

Milchviehfütterung:

Wie kann man gezielt gegen Methanemissionen vorgehen?

Michael Kreuzer, ETH Zürich (michael.kreuzer@usys.ethz.ch)

1) Einleitung: Wie entsteht das Methan in der Kuh?

Alle Pflanzenfresser besitzen Mikroorganismen im Verdauungstrakt, die ihre Verdauung, insbesondere die der Faser, unterstützen. Beim Faserabbau durch die Mikroorganismen entsteht freier Wasserstoff, der zur Energiegewinnung durch spezialisierte Mikroben, die methanogenen Archaea (Urzeitmikroorganismen, viel älter als Bakterien), in Methan verwandelt wird. Wenn das Futter sehr lange im Verdauungstrakt bleibt, wie es bei den Wiederkäuern der Fall ist, wird besonders viel der vorhandenen Faser verdaut und besonders viel Methan gebildet. Die Methanbildner kommen übrigens nicht nur im Vormagen der Wiederkäuer vor, sondern auch im Enddarm und sogar im Hofdünger, wo das entstehende Methan auch in Biogasanlagen genutzt werden kann. Die Methanbildung ist also ein natürlicher Prozess, und das ist nur zu einem Problem geworden, weil es auf der Welt zu viele Wiederkäuer gibt.

2) Aktuelle Fütterungstrends: Wie hinsichtlich des Methans einzuschätzen?

In diesem Abschnitt soll die herkömmliche Fütterung sowie Trends in der Fütterung hinsichtlich der Bedeutung für das Methan beleuchtet werden. Eine heiss diskutierte Frage ist, wie hoch die die Leistung der Tiere sein soll und – damit verbunden – wieviel **Kraftfutter** man einsetzen soll. Deutsche Forscher (Flachowsky und Brade) haben nämlich folgendes festgehalten: *«Die Erhöhung der tierischen Leistung und eine damit mögliche Reduktion der Anzahl der Wiederkäuer sollte die (gegenwärtig) effektivste Massnahme sein, eine verminderte Methanemission zu erzielen.»* Warum könnte das so sein? Mit steigendem Leistungsniveau sinkt die Methanemission je kg Milch, weil anteilmässig weniger Futter zur Deckung des Erhaltungsbedarfs der Kühe benötigt wird. Zudem führt mehr Kraftfutter zu einem höheren Anteil an Stärke (z.B. aus Getreide) und zu weniger fermentierbarer Faser im Futter, somit gibt es weniger «Futter» für die Methanbildner. Dem Anschein nach also eine bestechende Win-Win-Situation. Man muss sich aber bewusst sein, dass nur sehr hohe Kraftfutteranteile (>80%) die Methanemissionen deutlich senken. Der Weltklimarat IPCC unterscheidet beim Methan sogar nur zwischen Rationen mit >90 oder < 90% Kraftfutter. Im Bereich, in dem sich die Schweizer Landwirte bewegen, gibt es dagegen wenig

Methansenkung durch Kraftfutter. Das konnte Florian Grandl in seiner Doktorarbeit mit den Plantahofkühen zeigen, die entweder kein Kraftfutter (Grundfutterherde) oder etwa 5 kg Kraftfutter pro Tag (Leistungsherde) erhielten. Zudem konnten wir schon früher belegen, dass etwa ein Drittel des mit Kraftfutter im Tier eingesparten Methans durch zusätzliches Methan aus dem Hofdünger verloren geht. Der Grund dafür liegt darin, dass die Faser im Tier bei viel Kraftfutter schlechter verdaut wird und damit den Mikroorganismen im Hofdünger zur Verfügung steht.

