

Tierproduktion und anthropogener Treibhauseffekt

Ulrike Schönhusen, Dorit Fiedler und Jürgen Voigt (Dummerstorf)

Wiederkäuer sind zu einem nicht unerheblichen Teil an der Emission des Gases Methan beteiligt: Die im Pansen von Rind & Co. lebenden Mikroorganismen schließen die pflanzliche Nahrung auf und produzieren dabei das klimarelevante Spurengas. Die Methan-Konzentration in der Atmosphäre ist in den letzten Jahrzehnten stark angestiegen. Diese Entwicklung hat – verbunden mit der Tatsache, dass die Ausscheidung von Methan für das Tier einen erheblichen Energieverlust darstellt – die Methanbildung im Pansen der Wiederkäuer verstärkt in die wissenschaftliche Diskussion gebracht. Nach heutigem Kenntnisstand ist es möglich, die Methanausscheidung über die Zusammensetzung des Futters zu beeinflussen. Dabei stehen auch natürlich vorkommende sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (z.B. Tannine), die von Wiederkäuern mit dem Futter aufgenommen werden, im Blickpunkt. Am Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) wird nach Wegen gesucht, die Methanemission bei Wiederkäuern auf natürliche Weise zu hemmen, ohne dass es bei den Tieren zu Leistungseinbußen kommt.

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Erdoberfläche zunehmend erwärmt, gleichzeitig stieg die Konzentration von Spurengasen (FCKW, Halone, Methan, Kohlenmonoxid, Lachgas) in der Atmosphäre. Insbesondere für Methan ist ein starker Anstieg zu verzeichnen. Die Spurengase lassen die Sonnenenergie unvermindert auf die Erde einstrahlen, reduzieren aber die Wärmeabgabe der Erde in den Weltraum (Treibhauseffekt). Dabei besitzt Methan eine wesentlich größere Wirkung als zum Beispiel Kohlendioxid: Eine Tonne Methan hat im Verlauf von 20 Jahren denselben Erwärmungseffekt wie 56 Tonnen Kohlendioxid.

Die Methankonzentration in der Atmosphäre wird seit 1983 global gemessen. Seit dieser Zeit ist sie von 1,61 auf 1,76 ppm im Jahre 2000 angestiegen (Abb. 1). Aktuellen Schätzungen zufolge liegt die globale Emission an Methan bei 535 Megatonnen/Jahr, wobei 103 Megatonnen (19 %) aus der Tierhaltung stammen (Abb. 2). 74 % der durch landwirtschaftliche Nutztiere verursachten globalen Methanemission entfallen auf Rinder.

Stoffwechselwege

Wiederkäuer sind aufgrund der Symbiose mit der Mikrobenpopulation in den Vormägen in der Lage, cellulosehaltige Futterstoffe wie Gräser und Stroh in großem Umfang zu verdauen. Dabei entstehen aus der Cellulose die flüchtigen Fettsäuren Essig-, Propion- und Buttersäure, die von der tierischen Zelle aufgenommen und für energetische Zwecke und Synthesevorgänge genutzt werden. Ein Teil des bei diesen mikrobiellen Prozessen im Pansen freigesetzten Wasserstoffs wird dabei auf methanogene Bakterien übertragen, die unter Energiegewinn für ihre Zellsynthese aus einem Mol Kohlendioxid und 4 Mol Wasserstoff ein Mol Methan synthetisieren. Mit dieser Reaktion wird die Reduktions-Oxidations-Bilanz im Pansen ausgeglichen. 9–13 % der verdaulichen Energie gehen auf diese Weise verloren, da Methan vom Wiederkäufer im Stoffwechsel nicht verwertet werden kann.

Die Methanbildung in den Vormägen sinkt, wenn der beim Abbau der Kohlen-

hydrate entstehende Wasserstoff für andere biochemische Reaktionen verwendet wird. Bei der so genannten reduktiven Acetogenese zum Beispiel entsteht aus Kohlendioxid und Wasserstoff nicht Methan, sondern Essigsäure, die vom Tier energetisch genutzt werden kann.

