

Propan und Butan als Nahrung für Bakterien im Meeresboden

Der Meeresboden mit seinen über Jahrtausende gealterten und vom Sauerstoff abgeschnittenen Ablagerungen bietet keinen Lebensraum für höhere Organismen, bekanntlich aber für eine Fülle von Mikroorganismen mit oft erstaunlichen Lebensweisen. So wurden jetzt Wissenschaftler vom Bremer Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie im Schlamm von Gasquellen auf dem Meeresgrund auf bisher unbekannte Bakterien aufmerksam, welche in sauerstofffreier Umgebung die Gase Ethan, Propan und Butan als Nahrung nutzen; dabei reduzieren sie natürliches Sulfat aus dem Meerwasser zu Schwefelwasserstoff. Ethan, Propan und Butan sind chemisch einfach aufgebaute Kohlenwasserstoffe, die uns teils als Brenngase vertraut sind. Von ihrem Entstehungsort tief im Meeresboden gelangen sie stellenweise an dessen Oberfläche und bilden Gasquellen aus. Für das natürliche Recycling der Kohlenwasserstoffe zu Kohlendioxid sind die entdeckten Bakterien wahrscheinlich wichtig. Aus technischer Sicht könnten sie eher störend sein, denn in genutzten Gaslagern würde der von ihnen gebildete Schwefelwasserstoff die Gasqualität mindern.

Der Meeresboden erscheint auf den ersten Blick als eine lebensfeindliche Welt: Oft schon ein paar Millimeter unter der Oberfläche gibt es keinen Sauerstoff mehr. Auch gehaltvolle Nährstoffe wie Kohlenhydrate und Proteine aus frischem Plankton sind im Meeresboden rar; sie werden bereits oberhalb im Wasser von allerlei Organismen verzehrt. Nur schwer "verdauliche" Reste lagern sich im Meeresboden zusammen mit Mineralpartikeln ab. So entstanden in der Erdgeschichte gewaltige Sedimente. Dennoch existieren auch in diesen Sedimenten Lebewesen, und zwar Mikroorganismen wie Bakterien. Sie können dort dank eines besonderen Stoffwechsels leben, der sie befähigt, Substanzen aus der gealterten Rest-Biomasse zu verwerten und dabei oxidierte Formen von Eisen, Schwefel und anderen Mineralien als biologische Oxidationsmittel zu nutzen. Solche Sediment-Bakterien beeinflussen stark die Meereschemie und das globale Recycling des Kohlenstoffs. Doch sind noch längst nicht alle Mikroorganismen und die durch sie bewirkten Prozesse in dieser entlegenen Biosphäre erforscht.

Im Sediment an natürlichen Gasaustritten auf dem Meeresboden sind nun Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Marine Mikrobiologie in Bremen, der Woods Hole Oceanographic Institution (USA), der Universitäten Aachen, Hamburg und Athens (USA) und vom GeoForschungsZentrum Potsdam auf Bakterien mit einer ungewöhnlichen Nahrungsquelle, nämlich Ethan, Propan und Butan, gestoßen.

Ethan, Propan und Butan gehören zu den sogenannten gesättigten Kohlenwasserstoffen, den organischen Verbindungen mit dem einfachsten Molekülaufbau: Vierwertiger Kohlenstoff (C) ist entweder mit einwertigem Wasserstoff (H) oder mit sich selbst verbunden, wobei nur einfache Bindungen vorkommen. Die Kombinationsmöglichkeiten ergeben eine "aufsteigende" Reihe, nämlich Methan (CH_4), Ethan ($\text{CH}_3\text{-CH}_3$), Propan ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$), Butan ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$), usw. Bei Raumtemperatur sind diese Verbindungen ausgesprochen reaktionsträge; erst bei Zündung, also mehreren hundert Grad Celsius, und im Gemisch mit Sauerstoff gehen sie chemische Reaktionen ein, dann allerdings sehr heftig und oft explosionsartig. Wegen dieses Energiegehalts haben sie große wirtschaftliche Bedeutung. So ist Methan der Hauptbestandteil von Erdgas. Propan und Butan kommen als uns allen vertraute Brenngase in Druckbehältern in den Handel. Ethan ist auch als Ausgangssubstanz für industrielle chemische Synthesen begehrt.

