

Von Biogas und Schwarzen Rauchern – die Welt der Archäen

Ein Beitrag von Wilfried Probst, Oberteuringen
Mit Illustrationen vom Autor

Sie sind Bewohner extremer Lebensräume, Biogasproduzenten und Hauptakteure bei der Evolution des Lebens – Archäen. Sie bilden neben den Bakterien die zweite Großgruppe zellkernloser Lebewesen. Trotzdem werden sie im Biologieunterricht meist mit den Bakterien in einen Topf geworfen. Zeit, das zu ändern!

In dieser Einheit erhalten Ihre Schüler einen Einblick in die faszinierende Lebensweise der Archäen in einer Biogasanlage, im Darmtrakt von Wiederkäuern, in Methanquellen und in Schwarzen Rauchern. Dabei wird den Jugendlichen die Bedeutung der Archäen für die Stoffkreisläufe auf unserem Bioplaneten bewusst.



Foto: Colourbox

Bei ihrer Verdauung sind Kühe auf Archäen angewiesen.

VORANSICHT
Mit zwei Versuchen
zur Biogasherstellung!

Das Wichtigste auf einen Blick

Klasse: 9/10

Dauer: 6 Stunden (Minimalplan: 4)

Kompetenzen: Die Schüler ...

- erläutern die Vorgänge, die bei der Herstellung von Biogas ablaufen, und führen hierzu einen Versuch durch.
- erklären die Bedeutung von Methanproduzenten im Rindermagen.
- erläutern die Lebensweise von Archäen in Extremlebensräumen.

Aus dem Inhalt:

- Alessandro Volta entdeckt „brennbare Luft“
- Wie entsteht Biogas?
- Von Milch und Steak zum Klimawandel
- Leben an Schwarzen Rauchern
- Methanquellen in der Tiefsee
- Die großen Unterschiede bei den kleinsten Lebewesen – Bakterien und Archäen

Die Reihe im Überblick

V = Vorbereitung

SV = Schülerversuch

Ab = Arbeitsblatt

D = Durchführung

Fo = Folie

LEK = Lernerfolgskontrolle

 = Zusatzmaterial auf CD

LP = Lehrerpräsentation

Stunde 1–2: Brennbare Luft und Biogasanlagen

Material	Thema und Materialbedarf
M 1 (Ab/SV) ⌚ V: 10 min ⌚ D: 30 min	Das Rätsel der „brennbaren Luft“ <input type="checkbox"/> 1 Klassensatz DIN-A4-Karten <input type="checkbox"/> 250 g pflanzliche Küchenabfälle (Kartoffelschalen, Gemüseabfälle) <input type="checkbox"/> ½ Brühwürfel <input type="checkbox"/> 2 Teelöffel Zucker <input type="checkbox"/> 1 Handvoll Komposterde <input type="checkbox"/> 1 PET-Flasche (1 l) <input type="checkbox"/> 1 Luftballon <input type="checkbox"/> 1 Pulvertrichter
LV ⌚ V: 15 min ⌚ D: 30 min	Wir stellen Biogas her <input type="checkbox"/> pflanzliche Abfälle, Dung, Brühwürfel, Komposterde <input type="checkbox"/> 1 Gasbrenner <input type="checkbox"/> 1 Glasschneider <input type="checkbox"/> 1 Glaskolben (2–3 l) mit durchbohrtem Stopfen <input type="checkbox"/> 1 Gummi- oder Silikonschlauch <input type="checkbox"/> 1 Schlauchklemme <input type="checkbox"/> 1 Glasrohr <input type="checkbox"/> 1 Glaswanne <input type="checkbox"/> 1 Auffangtrichter <input type="checkbox"/> etwas Stahlwolle <input type="checkbox"/> 1 Stativ mit Stativmaterial
M 2 (Ab)	Wie entsteht „brennbare“ Luft?
M 3 (Ab)	Aufbau einer Biogasanlage

Stunde 3: Methan aus dem Rindermagen

Material	Thema und Materialbedarf
M 4 (SV/Ab)	Von Milch und Steak zum Klimawandel – Rinder als Methanproduzenten

Stunden 4–5: Schwarze Raucher und Methanquellen

Material	Thema und Materialbedarf
M 5 (Fo)	Schwarze Raucher
M 6 (Ab)	Die Lebensgemeinschaft an Schwarzen Rauchern
M 7 (Ab)	Die Lebensgemeinschaft an Methanquellen

Stunde 6: Ergebnissicherung

Material	Thema und Materialbedarf
M 8 (Ab)	Bakterien und Archäen – große Unterschiede bei kleinsten Lebewesen
M 9 (LEK)	Was ist deine Meinung? – Ein Concept-Cartoon zu den Archäen
 (LP)	Was ist deine Meinung? – Ein Concept-Cartoon zu den Archäen

Minimalplan

Das Thema kann auf die Methanogenese begrenzt werden. Dann entfallen die **Materialien M 6–M 8** und die Stunden 4 und 5.

