



ozean der zukunft  
DIE KIELER MEERESWISSENSCHAFTEN

# KINDER- UND SCHÜLERUNI KIEL 2010

| Für Schülerinnen und Schüler von 12 bis 16 Jahren

**Kleine Lebewesen mit großer Bedeutung: Wie  
Mikroben Prozesse im Meeresboden beeinflussen**

Begleitheft zum Vortrag von Prof. Dr. Tina Treude



**KLEINE LEBEWESEN MIT GROSSER BE-  
DEUTUNG: WIE MIKROBEN PROZESSE  
IM MEERESBODEN BEEINFLUSSEN**

**Prof. Dr. Tina Treude,**  
Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ und Leibniz-  
Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR)



Welche Bakterien leben in der Tiefsee und was tun sie dort? Wie beeinflussen Bakterien im Meer das Klima auf der Erde? Mit diesen Fragestellungen beschäftigt sich die Professorin Tina Treude in ihrem Vortrag zu den kleinsten Lebewesen im Meer, die aber eine große Bedeutung haben.

## KLEINE LEBEWESEN MIT GROSSER BEDEUTUNG:

### Was sind Mikroben?

Mikroorganismen oder Mikroben sind mikroskopisch kleine Lebewesen, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Im Allgemeinen versteht man unter Mikroben meistens Bakterienartige, aber es zählen auch andere Winzlinge aus dem Tier- und Pflanzenreich sowie die Pilze dazu. Generell unterteilt man alle Lebewesen in Eukaryoten und Prokaryoten. Eukaryoten haben einen echten Zellkern und eine Zellmembran. Zu ihnen gehören Tiere, Pflanzen und Pilze. Alle anderen Lebewesen, die keinen echten Zellkern besitzen, gehören zu den Prokaryoten. Hierzu zählen die Bakterien und die Archaeen.

Zusammenfassend gibt folgende Gruppen von Mikroorganismen:

- ▶ Bakterien (= Einzeller, ohne Zellkern)
- ▶ Archaeen

Sie wurden früher als Archaeobakterien bezeichnet, unterscheiden sich aber von den Bakterien durch bestimmte Zelleigenschaften. Viele Archaeen können hohe Salzkonzentrationen aushalten (= halophil) oder hohe Temperaturen (= thermophil). Thermophile Archaeen findet man beispielsweise in der Tiefsee bei den schwarzen Rauchern. Es gibt auch methanogene Archaeen, die können Methan bilden und kommen in Reisfeldern, in Sümpfen, im Rinderpansen oder ebenfalls in der Tiefsee vor.

- ▶ ein- bis wenigzellige Algen
- ▶ Pilze, zum Beispiel Backhefe
- ▶ Protozoen (= einzellige Tiere)
- ▶ Viren: Diese haben keinen eigenständigen Stoffwechsel und benötigen einen Wirt, um sich zu vermehren.

Man nimmt an, dass bisher noch nicht einmal ein Prozent der geschätzten zwei bis drei Milliarden Arten von Mikroorganismen entdeckt worden sind.

## MIKROBEN

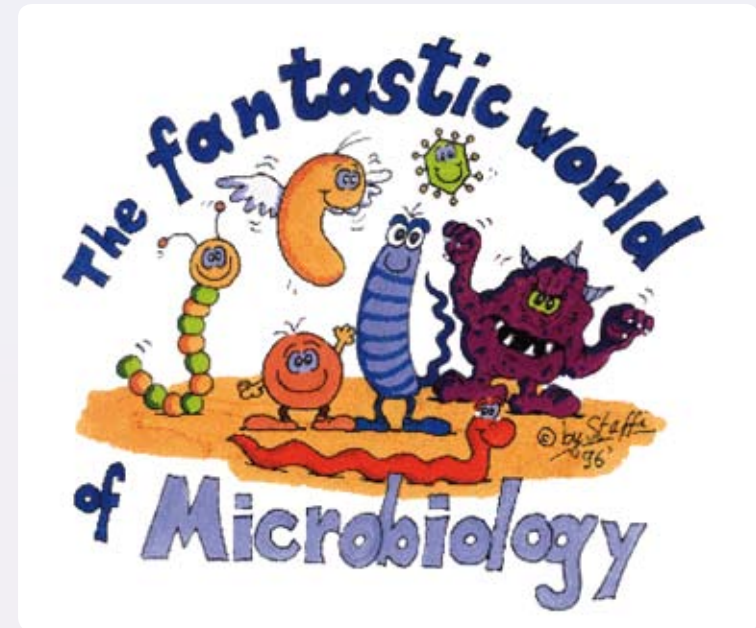


Abb. 1: Mikroorganismen sind winzig klein und unterscheiden sich hauptsächlich durch ihren Stoffwechsel.

