

# ALIENS auf der Erde?

Sogar auf unserem Planeten könnte das Leben mehrmals entstanden sein. Forscher suchen nach Mikroorganismen, die sich grundlegend von der uns bekannten Lebensform unterscheiden.

Hören Sie dazu auch unseren Podcast **Spektrum Talk** unter [www.spektrum.de/talk](http://www.spektrum.de/talk)

Von Paul Davies

Der Ursprung des Lebens gehört zu den großen Rätseln der Wissenschaft. Wie, wo oder wann es entstand, vermag niemand genau zu sagen. Die Forscher wissen kaum mehr, als dass vor ungefähr dreieinhalb Milliarden Jahren auf der Erde mikrobielles Leben etabliert war. Was davor geschah, lässt vor allem Raum für Spekulationen.

So glaubte vor dreißig Jahren die Mehrzahl der Biologen, das Leben hätte mit einem chemischen Zufall seinen Anfang genommen, einem Ereignis von so geringer Wahrscheinlichkeit, dass sich dergleichen im Universum kein zweites Mal zugetragen haben dürfte. Diese Haltung vertrat auch der französische Biochemiker und Nobelpreisträger Jacques Monod (1910–1976). Er schrieb 1970: »Der Mensch weiß endlich, dass er in der teilnahmslosen Unermesslichkeit des Universums allein ist, aus dem er zufällig hervortrat.«

Inzwischen herrscht eine völlig andere Auffassung vor. Vor gut zehn Jahren nannte der belgische Biochemiker und Nobelpreisträger Christian de Duve Leben eine »kosmische Zwangsläufigkeit«. Auf jedwedem erdähnlichen Planeten müsse es fast zwingend entstehen. Hiervon sahen sich Astrobiologen in ihrer Ansicht bestärkt, dass es im Universum sicherlich davon wimmele. Der amerikanische Chemiker Robert Shapiro spricht gar von einem biologischen Determinismus. Manchmal kleiden Forscher diese These in Worte wie: Leben sei bereits »in die Naturgesetze eingeschrieben«.

Nur, wie können Wissenschaftler feststellen, welche Auffassung zutrifft? Ein klarer Beleg wäre der Nachweis von unabhängigen Lebensspuren auf einem anderen Planeten, etwa auf dem Mars. Indizien dafür, dass Leben allein in unserem Sonnensystem an verschie-

denen Orten eigenständig auftrat, dürften wohl bedeuten, dass die These vom biologischen Determinismus zutrifft. Leider kann es noch etwas dauern, bis Marsmissionen auf dem Roten Planeten nach extraterrestrischen Lebensformen fahnden und diese gegebenenfalls analysieren können.

Doch womöglich ließe sich der Nachweis solch eines biologischen Determinismus sogar einfacher führen. Kein Planet ist schließlich erdähnlicher als die Erde selbst. Wenn Leben unter terrestrischen Bedingungen wirklich so leicht entsteht, geschah das hier vielleicht öfter. Wissenschaftler fasziniert diese Idee so sehr, dass sie bereits in Wüsten, Seen, Höhlen nach Hinweisen auf fremdartige Lebensformen suchen – nach Organismen, die sich von allem Bekannten grundlegend unterscheiden. Diese exotischen Wesen wären höchstwahrscheinlich mikroskopisch klein. Vielleicht existieren solche Aliens sogar mitten unter uns. Um sie dingfest zu machen, entwickeln Forscher daher spezielle Tests.

Auf eine feste Definition von Leben konnten sich die Experten zwar bisher nicht einigen. Trotzdem wären die meisten Wissenschaftler damit einverstanden, dass folgende zwei Kriterien unabdingbar sind: Stoffwechsel und Fortpflanzung.

Vorausgesetzt, Leben hätte sich auf der Erde tatsächlich mehrfach gebildet, so müsste nach herkömmlicher Auffassung bald eine Sorte davon dominiert und die anderen eliminiert haben. Zum Beispiel könnte sich eine Lebensform schnell aller Ressourcen bemächtigt haben. Oder sie verstand sich Vorteile zu verschaffen, indem sie innerhalb der eigenen Sorte erfolgreiche – bewährte – Gene austauschte.

