

Zur Bewertung des Methan-Reduzierungspotenzials von Futtermitteln und –zusatzstoffen im Pansen

P. Lebzien und G. Flachowsky

Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit Braunschweig

Einleitung

Im Jahre 1884 hat erstmals Tappeiners in der Zeitschrift für Biologie auf die Methanbildung unter anaeroben Verhältnissen hingewiesen (zitiert nach Kellner 1905). Kellner (1905) und andere Klassiker der Tierernährung (z.B. Fingerling, Kühn, Zuntz) beklagten bereits vor mehr als 100 Jahren die Methanverluste im Pansen, die sie mit $\approx 10\%$ der nutzbaren Energie bezifferten. Zu diesen Klagen vergangener Jahre über Energieverluste gesellte sich in den letzten Jahren die Diskussion über die klimarelevante Wirkung des Methans (CH_4 ; etwa 23 x so hoch wie CO_2 ; IPCC 2006). Methan entsteht als unvermeidbares Nebenprodukt der mikrobiellen Umsetzungen vor allem im Verdauungstrakt der Wiederkäuer (Abb. 1). Im Mittel werden etwa 6-8 % der aufgenommenen Bruttoenergie als Methan abgegeben, im Extremfall können es 2-15 % sein (s. Tab. 1). Bei Nichtwiederkäuern sind diese Mengen deutlich geringer. Bezogen auf die verzehrte Futtertrockensubstanz werden bei Wiederkäuern im Mittel 20-25 g $\text{CH}_4/\text{kg T}$ ausgeschieden (Tab. 1).

Tabelle 1: Methanausscheidungen verschiedener Tierarten (Literaturlauswertung)

	Methanausscheidung in % der Mittelwerte und (<i>Variationsbreite</i>)	g/kg T-Aufnahme Bruttoenergieaufnahme
Wiederkäuer	6 bis 8 (2 bis 15)	20 bis 25 (10 bis 40)
Pferde	2 bis 3 (1 bis 5)	6 bis 8 (2 bis 12)
Schweine ¹⁾	0,5 (0 bis 2)	2 bis 3 (0 bis 8)

¹⁾ Höchste Werte bei gütigen Sauen, geringste Werte bei Ferkeln

Über die Quellen und Wege der Methanbildung sowie Faktoren, die diese beeinflussen, wurde bereits wiederholt berichtet (z.B. Rouviere und Wolfe 1988, van Soest 1994), so dass an dieser Stelle nicht darauf eingegangen werden soll.

Methan stellt, wie bereits erwähnt, nicht nur einen Energieverlust für die Nutztiere und somit auch einen ökonomischen Verlust für den Tierhalter dar, sondern hat wegen seines hohen Treibhauspotenzials auch erhebliche Klimarelevanz. Diese Bedeutung beruht auf der Verminderung der Leitfähigkeit der Atmosphäre und damit der geringeren Möglichkeit zur Wärmeabstrahlung. Global wird jährlich mit einem Methanfall von ≈ 260 Mio. t (≈ 6 Mrd. t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$) kalkuliert, von denen ≈ 86 Mio. t/Jahr (33 %) den mikrobiellen Umsetzungen in den Verdauungsräumen der Tiere und dabei vor allem der Wiederkäuer zugeschrieben werden (Steinfeld et al. 2006). Insgesamt werden die weltweit anfallenden $\text{CO}_{2\text{Äq}}$ -Mengen mit 41,4 Mrd. t angegeben, von denen 13,4 Mrd. t (32 %) auf die Landwirtschaft bzw. 3,1 Mrd. t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$ auf Methan aus der Landwirtschaft entfallen sollen (Isermeyer et al. 2008). Andererseits haben die Wiederkäuer weltweit sowohl als Nahrungslieferanten, als auch als Zug- und Tragetiere, als Lieferanten von Bekleidungsrohstoffen sowie für viele andere Funktionen und als Nutzer von vegetativen Pflanzenbestandteilen (überwiegend β -gluc. gebundene Kohlenhydrate und somit keine Nahrungskonkurrenz zum Menschen und zum Nichtwiederkäuer) eine herausragende Bedeutung (s. Potenziale in Abb. 1). Unter Berücksichtigung dieser Situation sollten die Vorteile des Wiederkäuers und seiner Vormagenfermentation maximal genutzt und die Grenzen/Nachteile minimiert werden. Für die Forschung resultiert daraus vor allem die Frage nach einer nachhaltigen Verminderung der Methanemission aus dem Pansen.