### Was ist Geomikrobiologie?

Die Geomikrobiologie ist ein Spezialgebiet der Mikrobiologie (Lehre von den Mikroorganismen) und befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen (mikrobieller) Biosphäre und Geosphäre (der Erdoberfläche und dem Meeresboden). Durch ihre Aktivität nehmen Mikroorganismen einen wichtigen Einfluss auf Verwitterungsprozesse, mineralische Ausfällungen, Abbaureaktionen von organischem Material sowie die Freisetzung von Gasen (z.B. Sauerstoff, Methan, Stickstoff). Damit beeinflussen sie am Ende nicht nur die Geosphäre sondern auch die Hydrosphäre (das Wasser) und die Atmosphäre (die Luft), die untereinander in Wechselwirkung stehen.

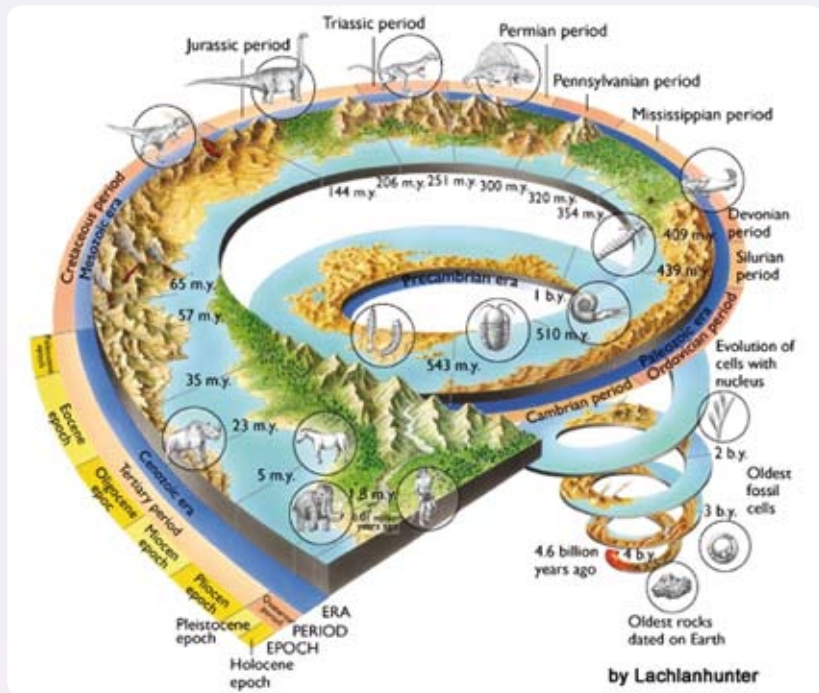


Abb. 2: Unsere Erde ist vor 4,6 Milliarden Jahren (engl. = billion years) entstanden.

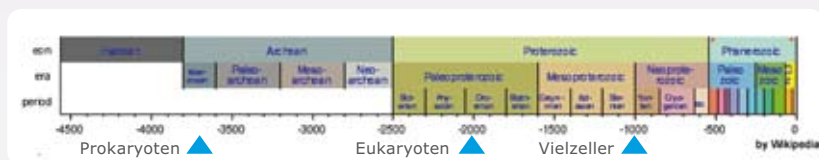


Abb. 3: Vor ca. 3,8 Milliarden Jahren sind die ersten Prokaryoten, hier Archeen entstanden, dann die ersten Eukaryoten, hier Einzeller. Vor ca. einer Milliarde Jahre entstanden die Eukaryoten, hier Vielzeller.

## Mikroben haben die Welt verändert

Die Tiere atmen einheitlich Sauerstoff ein und Kohlendioxid und Wasser wieder aus. Sie unterscheiden sich jedoch äußerlich je nachdem, ob es sich zum Beispiel um ein Raubtier (z.B. einen Wolf) oder um einen Pflanzenfresser (z.B. ein Rind) handelt.

