

## **Archaebakterien und die Suche nach Leben im Weltall** von Helga Stan-Lotter, Wien

Die Frage, ob es Leben im Weltall gibt, ist wohl schon immer von der Menschheit gestellt worden. Viele Kulturen hatten feste Vorstellungen darüber, z. B. hielt sich lange der Glaube, auch unter bekannten europäischen Astronomen der letzten Jahrhunderte, daß zumindest alle Planeten von intelligenten Wesen bewohnt seien. In unserem Zeitalter haben wir, wahrscheinlich zum ersten Mal in der Geschichte, die Möglichkeit, dieser Frage experimentell nachzugehen, indem wir Raumschiffe ins Weltall schicken und Meßdaten sammeln. Lange Zeit dachte man, daß im außerirdischen Raum wegen der Strahlung nur Atome vorkommen könnten und nicht Moleküle. Seit etwa 20 Jahren untersuchten die Astronomen die großen Nebel, die sich zwischen den Sternen befinden, genauer, und fanden zu ihrer Überraschung eine Menge von Molekülen, wie Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Blausäure, Formaldehyd, Ameisensäure, molekularen Wasserstoff, Phosphornitrid

und andere. Weitere Evidenz für das Vorhandensein von organischen Molekülen im Weltall erhielt man aus der Untersuchung von Meteoriten, die auf die Erde fielen. Man hat darin Aminosäuren gefunden, und zwar die gleichen, die die Bausteine für die uns bekannten Proteine sind. Kürzlich konnte man auch einige Nukleinsäurebasen, die Bausteine für die genetische Erbsubstanz, aus Meteoriten isolieren.

Wir wissen nicht, auf welche Weise das Leben auf unserer Erde entstand. Aber unter der Annahme, daß organische Vorstufen vorhanden waren, stellen wir uns heute vor, daß sich aus den einfachen Substanzen immer komplexere Moleküle bildeten, aus denen sich zunächst primitive, vermutlich einzellige Lebewesen entwickelten. Daraus entstanden dann vielzellige Lebewesen und schließlich alle höheren Organismen. Die Moleküle aller Lebewesen bestehen im wesentlichen aus den Elementen Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel und Phosphor; außerdem ist natürlich das Vorhandensein von flüssigem Wasser unentbehrlich für Leben, so wie wir es kennen.

Die inneren Planeten unseres Sonnensystems, Merkur, Venus, Erde und Mars, enthalten höhere Anteile an den schwereren Elementen als die äußeren Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun und Pluto. Die letzteren bestehen zum großen Teil aus Gasen. Daher konzentrierte sich das Interesse in der Suche nach Leben auf die inneren Planeten.

Merkur ist der Sonne am nächsten und besitzt keine Atmosphäre. Die Temperatur ist hoch auf der der Sonne

zugewandten Seite und niedrig auf der abgewandten Seite. Venus hat eine dichte Atmosphäre, zumeist aus  $\text{CO}_2$  bestehend, und eine sehr hohe Temperatur, um die  $460^\circ \text{C}$ . Es ist daher unwahrscheinlich, daß Lebensformen auf Merkur oder Venus existieren.

Der Mars ist aber in dieser Hinsicht ein interessanterer Kandidat. Mars hat eine Reihe bemerkenswerter Eigenschaften, die denen der Erde ähnlich sind. Er hat einen Tag von ca. 24 Stunden, er hat eine leicht geneigte Drehachse und daher Jahreszeiten. Die Pol-Kappen vom Mars ändern ihre Form abhängig von der Jahreszeit.