Wenn wir genauer wissen, wie sich die Methanbildung bei Wiederkäuern regulieren lässt, ist das sowohl für den Klimaschutz als auch für die effiziente Produktion von Milch und Fleisch von Bedeutung.

Methanemission auf natürliche Weise reduzieren

Am Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere suchen wir



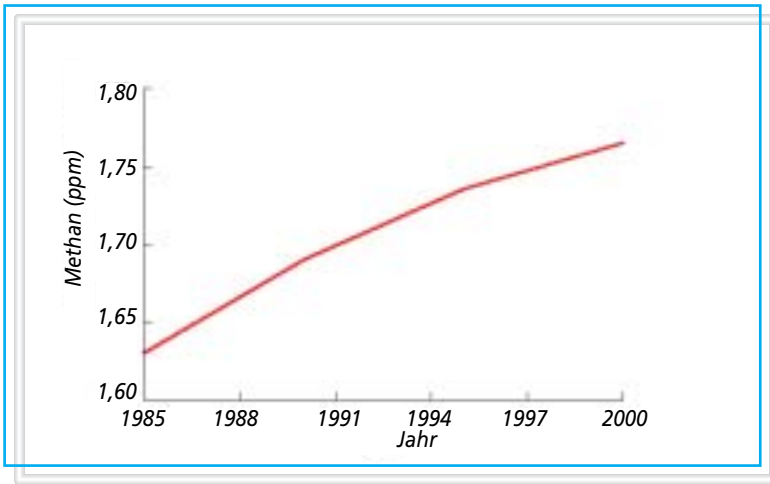


Abb. 1: Anstieg der Methankonzentration in der Atmosphäre (nach IPCC, 2001)

nach Wegen, die Methanemission beim Wiederkäuer auf natürliche Weise zu hemmen. Wesentlich dafür ist die Erkenntnis, dass die Methanbildung im Pansen durch Protozoen (Einzeller) gefördert wird. Sie sind es, die im Zuge ihrer Stoffwechsellätigkeit Wasserstoff freisetzen und an die Wasserstoff-konsumierenden Methanbakterien abgeben. Protozoen spielen eine wichtige Rolle beim Nahrungsabbau im Pansen, sind für die Verdauungsprozesse jedoch nicht unbedingt erforderlich.

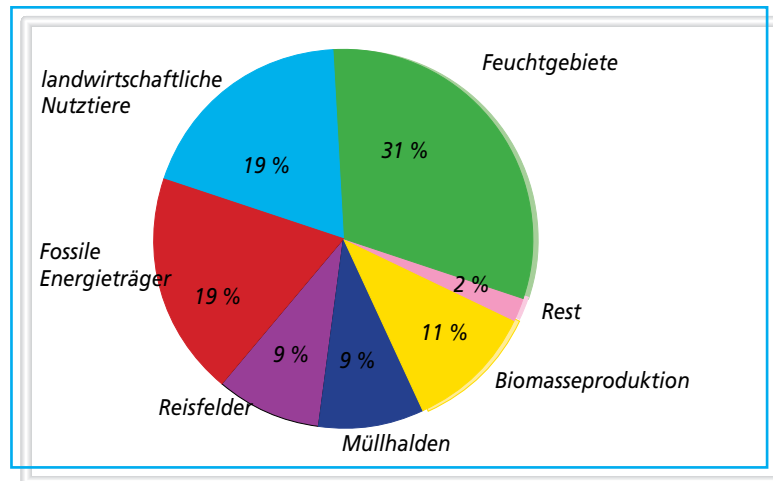


Abb. 2: Anteil der Quellen an der Methanemission auf der Erde (nach Daten von Houghton et al., 1996)

Die Protozoenpopulation im Pansen junger Kälber entwickelt sich im Verlauf der ersten Lebenswochen während der Saug- und Absetzphase. Von ausschlaggebender Bedeutung ist dabei die Ernährung.