Mikroben dagegen weichen äußerlich nicht so stark voneinander ab. Allerdings unterscheiden sie sich durch ihren Stoffwechsel (**Metabolismus**). Sie gewinnen ihre Energie durch sogenannte Redox-Reaktionen. Welche Elektronenakzeptoren außer Sauerstoff können Mikroben atmen?

Sie haben zum Beispiel die Fähigkeiten zu

- ▶ aerober Atmung (mit Sauerstoff)
- ▶ Nitratatmung
- ▶ Manganatmung
- ▶ Eisenatmung
- ▶ Sulfatatmung
- ▶ Methanogenese
- ▶ Fermentation.

## Ein paar wichtige Prozesse im Meeresboden, die uns häufig begegnen

**Sulfatatmung** = Sulfatreduktion: schwarzes, stinkendes Sediment

**Methanogenese** = blubberndes, schaumiges Sediment

**Sulfidoxidation** = Chemosynthese: weiße Bakterienmatten am Meeresgrund.

## Methan gibt es auf der ganzen Welt - und Methanfresser

Methan kommt in unterschiedlichen Mengen überall auf der Welt vor:

Entstehungs-/Freisetzungsorte	Emission Einheit:
in natürlichen Feuchtgebieten (Moor, Regenwald)	115 Tg/Jahr
in Reisfeldern	100 Tg/Jahr
in den Mägen von Wiederkäuern	80 Tg/Jahr
in Kohlegruben/in der Petroleum-industrie	75 Tg/Jahr
während Biomasseverbrennungen	55 Tg/Jahr
in Mülldeponien	40 Tg/Jahr
im Verdauungstrakt von Termiten	20 Tg/Jahr
im Meer/in Seen	10 Tg/Jahr
Geothermal an heißen Quellen	Emissionsmenge noch unbekannt

Methan ist eine Energiequelle für Mikroben. Diese Energiequelle wird entweder durch Reaktionen mit Sauerstoff (aerob) oder ohne Sauerstoff (anaerob) genutzt.

Der aerobe Methanabbau findet im Meer beispielsweise im Meerwasser statt, durch Bakterien. Der anaerobe Methanabbau spielt sich in den tieferen Zonen des Sedimentes durch Archaeen und sulfatreduzierende Bakterien ab. Im Sediment gibt es also regelrechte Methanfresser.

## Was sind Cold Seeps und wer frisst Walkadaver?

Sogenannte Cold Seeps finden wir am Meeresboden. Es sind Quellen, aus denen kaltes Wasser zusammen mit Methan und/oder Öl aus dem Untergrund hervortritt. Im Gegensatz dazu stehen die Hydrothermalquellen, bei denen bis zu 400 Grad heißes Wasser mit reduzierten Schwefelver-



Abb. 4 und 5: In der Tiefsee existieren einige Lebensgemeinschaften nur aufgrund der Chemosynthese. Oben: Cold Seep. © Jamstec Unten: Hydrothermalquelle. © V. Tuncliffe



Abb. 6: Gelbe Matten von Schwefelbakterien besiedeln die Knochen eines Walkadavers auf dem Tiefseeboden. © Craig R. Smith

bindungen und Methan aus dem Erdinneren aufsteigt. Beides sind sogenannte Energie-Oasen in der Tiefsee. In beiden Lebensräumen nutzen Bakterien und Archaeen die chemische Energie, die aus dem Meeresboden aufsteigt und bilden eine Basis für weitere Lebewesen, die wiederum von den Bakterien abhängig sind. Man nennt diese Lebensgemeinschaften daher chemosynthetische Gemeinschaften, da sie Biomasse mit Hilfe von chemischer Energie aufbauen (im Gegensatz zu Photosynthese, wobei Licht die Energie liefert).