Doch solch ein Szenarium überzeugt nicht wirklich. Schließlich handelt es sich auch bei den Bakterien und den Archaea (Archaeobak-

## In Kürze

- ▶ Vielleicht entstand Leben auf der Erde nicht nur einmal, denn unter geeigneten Bedingungen kann dergleichen aus Sicht vieler Forscher recht leicht auftreten. Darum suchen Experten nun nach **exotischen Mikroorganismen** mit fremdartiger Biochemie.
- ▶ Ökologisch abgeschnittene Orte mögen sich für die Suche besonders gut eignen – etwa **heiße Quellen der Tiefsee** oder Trockentäler der Antarktis.
- ▶ Ausgeschlossen ist nicht einmal, dass um uns herum **fremdartiges Leben** existiert. Wissenschaftler müssten nach Kennzeichen einer ungewohnten Biochemie fahnden.

terien) um zwei grundverschiedene Typen von Mikroorganismen. Beide Gruppen gingen vor über drei Milliarden Jahren aus einem gemeinsamen Vorfahren hervor und konnten all die Zeit friedlich nebeneinander existieren, ohne dass ein Typ den anderen ausgelöscht hätte. Außerdem müssten fremdartige Lebensformen mit der uns vertrauten Sorte nicht unbedingt direkt um Ressourcen konkurriert haben. Möglicherweise beanspruchten die anderen Formen entweder gar nicht dieselben Orte, weil sie eine extremere Umwelt brauchten, wo unsere Art des Lebens es nicht aushielte. Oder die verschiedenen Formen lebten zwar nebeneinander, nutzten aber völlig andere Ressourcen.

Selbst wenn es dieses alternative irdische Leben heute nicht mehr geben sollte – in der fernen Vergangenheit könnte es immerhin gediehen sein, bis es dann aus irgendeinem Grund ausstarb. In dem Fall bestünde die Chance, davon noch Relikte zu entdecken. Hätte beispielsweise der Stoffwechsel anders funktioniert, dann fänden sich vielleicht Gesteinsmodifikationen oder mineralische Ablagerungen, die sich nicht auf bekannte Organismen zurückführen lassen. Uralte Mikrofossilien könnten sogar ungewöhnliche organische Moleküle enthalten, wie sie vertraute Lebensformen nie herstellen. Wer weiß, was in den vermuteten Mikrofossilien in über 2,5 Milliarden Jahre alten Gesteinen aus dem Archaikum so alles steckt?

**Überall um uns herum könnten fremdartige Mikroorganismen leben, die normalen Bakterien nur äußerlich ähneln.**



KENN BROWN, MONOLITHIC STUDIOS

## EHER EIN WALD

Bislang sortieren Biologen alle Lebensformen sozusagen auf den Ästen und Zweigen eines Baums. Bei diesem Stammbaum haben alle Arten gemeinsame Wurzeln weit in der Vergangenheit. Doch falls Leben mehrmals entstand, gäbe es mehrere Stammbäume.



### GESPIEGELTES LEBEN

Große Biomoleküle können im Prinzip links- oder rechtshändig gebaut sein. Alle bekannten Organismen haben linkshändige Aminosäuren und eine rechtsdrehende DNA-Doppelhelix. Das könnte bei einem anderen, eigenständigen Leben durchaus umgekehrt sein.

### UNSER STAMMBAUM

Die bekannten Organismen funktionieren nach gleichen biochemischen Prinzipien. Die genetische Information kodieren sie in DNA-Molekülen. Die drei Hauptäste dieses Baums tragen die Bakterien (Eubakterien), die so genannten Archaea (Archaebakterien) und die Eukarya (Eukaryoten) mit einem echten Zellkern.

KENN BROWN, MONDLITHIC STUDIOS

### KRITERIEN VON LEBEN

Zu Hauptkennzeichen würden wohl die meisten Naturwissenschaftler rechnen:

- ▶ Aufnahme von Stoffen aus der Umwelt
- ▶ Energiegewinnung aus Nährstoffen
- ▶ Abgabe von Abfallstoffen
- ▶ Fortpflanzung

Noch aufregender, auch gewagter, ist die These, dass alternative Lebensformen bis heute überlebt haben. Carol Cleland und Shelley Copley von der Universität von Colorado in Boulder prägten dafür den Ausdruck Schattenbiosphäre. Die Idee mag zunächst völlig abwegig erscheinen. Wie sollten die Fremdlinge vor unserer Nase – oder sogar in unserer Nase? – bis heute unentdeckt geblieben sein? Nun, wieso eigentlich nicht? Schließlich sind bei Weitem die meisten Organismen auf der Erde Mikroben. Der Blick ins Mikroskop eröffnet kaum Aufschluss über deren spezielle Eigenheiten. Um zu erfahren, wohin jeder einzelne Winzling in dem Stammbaum gehört, den Phylogenetiker für alle bekannten Lebewesen erstellt haben, muss man meist erst Teile seines Erbguts sequenzieren – eine Mammutaufgabe. Nur einen kleinen Bruchteil der bisher gefundenen Mikroorganismen konnten die Forscher schon auf die Weise untersuchen. Fast mit Sicherheit haben Molekularbiologen noch kei-

