

»Arsen-Bakterien« der NASA: neuartige Lebensform oder Sciencefiction?

Alles irdische Leben verwendet zur Fortpflanzung das chemische Element Phosphor. Nun berichtet eine Forschergruppe der NASA über ein Bakterium, das stattdessen Arsen in seine Struktur einbaut. Dies wäre eine neuartige Lebensform. Aber wie sicher ist der Befund überhaupt?

Eine Forschungsgruppe des Astrobiologischen Instituts der NASA berichtet in einer Online-Meldung der Zeitschrift »Science« vom 2. Dezember 2010 über die Entdeckung eines neuen Bakteriums, das bei hohen Konzentrationen des toxischen Salzes Arsenat wachse (siehe Bild unten). Der Hauptbestandteil von Arsenaten, den Salzen der Arsensäure, ist das dreifach negativ geladene AsO_4^- -Ion. Laut Autoren soll dieses Bakterium zudem Arsen anstelle von Phosphor, einem der sechs Hauptelemente aller irdischen Lebewesen, in seine Zellbestandteile inklusive der Erbsubstanz DNS (Desoxyribonukleinsäure) einbauen. Diese Publikation, die von einer öffentlichkeitswirksamen Pressekonferenz begleitet wurde, führte zu einer starken weltweiten Beachtung bis hin zur postulierten Einrichtung einer neuen »Alien«-Kategorie von Lebewesen.

Leider halten die präsentierten Daten keiner genaueren Überprüfung stand, so dass zum jetzigen Zeitpunkt keine der Schlussfolgerungen der Autoren tatsächlich als gerechtfertigt erscheint. Im Folgenden möchte ich dies anhand dreier zentraler Aussagen der Publikation aufzeigen.

■ Aus Sedimentproben des Mono Lake in Kalifornien, eines alkalischen Salzsees mit hohen Konzentrationen toxischer Elemente wie Arsen oder Selen, isolierten die NASA-Forscher ein Bakterium, das in Medien wächst, zu denen anstelle von Phosphat hohe Mengen Arsenat zugegeben wurden. Das Bakterium ist nahe verwandt mit bereits bekannten Arten, die eben-

falls vorzugsweise in Hochsalzmedien, also Lösungen mit hoher Salzkonzentration, wachsen und teilweise hohe Resistenz gegen Arsensalze zeigen.

Obwohl die Autoren es nicht erwähnen, zeigen Elementanalysen der verwendeten Anzuchtmedien (flüssige Lösungen, in denen das Bakterium wächst) im Anhang der Arbeit, dass in den angeblich phosphatfreien Proben immer noch drei Mikromol pro Liter Phosphor enthalten waren. Dies liegt vermutlich an Verunreinigungen im

Die Daten halten keiner genauen Überprüfung stand. Deshalb sind die Schlussfolgerungen ungerechtfertigt.

verwendeten Arsenat, was bei einer Konzentration von 40 Millimol pro Liter auch mit den reinsten erhältlichen Präparationen (99,995 Prozent) plausibel wäre. Es kann deshalb keine Rede davon sein, dass die Organismen während des Wachstums keinen Zugang zu Phosphor gehabt hätten. Die vorhandene Phosphatmenge wäre zwar stark limitierend, sollte aber für entsprechend angepasste Bakterien zum Wachstum immer noch ausreichen.

Tatsächlich beobachteten die Forscher sogar eine extreme Anhäufung des Kohlenstoff-Speicherstoffs Polyhydroxybuttersäure – eine typische Reaktion vieler Bakterien, wenn sie bei ausreichender Kohlenstoff-Versorgung durch eines der anderen notwendigen Elemente limitiert sind. Es wurde weder die minimale Phosphatkonzentration für das Wachstum des Bakteriums ermittelt noch wurden zur Kontrolle Zellen mit ähnlich niedrigen

Phosphatkonzentrationen ohne zusätzliches Arsenat angezogen, also zum Wachstum gebracht.

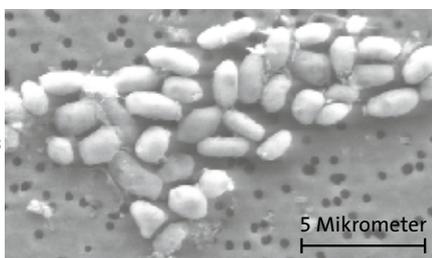
■ Eine weitere zentrale Aussage der Publikation ist, dass die Zellen der Bakterien wesentlich mehr Arsen als Phosphor enthalten, wenn sie im Medium mit Arsenat anstelle von Phosphat angezogen wurden.