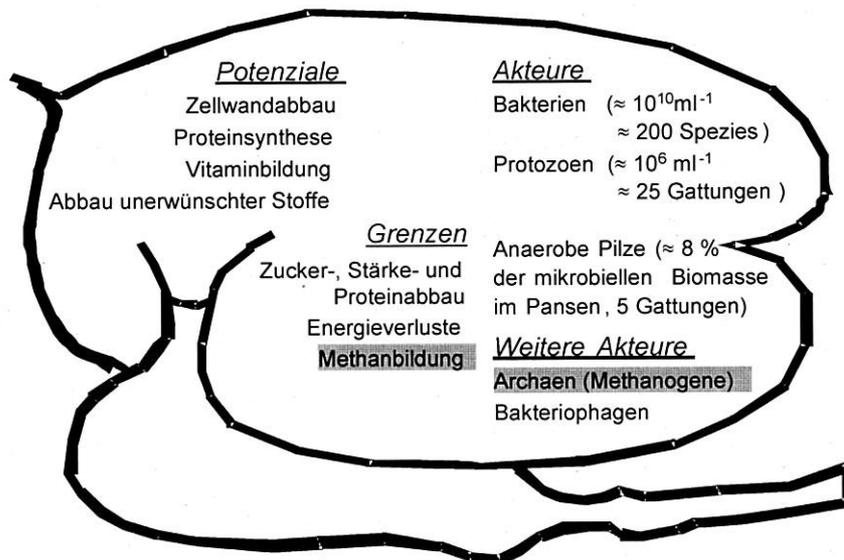


Abbildung 1: Potenziale, Grenzen und ausgewählte Akteure im Pansen

Methan-Reduzierungspotenziale

Die Fachdisziplin Tierernährung verfügt über ein umfangreiches Instrumentarium zur Reduzierung des Methananfalls bei Wiederkäuern, über das kürzlich wiederholt berichtet wurde (z.B. Flachowsky und Brade 2007, Flachowsky und Lebzien 2007, Jouany 2008, Kebrab et al. 2006, Kreuzer und Soliva 2008, Soliva 2008).

Tabelle 2: Ausgewählte Fütterungsmaßnahmen zur Reduzierung der Methanbildung

Maßnahme	Bedeutung für Mitteleuropa	Einschätzung des Forschungsbedarfes
Kraftfutterreiche (zellwandarme, stärkereiche) Rationsgestaltung	Weitgehend ausgeschöpft	~
Einsatz von Futterfetten bzw. Fettsäuren bzw. Ölsaaten	Weitgehend ausgeschöpft	(↑)
Einsatz von Futterzusatzstoffen		
• Halogenverbindungen	In EU nicht erlaubt	~
• Ionophore (z.B. Monensin)	In EU nicht erlaubt	↑
• Einsatz wasserstoff-bindender Substanzen mit Energielieferung für Wiederkäuer (z.B. Fumarsäure, Acrylsäure)	z.Z. keine Bedeutung	↑↑
• Einsatz von phytoenen Zusatzstoffen bzw. Futterpflanzen mit diesen Substanzen (z.B. Tannine, Saponine)	z.Z. keine Bedeutung	↑↑
• Weitere Zusatzstoffe, wie Hefen, Enzyme u.a.	z.Z. keine Bedeutung	↑

↑↑ hoher Forschungsbedarf, ↑ Forschungsbedarf (↑) geringer Forschungsbedarf ~ kein Forschungsbedarf

Möglichkeiten zur Bewertung des CH₄-Reduzierungspotenzials

Die eingangs erwähnten Fakten haben weltweit zu umfangreichen Forschungen zur Reduzierung der Methanemissionen geführt. Dabei stehen Futtermittelzusatzstoffe im Focus der Betrachtungen. Beispielsweise wurde kürzlich eine spanisch-britische Studie publiziert (Bodas et al. 2008), in der die Autoren 450 Pflanzen in getrockneter Form bezüglich ihrer antimethanogenen Wirkung in vitro testeten. Dabei zeigte sich, dass 35 Pflanzen die Methanbildung um > 15 % und 6 Pflanzen um > 25 % mit keinen nachteiligen Effekten auf die Verdaulichkeit und die Bildung an flüchtigen Fettsäuren reduzierten (Abb. 2).