1969 gab es die ersten Ergebnisse über die Atmosphäre des Mars. Der Druck beträgt nur 4,5 mm Quecksilber, im Gegensatz zur Erde, wo er 760 mm ist. Daher würde Wasser auf dem Mars bei etwa  $0^\circ \text{C}$  kochen. Die Temperatur auf dem Mars ist durchschnittlich  $-60^\circ \text{C}$ , im Mars-Sommer kann es sich in den Äquatorzonen auf  $16^\circ \text{C}$  erwärmen. Also ist es unwahrscheinlich, daß es auf dem Mars flüssiges Wasser gibt und Eis wäre nur in den Polzonen mit permanenter tiefer Temperatur stabil. Die Atmosphäre des Mars besteht zu 95 % aus Kohlendioxid. Alle diese Befunde ergaben zunächst ziemlich düstere Prognosen für die Möglichkeit von Leben auf dem Mars.

Dann jedoch, im Jahr 1971, wurde das Raumschiff „Mariner“ um den Mars geschickt und entdeckte zum einen, daß auf dem Mars Anzeichen für vulkanische Aktivität zu finden waren, zumindest für eine solche in der Vergangenheit. Zum andern sah man Formationen

auf der Oberfläche des Mars, die großen ausgetrockneten Flußtälem ähnelten. Es schien also, daß Mars einmal wärmer gewesen war und daß flüssiges Wasser vorhanden gewesen war. Diese Entdeckungen gaben der Suche nach Leben auf dem Mars neue Impulse. Vielleicht waren Spuren früheren Lebens auf dem Mars zu finden, oder eben doch rezente Lebensformen. Das Hauptthema des Viking Unternehmens der NASA in den Jahren 1976 und 77 war daher die Suche nach Leben. Im Sommer 1976 erreichten 2 Viking Landefahrzeuge die Oberfläche des Mars, und zwar an etwa gegenüberliegenden Orten des Planeten. Diese Landefahrzeuge arbeiteten etwa 8 Monate lang und funkten eine große Menge an Daten zur Erde.

Im folgenden sollen die Fragen, die die Suche nach Leben auf dem Mars betreffen, behandelt werden, und zwar:

**Was sollte untersucht werden ?**

**Was wurde gefunden ?**

**Welche Schlüsse wurden daraus gezogen?**

und schließlich:

**Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse sind in der Zwischenzeit hinzugekommen, die die Suche nach Leben im Weltraum wieder aktuell machen?**

Diese neueren Erkenntnisse betreffen eine Gruppe von Mikroorganismen, die Archaeobakterien, die hier vorgestellt werden sollen. Die Viking Landefahrzeuge waren mit Kameras ausgerüstet, die regelmäßig Bilder aufnahmen, um etwaige Lebensformen entdecken zu kön-

nen, die sich im Umkreis der Kameras aufhielten oder sich daran vorbeibewegten. Auf den gefunkteten Bildern von der Oberfläche des Mars sind Felsbrocken verschiedener Größe zu sehen, weiters Dünen, Sand, im allgemeinen eine öde anmutende Landschaft. Es wurde kein makroskopisches Leben entdeckt, nicht einmal ein russischer Astronaut, der vorbeispaziert wäre. In jenen Tagen wurde ja so etwas durchaus für möglich gehalten. Auch viele Farbaufnahmen wurden gemacht. Der Boden des Mars ist orange bis rostrot, was auf Eisenmineralien zurückzuführen ist. Es sollte insbesondere festgestellt werden, ob sich eventuell jahreszeitenabhängige Farbänderungen zeigen würden, die auf biologische Aktivitäten hätten schließen lassen. Die meisten Wissenschaftler, die diese Bilder analysiert haben, kamen zu dem Schluß, daß keine Farbänderungen im Laufe der 8 Monate sichtbar waren. Es gibt aber eine Gruppe, die vor kurzem die Bilder, die ja alle aus Archiven erhältlich sind, mit neuen verbesserten Methoden wieder untersucht hat und doch glaubt, leichte Änderungen entdeckt zu haben, und zwar eine schwache Grünfärbung an manchen der Steinblöcke. Es war eigentlich von Anfang an vermutet worden, daß nur niedrigere Lebensformen auf dem Mars zu erwarten seien. Die Experimente waren daher so ausgelegt, daß sie Mikroorganismen aufgrund ihrer Aktivitäten finden sollten. Man muß betonen, daß die Experimente mit dem Wissen, das zu der Zeit über den Stoffwechsel von Mikroorganismen vorhanden war, geplant waren. Mit einem Roboter-Arm wurden kleine Mengen an

