

Medienmitteilung / 14. April 2021

## **Überraschende Erkenntnis: Mikroben setzen vor allem das hochwirksame Treibhausgas Methan frei.**

**Lange konnten sich Klimaforscher die hohe Konzentration an Treibhausgasen in der Erdatmosphäre vor rund drei Milliarden Jahren nicht erklären. Nun hat ein internationales Forschungsteam mit Beteiligung von Hendrik Vogel vom Institut für Geologie und vom Oeschger-Zentrum für Klimaforschung der Universität Bern das Rätsel gelöst.**

**Sedimentanalysen ergaben die überraschende Erkenntnis, dass Mikroben unter den damaligen Bedingungen beim Stoffwechsel hauptsächlich das hochwirksame Treibhausgas Methan produzierten.**

Vor drei Milliarden Jahren herrschten auf der Erde noch ganz andere Bedingungen als heute: Die Meere enthielten kaum freien Sauerstoff und die Sedimente des Meeresgrunds bestanden zu einem grossen Teil aus Eisenmineralen. Dass die Ozeane damals überhaupt flüssig und nicht gefroren waren, obwohl die Sonne noch nicht dieselbe Kraft hatte wie heute, wird als «Paradoxon der jungen schwachen Sonne» bezeichnet. Ursache hierfür könnte eine sehr hohe Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre gewesen sein. Ursprung und Natur dieser Gase geben jedoch bis heute Rätsel auf. Nun liefern Messungen an den Sedimenten des indonesischen Towuti-Sees neue Hinweise. An seinem Grund herrschen ähnliche Bedingungen wie in den Meeren vor drei Milliarden Jahren. Unter der Leitung von Jens Kallmeyer vom Deutschen GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ), Sean Crowe von der University of British Columbia (UBC) in Kanada und Cynthia Henny vom Indonesian Institute of Science (LIPI) hat ein Forschungsteam von vierzehn Institutionen aus insgesamt fünf Ländern gezeigt, dass Mikroben in diesen Sedimenten – entgegen hergebrachten Theorien – grosse Mengen Methan freisetzen. Auf der frühen Erde hätte sich das in der Atmosphäre angesammelt und den starken Treibhauseffekt bewirkt. Die Studie ist heute im Fachjournal Nature Communications erschienen.

Tief im Dschungel der Insel Sulawesi liegt der Towuti-See, Indonesiens zweitgrösster See mit einer Fläche von 560 Quadratkilometern und Tiefen von bis zu 200 Metern. Der See hat einen ganz besonderen Chemismus, der heute auf der Erde selten ist. An seinen tiefsten Stellen, unterhalb von 130 Metern Wassertiefe, ist das Wasser frei von gelöstem Sauerstoff und reich an gelöstem Eisen. Darüber hinaus machen Eisenminerale, insbesondere Eisenoxide, mehr als ein Drittel des Sediments aus.

## **Rätsel um die Treibhausgase vor drei Milliarden Jahren**

Damit sind die Bedingungen im Towuti-See denen der Ozeane vor rund drei Milliarden Jahren sehr ähnlich. Auch ihre Sedimente bestanden zu grossen Teilen aus Eisenmineralen. Die besonders eisenreichen Schichten, sogenannte Bändereisenerze, sind heutzutage die wichtigsten Eisenerzvorkommen. Freier Sauerstoff, wie wir und viele Mikroorganismen ihn atmen, war sowohl im Wasser als auch in der Atmosphäre extrem knapp.

Da die Sonne damals noch dunkler und schwächer war als heute, hätte es eigentlich auf der frühen Erde sehr viel kälter sein müssen. Das Wasser in den Ozeanen war aber flüssig und nicht gefroren. Dieses Phänomen wurde in den 1970er Jahren von den Astronomen Carl Sagan und George Mullen als «Paradoxon der schwachen jungen Sonne» bezeichnet. Es wird vermutet, dass ein starker Treibhauseffekt für ausreichend hohe Temperaturen an der Erdoberfläche verantwortlich war. Natur und Ursprung der dafür nötigen hohen Konzentration an Treibhausgasen wie Kohlendioxid oder Methan geben jedoch bis heute Rätsel auf.

## **Zeitreise durch Messungen im Towuti-See**

Dem ist nun das Forschungsteam, allen voran die beiden Doktoranden André Friese (GFZ) und Kohen Bauer (UBC) durch Untersuchung der Sedimente des Towuti-Sees auf die Spur gekommen. Sie erlaubt ihnen quasi eine Zeitreise, um die zu Urzeiten vorherrschenden Bedingungen und Prozesse zu studieren. Dazu gehört auch der Abbau organischen Materials, also dessen Umwandlung in anorganische Substanzen, was eine wichtige Rolle für den globalen Kohlenstoff-Kreislauf und die Klimaregulierung spielt.