Auch bei anderen Substanzen (s. Tab. 2) wurden vor allem in vitro-Studien zur Bewertung des CH₄-Reduzierungspotenzials herangezogen. Besonders wirksam zeigten sich dabei Halogenderivate, wie z.B. CHCl₃, aber auch CH₂Cl₂, CCl₄, CH₂BrCl sowie ein Halbacetal aus Chloral und Stärke (Trei und Olson 1969, Trei und Scott 1971). Mit diesen Verbindungen ist eine völlige Hemmung der Methanbildung möglich (Trei und Olsen 1969, Trei und Scott 1971). Dabei werden jedoch auch andere Prozesse im Pansen beeinflusst. Außerdem sind Minderleistungen bei den Tieren zu erwarten, vor allem verursacht durch Verzehrsdepressionen (Chalupa 1977, Trei und Scott 1971). Vergleichende Studien von Moss und Givens (1997) zeigten nur einen losen Zusammenhang zwischen der Methanbildung in vitro und in vivo (Abb. 3). Diese Feststellung trifft auch auf die Bewertung der methanhemmenden Wirkung von Fumarsäure als Wasserstoffakzeptor bzw. Propionatvorstufe auf der Basis von in vitro bzw. in vivo Versuchen zu (Abb. 4).

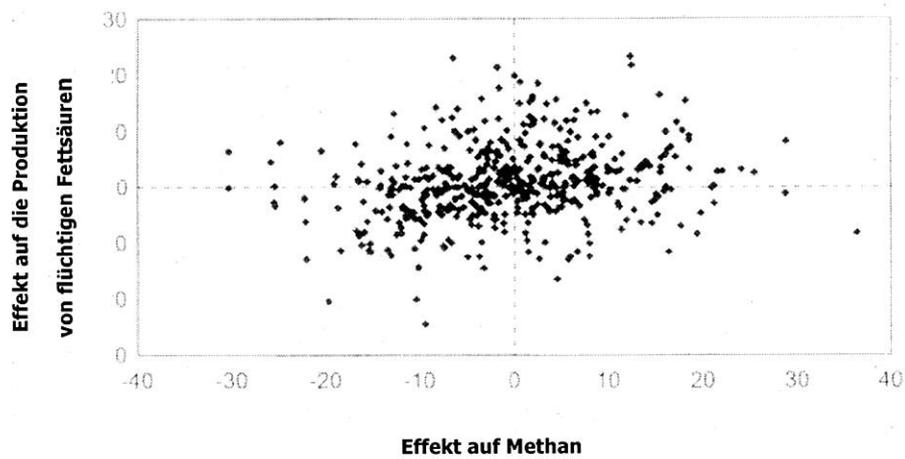


Abbildung 2: Relative Veränderungen (Erhöhung bzw. Verminderung in % der Kontrollgruppe) in der Methanproduktion ($\mu\text{mol/g T}$) und Produktion an flüchtigen Fettsäuren (mmol/g T) nach 24 h Inkubation nach Zusatz von Pflanzenproben oder Extrakten (Bodas et al. 2008)