Marsboden entnommen und in eine Apparatur überführt. Dann wurde Nährlösung dazugegeben, die aus einem reichhaltigen Medium bestand, in dem viele irdische Mikroorganismen gut wachsen würden. Auch wurde daran gedacht, die Bodenproben erst anzufeuchten und eine Weile so zu belassen, falls etwa vorhandene Sporen oder Samen quellen müßten.

Mittels Gaschromatographen wurde getestet, ob Gase entlassen oder verbraucht würden, was auf Stoffwechselaktivität hätte schließen lassen. Weiters wurde bestimmt, ob verschiedene zugefügte organische Moleküle abgebaut würden, und schließlich, ob Kohlenstoff (aus  $\text{CO}_2$  oder  $\text{CO}$ ) von den mutmaßlichen Mikroorganismen assimiliert würde.

Anfangs erschienen tatsächlich einige Signale an den Gaschromatographen und sorgten für weltweite Aufregung. Es waren aber Kontrollexperimente vorgesehen der Art, daß der Marsboden auf  $145^\circ \text{C}$  erhitzt, also sterilisiert wurde, ehe er wieder in die Apparatur eingegeben wurde. Es zeigte sich dann, daß nahezu die gleichen Signale erhalten wurden wie mit unsterilem Boden. Daraus war zu schließen, daß die chemischen Umsetzungen, die den Signalen zugrunde lagen, wahrscheinlich keine biologische Ursache hatten.

Die Viking Ergebnisse sind ausgiebig analysiert worden. Hatte irgendeines der Experimente Leben entdeckt oder war lediglich ein chemisch reaktionsfähiger Marsboden identifiziert worden? Die meisten Leute sind nun von der letzteren Möglichkeit überzeugt. D.h. die Ergebnisse der Experimente waren wahrscheinlich darauf

zurückzuführen, daß ein stark oxidierendes Agens im Marsboden vorhanden ist, welches alle Reaktionen auslöste. Welcher Art dieses Agens ist, ist noch nicht bekannt. Aus Experimenten, die in Laboratorien auf der Erde simuliert wurden, ergab sich, daß OH Radikale eine Möglichkeit wären, da sich mit ihnen ähnliche Reaktionen hervorrufen ließen.