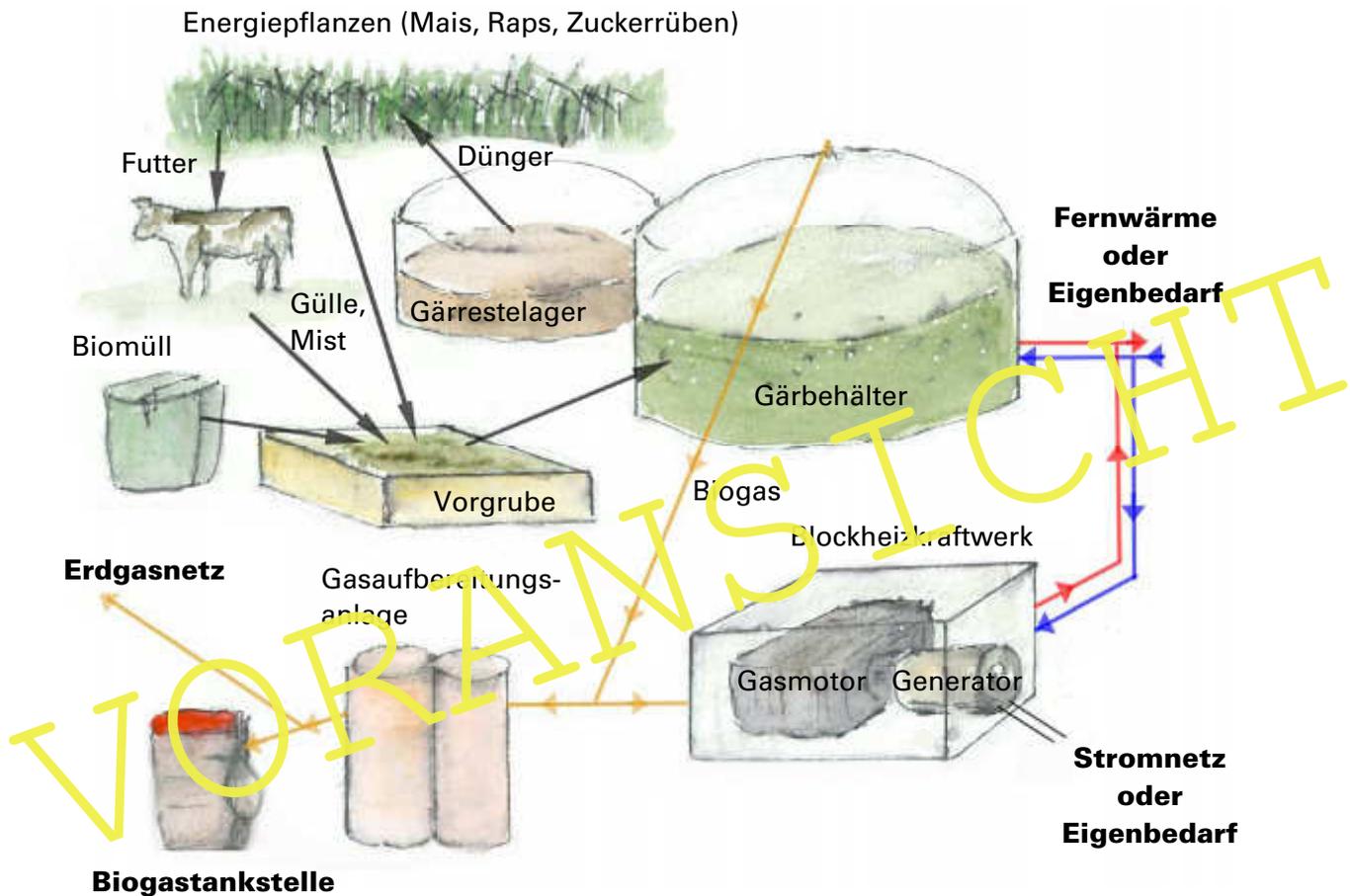
M 3

Aufbau einer Biogasanlage

In Biogasanlagen werden aus unterschiedlichen Pflanzen, wie beispielsweise Raps, Hirse oder Mais, mithilfe von Pilzen, Bakterien und Archäen Gase gewonnen. Lerne hier den Aufbau einer Biogasanlage kennen.