nen Organismus fremden Ursprungs auseinandergenommen. Denn alle so weit geprüften Lebewesen gleichen sich biochemisch. Auch der genetische Kode erweist sich bisher immer als fast derselbe. Eben deswegen können die Forscher ja deren Gene sequenzieren und dann im gemeinsamen Stammbaum verorten. Die bewährten Methoden zur Analyse neu entdeckter Organismen sind in voller Absicht darauf zugeschnitten, herkömmliches Leben zu erkennen. Für eine fremdartige Biochemie sind sie nicht gedacht. Darum mag uns ein Schattenleben in der Mikrobensphäre bisher durchaus entgangen sein.

Wo sollten Forscher auf der heutigen Erde nach solchen Aliens suchen? Manche Wissenschaftler fahnden nach Nischen, wo vertraute Organismenformen nicht leben können. Allerdings mussten die Biologen gerade in letzter Zeit immer wieder verblüfft erkennen, an welch extremen, uns völlig unwirtlich erscheinenden Orten exotische Vertreter

### EXOTISCHE AMINOSÄUREN

Die bekannten Organismen verwenden, mit ganz wenigen Ausnahmen, in ihren Proteinen die gleichen 20 Aminosäuren. Chemisch möglich sind sehr viel mehr. Exotische Mikroben könnten solche Aminosäuren benutzen – etwa Isovalin oder Pseudoleucin, die in Meteoriten gefunden wurden.

### LEBEN MIT ARSEN STATT PHOSPHOR

Bei fremdem Leben könnte Arsen die Rolle von Phosphor einnehmen, einem der zentralen Bioelemente. Eben weil beide Elemente einander chemisch stark ähneln, sind Arsenverbindungen für uns hochgiftig. Für jene hypothetischen Organismen wäre wiederum Phosphor ein extremes Gift.

### SILIZIUM-ORGANISMEN

Wohl am extremsten wäre fremdes Leben anders, wenn es statt Kohlenstoff als Grundbaustein Silizium verwendete. Auch Silizium hat die Wertigkeit vier: Die äußere Elektronenschale enthält vier Elektronen. Daher vermögen sich seine Atome ebenfalls zu Ringen und langen Ketten zusammenzuschließen, die als Grundgerüste für Biomoleküle taugen.



unserer eigenen Sorte Leben gedeihen. Manche Mikroben hausen in kochend heißen Vulkanschlotten, andere in antarktischen Trockentälern, manche in gesättigten Salzseen, wieder andere in hochsauren, metallreichen Erzbergbauhalden, einige selbst in den radioaktiv verstrahlten Abklingbecken von Atomreaktoren.

### Härtetest im Labor

Doch sogar diese so genannten Extremophilen stoßen an ihre Grenzen. Alles Leben der uns bekannten Biochemie benötigt flüssiges Wasser. So ist die Atacamawüste im Norden Chiles offenbar so trocken – dort gibt es keinerlei Spuren vertrauten Lebens. Auch bei der Temperatur scheint eine Obergrenze zu existieren: Jenseits von etwa 130 Grad Celsius fanden Forscher keine Mikroben mehr. Dass alternative Lebensformen in noch trockeneren oder noch heißeren Umwelten gedeihen, wäre dagegen durchaus vorstellbar.

Stößt man in ökologisch isolierten Regionen auf Anzeichen biologischer Aktivität – wie ein Kohlenstoffzyklus zwischen Boden und Atmosphäre –, so könnte das auf fremdartige Erscheinungen hindeuten. Als Orte für abgeschiedene Ökosysteme kämen tiefe Schichten der Erdkruste in Frage, auch die obere Atmosphäre, die Antarktis, Salzbergwerke oder von Metallen oder anderen Schadstoffen verseuchte Plätze. Aber die Forscher könnten auch anders vorgehen und verdächtige Organismen im Labor harschen Bedingungen aussetzen. Kritische Parameter wie die Temperatur, Feuchtigkeit und dergleichen könnten sie so lange variieren, bis die bekannten Lebensformen sämtlich abgetötet wären. Sollte danach trotzdem noch biologische Aktivität auftreten, bestände vielleicht eine Chance, dass hier Schattenleben zugegen ist. Auf diese Weise entdeckten Wissenschaftler das strahlungsresistente Bakterium *Deinococcus radiodurans*. Es hält das Tausendfache an Gammastrahlung aus, bei der Men-

