

Methanreduktionspotential von Zitronengras, Biokohle und weiteren Futtermittelzusatzstoffen in der Rinderfütterung

Methane reduction potential of lemongrass, biochar and further feed additives in cattle feeding

Georg Terler^{1*}, Thomas Guggenberger¹, Daniel Eingang¹, Manuel
Winter² und Andreas Steinwider²

Zusammenfassung

Methanemissionen von Rindern machen rund 5 % der österreichischen Treibhausgasemissionen aus und tragen somit zum Klimawandel bei. Auch wenn dieser Anteil vergleichsweise gering ist, sollten Maßnahmen gesetzt werden, um diese Methanemissionen zu reduzieren. Eine vielversprechende Option ist der Einsatz von Futtermitteln oder Futtermittelzusatzstoffen, die die Methanproduktion im Pansen hemmen. In den letzten Jahren und Jahrzehnten wurde sehr viel Forschung zu diesem Thema betrieben. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die aktuellen Erkenntnisse zu Wirkung und Nebenwirkungen verschiedener Methan-reduzierender Futtermittel und Futtermittelzusatzstoffe. Im Besonderen wird auf 3-Nitrooxypropanol und Agolin Ruminant[®] eingegangen, da diese derzeit auf europäischer und österreichischer Ebene von besonderer Relevanz sind. Weiters werden auch Forschungsergebnisse der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zum Einsatz von Zitronengras und Biokohle zur Methanreduktion vorgestellt. Die aktuelle Studienlage zeigt, dass 3-Nitrooxypropanol, Agolin Ruminant[®] und Zitronengras ein gutes Potential zur Reduktion von Methanemissionen haben. Biokohle scheint nach derzeitigem Stand nicht zur Methanreduktion beitragen zu können. Allerdings könnte es sein, dass durch die Verwendung anderer Ausgangsmaterialien oder technologische Modifikationen im Herstellungsprozess die methanreduzierende Wirkung von Biokohle verbessert werden kann. Dazu ist jedoch noch weitere Forschung nötig. Im Allgemeinen kann der Einsatz von Methan-reduzierenden Futtermittelzusatzstoffen empfohlen werden, sofern diese eine entsprechende Zulassung durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) besitzen und den Landwirtinnen und Landwirten die Kosten für diese klimaschonende Maßnahme abgegolten werden.

Schlagwörter: Methan, Klimaschutz, Umweltwirkungen, Fütterung, Futtermittelzusätze

Summary

Methane emissions of cattle make up approximately 5% of Austrian greenhouse gas emissions and contribute to climate change. Although this proportion is relatively small, measures are necessary to reduce this methane emissions. A promising option is the use of feeds or feed additives, which impede methane production in the rumen. A lot of research has been done on this topic in the last years and decades. This conference paper gives an overview of current

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Bio-Landwirtschaft und Nutztierbiodiversität, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Georg Terler, email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

knowledge on effects and side-effects of various methane reducing feeds and feed additives. An especial focus is put on 3-nitrooxypropanol and Agolin Ruminant® as these feed additives are of special relevance in Europe and Austria, currently. Furthermore, recent research outcomes from AREC Raumberg-Gumpenstein regarding the use of lemongrass and biochar for methane reduction are presented. The current knowledge shows that 3-nitrooxypropanol, Agolin Ruminant® and lemongrass have a good potential to reduce methane emissions. According to recent studies, biochar does not seem to contribute to reduction of methane emissions. However, it could be that use of different basic material and technological changes in production process can increase the effect of biochar in methane reduction. But, this needs further research. In general, the use of methane reducing feed additives can be recommended, if these are approved by the European Food Safety Authority (EFSA) and farmers are compensated for the costs of this climate-protecting measure.

Keywords: methane, climate protection, environmental impacts, animal nutrition, feed additives

Einleitung

Laut UMWELTBUNDESAMT (2022) stammen 4,8 % der österreichischen Treibhausgasemissionen aus der Verdauung in Rindermägen. Im Zuge der mikrobiellen Verdauung in den Vormägen entsteht Methan, welches im Zuge des Wiederkauens ausgestoßen wird und in der Atmosphäre zum Treibhausgaseffekt beiträgt. Obwohl eine aktuelle Forschungsarbeit der Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zeigt, dass Methan einen geringeren Effekt auf die langfristige Erderwärmung hat als meist berichtet (GUGGENBERGER et al. 2022), sollten die Methanemissionen von Rindern durch geeignete Maßnahmen reduziert werden. Eine Reduktion der Methanproduktion von Rindern kann nicht nur die Umweltwirkungen der Viehwirtschaft verringern, sondern auch die Effizienz der Produktion erhöhen, da die Methanbildung und -ausscheidung einen Energieverlust für das Tier darstellt.