Abgesehen davon, dass eine solche Anreicherung auch dann zu erwarten ist, wenn das Arsen nur in irgendwelcher Form in den Zellen deponiert und zum

Beispiel damit entgiftet wird, widersprechen sich sogar die Originaldaten der beiden dazu gemachten Versuchsserien, die im Anhang der Veröffentlichung zu finden sind. Während die Zellen bei der ersten Versuchsserie mit bereits großer Streuung 5- bis 30-mal so viel Arsen wie Phosphor enthielten, waren in der zweiten Serie die beiden Elemente in etwa gleichen Mengen vorhanden.

Diesen klaren Widerspruch ignorieren die Autoren bei der Auswertung und berechnen einfach einen Mittelwert aus allen Versuchen. Dadurch kommt eine inakzeptabel hohe Standardabweichung der gemessenen Arsenmenge in den Bakterienzellen zustande ($0,19 \pm 0,25$ Prozent der Trockenmasse in Tabelle 1 der Publikation).

■ Schließlich isolierten die Autoren die Erbsubstanz DNS der Bakterien aus Kulturen mit Arsenat (plus geringen Mengen Phosphat) und mit Phosphat und trennten diese in einem Gel auf. Schließlich ermittelten sie mittels der neuen Methode des NanoSIMS (*stable isotope mass spectrometry*) die Gehalte der DNS-Banden an Phosphor und Arsen sowie die Hintergrundwerte des Gels ohne DNS. Die Analysenwerte sind im Anhang der Arbeit angegeben und zeigen erhöhte Arsenwerte in der DNS aus Zellen mit Arsenat, allerdings nur



Felisa Wolfe-Simon / NASA Astrobiology Institute

Zellen des Bakteriums GFAJ-1 erscheinen in einem Scanning-Elektronenmikroskop als längliche Gebilde. Die Aufnahme zeigt eine Kultur, die in einem arsenhaltigen phosphorarmen Umfeld heranwuchs.

etwa auf das Doppelte des Hintergrundwerts. Die absoluten Zahlen der Phosphorwerte aller Proben liegen um einen Faktor von 10 bis 100 höher als diese Arsenmenge, liegen aber alle im Bereich des Hintergrundwerts.

Mit der verwendeten Methodik ist deshalb keine Aussage über einen erhöhten Arsengehalt der DNS möglich. Und schon gar nicht lässt sich postulieren, dass Phosphor komplett gegen Arsen ausgetauscht wäre. Selbst wenn das Arsen in der DNS sicher nachgewiesen wäre, müsste immer noch ausgeschlossen werden, dass dies durch unspezifische Bindung von arsenhaltigen Molekülen oder Proteinen an die DNS zustande kommt, beispielsweise durch die Analyse der Einzelbausteine (Nukleotide) der DNS, die mit moderner Analytik schnell in Phosphor- und Arsen-Analoga (chemische Verbindungen mit ähnlicher biologischer Wirkung) differenziert werden können. Ebenso ist für die Verifizierung der Behauptungen essentiell, dass einige weitere phosphorhaltige Zellbestandteile, zum Beispiel der generelle Energieträger ATP (Adenosintri-phosphat) auf die Anwesenheit von Arsen statt Phosphor untersucht werden, was bisher allerdings nicht geschehen ist.

Alles in allem zeigen die Autoren keinen einzigen zwingenden Befund, der auf einen – auch nur partiellen – Austausch von Phosphor gegen Arsen in zentralen Biomolekülen hinweist.

Wegen seiner hohen Arsenresistenz ist der Organismus dennoch mikrobiologisch äußerst interessant. Es bleibt aber abzuwarten, ob oder in welchen Molekülen tatsächlich Arsen gefunden wird. Im Moment ist dieser Bericht demnach eher als »Sciencefiction« zu bewerten und sollte bis zu seiner Bestätigung oder Widerlegung besser ignoriert werden. JOHANN HEIDER

JOHANN HEIDER leitet das Laboratorium für Mikrobiologie im Fachbereich Biologie der Philipps-Universität Marburg.

Literaturhinweise

Wolfe-Simon, F. et al.: A bacterium that can grow by using arsenic instead of phosphorus. *Scienceexpress* DOI: 10.1126/science.1197258, 2010

Nieto, J. J. et al.: Survey of metal tolerance in moderately halophilic eubacteria. In: *Applied and Environmental Microbiology* 55, S. 2385–2390, 1989

Kommentar

NASA-Pressekonferenzen: Nur aufgebauchte substanzlose Ankündigungen?