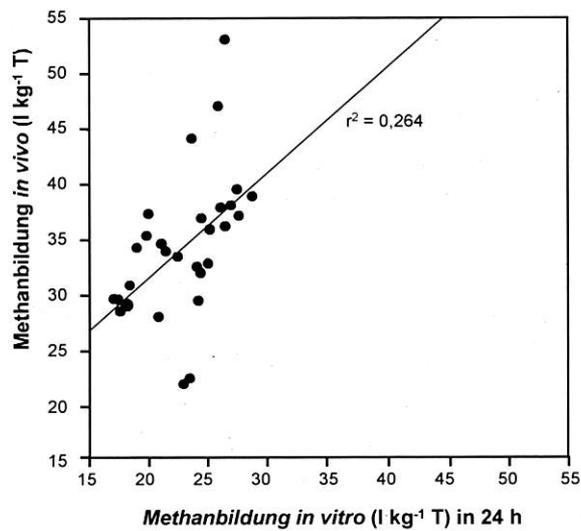


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Methanbildung in vivo und in vitro bei unterschiedlichen Rationen (Moss und Givens 1997)

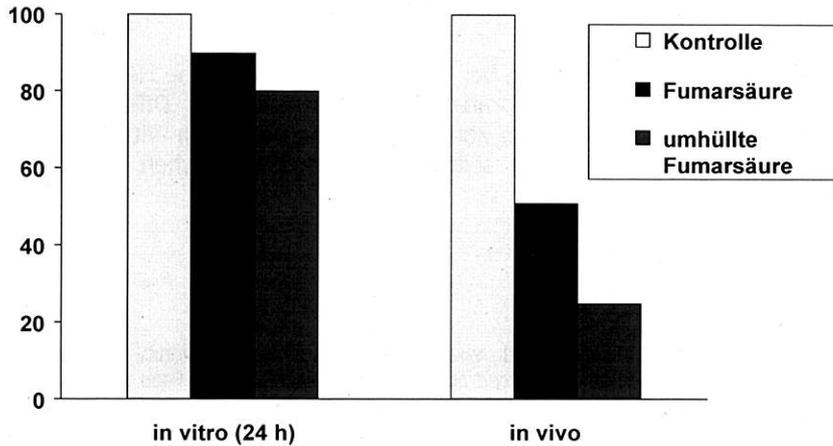


Abbildung 4: Einfluss von Fumarsäure und umhüllter Fumarsäure auf die Methanbildung in vitro und in vivo (Kontrolle = 100 % nach Wallace et al. 2006)

Bewertung des Reduzierungspotenzials

Die erwähnten Beispiele demonstrieren die Notwendigkeit von Versuchen an Wiederkäuern zur Bewertung der Wirkungen der Methaninhibitoren. Experimente an den Zieltierarten sind jedoch gegenwärtig nur in begrenzter Zahl verfügbar. Langzeitstudien, die auch evtl. Adaptationseffekte zeigen, existieren kaum. Die Empfehlungen zur Nutzung verschiedener Substanzen resultieren meist aus in vitro Studien. Aus diesen Gründen ist ein mehrstufiges Herangehen zur Bewertung des CH₄-Reduzierungspotenzials erforderlich. So sollten in vitro Studien für ein Screening und den Vergleich verschiedener Substanzgruppen der Ausgangspunkt der Bewertung sein. Zur Verifizierung der Befunde sind Tierexperimente erforderlich, da hierbei u.a. die Akzeptanz durch die Tiere, eventuelle negative Wirkungen auf Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Gesundheit der Tiere sowie eine mögliche Adaptation der Pansenmikroben an den Zusatzstoff erfasst werden können.

Zu einer komplexen Bewertung der Methan-Reduzierungspotenziale von Fütterungsmaßnahmen bzw. Futtermittelzusatzstoffen schlagen wir deshalb folgendes Drei-Stufen-Programm vor:

1. Testung des Methanreduzierungspotenzials in-vitro (eventuell verschiedene Rationsgestaltungen; geeignet für ein erstes Screening einer Vielzahl von Substanzen).
2. Prüfung der Wirkung geeigneter Substanzen im Vergleich zu unsupplementierter Kontrollgruppe an den Zieltierarten (Kurzzeitstudien; Einfluss auf Futteraufnahme, Messung der Methanbildung, Einfluss auf Umsetzungen im Pansen und andere)
3. Langzeitstudien (über gesamte Laktationsperiode oder gesamte Mastdauer) mit Substanzen, die in Prüfungsstufe 2 erfolgreich waren, an den Zieltierarten im Vergleich zu unsupplementierten Kontrolltieren (Einfluss auf Methanbildung und Umsetzungen im Pansen im Versuchsverlauf, Erkennen von Gewöhnungseffekten, Einfluss auf Leistungshöhe, Tiergesundheit und Produktqualität sowie Verhalten des Zusatzstoffes in der Umwelt).

