

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Tiefsee-Symbiosen in der mündlichen Abiturprüfung

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



X.2.20

Prüfungen – Mündliche Prüfungen

Tiefsee-Symbiosen in der mündlichen Abiturprüfung

Dr. Monika Pohlmann



© RAABE 2024

© johndersonphoto/iStock/Getty Images Plus

Die jüngste Tiefseeforschung fasziniert mit der Erschließung fremdartiger Meeresumwelten, die wie von einem anderen Planeten wirken. Eukaryote Lebewesen überleben in chemosynthetischen Lebensräumen durch Symbiose mit Bakterien, die als Primärkonsumenten die Basis bizarrer Tiefsee-Ökosysteme bilden. Die experimentelle marine Mikrobiologie belegt aktuell eindrucksvoll, dass die außerordentliche Biodiversität der Erde nicht allein Ergebnis von Konkurrenz und Selektion ist. Erst die Kooperation von symbiontischen Mikroorganismen mit Tieren und Pflanzen ermöglichte die Evolution artenreicher Ökosysteme wie wir sie kennen. Abiturientinnen und Abiturienten bereiten mit diesem Material den Vortrag in der mündlichen Abiturprüfung vor.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	12/13
Dauer:	2 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Sachkompetenz; 2. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 3. Bewertungskompetenz; 4. Kommunikationskompetenz
Methoden:	Abiturvorbereitung
Inhalt:	Mündliche Abiturprüfung, Symbiose, Stoff- und Energieumwandlung, Biologische Methanoxidation, Abiotische Faktoren, Tiefsee

Fachliche Hinweise

Abiotische Faktoren der Tiefsee

Ozeane lassen sich grob in die oberflächennahen Schichten und die Tiefsee unterteilen. Während sich im Oberflächenwasser, durch Kopplung an die sich schnell verändernden atmosphärischen Bedingungen, Schwankungen der Temperatur und der Strömungen sowie des Salzgehaltes innerhalb von Wochen und Monaten bemerkbar machen, benötigen Änderungen in der Tiefsee viele Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Bezogen auf den globalen Klimawandel ist die Tiefsee, besonders mit Blick auf die anthropogene Klimabeeinflussung, von besonderer Bedeutung. Im Rahmen der globalen Erwärmung haben die polaren und subpolaren Gebiete aufgrund der Dichteanomalie des Wassers und dessen Beeinflussung durch den Salzgehalt des Wassers einen besonderen Stellenwert. Der Salzgehalt der Meere beträgt im Schnitt 34,7 ‰. Die Temperatur des Dichtemaximums verschiebt sich bei diesem Salzgehalt auf $-3,8\text{ °C}$ und liegt dann unter dem Gefrierpunkt von $-1,9\text{ °C}$. Im Meer entsteht dann, bei Abkühlung bis zum Einsetzen der Eisbildung, eine Konvektionsströmung. Das abgekühlte und damit dichtere Wasser sinkt in die Tiefe ab, das wärmere und weniger dichte Tiefenwasser steigt auf. Das wärmere Wasser gibt an der Oberfläche seinen Wärmeinhalt an die Atmosphäre ab und nimmt atmosphärische Gase auf. Dann sinkt es erneut in die Tiefe. Die Gase, wie Kohlenstoffdioxid, werden mit der vertikalen Konvektionsströmung in die Tiefsee befördert, so dass sich in den Konvektionsgebieten der Meere die größten Mengen an anthropogen erzeugtem Kohlenstoffdioxid befinden. Aber auch horizontale Meeresströmungen spielen in der Tiefsee eine Rolle. In Abhängigkeit von den jeweiligen Oberflächenbedingungen bilden kalte Wassermassen, die sich durch die Temperatur, den Sauerstoff- und Salzgehalt, den Dichtewert oder den Gehalt an anthropogenen Spurengasen unterscheiden lassen, horizontale Strömungen in der Tiefe.

Probleme der Erforschung der Tiefsee

Obwohl die Tiefsee den größten Teil des Planeten ausmacht, ist sie weniger erforscht als unser Erdtrabant. Dabei spielen technische Schwierigkeiten eine entscheidende Rolle. Bisher haben nur wenige Staaten Forschung mit tiefseetauglichen U-Booten betrieben oder ausreichend große Bohrschiffe zur Verfügung gestellt, um Proben aus der Tiefe hinaufzuholen. Ein tiefseetaugliches Forschungsschiff kostet mehrere zehntausend Euro am Tag. Tiefseetiere müssen entweder in ihrem Lebensraum untersucht werden oder in speziellen Druckbehältern. Die extremen Druckveränderungen beim Auftauchen würden Tiefseetiere ohne Vorkehrungen nicht überleben.

