

Fütterungsbasierte Strategien zur Senkung der Methanemissionen aus der Milch- und Fleischproduktion

INHALT

Fütterungsstrategien zur Senkung enterischer Methanemissionen

Einsatz von methanhemmenden Futterzusatzstoffen

Resümee: Chancen und Herausforderungen

Einleitung

Die europäische Landwirtschaft ist für 11 % der direkten Treibhausgas (THG)-Emissionen verantwortlich [1]. Methan (CH_4) aus der enterischen Fermentation von Rindern ist dabei die wichtigste Emissionsquelle und machte allein 2020 69 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen aus [2]. Das Treibhauspotenzial (GWP100) von CH_4 ist rund 28-mal höher als von CO_2 , gleichzeitig weist es aber eine geringere Halbwertszeit in der Atmosphäre aus und wird schneller wieder abgebaut verglichen mit CO_2 [3]. Methan entsteht unter anderem während der Fermentationsprozesse, insbesondere von faserreichen Futterkomponenten im Pansen von Wiederkäuern (siehe Kasten «Entstehung von Methan im Rind»). Auf der anderen Seite gibt genau dieser Verdauungsvorgang Wiederkäuern ihre besondere Stellung in der Nahrungsmittelproduktion, denn sie verwerten für den Menschen nicht-essbare Biomasse und wandeln diese in hoch-wertiges Protein (Milch und Fleisch) für die menschliche Ernährung um. So haben Wiederkäuer aufgrund ihres besonderen Verdauungssystems das Potenzial, im Gegensatz zu Monogastriern, keine Nahrungskonkurrenz mit dem Menschen zu induzieren. Mit einer Intensivierung der Produktion, welche oftmals mit höheren Konzentratfutteranteilen (Getreide- und Eiweisspflanzen) in der Ration einhergeht, wird der Hauptvorteil des Verdauungssystems von Wiederkäuern zunichte gemacht und es bleiben nur noch die Nachteile, d. h. die CH_4 -Emissionen. Selbst wenn eine Erhöhung des Konzentratfutteranteils zu einem leichten Rückgang der CH_4 -Emissionen führen würde, wären die Nachteile eines solchen Systems deutlich größer als seine Vorteile. Daher sind alle in diesem Merkblatt vorgeschlagenen Fütterungsmaßnahmen in einem Rahmen angesiedelt, in dem der Kohlenstoffkreislauf geschlossen und die Konkurrenz mit der menschlichen Ernährung gering ist.

Die Entstehung von CH_4 im Verdauungstrakt des Wiederkäuers ist unvermeidbar und notwendig für die spezialisierten Verdauungsprozesse pflanzlicher Faserbestandteile. **Dennoch sind effiziente Maßnahmen zur Minderung der enterischen CH_4 -Emissionen dringend erforderlich.** Der vorrangige Ansatz die CH_4 -Produktion aus der Milch- und Rindfleischproduktion zu senken besteht daher fütterungsbasierte Maßnahmen. Dabei lässt sich zwischen Fütterungsstrategien, z.B. Einsatz bestimmter Futtermittel, Rationsgestaltung sowie dem gezielten Einsatz von CH_4 -hemmenden Futtermittelzusatzstoffen unterscheiden. Grundsätzlich gilt es jedoch zu bedenken, dass eine methanreduzierende Fütterung nur begrenzt Auswirkungen hat und eine Kombination von verschiedenen Maßnahmen auf Betriebs- und Managementebene (Herden- und Gülle-Management) erforderlich ist, um die Emission gesamtbetrieblich zu senken und den Kohlenstoff- bzw. CH_4 -Kreislauf zu schließen (Abb. 1). Dennoch lohnt es sich mit Maßnahmen vor und bei der Fütterung anzusetzen, da CH_4 , welches erst gar nicht entsteht, auch später nicht reduziert werden muss.

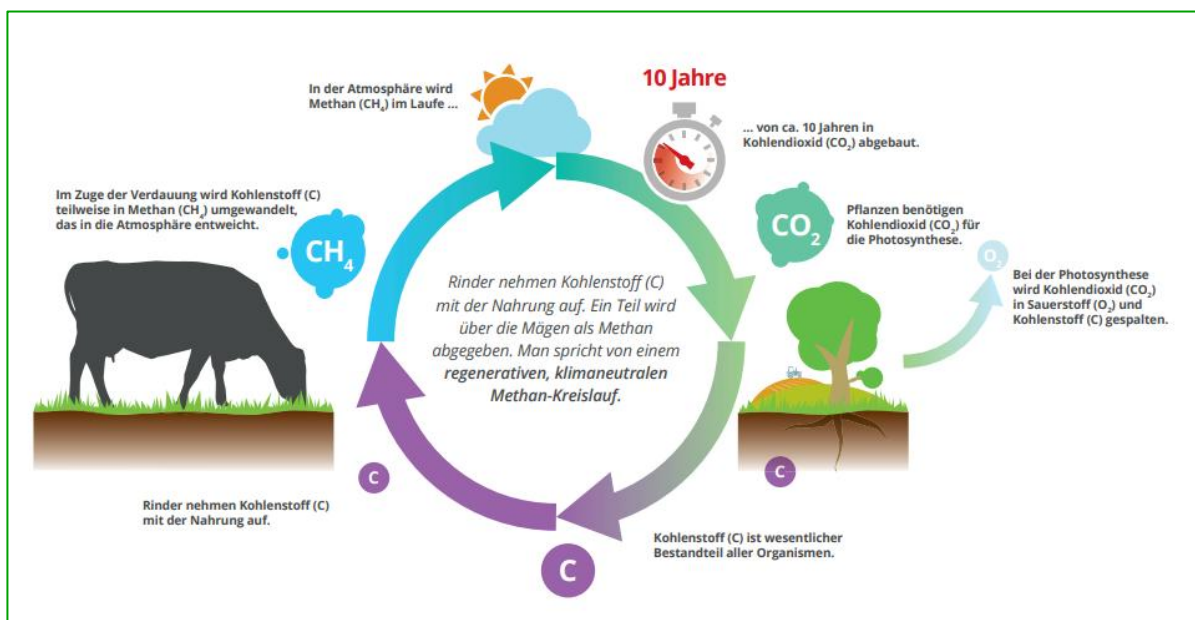


Abbildung 1: Regenerativer Methankreislauf in der Rinderfütterung [7].

Ziel dieses Datenblatts ist es, einen Überblick und Wissen zum Thema methanreduzierende Fütterungsstrategien zu vermitteln, was unter anderem in Diskussionen in diesem Bereich hilfreich sein kann. Wesentliche Grundlage für dieses Datenblatt sind unter anderem die wissenschaftlichen Übersichtsarbeiten von Arndt et al. [4] (inkl. Meta-Analyse zur Quantifizierung des Reduktionspotenzials verschiedener Maßnahmen), Beauchemin et al. [5] sowie Hegarty et al. [6] zum Thema CH_4 -senkende Strategien, Förderungsmaßnahmen und CH_4 -Inhibitoren (Substanzen, die die CH_4 -Bildung reduzieren). Weitere Maßnahmen und Strategien zur Senkung der CH_4 -Emissionen auf Betriebs- und Managementebene werden gesondert im Datenblatt «Strategien zur Methanreduktion in der Milchviehhaltung» beschrieben.

Entstehung von Methan im Rind

Der überwiegende Anteil der Kohlenhydrate (Zellulose, Hemizellulosen, Stärke, Fruktane, Zucker und andere) wird mikrobiell im Pansen abgebaut (Fermentation). Endprodukte dieses mikrobiellen Abbaus sind flüchtige Fettsäuren (vorrangig Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure) sowie die Gase Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄).

Während des mikrobiellen Kohlenhydratabbaus wird Wasserstoff (H₂) freigesetzt. Um eine übermäßige Ansammlung an Wasserstoff im Pansen zu verhindern, nutzen methanogene Archaeen den überschüssigen H₂ und CO₂, um CH₄ zu produzieren (Methanogenese) und stellen so das Gleichgewicht der Fermentationsbedingungen im Pansen sicher [8].

Die flüchtigen Fettsäuren werden über die Pansenwand resorbiert, zu den entsprechenden Geweben transportiert und stellen die Hauptenergiequelle der Wiederkäuer dar. Die gebildeten Gase werden mit dem Ruktus ausgeschieden. Dabei geht dem Tier über das CH₄ auch ein beträchtlicher Anteil an Futterenergie verloren (im Mittel zwischen 5 – 7 % der aufgenommenen Bruttoenergie) [8].

Je nach Zusammensetzung und Verarbeitungsgrad der Kohlenhydrate im Futter variiert der Anteil der Abbauprodukte im Pansen. Methan entsteht vor allem beim Abbau von Kohlenhydraten zu Essigsäure, da bei diesem Abbauweg mehr Wasserstoff freigesetzt wird. Dies ist vor allem bei zellulose- bzw. rohfaserreichen Rationen der Fall, während stärke- und zuckerreiche Rationen (Getreide- und Konzentratfutter) das Verhältnis zugunsten der Propionsäurebildung verschieben. Bei der Bildung von Propionsäure wird Wasserstoff verbraucht, sodass es weniger Wasserstoff für die Bildung von CH₄ zur Verfügung steht [9].

Darüber hinaus beeinflussen die Höhe der Futteraufnahme, die Faser- und Fettgehalte der Ration sowie die Passagerate des Futters die CH₄-Bildung: Mit steigendem Futterniveau nimmt die Passagerate zu, was gleichzeitig zu einem Rückgang des CH₄-Ausstosses pro kg Futteraufnahme führt [8, 10]. Zwischen der Futteraufnahme und der CH₄-Abgabe sind jedoch nicht linear, und der Rückgang des CH₄-Ausstosses wird mit steigendem Futterniveau kleiner [8].

Wichtige Kennzahlen zur Bewertung der CH₄-Emissionen sind unter anderem:

CH₄ absolut (**CH₄abs**): g CH₄ pro Tier und Tag

CH₄-Ertrag (**CH₄E**): g CH₄ pro kg Futteraufnahme

CH₄-Intensität (**CH₄I**): g CH₄ pro kg energiekorrigierte Milch (ECM; **CH₄I_M**) oder Fleisch (**CH₄I_F**)

Die CH₄I gewinnt zunehmend an Bedeutung und ist die wichtigste Kennzahl zur Beurteilung der CH₄-Emissionen. Ziel der CH₄-Minderungsmaßnahmen sollte sein, sowohl die absoluten als auch produktbasierten Emissionen bei gleichbleibender oder steigender Tierleistung zu senken [4]. Dabei sollten nachhaltige Strategien zur Senkung der enterischen CH₄-Emissionen sollten weder ökologische noch sozioökonomische Zielkonflikte aufweisen oder sich negativ auf die tierische Leistung auswirken [5].

Verdaulichkeit und Leistung aus dem Raufutter optimieren

Wirkungsweise

- Optimierung der Leistung aus dem **Raufutter** ermöglicht Reduktion des Konzentratfutters bei gleichbleibender Leistung
- Steigerung der Milchleistung aus dem Raufutter → damit einhergehend steigt die Gesamtleistung
- Verbesserung der Verdaulichkeit des Raufutters → Futteraufnahme und Leistung steigen → CH_4E und CH_4I sinken [5]
- Erhöhung der Futteraufnahme: Passagerate des Futters erhöht → weniger Zeit im Pansen für mikrobiellen Abbau, aber CH_4abs steigt durch höhere Futteraufnahme und Faserverdaulichkeit sinkt.
- Grasreife senken: erhöht Milchleistung vermutlich durch bessere Verdaulichkeit → CH_4I sinkt.

Reduktionspotenzial

- Reduktion der vorgelagerten THG-Emissionen aus Konzentratfutterproduktion [11]
- Höhere Gesamtleistung → Anzahl Milchkühe kann verringert werden → CH_4abs sinkt [11].
- Optimierung der Leistung aus dem Raufutter nutzt den Vorteil des Wiederkäuers als Raufutterverwerter → wesentlich für Schliessung des Kohlenstoffkreislaufs.
- Erhöhung der Futteraufnahme: effektive Strategie zur Senkung produktbezogener CH_4 -Emissionen [4]:
 - $\text{CH}_4\text{I}_\text{M}$: -17 %; $\text{CH}_4\text{I}_\text{F}$: keine Daten verfügbar;
- Reduzierte Faserverdaulichkeit kann u.U. CH_4 -Emissionen aus Hofdünger erhöhen (weitere Studien erforderlich).
- Grasreife senken: effektive Strategie zur Senkung produktbezogener CH_4 -Emissionen [4]:
 - $\text{CH}_4\text{I}_\text{M}$: -13 %; $\text{CH}_4\text{I}_\text{F}$: keine Daten verfügbar.



Quelle: LKV BW

Verdaulichkeit und Leistung aus dem Raufutter optimieren

Kontext

- Für Stall- und Weidesysteme geeignet.
- Raufutterverdaulichkeit von Heu und Silage verbessern durch: optimalen Schnittzeitpunkt [5].
- Weidesysteme: Weidemanagement optimieren: angepasste Besatzdichte, überständigen Aufwuchs vermeiden, um Grasreife zu senken [5].
- Optimale phänologische Stadien für Beweidung und Futterernte beachten (siehe auch Datenblatt zur „Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden anhand von Temperatursummen“)
- Verbesserte Verdaulichkeit mit anderen Maßnahmen kombinieren → zur Beurteilung der gesamtbetrieblichen THG-Bilanz sind im Zusammenhang u.a. Tier- und Lebensleistung, Menge und Zusammensetzung des Hofdüngers, Raufutterertrag sowie der Einsatz an Betriebsmitteln zu berücksichtigen [5].
- Junges Gras: höhere N-Gehalte beachten und ggf. ausbalancieren → kann N-Emissionen erhöhen [5].
- Optimierungsmöglichkeiten bei der Leistung aus dem Raufutter betriebsindividuell betrachten → Beratung miteinbeziehen Futterplanungs- und Klimatools nutzen [11].

Wiederkäuer = Raufutterverwerter → eine optimale Raufutterversorgung und -qualität sollte aufgrund der ernährungsphysiologischen Sonderstellung von Wiederkäuern immer die Grundlage für alle weiteren Massnahmen bilden.

Rationszusammensetzung

Wirkungsweise

- **Erhöhung des Stärkeanteils** durch höhere Anteile Maissilage oder stärkereiche Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie: Verschiebung des Verhältnisses flüchtiger Fettsäuren von Essig- zu Propionsäure → die Methanogenese wird gesenkt [5; 9] + Absenkung des Pansen-pH hemmt die Aktivität faserabbauender Bakterien und Protozoen [8].

Reduktionspotenzial

- CH₄IM (pro kg ECM) -2 % je 1 % Anstieg an Nicht-Faser-Kohlenhydraten (Stärke, Zucker, Pektin) sinkt die CH₄-Emission pro kg ECM um 2 %; maximale Reduktion von bis 15 % möglich [9].
- Reduzierte Aktivität faserabbauender Bakterien und Protozoen → mehr unverdaute Faser in der Gülle → höhere CH₄-Emissionen aus der Gülle möglich [8].

Kontext

- V.a. für Stallsysteme geeignet.
- **Höhere Stärkeaufnahme:** erhöhtes Risiko für Pansenazidosen → Strukturwirksamkeit der Ration, auch bei höheren Maissilageanteilen gewährleisten!
- **Erhöhte Flächenkonkurrenz:** Rolle von Rindern als Grünlandverwerter berücksichtigen! → Erhöhung des Maissilageanteils = Zielkonflikt zur Milchproduktion aus Gras.
- Vermehrter Einsatz von **Nebenprodukten** aus der Lebensmittelindustrie kann Nahrungsmittelkonkurrenz vermeiden (gegenüber Konzentratfüttereinsatz).
- Max. 25 % Maissilage in der Gesamtration (pro kg Trockenmasse/-substanz) sind vorteilhaft → höhere Anteile erfordern u.U. Einsatz zusätzlicher, (importierter) Proteinträger → mögliche negative Auswirkungen auf Gesamt-THG-Bilanz/Nachhaltigkeit bedenken [13].

Source : LKV BW

Grünlandzusammensetzung

Wirkungsweise

- **Tanninreiche Futterpflanzen:** siehe Wirkungsweise Tannine (Seite 11)
- **Mehrjährige Leguminosen:** niedrigere NDF-Gehalte als Gräser in vergleichbarem physiologischem Stadium + manche Arten sind tannin- und saponinhaltig → Erhöhung des Nährstoffgehaltes der Ration → höhere Leistung → Reduktion von CH₄I
- **Hochzuckerhaltige Weidel-/Raygras-Sorten (*Lolium perenne* L.):** hohe Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten und geringerer Proteingehalt → verringert Essigsäure:Propionsäure-Verhältnis [5].

Reduktionspotenzial

- **Tanninreiche Futterpflanzen** als effektive Strategie zur Senkung der absoluten CH₄-Emissionen [4]:
- CH₄I_M: -18 % / CH₄I_F: keine Daten vorhanden;
- CH₄abs: -12 %;
- CH₄E: -10 %;
- Reduzierte Faserverdaulichkeit: -7 % → kann u.U. CH₄-Emissionen aus der Gülle erhöhen.
- Reduktionspotenzial variiert je nach Art: *Sericea lespedeza* (*Lespedeza cuneata*) und *Lotus* (*Lotus corniculatus* und *Lotus pedunculatus*) besonders effektiv, ohne die Futteraufnahme negativ zu beeinflussen.
- **Mehrjährige Leguminosen:** Reduktionspotenzial schwer quantifizierbar und abhängig von Anteil in der Ration, Futteraufnahme und -qualität, phänologischem Pflanzenstadium, Verdaulichkeit.
- **Hochzuckerhaltige Gräser:** CH₄E: -0.311 g/kg Futteraufnahme pro 10 g/kg TM Anstieg wasserlöslicher Kohlenhydrate [5].
- Reduktionspotenzial durch Konservierung als Heu oder Silage reduziert [15].

Kontext

- Für Weidesystem geeignete Strategie.
- **Tanninreiche Futterpflanzen** können u.U. weniger schmackhaft sein → Reduktion der Futteraufnahme [4] sowie der Verdaulichkeit [14] → Rationsanteil dadurch begrenzt.
- Tannine können an Proteine binden und die Abbaubarkeit im Pansen reduzieren → siehe Seite 11.
- **Mehrjährige Leguminosen** können positiv zur N-Versorgung beitragen und Einsatz zugekaufter (importierter) Proteinträger reduzieren; fixieren N im Boden und können Kohlenstoffspeicherung im Boden fördern → insgesamt komplexe Wechselwirkungen [5].
- **Hochzuckerhaltige Gräser:** weitere Forschung zum Reduktionspotenzial, Ernteertrag und Tierleistung in unterschiedlichen Produktionssystemen erforderlich [5].

Einsatz von Futterfetten und Ölsamen

Wirkungsweise

- Mittelkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren aus Pflanzenölen (Sonnenblumen-, Lein- und Rapsöl).
- Toxisch für Methanogene und Protozoen; Förderung der Propionatbildung + Biohydrogenierung (Anlagerung von H₂) ungesättigter Fettsäuren verbraucht H₂, welcher dann nicht mehr für die CH₄-Bildung zur Verfügung steht [5].
- Anteil an nicht-fermentierbarer, aber hochverdaulicher Energie in der Ration steigt, während Futteraufnahme und Faserverdaulichkeit sinken [4].
- Wirkung u.a. abhängig von Fettsäuremuster der Grundration, Grund- zu Konzentratfutteranteil, Verarbeitung, Fettquelle und Einsatzmenge [16].

Reduktionspotenzial

- **Öle und Fette** als effektive Strategie zur Senkung der absoluten CH₄-Emissionen [4]:
- CH₄I_M: -12 % / CH₄I_F: -22 %;
- CH₄abs: -19 %;
- CH₄E: -15 %;
- Reduzierte Faserverdaulichkeit: -4 % → kann u.U. CH₄-Emissionen aus der Gülle erhöhen;
- Futteraufnahme: -6 %.
- Kein Einfluss auf die Milch-/Mastleistung durch hohen Energiegehalt der Fette und Öle.
- **Ölsamen** (gebrosen/gequetscht) als effektive Strategie zur Senkung der absoluten CH₄-Emissionen [4]:
- CH₄I_M: -12 % / CH₄I_F: kein Effekt;
- CH₄abs: -20 %;
- CH₄E: -14 %;
- Reduzierte Faserverdaulichkeit: -8 % → kann u.U. CH₄-Emissionen aus der Gülle erhöhen.
- Negativer Effekt auf Mastleistung → Einsatz nur in der Milchproduktion empfohlen.
- Fettergänzung: Rückgang des CH₄E von ca. 4 % pro 10 g/kg TM zusätzlicher Fettmenge, abhängig von der Quelle [5].
- Hinweise auf eine langfristig anhaltende methanogene Wirkung vorhanden [5].

Kontext

- Fettgehalt der Ration max. 60 g/kg TM (bei Einsatz geschützter Fette, sonst 40 g/kg TM) [8] → ansonsten zu nachteiligen Auswirkungen auf die Pansenfermentation, Verdauung, Faserverdaulichkeit und Leistung möglich [5].
- Langkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren können das Fettsäureprofil von Milch und Fleisch für die menschliche Ernährung verbessern.
- Einsatz ist mitunter teuer; gleichzeitig erhöhen Anbau, Verarbeitung und Transport die THG-Emissionen aus der Futtermittelproduktion [16; 17], aber enterische Fermentation hat größeren Einfluss auf THG-Emissionen [4].
- Nahrungsmittel- und Flächenkonkurrenz nimmt durch Anbau von Ölsamen zu.

3-Nitrooxypropanol (3-NOP)

Wirkungsweise

- Blockiert die Aktivität des Schlüsselenzyms (Methyl-Coenzym-M-Reduktase) im letzten Schritt der Methanogenese der Archaeen [5].
- Nur geringen Dosen (60 bis 200 mg/kg TM) notwendig, aber Wirkungsweise von 3-NOP ist zeitlich begrenzt (max. 6 h) → kontinuierliche Aufnahme des Futtermittelzusatzes über das Futter erforderlich [6].

Reduktionspotenzial

- Sehr hohes Reduktionspotenzial [6]¹.
- Einsatz von CH₄-hemmenden Futtermittelzusatzstoffen (insbes. 3-NOP) ist eine effektive Strategie zur Senkung der absoluten CH₄-Emissionen [4].
- CH₄abs: etwa -30 % (bei typischen Aufnahmemengen in der Rindermast (144 ± 82,3 mg/kg TM) und Milchkuhhaltung (81 ± 41,2 mg/kg TM)) [5].
- Größeres Reduktionspotenzial bei Milchkühen als bei Fleischrindern [5].
- Reduktionspotenzial ist dosisabhängig [5] und u.U. rassespezifisch [18].
- Reduktionseffizienz nimmt mit steigendem NDF-Gehalt der Ration ab [5].

Kontext

- Aktuell vielversprechendster und effektivster Futterzusatzstoff ohne negative Auswirkungen auf die Leistung der Tiere.
- In der EU und der Schweiz ist 3-NOP seit 2022 als Futtermittelzusatzstoff zugelassen (Bovaer®, vermarktet von DSM).
- Wirksamkeit wurde in > 20 Labor- und Fütterungsversuchen belegt, jedoch bisher ausschliesslich im Rahmen von TMR-Rationen → Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Systeme mit hohem Weideanteil wird aktuell untersucht.
- Einsatz von 3-NOP erhöht den Milchfettgehalt [4].

¹CH₄-Reduktionspotenzial: >25 %: sehr hoch; >15 – 25 %: hoch; >5 – 15 %: mittel; ≤5 %: gering [6].

Rote Meeresalgen

Wirkungsweise

- Anreicherung von Bromoform (= bioaktiven Substanz) in **roten Meeresalgen** (z.B. *Asparagopsis taxiformis* und *Asparagopsis armata*) → hemmt indirekt, durch eine Reaktion mit Vitamin B₁₂, den letzten Schritt der Methanogenese [5].

Reduktionspotenzial

- Sehr hohes Reduktionspotenzial [6].
- Rückgang CH₄abs zwischen 9 und 98 % [5].
- Reduktionseffizienz abhängig vom Bromoformgehalt der Algen und der Rationszusammensetzung (bessere Wirkung in Konzentratfutter-betonten Rationen) [5].
- Bedenken vorhanden, dass *Asparagopsis* auf lange Sicht an Wirkung verlieren könnte [5].

Kontext

- Evtl. Dosisabhängige Reduktion der Futteraufnahme, gleichzeitig positive Auswirkungen auf Tierleistung möglich.
- Weitere Studien insbesondere bei Fütterung von Teil-Misch-Rationen und für weidebasierte Systeme notwendig [19].
- Bromoform wird als möglicherweise krebserregend eingestuft → keine Rückstände in Milch oder Fleisch bei Einsatzmengen von <5 g/kg TM bisher nachgewiesen [5].
- Hoher Jod-Gehalt begrenzt ebenfalls die Einsatzmengen [4].
- Zur Beurteilung der Gesamt-THG-Bilanz: Berücksichtigung vorgelagerter Emissionen (Produktion, Ernte, Verarbeitung, Lagerung und Transport) [5].



Quelle: Wikipedia/Jean-Pascal Quod/CC BY-SA 3.0

Tannine (Gerbstoffe)

Wirkungsweise

- **Tannine** (= polyphenolische Verbindungen; Unterteilung in hydrolysierbare und kondensierte Tannine): direkte Hemmung von Methanogenen und indirekt durch Reduktion der Protozoenanzahl, welche in Symbiose mit Methanogenen leben [5].

Reduktionspotenzial

- Niedriges Reduktionspotenzial [6].
- **Tannine**: linearer Rückgang des CH₄E von 3.53 % je Zugabe von 10 g/kg TM. bei gleichzeitigem Rückgang der Verdaulichkeit der organischen Masse [5].
- CH₄-Reduktion u.U. auch auf Rückgang der Futteraufnahme und Nährstoffverdaulichkeit zurückzuführen → Beeinträchtigung der Leistung möglich [5].
- Reduktionspotenzial ist abhängig von der Tanninquelle, -klasse, dem Molekulargewicht der Tannine und des Pansenmikrobioms [5].

Kontext

- Auswirkungen auf die Futteraufnahme, Verdaulichkeit, Tierleistung und Gesundheit unklar [5].
- Hydrolysierbare Tannine scheinen effektiver zu wirken, aber Entstehung giftiger Stoffwechselprodukte beim Abbau im Darm → max. Einsatzmenge hydrolysierbarer Tannine: 30 g/kg TM [5].
- Tannine können Proteine binden → Verbesserung der N-Effizienz + Reduktion der N-Verluste über den Urin sowie Ammoniak- und Lachgasemissionen [20].
- Einsatz tanninhaltiger Pflanzen und Leguminosen → Einsatz in weidebasierten Produktionssystemen denkbar.



Quelle: <https://www.pflanzen-vielfalt.net/>

Beispiele für Tanninhaltige Futterpflanzen: Esparsette, Hornklee

Ätherische Öle

Wirkungsweise

- **Ätherische Öle** = komplexe flüchtige sekundäre Pflanzenstoffe, die für den typischen Geruch und Aroma verantwortlich sind.
- In extrahierter und konzentrierter oder synthetisch hergestellter Form können sie antimikrobielle Aktivitäten gegen Bakterien und Pilze ausüben [5].

Reduktionspotenzial

- Niedriges Reduktionspotenzial [6].
- Viele ätherische Öle zeigen bei hohen Einsatzmengen *in vitro* methanhemmende Eigenschaften → *in vivo* nicht umsetzbar.
- Langzeitwirkung und mögliche Anapassung der Pansenmikroben an diese Stoffe: unbekannt.
- Rückgang der CH₄-Emissionen bei 1 g/Tag Agolin (Mischung verschiedener ätherischer Öle, Agolin Ruminant; Agolin SA) [21]:
- CH₄abs: -9 %;
- CH₄E: -13 %;
- CH₄I_M: -10 %.

Kontext

- >3000 ätherische Öle → umfassender Forschungsbedarf zu Dosierung, Kombination und Einsatz unter *in vivo* Bedingungen [5].
- Vorsicht geboten bei hohen Einsatzmengen, aber bei empfohlenen Einsatzmengen nur geringes Vergiftungsrisiko [5].
- Agolin kann Milchleistung (+4 %) und Futtereffizienz (+4 %) verbessern [21].
- Wirkungsmechanismus von Agolin bisher nicht geklärt und Studienlage begrenzt [21].

Direkt gefütterte Mikroorganismen

Wirkungsweise

- Veränderung der Pansenfermentation durch lebende Mikroorganismen: leiten vorhandenen H_2 in alternative Wege um → kann nicht mehr zur Methanogenese genutzt werden [5].
- Verwendung von Bakterien, die das Wachstum von Methanogenen hemmen [5].

Reduktionspotenzial

- Niedriges Reduktionspotenzial [6].
- Variable Effekte auf die CH_4 -Emissionen, aber mitunter Verbesserung der Milchleistung → Senkung der $CH_4|_M$ möglich [5].
- CH_4 -senkende Effekte nur in Ausnahmefällen in Fütterungsversuchen bestätigt [5] (u.a. wegen geringer Wirksamkeit, keine Wiederholbarkeit der Studien).

Kontext

- Unklar, ob Zugabe von Mikroorganismen zur CH_4 -Hemmung ggf. nachteilige Effekte auf die Tierleistungen hat → weitere Untersuchungen bezüglich des Einflusses auf die Verdaulichkeit und die Güllezusammensetzung sowie die Dosierung notwendig [5].



Quelle: LKV BW

- Es ist ein **ganzheitlicher Ansatz** erforderlich, um eine nachhaltige Milch- und Fleischproduktion zu erreichen. Dabei gilt es, sich von der reinen Betrachtung der CH₄-Emissionen zu lösen und die gesamte THG-Bilanz in den Fokus zu rücken.
- Es ist zu berücksichtigen, dass eine Strategie/Massnahme allein nicht zielführend ist, sondern eine **Kombination verschiedener Massnahmen**, sowohl auf Fütterungs- als auch auf Betriebsebene, anzustreben ist, um das Reduktionspotenzial effizient ausnutzen zu können.
- Die erwartete CH₄-Reduktion muss immer **einerseits absolut** (pro Tier und Tag) und **andererseits auf die Intensität** (pro Einheit des tierischen Produkts) betrachtet werden. Manche Strategien führen voraussichtlich zu einer unmittelbaren Minderung, zum Beispiel die Verwendung spezieller Futtermittelzusätze. Andere verursachen eher schrittweise Wirkungen im Laufe der Zeit, z. B. die Optimierung der Milchleistung aus dem Raufutter, wodurch die produktbezogenen Emissionen sinken, aber auch eine Reduktion der Tieranzahl denkbar ist.
- Die Auswirkungen der CH₄-Minderungsstrategien müssen auf die **Emissionen anderer Treibhausgase** (sowohl in den vor-, als auch nachgelagerten Bereichen) bewertet werden. Zu den vorgelagerten Veränderungen zählen z.B. die direkte und indirekte Freisetzung von Kohlendioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O) beim Pflanzenwachstum und bei der Herstellung von spezifischen Futtermitteln, bestimmten Futtermittelzusätzen oder anderen Produkten. Änderungen können z.B. auch CH₄ - und N₂O - Emissionen aus der Gülle betreffen. Zudem sind Veränderungen in der Pflanzenproduktion und im Weidemanagement ggf. mit einem Einfluss auf die Kohlenstoffbindung in den Böden verbunden.
- Es müssen auch die Auswirkungen der CH₄-Minderungsstrategien auf die **Fleisch- und Milchproduktion** sowie die **Futtereffizienz** bewertet werden.
- **Langzeitstudien** zum Einsatz von CH₄-hemmenden Futtermittelzusätzen sind **oftmals nicht vorhanden**. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, ob und inwieweit sich das Pansenmikrobiom über die Dauer der Verabreichung anpasst und das Reduktionspotenzial somit begrenzt wird.
- **Spezialfall Biobetriebe**: Fütterungstechnische Situation: viel Grünland, wenig Mais und Zukäufe, viele Zusätze sind nicht erlaubt → Betrachtung CH₄-Ausscheidung fütterungstechnisch hier wahrscheinlich schlechter, die CH₄-Bilanz gesamtbetrieblich vielleicht auch schlechter durch eine geringere Milchleistung. Aber THG-Bilanz gesamtbetrieblich wahrscheinlich eher besser durch weniger CO₂-Äquivalente aus dem vorgelagerten Bereich, wie Zukäufe, etc.
- Weiterhin sind Bedenken in Bezug auf die **potenzielle Toxizität** für Tiere, Menschen sowie ggf. Rückstände in tierischen Erzeugnissen und in Bezug auf die Umwelt zu berücksichtigen.
- Potenzielle Hindernisse für die Einführung einer Minderungsstrategie: je nach **Betrieb, Region und Land** sehr unterschiedlich. Dazu gehören biologische (Zugänglichkeit, Sicherheit), wirtschaftliche (Kosten, fehlende Anreize), rechtliche, ökologische und gesellschaftliche Aspekte (Widerstand gegen Veränderungen, technische Unterstützung, Verbraucherakzeptanz).

- 1 EAA, 2023: Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2021 and inventory report 2023. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-2>. Aufgerufen am 08.08.2024.
- 2 EAA, 2022: Methane emissions in the EU: the key to immediate action on climate change. <https://www.eea.europa.eu/publications/methane-emissions-in-the-eu>. Aufgerufen am 08.08.2024
- 3 IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- 4 Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., Cueva, S. F., ... & Yu, Z. (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. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(20), e2111294119.
- 5 Beauchemin, K. A., Ungerfeld, E. M., Abdalla, A. L., Alvarez, C., Arndt, C., Becquet, P., ... & Kebreab, E. (2022). Invited review: Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science*, 105(12), 9297-9326.
- 6 Hegarty R.S., Cortez Passetti R.A., Dittmer K.M., Wang Y., Shelton S., Emmet-Booth J., Wollenberg E., McAllister T., Leahy S., Beauchemin K., Gurwick N., 2021, [online], An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) and the New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC) initiative of the Global Research Alliance (GRA). URL: <https://globalresearchalliance.org/library/methane-inhibiting-feed-additives-report-nov-2021/> (abgerufen am 29.05.2024). 104 Seiten.
- 7 Dialog Rind und Schwein (2021): Regenerativer Methankreislauf in der Rinderfütterung. BRS-Facts. Bundesverband Rind und Schwein e.V. (BRS). <https://www.dialog-rindundschwein.de/rinderfakten/regenerativer-methankreislauf-in-der-rinderfuetter.html>. Aufgerufen am 08.08.2024.
- 8 GfE (2023): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- 9 Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, 97(6), 3231-3261.
- 10 DLG (2023): Im Fokus: Methan bei der Milchkuh – Methanausweisung im Rahmen der Milchleistungs- bzw. Milchgüteprüfung und Nutzung als Benchmark. DLG-Merkblatt 491. DLG, Frankfurt am Main.
- 11 AGRIDEA (2022). Technischer Bericht. Herleitung der Bewertung der Klimaschutzmassnahmen. https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Changement_climatique/Technischer_Bericht_Final_13012022.pdf. Aufgerufen am 08.08.2024.
- 12 Gerster, E., & Fey, S. (2022): Projekt MethaKuh. *Landinfo 1*, 32-34. https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/site/pbs-bw-new/get/params_Dattachment/10589578/2022-1_Landinfo_Projekt-MethaKuh-Teilergebnis-Anteil-Gras-Maissilage_Gerster-Fey.pdf. Aufgerufen am 08.08.2024.
- 13 SPAD - Systèmes de Production Agricole Durables (Interreg France-Suisse projet), 2023. Étape 2 : Construire une échelle de durabilité qui englobe les aspects économiques, environnementaux et sociaux – Systèmes lait avec ensilage. Document technique.
- 14 Loza C, Verma S, Wolfram S, Susenbeth A, Blank R, Taube F, Loges R, Hasler M, Kluß C, Malisch CS. Assessing the Potential of Diverse Forage Mixtures to Reduce Enteric Methane Emissions In Vitro. *Animals (Basel)*. 2021 Apr 14;11(4):1126. doi: 10.3390/ani11041126. PMID: 33920009; PMCID: PMC8071023.
- 15 Staerfl, S. M., Amelchanka, S. L., Kälber, T., Soliva, C. R., Kreuzer, M., & Zeitz, J. O. (2012). Effect of feeding dried high-sugar ryegrass ('AberMagic') on methane and urinary nitrogen emissions of primiparous cows. *Livestock Science*, 150(1-3), 293-301.
- 16 Patra, A. K. (2013). The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis. *Livestock science*, 155(2-3), 244-254.
- 17 Patra, A. K. (2014). A meta-analysis of the effect of dietary fat on enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in sheep, and a comparison of these responses between cattle and sheep. *Livestock Science*, 162, 97-103.
- 18 Ma, X., Räisänen, S. E., Garcia-Ascolani, M. E., Bobkov, M., He, T., Islam, M. Z., ... & Niu, M. (2024). Effects of 3-nitrooxypropanol (3-NOP, Bovaer® 10) and whole cottonseed on milk production and enteric methane emissions from dairy cows under Swiss management conditions. *Journal of Dairy Science*.
- 19 Lean, I. J., Golder, H. M., Grant, T. M., & Moate, P. J. (2021). A meta-analysis of effects of dietary seaweed on beef and dairy cattle performance and methane yield. *PLoS One*, 16(7), e0249053.
- 20 Hristov, A. N., Melgar, A., Wasson, D., & Arndt, C. (2022). Symposium review: Effective nutritional strategies to mitigate enteric methane in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 105(10), 8543-8557.
- 21 Belanche, A., Newbold, C. J., Morgavi, D. P., Bach, A., Zweifel, B., & Yáñez-Ruiz, D. R. (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(4), 620.