



# **Lebensmittel liefernde Tiere und Treibhausgase!**

## **Welchen Beitrag kann die Tierernährung leisten, um die Mengen zu reduzieren?**

Christian Koch, LVAV Hofgut Neumühle und Dr. Dieter Reinecke,  
DLR Westpfalz

**Bei der Produktion von Lebensmittel liefernden Tieren werden Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>) je nach Tierart in unterschiedlichen Mengen gebildet. Bei Umsetzungen der Ausscheidungen (Exkrementen) der Tiere kann u. a. Lachgas (N<sub>2</sub>O) entstehen. Alle drei beschriebenen Gase wirken in unterschiedlicher Weise als Treibhausgas. Die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung entspricht annähernd der durch die Photosynthese gebundenen CO<sub>2</sub>-Menge. Folglich sind die vorrangig zu betrachtenden treibhausrelevanten Gase: Methan und Lachgas. Welchen Beitrag kann die Tierernährung zur Reduktion der beschriebenen Gase leisten?**

Aufgrund der kontinuierlich steigenden Weltbevölkerung kann mit einer steigenden Nachfrage nach Lebensmitteln in den nächsten Jahren gerechnet werden. Schätzungen der FAO (Steinfeld et al. 2006) zur Folge wird die Weltbevölkerung von ca. derzeit 6,5 Mrd. auf 9 Mrd. im Jahre 2050 ansteigen. Betrachtet man das Milch- sowie Fleischaufkommen, so soll sich dieses im gleichen Zeitraum verdoppeln. Legt man das derzeitige Ernährungsniveau zugrunde so sind im Jahre 2050 demnach Lebensmittel für ca. 13 Mrd. Menschen bereitzustellen. Gründe für die beschriebene Entwicklung sind neben dem Anstieg der Weltbevölkerung vor allem in der steigenden Einkommenssituation in Entwicklungsländern zu sehen. Eine solche Veränderung der Einkommen mündet sodann in einem veränderten Konsumverhalten, d. h. der Verzehr von Lebensmittel liefernden Tieren wird ansteigen. Eine solche Entwicklung muss einen effektiven Ressourceneinsatz (u. a. Fläche, Wasser, Dünger, fossile Brennstoffe) induzieren. Weiterhin erfordert dies auch Maßnahmen in der Reduzierung der Ausscheidungen und zu einer ökologisch vertretbaren Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft.

Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas besitzen alle einen treibhausrelevanten Einfluss. Die drei Gase besitzen jedoch ein unterschiedliches so genanntes Treibhauspotential, d. h. sie tragen in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt bei (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Umweltwirkungen von Ausscheidungen aus der Tierproduktion

	<b>Global</b> (Treibhauspotential) <sup>1)</sup>
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	296 CO <sub>2</sub> e
Methan (CH <sub>4</sub> )	23 CO <sub>2</sub> e

<sup>1)</sup> Angabe in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e);  
Quelle: Flachowsky u. Lebzien (2008)

Hierbei gilt zu erwähnen, dass Methan und Lachgas ein deutlich höheres Potential als Treibhausgas aufweisen als Kohlenstoffdioxid.

Durch Photosynthese wird Kohlenstoffdioxid gebunden. Die bei Verfütterung der landwirtschaftlichen Primärprodukte freiwerdenden CO<sub>2</sub>-Mengen sind stets so groß wie die durch Photosynthese gebundenen. Kohlenstoffdioxid ist in dieser Beziehung als "emissionsneutral" zu betrachten. Dies ist nicht der Fall für Energieträger, welche als Treibstoffe eingesetzt werden, ebenso für die Energiemengen, die zur Produktion von Mineraldüngern, Pflanzenschutzmitteln oder anderen Produktionsmitteln aufgewendet werden. Aus den beschriebenen Gründen wird im Folgenden ausschließlich auf Methan und Lachgas eingegangen.