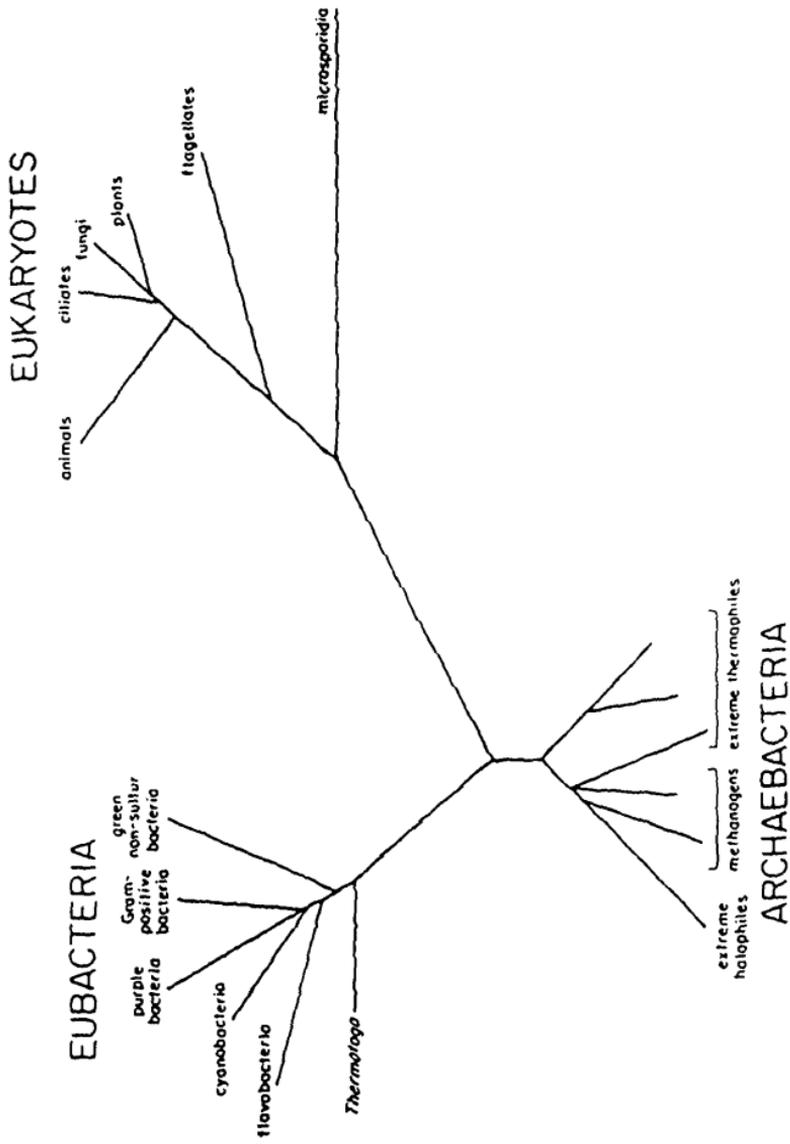
Etwa um die gleiche Zeit, als die Viking Experimente durchgeführt wurden, gab es so etwas wie eine Revolution in unserm Verständnis über die Entwicklung des Lebens auf unserer Erde. Die bis dahin gebräuchlichste Einteilung der Lebewesen war in zwei Kategorien, nämlich in Eukaryonten und Prokaryonten, also Organismen mit oder ohne Zellkern. Die Anwesenheit oder Abwesenheit eines Zellkerns ist ein relativ leicht zu bestimmendes Merkmal; die Gruppe der Prokaryonten umfaßte alle bekannten Bakterien. Die allgemeine Annahme ist, daß sich im Laufe der Evolution die Eukaryonten aus den Prokaryonten entwickelt haben. Wie allerdings die Entwicklung der Prokaryonten verlaufen war, welcher Art ihre Evolution war, ist ungeklärt.

Bei höheren Organismen können Verwandtschaftsbeziehungen aus der Morphologie und Paläontologie abgeleitet werden. Jedoch bei Bakterien ist die Morphologie nicht sehr ergiebig – es gibt nur die drei Haupttypen Kokken, Stäbchen und Spirillen. Weiter sind bei Bakterien Stoffwechseleigenschaften zur Ableitung von Verwandtschaftsbeziehungen verwendet worden. Hier ist zwar eine beachtliche Vielfalt vorhanden, jedoch zeigte sich, daß sich für die bakterielle Systematik dabei oft

mehr Probleme als Lösungen ergeben. Oft besitzen nämlich manche Bakterien ein bestimmtes Merkmal, während es eng verwandten Bakterien fehlt. Dies hat dazu geführt, daß man sie fälschlicherweise in eine getrennte Gruppe eingeordnet hat.