Weniger Methan bei dezimierter Protozoenzahl

Uns interessiert die Frage, wie sich die Methanproduktion beim Kalb während der Herausbildung der Pansenfunktion beeinflussen lässt. Dazu untersuchten wir drei Punkte: den Zeitpunkt des Absetzens

des Kalbes von der Milch, die Gestaltung der Futterration sowie die Etablierung der Protozoenpopulation im Pansen. Die Versuche wurden mit männlichen Milchrind-Kälbern der Rasse Holstein Friesian durchgeführt.

Eine Gruppe von Kälbern bekam nur bis zur 6. Lebenswoche Milch (Festfuttergruppe), eine andere Gruppe bis zur 9. Woche (Milchgruppe). Von der 2. Lebenswoche an wurde beiden Tiergruppen zusätzlich eine Konzentrat-Heu-Mischung zur freien Aufnahme angeboten, bei der Festfuttergruppe im Verhältnis 80:20, bei der Milchgruppe im Verhältnis 95:5. In der fünften und in der neunten Lebenswoche analysierten wir bei Tieren aus beiden Gruppen den Pansensaft (Tab. 1).

Um die Wirkung der Protozoen im Pansen zu untersuchen, wurde in einem zweiten Versuch eine Tiergruppe protozoenfrei aufgezogen und die andere in der 5. Lebenswoche durch Pansensaftübertragung (100 ml/Tier) fauniert. In vitro-Inkubationen mit Pansensaft wurde die Bildung von Methan gemessen. Die Bestimmung der Protozoenpopulation erfolgte mittels Lichtmikroskopie. In einer Respirationkammer wurde die Methanbildung bei den Tieren in der 9. Lebenswoche registriert.

Protozoen konnten sich in den ersten 5 Lebenswochen nicht ansiedeln, da die Milchernährung zu einem niedrigen pH-Wert im Pansen der jungen Kälber führt. Dieses saure Milieu lässt eine Entwicklung



Der Pansen junger Rinder ist in den ersten Lebenswochen noch nicht von Protozoen besiedelt

der Protozoen nicht zu (Tab. 1). Eine verstärkte Heufütterung in den ersten 5 Lebenswochen des Kalbes stimulierte die mit Methanbildung einhergehende Pansenfermentation: Bei eingeschränkter Verabreichung von Heu war die pro Mol flüchtige Fettsäuren (FFS) gebildete Methanmenge in der 5. Woche um 35 % geringer als bei einer Fütterung mit höherem Heuangebot (Tab. 1). Mit fortschreitendem Lebensalter änderten sich jedoch die Verhältnisse: Bei den Tieren aus der Festfuttergruppe war die Methanbildung im Pansen in der 9. Lebenswoche signifikant um 24 % gehemmt. Dieses ist im Zusammenhang mit der reduzierten Protozoenzahl zu sehen.

Der Vergleich von faunierten und protozoenfreien Tieren zeigte, dass Protozoenzahl und Methanbildung positiv miteinander korreliert sind (Abb. 3). Steigende Protozoenzahlen führten insbesondere zu Beginn der Pansenentwicklung zu einer Erhöhung der Methanbildung. So war bei protozoenfreier Aufzucht die Methanbildung im Verdauungstrakt von 9 Wochen alten Kälbern um 30 % signifikant verringert; pro MJ umsetzbarer Energie bildeten diese Tiere 0,8 Liter weniger Methan als die faunierten Vergleichstiere (Tab. 2). Dabei blieb bei geringfügigem

Rückgang der Verdaulichkeit der Gehalt an umsetzbarer Energie pro kg Futtertrockensubstanz, also die vom Tier für Erhaltung und Wachstum unmittelbar nutzbare Energie, praktisch unverändert. Überträgt man diese Ergebnisse auf die Jungbullenmast, so würden bei einer täglichen Lebendmassezunahme von 1200 g bei einem Tier mit einer Lebendmasse von 375 kg rund 31 Liter Methan pro Tag weniger gebildet.

