

Pressemitteilung

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften
Peter Hergersberg

24.05.2015

<http://idw-online.de/de/news631600>

Forschungsergebnisse
Biologie, Geowissenschaften
überregional



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Eukaryoten: Eine neue Zeittafel der Evolution

Verunreinigte Proben haben in der Zeittafel des Lebens offenbar einige Verwirrung gestiftet. Ein internationales Team, zu dem Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie gehörten, hat mit extrem sauberen Analysen einen vermeintlichen Beleg, dass Eukaryoten vor 2,5 bis 2,8 Milliarden Jahren entstanden sind, entkräftet. Eukaryoten besitzen anders als etwa Bakterien einen Zellkern. Einige Forscher meinten, in bis zu 2,8 Milliarden Jahre alten Gesteinsproben ihre molekulare Spuren gefunden zu haben. Wie die aktuelle Studie nun zeigt, stammen diese jedoch von Verunreinigungen. Den ältesten Beweis für die Existenz von Eukaryoten liefern nun 1,5 Milliarden Jahre alte Mikrofossilien.

Zumindest im Stammbaum des Lebens ist eine Amöbe dem Menschen näher als dem Bakterium. Denn wie die Säugetiere gehört sie zum Reich der Eukaryoten, während Bakterien zu den Prokaryoten zählen. Tatsächlich sind die ersten Eukaryoten Urahnen aller höheren Lebensformen einschließlich des Menschen. Insofern machte die Evolution einen großen Schritt hin zu komplexen Lebensformen, als eukaryotische Zellen aufkamen. Die sogenannte Symbiogenese, welche zwei oder mehrere einzellige Bakterien zu einem neuen Organismus mit Zellkern und Organellen verschmelzen ließ, war unabdingbare Voraussetzung, damit die meisten Lebewesen, die uns heute umgeben, entstehen konnten.

Um zu verstehen, wie sich höhere Lebensformen entwickelten, wollen Evolutionsbiologen wissen, wann und unter welchen Bedingungen die ersten Eukaryoten auf die Bühne des Lebens traten. Ein internationales Team, an dem auch Forscher aus der Gruppe von Christian Hallmann am Max-Planck-Institut für Biogeochemie beteiligt waren, liefert nun entscheidende Argumente für die wissenschaftliche Debatte über diese Fragen.

Eine Kluft zwischen Fossilien und chemischen Spuren

Die ältesten Mikrofossilien, welche unumstritten als Überbleibsel von Eukaryoten anerkannt sind, fanden sich in etwa 1,5 Milliarden Jahre altem Gestein im Norden Australiens. Diese Fossilien haben Forscher in mikropaläontologischen Studien morphologisch analysiert und dabei als Überreste von Algen identifiziert. In alternativen Versuchen, die Entstehung höherer Lebewesen nachzuvollziehen, haben Wissenschaftler bestimmte Fettmoleküle (Steroide) analysiert, die in den Zellwänden eukaryotischer Organismen enthalten sind. Diese können nicht nur als hochspezifische Erkennungsmerkmale für bestimmte Organismengruppen dienen, sondern unter geeigneten Bedingungen auch extrem lange Zeiträume in Sedimenten überstehen.

“Durch die Analyse solcher Moleküle, sogenannte Biomarker, können wir das frühe Leben auf der Erde auf einer molekularen Ebene rekonstruieren”, sagt Christian Hallmann, Leiter der Max-Planck-Forschungsgruppe ‘Organische Paleobiogeochemie’.

Hallmanns Team arbeitet seit 2012 daran, die Entwicklung von Umweltbedingungen und der Lebensvielfalt in der Zeit von der Erdentstehung bis zur Entwicklung der Tierwelt (Präkambrium) besser zu verstehen. „Die Aufklärung dieser entwicklungs-geschichtlich interessanten Periode profitiert enorm von der molekularen Herangehensweise“, so Hallmann. Auf molekulare Spuren analysierten der Paläontologe und seine Mitarbeiter nun bis zu 2,7 Milliarden Jahre

alte Gesteinsproben

Steroid-Moleküle können in altem Sediment, also dem versteinerten Grund urzeitlicher Gewässer, als Sterane erhalten bleiben. Und da einige Wissenschaftler solche molekularen Spuren in den vergangenen 15 Jahren vermehrt in Proben von 2,5 bis 2,8 Milliarden Jahren alten Sedimenten identifiziert hatten, schlussfolgerten sie, dass eukaryotische Algen bereits in dieser Zeit, also im späten Archaikum, entstanden seien. So tat sich also eine Kluft von mehr als einer Milliarde Jahren zwischen der frühesten Ablagerung dieser Biomarker und den ältesten fossilen Mikroalgen ein.

Extrem saubere Probenentnahme sollte die Kontaminationsfrage klären

Obendrein wies die Entdeckung unterschiedlicher Steroide auf ein gleichsam modernes Verbreitungsmuster verschiedener Algenspezies hin. "Es wurde zunächst spekuliert, dass dies eine bereits sehr frühe Auffächerung der Algen in verschiedene Arten andeuten könnte", sagt Christian Hallmann. „Doch die Vermutungen, dass die Proben dieser Studien trotz umfangreicher Vorsichtsmaßnahmen kontaminiert sein könnten, häuften sich.“ Das Problem dabei war, dass sämtliches archaisches Probenmaterial entweder nicht unter speziellen Bedingungen beprobt oder mehrere Jahre unter nicht-idealen Bedingungen gelagert wurde. „Die Kontaminationsfrage spaltete unsere Fachkollegen allmählich in zwei widerstreitende Lager“, so Hallmann.