Dagegen erscheinen vergleichende Untersuchungen von informationsreichen und funktionell konservierten Molekülen, wie sie schon von Zuckerkandl und Pauling (1) vorgeschlagen wurden, als der erfolgreichere Weg zur Aufstellung von Stammbäumen der Organismen. Mit den Methoden der Sequenzierung von Nukleinsäuren waren von Carl Woese und Mitarbeitern in USA eine große Anzahl von Prokaryonten und Eukaryonten untersucht worden. Eine quantitative Behandlung der Ergebnisse zeigte, daß eine bestimmte Gruppe von Bakterien nicht mit den restlichen Bakterien verwandt war. Es schien, daß sie genau soweit entfernt waren von den Eukaryonten, wie von den andern Bakterien. Woese postulierte ein drittes Urreich des Lebens, die Archaeobakterien, neben den Eukaryonten und den übrigen Bakterien, die man nun Eubakterien, also die wahren oder die echten Bakterien, nannte. Die bis dahin als monophyletisch angesehene Gruppe der Prokaryonten war nun in zwei Urreiche aufgespalten (2).

Abb. 1 zeigt einen Stammbaum der Organismen, wie ihn Woese vorgeschlagen hat:



Der Stammbaum hat 3 Hauptäste, Eukaryonten, Eubakterien und Archaeobakterien. Die Archaeobakterien bestehen aus 3 großen Hauptgruppen, den methanogenen Archaeobakterien, den extrem halophilen und den extrem thermophilen, die auch meist azidophil und Schwefelverwerter sind.

Die Unterschiede, die für die Aufstellung des Stammbaums ausgewertet wurden, waren Sequenzen von Nukleinsäuren aus Ribosomen. Ribosomen sind Teil des Proteinsynthese-Apparats, Komponenten also, die in allen Zellen vorkommen und die gleiche Funktion haben. Eine der Nukleinsäuren aus Ribosomen ist die 16 S RNA, wobei 16 S ein Maß für die Größe dieses Moleküls ist. Die Gesamtzahl der Nukleotide der 16 S rRNA ist etwa 1500; damit ist ein guter Informationsgehalt gegeben. Ein weiterer Vorteil dieser RNA ist, daß man sie leicht isolieren kann. Mittels eines spezifischen Enzyms (T1 Ribonuclease) wurde die 16 S rRNA in Fragmente zerlegt, die aus wenigen Nukleotiden bestanden. Diese Oligonukleotide wurden gereinigt und sequenziert. Quantitative Vergleiche der Sequenzen brachten dann das überraschende Ergebnis von weitgehenden Unähnlichkeiten zwischen den einzelnen Organismengruppen.

Inzwischen sind die Archaeobakterien näher untersucht worden und es stellten sich eine ganze Reihe einzigartiger biochemischer Eigenschaften heraus, die sie nicht mit anderen Organismen teilen. Die ursprüngliche Einteilung, die nur aufgrund der 16 S rRNA Daten erfolgt war, wurde vielfach bestätigt.

### **Wo sind Archaeobakterien zu finden?**

Die natürlichen Standorte von Archaeobakterien zeigen, daß es sich um wirklich ungewöhnliche Organismen handelt.

Thermoazidophile Archaeobakterien wurden erstmals im Yellowstone-Park in USA isoliert, wo rege vulkanische Tätigkeit herrscht. Man findet dort Geysire, heiße Quellen und sogenannte Solfatarenfelder, d.h. schwefelhaltige heiße Böden, die aus Schlamm, Wasserlöchern und Quellen bestehen. Aus solchen Biotopen wurden *Sulfolobus* und *Thermoproteus* isoliert. Diese Bakterien wachsen optimal bei 80 - 90° C, und außerdem bei niedrigen pH Werten, bis hinunter zu pH 1. Viele der thermoazidophilen Archaeobakterien können nicht nur diese niedrigen Werte überleben, sondern sie brauchen sogar diese saure Umgebung; bei höheren pH Werten würden sie lysieren.

Auch Island ist für seine vulkanischen Gebiete bekannt; aus dem kochendem schwefelhaltigen Schlamm des Kraffla-Gebirges wurden Archaeobakterien wie *Pyrococcus furiosus* oder *Acidianus infernus* isoliert.