Als Vehikel für ihre Zeitreise diente eine besondere Bohrplattform im Rahmen eines Projekts des Internationalen Kontinentalen Tiefbohrprogramms ICDP (International Continental Scientific Drilling Program) unter der Leitung von James Russell (Brown University), Satria Bijaksana (Institut Teknologi Bandung), Hendrik Vogel (Universität Bern) und Martin Melles (Universität zu Köln). Insgesamt wurden im Towuti-See über ein Kilometer Sediment-Bohrkerne gewonnen, darunter ein 112 m langer Kern für biogeochemische und geomikrobiologische Analysen unter spezieller Kontaminationskontrolle.

Zwei Monate waren die Forschenden im Jahr 2015 am und auf dem Towuti-See, präparierten und konservierten die gewonnenen Sedimentkerne und führten erste Untersuchungen durch. Anschliessend wurden Sedimentproben an die Laboratorien der teilnehmenden Forschungsgruppen verschickt – für eine Vielzahl weiterer Analysen. Dazu gehörten sowohl mineralogische als auch mikrobiologische Untersuchungen des mikrobiellen Eisen- und Methanstoffwechsels. Diese Informationen wurden in numerischen Modellen verwendet, die zur Interpretation der Ergebnisse beitragen.

## **Überraschende mikrobielle Prozesse**

Auf diese Weise konnten die Forschenden die mikrobiell gesteuerten Prozesse im Sediment des Towuti-Sees analysieren und quantifizieren – mit überraschenden Ergebnissen. Da im Sediment Eisenoxide im Überfluss verfügbar sind, war man davon ausgegangen, dass die Mikroben – in Ermangelung von Sauerstoff – auch hauptsächlich diese Mineralien für ihren Stoffwechsel nutzen. Dann allerdings würden sie im Wesentlichen Kohlendioxid erzeugen. Tatsächlich stellten Friese, Bauer und ihre Kolleginnen und Kollegen fest, dass die Eisenoxide nicht genutzt wurden, und dass die

Mikroorganismen statt Kohlendioxid hauptsächlich Methan produzierten. Warum sie die Eisenverbindungen verschmähen, ist noch nicht vollständig geklärt.

«In Laborstudien nutzen Mikroorganismen Eisenoxidminerale bevorzugt, und diese Studien bilden die Grundlage unseres Wissens für einen solchen Stoffwechsel auf der frühen Erde», sagt einer der beiden Hauptautoren, Kohen Bauer. «Unsere Erkenntnisse aus dem Towuti-See zwingen uns nun, den mikrobiellen Stoffwechsel in Sedimenten und damit auch die Prozesse, die zur Regulierung des frühen Klimas der Erde beigetragen haben, zu überdenken.»

### **Projektion in die Urzeit**

Da Methan ein erheblich stärkeres Treibhausgas ist als Kohlendioxid, dürfte das – projiziert auf die Zeit von vor drei Milliarden Jahren – spürbaren Einfluss auf die Zusammensetzung der Erdatmosphäre gehabt haben. Während das Methan im heutigen Towuti-See aus dem Sediment aufsteigt und durch Reaktion mit dem in oberen Wasserschichten gelösten Sauerstoff schnell zu Kohlendioxid umgewandelt wird, existierte dieser Reaktionsweg damals nicht. Angesichts der Tatsache, dass vor drei Milliarden Jahren in den Ozeanen und in der Atmosphäre so gut wie kein freier Sauerstoff vorhanden war, würde das in den Ozeanen produzierte Methan ungehindert in die Atmosphäre entweichen und dort zu einem starken Treibhauseffekt beitragen.

«Unsere Ergebnisse aus dem Towuti-See liefern faszinierende neue Erkenntnisse über mikrobielle Prozesse in eisenreichen Umgebungen. Sie laufen entgegen unserer Erwartungen anders ab als erwartet. Auf diese Weise können wir dazu beitragen, das Rätsel der atmosphärischen Evolution vor drei Milliarden Jahren zu lösen», sagt Hendrik Vogel, Leiter der Forschungsgruppe Sedimentäre Geochemie am Institut für Geologie der Universität Bern. «Aufgrund seiner speziellen Chemie sehen wir den Towuti-See als lebendes Modellsystem für die frühen Ozeane der Erde, welches wir erst langsam zu verstehen beginnen.» Der Geologe erwartet daher in den kommenden Jahren weitere spannende Erkenntnisse von dort.