Chemosynthetische Lebensgemeinschaften

Der niederländische Naturforscher Antonie van Leeuwenhoek beschrieb vor mehr als 300 Jahren erstmalig eine Symbiose, als er die Mikroorganismen auf seinen Zähnen entdeckte. Aber erst vor 30 Jahren kamen Meeresbiologen erstmalig den Tiefsee-Symbiosen von Röhrenwürmern und Bakterien an den Hydrothermalquellen des Galapagos-Grabens auf die Spur. Die Tiefsee ist ein extremer Lebensraum und lange galt sie lediglich als ein Ort der Dunkelheit, der Kälte und des Nahrungsmangels. Das karge Leben in ihr beruhte vermeintlich auf dem „Meereschnee“, ein kontinuierlicher Partikelregen aus herabsinkenden Algenflocken und anderem organischen und anorganischen Material. Doch die Entdeckung der hydrothermalen Schwarzen Raucher, aus deren mineralischen Schloten am Meeresgrund heißes Magma, giftige Gase und Mineralien aus dem Erdinneren strömen, der kalten Methanquellen an den Kontinentalhängen oder der riesigen Korallenriffe sowie die Erforschung der kilometertiefen Biosphäre unter dem Meeresboden haben das Wissen um die Grenzen des Lebens revolutioniert.

Forschende stießen in der Tiefe auf hochproduktive Lebensgemeinschaften, die ganz ohne Sonnenlicht ihre Energie durch Chemosynthese beziehen. Da Tiere keine Chemosynthese betreiben können, beruhen solche Ökosysteme oft auf Symbiosen, in denen Bakterien ihre eukaryotischen Wirte mit Nährstoffen versorgen. Die Energiequellen der Primärproduzenten in solchen chemosynthetischen Lebensräumen sind reduzierte Verbindungen wie Methan, Schwefelwasserstoff und Wasserstoff. Als Methan- oder Schwefeloxidierer nutzen Archaeen und Bakterien die Energie der biologischen Oxidation zum Aufbau von Kohlenhydraten durch Fixierung von Kohlenstoffdioxid. Aber nicht nur in den lichtlosen Lebensräumen der kalten und heißen Tiefseequellen wurde eine enorme symbiontische Vielfalt in chemosynthetischen Ökosystemen entdeckt, sondern auch in den Flachwassergebieten des Ozeans, wie beispielsweise den Seegraswiesen des Mittelmeeres rund um die Insel Elba. Forschende sind sicher, dass die Anzahl der bekannten chemosynthetischen Symbiosen noch deutlich steigen wird. Mithilfe mikrobiologischer Hochdurchsatz-Sequenzierungen werden riesige Bibliotheken genetischer Information aus Proben des Tiefseebodens generiert. Dabei wird das gesamte Mikrobiom einer Probe extrahiert, vervielfältigt und sequenziert. Durch bioinformatische Algorithmen kann das Genom der Mikroorganismen dann rekonstruiert werden. Die Sequenzanalyse einer einzigen Probe weist in der Regel rund 1000 Bakterientypen und etwa 100 Archaeen-Typen auf. Herkunft und Identität der Mikroorganismen mariner Symbiosen können auf diese Weise kostengünstig und schnell geklärt werden.

Ursache der extremen Vielfalt mariner mikrobieller Populationen

Die ökologischen Nischen mariner Mikroorganismen lassen sich anhand ihrer abiotischen Faktoren wie Temperatur, Druck, pH-Wert, Salinität, der Verfügbarkeit von Nährstoffen und Elektronenakzeptoren präzise unterscheiden. Die Tiefsee stellt zwar insgesamt einen riesigen Raum dar, der sich aber kleinräumig sehr stark unterscheiden kann. So kann kaltes Polarwasser auf heiße Quellen treffen, Grundwasseraustritte auf tiefe Salzseen, saure auf basische Ströme sowie aerobe auf anaerobe Böden. Auch die Zusammensetzung der organischen und anorganischen Stoffe im Porenwasser des Tiefseebodens ist sehr verschieden. Die Vielfalt der Einzeller am Meeresgrund ist auf Anpassungen an die Diversität dieses Lebensraumes zurückzuführen. Auch eng verwandte Mikroorganismen unterscheiden sich in ihrer genetischen Ausstattung zum Teil erheblich. Die Biodiversität dieser marinen mikrobiellen Populationen ist von besonderer Bedeutung für die globalen Stoffkreisläufe. Sie recyceln Nährstoffe aus dem Detritus und bauen giftige und klimaschädliche Stoffe aus dem Meeresboden ab, wie beispielsweise Methan und Schwefelwasserstoff. Die bisher bereits entdeckten Anpassungen in Tiefsee-Symbiosen und anderen chemosynthetischen Lebensgemeinschaften sind überaus faszinierend.