Aus submarinen vulkanischen Gebieten vor der italienischen Küste wurde *Pyrodictium occultum* isoliert. Dies ist derjenige Organismus, der die bisher höchste registrierte Wachstumstemperatur zeigt: das Optimum liegt bei 105 °C; bis zu 110 °C ist noch Wachstum möglich. Ende der siebziger Jahre wurden in Bruchzonen am Boden von Ozeanen Formationen entdeckt, die man schwarze Schlote oder schwarze Raucher genannt hat, wegen des ausströmenden überhitzten und sulfidreichen

Wassers. Aufgrund des hohen Druckes kocht das Wasser in dieser Tiefe von ca. 2500 Meter erst ab 450° C. Die Temperaturen in den Schloten sind 250 bis 300° C. In den ausgestoßenen Sulfid- und Mineralwolken hat man verschiedene extrem thermophile Archaeobakterien gefunden. Diese Mikroorganismen sind nicht nur thermophil, sondern darüberhinaus auch barophil.

Bei der Gewinnung von Kohle gibt es Abfall in Form von Kohlefragmenten, Pyrit und organischen Materialien. Die Abfallhalden haben oft die Tendenz, sich selbst zu entzünden und können über lange Zeiten schwelen. Aus solchen glimmenden Kohlehalden hat man das Archaeobakterium *Thermoplasma* isoliert. Wie aus dem Namen hervorgeht, gehört es auch zu den thermophilen Archaeobakterien. Es ist darüberhinaus ein bemerkenswertes Bakterium, denn es besitzt überhaupt keine Zellwand, sondern ist lediglich von einer stabilen Membran umgeben.

Eine weitere Gruppe sind die extrem halophilen Archaeobakterien. Man findet sie zum Beispiel in den flachen Lagunen von Salzgewinnungsanlagen, wo Meereswasser verdunstet wird. Die halophilen Archaeobakterien verleihen der Salzlake eine auffallend rote Farbe aufgrund ihrer Pigmente, wie Karotin, Bakteriorhodopsin und Bakterioruberin. Beim Konzentrieren des Meereswassers überleben zunächst noch halotolerante Algen und manche kleine Krebsarten. Diese Organismen lysieren bei höheren Salzkonzentrationen, und von den Zerfallsprodukten leben die halophilen Archaeobakterien. Ab Salzkonzentrationen von etwa 3 -

4,3 molar sind die Archaeobakterien, im wesentlichen Arten der Gattungen *Halobacterium*, *Haloarcula*, *Haloferax* und *Halococcus*, die vorherrschenden Organismen.

Ein weiterer Standort der halophilen Archaeobakterien ist das Tote Meer in Israel, wo ein Forscher in den vierziger Jahren mehrere Arten von Halobakterien isolierte und damit bewies, daß es doch nicht ganz tot, also frei von Lebewesen, war. Weiter sind erwähnenswert die Seen des afrikanischen Rift-Valleys (in Kenya), die nicht nur hohe Konzentrationen von Natriumchlorid haben, sondern aufgrund der geologischen Verhältnisse auch hohe Karbonatkonzentrationen, was einen stark alkalischen pH Wert verursacht. Auch in dieser Art von Biotop kommen halophile Archaeobakterien vor, die gleichzeitig alkaliphil sind. Sie wachsen bis zu pH Werten von 11, mit einem Optimum bei pH Werten um 9 herum; unter pH 8 können sie nicht wachsen.

Die halophilen Archaeobakterien können beim vollständigen Verdunsten der Salzsolen in die sich bildenden Kristalle eingeschlossen werden. Sie sind dann noch an ihrer Farbe zu erkennen. Es ist auch gezeigt worden, daß sie in den Kristallen lebensfähig bleiben. Wahrscheinlich sind die Halobakterien auf diese Weise auch verbreitet worden, indem sie, in Salzkristalle eingeschlossen, am Gefieder von Meeresvögeln hängen blieben. Man hat alte Salzsedimente auf das Vorhandensein von halophilen Mikroorganismen geprüft. Verschiedene Gruppen in England und USA konnten aus Proben, die aus Salzbergwerken stammten, archaeobakterielle Isolate

