

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Klimagas Methan und Methanogenese im „Bioreaktor“ Kuh

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)



Klimagas Methan und Methanogenese im „Bioreaktor“ Kuh: mündliche Abiturprüfung

von Dr. Monika Pohlmann



© Gearchivector/Stock/Getty Images Plus

Ohne Methanogenese durch Archaeobakterien im Pansen der Kuh gäbe es weder Milch noch Käse aus Heu und Stroh. Die syntrophe, mikrobielle Lebensgemeinschaft im anaeroben Milieu des Pansens macht diesen zum Gärbottich, ähnlich einem Bioreaktor. Bei Störung des Gleichgewichts der mikrobiellen Biozönose gerät das Leben der Kuh schnell in Gefahr. Die Prüflinge wenden ihr Sachwissen zur Milchsäuregärung an, stellen die Bedeutung der Methangärung für den Stoffwechsel der Endosymbionten und der Kuh dar und schlagen die Brücke zu Methan als Klimagas. Die argumentative Bewertung des steigenden Rindfleischkonsums in Deutschland unter Aspekten einer nachhaltigen Entwicklung und des Klimaschutzes rundet die Präsentation von Kompetenzen auf der Basis der aktuellen Bildungsstandards zum gesellschaftsrelevanten Themenkreis ab.

Klimagas Methan und Methanogenese im „Bioreaktor“ Kuh: mündliche Abiturprüfung

Niveau: erweiternd

von Dr. Monika Pohlmann

Fachwissenschaftliche Hinweise	1
M1: Pansensymbiose – die Kuh als „Bioreaktor“	6
M2: Methan als Treibhausgas	11
Lösungen	14
Darstellungsleistung	26
Literatur	27

Kompetenzprofil:

Kompetenz	Anforderungsbereiche	Basiskonzept	Material
Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz, Bewertungskompetenz	I–II–III	Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung	M1–M2

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

LEK Lernerfolgskontrolle

Inhaltliche Stichpunkte	Material	Methode
Endosymbiose im Kuhmagen, syntrophe mikrobielle Lebensgemeinschaft, taxonomische Kategorisierung von Bakterien, Archaeen, Protozoen und Pilzen in die Domänen <i>Bacteria</i> , <i>Archaea</i> und <i>Eukaryota</i> , Funktion des Pansens als Gärkammer, Vergleich mit Bioreaktor der Biotechnologie, Funktion des Pansens als ökologische Nische, Mikrobiom mit eng begrenzter ökologischer Potenz, sensible Reaktion auf Änderung des Milieus z. B. durch Verringerung des pH-Werts bei Zunahme von Milchsäurebakterien, Biochemie der Milchsäuregärung, Bedeutung der Methanogenese für die syntrophen mikrobiellen Lebewesen im Pansen und den Stoffwechsel der Kuh, Biochemie der Methangärung, methanogene Nützlinge im Pansen erzeugen das Klimagas Methan.	M1	LEK
Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt, Herkunft des Klimagases Methan in der Atmosphäre, 60 % des Methangehaltes aus Tierhaltung und Landwirtschaft, Vergleich der Wirkung/Schädlichkeit verschiedener Klimagase mithilfe des Terms: CO ₂ -Äquivalent, Bewertung des hohen Fleischkonsums und steigenden Rindfleischkonsums in Deutschland vor dem Hintergrund von Klimaschutz und den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung.	M2	LEK

Klimagas Methan und Methanogenese im „Bioreaktor“ Kuh: mündliche Abiturprüfung

Fachwissenschaftliche Hinweise

Syntrophe Endosymbionten

Mit Syntrophie wird die vergesellschaftete Lebensweise verschiedener Organismenarten bezeichnet, die bestimmte Stoffwechselprodukte austauschen und damit wechselseitig voneinander abhängen. Syntrophe Lebewesen bilden Mischgesellschaften, syntrophe Einzeller existieren nur in Mischkulturen. Im Pansen der Rinder sind methanogene Archaeobakterien von der Wasserstoffproduktion räumlich benachbarter Bakterien abhängig. Diese Bakterien können ihrerseits nur dann wachsen, wenn das erzeugte Wasserstoffgas durch die Methanogenese der syntrophen Archaeen verbraucht wird. Dieses Mikrobiom ist spezifisch an die ökologische Nische im Magen der Rinder angepasst und lebt mit dem Wirt in einer Endosymbiose.