Schlussfolgerungen

Untersuchungen zur Reduzierung der Methanemission bei Wiederkäuern stellen eine Herausforderung für die Tierernährung dar. Zur Vermeidung von „Vorab-Schlussfolgerungen“ für Öffentlichkeit und Praxis sind Langzeitversuche mit den Zieltierarten/-kategorien erforderlich. In vitro-Studien als Screening und Kurzzeittests (Futteraufnahme u.a.) sollten den Langzeitversuchen vorgeschaltet werden.

Literatur

- Bodas R, Lopez S, Fernandez M, Garcia-Gonzales R., Rodriguez A.B., Wallace R.J. and Gonzales J.S. (2008): In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 145, 245-258.
- Chalupa W. (1977): Manipulating rumen fermentation, *J. Anim. Sci.* 46, 585-599
- Flachowsky G. und Brade W. (2007): Potenziale Zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskd.* 79, 417-465.
- Flachowsky G. und Lebzien P. (2007): Lebensmittel liefernde Tiere und Treibhausgase – Möglichkeiten der Tierernährung zur Emissionsminderung. *Übersicht. Tierern.* 35, 191-231.
- Isermeyer F., Otte A., Christen O., Froberg K., Hartung J., Kirschke D., Schmitz M. und Sundrum A. (2008): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik, Gutachten, Berichte über Landwirtschaft, SH 116, 198 S.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4, Agriculture, Forestry and other Land use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006/gl/vol4.htm>.
- Jouany J.-P. (2008): Enteric methane production by ruminants and its control. In: *Gut efficiency; the key ingredient in ruminant*. Ed. by A. Andrieu D. Wilde, Wageningen Academic Publ., 35-59.
- Kellner O. (1905): Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, Verlag Paul Parey, Berlin, 638 S.
- Kebreab E., Clark K., Wagner-Riddle C. and France J. (2006): Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture. A review: *Can. J. Anim. Sci.* 86, 135-158.
- Kreuzer M. and Soliva C.R. (2008): Nutrition: Key to methane mitigation in ruminants. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 168-171.
- Moss A.R. and Givens, D.I. (1997): Methane production from a range of feedstuffs as determined in vitro using the cumulative gas production technique and compared with that measured in vivo, *Proc. Of the Brit. Soc. Of Anim. Sci.*, 194 (Abstr.).
- Rouviere P.E. and Wolfe R.S. (1988): Novel biochemistry of methanogenesis. *J. Biol. Chem.* 263, 7913-7916.
- Soliva C.R. (2008): Chancen und Grenzen einer fütterungsinduzierten Methansenkung beim Wiederkäuer in der Schweiz, Schriftenreihe ETH-Zürich, Tagungsbericht, 06. Mai 2008, 65-73.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., and de Haan C. (2006): *Livestock's long shadow. Environmental issues and options.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom. http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/AO701E00.pdf
- Trei J.E. and Olson W.A. (1969): Effect of Chlorine containing analogues of methane on rumen fermentation. *J. Anim. Sci.*, 29, 173 (Abstr.).
- Trei J.E. and Scott G.C. (1971): Performance of steers on the methane inhibitor-HCS. *J. Anim. Sci.* 33, 301 (Abstr.)
- Van Soest P. (1994): *Nutritional ecology of the ruminant.* Cornell Univ. Press, 476
- Wallace R.J., Wood T.A., Rowe A., Price J., Yanez D.R., Williams S.P., Newbold C.J. (2006): Encapsulated fumaric acid as a means of decreasing ruminal methane emissions, *Intern. Congress Series* 1293, 148-151.

Autorenanschrift

Dr. Peter Lebzien
 Institut für Tierernährung
 Friedrich-Loeffler-Institut (FLI)
 Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
 Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
 e-mail: peter.lebzien@fli.bund.de