Hinzu kommt noch, dass ja das Methan nicht das einzige Treibhausgas ist. Eine deutsche Arbeitsgruppe (Lorenz und Mitarbeiter) hat 2019 den Kohlenstoff-«Fussabdruck» von Produktionssysteme Weide, Stallhaltung oder eines gemischten Systems berechnet. Die mittleren Kraftfutteranteile der verfütterten Rationen betragen 7%, 35% und 25%. Dabei ergab sich kein grosser Systemunterschied. Verbunden mit einer steigenden Milchleistung ist ein Rückgang der Kuhzahl und eine Lücke im **Koppelprodukt Rindfleisch**. Diese Lücke wird typischerweise mit Mutterkühkälbern gefüllt, also mit Hilfe eines besonders natürlichen Produktionssystems aber auch einem mit einer sehr geringen Produktivität (viel Methan je kg erzeugtes essbares Eiweiss (Fleisch)). Eine Weihenstephaner Arbeitsgruppe (Zehetmeier und Mitarbeiter) konnte 2011 zeigen, das deshalb bei steigender Jahresmilchleistung die systembedingten Treibhausgasemissionen nicht zurückgehen sondern sogar steigen, und zwar wegen dem Koppelprodukt Fleisch. Probst und Mitarbeiter haben das bestätigt, wie kürzlich in der Agrarforschung berichtet wurde. Sie haben dabei zudem berechnet, dass mit dem Einsatz von Spermasexing ein Effizienzgewinn mit geringerer systembedingter Treibhausgasemission erzielt werden kann, weil wachstumsfrohere Tiere zur Mast anstelle der Milchrasenkälber eingesetzt werden können. Diese Überlegungen zeigen, dass eine hohe **Futterverwertung** *der Schlüssel* zu einer umweltfreundlichen Fütterung ist, denn die wichtigste Bestimmungsgrösse für die Methanemission ist die Futteraufnahme. Die Futterverwertung kann z.B. durch eine hohe Grundfutterqualität gesteigert werden, aber auch (das geht oft vergessen) durch gesunde Tiere, und schliesslich auch mit einer Zucht auf gute Futterverwertung.

Eine weitere Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist, ob man auf eine schnelle Leistungssteigerung oder auf **langlebige Kühe** setzen soll. Florian Grandl konnte zeigen, dass ältere Kühe je kg Futter sogar weniger Methan bilden als Kühe in der dritten bis vierten Laktation. Noch viel entscheidender ist aber, dass die Treibhausgas-Emissionen je kg Milch als Lebensstagsleistung (als Mass anstelle der aktuellen Leistungshöhe) betrachtet werden müssen. Dort gibt es beim Übergang von sehr jungen zu mittelalten Kühen eine ausserordentlich grossen Minderungseffekt durch «Verdünnung» der Methanemissionen der Aufzucht, aber dieser setzt sich auch noch bei deutlich älteren Kühen fort. Der Effekt bleibt auch über das gesamte System also inklusive der Mast der Nachkommen bestehen. Auf Langlebigkeit zu setzen, ist allerdings zur Zeit angesichts der extrem hohen Preise für die sogenannten «Mc Donald's»-Kühe schwer zu vermitteln.

Wenn Kraftfutter wegen der Stärke statt Faser zu weniger Methan führt, dann müsste das ja bei Mais anstelle von Gras und Graskonserven der Fall sein. Ist dann die **Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion** (GMF) der falsche Weg? Tatsächlich ist der Unterschied nicht sehr gross. Wenn allerdings die Maissilage deutlich mehr Energie liefert als die Grasprodukte, führt die

Maissilage zu einer höheren Leistung und daher weniger Methan pro kg Milch (und Fleisch). Aber auch beim Mais gilt: Methan darf nicht alleine betrachtet werden. Die Unterschiede sind wohl zu gering, um den Wettbewerbsvorteil GMF gegenüber dem Ausland aufzugeben.

3) Minderungsoptionen aus dem Bereich der Nährstoffe

Fette, Öle und fettreiche Futtermittel sind die Klassiker unter den Methan senkenden Massnahmen. Beim Futterfett bestimmt die Dosis die Wirkung mit, aber es gibt noch andere Einflussgrößen. Unsere Arbeitsgruppe hat bereits 1999 nachgewiesen, dass Futterfett die Methanemission unter Umständen drastisch senken kann. Leider hat sich auch herausgestellt, dass die Fettergänzung weniger wirksam ist, wenn die Ration reich an Faser und Kalzium ist, was zumindest im ersten Fall typisch für Schweizer Rationen ist. Was kommt als Fettquelle in Frage? Gegenwärtig beginnt sich der Einsatz von Ölsaaten im Futter der Kuh zur Methansenkung durchzusetzen. Wichtig ist dabei, dass die Saaten geschrotet oder extrudiert sind, sonst sind sie fast unverdaulich und wirken nicht. In der verarbeiteten Form ist immer noch ein Teil des Öls pangsengeschützt, was zu einer zweiten positiven Wirkung führt, nämlich dass wertvolle ungesättigte Fettsäuren (Omega-3-Fettsäuren) in die Milch überführt werden können. Hier hat sich ein Wettbewerbsvorteil des Leinsamens ergeben, aber Rapssamen könnten ebenfalls günstig sein, während Sonnenblumen und vollfette Sojabohnen mehr von den weniger erwünschten Omega-6-Fettsäuren enthalten. Was weniger bekannt ist: es gibt nicht nur diese Ölsaaten, sondern auch Saaten von Pflanzen Färberdistel, Hanf, Schlafmohn und Leindotter. Besonders die ersten zwei Saattypen waren in unseren Studien Methan senkend. Nun darf zwar der Hanf, der wie der Leindotter reich an Omega-3-Fettsäuren ist, nicht an die Milchkühe verfüttert werden, wohl aber an Rinder und Muni.