### LEBEN OHNE WASSER?

Flüssiges Wasser gilt bisher als eine Grundvoraussetzung für Leben. Doch einige Astrobiologen mutmaßen, dass auch andere Flüssigkeiten als Medium – als Lösungsmittel – für biochemische Reaktionen in Frage kommen könnten. Zwei Kandidaten sind Ethan und Methan. Bei großer Kälte, wie auf dem größten Saturnmond Titan, liegen diese Verbindungen flüssig vor.

Ein Schattenleben aus Mikroben, integriert in die bekannte Biosphäre, würde zufällig kaum entdeckt



schen sterben. Allerdings gehört diese Mikrobe ebenso wie alle anderen entdeckten so genannten Radiophilen dennoch genetisch zu unserer Lebensform.

Eine Hand voll Ökosysteme, die vom Rest der Biosphäre weit gehend isoliert erscheinen, haben Forscher schon prospektiert: Tief unter der Erdoberfläche existieren Mikrobengemeinschaften ohne Licht, Sauerstoff und organische Produkte anderer Organismen. Eine Lebensgrundlage für alle entsteht dadurch, dass manche von ihnen Kohlendioxid und Wasserstoff verwerten, die in ihrem Lebensraum durch chemische Reaktionen oder durch Radioaktivität freigesetzt werden. Soweit bisher untersucht, sind diese Unterweltbewohner mit oberirdischen Mikroben eng verwandt. Doch da diese Forschungen noch jung sind, könnten hier Überraschungen warten. Im Rahmen eines internationalen Bohrprogramms zur Erforschung der Tiefseeböden gewannen Forscher Gesteinsproben von bis zu einem Kilometer unter dem Meeresboden. Spuren biologischer Aktivität finden sich bei Landbohrungen sogar in noch größerer Tiefe.

Doch bisher wird das Leben im Tiefengestein nicht in Großprojekten systematisch erforscht.

Man sollte denken, Aliens wären leichter aufzuspüren, wenn sie integriert in die bekannte Biosphäre praktisch unter uns lebten. Sofern das Schattenleben allerdings nur aus Mikroben bestünde, die inmitten von gewöhnlichen Mikroorganismen hausten, würden sie wohl kaum zufällig entdeckt. Denn rein äußerlich dürften sie nicht weiter auffallen. Die Mikrowelt besteht fast nur aus kugel- und stäbchenförmigen Wesen. Allein eine fremde Biochemie würde uns die andere Lebensform verraten. Hier könnten Forscher ansetzen. Sie müssten Annahmen darüber machen, was bei den Aliens chemisch anders sein könnte und welche Spuren das hinterließe. Nach solchen hypothetischen Charakteristika könnten sie dann gezielt fahnden.

Ein einfaches Beispiel wäre die Händigkeit oder Chiralität großer, asymmetrischer Biomoleküle. Im Prinzip könnten diese Moleküle rechts- oder linkshändig gebaut sein. Doch alle bekannten Organismen verwenden stets

### WO SICH EXOTEN VERSTECKEN KÖNNTEN

**Hausen fremdartige Organismen** an Orten, die für die allermeisten bekannten Lebensformen höchst widrige Umwelten darstellen? Solche Nischen könnten der stark salzige Mono Lake

in Kalifornien bieten (Bild links), die Trockentäler der Antarktis (oben) oder der kupferbelastete, normalem Leben feindliche Rio Tinto in Spanien (unten).



PETER ARNOLD INC. / ARCO, P. FRISCHNECHT



NATIONAL GEOGRAPHIC IMAGE COLLECTION, MARIA STENZEL



CORBIS, ERIC AND DAVID HOSRING

nur eine – und alle die gleiche – spiegelbildliche Fassung. Das ist Voraussetzung, um komplexere Strukturen herstellen zu können. So sind die Aminosäuren (die Bausteine der Proteine) immer linkshändig, Zucker rechtshändig, und auch die DNA-Doppelhelix ist rechtsgängig. Aber genauso gut hätte sich das alles zu Anfang des Lebens umgekehrt herausbilden können. Ein unabhängig entstandenes Schattenleben mag darum in allem spiegelbildlich zu unserem sein. Mit unserer Daseinsform würde es dann nicht unmittelbar konkurrieren. Beide wären auch nicht fähig, Gene miteinander auszutauschen, denn entscheidende Moleküle würden nicht zusammenpassen.