Als besonders vielversprechend gelten Methan-reduzierende Futtermittel und Futtermittelzusatzstoffe. Daher wurden und werden weltweit unzählige wissenschaftliche Studien durchgeführt, welche den Effekt der Fütterung solcher Futtermittelzusatzstoffe untersuchen. Einen guten Überblick über Wirkungen und Nebenwirkungen von Futtermittelzusatzstoffen geben die Übersichtsarbeiten von VAN GASTELEN et al. (2019), BEAUCHEMIN et al. (2020) und ARNDT et al. (2022). Die wichtigsten Inhalte ihrer Arbeiten sind in *Tabelle 1* zusammengefasst. Auf vier potentiell methanreduzierende Futtermittelzusatzstoffe (3-Nitrooxypropanol, Agolin, Zitronengras und Biokohle) wird in der Folge näher eingegangen, da sie derzeit von größter Relevanz sind oder vor kurzem in Gumpenstein Forschungsprojekte dazu durchgeführt wurden.

3-Nitrooxypropanol

3-Nitrooxypropanol (kurz auch 3-NOP genannt), ist der erste Futtermittelzusatzstoff, der von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eine Zulassung in der Kategorie „Stoffe, die die Umwelt günstig beeinflussen“ erhalten hat (EUROPÄISCHE UNION 2022). Die Zulassung liefert die Bestätigung, dass dieser Futterzusatzstoff seine unterstellte Wirkung erzielt und zu keinen ersten Nebenwirkungen führt. Bei 3-NOP handelt sich um einen chemischen Methaninhibitor, weshalb offenbleibt, wie Konsumenten dem Einsatz dieses Futtermittelzusatzstoffes in der Rinderfütterung gegenüberstehen (BEAUCHEMIN et al. 2020). Die benötigte Menge an 3-NOP ist sehr gering. Meist wurden in wissenschaftlichen Versuchen 50 bis 200 mg 3-NOP pro kg Futtertrockenmasse zu-

Tabelle 1: Wirkungen und Eignung verschiedener Methan-reduzierender Futtermittelzusatzstoffe in der Rinderfütterung (nach VAN GASTELEN et al. (2019), BEAUCHEMIN et al. (2020) und ARNDT et al. (2022))

Futtermittelzusatz	Methanreduktionspotential	Wirkung auf Produktivität und Gesundheit	Sonstige Aspekte
Futterfette	mittel	kann Faserverdaulichkeit und Futteraufnahme verringern, durch höhere Energiedichte der Ration nicht leistungsmindernd	Einsatzgrenze für Fette in Rinderrationen (5 %) beachten Futterfette sind teuer
Tannine	gering bis mittel	kaum Effekte auf Produktivität je nach Tanningehalt Rückgang in Futteraufnahme und Verdaulichkeit möglich bei eiweißarmen Rationen Leistungsrückgang möglich, da Tannine Eiweißverdaulichkeit reduzieren	es gibt unterschiedliche Arten von Tanninen aus verschiedenen Quellen mit sehr unterschiedlichen Wirkungen Tannin-reiche Pflanzen können in Grünlandmischungen eingemischt werden
Ätherische Öle (z.B. Knoblauch)	keines bis mittel (v.a. Langzeitwirkung oft noch unklar, zum Teil in Laboruntersuchungen bessere Ergebnisse als bei Studien mit Tieren)	kein Effekt auf Futteraufnahme (bei Knoblauch)	große Vielfalt an Produkten aus verschiedenen Quellen mit unterschiedlichen Wirkungen
Algen	Mittel bis hoch (wenige Algenarten enthalten Methan-reduzierende Substanzen)	eine Methan-reduzierende Substanz ist Bromoform, welches die Gesundheit von Tier, Mensch und Umwelt beeinträchtigen kann	Produktion ist energieaufwändig Einsatzmenge könnte durch hohen Jod-Gehalt begrenzt sein
Chemische Methaninhibitoren (z.B. 3-Nitrooxypropanol = 3-NOP)	Hoch (mit steigendem Fasergehalt sinkt die Wirksamkeit von 3-NOP)	muss für jede Substanz individuell geprüft werden, da sie zum Teil toxisch sind 3-NOP hat keinen Effekt auf Futteraufnahme, Verdaulichkeit und Leistung, Risiken für Gesundheit von Mensch und Tier sind gering	Konsumentenakzeptanz fraglich, da chemische Produkte 3-NOP ist bislang einziger zugelassener Methan-reduzierender Futtermittelzusatz in EU
Nitrat	gering bis mittel	kann für Tiere toxisch sein, v.a. wenn sie nicht daran gewöhnt sind nur für eiweißarme Rationen geeignet, da Nitrat zusätzliche Stickstoffquelle ist Studien zeigen zum Teil Rückgang der Futteraufnahme	in der EU nicht als Futtermittelzusatz zugelassen