Aber auch im Bereich **zuckerhaltiger Futtermittel** könnte sich eine Methansenkungsmöglichkeit ergeben. Unter «Zucker» sind dabei alle wasserlöslichen Kohlenhydrate zu verstehen. Methan könnte sinken, wenn der Zucker einen Teil der Faser im Futter ersetzt. Zuckerreiche Futtermittel sind z.B. Futterrüben, zuckerreiche Gräserarten oder Schotte. In Weihenstephan wurde bereits in 1990er Jahren geprüft, ob der Einsatz von Futterrüben statt Körnermais bei Milchvieh die Methanemission beeinflusst. Obwohl die Rüben bis zu über 5 kg Reinzucker pro Kuh und Tag geliefert haben, war das Methan unbeeinflusst, aber es wurde halt auch keine Faser ersetzt. Dasselbe haben wir in 2012 mit einer zuckerreichen Grassorte gefunden, mit der die wasserlöslichen Kohlenhydrate im Heu von 10 auf 19% gesteigert werden konnte. Die fehlende Wirkung auf das Methan war in diesem Fall daraus erklärbar, dass der «Zucker» in der in diesem Versuch eingesetzte Grassorte nicht die Faser sondern Teile des Rohproteins ersetzt hat. Sollte aber Faser ersetzt werden, was von anderen Studien berichtet wurde, ist eine Methan senkende Wirkung nicht auszuschliessen. Ein sehr überraschendes Ergebnis hat letztes Jahr die Agroscope (Dufey und Mitarbeiter) an einer Tagung vorgestellt. Sie hatten die Schotte einer Käserei an Rinder verfüttert, und die Tiere haben im Schnitt 2.3 kg Schotte und 6.4 kg Gras (jeweils Trockensubstanz)

pro Tag verzehrt. Mit einer Indikatormethode (SF_6) fanden sie eine Reduktion im Methan von fast 40%. Ob der Effekt wirklich so gross ist, müsste noch geklärt werden, weil mit der SF_6 -Methode das Methan vom Enddarm nicht erfasst wird und unverdauter Zucker vielleicht bis dahin gelangt. Erstaunlicherweise haben die untersuchten Rinder, die bereits länger von der Milch abgesetzt waren, die Schotte vertragen und haben keine Anzeichen von Pansenübersäuerung gezeigt.

Bei Einsatz von Fett und Zucker gilt es allerdings immer zu beachten: das natürliche Futter der Kuh enthält sehr wenig davon. Es kann also zu Problemen kommen, wenn man zu viel davon einsetzt. Man muss im Einzelfall herausfinden, wie viel es sein darf, damit eine Methan senkende Wirkung ohne grössere negative Begleiterscheinungen erfolgt.

4) Minderungsoptionen aus dem Bereich der Futterzusätze

Futterzusätze als Alternativen zur Minderung der Methanemission werden zur Zeit intensiv diskutiert, vor allem in der Forschung aber auch schon vermehrt in der Praxis. Aber wie findet man eigentlich geeignete Methan senkende Futterzusätze? Das ist ein langwieriger Prozess. Schritt 1 besteht darin, herauszufinden, was überhaupt wirkt. Man startet mit theoretischen Überlegungen und einer Literatursuche, danach macht man ein Screening mit einigen oder gar einer Vielzahl von Varianten, gefolgt von einem vertieften Test einzelner Zusätze (*in vitro*) und schliesslich dem Nachweis der Wirksamkeit im Nutztier. Weiss man da mehr, folgt Schritt 2, in dem bestimmt wird, unter welchen Bedingungen der Zusatz wirkt, also bei welchem Rationentyp, welche Dosierung es braucht, was zu viel des Guten ist und ab wann es wirkt und wie lange. Schliesslich braucht es zum Verständnis noch Schritt 3: herausfinden, warum der Zusatz überhaupt wirkt.