Aufgabe 1

Betrachte folgende Darstellung.

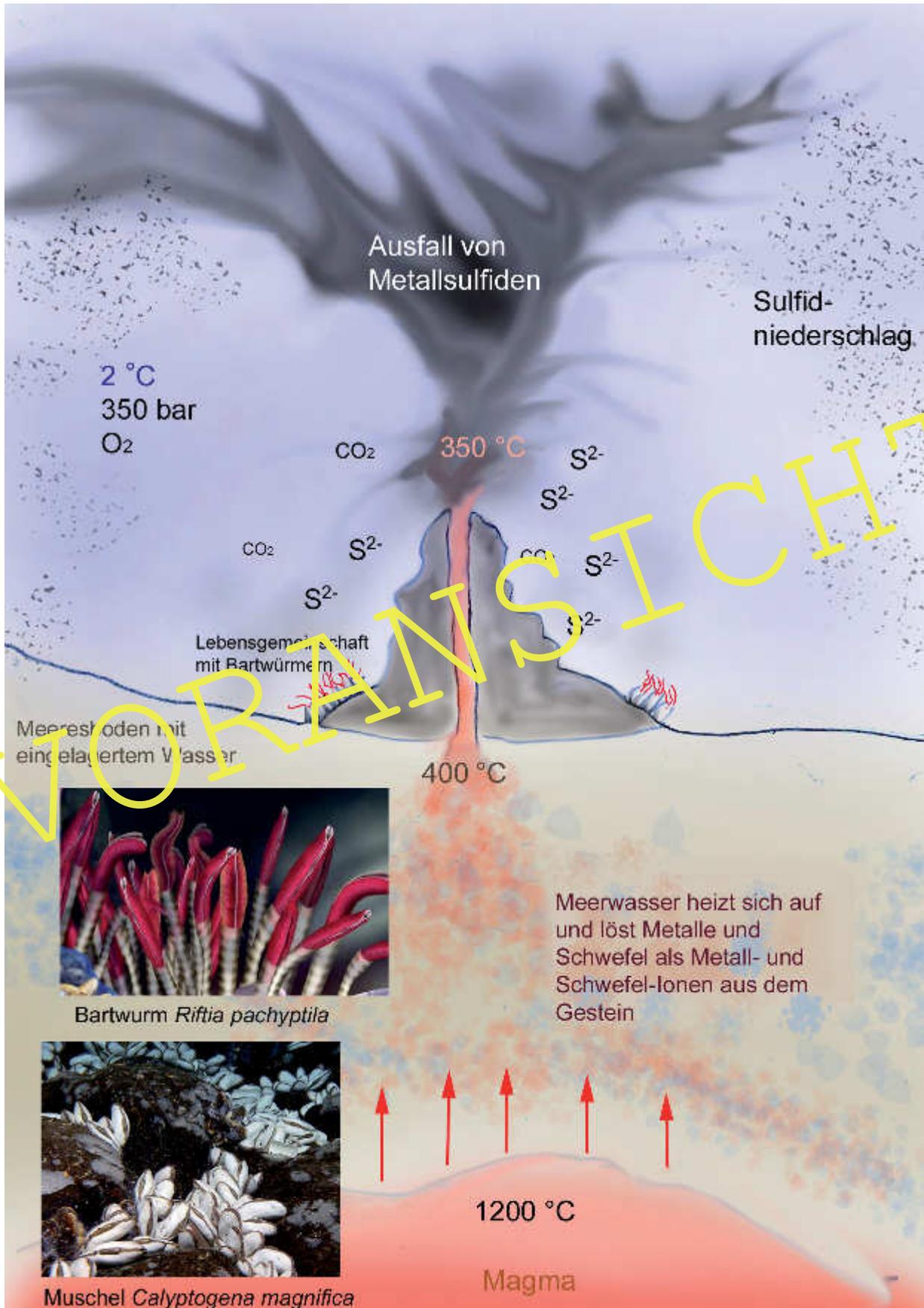


Aufgabe 2

- Nenne die Ausgangsstoffe, die heute zur Erzeugung von Biogas eingesetzt werden.
- Nenne die Produkte, die von einer Biogasanlage erzeugt und vermarktet werden können.
- In einer Biogasanlage wird mehrfach Energie von einer Form in eine andere umgewandelt. Markiere die Stelle, an der chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird, mit A, die Stelle, an der Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt wird, mit B.
- Erkläre, durch welche Einrichtungen bzw. Maßnahmen die Verluste an nutzbarer Energie bei den Energieumwandlungen verkleinert werden.
- Diskutiere Vor- und Nachteile des Einsatzes von „Energiepflanzen“ für die Biogasproduktion. Mach Vorschläge, wie diese Nachteile verringert werden könnten.

M 5

Schwarze Raucher



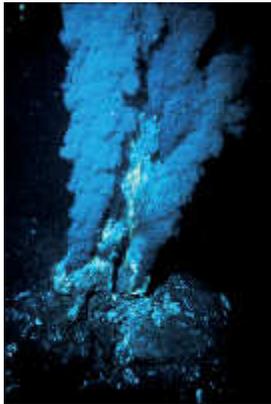
Die Lebensgemeinschaft an Schwarzen Rauchern

M 6