### **Methan**

Methan ist ein für Menschen, Tiere und Pflanzen ungiftiges, farb- und geruchloses Gas. Unter bestimmten Bedingungen (anaerobe Verhältnisse, Vorhandensein entsprechender Nährstoffe) wird dieses Gas bei mikrobiellen Umsetzungen, u. a. in Sümpfen, Reisfeldern, Biogasanlagen und im Verdauungstrakt – besonders bei Wiederkäuern, aber auch bei Nichtwiederkäuern, jedoch in geringerem Umfang – gebildet. Nach einer FAO-Schätzung (Steinfeld et al., 2006) sollen jährlich etwa 260 Mio. Tonnen Methan anfallen. Hiervon können circa 86 Mio. Tonnen (33 %) auf mikrobielle Umsetzungen in Verdauungsräumen von Wiederkäuern zurückgeführt werden. Eine weitere CH<sub>4</sub>-Quelle stellt die Handhabung der Ausscheidungen (Exkrememente)

dar, z. B. werden bei anaerober Lagerung (z. B. Gülle) höhere CH<sub>4</sub>-Mengen gebildet als bei Weidehaltung der Tiere.

### **Entstehung von Methan im Verdauungstrakt**

Der größte Teil des im Verdauungstrakt gebildeten Methans ist auf die mikrobiellen Umsetzungen im Vormagensystem von Wiederkäuern zurückzuführen. Wobei in anderen Verdauungsräumen mit mikrobieller Besiedelung (z. B. Dickdarm) ebenfalls Methan entsteht. Methan entsteht als weitgehend unvermeidbares Nebenprodukt beim mikrobiellen Kohlenhydrat-Abbau unter anaeroben Bedingungen. Schätzungen zum Pansenvolumen ergeben etwa 150 Mio. m<sup>3</sup> für die auf der Erde lebenden Wiederkäuer, was einen gewaltigen mikrobiellen Verdauungsraum und somit Potential für die CH<sub>4</sub>-Bildung darstellt. Aus der mikrobiellen Fermentation von Kohlenhydraten entstehen neben flüchtigen Fettsäuren (v. a. Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure) auch größere Mengen an Wasserstoff (H<sub>2</sub>), die durch methanbildende Mikroorganismen an CO<sub>2</sub> angelagert werden. Methan kann darüber hinaus aus verschiedenen Substraten entstehen, wobei der Bildung aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid die größte Bedeutung beizumessen ist. Diese aus anderen Substraten beschriebene Bildung hängt von Rahmenbedingungen wie z. B. dem pH-Wert im Pansen und dem Vorhandensein methanbildender Mikroorganismen ab. Die Bildung von Methan aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid ist energieaufwendig und noch nicht vollständig verstanden. Der Brennwert von Methan beträgt ca. 55 kJ/g. Nach Schätzungen kann die CH<sub>4</sub>-Ausscheidung, je nach Rationsgestaltung, beim Wiederkäuer im Extremfall zwischen 2 und 15 % der aufgenommenen Bruttoenergie variieren. Als realistisch zu betrachten sind hierbei im Mittel 6 – 8 % der aufgenommenen Bruttoenergie. Methan stellt nicht nur ein Treibhausgas mit beachtlichem Treibhauspotential dar, sondern bedeutet darüber hinaus einen erheblichen Energieverlust für den Wiederkäuer. Zwischen den einzelnen Wiederkäuerten/-kategorien werden je nach Tierart, Futteraufnahme, Leistung, Rationsgestaltung und anderen Einflussfaktoren unterschiedliche CH<sub>4</sub>-Mengen ausgeschieden.

Welchen Beitrag kann die Tierernährung zu einer Reduktion von Methan leisten?

Die Tierernährung kann in gewissem Maße einen Beitrag zur Senkung der CH<sub>4</sub>-Bildung leisten. Eine vollständige Unterbindung ist jedoch nicht möglich, weil dadurch eine

Beeinflussung der Umsetzungen im Pansen und Störungen im Pansenstoffwechsel zu erwarten sind.

Einige Nährstoffe (z. B. Kohlenhydrate, Fette) oder auch Futterzusatzstoffe können die  $\text{CH}_4$ -Bildung in unterschiedlichem Umfang beeinflussen.

