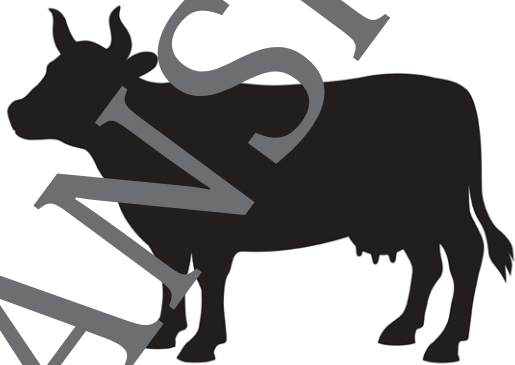


Methan und Methanogenese im „Bioreaktor“ Kuh: mündliche Abiturprüfung

von Dr. Monika Pohlmann



Verändert nach © [Getty Images/Stock/Geophages Plus](#)

Ohne Methanogenese durch *Methanobakterien* im Pansen der Kuh gäbe es weder Milch noch Käse aus Heu und Stroh. Die syntrophe, mikrobielle Lebensgemeinschaft im anaeroben Milchsäure-Pansen 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 Methanfermentation für den Stoffwechsel der Endosymbionten und der Kuh dar und schlagen die Erfolge 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.

Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Biologie Sek. II

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Es ist gemäß § 60b UrhG hergestellt und ausschließlich zur Veranschaulichung des Unterrichts und der Lehre an Bildungseinrichtungen bestimmt. Die Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH erteilt Ihnen für dieses Werk das einfache, nicht übertragbare Recht zur Nutzung für den persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung. Unter Einhaltung der Nutzungsbedingungen sind Sie berechtigt, das Werk zum persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung in Klassensatzstärke zu vervielfältigen. Jede darüber hinausgehende Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Hinweis zu §§ 60a, 60b UrhG: Das Werk oder Teile hiervon dürfen nicht ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichtsmaterial und Lehrmedien (§ 60b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in einer sonst öffentlich zugänglichen Weise eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Die Aufführung abgedruckter musikalischer Werke ist ggf. GEMA-meldepflichtig.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und ggf. angefragt.

Dr. Josef Raabe Verlag GmbH
Ein Unternehmen der Kleinfachgruppe
Rotebühlstraße 77
70178 Stuttgart
Telefon +49 711 62900-0
Fax +49 711 62900-60
meinRAABE@raabe.de
www.raabe.de

Redaktion: Dr. Stefan Esser-Dang
Satz: RÖNIGER MEDIA GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Bildnachweis Titel: © Gearchivector/Stock/Getty Images Plus
Illustration: Sylvania Timmer
Korrektur: Stefan Mayer

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 hoher 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 Methanogenese, Methanogene Nützlinge im Pansen erzeugen das Kuhmagas Methan.	M1	LEK
Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt, Herkunft des Kuhmagas Methan in der Atmosphäre, 60 % des Methan Gehaltes aus Tierhaltung und Landwirtschaft, Vergleich zur 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 der 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 Mischgemeinschaften, 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 Fermentation und Acetogenese gebildet wurde, durch acetoklastische Methanbildner in Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) umgewandelt. Die Essigsäure ist die einzige 2-C-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 keine Energie frei. Die Methangärung dient den Methanogenen als Energiequelle. Acetoklastische Methanogene sind chemoorganotroph. Chemoorganotrophie bezeich-

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. Ein 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, wobei 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

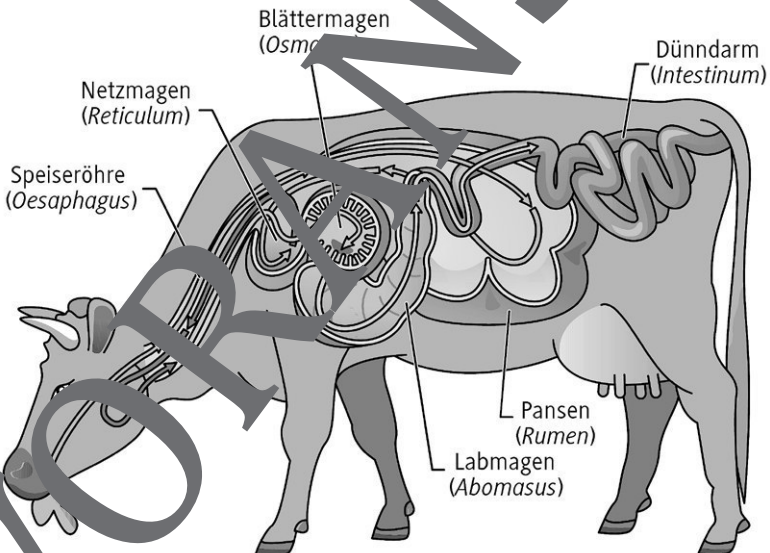
	Aufgaben M1				Aufgaben M2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Punkte	12–8	4–8	8–12–8	10	9	8	12	6
AFB	I–II	I–II–III	I–II–III	II	I	II	II	III

M1 Pansensymbiose – die Kuh als „Bioreaktor“

A: Milch aus Stroh – mikrobielle Lebensgemeinschaft im Kuhmagen

Die Verdauungsorgane eines Wiederkäuers sind völlig anders aufgebaut als die Verdauungsorgane des Menschen oder des Schweins. Ihre Funktion ist erstens vielfach und erweiterbar. So kann beispielsweise beim Nutztier Kuh, ein Futtermittel wie Stroh, welches für Schweine nur als Einstreu genutzt werden kann, in Milch umzusetzen.

Nachdem die Kuh das Futter geschluckt hat, beginnt sie mit der Wiederkautätigkeit. Von Mikroorganismen bereits angegriffene Pflanzenteile werden dann durch einen Reflex ins Maul zurückbefördert und dann gründlich gekaut. Die kräftigen Mahlmuskeln zerreiben das Futter zu einem feinen Brei, der kräftig eingespeichelt wird. Eine Kuh produziert dazu 200 Liter Speichel am Tag. Der Speichel hat nicht nur die Funktion, das Futter gleitfähig zu machen, er ist auch stark alkalisch (pH-Wert = 7) und mildert die von den symbiontischen Bakterien produzierten Säuren auf einen pH-Wert von etwa 6,5.



Grafik: Sylvia Timmer

Abbildung 1: Aufbau des Kuhmagens

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de