### Passend für eine Spiegelwelt

Ein solchermaßen gespiegeltes Leben wäre nicht schwer zu finden. Die Forscher müssten einfach eine Nährlösung rein aus Biomolekülen mit verkehrter Händigkeit herstellen und sie mit Proben versetzen. Im Gegensatz zu normalen Organismen könnten Lebewesen aus dem Spiegelreich möglicherweise darin gedeihen. Richard Hoover und Elena Pikuta vom Marshall-Raumflugzentrum der Nasa haben das kürzlich versucht. In die Nährlösung gaben sie verschiedene neu entdeckte Extremophile. Tatsächlich vermehrte sich nun ein Mikroorganismus aus dem Sediment eines alkalischen kalifornischen Sees, der die Bezeichnung *Anaerovirgula multivorans* erhielt. Bei näherer Untersuchung entpuppte er sich jedoch als ein Bakterium der gewöhnlichen Welt, das sich allerdings verblüffenderweise darauf versteht, die verkehrten Aminosäuren und Zucker so umzubauen, dass er sie verwenden kann. Dennoch könnten Spiegelorganismen existieren, denn an der Studie nahm nur ein winziger Bruchteil der Mikrowelt teil.

Des Weiteren wäre eine Schattenbiosphäre vorstellbar, die biochemisch weitgehend so wie unsere funktioniert, aber einen anderen Satz Aminosäuren oder Nukleotide (DNA-Bausteine) benutzt. Alle bekannten Lebewesen speichern ihre genetische Information in Abfolgen der gleichen im Wesentlichen vier Nukleotide. Auch bauen sie ihre Proteine, sozusagen die Arbeiter der Zellen, mit seltenen Ausnahmen aus zwanzig bestimmten Aminosäuren. Beim genetischen Kode stehen jeweils drei Nukleotide für eine dieser Aminosäuren. Im Labor lassen sich aber noch viele andere Aminosäuren synthetisieren, die in den bekannten Organismen nicht vorkommen. Der Murchison-Meteorit, ein Kometenrest, der 1969 in Australien niederging, enthielt neben vielen vertrauten Aminosäuren auch einige außergewöhnliche, so Isoleucin und Pseudoleucin. (Woher die Amino-

## FREMDLINGE IM MEERESGRUND?

**In 200 Millionen Jahre altem Sandstein** von einer Tiefseebohrung vor Westaustralien entdeckte Philippa Uwins von der Universität von Queensland winzige Strukturen, die sie »Nanobes« nennt (in der elektronenmikroskopischen Aufnahme die braunen Tröpfchen und Fortsätze). Die Gebilde sind 20 bis 150 Nanometer groß. Sie scheinen sich im Labor vermehren zu können. Auch fanden die Forscher Anzeichen für DNA. Manche Kollegen bezweifeln aber Uwins Ansicht, dass dies Lebewesen sind.

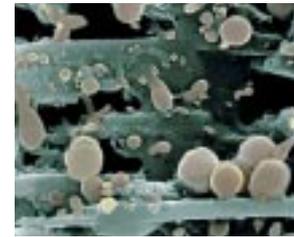


PHOTO: RESEARCHERS INC. / AMITLER RESEARCH PTY LTD., PHILIPPA UWINS

säuren in dem Meteoriten kamen, ist ungewiss. Die Mehrheit der Forscher glaubt nicht, dass sie auf Bioaktivität zurückgehen.) Manche solcher exotischen Aminosäuren könnten fremden Lebensformen durchaus als Bausteine dienen. Man müsste folglich unter lebenden Mikroben oder in organischen Abfällen nach Aminosäuren suchen, die kein bekannter Organismus verwendet und die auch nicht bei deren Stoffwechsel oder Zerfall entstehen.

Auch die aufblühende Forschung über künstliches Leben dürfte bei der Suche nach Aliens Anregungen bieten. Biochemiker versuchen derzeit, völlig neue Organismen zu synthetisieren, indem sie in Proteine zusätzliche Aminosäuren einfügen. Steve Benner von der Stiftung für angewandte molekulare Evolution in Gainesville (Florida) hält Proteine mit so genannten Alpha-Methyl-Aminosäuren für recht geeignet für synthetisches Leben, da sie sich gut falten. Von bekannten Organismen kennen Forscher diese Aminosäuren bisher nicht. Es sollte nicht schwer sein, künftig bei neuen Mikroben die Zusammensetzung ihrer Proteine zu bestimmen. Etablierte Methoden wie die Massenspektrometrie würden das leisten.