Ein weitere Energiequelle für Mikroben in der Tiefsee sind große tote Meereslebewesen, die auf den Meeresgrund sinken. Da gibt es kleine Fische, Krebse und viele andere Organismen, aber vor allem auch riesige Walkadaver. Blauwale können beispielsweise 150 bis 200 Tonnen wiegen,

(das sind bis zu 2500 Menschen). Wenn so ein riesiges Tier stirbt, sinkt eine gewaltige Energiequelle auf den Meeresgrund, die lange vorhält! Und auch im Meer wird, genau wie an Land, alles abgestorbene Material im Laufe der Jahre zersetzt.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde ein Kadaver eines Grauwales in 1600 Meter Tiefe im Santa-Cruz-Becken vor Kalifornien untersucht. Noch nach sechs Jahren waren sowohl der Walknochen als auch das Sediment in seiner Umgebung von Schwefelbakterien umgeben. Das Fett des Wals, der sogenannte Blubber, war von sulfatreduzierenden Bakterien oxidiert worden. Dabei entsteht Schwefelwasserstoff (das Gas in einer Stinkbombe), der von Schwefelbakterien als Energiequelle genutzt wird. Ähnlich wie an Cold Seeps und Hydrothermalquellen findet man an großen Walkadavern daher chemosynthetische Gemeinschaften.

### Mit welchen Methoden arbeiten Mikrobiologen in der Tiefsee?

Meeres-Mikrobiologen arbeiten in der Regel von einem Forschungsschiff aus. Eine Expedition dauert meistens drei bis sieben Wochen. Im Arbeitsgebiet werden möglichst viele Proben genommen. Um ungestörte Bodenproben aus der Tiefsee zu erhalten, werden verschiedene Geräte eingesetzt. Gleichzeitig bis zu acht Proben erhält man mit dem **Multicorer**, einem speziell zu diesem Zwecke entwickeltem Gerät.

Der Multicorer wird mit Stechrohren aus Plexiglas bestückt und an einem Stahldraht vom Schiff aus auf dem Meeresboden abgesetzt. Bei Bodenkontakt wird er mittels einem Gewicht in den Boden abgesenkt. Eine exakte Probe kann auch von einem **ROV** (= Remotely Operated Vehicle = ferngesteuertes Unterwasserfahrzeug) oder mit dem **Tauchboot** genommen werden. Der Vorteil hierbei ist, dass man mit einer Kamera das umgebende Sediment ansehen und eine sehr gezielte Probe nehmen kann. Schon von der Farbe des Kernes kann man auf seine Beschaffenheit schließen.



Abb. 7: Mit dem Multicorer kann man ungestörte Proben aus dem Sediment des Meeresbodens ziehen.



Abb. 8: Schon an der Farbe des Sedimentes kann man auf die mikrobiellen Prozesse schließen. Im schwarzen Sediment findet Sulfatatmung statt. Der freigesetzte Schwefelwasserstoff reagiert mit Eisen und bildet schwarzes Eisensulfid. Man spricht hier von reduzierendem Sediment. Im Gegensatz dazu sind in den grünen Teilen des Sedimentes alle Bestandteile oxidiert.

Kaum ist das Stechrohr an Bord des Forschungsschiffes, wird der Kern geschlachtet und die Probe untersucht. Jeder Quadratzentimeter der kostbaren Probe (Schiffszeit ist teuer) wird beprobt. Außerdem wird das Wasser zwischen den einzelnen Sedimentkörnern, das sogenannte Porenwasser, aus dem Sedimentkern herausgepresst. An ihm werden ebenfalls Messungen gemacht. Und es wurden spezielle Mikrosonden entwickelt, mit denen man seine Messungen auch in kleinem Maßstab durchführen kann.

## Warum sind Mikroben wichtig?

Zunächst einmal ist natürlich jeder Organismus „wichtig“, weil er eine einzigartige Erfindung der Natur darstellt. Auf der Erde und in den Weltmeeren spielen die Mikroben aber eine besondere Rolle, weil sie einen erheblichen Einfluss auf die chemischen Kreisläufe nehmen. Zum Beispiel würde die Welt heute ganz anders aussehen, wenn nicht die Mikroben zu Urzeiten – noch lange bevor es Pflanzen und Tiere gab – Sauerstoff produziert hätten. Mikroben spielen auch eine entscheidende Rolle im Abbau von allem toten organischen Material und bei der Rückführung von Nährstoffen in den Kreislauf des Lebens.