Schwarze Raucher sind heiße Quellen am Grunde der Tiefsee, die regelmäßig heißes Wasser mit darin gelösten Metallsulfiden ausscheiden. Am Rande dieser Tiefseequellen existieren äußerst interessante Lebensgemeinschaften. Erfahre hier mehr über sie.

Aufgabe 1

Lies dir folgenden Info-Text durch.

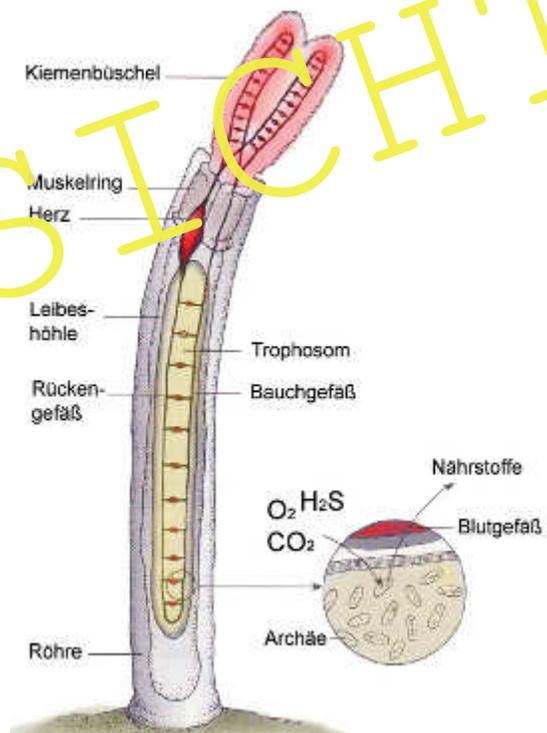


Schwarzer Raucher

Am Grunde der Tiefsee gibt es heiße Quellen, die durch schornsteinartige oder kegelförmige mineralische Gebilde regelmäßig heißes Wasser und darin gelöste dunkle Metallsulfide ausstoßen. Durch die Vermischung mit dem kälteren Umgebungswasser scheiden die gelösten Stoffe als feine Partikel aus, die wie eine Rauchwolke aussehen. Daher bezeichnet man diese Tiefseequellen auch als Schwarze Raucher. An ihrem Rand existiert eine Lebensgemeinschaft von Bartwürmern, verschiedenen Krabben, Muscheln, Seesternen und Tiefseefischen. Bartwürmer haben keinen Darm. Sie erhalten die Nährstoffe von Archäen, die in ihren gut durchbluteten Organen, den sogenannten Trophosomen, leben.

Diese Art der Lebensgemeinschaft, bei der ein Lebewesen im Körperinneren des anderen lebt und aus der beide Partner Vorteile ziehen, nennt man Endosymbiose.