### **Kohlenhydrate**

Methan wird überwiegend aus Kohlenhydraten gebildet, somit kann dem ruminalen Kohlenhydrat-Abbau bezüglich einer Reduktion Bedeutung beigemessen werden. Beim ruminalen Kohlenhydrat-Abbau entstehen vor allem Essig- und Propionsäure. Die Bildung von Essigsäure ist mit höheren Energieverlusten verbunden als die Bildung von Propionsäure. Essigsäure wird hauptsächlich aus zellwandreichem Grobfutter (Zellulose, Hemizellulose) gebildet. Propionsäure hingegen wird vorwiegend aus Nährstoffen wie Zucker und Stärke gebildet. Da bei der Methan-Produktion sowie bei der Propionsäure-Bildung Wasserstoff gebunden wird, entsteht im Pansen weniger Methan, wenn größere Mengen an Propionsäure anfallen. Hieraus kann abgeleitet werden, dass alle Nährstoffe, aus denen vorwiegend Propionsäure gebildet wird eine geringere  $\text{CH}_4$ -Bildung zur Folge haben, als Nährstoffe, bei denen im Rahmen der mikrobiellen Fermentation vor allem Essigsäure entsteht.

### **Fette**

Untersuchungen zeigen, dass unterschiedliche Fettquellen einen stark variierenden Einfluss auf die Methan-Bildung im Pansen von Wiederkäuern ausüben. Bei gleicher Energieaufnahme vermindert Fett die Menge an fermentierbarem Substrat im Pansen. Andererseits können ungesättigte Fettsäuren als Wasserstoff-Senker dienen. Weitere Untersuchungen zeigen, dass stärker ungesättigte Öle (z. B. Kokosnuss-, Sonnenblumen- und Leinsamenöl) einen hemmenden Einfluss auf die  $\text{CH}_4$ -Bildung ausüben. Ungesättigte Fettsäuren besitzen einen hemmenden, teilweise toxischen Effekt auf die Pansen-Protozoen bzw. deren metabolisches Potential. Des Weiteren wird bei der Verfütterung von ungeschützten Fetten die Zellwandverdaulichkeit vermindert, folglich wird weniger Essigsäure gebildet und somit weniger Methan. Fette haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die  $\text{CH}_4$ -Bildung. Zu erwähnen gilt, dass hohe Fettmengen pro Kuh und Tag zu Störungen der Pansenprozesse führen können.

## **Lachgas**

Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) trägt mit einem etwa 300mal höheren Treibhauspotential als das von Kohlenstoffdioxid mit etwa 4 % zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Lachgas passiert ohne chemische Veränderung die Troposphäre und dringt in die Stratosphäre ein, wo es durch Strahlung zerstört wird. Hierbei kommt es durch das Zerfallprodukt Stickstoffmonoxid (NO) zu einem Ozonabbau. Hohe  $\text{N}_2\text{O}$ -Einträge in die Atmosphäre schwächen somit die Filterwirkung der Ozonschicht für kurzwellige UV-Strahlung. Da Lachgas eine sehr hohe Verweildauer in der Troposphäre von 120 Jahren besitzt, kann davon ausgegangen werden, dass bereits kleine Konzentrationserhöhungen zu langfristigen Veränderungen in der Bilanz und Qualität des Strahlungshaushaltes der Erde führen werden. Etwa 90 % des in die Atmosphäre gelangenden Lachgases werden in Böden bei der mikrobiellen Umsetzung von Nitrat und Ammonium gebildet. In landwirtschaftlich genutzten Böden ist in Abhängigkeit von der N-Zufuhr durch die Düngung eine erhöhte  $\text{N}_2\text{O}$ -Bildung zu erwarten. Schätzungen (DE KLEIN u. ECKARD, 2007) gehen davon aus, dass die aus Tierexkrementen stammende  $\text{N}_2\text{O}$ -Menge zu etwa 50 % an der globalen  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission aus der Landwirtschaft beiträgt. Wie viel Lachgas bei der Ausbringung N-haltiger Dünger (auch bei weidenden Rindern) gebildet wird, hängt von verschiedenen Umwelt- und Managementbedingungen ab, wie z. B. von der Bodenart, dem Wassergehalt des Bodens, der Temperatur, der Art und Menge der verabreichten N-haltigen Dünger u. a. Faktoren. Eine enge Beziehung besteht zwischen der N- und dabei vor allem zwischen der Harnstoffausscheidung der Tiere und der potentiellen  $\text{N}_2\text{O}$ -Bildung. Bei Anwesenheit des Enzyms Urease wird Harnstoff in Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) gespalten. Ammoniak bildet dann die Ausgangssubstanz für die mikrobielle  $\text{N}_2\text{O}$ -Bildung.