Im Jahr 2012 entwickelte Hallmann daher in Zusammenarbeit mit Katherine French vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) eine Methode, um die ältesten Gesteine, die als steroidhaltig eingestuft wurden, auf extrem saubere Weise zu beproben. Zusammen mit Roger Buick von der University of Washington entnahmen die Wissenschaftler während des ‚Agouron Institute Drilling Projects (AIDP)‘ im entlegenen australischen Outback über mehrere Wochen Gesteinsproben und ergriffen dabei bislang beispiellose Vorsichtsmaßnahmen, um Verunreinigungen zu vermeiden.

Nicht einmal ein Pikogramm-Mengen eukaryotischer Steroide

Diese Bohrkerne spalteten French, Hallmann sowie weitere Kollegen symmetrisch auf und analysierten sie in mehreren unabhängigen Laboren – mit erstaunlich einheitlichen Ergebnissen. „Wir befürchteten, im Labor feststellen zu müssen, dass die Proben trotz unserer exzessiven Bemühungen verunreinigt waren“ so Hallmann. „Dann wäre der ganze Aufwand umsonst gewesen.“ Doch die Proben waren extrem sauber; so sauber, dass die hochempfindlichen Massenspektrometer der verschiedenen Labors nicht einmal Pikogramm-Mengen eukaryotischer Steroide detektieren konnten. Die Vermutung, dass frühere Proben kontaminiert gewesen sein könnten, bestätigte sich.

Gleichzeitig fanden die Forscher in dem Gestein relativ große Mengen an sogenannten Diamondoiden und polyaromatischen Kohlenwasserstoffen. Hallmann nennt dies die Auspuff-Signatur, denn diese Moleküle treten auch in den Abgasen von Verbrennungsmotoren auf und deuten auf organisches Material hin, welches unter hohen Temperaturen verändert wurde. „Das gesamte organische Material in diesen Proben wurde im Laufe der Jahrmillionen durch Druck und Temperatur verändert und keine Biomarker-Moleküle hätten dies überlebt. „Daher können wir keine Aussagen mehr zur ursprünglichen biologischen Signatur des Materials machen“, sagt Hallmann.

Jedenfalls können die vermeintlich 2,7 Milliarden Jahre alten Steroidmoleküle nun nicht mehr als Beweis herhalten, dass Eukaryoten bereits viel früher entstanden sind, als Fossilienfunde belegen. Daher müssen nun die 1,5 Milliarden Jahre alten Mikrofossilien als ältester Nachweis eukaryotischen Lebens auf der Erde gelten – ein Erkenntnisgewinn, der nicht nur in den Geowissenschaften große Nachwirkung haben dürfte.

Biomarker bleiben ein wichtiges Instrument der präkambrischen Paläontologie

Die Ergebnisse tragen aber nicht nur zur Klärung bei, wann Eukaryoten entstanden sind, sie helfen auch, ein weiteres Rätsel zu lösen: Da alle Eukaryoten Sauerstoff benötigen, muss die Entwicklung der Sauerstoff-produzierenden (oxygenen) Photosynthese dem evolutionären Übergang zu den Eukaryoten vorausgegangen sein. Die Folgen dieser biochemischen Innovation, bekannt als „Sauerstoff-Krise“ (great oxidation event) veränderte den gesamten Planeten,

weil sich in der Atmosphäre Sauerstoff anreicherte. Sie wird eindeutig auf 2,5 bis 2,4 Milliarden Jahre vor unserer Zeit datiert. Bislang ließ sich schwer erklären, wie die Eukaryoten schon mehrere 100 Millionen vorher entstanden sein konnten, wenn sie doch unbedingt Sauerstoff brauchen.

„Mit einem durchdachten Vorgehen haben wir in einer großen internationalen Kooperation eine der großen Fragen in der molekularen Geobiologie beantwortet“ sagt Hallmann. Trotz der neuen Erkenntnisse, bleiben Biomarker in altem Gestein ein wichtiges Instrument für paläontologische Untersuchungen des Präkambrium, nicht zuletzt weil sedimentäre Steroide und andere Biomarker wesentlich spezifischer sind als Mikrofossilien. Im Gegensatz zum Archaikum enthalten die spät-präkambrischen Sedimentbecken der Erde eine Vielfalt an Gesteinen, deren organisches Material relativ gut erhalten ist und auf Biomarker untersucht werden kann. „Mit der Erkenntnis eines späteren eukaryotischen Aufkommens können wir jetzt unter neuen Vorzeichen und mit größeren Erfolgsaussichten an der wahren frühen Evolution der Algen arbeiten“.

CH/EF/PH

Originalveröffentlichung:

Katherine L. French, Christian Hallmann, Janet M. Hope, Petra L. Schoon, John A. Zumberge, Yosuke Hoshino, Carl A. Peters, Simon C. George, Gordon D. Love, Jochen J. Brocks, Roger Buick, Roger E. Summons
Reappraisal of hydrocarbon biomarkers in Archean rocks
PNAS, 12. Mai 2015; doi: 10.1073/pnas.1419563112

URL zur Pressemitteilung: <http://Originalmeldung>:

URL zur Pressemitteilung: <http://www.mpg.de/9246839/eukaryoten-evolution>



Da die Forscher um Christian Hallmann und Katherine French besonders vorsichtig vorgehen, zogen sich die die Arbeiten im australischen Outback oft bis in die Nacht hin.
Christian Hallmann