Wenn es um die interessanten Futterzusätze natürlicher Herkunft geht, stehen die **sekundären Pflanzeninhaltsstoffe** an oberster Stelle. Das sind Substanzen, welche die Pflanzen bilden, um andere Zwecke als Pflanzenwachstum, Energiespeicher oder andere grundsätzliche Funktionen erfüllen zu können. Es gibt Vielzahl an Varianten sekundärer Inhaltsstoffe, sogar innerhalb Substanzklasse. Grosse Screening-Projekte wurden bereits durchgeführt (z.B. das Projekt «Rumen-up»). Das grösste Potenzial wird bei den tropischen Pflanzen gesehen, von denen viele besonders reich an sekundären Inhaltsstoffen sind, aber die Pflanzen aus dem gemässigten Klima werden hierbei unterschätzt.

Die wichtigste Substanzklasse der sekundären Inhaltsstoffe sind die **Tannine**, grosse und kompliziert zusammen gesetzte Moleküle. Die erste Frage ist dabei: wirken alle Tannine gegen Methan? Und dann: wieviel braucht es davon? Wir konnten mit einer Literaturanalyse zeigen, dass die Wirkung gegen das Methan mit der Tannindosis steigt. Allerdings sind dabei für das Tier Grenzen nach oben gesetzt, denn sonst sinken Futteraufnahme und Verdaulichkeit, und das Futter ist dann nicht mehr verträglich. Es hat sich auch gezeigt, dass, wenn man z.B. aus Kostengründen zu wenig Tannine einsetzt, keine sichere Wirkung erwartet werden kann. Eine gewisse Dosis braucht es also. Zudem hat die Forschung gezeigt, dass nicht alle Tannine gleich gut wirken.

In unseren Studien hat sich vor allem der Extrakt aus der Rinde der Akazie (Art: *Acacia mearnsii*) als interessant erwiesen. Dieser Extrakt wird im grossen Massstab für die Lederindustrie hergestellt, ist also gut verfügbar. Im Jahr 2005 konnten wir erstmalig eine Methansenkung mit diesem Extrakt bei Lämmern feststellen. Als Durchbruch hat sich Nachweis der Langzeitwirkung des Zusatzes bei den Mastmuni in der Doktorarbeit von Sabrina Stärfl erwiesen, eine Eigenschaft, die nicht auf jeden Methan senkenden Futterzusatz zutrifft. Als grosse Überraschung hat sich gerade eben ergeben, dass der Extrakt im Pansen praktisch sofort gegen das Methan zu wirken beginnt. Thomas Denninger hat in seiner Doktorarbeit zeigen können, dass bei Milchvieh die ersten 20 bis 40 Minuten reichen, man also nicht erst Tage warten muss, bis die erwünschte Wirkung einsetzt.

Noch schöner wäre es aber, wenn Tannine in Pflanzen wirken würden, die in der Schweiz gedeihen. Die Tannin haltigen Futterleguminosen Esparsette und Hornklee haben kürzlich viel Aufmerksamkeit erlangt (Wirkung gegen Magen-Darm-Würmer bei Kleinwiederkäuern und gegen Ammoniakemissionen aus dem Hofdünger), aber leider ist es bislang noch nicht gelungen, eine klare Methan senkende Wirkung nachzuweisen. Und wie sieht es mit unseren Baum- und Strauchblättern oder bestimmten Kräutern aus? Melissa Terranova hat sich diesem Thema in ihrer Doktorarbeit gewidmet. Sie hat mit einem Screening mit der *in vitro* Methode Hohenheimer Futterwerttest mit echtem Pansensaft gestartet. Daraus ergaben sich sechs besonders interessante Pflanzen(teile). Vier davon, nämlich Haselblätter und Weinblätter sowie das Schmalblättriges Weidenröschen und die Nelkenwurz wurden von Milchkühen in Pelletform sehr gut verzehrt (z.T. leicht besser als reine Luzernepellets). Schlechter gefressen wurden dagegen die Blätter der Birke und der Schwarzen Johannisbeere. Wir konzentrierten uns im Weiteren auf die Haselblätter. Beim Schaf ist es uns gelungen, das Methan um bis zu 35% zu senken, dafür musste allerdings die Ration zur Hälfte aus diesen Blättern bestehen. Niedrigere Dosierungen haben ebenfalls gewirkt, und es gelang zudem kürzlich, auch beim Milchvieh eine enge Dosis-Wirkungsbeziehung nachzuweisen.