Methanogenese

Mit Methanogenese wird die mikrobielle Bildung des Biogases Methan bezeichnet. Sie stellt die letzte Stufe des anaeroben Abbaus biotischer, organischer Stoffe in einem anaeroben Milieu dar. Unter obligatorisch anaeroben Bedingungen wird zum einen Essigsäure (CH_3COOH), die während der Acidogenese und Acetogenese gebildet wurde, durch acetoklastische Methanbildner in Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) umgewandelt. Die Essigsäure ist die einzige C_2 -Verbindung, die für eine Methanogenese genutzt werden kann. Dazu sind ausschließlich die Gattungen *Methanosaeta* und *Methanosarcina* fähig. Man bezeichnet sie auch als acetoklastische Methanogene oder Acetoklasten. Zum anderen können auch Kohlenstoffdioxid und elementarer Wasserstoff (H_2) durch hydrogenotrophe Methanbildner in Methan und Wasser umgewandelt werden. Die zur Methanogenese fähigen Mikroorganismen werden als Methanogene oder Methanbildner bezeichnet. Bei der Reduktion von CO_2 und Carboxylgruppen ($-\text{COOH}$) zu Methylgruppen ($-\text{CH}_3$) und deren Reduktion zu Methan sind Enzyme mit speziellen, charakteristischen Coenzymen entscheidend, die nur bei Methanogenen zu finden sind. Insbesondere sind dies die Coenzyme Tetrahydromethanopterin, Coenzym M und ein Corrin-Enzym sowie spezielle Elektronen- beziehungsweise Wasserstoffüberträger. Diese mehrschrittig katalysierten Stoffwechselreaktionen sind exergonisch, das heißt, es wird dabei Energie frei. Die Methangärung dient den Methanogenen als Energiequelle. Acetoklastische Methanogene sind chemoorganotroph. Chemoorganotrophie bezeich-

net eine Form der chemischen Energiegewinnung durch Lebewesen, bei der organische Verbindungen (hier: Essigsäure) umgesetzt werden. Hydrogenotrophe Methanogene sind dagegen chemolithotroph. Dies bedeutet, dass im Energiestoffwechsel eine anorganische Verbindung (Wasserstoffgas) oxidiert wird beziehungsweise ein anorganisches Reduktionsmittel (Wasserstoffgas) für den Stoffwechsel Verwendung findet.

Bioreaktor

Der Bioreaktor oder Fermenter ist der Kern einer jeden Biogasanlage und gleicht in seiner Funktionsweise dem Magen einer Kuh. In ihm finden die Abbauprozesse der organischen Substanzen statt, durch die das Biogas Methan entsteht. Im Fermenter findet unter anaeroben Bedingungen eine Folge von Abbauprozessen statt, bei denen die Eingangsstoffe Schritt für Schritt in kleinere Bestandteile zerlegt werden. Die Akteure dieses Gärprozesses sind bestimmte Mikroorganismen, hauptsächlich Bakterien, denen die organische Substanz als Nahrungsgrundlage dient. Die Zusammensetzung der Bakteriengesellschaften oder Biozöosen in einem Bioreaktor bildet sich in Abhängigkeit von der Qualität der Eingangsstoffe und den physikalischen und biochemischen Bedingungen im Fermenter heraus. Die Ökologie des Fermenters reagiert auf jede Veränderung äußerst empfindlich. Daher muss ein möglichst homogener und konstanter Gärprozess erreicht werden. Durch spezielle Technik kann die Entwicklung der biotischen und abiotischen Faktoren innerhalb des Fermenters genau beobachtet werden. Durch diese Überwachung des Anlageninneren ist es möglich, auf zu starke oder schnelle Veränderungen der physikochemischen Bedingungen rechtzeitig zu reagieren und die weitere Entwicklung der Abbauprozesse positiv zu beeinflussen.