Falls sich dabei etwas Eigenartiges ergäbe, ständen die Wissenschaftler vor dem nächsten Problem. Sie müssten klären, ob sie wirklich einen völlig anderen Organismus erwisch haben, der sich von einem eigenen Lebensursprung herleitet, oder ob sie nicht vielmehr eine neue Domäne des bekannten Lebens entdeckt haben – was aufregend genug wäre. Dass die Archaea in unserem Stammbaum eine eigene Domäne bilden, erkannten die Forscher auch erst in den 1970er Jahren.

Höchstwahrscheinlich fußt unsere Lebensform auf Vorgängern mit noch völlig anderer, schlichterer Biochemie. Erst mit der Zeit dürften Selektionskräfte den heutigen genetischen Kode herausgearbeitet und optimiert haben. Vielleicht benutzten frühe Organismen nur um die zehn Aminosäuren, nicht zwanzig, und verschlüsselten sie nicht mit jeweils drei, son-

### NEUARTIGE KRANKHEITSERREGER?

Einige Forscher sind überzeugt: **Nanobakterien**, oder was immer die verdächtigen Ultrapartikel in unserem Körper sein mögen, bewirken Ablagerungen wie Nierensteine, arteriosklerotische Plaques oder auch den grauen Star.

dern zwei genetischen Buchstaben. Warum sollte es nicht noch irgendwo primitive Organismen geben, die mit dem alten, einfacheren Kode leben? Nur wären das nicht wirklich Aliens, sondern eher so etwas wie lebende Fossilien und von daher für die Wissenschaft ebenfalls hochinteressant. In den Szenarien vom Ursprung des Lebens kommen auch Wesen vor, deren Erbinformation noch nicht in Form von DNA vorliegt, sondern als so genannte RNA, die als ursprünglicher gilt. Auch solche Mikroben wären lebende Fossilien.

Bei noch radikaleren chemischen Unterschieden bestünde weniger Gefahr, dass eine entsprechende Lebensform bei näherem Hinsehen doch in unseren eigenen Stammbaum gehört. Astrobiologen denken zum Beispiel an den Ersatz von Wasser durch ein anderes Lösungsmittel, etwa Ethan oder Methan. Auf der Erde sind solche Umwelten schwer vorstellbar. Diese beiden Stoffe liegen nur in großer Kälte flüssig vor, etwa auf dem Saturnmond Titan.

Recht beliebt sind Szenarien, in denen an die Stelle zumindest eines der chemischen Hauptelemente unserer Lebensform ein anderes Element tritt. Bei unserer Lebensform sind das Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor. Gerade Phosphor ist eher rar. Auf der frühen Erde dürfte er in seiner löslichen, leicht verwertbaren Form nur in Spuren vorgelegen haben. Felisa Wolfe-Simon, die heute an der Harvard-Universität in Cambridge (Massachusetts) arbeitet, argumentiert, dass Arsen die Rolle des Phosphors übernehmen könnte. In der Anfangszeit des Lebens hätte das manche Vorteile bedeutet. Arsen könnte nicht nur ebenso gut Biomoleküle mitgebildet oder dem Energiespeichern gedient haben, sondern es hätte zusätzlich selbst Energiequelle für den Stoffwechsel sein können. Die extreme Giftigkeit von Arsen für

uns kommt ja gerade daher, dass es Phosphor so gut imitiert. Umgekehrt wäre für Lebewesen mit arsenhaltigen Biomolekülen Phosphor das reine Gift. Treiben sich solche Arsen-Organismen womöglich an arsenreichen, phosphorarmen Orten herum, etwa an heißen Quellen der Erdoberfläche oder der Tiefsee?

Vielleicht sind Schattenorganismen viel winziger als die kleinsten vertrauten Mikroben. Autonome Organismen unseres Stammbaums müssen wenigstens einige hundert Nanometer messen. Die Proteinsynthese erfolgt stets in so genannten Ribosomen, komplexen Strukturen, die selbst schon mindestens 20 Nanometer groß sind. Viren können deutlich kleiner sein als Bakterien, weil sie über diese Maschinerie nicht verfügen, sondern zur Vermehrung Zellen nutzen müssen – sie gelten darum nicht als echte, autonome Organismen. Um eine alternative Lebensform handelt es sich bei ihnen nicht. Auch deutet nichts darauf hin, dass sie von Aliens abstammen.