gesetzt (DIJKSTRA et al. 2005). Eine Einmischrate von 100 mg/kg Futtertrockenmasse würde bedeuten, dass pro Kuh und Tag ca. 2 g 3-NOP benötigt werden.

Die Methan-reduzierende Wirkung von 3-NOP ist sehr gut. Laut mehrerer wissenschaftlicher Studien bewirkt der Einsatz von 3-NOP bei Milchkühen eine Reduktion des Methanausstoßes von rund 15 bis 40 % (DIJKSTRA et al. 2018, MELGAR et al. 2020, VAN GASTELEN et al. 2020, MELGAR et al. 2021). Futterraufnahme und Milchleistung werden durch die Zufütterung von 3-NOP nicht beeinflusst (MELGAR et al. 2020, VAN GASTELEN et al. 2020, MELGAR et al. 2021). Der Einsatz dieses Futtermittelzusatzstoffes führte jedoch zu einem höheren Milchfettgehalt und einer höheren produzierten Fettmenge (MELGAR et al. 2020, MELGAR et al. 2021) und zu einer höheren Verdaulichkeit der Ration (VAN GASTELEN et al. 2020). Die geringere Methanproduktion dürfte die Energieverwertung der Kühe verbessern, was jedoch nur in der Untersuchung von MELGAR et al. (2020) zu einer höheren Futtereffizienz führte. Interessant ist zudem, dass die Methan-reduzierende Wirkung von 3-NOP abnimmt, je höher der Fasergehalt der Ration ist (DIJKSTRA et al. 2018). Bei Mastrindern wurden bislang sehr unterschiedlich starke Wirkungen von 3-NOP auf die Methanproduktion festgestellt (VYAS et al. 2016, VYAS et al. 2018, ALEMU et al. 2021). In einer Auswertung von mehreren Studien kamen DIJKSTRA et al. (2018) zum Schluss, dass 3-NOP bei Mastrindern weniger gut wirkt als bei Milchkühen.

Agolin Ruminant®

Die wichtigsten Eigenschaften und Wirkungen von Agolin Ruminant® sind in der Arbeit von BELANCHE et al. (2020), die auf mehreren Fütterungsversuchen mit Tieren basiert, gut beschrieben. Der folgende Absatz fasst die wichtigsten Inhalte dieser Arbeit zusammen.

Dieser Futtermittelzusatzstoff ist eine spezielle Mischung aus ätherischen Ölen, welche aus verschiedenen, in der Natur vorkommenden Pflanzen gewonnen werden. Die Einsatzmenge ist mit 1 g/Tag und Kuh, ähnlich wie bei 3-NOP, sehr gering. Die Studienergebnisse von BELANCHE et al. (2020) zeigen, dass in den ersten 4 Wochen nach Beginn der Zufütterung von Agolin Ruminant® keine eindeutigen Effekte auf Futterraufnahme und Methanemissionen zu erwarten sind. Einzig ein leichter Anstieg der Milchleistung um knapp 3 % wurde in den zugrundeliegenden Versuchen festgestellt. In einer weiteren Auswertung wurden nur Daten berücksichtigt, welche ab der 5. Woche nach Beginn der Zufütterung erhoben wurden. Hierbei zeigte sich nicht nur ein signifikanter Anstieg der Milchleistung um rund 4 %, sondern auch ein deutlicher Rückgang der Methanproduktion (9 % weniger Methan pro Tag, 13 % weniger Methan pro kg Futterraufnahme, 10 % weniger Methan pro kg Energie-korrigierter Milchleistung). Futterraufnahme, Milchzusammensetzung und Fettsäurezusammensetzung im Pansen wurden durch die Zufütterung dieses Futtermittelzusatzstoffes nicht beeinflusst.

Zitronengras

Zitronengras ist ein Süßgras (wie viele heimische Gräserarten), welches in warmen, feuchten Klimazonen wächst und somit in Österreich nicht angebaut werden kann. Zitronengras weist einen relativ hohen Gehalt an kondensierten Tanninen auf, welche, wie in *Tabelle 1* angeführt, eine geringe bis mittlere Methan-reduzierende Wirkung aufweisen.

Versuch der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Nach ersten vielversprechenden Ergebnissen einer mexikanischen Studie (VÁZQUEZ-CARRILLO et al. 2020) untersuchte die HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Projektleitung: Dr. Thomas Guggenberger), gemeinsam mit der Firma Marcher Fleischwerke GmbH (Villach), den Einfluss von Zitronengraszufütterung auf die Methanemissionen von Maststieren. Der Versuch wurde auf dem landwirtschaftlichen Betrieb von Christian Schrammel in



Abbildung 1: Zitronengras, das im Maststier-Versuch eingesetzt wurde

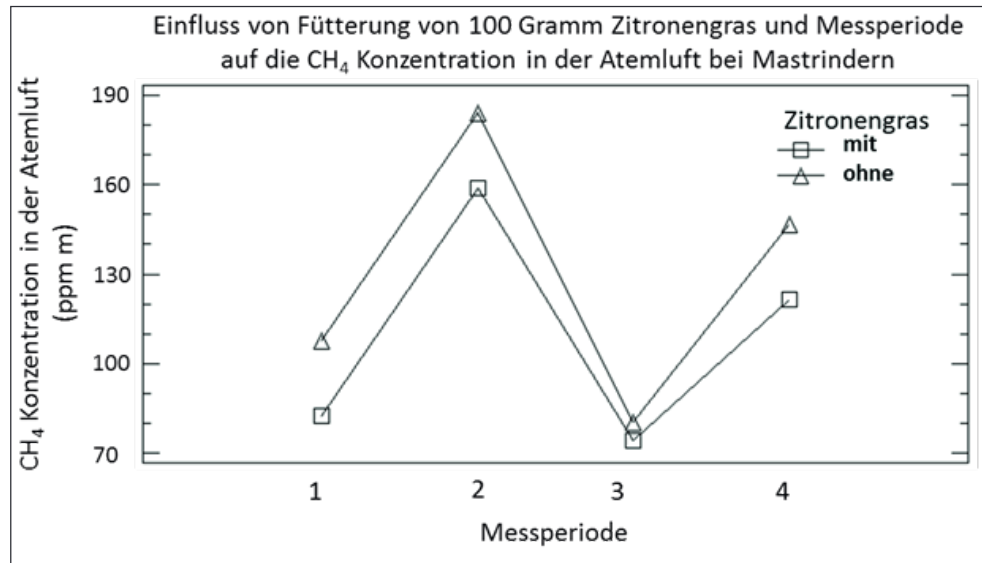
Scharzau am Steinfeld (Niederösterreich) durchgeführt und umfasste 48 Maststiere. Die Maststiere (vorwiegend Fleckvieh) waren zu Beginn des Versuchs zwischen 235 und 395 Tage alt. Die Messungen fanden im Herbst 2020 statt und erstreckten sich über einen Zeitraum von 84 Tagen.

Die Maststiere erhielten während des Versuchs eine Total-Mischration, welche sich aus 52,2 % Maissilage, je 5,3 % Grassilage und Gerstenstroh, 6,5 % Biertrebersilage, 11,0 % Rapsextraktionsschrot, je 9,1 % Gerste und Körnermais und 1,6 % Mineralstoffmischung zusammensetzte (Werte in % der Trockenmasse). Die Hälfte der Stiere erhielt nur diese TMR, der anderen Hälfte wurde zusätzlich auch 100 g Zitronengras pro Tag und Tier gefüttert. Alle drei Wochen wurde die Rationszuteilung gewechselt, sodass jeder Stier zweimal die Ration ohne und zweimal die Ration mit Zitronengras erhielt. Jeweils am Tag vor dem Rationswechsel wurde bei jedem Stier für 5 Minuten die Methankonzentration in der Atemluft mit Hilfe eines Laser-Methandetektors gemessen. Somit ergaben sich über den gesamten Versuchszeitraum vier Messzeitpunkte, zu denen die Methanproduktion festgestellt wurde. Die somit gemessenen Daten zur Methanproduktion wurden anschließend aufbereitet und daraus die Methanemission der Maststiere abgeschätzt. Nähere Informationen zur Methodik dieses Versuchs sind im Abschlussbericht zu finden (GUGGENBERGER et al. 2021).

Ergebnisse

Da die Stiere im Versuchszeitraum wuchsen, nahm auch deren Futteraufnahme zu und somit änderte sich auch der Anteil von Zitronengras in der Gesamtration. Am Beginn des Versuchs lag dieser Anteil bei den jüngsten Tieren bei 1,70 %, am Ende des Versuchs machte Zitronengras bei den ältesten Tieren dagegen nur mehr 1,14 % der Ration aus. Die Zufütterung von Zitronengras bewirkte im Durchschnitt eine 14,6 %-ige Reduktion der Methankonzentration in der Atemluft der Maststiere. Allerdings war auch zu beobachten, dass der Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen zu den verschiedenen Messzeitpunkten unterschiedlich groß war. Ein Grund dafür könnten unterschiedliche klimatische Bedingungen an den verschiedenen Messtagen sein.

Abbildung 2: Methan-konzentration in der Atemluft von Masttieren bei Fütterung von Rationen mit oder ohne Zitronengrasergänzung



Begleitend durchgeführte Messungen mit einem Pansensensor der Firma smaXtec zeigten keine Unterschiede im Pansen-pH-Wert und in der Körpertemperatur zwischen den Versuchsgruppen. Allerdings war die Aktivität bei den mit Zitronengras gefütterten Tieren höher.

Biokohle

In mehreren Forschungsprojekten wurde bereits die Methan-reduzierende Wirkung von Biokohle untersucht. Die Ergebnisse sind jedoch sehr unterschiedlich. Während TEOH et al. (2019), WINDERS et al. (2019) und TAMAYAO et al. (2021) keinen Effekt der Biokohle-Zufütterung auf die Methanproduktion feststellten, ging sie in den Studien von LENG et al. (2012a), LENG et al. (2012b) und SALEEM et al. (2018) durch den Einsatz von Biokohle deutlich zurück. Die oben genannten Studien wurden alle im Labor oder an wachsenden Rindern durchgeführt, für Milchkühe gibt es bislang jedoch kaum Ergebnisse. Deshalb wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Versuch gestartet, in dem der Einfluss der Biokohlezufütterung auf die Methanproduktion von Milchkühen untersucht wurde.

Versuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Dieser Versuch war Teil des LIFE-Projekts Farm4More und dauerte von September 2021 bis Jänner 2022. Die im Versuch verwendete Biokohle wurde von der Firma biocharNergy GmbH (Gabersdorf, Steiermark) produziert. Als Ausgangsmaterial für die Biokohleproduktion wurde unbehandeltes Eschenholz verwendet. Weiters wurde in diesem Versuch auch Futterharnstoff als Zusatz eingesetzt. Damit sollte untersucht werden, ob mit Futterharnstoff eine ähnliche Methan-reduzierende Wirkung erzielt werden kann wie mit Nitrat.

Für die Untersuchungen wurden 18 Milchkühe (Fleckvieh und Holstein Friesian) verwendet. Die Kühe hatten *ad libitum*-Zugang zu einer Grundfutmischung aus 40 % Grassilage, 30 % Maissilage und 30 % Heu (Angaben in % der Trockenmasse). Das Kraftfutter erhielten sie einerseits über den Melkroboter (Fertigmischung, 2 kg/Tag) und andererseits über einen Kraftfutterautomaten (24 % Gerste, 25 % Körnermais, je 8 % Weizen und Trockenschnitzel, 5 % Weizenkleie, je 15 % Raps- und Sojaextraktionsschrot, leistungsangepasst). Weiters erfolgte auch eine bedarfsangepasste Mineralstoffergänzung. Die Milchkühe wurden im Melkroboter gemolken und weiters wurden 3-mal wöchentlich Milchproben gezogen und zur Analyse an das Qualitätslabor St. Michael geschickt.



Abbildung 3: Für die Fütterung vorbereitetes Versuchsfutter

Für den Versuch wurden 3 Versuchsgruppen mit je 6 Kühen gebildet. Eine Versuchsgruppe erhielt, zusätzlich zu den oben beschriebenen Futtermitteln, 2 kg Energiekraftfutter pro Kuh und Tag (34 % Gerste, 36 % Körnermais, je 11 % Weizen und Trockenschnitzel, 7 % Weizenkleie, 1 % Rapsöl). Bei den beiden weiteren Versuchsgruppen wurde in dieses Energiekraftfutter noch 200 g Biokohle pro Kuh und Tag bzw. 200 g Biokohle und 90 g Futterharnstoff pro Kuh und Tag eingemischt. Die Fütterung des Versuchsfutters erfolgte in zwei Teilgaben pro Tag (zur Morgen- und Abendfütterung).

Jede Versuchsgruppe erhielt eines dieser Versuchsfutter fünf Wochen lang. Nach Ablauf der 5 Wochen wurde die Futterzuteilung gewechselt, so dass am Ende des Versuchs jede Kuh jedes Futter einmal erhielt. In den letzten drei Wochen dieser 5-wöchigen Perioden wurden Futteraufnahme, Milchleistung, Milchzusammensetzung und Methanproduktion der Milchkühe erhoben. Die Messung der Methanproduktion erfolgte in den Respirationsskammern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Jede Kuh wurde einmal während des Versuchs für die Methanmessungen verwendet, wobei eine Messung vier Tage dauerte. Während der Messungen in den Respirationsskammern wurde zudem auch die Verdaulichkeit der Rationen untersucht. Für die Auswertung standen somit Methanproduktions- und Verdaulichkeitsdaten von sechs Kühen pro Versuchsfutter zur Verfügung.

Ergebnisse

Die Zufütterung von Biokohle hatte in diesem Versuch keinen Einfluss auf die Futter- und Nährstoffaufnahme, die Milchleistung und die Methanproduktion vom Milchkühen (Tabelle 2). Die Methanproduktion pro Tag stieg durch die Biokohlezufütterung um 8,1 % an, während die Methanproduktion pro kg Energie-korrigierter Milchleistung um 12,5 % zurückging. Beide Unterschiede zur Kontrollgruppe waren jedoch nicht signifikant. Ebenso wurden auch die Verdaulichkeit der Ration und die Futterverwertung durch die Biokohleeinmischung weder gefördert noch gehemmt. Die zusätzliche Ergänzung von Futterharnstoff führte zu einer höheren Rohproteinaufnahme, während die Aufnahme an nutzbarem Rohprotein konstant blieb. Dies hatte eine deutlich höhere ruminale Stickstoffbilanz (38,7 g/Tag im Vergleich zu 3,9 bzw. 3,2 g/Tag) und einen signifikant höheren Milchlarnstoffgehalt (24,6 mg/100 ml im Vergleich zu 18,9 und 18,2 mg/100 ml) der Versuchsgruppe mit Biokohle- und Harnstoffergänzung zur Folge. Die Methanproduktion, die Verdaulichkeit der Ration und die Futterverwertung wurden durch die Zufütterung von Biokohle und Harnstoff nicht reduziert.

Tabelle 2: Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe, Methanproduktion, Verdaulichkeitsparameter und Futterverwertung von Milchkühen bei Verfütterung von Rationen ohne Zusatz, mit Biokohleergänzung oder mit Biokohle- und Futterharnstoffergänzung

	ohne Zusatz	Biokohle	Biokohle + Harnstoff	p-Wert	rSD
Futter- und Nährstoffaufnahme					
Grundfutteraufnahme, kg TM/Tag	14,2	14,2	14,3	0,994	0,6
Krafftutteraufnahme, kg TM/Tag	4,8	5,1	4,9	0,264	0,5
Gesamtfutteraufnahme, kg TM/Tag	19,0	19,3	19,2	0,909	0,6
NEL-Aufnahme MJ/Tag	117,3	118,6	118,4	0,934	3,9
Rohproteinaufnahme, g/Tag	2.661 ^b	2.683 ^b	2.934 ^a	0,009	152
nXP-Aufnahme, g/Tag	2.635	2.663	2.690	0,819	84
Ruminale Stickstoffbilanz, g/Tag	3,9 ^b	3,2 ^b	38,7 ^a	<0,001	13,7
Milchleistung und Milchinhaltsstoffe					
Energie-korrigierte Milchleistung, kg/Tag	22,0	22,2	22,3	0,966	2,7
Milchfettgehalt, %	4,19	4,25	4,24	0,836	0,20
Milcheiweißgehalt, %	3,58	3,53	3,55	0,626	0,06
Milchharnstoffgehalt, mg/100 ml	18,9 ^b	18,2 ^b	24,6 ^a	<0,001	5,1
Methanproduktion					
Methanproduktion, g/Tag	322	348	371	0,210	5
Methanproduktion, g/kg Futteraufnahme	18,0	19,6	20,8	0,221	0,3
Methanproduktion, g/kg ECM	19,2	16,8	17,2	0,580	0,8
Verdaulichkeit und Futterverwertung					
Verdaulichkeit der Organischen Masse, %	74,6	74,9	76,4	0,305	1,4
Futterverwertung, kg TM/kg ECM	0,868	0,880	0,870	0,907	0,050

TM = Trockenmasse; NEL = Nettoenergie Laktation; nXP = nutzbares Rohprotein; ECM = Energie-korrigierte Milchleistung; rSD = Residualstandardabweichung; Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

In einer Untersuchung am LAZBW Aulendorf (Baden-Württemberg, GERSTER et al. (2022)) hatte die Zufütterung von Futterkohle ebenfalls keinen Einfluss auf Futteraufnahme, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe und Methanproduktion von Fleckvieh-Milchkühen. Alles in allem muss also festgehalten werden, dass die in diesem Versuch verwendete Biokohle die Methanreduktion aus der Rinderhaltung nicht reduziert. Allerdings können das Ausgangsmaterial und die Herstellungsweise (v.a. die Temperatur bei der Kohleerzeugung) einen wesentlichen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften der Biokohle haben (SALEEM et al. 2018). Ein abschließendes Fazit, ob Biokohle ein Potential zur Methanreduktion hat, kann daher anhand der bisherigen Erkenntnisse nicht gezogen werden. Dafür braucht es noch weitere Forschung mit unterschiedlich hergestellten Arten von Biokohle.

Empfehlungen für die Praxis

Die oben angeführten Studienergebnisse zeigen, dass es einige verschiedene Futtermittel oder Futtermittelzusatzstoffe gibt, die das Potential haben, Methanemissionen aus der Wiederkäuerfütterung zu reduzieren. Das ist als sehr positiv zu beurteilen, da somit in Zukunft die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft reduziert werden können. Wichtig ist jedoch, dass die eingesetzten Futtermittelzusatzstoffe auch eine EFSA-Zulassung als „Stoff, der die Umwelt günstig beeinflusst“ besitzt. Denn nur durch die Zulassung

ist die Methan-reduzierende Wirkung dieses Zusatzstoffes offiziell bestätigt und ernste Nebenwirkungen können ausgeschlossen werden. Einen Überblick über den aktuellen Stand der Zulassungen gibt Ihnen der nachfolgende Beitrag von DI Franz Doppelreiter. Wenn eine Zulassung erteilt ist, kann der Einsatz dieses Futtermittelzusatzstoffes empfohlen werden. Wichtig wird jedoch sein, dass die Landwirtinnen und Landwirte für dieses klimaschonende Verhalten belohnt werden und nicht die Kosten für den Einsatz von Methan-reduzierenden Futtermittelzusatzstoffen tragen müssen.

Literatur

ALEMU, A.W., A.L. SHRECK, C.W. BOOKER, S.M. McGINN, L.K.D. PEKRUL, M. KINDERMANN und K.A. BEAUCHEMIN, 2021: Use of 3-nitrooxypropanol in a commercial feedlot to decrease enteric methane emissions from cattle fed a corn-based finishing diet. *J. Anim. Sci.* 99.

ARNDT, C., A.N. HRISTOV, W.J. PRICE, S.C. McCLELLAND, A.M. PELAEZ, S.F. CUEVA, J. OH, J. DIJKSTRA, A. BANNINK und A.R. BAYAT, 2022: Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5°C target by 2030 but not 2050. *P. Natl. Acad. Sci.* 119, e2111294119.

BEAUCHEMIN, K.A., E.M. UNGERFELD, R.J. ECKARD und M. WANG, 2020: Review: Fifty years of research on rumen methanogenesis: lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal* 14, s2-s16.

BELANCHE, A., C.J. NEWBOLD, D.P. MORGAVI, A. BACH, B. ZWEIFEL und D.R. YÁÑEZ-RUIZ, 2020: A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend agolin ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. *Animals* 10, 620.

DIJKSTRA, J., J.M. FORBES und J. FRANCE, 2005: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 2nd edition, CABI Publishing.

DIJKSTRA, J., A. BANNINK, J. FRANCE, E. KEBREAB und S. VAN GASTELEN, 2018: Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *J. Dairy Sci.* 101, 9041-9047.

EUROPÄISCHE UNION, 2022: Register of feed additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003 - Annex I: List of feed additives. Edition 06/2022, Europäische Union, Luxemburg.

GERSTER, E., S. ENGEL, S. FEY und W. REUTLINGER, 2022: Methanemissionen von Fleckviehmilchkühen beim Einsatz von Futterkohle. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 03.-04.05.2022, Soest, 97-100.

GUGGENBERGER, T., G. TERLER, D. EINGANG und S. GAPPMAIER, 2021: Wirkung einer Gabe von 100 g Zitronengras auf die Methan (CH₄)-Konzentration in der Atemluft von Masttieren. Abschlussbericht Lemongras, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 35 S.

GUGGENBERGER, T., G. TERLER, M. HERNDL, C. FRITZ und F. GRASSAUER, 2022: Langzeitbewertung von Treibhausgasemissionen in Österreich. Forschungsbericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 33 S.

LENG, R.A., S. INTHAPANYA und T.R. PRESTON, 2012a: Biochar lowers net methane production from rumen fluid *in vitro*. *Livest. Res. Rural Dev.* 24, 103.

LENG, R.A., T.R. PRESTON und S. INTHAPANYA, 2012b: Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local "Yellow" cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livest. Res. Rural Dev.* 24, 199.

- MELGAR, A., K.C. WELTER, K. NEDELKOV, C.M.M.R. MARTINS, M.T. HARPER, J. OH, S.E. RÄISÄNEN, X. CHEN, S.F. CUEVA, S. DUVAL und A.N. HRISTOV, 2020: Dose-response effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103, 6145-6156.
- MELGAR, A., C.F.A. LAGE, K. NEDELKOV, S.E. RÄISÄNEN, H. STEFENONI, M.E. FETTER, X. CHEN, J. OH, S. DUVAL, M. KINDERMANN, N.D. WALKER und A.N. HRISTOV, 2021: Enteric methane emission, milk production, and composition of dairy cows fed 3-nitrooxypropanol. *J. Dairy Sci.* 104, 357-366.
- SALEEM, A.M., J.G.O. RIBEIRO, W.Z. YANG, T. RAN, K.A. BEAUCHEMIN, E.J. McGEOUGH, K.H. OMINSKI, E.K. OKINE und T.A. McALLISTER, 2018: Effect of engineered biocarbon on rumen fermentation, microbial protein synthesis, and methane production in an artificial rumen (RUSITEC) fed a high forage diet. *J. Anim. Sci.* 96, 3121-3130.
- TAMAYAO, P.J., G.O. RIBEIRO, T.A. McALLISTER, H.E. YANG, A.M. SALEEM, K.H. OMINSKI, E.K. OKINE und E.J. McGEOUGH, 2021: Effects of post-pyrolysis treated biochars on methane production, ruminal fermentation, and rumen microbiota of a silage-based diet in an artificial rumen system (RUSITEC). *Anim. Feed Sci. Technol.* 273, 114802.
- TEOH, R., E. CARO, D.B. HOLMAN, S. JOSEPH, S.J. MEALE und A.V. CHAVES, 2019: Effects of hardwood biochar on methane production, fermentation characteristics, and the rumen microbiota using rumen simulation. *Front. Microbiol.* 10, 1534.
- UMWELTBUNDESAMT, 2022: Klimaschutzbericht 2022. Umweltbundesamt, 258 S.
- VAN GASTELEN, S., J. DIJKSTRA und A. BANNINK, 2019: Are dietary strategies to mitigate enteric methane emission equally effective across dairy cattle, beef cattle, and sheep? *J. Dairy Sci.* 102, 6109-6130.
- VAN GASTELEN, S., J. DIJKSTRA, G. BINNENDIJK, S.M. DUVAL, J.M.L. HECK, M. KINDERMANN, T. ZANDSTRA und A. BANNINK, 2020: 3-Nitrooxypropanol decreases methane emissions and increases hydrogen emissions of early lactation dairy cows, with associated changes in nutrient digestibility and energy metabolism. *J. Dairy Sci.* 103, 8074-8093.
- VÁZQUEZ-CARRILLO, M.F., H.D. MONTELONGO-PÉREZ, M. GONZÁLEZ-RONQUILLO, E. CASTILLO-GALLEGOS und O.A. CASTELÁN-ORTEGA, 2020: Effects of three herbs on methane emissions from beef cattle. *Animals* 10, 1671.
- VYAS, D., S.M. MCGINN, S.M. DUVAL, M. KINDERMANN und K.A. BEAUCHEMIN, 2016: Effects of sustained reduction of enteric methane emissions with dietary supplementation of 3-nitrooxypropanol on growth performance of growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 94, 2024-2034.
- VYAS, D., S.M. MCGINN, S.M. DUVAL, M.K. KINDERMANN und K.A. BEAUCHEMIN, 2018: Optimal dose of 3-nitrooxypropanol for decreasing enteric methane emissions from beef cattle fed high-forage and high-grain diets. *Anim. Prod. Sci.* 58, 1049-1055.
- WINDERS, T.M., M.L. JOLLY-BREITHAUPT, H.C. WILSON, J.C. MacDONALD, G.E. ERICKSON und A.K. WATSON, 2019: Evaluation of the effects of biochar on diet digestibility and methane production from growing and finishing steers. *Transl. Anim. Sci.* 3, 775-783.