Neben vielen anderen Ansätzen, hat man auch ein Augenmerk auf **ätherische Öle** und **Schwefelverbindungen** gelegt. Beides, besonders aber letztere, finden sich im Knoblauch. Muss also eine Methansenkung mit Knoblauchgeruch erkaufte werden? Wir haben die Wirkung von ganzem Knoblauch, Knoblauchöl und reinen Verbindungen aus dem Knoblauch (leider genauso geruchsaktiv) getestet. Die Knoblauchprodukte waren erstaunlich effizient in der Methansenkung *in vitro*, also mit Pansensaft. Die Wirkung im Tier war leider gering oder gar nicht vorhanden.

Mit **Saponinen** oder Pflanzen reich an Saponinen wurde wiederholt eine Methan senkende Wirkung nachgewiesen. Die Gratwanderung zwischen der für eine Wirkung notwendigen Menge und einer gesundheitlich bedenklicher Dosis macht ihren praktischen Einsatz allerdings schwierig.

Abschliessend sei zu den sekundäre Inhaltsstoffen noch vermerkt, dass es sich um Naturprodukte mit natürlicher Variabilität handelt. Die Wirkung kann also mal stärker mal schwächer sein. Sie variiert, weil die chemische Zusammensetzung in der Pflanze und damit die Wirksamkeit schwankt und weil der Gehalt im jeweiligen Pflanzenteil oder Extrakt variiert. Gründe dafür sind Unterschiede zwischen Pflanzenarten und -sorten sowie Pflanzenteilen, der Einfluss der Wachstumsbedingungen für die Pflanzen (Klima, Bodenqualität) und die Herstellungsmethode für

Extrakte (Lösungsmittel). Wie beschrieben, lassen sich auch manchmal *in vitro*-Wirkungen im Tier nicht reproduzieren. Das sollte uns aber nicht davon abhalten, das Potenzial der sekundären Inhaltsstoffe zu erforschen und sie auszuprobieren.

5) Schlussfolgerungen

Wie allgemein bekannt, ist die theoretisch effizienteste Reduktionsmöglichkeit natürlich die Reduzierung der Tierzahl. Aber das ist nur gegen Treibhausgase wirksam, wenn diese Beschränkung mit einem entsprechenden Konsumverzicht einher geht. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass das auf der gesamten Welt passiert, selbst wenn sich die Schweizer dann nicht im Ausland bedienen würden. Somit bleibt die gezielte Fütterung. Zusammenfassend hier in einer Tabelle, wie die einzelnen vorher beschriebenen Massnahmen in einem Gesamttreibhausgas-Ansatz zu sehen sind.

Massnahme	CH ₄	NH ₃	CO ₂
besseres Grundfutter	↕	↕	↓
Weide statt Stallhaltung	↔	(↑)	↓
mehr Kraftfutter	(↓)	(↓)	↑
Mais statt Gras	↕	↓	↑
fettreiche Futtermittel	↓	(↑)	↔
tanninreiche Pflanzen	(↓)	↓	(↓)
saponinhaltige Extrakte	↓	↓	(↓)

Wie vorher angesprochen, sollte man aber als erstes versuchen, eine höhere Futtermittelverwertung, eine höhere Lebensleistung und eine höhere Langlebigkeit der Tiere zu erreichen, denn all das senkt die Treibhausgasemission und steigert die Effizienz der Nutzung der knappen Ressourcen. Damit kann man sofort beginnen. Im Anschluss sollte man die gezielte Milchviehfütterung zur Methansenkung anpacken. Wie gezeigt, gibt es eine grosse Bandbreite an Möglichkeiten. Viele Leute erwarten eine einzige Lösung für alle Betriebe. Tatsächlich sind aber massgeschneiderte Lösungen besser. Alles was man einsetzt, kostet und hat manchmal sogar gewisse Nebenwirkungen, aber das ist ja fast immer so, wenn man was erreichen will. Man muss sich auch bewusst sein, dass das Reduktionsniveau begrenzt ist. Dennoch, wenn man 10-20% Methansenkung erreicht, ist das ein wichtiger Erfolg. Es sind auch tatsächlich schon erste Schritte zur Umsetzung in die Praxis im Gange. Ein wichtiges Ziel ist es, dass man den kompetitiven Vorteil der Schweiz, nämlich die auf Grasland basierte Milchproduktion dabei nicht aufgibt. Bei den Futterzusätzen könnten der Landwirt einige selber produzieren, andere sind im Handel erhältlich und durchlaufen das Prüfverfahren um Kohlenstoffzertifikate zu erhalten.