Einige Wissenschaftler behaupten seit Jahren, die Biosphäre sei voller winziger Zellen, die zu klein seien, um noch Ribosomen zu enthalten. Robert Folk von der Universität von Texas in Austin machte im Jahr 1990 auf kugelige und eiförmige Objekte aufmerksam, die im Sedimentgestein der heißen Quellen im italienischen Viterbo nordwestlich von Rom erkennbar sind. Der Geologe deutet diese Strukturen als versteinerte so genannte Nano- oder Nannobakterien (wie er selbst sie nennt). Es handele sich um die verkalkten Überreste dreißig Nanometer großer Organismen. Gebilde ähnlichen Aussehens entdeckte die australische Forscherin Philippa Uwins von der Universität von Queensland in Brisbane in Proben einer Tiefseebohrung vor Westaustralien (siehe Kasten S. 47). Ob die Strukturen biologischer Natur sind, ist noch heftig umstritten. Falls ja, könnten sie von alternativen Lebensformen Zeugnis geben, die ohne Ribosomen auskamen – oder auskommen? – und deswegen lange nicht so groß sein mussten beziehungsweise müssen wie die kleinsten herkömmlichen Bakterien.

Leben Aliens womöglich sogar in unserem Körper? Einige Wissenschaftler vermuten das. Bei elektronenmikroskopischen Studien an Säugerzellen im Jahr 1988 fielen einem Forscherteam um Olavi Kajander von der Universität von Kuopio (Finnland) in vielen der Zellen ultrakleine Partikel auf. Sie maßen nur um die fünfzig Nanometer, etwa ein Zehntel von normalen kleinen Bakterien. Zehn Jahre später verkündeten die finnischen Forscher, die verdächtigen Partikel seien anscheinend lebende Organismen, die im Urin gedeihen und Nierensteine hervorrufen, indem sie um



In unserem Körper könnten **Nanobakterien** hausen, die unter anderem im Urin gedeihen und Nierensteine hervorrufen





## LEBEN VOM MARS BEI UNS?

**Falls die These stimmt**, dass unter bestimmten Voraussetzungen Leben zwangsläufig entsteht, dann könnte es auch anderswo im Sonnensystem unabhängig aufgetreten sein. Insbesondere käme dafür der Mars in Frage, auf dessen Oberfläche früher flüssiges Wasser vorkam. Durch Asteroiden- und Kometeneinschläge erfolgt zwischen Erde und Mars ein gewisser Materialaustausch. Mit hoher Wahrscheinlichkeit dürften mit dem Gestein auch lebensfähige Mikroben verschleppt worden sein. In diesem Szenario hätten sich das Mars- und das Erdenleben mit der Zeit fast zwangsläufig gemischt. Somit wäre eine von manchen postulierte »Schattenbiosphäre« auf der Erde vielleicht gar nicht irdischen Ursprungs.

sich herum Mineralstoffe wie Kalzium ausfällen. Was immer die Liliputwesen darstellen – manche davon könnten durchaus ein eigenartig fremdes Leben repräsentieren.

Ob ein Mikroorganismus mit einer exotischen Biochemie als Abkömmling eines eigenen, zweiten Lebensursprungs eingestuft würde, hinge sicherlich davon ab, wie grundsätzlich diese Kreatur von bekannten Erscheinungen abweicht. Feste Kriterien, also eindeutige Merkmale können die Wissenschaftler nicht aufstellen, solange sie über die Anfänge unseres eigenen Stammbaums dermaßen wenig wissen.

### Wie plötzlich fing alles an?

Astrobiologen fantasieren über Organismen, deren Moleküle nicht auf Kohlenstoff-, sondern auf Siliziumverbindungen beruhen. Für Leben bekannter Machart ist Kohlenstoff dermaßen entscheidend, dass ein gemeinsamer Ursprung silizium- und kohlenstoffbasierter Typen unmöglich erscheint. Würde ein fremdartiger Organismus dagegen die gleichen Nucleotide und Aminosäuren wie das bekannte Leben verwenden, aber einen anderen genetischen Kode benutzen, müsste er nicht zwangsläufig einen echten Alien darstellen. Solche Unterschiede ließen sich auch als ein Auseinanderdriften in der Evolution erklären.