Die Entstehung und das Vorkommen von Methan, Ethan, Propan und Butan verdanken wir Prozessen tief im Meeresboden: Hier wird die Restsubstanz einst lebender Wasserbewohner durch Langzeitprozesse, an denen auch Mikroorganismen beteiligt sind, in die genannten Gase sowie Erdöl verwandelt. Sind die geologischen Gegebenheiten in der Tiefe so, dass die Gase – bei dem dort herrschenden Druck fast immer in Wasser gelöst – in Richtung Sedimentoberfläche wandern können, findet man dort Gas- und teils auch Öl- und

Schlammquellen. Solche Quellen sind faszinierende Forschungsobjekte; was dort an die Oberfläche gelangt, gestattet Rückschlüsse auf die Vorgänge im Meeresboden. Lange Zeit galt das Forschungsinteresse dem häufigsten Gas, Methan, unter anderem auch wegen seines Einflusses in der Atmosphäre auf unser Klima. Der natürliche Abbau von Methan durch spezialisierte Mikroorganismen-Gemeinschaften fand in den letzten Jahren viel Beachtung. Darüber gerieten allerdings seine chemischen „Verwandten“, Ethan, Propan und Butan, fast aus dem Blickfeld; nur hin und wieder wurde von deren Verschwinden im Meereboden berichtet, wobei dieses Phänomen rätselhaft blieb. Um dafür möglicherweise verantwortliche Mikroorganismen aufzuspüren, holten die Forscher Schlamm von Gasquellen ins Labor und schlossen ihn in Flaschen ohne Sauerstoff mit den Gasen ein. Tatsächlich wurden die Gase auch in den Flaschen verbraucht. Gleichzeitig kamen die Verursacher, neuartige Mikroorganismen, infolge ihrer Vermehrung zum Vorschein. Ihre Energie („Kalorien“) zum Leben beziehen sie allein aus der Oxidation von Ethan, Propan oder Butan zu Kohlendioxid, wobei Sulfat als biologisches Oxidationsmittel dient und zu Schwefelwasserstoff reduziert wird. Eine weitere Besonderheit der gasfressenden Bakterien: Sie wachsen im Vergleich zu anderen Bakterien ungewöhnlich langsam: Frühestens alle drei Tage teilt sich eine Zelle. Zum Vergleich: Zuchtbakterien bei der Joghurtherstellung teilen sich halbstündlich. Besonders langsam sind offensichtlich Ethan fressende Bakterien und daher schwierig zu kultivieren. Gemessen an den geologischen Ablagerungs- und Umwandlungsprozessen in Meeressedimenten wachsen diese Bakterien allerdings immer noch schnell genug und bieten daher eine Erklärung für das beobachtete Verschwinden der Gase. Sie könnten aber auch nur die zuerst entdeckten Repräsentanten einer noch größeren Artenvielfalt gasfressender Bakterien tief im Sediment sein.

Die Gefahr, dass solche Bakterien unsere Gasvorräte leerfressen, besteht allerdings nicht. Sonst wäre das in der Erdgeschichte schon längst geschehen. Denn für die bakterielle Gasverwertung wird sulfathaltiges Meerwasser benötigt, und das kommt mit den Gasvorräten nur im begrenzten Umfang in Kontakt. Wo dies geschieht, zum Beispiel an Gasquellen, kommen die Bakterien dann zum Zuge. Global gesehen ist das sogar nützlich: So gelangen diese Gase nicht in die Umwelt, wo sie möglicherweise die Atmosphärenchemie ungünstig beeinflussen würden. Nicht so angenehm wären solche Bakterien in künstlich angelegten unterirdischen Gasspeichern (sog. Kavernen- und Porenspeichern). Zwar könnten die Bakterien nicht viel vom Speichergas fressen; doch würden sie aus dem vielerorts verbreiteten Sulfat auffällige Mengen an Schwefelwasserstoff bilden, der wegen seiner Korrosivität und Giftigkeit die Qualität des Gases verdirbt.

Beachtenswert sind die neu entdeckten Bakterien auch in biochemischer Hinsicht, denn sie müssen die chemisch sehr stabilen Substanzen Ethan, Propan und Butan als Nahrungsquelle "aufschließen", ohne chemische Hilfsmittel wie Sauerstoff und Hitze. Offensichtlich besitzen die Bakterien eigens dafür ein ungewöhnliches "Verdauungsenzym". Könnte man einen ähnlich funktionierenden Katalysator künstlich herstellen, wäre er für chemische Syntheseprozesse sicherlich interessant.