Tannine hemmen die Methanbildung

Kondensierte Tannine kommen in vielen Leguminosen vor und sind somit häufig Bestandteil des Futters von Wiederkäuern. Es gibt Anhaltspunkte für einen methanhemmenden Effekt von Tanninen

Tab. 1 Einfluss des Zeitpunktes des Absetzens und des Ernährungsregimes auf die Methanbildung im Pansen des Kalbes (Mittelwerte, n = 4)¹

Untersuchungszeitpunkt	5. Lebenswoche		9. Lebenswoche	
	Festfutter	Milch	Festfutter	Milch
pH	5,8	5,5	6,6	6,2
Protozoen (Zellen/ml PS) ²	0	0	3,5 x 104 ^a	3,4 x 105 ^b
Methan (µmol/10 ml PS)	204	180	274 ^a	293 ^b
Acetat (Mol%)	61	58	60	63
Methan : Gesamt FFS	0,17 ^a	0,11 ^b	0,16 ^a	0,21 ^b
ZH-Bilanz (%) ³	76	74	82 ^a	91 ^b

¹ ab Signifikante Unterschiede innerhalb einer Altersgruppe zwischen den Diäten (p < 0,05)

² PS = Pansensaft

³ ZH (Wasserstoff)-Bilanz (%) = $ZH_{\text{verbraucht}} \times 100 / ZH_{\text{gebildet}}$

Tab. 2 Methanbildung und Verdaulichkeit der Nährstoffe faunierter und protozoenfreier Kälber in der 9. Lebenswoche (Mittelwerte, n = 4)¹. Die Messungen erfolgten in der Respirationskammer.

Gruppe	Fauniert	Protozoenfrei
Methan		
l/d	42,8 ^a	30,0 ^b
l/kg TS-Aufnahme ²	25,7 ^a	18,0 ^b
l/kg verdauliche organische Substanz	44,2 ^a	32,0 ^b
% der verdaulichen Energie	9,9 ^a	7,3 ^b
l/MJ umsetzbare Energie	2,9 ^a	2,1 ^b
% der umsetzbaren Energie	11,4 ^a	8,2 ^b
Verdaulichkeit (%)		
Organische Substanz	63,3 ^a	61,4 ^b
Kohlenhydrate	65,5 ^a	63,0 ^b
Umsetzbare Energie (MJ/kg TS)	8,87	8,74

¹ ab Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (p < 0,05)

² TS = Trockensubstanz

im Pansen von Wiederkäuern. Deshalb inkubierten wir Pansensaft von Rindern (Holstein Friesian) im Labor mit der tanninhaltigen Futterleguminose Hornklee (*Lotus spp.*) und mit einem Tannin-Extrakt aus dem Quebracho Baum (*Schinopsis balansae*) (Abb. 4). Ebenfalls untersuchten wir, wie sich eine 5 %ige Zulage von Quebracho-Tanninen in der Ration der Pansensaft-Spendertiere auf den mikrobiellen Stoffwechsel auswirkt. Dabei konnte erstmals nachgewiesen werden, dass kondensierte Tannine die Methanbildung spezifisch und dosisabhängig hemmen (Abb. 5). Dieser Effekt war auch nach längerer Fütterungsdauer noch nachweisbar.