Klimagas Methan

Methan ist es ein besonders wirksamer Verursacher des Treibhauseffekts, durch den die Atmosphäre Sonnenwärme auf der Erde festhält. Methan (CH_4) wirkt 84-mal stärker als Kohlenstoffdioxid (CO_2), wird dafür aber viel schneller wieder abgebaut. Die Methankonzentration in der Atmosphäre ist heute 2,5-mal höher als vor der Industrialisierung. 30 % des anthropogenen Klimawandels gehen auf Methan zurück. Als größte Quelle für Methangas, vor der Gasindustrie, galt bisher die Landwirtschaft, vor allem der Reis-anbau und die Rinderhaltung. Messungen der europäischen Raumfahrtagentur ESA mit dem Sentinel-Satellitensystem zeigten jedoch, dass an den Gasbohrstellen und entlang der Pipelines enorme Mengen an Erdgas entweichen, dies vor allem in Russland. Beispielsweise verursacht ein einziges Leck in der Jamal-Pipeline, die Gas von Sibirien nach Deutschland bringt, so viel Klimaschäden wie mehr als eine Million Autofahrerinnen und Autofahrer pro Jahr. Laut Welt-Energieagentur IEA könnten diese Emissionen um 70 % reduziert werden.

Fachbegriffe/Fachkonzepte

Fachbegriffe/ Fachkonzepte	Erklärung
Bioreaktor	Behälter für biotechnologische Prozesse. Spezielle Mikroorganismen oder höhere Zellen werden unter möglichst optimalen Bedingungen in einem Nährmedium kultiviert, um entweder die Zellen selbst, Teile von ihnen oder eines ihrer Stoffwechselprodukte zu gewinnen. Jeder Bioreaktor verarbeitet drei Phasen: fest (Biomasse), flüssig (Nährmedium) und gasförmig (z. B. Luft, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid oder Stickstoff).
Gärung	Energiefördernder, organisches Material zersetzender Stoffwechselprozess, der ohne Sauerstoffeinfluss (anaerob) stattfindet. Gärung ist auf die Aktivität von anaeroben oder fakultativ anaeroben Mikroorganismen, Bakterien oder Pilze, zurückzuführen. Gärung ist Energiegewinnung, d. h. ATP-Bildung ausschließlich durch Substratkettenphosphorylierung. Im Gegensatz zur Zellatmung wird keine Elektronentransportkette genutzt. Kennzeichen ist, dass die während des Substratabbaus entstehenden, wasserstoffbeladenen, d. h. reduzierten Coenzyme, wie NADH, abschließend zurückgewonnen werden, indem der Wasserstoff nach dem teilweisen Abbau des Substrates auf dieses zurückübertragen wird. Bei der Atmung wird der Wasserstoff dagegen auf Sauerstoff übertragen. Beispiele: Milchsäuregärung, alkoholische Gärung, Methangärung.

