneller. Hier möchte ich die fleißigen Beitragsschreiber um Toleranz bitten, wenn sich hier und da einmal der Fehlerteufel einschleicht. Das ist sogar in der renommierten Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ möglich, wie immer wieder das Erratum verrät. Mit der Zusendung von Druckfahnen an die Autoren werden wir dem Fehler-teufel energisch entgegentreten. Durch **Uwe Voßler** hat die Hipo ein wirklich ansprechendes Layout erhalten. Vielen Dank.

★ **Der Umzug und die Neugestaltung unserer Homepage** sind im Jahr 2010 fertig geworden. Hier hat **Kai Oliver Detken** die Fachkompetenz seines Unternehmens zur Verfügung gestellt und die Arbeit seiner Mitarbeiter in Form zahlreicher Stundenleistungen gespendet. Kaum vorstellbar ist in diesem Zusammenhang die enorme Arbeitsleistung von Ernst-Jürgen-Stracke, der mit seinem jahrelang aufgebauten Wissen um die unzähligen Seiten unserer Internetpräsenz dem neuen Webhoster zugearbeitet hat. Vielen Dank an **Ernst-Jürgen Stracke** und Kai Oliver Detken. Das Ergebnis kann sich

sehen lassen. Hier weise ich besonders darauf hin, dass eine gute Internetpräsenz die AVL für die Öffentlichkeit auf eine bestimmte Weise zugänglich macht, die sich in guten Kontakten und Möglichkeiten in der Zukunft auszahlt. Deshalb legt der Verein hier auch einen besonderen Schwerpunkt.

★ **Last but not least ist noch von unserer Vereinsfahrt** zu berichten. Die Horizontastronomie verschlug uns nach Recklinghausen und in eine wunderbare Weltraumausstellung nach Oberhausen, wo wir den größten Mond auf Erden bewundern durften. Sozusagen auf dem Rückweg durften wir noch eine sehr eindrucksvolle Präsentation im Bochumer Planetarium erleben.

★ **Die Zukunft des Vereins** sieht gut aus. Mit der Gemeinde wird in diesem Jahr eine Verlängerung des Pachtvertrages vereinbart werden. Dies muss zeitgleich mit der Geländepacht einhergehen. Dringlich ist die Sache nicht, denn fünf Jahre liegen noch vor uns. Doch Planungssicherheit für unsere Vorhaben ist ein gutes Ruhekitzen.

★ **Der Kassenbericht** zeigt auf, dass auch im Jahr 2011 Investitionen möglich sein werden, welche den Mitgliedern und der Öffentlichkeit noch bessere und vielfältigere Möglichkeiten zur Beobachtung der Wunder unseres Sonnensystems und der fernen Sterne und Nebel bieten werden. Mit dem heutigen Stand können 70 Mitglieder daran teilhaben.

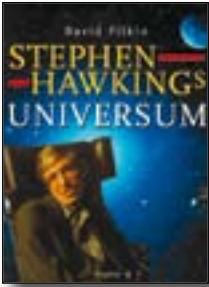
Peter Kreuzberg



Neues aus der AVL-Bibliotheksecke

DR. KAI-OLIVER DETKEN

Die Bibliothek der AVL will sich auf dieser Seite den Mitgliedern vorstellen. Hier sollen in jeder Ausgabe ein oder zwei Bücher präsentiert und beschrieben werden, um einen Überblick über die vorhandenen AVL-Schätze zu gewinnen und das Interesse an einer Ausleihe zu wecken. Anfragen werden gerne unter kai@detken.net entgegengenommen.



David Filkin:

Stephen Hawking's Universum

Heyne-Verlag, 1997

Die Geschichte dieses Buches beginnt im Jahre 1962. David Filkin studierte in Oxford und rudert mit Stephen Hawking im selben Boot der Rudermannschaft gegen den ewigen Rivalen Cambridge. Über drei Jahrzehnte später treffen sich die beiden wieder. David Filkin ist inzwischen Wissenschaftsjournalist beim britischen Fernsehen und Autor des Buchs „Stephen Hawking's Universum“, der andere wird in einem Atemzug mit Persönlichkeiten wie Isaac Newton und Paul Dirac genannt. Dieses Buch beschreibt viel mehr als nüchterne Physik, denn die unglaublichen Entdeckungen sind immer auch eng verknüpft mit den großartigen und oft unkonventionellen Ideen berühmter Frauen und Männer. Stellvertretend dafür steht sicher Stephen Hawking, aber wenn man sich mit seinem Lebenswerk beschäftigt, zieht das natürlich große Kreise zu den Arbeiten berühmter Kollegen. Deren Geschichten ziehen sich wie ein roter Faden durch das ganze Werk und David Filkin gelingt es auf diese Weise, auch komplizierte Sachverhalte allgemein verständlich und nachvollziehbar darzustellen. Nüchtern betrachtet handelt es sich hier um ein Sachbuch. Fängt man aber erstmal an, darin zu stöbern, nimmt einen die Spannung gefangen und man spürt, dass unser Universum und die Menschen, die sich damit befassen, Stoff einer brisanten Geschichte sind. Durch die große Anzahl eindrucksvoller Abb. wird es dem Leser umso schwerer fallen, das Buch aus der Hand zu legen. In diesem Buch gelingt es dem Autor David Filkin, die Erklärungsansätze des großen Physikers nun auch einer breiten Leserschaft näherzubringen.