Im Darm der Bartwürmer bilden die Archäen organische Stoffe aus Schwefelwasserstoff (H_2S), Sauerstoff (O_2) und Kohlenstoffdioxid (CO_2). Die Oxidation des Schwefelwasserstoffs zu Schwefelsäure (H_2SO_4) liefert die Energie für die Assimilation von Kohlenstoffdioxid, d. h. für dessen Umformung zu körpereigenen, organischen Stoffen. Dabei entstehen neben Zucker ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) und Schwefelsäure auch Wasser und Schwefel als Nebenprodukte. Im Gegensatz zur lichtabhängigen Photosynthese nennt man diese Form der Primärproduktion, d. h. die Herstellung organischer Stoffe aus anorganischen Stoffen, Chemosynthese.



Aufgabe 2

Beschreibe das Zusammenleben zwischen Bartwürmern und Archäen.

Aufgabe 3

Bei der Chemosynthese der Sulfid-oxidierenden Archäen entstehen organische Stoffe. Formuliere die Wortgleichung.

Aufgabe 4

„Die Rolle der Bartwürmer in dem Ökosystem Schwarzer Raucher entspricht der Rolle der grünen Pflanzen in einem Ökosystem an Land“. Nimm Stellung zu dieser Aussage.

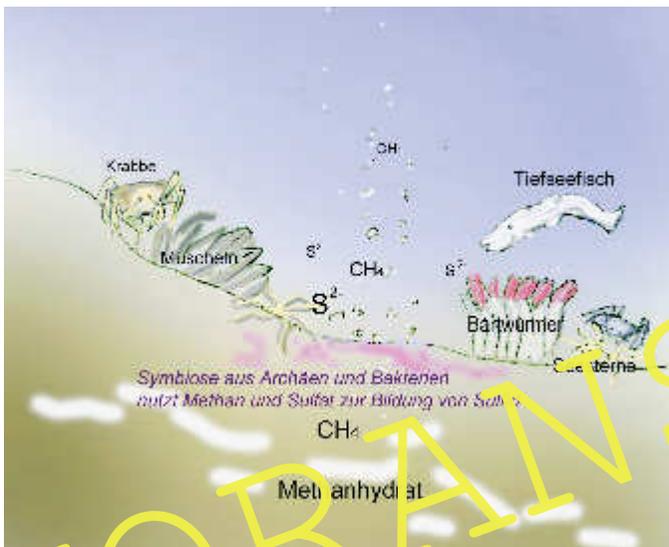
M 7 Die Lebensgemeinschaft an Methanquellen

An manchen Stellen im Tiefseeboden tritt methanreiches Wasser aus. Diese Stellen bezeichnet man als Methanquellen. An ihrem Rand leben hochspezialisierte Lebewesen, die sich Methan als Nahrungsquelle zunutze machen können.

Aufgabe 1

Lies dir den folgenden Info-Text durch.

Bei hohem Druck und tiefen Temperaturen kann sich Methan mit Wasser zu einer eisähnlichen Substanz, dem sogenannten Methanhydrat, verbinden. Solche Bedingungen herrschen vor allem an steileren Böschungen am Rande der Kontinente ab einer Tiefe von 400–500 Metern vor. Dort finden sich große Mengen solcher Methanhydrate im Meeresboden. Verschiebungen der Erdplatten können dazu führen, dass die Methan-Wasser-Verbindung instabil wird und Methan-gesättigtes Wasser zusammen mit darin gelösten Metallsulfiden aus dem Boden dringt. Solche Methanquellen – auch Cold Seeps genannt, weil das austretende Wasser kalt ist – sind ein Biotop mit einer Lebensgemeinschaft, die viele Ähnlichkeiten mit den Lebensgemeinschaften an Schwarzen Rauchern aufweist. So treten auch hier Endosymbiosen zwischen Archäen und Bartwürmern sowie Archäen und Muscheln auf, die Methan und Schwefelwasserstoff (gebildet von einer Symbiose aus Archäen und Bakterien) zur Assimilation von Kohlenstoffdioxid, d. h. dessen Umformung zu körpereigenen, organischen Stoffen, nutzen.



Lebensgemeinschaft an einer kalten Methanquelle

Aufgabe 2

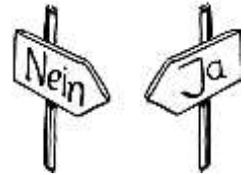
a) Vergleiche die Lebensgemeinschaft an den Black Smokers mit der an den Cold Seeps und stelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der folgenden Tabelle zusammen.