Fachbegriffe/ Fachkonzepte	Erklärung
CO ₂ - Äquivalent	Maß für das Treibhauspotenzial eines Stoffes oder die klimaschädliche Wirkung einer Aktivität. Neben Kohlenstoffdioxid (CO ₂) gibt es weitere Treibhausgase wie Methan, Lachgas und fluorierte Kohlenwasserstoffe (FCKW), die über ein unterschiedliches Erwärmungspotenzial (GWP, engl.: Global Warming Potential) verfügen. Um einen Vergleich über die Auswirkung auf das Klima zu ermöglichen, werden alle Treibhausgase auf die Klimawirksamkeit von CO ₂ (GWP = 1) umgerechnet.
Methanogenese	Mikrobielle Bildung von Methan. Sie stellt die letzte Stufe des anaeroben Abbaus von biogenen Stoffen unter anaeroben Bedingungen dar. In einer obligat anaerob ablaufenden Phase wird Essigsäure, welche während der Acidogenese und Acetogenese gebildet wurde, durch acetoklastische Methanbildner in Methan (CH ₄) und Kohlenstoffdioxid (CO ₂) sowie Kohlenstoffdioxid und elementarer Wasserstoff (H ₂) durch hydrogenotrophe Methanbildner in Methan und Wasser umgewandelt.
Pansensym- biose	Endosymbiose von Wiederkäuern (Ruminantia) mit speziellen Mikroorganismen, die den Pansen besiedeln. Erst durch die Symbiose mit Prokaryoten, Protozoen und Pilzen können die polymeren Kohlenhydrate (Cellulose, Pektin, Hemicellulosen) des pflanzlichen Futters (Gras, Heu, Silage) vom Wirt verwertet werden, da den Tieren selbst die entsprechenden Enzyme fehlen, z. B. Cellulase.
Synthrophie	Griech.: Kreuzfütterung. Besondere symbiontische Beziehung zwischen Bakterienarten, die von den Stoffwechselprodukten anderer Arten leben. Bei dieser biologischen Interaktion hängt das Wachstum eines Partners von den Nährstoffen, Wachstumsfaktoren oder Substraten des anderen Partners ab.
Treibhauseffekt	Wirkung von Treibhausgasen in einer Atmosphäre auf die Temperatur der Planetenoberfläche, wie die der Erde. Er bewirkt dort eine Temperaturerhöhung.
Treibhausgas	Gas, das zum Treibhauseffekt beiträgt und natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs sein kann. Es absorbiert einen Teil der vom Boden abgegebenen langwelligen Wärmestrahlung, die sonst ins Weltall entweichen würde.

Vorausgesetztes Fachwissen

Ein fundamentales Sachwissen zum Inhaltsbereich Ökologie – Lebewesen in ihrer Umwelt wird vorausgesetzt. Die Lernenden wenden kompetent die Fachkonzepte „ökologische Nische“, „ökologische Potenz“, „biotische und abiotische Faktoren“ an und können trophische Beziehungsgefüge erklären. Die Syntrophie als Sonderform einer wechselseitigen Abhängigkeit von Stoffwechselprodukten kann daher im Kontext der Aufgabe selbstständig erschlossen werden. Den Prüflingen ist der Begriff der Symbiose bekannt. Sie können diese interspezifische Beziehung als eine Besonderheit der wechselseitigen Anpasstheiten in einem koevolutiven Prozess beschreiben. In Kenntnis der Endosymbiontentheorie können die Schüler und Schülerinnen auch das Konzept der Endosymbiose am Beispiel von Pansenbiozönose und Rind sachlich korrekt anwenden. Für die Deutung der Empfindlichkeit der mikrobiellen Lebensgemeinschaft im Pansen gegenüber Schwankungen der Werte biotischer und abiotischer Faktoren sollten die Prüflinge sicheres Fachwissen zum abbauenden Stoffwechsel beherrschen, mit besonderem Augenmerk auf die in den aktuellen Bildungsstandards obligatorisch verlangte Milchsäuregärung. Die Prüflinge können die Methangärung im Verdauungstrakt von Rindern mit der Klimakatastrophe in Beziehung bringen sowie Maßnahmen im Rahmen eines Ökosystemmanagements mit Blick auf eine nachhaltige Entwicklung erörtern und bewerten.

Hinweis: Für Ihren individuellen Einsatz finden Sie eine Auswahl an Grafiken dieses Beitrags als Zusatzmaterial zum Download.



Verteilung der Punkte und Anforderungsbereiche

	Aufgaben M1				Aufgaben M2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Punkte	12–8	4–8–6	8–12–8	10	9	8	12	6
AFB	I–II	I–II–III	I–II–III	II	I	II	II	III

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Klimagas Methan und Methanogenese im „Bioreaktor“ Kuh

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)