Als die NASA Ende November eine Pressekonferenz ankündigte mit den Worten, »man werde eine astrobiologische Entdeckung vorstellen, welche die Suche nach Hinweisen auf außerirdisches Leben beeinflussen wird«, schossen in vielen Medien die Spekulationen ins Kraut. Noch vor der Pressekonferenz am 2. Dezember 2010 ließ sich Spiegel Online zu der Überschrift hinreißen: »Astrobiologie: Nasa präsentiert irdische Aliens«. Unter dem etwas scheinheiligen Hinweis auf englische Medien, die offenbar die Sperrfrist einer Meldung des Wissenschaftsmagazins »Science« verletzt hatten, wurde dann bereits die zentrale Neuigkeit verraten: Die Astrobiologin Felisa Wolfe-Simon habe in einem kalifornischen See, der hohe Konzentrationen an Arsen enthält, ein Bakterium gefunden, das dieses giftige Halbmetall nicht nur aushalte, sondern aktiv für sich nutze.

Träfe diese Entdeckung zu, wäre dies ein Hinweis darauf, dass Lebensformen durchaus anders funktionieren könnten, als es unseren bisherigen Vorstellungen entspricht. Denn die molekularen Bausteine irdischer Lebensformen bestehen hauptsächlich aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel und Phosphor. Es gab bislang keine Indizien dafür, dass eines dieser sechs Elemente in seiner biologischen Funktion durch ein anderes, dazu noch giftiges Element ersetzt werden könne. Die Autoren des »Science«-Artikels wollen nun Belege dafür gefunden haben, dass Arsen die Rolle des Phosphors in den Biomolekülen des neu entdeckten Bakteriums ersetze.

Zweifellos eine hochinteressante biochemische Entdeckung – vorausgesetzt, die Schlussfolgerung der Autoren trifft überhaupt zu. Aber allen Forschern, die sich seriös mit der Frage nach möglichen außerirdischen Lebensformen beschäftigen, ist sowieso klar, dass wir unsere irdischen Maßstäbe nicht ins Universelle verallgemeinern können. Doch zur Veröffentlichung des Artikels effekthascherisch eine Pressekonferenz unter Hinweis auf »außerirdisches Leben« einzuberufen, ist mehr als fragwürdig. Da spielt es noch nicht mal eine Rolle, dass der wissenschaftliche Befund und die Methodik der NASA-Forscher in der Zwischenzeit erheblich angezweifelt werden (siehe den nebenstehenden Beitrag).

Das Schlimme ist, dass die NASA einmal mehr ihrem unheilvollen Hang zu Propagandagetöse gefolgt ist und so ihrem eigenen Ruf und demjenigen der Wissenschaft schadet. Erinnerung sei in diesem Zusammenhang an den Meteoriten ALH 84001: Im Jahr 1996 wollten von der NASA finanzierte Forscher in diesem Brocken, der von unserem Nachbarplaneten Mars stammt, archaische Lebensformen gefunden haben. Am Tag vor der eigentlichen Pressekonferenz trat der damalige NASA-Chef mit der Meldung an die Öffentlichkeit, die NASA habe »eine erstaunliche Entdeckung gemacht, die darauf hinweist, dass auf dem Mars vor mehr als drei Milliarden Jahren eine primitive Form mikroskopischen Lebens existiert haben könnte«. Der euphorischen Ankündigung folgte die große Ernüchterung, als alle vermeintlichen Belege einer unabhängigen Überprüfung nicht standhielten.

Eine mediengeile Öffentlichkeitsarbeit mag zwar bei hektischen (und gelegentlich unkritischen) Online-Nachrichtendiensten auf dankbare Abnehmer treffen. Aber wer jedes laue Lüftchen, das durch die Forschungslandschaft weht, zu einem Sturm der Sensationen aufbläst, erweist der Wissenschaft einen Bärendienst. Zwei Dinge bleiben auf der Strecke: einerseits die Glaubwürdigkeit der Forscher und der Medien, andererseits die Verpflichtung, die Öffentlichkeit verlässlich, sachgerecht und verständlich über neue Erkenntnisse und deren Bedeutung zu informieren. Nur wer die gebotene Umsicht walten lässt und Ergebnisse angemessen in ihren Kontext stellt, wird auf Dauer als Wissenschaftler oder Wissenschaftsjournalist ernst genommen.

UWE REICHERT