	Black Smoker	Cold Seeps
Temperatur des Quellwassers		
Sulfidgehalt des Quellwassers		
Entstehung des Sulfids		
Primärproduzenten		
Konsumenten höherer Ordnung		

b) Erkläre die Bedeutung von Archäen, die Methan als Nahrungsquelle nutzen, für die globale Regulation des Treibhausgases Methan auf der Erde.

Bakterien und Archäen – große Unterschiede bei kleinsten Lebewesen

Bakterien und Archäen werden oft in einen Topf geworfen, da beide keinen Zellkern haben. Es gibt aber einige grundlegende Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen. Lerne sie hier kennen.



Aufgabe 1

Betrachte dir den folgenden tabellarischen Vergleich zwischen Bakterien und Archäen.

	Bakterien	Archäen
haben eine Zellwand mit Murein (vernetztes Riesenmolekül aus Zuckern und Aminosäuren)	ja	nein
können Methan produzieren	nein	teilweise
enthalten Chlorophyll	teilweise	nein
sind Erreger von Krankheiten	häufig	nie (aber sie können die Bedingungen für Krankheitserreger verbessern)
sind empfindlich gegen Antibiotika	ja	nein
können Temperaturen über 100 °C aushalten	nein	teilweise

Aufgabe 2

Bakterien oder Archäen? Treffe eine Zuordnung der beschriebenen Lebewesen zu Bakterien oder Archäen und begründe kurz.



	Beispiele	Bakterien	Archäen	Grund
1	Blaualgen sind Lebewesen, die wie grüne Pflanzen Fotosynthese machen können.			
2	Staphylococcen sind oft an Wundinfektionen beteiligt.			
3	Der Methan-produzierende <i>Methanopyrus</i> kann noch bei Temperaturen über 100 °C leben.			
4	Die fädigen Prokaryoten der Gattung <i>Actinomyces</i> haben eine dicke Murein-Zellwand.			
5	<i>Methanocella arvoryzae</i> lebt im Boden von Reisfeldern und gewinnt Energie aus der Bildung von Methan aus CO ₂ und H ₂ .			
6	<i>Yersinia pestis</i> bewirkt die hochansteckende Pestkrankheit, die aber heute mit Antibiotika wirkungsvoll bekämpft werden kann.			
7	<i>Pyrolobus fumarii</i> hält mit 113 °C Wachstumstemperatur den Hitzerekord.			

M 9

Was ist deine Meinung? – Ein Concept-Cartoon zu den Archäen

Was hast du alles über die Archäen gelernt? Teste dein Wissen in diesem Concept-Cartoon.

Aufgabe

Lies dir die sechs Situationen durch. Gib dann deine Meinung ab.

①

Hier gibt es prima T-Bone-Steak. Heute gönne ich mir den Luxus.

Ich ess' kein Steak. Rinder produzieren viel klimaschädliches Methan. Ich nehme lieber Risotto mit Parmesan.

Ist Risotto mit Parmesan wirklich die klimafreundlichere Mahlzeit? Mische dich in die Unterhaltung ein.

②

Aus unserem Gartenteich steigen immer so komische Luftblasen auf. Ich glaube, daran sind die schleimigen blaugrünen Algen schuld, die alle Wasserpflanzen überziehen.

Was würdest du antworten?

③

Das Leben in der Tiefsee ist nur möglich, weil organische Abfallstoffe aus den oberen Wasserschichten zu Boden sinken und den Tiefseebewohnern als Nahrung dienen.

Du weißt es besser! Korrigiere seine Aussage.

④

Wenn man Kühen das Rülpsen abgewöhnen könnte, würde weniger klimaschädliches Methan an die Atmosphäre gelangen.

Dann würden sie aber auch weniger Milch produzieren und langsamer wachsen!

Nimm Stellung!

⑤

Mein Onkel sagt, Archäen im menschlichen Darm könnten Darmkrebs verursachen.

Das kann nicht stimmen. Bei den Archäen gibt es keine Krankheitserreger.

Wer hat recht?

⑥

Wieso die Termiten? Das verstehe ich nicht!

Durch Rodung von Tropenwäldern werden Klima verändernde Gase freigesetzt. Daran sind vor allem die Termiten schuld.

Kannst du den Zusammenhang erklären?

VORANSICHT