Abb. 4: Tanninhaltige Pflanzen: Quebracho-Baum und Hornklee

Abb. 3: Ausschließlich durch Protozoen verursachte Methanbildung im Pansen von Kälbern (5.–10. Lebenswoche)

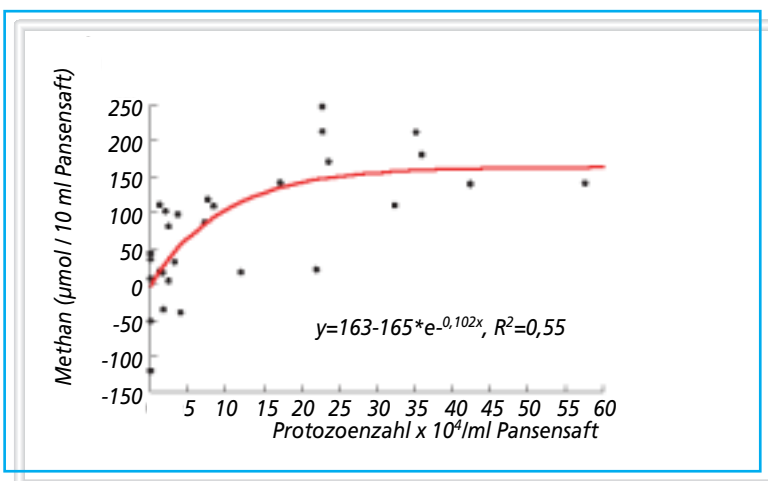
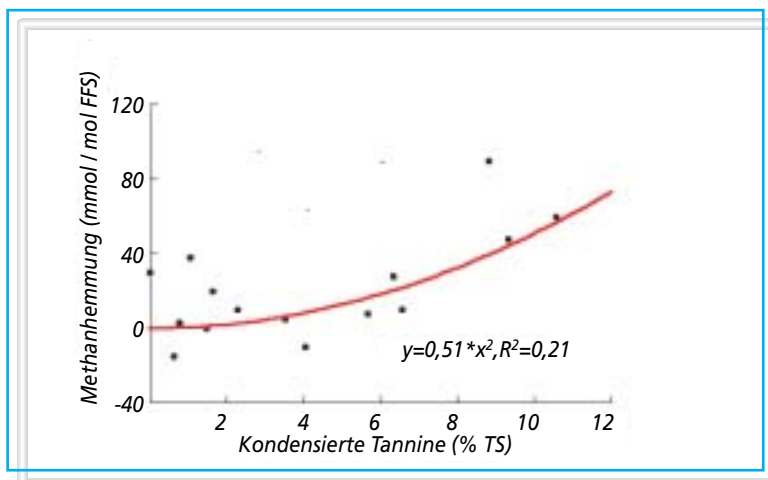


Abb. 5: Kondensierte Tannine im Futter hemmen spezifisch die Methanbildung der Pansenfermentation (Methanhemmung pro Einheit gebildeter flüchtige Fettsäuren (FFS), welche dem Tier als Energiequelle dienen).



Die Fütterung des Quebracho-Tannin-extraktes führte gleichzeitig zu einer signifikanten Dezimierung der Protozoen im Pansen. Auch aufgrund der symbiotischen Beziehungen zwischen Protozoen und Methanbakterien kann auf eine Hemmung der Methan-Bildung durch Tannine geschlossen werden.

Weitere Herausforderungen

Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass durch die Hemmung der Protozoenzahl bzw. deren Eliminierung im Pansen die Methanbildung signifikant abnimmt, gleichzeitig aber die Wasserstoffbilanz vermindert ist. Unklar ist, wie der aus der verringerten Methanbildung resultierende überschüssige Wasserstoff verwertet wird. Es bleibt zu klären, inwieweit eine Stimulierung der reduktiven Essigsäurebildung unter diesen Bedingungen möglich ist. Auch die komplexe Wirkung der Tannine auf das Fermentationsgeschehen ist weiter zu erforschen.



Dr. Ulrike Schönhusen, Dr. Dorit Fiedler, Dr. habil. Jürgen Voigt, Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, FB Ernährungsphysiologie „Oskar Kellner“, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, E-mail: schoehu@fbn-dummerstorf.de