*Quelle: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ*

### **Angaben zur Publikation:**

A. Friese, K. Bauer, C. Glombitza, L. Ordoñez, D. Ariztegui, V.B. Heuer, A. Vuillemin, C. Henny, S. Nomosatryo, R. Simister, D. Wagner, S. Bijaksana, H. Vogel, M. Melles, J. M. Russell, S. A. Crowe, J. Kallmeyer, and the Towuti Drilling Project Science Team (2021). Organic matter mineralization in modern and ancient ferruginous sediments. *Nature Communications*.

DOI: [10.1038/s41467-021-22453-0](https://doi.org/10.1038/s41467-021-22453-0)

### **Wissenschaftlicher Kontakt UniBe:**

PD Dr. Hendrik Vogel  
Sedimentary Geochemistry  
Institute of Geological Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research  
Baltzerstr. 1+3  
3012 Bern  
Phone: 41 (0)31 631 84 96  
Email: [hendrik.vogel@geo.unibe.ch](mailto:hendrik.vogel@geo.unibe.ch)

### **Wissenschaftlicher Kontakt:**

Dr. Jens Kallmeyer  
Sektion Geomikrobiologie  
Helmholtz-Zentrum Potsdam  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam  
Tel.: +49 331 288-28785  
E-Mail: [jens.kallmeyer@gfz-potsdam.de](mailto:jens.kallmeyer@gfz-potsdam.de)

### **Medienkontakt:**

Dr. Uta Deffke  
Referentin Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Helmholtz-Zentrum Potsdam  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam  
Tel.: +49 331 288-1049  
E-Mail: [uta.deffke@gfz-potsdam.de](mailto:uta.deffke@gfz-potsdam.de)

### **Oeschger-Zentrum für Klimaforschung**

Das Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR) ist eines der strategischen Zentren der Universität Bern. Es bringt Forscherinnen und Forscher aus 14 Instituten und vier Fakultäten zusammen. Das OCCR forscht interdisziplinär an vorderster Front der Klimawissenschaften. Das Oeschger-Zentrum wurde 2007 gegründet und trägt den Namen von Hans Oeschger (1927-1998), einem Pionier der modernen Klimaforschung, der in Bern tätig war.

[www.oeschger.unibe.ch](http://www.oeschger.unibe.ch)

### **Abbildungen:**

#### **Abb. 1:**

##### **BU\_de: Bohrplattform auf dem Towuti-See**

Bohrplattform auf dem Towuti-See, zweitgrößter See Indonesiens. In Wassertiefen von unter 130 m herrschen ähnliche Bedingungen wie in den Ozeanen vor drei Milliarden Jahren. (Foto: Drohnenaufnahme, Team Kallmeyer, GFZ)

Link: [https://media.gfz-potsdam.de/gfz/ww/pm/21/11436\\_Barge\\_on\\_Lake\\_Towuti\\_Drone\\_Kallmeyer-GFZ.jpg](https://media.gfz-potsdam.de/gfz/ww/pm/21/11436_Barge_on_Lake_Towuti_Drone_Kallmeyer-GFZ.jpg)

#### **Abb. 2:**

##### **BU\_de: Bohrplattform am Ufer des Towuti-Sees**

Die Bohrplattform des Internationalen Kontinentalen Wissenschaftlichen Bohrprogramms ICDP wird am Ufer des indonesischen Towuti-Sees montiert. Die Plattform ist modular aufgebaut und kann auch in sehr abgelegenen Gebieten eingesetzt werden (Foto: Team Kallmeyer, GFZ)

Link: [https://media.gfz-potsdam.de/gfz/ww/pm/21/11437\\_Drilling\\_Barge\\_on\\_Lake\\_Towuti\\_Kallmeyer-GFZ.jpg](https://media.gfz-potsdam.de/gfz/ww/pm/21/11437_Drilling_Barge_on_Lake_Towuti_Kallmeyer-GFZ.jpg)

**Abb. 3:**

**BU\_de: Der Towuti See in Indonesien**

Vorbereitungen zu den Bohrungen auf dem Towuti-See, dem zweitgrößten See Indonesiens. In Wassertiefen von unter 130 m herrschen Bedingungen wie in den Ozeanen vor drei Milliarden Jahren. (Foto: Sean Crowe, UBC)

Link: [https://media.gfz-potsdam.de/gfz/ww/pm/21/11438\\_Lake-Towuti\\_Crowe\\_UBC\\_IMG\\_2075\\_high.jpeg](https://media.gfz-potsdam.de/gfz/ww/pm/21/11438_Lake-Towuti_Crowe_UBC_IMG_2075_high.jpeg)