Den umgekehrten Prozess kennen Biologen gleichfalls: Manchmal nähern sich Entwicklungslinien getrennter Abstammung, die ähnlichen Umwelten ausgesetzt sind, in ihren Eigenschaften an. Unter Umständen ist die verschiedene Herkunft dann nicht mehr leicht zu erkennen. In diesem Sinn könnte auf biochemischer Ebene etwa die Auswahl bevorzugter Aminosäuren einem Selektionsdruck gehorcht und sich angeglichen haben. Könnte es nicht sein, dass ein fremdes Leben zunächst eine andere Zusammenstellung nutzte, mit der Zeit aber auf die gleichen Moleküle verfiel wie vertraute Organismen?

Zwei grundverschiedene Ansätze konkurrieren darum, wie der Beginn von Leben erfolgt. Das macht es nicht gerade leichter, fremdartige Erscheinungen zu deuten. Der einen Theorie zufolge vermag Leben jäh einzu-

setzen – mit einer Transformation vergleichbar einem physikalischen Phasenübergang. Der könnte stattfinden, weil in einem System die chemische Komplexität eine gewisse Schwelle übersteigt. Bei dem System muss es sich keineswegs um eine einzelne Zelle handeln. Sondern ein primitives Leben mag einst aus einer Zellgemeinschaft erwachsen sein, die Stoffe und Informationen austauschte. Autonomie gewannen die Zellen erst später, und dann erst bildeten sich eigenständige Spezies aus. Nach der zweiten Theorie verläuft der Übergang von reiner Chemie zur Biologie gleichmäßig und gemächlich – so kontinuierlich, dass keine scharfe Grenze zwischen Leben und Nichtleben auftritt, somit auch kein spezieller Moment als Anfang des Lebens herausragt.

Sich darüber Gedanken zu machen, ob Leben mehrmals entstand, ist sinnvoll, wenn man dem Phänomen – bei allen Definitionsschwierigkeiten – zumindest eine exklusive Eigenschaft zuspricht. Als klar fassbarer Unterschied zum Unlebendigen könnte zum Beispiel gelten, dass Leben bestimmte Arten von Information speichert und verarbeitet. Definiert man Leben aber eher vage über so etwas wie organisierte Komplexität, dann verlieren sich die Wurzeln leicht in der Sphäre reiner komplexer Chemie. In diesem Fall verschiedene Lebensursprünge nachweisen zu wollen, dürfte fast unmöglich sein – es sei denn, die Organismen stammen tatsächlich aus getrennten Welten, etwa aus verschiedenen Sonnensystemen, sodass sie nie Berührung zueinander gehabt haben können.

Allein die kleine Stichprobe der unzähligen Mikroorganismen der Erde, die wir bisher genauer untersuchen konnten, hat ungeheure Überraschungen gebracht. Jede Neuentdeckung erweiterte unsere Vorstellung des biologischen Möglichen. Sicherlich harren in bisher kaum erkundeten irdischen Lebensräumen noch ganz andere exotische Wesen. Sollten Zeugnisse von einer zweiten Genesis zu Tage kommen, dürfen wir dies als starken Hinweis bewerten, dass Leben wirklich ein kosmisches Phänomen darstellt – und als Zeichen, dass wir im Universum nicht allein sind. ◀



**Paul Davies** ist theoretischer Physiker, Kosmologe und Astrobiologe. Zurzeit leitet er an der Arizona State University in Phoenix das Forschungszentrum »Beyond«, dessen Mitarbeiter sich mit den »großen Fragen« der Naturwissenschaften auseinandersetzen.

Ein einfacher Ursprung des Lebens. Von Robert Shapiro in: Spektrum der Wissenschaft 11/2007, S. 64

Was ist Leben? Von Robert Hazen in: Spektrum der Wissenschaft 10/2007, S. 66

Cosmic jackpot: Why our universe is just right for life. Von Paul Davies. Houghton Mifflin, 2007

The limits of organic life in planetary systems. Von: Committee on the Limits of Organic Life in Planetary Systems, Committee on the Origins and Evolution of Life, National Research Council. National Academic Press, 2007

Finding a second sample of life on earth. Von P. Davies und C. Line-weaver in: Astrobiology, Bd. 5, S. 154, 2005

The possibility of alternative microbial life on earth. Von C. E. Cleland und S. D. Copley in: International Journal of Astrobiology, Bd. 4, Heft 4, S. 165, 2005

Life as we do not know it. Von Peter Ward. Wiking, 2005

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter [www.spektrum.de/artikel/943419](http://www.spektrum.de/artikel/943419).