## Was wir noch nicht über Mikroben wissen, aber in nächster Zukunft erforschen wollen

Speziell im Meer gibt es noch viel über Mikroben zu entdecken. Wir finden zum Beispiel immer mehr Symbiosen zwischen Tieren und Bakterien. Auch sind wir uns fast sicher, dass wir noch nicht alle metabolischen Leistungen der Mikroben kennen. Es gibt so viele Verbindungen, die Mikroben theoretisch für die Atmung nutzen könnten. Uns Meeresforscher interessieren natürlich insbesondere alle Prozesse, die einen Einfluss auf größere Stoffflüsse im Meer haben (Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Sauerstoff).

## Wie wird man Mikrobiologin oder Mikrobiologe?

### **Die Voraussetzungen:**

Man muss sich für die Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie) und Mathematik interessieren, besonders für die Zusammenhänge des Lebens, also die Biologie. Als Mikrobiologin oder Mikrobiologe beschäftigt man sich vor allem mit den kleinsten Lebewesen und verschiedensten Prozessen. Praktische Arbeiten draußen (= im Freiland) gehören genau so dazu wie Arbeiten am Computer oder längere Routinearbeiten im Labor. Latein ist keine Voraussetzung, hilft aber möglicherweise beim Verstehen der zahlreichen Fachausdrücke und der lateinischen Namen der Organismen. Wichtig ist, dass man in der englischen Sprache gut ist oder seine Fähigkeiten im Laufe der Ausbildung vertieft. Denn erstens treffen sich Wissenschaftler mindestens einmal im Jahr auf der ganzen Welt auf Symposien und reden miteinander. Das wird meistens in englischer Sprache gemacht. Und zweitens muss man seine Ergebnisse aufschreiben und mit anderen Wissenschaftlern austauschen. Auch dieses geschieht fast immer in englischer Sprache.



## Berufsberatung Biologe/Biologin

Biologie ist ein eigener Studiengang. Man kann das Fach an vielen Universitäten, auch hier in Kiel, studieren. Um an die Universität zu gehen, braucht man die Hochschulreife, das Abitur. Insgesamt muss man also erst 12 oder 13 Jahre zur Schule gehen. Anschließend kann man sich an einer Universität einschreiben. Da Biologie ein beliebtes Studienfach ist, gibt es beim Einschreiben an der Universität einen relativ hohen Numerus clausus, das heißt eine Zulassungsbeschränkung. Die geht nach dem Notendurchschnitt.

Biologie lässt sich in viele verschiedene Fachgebiete aufteilen: Botanik (Pflanzenkunde), Zoologie (Tierkunde), Mikrobiologie, Molekularbiologie, Zellbiologie, Entwicklungsbiologie, Physiologie, Verhaltensbiologie, Ökologie, Evolutionsbiologie und Systematik. Das Studium dauert ungefähr fünf bis sechs Jahre. Wenn man eine Doktorarbeit machen möchte, braucht man noch mal drei Jahre, arbeitet dabei aber bereits an einem Institut und verdient auch schon Geld. Während einer Doktorarbeit muss man etwas Neues herausfinden und in speziellen Zeitungen veröffentlichen.



### | Prof. Dr. Tina Treude

Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ und Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR)

[treude@ifm-geomar.de](mailto:treude@ifm-geomar.de)

## DER KIELER EXZELLENZCLUSTER OZEAN DER ZUKUNFT

Der Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ ist ein in Deutschland einmaliger Forschungsverbund von mehr als 240 Wissenschaftlern aus sechs Fakultäten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und der Muthesius Kunsthochschule.

Ziel des interdisziplinären Verbundes aus Meeres-, Geo- und Wirtschaftswissenschaftlern sowie Medizinern, Mathematikern, Juristen und Gesellschaftswissenschaftlern ist es, den Ozean- und Klimawandel gemeinsam zu erforschen, die Risiken und Chancen neu zu bewerten und ein weltweit nachhaltiges Management der Ozeane und mariner Ressourcen zu ermöglichen. Der Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ wird im Rahmen der Exzellenzinitiative von der deutschen Forschungsgemeinschaft im Auftrag von Bund und Ländern gefördert.

Weitere Informationen unter: [www.ozean-der-zukunft.de](http://www.ozean-der-zukunft.de)

Wir danken der Förde Sparkasse und ihrer Stiftung  
„200 Jahre Sparkasse Kiel“ für die freundliche Unterstützung:

