Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Biologie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	**Lebewesen der Tiefsee**
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	♦ Lebewesen in ihrer Umwelt ♦ Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen ♦ Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren ♦ Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz ♦ Intra- und interspezifische Beziehungen: Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen ♦ Leben und Energie ♦ Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen ♦ Energieumwandlung ♦ Aufbauender Stoffwechsel ♦ Energetisches Modell der Lichtreaktionen
Materialien	♦ M 1 Leben in der Tiefsee ♦ M 2 Tiefsee-Miesmuscheln der Gattung Bathymodiolus ♦ M 3 Schwefeloxidierende Bakterien
Quellenangaben	♦ M 1 ♦ Scinexx – Das Wissensmagazin. (2018). *Black Smoker – Scinexx.de*. Scinexx | das Wissensmagazin. https://www.scinexx.de/dossier/black-smoker/ [abgerufen am: 05.01.2025] ♦ Better Oceans. (2023). Tiefsee | Better Oceans. https://better-oceans.com/ozeane/lebensraeume/tiefsee [abgerufen am: 05.01.2025] ♦ M 2 ♦ Kreutzmann, A. & Dubilier, N. (2016). Dunkle Energie: Symbiosen zwischen Tieren und chemosynthetischen Bakterien. In *Springer eBooks* (S. 231–244). https://doi.org/10.1007/978-3-662-49714-2_22 in Hempel, G., Bischof, K. & Hagen, W. (2017). Faszination Meeresforschung. In *Springer eBooks*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49714-2 ♦ Raggi, L., et al. (2012). Bacterial symbionts of Bathymodiolus mussels and Escarpia tubeworms from Chapopote, an asphalt

	seep in the southern Gulf of Mexico. Environmental Microbiology 2013, 15(7), 1969–1987. https://doi.org/10.1111/1462-2920.12051 ♦ M 3 ♦ Fuchs, Allgemeine Mikrobiologie, 2022 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York unter https://shop.thieme.de/media/bd/8f/aa/1653309753/9783132434776_musterseite. [abgerufen am: 05.01.2025] ♦ Abb. 1: selbst erstellt
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat[1]
fachpraktischer Anteil	♦ nein

[1] siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

1 Aufgabe

Lebewesen der Tiefsee

Bis in die siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts wurde angenommen, dass in der Tiefsee aufgrund der vorherrschenden extremen Umweltbedingungen keine oder kaum Lebewesen existieren. Inzwischen werden mit moderner Technik viele interessante Lebensformen aus diesen Bereichen der Meere erforscht, darunter auch hoch spezialisierte Miesmuschel- und Bakterienarten mit ihren Stoffwechselwegen.

		BE
1	Beschreiben Sie die Besonderheiten des Ökosystems Hydrothermalfeld in der Tiefsee anhand von sechs Umweltfaktoren (M 1).	6
2	Analysieren Sie die ökologische Beziehung zwischen schwefeloxidierenden Bakterien und Tiefsee-Miesmuscheln der Gattung *Bathymodiolus* (M 1, M 2).	7
3	Vergleichen Sie tabellarisch die Stoffwechselprozesse der schwefeloxidierenden Bakterien mit denen von fotoautotrophen Organismen anhand von fünf Kriterien (M 3).	10
4	Beschreiben Sie den Energiefluss in einem Ökosystem allgemein. Erläutern Sie die Bedeutung der schwefeloxidierenden Bakterien für das Ökosystem Hydrothermalfeld der Tiefsee (M 1, M 2).	9
5	Beurteilen Sie die Einordnung von Hydrothermalfeldern als autarke Ökosysteme (M 1, M 2).	8

2 Material

Material 1: Leben in der Tiefsee

Die Tiefsee beginnt ab ca. 800 m Wassertiefe und zählt zu den wenig erforschten Gebieten der Welt. Das Sonnenlicht dringt nicht bis in diese Bereiche vor, wodurch keine fotosynthetisch aktiven Organismen überleben können und somit diese Nahrungsgrundlage für viele Organismen fehlt. Sauerstoff gelangt nur in geringen Mengen über Meeresströmungen bis in tiefe Wasserschichten. Nur ungefähr ein Prozent der schwebenden Biomasse aus den höher liegenden lichtdurchfluteten Wasserschichten kommt in der Tiefsee an, da der Rest bereits in dem darüber liegenden Freiwasser gefressen wird.
Bei einer Expedition wurde in rund 2.500 m Wassertiefe ein sogenanntes Hydrothermalfeld entdeckt. Hydrothermalfelder bilden in der Tiefsee einen einzigartigen Lebensraum. Aufgrund ihrer Abgeschiedenheit werden diese Bereiche gelegentlich als autarkes Ökosystem, also als unabhängig von äußeren Einflüssen, angesehen.

In das Ökosystem Hydrothermalfeld ragen vulkanische Schlote aus dem Meeresboden. Aus diesen Schloten strömt bis zu 400 °C heißes Wasser, welches mit Mineralstoffen, wie z. B. Schwefelverbindungen, angereichert ist. Um diese heißen Schlote herum wurden zahlreiche Bakterienarten entdeckt, die aus dem mineralstoffhaltigen Wasser Schwefelverbindungen aufnehmen und umwandeln. Die dabei freiwerdende Energie wird für den Aufbau von Kohlenhydraten, wie z. B. Glucose, genutzt. Diese Bakterien bilden die Nahrungsgrundlage für viele Tierarten. Dazu zählen unter anderem Tiefsee-Miesmuscheln, große Röhrenwürmer und Krabben. Diese Tiere ernähren sich auch von den wenigen organischen Schwebstoffen im Wasser.
Es wurde ebenfalls beobachtet, dass sich verschiedene räuberisch lebende Fische und Tintenfische aus höher liegenden Wasserschichten trotz des hohen Drucks, der in diesen Tiefen herrscht, von den Tiefsee-Miesmuscheln, Röhrenwürmern und Krabben ernähren. Die größeren Tiere halten sich allerdings nur kurzzeitig für die Nahrungssuche in der Tiefsee auf.
(Quelle: In Anlehnung an Scinexx - Das Wissensmagazin, 2018 und Better Oceans, 2023)

Material 2: Tiefsee-Miesmuscheln der Gattung *Bathymodiolus*

Im Ökosystem Hydrothermalfeld im Bereich der heißen Schlote sind umfangreiche Ansammlungen von Tiefsee-Miesmuscheln der Gattung *Bathymodiolus* zu finden. Bei Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass in der oberen Hautschicht ihrer Kiemen, dem sogenannten Kiemenepithel, schwefeloxidierende Bakterien leben. Sie kommen dort in besonderen Zellen, den Bakteriocyten, vor. Dadurch werden diese Bakterien nicht durch das Wasser weggespült oder von Krebsen gefressen. Des Weiteren gelangen die Bakterien durch den Filtrationsstrom an den Kiemen leichter an Schwefelverbindungen und Sauerstoff. Durch Chemosynthese können die Bakterien die Energie aus Schwefelwasserstoff umwandeln und Kohlenhydrate aufbauen. Diese organischen Produkte nutzen auch andere Organismen wie beispielsweise die Tiefsee-Miesmuscheln als Nahrung. Die Bakterien wiederum verwenden Abbauprodukte aus dem Stoffwechsel der Tiefsee-Miesmuscheln zum Aufbau organischer Substanzen.
(Quelle: In Anlehnung an Kreutzmann & Dubilier, 2016)

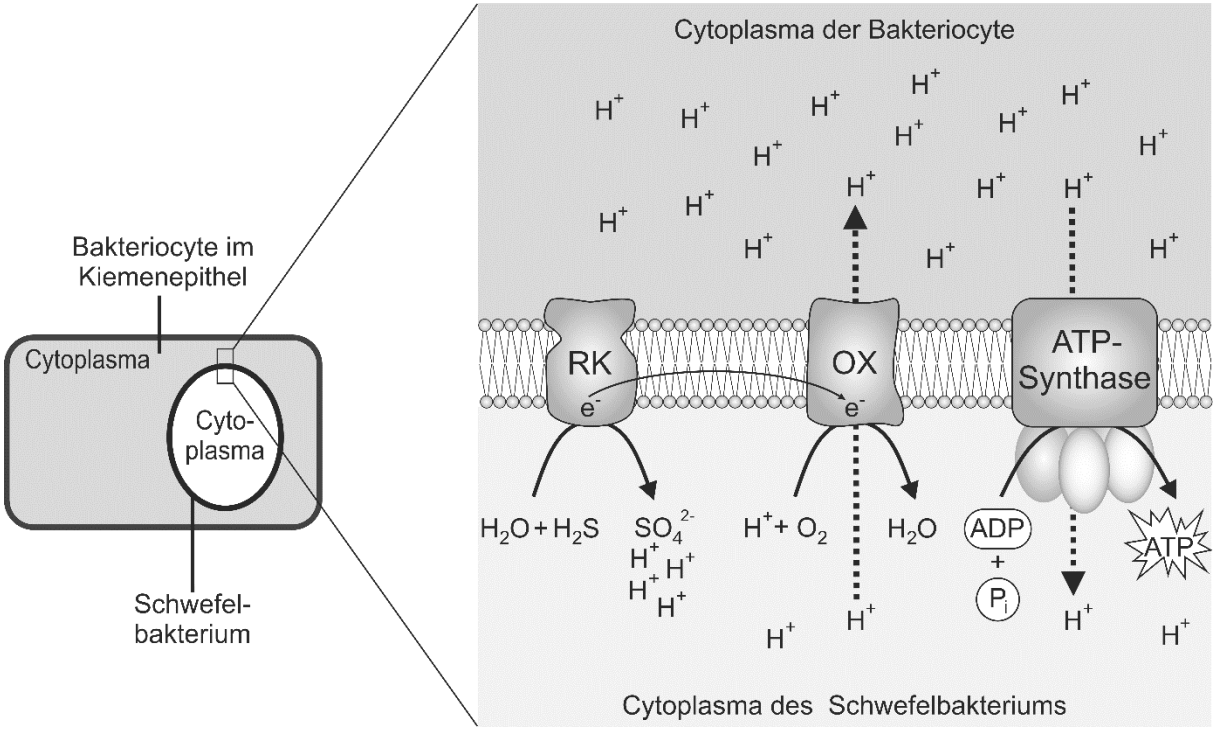
Material 3: Schwefeloxidierende Bakterien

Schwefeloxidierende Bakterien in den Bakteriocyten der Tiefsee-Miesmuscheln gewinnen Energie durch Chemosynthese. Dabei findet ähnlich wie bei Pflanzen ein Calvin-Zyklus statt. Diese Bakterien wandeln Schwefelwasserstoff (H_2S) schrittweise zu Sulfat-Ionen (SO_4^{2-}) um (Abb. 1). Die dabei freiwerdende Energie wird für die Bildung von ATP genutzt. Außerdem wird NADPH + H^+ oder NADH + H^+ gebildet. Diese Zwischenprodukte werden anschließend im Calvin-Zyklus der Bakterien zur Produktion von Kohlenhydraten, z. B. Glucose, unter Nutzung von CO_2 verwendet.

Die Gesamtgleichung der Chemosynthese lautet:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2S + 6\ O_2 + 6\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 12\ H^+ + 6\ SO_4^{2-}$$

Die folgende Abbildung 1 zeigt eine vereinfachte Modellvorstellung über ausgewählte Prozesse in einer Bakteriocyte.



Legende:	
RK – Redoxkomplex	Elektronentransport
OX – Oxidase	Stoffwechselreaktion
	Protonenbewegung

Abb. 1: Vereinfachte schematische Darstellung ausgewählter Stoffwechselprozesse an der Zellmembran eines Schwefelbakteriums

(Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an Fuchs, 2022)

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="3">BE/AFB</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Beschreiben:
♦ kein Licht
♦ geringer Sauerstoffanteil
♦ hohe Temperaturen vor allem an den Schloten
♦ mineralstoffhaltiges Wasser
♦ hoher Druck
♦ Bakterien, die Schwefelverbindungen für den Aufbau von Kohlenhydraten nutzen können</td><td>6</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Analysieren:
Schwefeloxidierende Bakterien
♦ sind durch ihre Lage im Kiemenepithel der Tiefsee-Miesmuscheln geschützt:
♦ vor Fressfeinden, Krebsen
♦ vor Strömungen
♦ erhalten:
♦ Schwefelverbindungen zur Chemosynthese über den Filtrationsstrom
♦ Abbauprodukte aus dem Stoffwechsel der Tiefsee-Miesmuscheln zum Aufbau organischer Substanzen
Tiefsee-Miesmuscheln der Gattung Bathymodiolus
♦ werden durch die schwefeloxidierenden Bakterien mit Kohlenhydraten versorgt
Zwischen den schwefeloxidierenden Bakterien und den Tiefsee-Miesmuscheln der Gattung Bathymodiolus liegt eine Symbiose vor, da es ein Zusammenleben verschiedener Arten zum gegenseitigen Vorteil ist.</td><td></td><td>7</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Vergleichen:
<table>
<tr><th></th><th>bei schwefeloxidierenden Bakterien</th><th>bei fotoautotrophen Organismen</th></tr>
<tr><td>Energiequelle</td><td>Schwefelwasserstoff</td><td>Licht</td></tr>
<tr><td>Ausgangsstoffe</td><td>Kohlenstoffdioxid, Wasser, Schwefelwasserstoff, Sauerstoff</td><td>Kohlenstoffdioxid, Wasser</td></tr>
<tr><td>Ort des Elektronentransports</td><td>Zellmembran eines Schwefelbakteriums</td><td>Thylakoidmembran der Chloroplasten</td></tr>
<tr><td>Zwischenprodukte für den Calvin-Zyklus</td><td>ATP, NADPH + H^+ oder NADH + H^+</td><td>ATP, NADPH + H^+</td></tr>
<tr><td>Energiereiches Produkt</td><td colspan="2">Glucose</td></tr>
</table></td><td></td><td>10</td><td></td></tr>
</table>

4	Beschreiben: ♦ Energie wird zum Aufbau energiereicher organischer Stoffe genutzt. ♦ Bei der Aufnahme von organischen Substanzen durch Organismen höherer Trophiestufen wird nur ein kleiner Teil der chemischen Energie übertragen, der Großteil der nutzbaren Energie steht vor allem durch Umwandlung in Wärmeenergie und durch Ausscheidung von organischen Stoffen nicht mehr zur Verfügung. Erläutern: ♦ Schwefeloxidierende Bakterien stellen als Produzenten energiereiches organisches Material bereit. ♦ In der Tiefsee steht kaum weiteres organisches Material am Anfang der Nahrungskette für Konsumenten 1. Ordnung, wie z. B. Krabben zur Verfügung. ♦ Ökosystem ist abhängig von den schwefeloxidierenden Bakterien.	5	4	
5	Beurteilen: ♦ für autark spricht: ♦ die abgeschiedene Lage ohne nennenswerte Zu-/Abwanderung der zum Ökosystem gehörenden Arten ♦ Primärproduzenten stehen für den Aufbau von Biomasse zur Verfügung ♦ energieliefernde Stoffe sowie Kohlenstoffdioxid stehen für den Aufbau von Biomasse zur Verfügung ♦ gegen autark spricht: ♦ absinkende Schwebstoffe aus höheren Wasserschichten führen Biomasse zu ♦ Konsumenten höherer Ordnung kommen aus höheren Wasserschichten zum Fressen, entnehmen Biomasse aus dem Ökosystem ♦ es steht nur Sauerstoff zur Verfügung, der in höheren Wasserschichten durch fotosynthetisch aktive Organismen produziert wird und durch absinkende Meeresströmungen bis in die Tiefsee gelangt Sachurteil: Hydrothermalfelder können nicht als autarke Ökosysteme angesehen werden, da es zwar wenige, aber entscheidende Einflüsse und Einträge von außen gibt und ein Stoffaustausch mit höheren Wasserschichten, und damit aus anderen Ökosystemen, stattfindet.			8
	Summe[2]	**11**	**21**	**8**

[2] Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

4 Standardbezug[3]

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1			
2	2		2, 5	
3	6		9	
4	1, 7			
5			5	2

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster[4] vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

[3] Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife angegeben, die zur Bearbeitung der Teilaufgabe erforderlich sind.

[4] Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.