## **Effizientere N-Verwertung**

Lebensmittel liefernde Tiere scheiden weder Lachgas noch andere umweltrelevante N-Verbindungen aus. Wesentliche Maßnahmen zur Reduzierung negativer Wirkungen von N-Verbindungen sind in der Senkung der gesamten N-Ausscheidungen und die Schaffung optimaler Bedingungen beim Exkrementmanagement, wodurch die Bildung entsprechender Verbindungen (z. B.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) verringert wird, zu sehen.

Neben einer hohen Milchleistung können ein möglichst geringes Erstkalbealter und eine lange Nutzungsdauer von Kühen zu einer effizienten Nutzung des Futterproteins und zu einer Senkung der N-Ausscheidung/kg Milchprotein beitragen. Ein weiterer Aspekt ist in einer bedarfsdeckenden angepassten Rationszusammensetzung zu sehen. Den Proteinbedarf von

Wiederkäuern zu decken beinhaltet zum einen den N- und Energiebedarf der Pansenmikroorganismen und zum anderen den Protein-/Aminosäurebedarf der Tiere zu decken. Eine erhöhte RNB (ruminale Stickstoff-Bilanz) führt somit zu einer vor allem über den Harn erhöhten N-Ausscheidung. Ziel muss es sein, die Rationen den Leistungen so anzupassen, dass eine möglichst effiziente N-Verwertung zustande kommt.

### **Fazit**

Die Potentiale seitens der Tierernährung in Hinblick auf eine Minderung der CH<sub>4</sub>-Emissionen sind durchaus vorhanden. Im Pansen der Wiederkäuer, als wichtigstem mikrobiellen Verdauungsraum, erfolgt die bedeutsamste CH<sub>4</sub>-Bildung. Es darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass sich das mikrobiologische System Pansen über Jahrtausende optimiert hat und dass einseitige Eingriffe meist Nebenwirkungen zur Folge haben. Wiederkäuer besitzen auch Vorteile, durch ihre Nutzung von zellwandreichen Futtermitteln, welche global betrachtet, in gewaltigen Mengen zur Verfügung stehen. Die Tierernährung kann aus Sicht der Wissenschaft folgende Beiträge zu einer Reduktion der Methan-Bildung liefern:

- Erhöhung der tierischen Leistung und damit eine Reduktion der Anzahl der Wiederkäuer
- Fütterung zellwandarmer und stärkereicher Rationen, wobei allerdings die wiederkäuergerechte Rationsgestaltung unbedingt zu berücksichtigen ist
- Anstreben einer geringen Essigsäure- und hohen Propionsäurebildung
- Einsatz verschiedener Fettquellen mit gewissem Reduzierungspotential methanbildender Mikroorganismen
- Einsatz von Grobfuttermitteln mit schnell abbaubaren Zellwandbestandteilen

Um eine nachhaltige Reduktion der Methan-Bildung zu gewährleisten besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Um die Menge an Lachgas zu reduzieren, kommen eine hohe Milchleistung, ein möglichst geringes Erstkalbealter und eine lange Nutzungsdauer in Betracht. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist in einer effizienteren Nutzung des Futterproteins (Stickstoff), d. h. eine Senkung der N-Ausscheidungen, begründet. Die Wissenschaft fordert folgende Maßnahmen:

- N-Gehalt der Ration sollte an den N-Bedarf der Tiere angepasst sein
- Kontinuierliche Versorgung der Mikroorganismen mit Energie und Stickstoff, um maximale mikrobielle Proteinsynthese zu erzielen

- Optimale Pansenverhältnisse (pH > 6, ausgeglichene RNB)
- Wissenschaftliche Untersuchungen zum Stoffwechsel der Aminosäuren

Die Tierernährung befasst sich mit dem beschriebenen, sehr komplexen Thema der treibhausrelevanten Gase aus der Tierproduktion. Hierbei besteht noch erheblicher Forschungsbedarf und die Potentiale sollten nicht überbewertet werden.

*Der vorliegende Beitrag bezieht sich auf die beiden sehr umfassenden Arbeiten von FLACHOWSKY und BRADE (2007) und FLACHOWSKY und LEBZIEN (2007).*

Kontakt:

Dipl.-Ing.agr. Christian Koch

Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung

Hofgut Neumühle, 67728 Münchweiler an der Alsenz

Tel.: 06302/60343

e-mail: c.koch@neumuehle.bv-pfalz.de