Eckhard Slawik und Uwe Reichert:

Atlas der Sternbilder

Spektrum Verlag, 1997

Himmelsatlanten sind unentbehrliche Hilfsmittel für Beobachtungen des Sternenhimmels. Allerdings haben sie den Nachteil, dass sich die Sterne kartographisch nicht so darstellen lassen, wie sie vom Beobachter wahrgenommen werden. Mit dem „Atlas der Sternbilder“ wurde dieser Nachteil durch eine spezielle Phototechnik weitgehend behoben. In 42 Grossaufnahmen wurden die Ausschnitte so gewählt, dass alle 88 Sternbilder des Nord- und Südhimmels in ihrer ganzen Ausdehnung mit reichlichen Überlappungen abgebildet werden konnten. Die 42 Himmelskarten sind jeweils in zwei identischen Aufnahmen gegenübergestellt, wovon die eine mit der Bezeichnung der Sterne, den figürlichen Umrissen und der Bezeichnung besonderer Objekte versehen ist. In der anderen Karte sind die Himmelskoordinaten verzeichnet. Gezeichnete Karten orientieren sich über die Grenzen der Sternbilder. Somit kann man mit diesem Begleiter durch die Sternenwelt, das Auffinden und Erkennen der Sternbilder und besonderer Himmelsobjekte bereits bei Tageslicht vorbereiten. Jedem Kartenpaar ist eine Tabelle der mit freiem Auge sichtbaren Sterne beigelegt. Eine Graphik veranschaulicht, zu welcher Zeit die Sternbilder sichtbar sind. Er kann damit als praxisbezogener Himmelsatlas als gute Ergänzung zu den bekannten Himmelsjahrbüchern angesehen werden.

Impressum

„Die Himmelspolizey“

ist die Mitgliederzeitschrift der Astronomischen Vereinigung Lilienthal e.V. (AVL). Sie erscheint regelmäßig alle drei Monate. Sie wird in Papierform und online unter www.avl-lilienthal.de veröffentlicht.

Mitarbeiter der Redaktion

Alexander Alin.

E-Mail: hipo@avl-lilienthal.de.

Redaktionsschluss für die nächste Ausgabe ist vier Wochen vor dem Erscheinen. Später eingeschickte Artikel und Bilder können erst für spätere Ausgaben verwendet werden. Die Redaktion behält sich vor, Artikel abzulehnen und ggf. zu kürzen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht zwangsläufig die Meinung der Redaktion wieder. Durch Einsendung von Zeichnungen und Photographien stellt der Absender die AVL von Ansprüchen Dritter frei.

Verantwortlich im Sinne des Presserechts ist

Alexander Alin,

Hemelinger Werder 24a, 28309 Bremen

ISSN 1867-9471

Nur für Mitglieder

Erster Vorsitzender

Peter Kreuzberg(04202) 76 508 22

Stellv. Vorsitzender

Ernst-Jürgen Stracke(04792) 10 76

Pressereferat

Ute Spiecker(04298) 24 99

Schatzmeisterin

Magret König(0421) 27 35 58

Schriftführung

Ulla Proffe(04298) 69 86 32

Sternwarte Würdten

Ernst-Jürgen Stracke(04792) 10 76

Redaktion der Himmelspolizey

Alexander Alin(0421) 33 14 068

AG Astrophysik

Peter Steffen(04203) 93 43

Freundeskreis Telescopium

Klaus-Dieter Uhden(04298) 47 87

Interpräsenz und E-Mail-Adresse

der AVL: www.avl-lilienthal.de/

vorstand@avl-lilienthal.de

Ziele:*Bonn, Effelsberg, die Eifel und Oberhausen***Datum:***Do. 29. September – Sa. 1. Oktober 2011***Ablauf:****Donnerstag, 29.9.11**

- 8:00 Abfahrt Lilienthal
- 14:00 Ankunft Bonn, Bezug des Hotels, Mittagessen
- 16:00 ELSA

Freitag, 30.9.11

- 9:00 Besichtigung/Vortrag im Universitätsinstitut
- 12:00 Stadtrundgang / Mittagessen
- 13:30 Abfahrt Bonn
- 15:00 Besichtigung des Besucherzentrums Effelsberg (Dauer 1 h)
- 16:30 4 km Milchstraßenwanderweg (Dauer 90 Minuten)
- 18:00 Rückfahrt nach Bonn

Sonnabend, 1.10.11

- 8:00 Abfahrt Bonn
- 10:00 Ankunft Oberhausen, Gasometer. Besichtigung der Ausstellung „MAGISCHE ORTE Natur- und Kulturmonumente der Welt“
- 16:00 Abfahrt Oberhausen
- 20:00 Ankunft Lilienthal

Geschätzte Preise

- 100 € Übernachtung (in DZ)
- 120 € Anreise
- 20 € Eintritt

Also rund 250 € ohne Verpflegung.Wer Interesse hat, möge sich bitte bis 15. Mai 2011 bei Alexander Alin per E-Mail 001alexalin@gmx.de melden.

Die Rückkehr der Sonnenflecken

Fotos: Nina Wischhöfer, Bremen



Abb 1: 05.03.2011
Sonnenflecken 1164, 1165, 1166 und 1167.



Abb 2: 05.03.2011
Ausschnitt: Sonnenfleckengruppe 1164.



Abb 3: 05.03.2011
Ausschnitt: Sonnenfleckengruppe 1166.



Abb 4: 07.03.2011 Sonnenflecken 1164, 1165, 1166 und 1169.