Vorausgesetztes Fachwissen

Das vorliegende Material bietet eine Auswahl an Aufgaben zur eigenen Schwerpunktsetzung. Zum Lösen der Aufgaben werden grundlegende stoffwechselphysiologische, ökologische und evolutionsbiologische Sachkompetenzen vorausgesetzt. Die Schülerinnen und Schüler beherrschen die Bildungssprache dieser Fachbereiche. Sie können Teile der synthetischen Evolutionstheorie im Kontext der Tiefsee-Symbiosen kritisch reflektieren und sinnvoll erweitern. Herausfordernd ist neben der Darstellung chemosynthetischer Stoffwechselwege mariner mikrobieller Symbionten auch das Generieren ihrer Bedeutung für die Ökosysteme der Tiefsee, bis hin zur Erklärung der Entstehung und Evolution des Lebens auf diesem Planeten.

Fachbegriff/Fachkonzept	Erklärung
Chemoautotrophie	Anorganische Stoffe werden für die Energiegewinnung umgesetzt.
Chemosynthese	Chemosynthese ist eine mikrobielle Ernährungsform. Dabei wird Energie ausschließlich aus dem Abbau chemischer Verbindungen gewonnen und daraus Biomasse aus einfachen Kohlenstoffverbindungen aufgebaut.

Extremer Lebensraum	Biotop mit extremen abiotischen Umweltbedingungen, „extrem“ kann sich auf konstante absolute Werte einzelner Faktoren beziehen, beispielsweise auf eine dauerhaft tiefe Temperatur in polaren Gebieten oder auf starke Schwankungen, beispielsweise der tägliche Temperaturverlauf auf südexponierten Hochgebirgshängen. Extrembiozöosen sind meist arten- und/oder individuenarm und oft auf Spezialisten beschränkt. Beispiele: Wüsten, Moore, Salzseen oder polare Eismeere.
Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip	Die evolutionäre These besagt, dass zwei Arten nicht gleichzeitig eine identische ökologische Nische besetzen können, ohne in Konkurrenz zu treten. Dabei behauptet sich schließlich nur die konkurrenzstärkere Art, die unterlegene wird an den Rand der Nische verdrängt oder stirbt aus.
Methanotroph	Prokaryonten, die Methan als Kohlenstoff- und chemische Energiequelle verstoffwechseln. Sie sind Bakterien oder Archaeen, können aerob oder anaerob wachsen und benötigen C1-Verbindungen zum Überleben.
Schwefelkreislauf	Der Schwefelkreislauf ist eng mit dem Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf verzahnt. Angetrieben wird er hauptsächlich durch Sulfat reduzierende und schwefeloxidierende Mikroorganismen. Sulfatreduzierer setzen weltweit durch ihre Aktivität ein Drittel des organischen Kohlenstoffs um, der jährlich den Ozeanboden erreicht. Schwefeloxidierer konsumieren ein Viertel des Sauerstoffs in marinen Sedimenten.
Symbiose	Eine Symbiose ist eine Zweckgemeinschaft mehrerer Organismenarten zum beiderseitigen Vorteil, bei welcher der größere Partner immer der Wirt und der kleinere der Symbiont ist. Drei verschiedene Möglichkeiten der Symbiose: Die Symbionten leben entweder auf der äußeren Körperoberfläche des Wirtes (Ektosymbiose) oder im Inneren des Wirtes (Endosymbiose). Die Endosymbiose kann in die extrazelluläre und intrazelluläre Symbiose unterteilt werden, wobei die Symbionten entweder außerhalb oder innerhalb der Wirtszellen leben.

Didaktisch-methodische Hinweise

Verteilung der Punkte und Anforderungsbereiche

	Aufgaben M 1		Aufgaben M 2				
	1	2	1	2	3	4	5
Punkte	5–5	5-5	3–4	3-3-3	4–6	5-5	2-4-4
AFB	I–I	I–I	II–III	II–II–II	II–II	II–II	II–III–III

Weiterführende Medien

- Aspetsberger, Fanni; Dobilier, Nicole: Ein Ozean von Symbiosen, von ungeahnter Tiefe. Jahrbuch 2007/2008. Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie, Bremen
<https://www.mpg.de/309344/forschungsSchwerpunkt.pdf>

Internetadressen

- <https://www.mpi-bremen.de/Dunkle-Energie-in-der-Tiefsee.html>
- <https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/tiefsee-symbiose-methan-auf-dem-speiseplan/>
- <https://www.mpi-bremen.de/Ungewoehnliche-Symbiose.html>
- [https://www.mpg.de/9910224/mpi mm jb 2015](https://www.mpg.de/9910224/mpi_mm_jb_2015)
- <https://www.mpg.de/9647284/tiefsee-symbiose-toxine>
- <https://www.bfn.de/publikationen/broschuere/die-tiefsee-schuetzen-biologische-viel-falt-erhalten>

Alle Links wurden zuletzt am 11.07.2024 aufgerufen.

Auf einen Blick

Aufgaben für Schülervortrag

- M 1 Extremer Lebensraum Tiefsee
 - M 2 Marine Symbiosen in chemosynthetischen Lebensräumen
-

Prüfungsfragen

- M 3 Prüfungsgespräch

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Tiefsee-Symbiosen in der mündlichen Abiturprüfung

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