erhalten. Am hiesigen Institut haben wir Steinsalzbrocken aus dem Salzbergwerk in Bad Ischl untersucht. Wir haben mehrere Isolate gezüchtet, von denen ein kokkenförmiges Bakterium sich als besonders interessant erwies. Aufgrund seiner bis jetzt analysierten chemischen Zusammensetzung dürfte es sich um eine neue Art handeln. Das besondere an diesen Isolaten aus Salzsedimenten ist das Alter der Ablagerungen; sie stammen aus den geologischen Zeitaltern Perm bzw. Trias. Falls sicher gestellt werden kann, daß die Salzablagerungen keine größeren geologischen Störungen erfahren haben, wären die im Salz eingeschlossenen Mikroorganismen etwa 200 - 250 Millionen Jahre alt. Die dritte große Gruppe der Archaeobakterien sind die Methanbakterien oder methanogenen Bakterien. Sie produzieren, wie der Name sagt, Methan. Die Methanbakterien sind strikt anaerob; in Gegenwart von Sauerstoff können sie nicht leben. Sie kommen vor in Sümpfen, in stagnierenden Gewässern, in Sedimenten am Meeresboden sowie im Pansen von Wiederkäuern und im Darmsystem von Wirbeltieren und Insekten. Eine Besonderheit der Methanbakterien sind manche ungewöhnliche Coenzyme, die mit kurzwelligem Licht zur Fluoreszenz angeregt werden können. Daher kann man sie, ohne daß Färbung nötig wäre, in einem Fluoreszenzmikroskop beobachten.

Archaeobakterien fühlen sich offensichtlich wohl in Umgebungen, in denen es die meisten Organismen nicht lange aushalten würden. Generell gesprochen, handelt es sich um extreme Biotope. Man hat daher für

die Archaeobakterien auch den Namen „extremophile Bakterien“ oder „extremophile Mikroorganismen“ vorgeschlagen.

Die Zellbestandteile der Archaeobakterien müssen besondere Eigenschaften haben, damit die extremen Bedingungen toleriert werden können. Einige Zellkomponenten von Archaeobakterien sind isoliert und näher untersucht worden. Als Beispiele seien die Lipide und sogenannten „S-layer“ aufgeführt.

Die Lipide der Archaeobakterien sind vom Glycerin abgeleitet, soweit sind sie noch denen der übrigen Organismen ähnlich. Jedoch während die bekannten Lipide am Kohlenstoffatom 1 und 2 des Glycerins mit Fettsäuren verestert sind, liegen bei den Archaeobakterien in 2 und 3 Stellung Substituenten vor. Diese sind nicht die sonst üblichen Fettsäuren, sondern Phytanyl-Ketten, welche in Etherbindung mit dem Glycerin verknüpft sind. Lipide sind Bestandteile der Membranen, die die Zellen umhüllen, und als solche oft in unmittelbarem Kontakt mit der Umwelt. Die Etherbindungen der archaeobakteriellen Lipide sind resistenter als Esterbindungen gegenüber Hitze, Säure sowie auch Alkali. Viele der thermoazidophilen Archaeobakterien besitzen eine dicke Oberflächenschicht aus Proteinen, den S-layer (vom englischen „surface“ = Oberfläche). Der S-layer besteht aus regelmäßig, oft hexagonal, angeordneten Protein-Untereinheiten. Isolierter S-layer ist sehr stabil gegenüber Detergentien und Proteasen. Er macht einen beträchtlichen Teil der Zellhülle aus; die Schicht kann bis zu 33 nm dick sein. Archaeobakterien haben, im

Gegensatz zu den meisten Eubakterien, keinen Mureinsacculus als formgebendes Strukturelement; die Stabilität der Zellen wird bei vielen Arten durch die S-layer Schicht gewährleistet.

Die Erforschung der Archaeobakterien hat manche unserer bisherigen Vorstellungen von der Verbreitung von Lebewesen geändert. Es scheint nun, daß es beinahe keine ökologische Nische auf unserer Erde gibt, sei sie noch so heiß, salzig, sauer oder alkalisch, die nicht von Lebewesen, zumindest Mikroorganismen, bewohnt werden kann. Die Isolierung von Bakterien aus alten Sedimenten zeigte zusätzlich die Möglichkeit des langen Überlebens von einfachen Lebensformen.

Mit diesen Erkenntnissen werden weitere Studien für die Suche nach außerirdischem Leben geplant. So wird man, wegen der früheren vulkanischen Aktivität auf dem Mars, dort nach thermophilen Mikroorganismen oder deren Resten suchen. Extreme pH Werte oder hohe Salzkonzentrationen werden kein Hindernis sein, auch an entsprechenden Stellen nach lebenden oder fossilen Bakterien zu suchen.

In diesem Beitrag wurde die Suche nach mikrobiellem Leben im Weltraum behandelt. Es gibt aber darüberhinaus natürlich noch andere Aktivitäten, die sich mit der Suche nach „intelligentem Leben“ im All beschäftigen.

Einer der Astronomen bei NASA, die versuchen, in Radiokommunikation mit vermuteten höheren Zivilisationen im Weltraum zu treten, ist Frank Drake, der hier, wie folgt, zu Wort kommen soll:

„Eines der interessantesten ungelösten Probleme ist die Frage, ob es Leben, insbesondere intelligentes Leben, im Weltraum gibt. Dieses Problem fasziniert uns alle, ob wir jung oder alt sind, ob wir Wissenschaftler oder Laien sind. Wir spüren nämlich, daß die Antwort auf diese Frage grundlegende Bedeutung hat: Sie würde uns zeigen, welche Höhepunkte die Evolution in verschiedenen Lokalitäten des Universums erreichen kann. Die Antwort wäre auch von philosophischer Bedeutung: sie würde uns zeigen, welcher Art die Natur und das Schicksal intelligenten Lebens im Universum sein kann. Sie könnte uns auch persönliche Fragen nach der Bedeutung unserer Rolle im Universum beantworten. Vielleicht würde uns die Antwort auch ermöglichen, wissenschaftliche und technologische Informationen von anderen Zivilisationen zu erhalten, die uns Probleme auf der Erde könnten lösen helfen; Informationen, die wir vielleicht sonst nur durch jahrhundertelange intensive Anstrengungen gewinnen könnten. Daher ist die Frage, ob außerirdisches Leben und außerirdische Intelligenz existieren, von vielschichtiger Bedeutung, die vom tief-schürfenden philosophischen Niveau bis zu ganz praktischen Aspekten reicht.“ (3)

**Anmerkung:**

Es sei erwähnt, daß nach einem neueren Vorschlag von Carl Woese (4) die Archaeobakterien in „Archaea“ umbenannt werden sollen, die Eubakterien „Bacteria“ heißen sollen und die Eukaryonten „Eucarya“.

**Literatur:**

1. Zuckerkandl, E. and Pauling, L. (1965): Molecules as documents of evolutionary history. *J. Theor. Biol.* 8, 357-366.
2. Woese, C. R. (1981) Archaeobakterien – Zeugen aus der Urzeit des Lebens. *Spektrum der Wissenschaft*, Aug. 1981, 75-91.
3. Drake, F. (1988) The search for extraterrestrial life. *Los Alamos Science* 16, 50-69.
4. Woese, C. R., Kandler, O. and Wheelis, M. L. (1990). Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucarya. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 87, 4576-4579.

**Anschrift der Verfasserin:**

Univ. Doz. Dr. Helga Stan-Lotter  
Institut für Mikrobiologie und Genetik  
der Universität Wien  
1090 WIEN  
Althanstraße 14