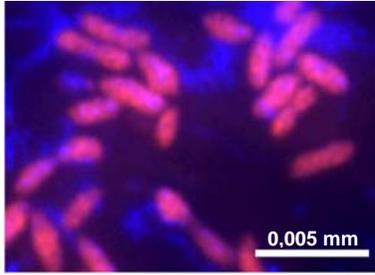
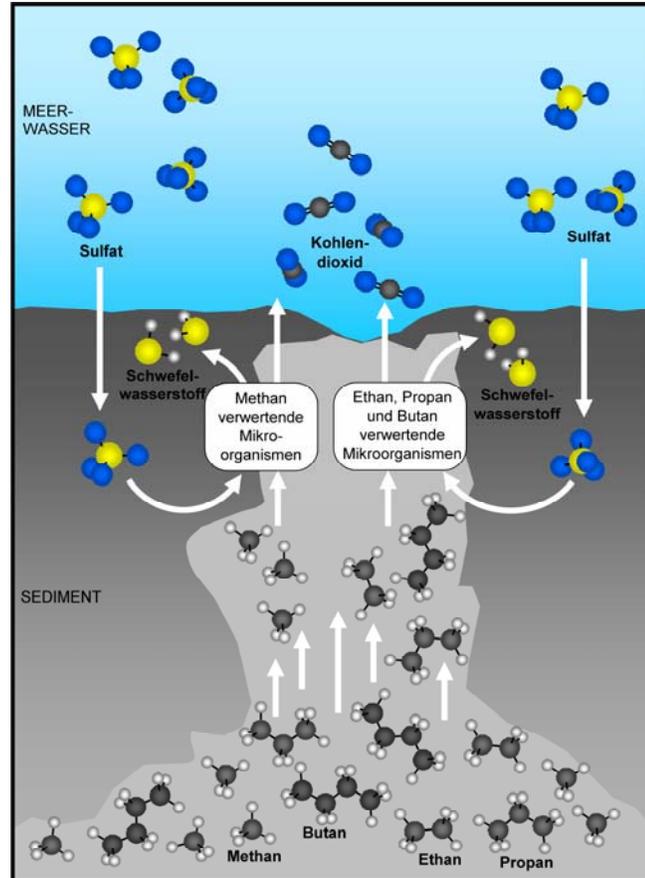


Abbildung oben. Propan verwertende Bakterien unter dem Mikroskop, durch ein artspezifisches, auf Nucleinsäuren basierendes Fluoreszenzverfahren zum Leuchten gebracht.

Abbildung rechts. Aufsteigende Gase im Meeresboden und deren Verwertung durch diverse Mikroorganismen in chemischer Symbolik. Die Oxidation von Methan mit Sulfat (links von der Mitte getrennt dargestellt) ist ein seit Jahren viel beachteter Prozess. Die verwandten Gase, Ethan, Propan und Butan wurden darüber fast vergessen. Nun fand man Mikroorganismen, welche auch letztere Gase abbauen (rechts von der Mitte).



Originalveröffentlichung:

Olaf Kniemeyer, Florin Musat, Stefan M. Sievert, Katrin Knittel, Heinz Wilkes, Martin Blumenberg, Walter Michaelis, Arno Classen, Carsten Bolm, Samantha B. Joye, Friedrich Widdel.

Anaerobic oxidation of short-chain hydrocarbons by marine sulphate-reducing bacteria

Nature (online), DOI 10.1038/nature06200

Beteiligte Institute:

Max Planck Institut für Marine Mikrobiologie, Celsiusstraße 1, D-28359 Bremen;
Biology Department, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts 02536, USA;

GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg, D-14473 Potsdam, Germany;

Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Universität Hamburg, Bundesstraße 55, D-20146 Hamburg;

Institut für Organische Chemie der RWTH Aachen, Landoltweg 1, D-52056 Aachen, Germany;

Department of Marine Sciences, University of Georgia, Athens, Georgia 30602-3636, USA.

Rückfragen an:

Prof. Dr. Friedrich Widdel

Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie (www.mpi-bremen.de)

fwiddel(at)mpi-bremen.de / +49 (0)421 2028702

oder an den

Pressesprecher des Max-Planck-Instituts für Marine Mikrobiologie

Dr. Manfred Schlösser

mschloes(at)mpi-bremen.de / +49 (0)421 2028704