

Effiziente Milchviehfütterung durch Raufutterbewertung, Rationsplanung und Fütterungskontrolle

Dieses Faktenblatt wurde im Rahmen des Pilotprojekts «Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden» erarbeitet und die Resultate werden im Schlussbericht zum Monitoring durch Agroscope eingeordnet.

Eine effiziente und bedarfsgerechte Fütterung bildet die Grundlage für ressourcenschonende und klimafreundliche Wiederkäuersysteme. Die Qualität und Verdaulichkeit des Wiesen- und Weidefutters bestimmen wesentlich die Futteraufnahme der Tiere und die Rationsgestaltung. Durch eine präzise Rationsplanung, ausgewogene Energie-Protein-Versorgung und regelmässige Futterbewertung lassen sich Futtereffizienz, Tierleistung und Treibhausgasintensität verbessern. Eine absolute Reduktion der Treibhausgasemissionen ist dadurch nicht zwingend zu erwarten; vielmehr steht die Verbesserung der Produktionseffizienz und die Verringerung der Treibhausgasintensität im Vordergrund. Eine laufende Fütterungskontrolle, etwa über Milchleistungs- und Milchinhaltsstoffdaten, ermöglicht es, Optimierungspotenziale zu erkennen und zu realisieren.

Monitoring: Die Umsetzung effizienter Rindviehfütterung lässt sich u.a. anhand vorliegender Futteranalysen, optimierter Rationspläne und regelmässiger Fütterungskontrollen überprüfen. Werden betriebliche Fütterungs- und Leistungsdaten systematisch erfasst, lassen sich daraus zentrale Indikatoren und modellbasierte Emissionsabschätzungen ableiten. Diese bilden die Grundlage, um Optimierungspotenziale zu identifizieren. Eine wirksame Minimierungskontrolle erfordert zudem die Integration geeigneter Fütterungsmodelle in die verwendeten Bilanzierungs- und Reportinginstrumente.

Empfehlungen: Für eine nachhaltige Effizienzsteigerung sollten Rationen gezielt an den Bedarf einzelner Tiere und an die betrieblichen Gegebenheiten angepasst werden. Dies gelingt am besten in enger Zusammenarbeit mit fachkompetenter, unabhängiger Fütterungsberatung. Die Förderung solcher Beratungsangebote sowie die Stärkung von Aus- und Weiterbildung in Fütterung, Futterbau und -konservierung sind zentrale Erfolgsfaktoren. Die Qualität des Grundfutters sowie einheitliche, praxisnahe Ertrags- und Qualitätsdaten sind systematisch zu erfassen, damit eine präzise Rationsplanung möglich wird. Eine ausgewogene Rationsgestaltung trägt nicht nur zur Emissionsminimierung, sondern auch zur Tiergesundheit, Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit der Betriebe bei.

Vertrauen in die Wirksamkeit	Hohe Übereinstimmung & Robuste Evidenz
Zeithorizont	Sofort wirksam
Technische Bereitschaft	Anwendungsbereit
Annahmen Skalierung Graubünden	Es sind nicht zwingend absolute Emissionsreduktionen zu erwarten; vielmehr kann sich die Produktionseffizienz verbessern.
Potenzial Graubünden	-



Inhalt

1	Emissionsprozess	1
2	Technisches Potenzial	1
2.1	Wirkungsmechanismus der Minderungsmassnahme	1
2.2	Technisches Potenzial der Minderungsmassnahme	4
2.3	Vertrauen in die Wirksamkeit	4
3	Systembetrachtung.....	5
3.1	Synergien.....	5
3.2	Limitierungen, Zielhierarchien	5
3.3	Kostenbetrachtungen	6
4	Überlegungen zum umsetzbaren Potential Kanton Graubünden	6
4.1	Erfahrungen aus den Pilotprojekten	7
5	Förderung und Überwachung	8
5.1	Monitoring, Reporting and Verifikation	8
5.2	Existierende und mögliche weitere Förderprogramme und Instrumente	9
6	Fazit und Empfehlung	10
7	Literatur	11
7.1	Weiterführende Praxisliteratur und Merkblätter.....	11

Impressum

Copyright: Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden, Casis 2026
 Autor:innen: E. Manzocchi, F. Dohme-Meier, C. Zosso und D. Bretscher (Agroscope), M. Rombach (AG-RIDEA), A. Maeschli, C. Notz und F. Leiber (FiBL)
 Fotos: Bilderarchiv Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden oder angegeben
 Datum: Juni 2026

Dieses Faktenblatt wurde im Rahmen des Pilotprojekts «Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden» erarbeitet und die Resultate werden im Schlussbericht zum Monitoring durch Agroscope eingeordnet.



1 Emissionsprozess

In der Tierhaltung entstehen Treibhausgas (THG)- und andere gasförmige Emissionen bei der Produktion der Futter- und Düngemittel (inkl. vorgelagerten Emissionen) bei der Verdauung des Futters, in den Stallungen sowie bei der Hofdüngerlagerung und -ausbringung.

- **Kohlenstoffdioxid (CO₂)**

Kohlenstoffdioxid entsteht hauptsächlich indirekt durch energieintensive Prozesse entlang der Produktionskette. Dazu zählen die Herstellung und der Transport von Futtermitteln, der Einsatz von Maschinen im Futterbau und zur Ausbringung von Hof- und Kunstdünger sowie der Strom- und Heizenergieverbrauch im Stall.

- **Methan (CH₄)**

Methan entsteht durch den natürlichen mikrobiellen Abbau der Futterfasern unter anaeroben Bedingungen im Pansen und im Enddarm des Wiederkäuers (enterische Fermentation), wobei der grösste Teil (fast 90 %) im Pansen gebildet wird. Durch die enterische Fermentation ist der Wiederkäuer in der Lage, die für den Menschen unverdaulichen Futterfasern zu verdauen. Wiederkäuer spielen somit eine zentrale Rolle bei der Erhaltung des Dauergrünlands und dessen Multifunktionalität (Biodiversität, Ressourcenschutz, Kohlenstoffspeicherung und Kulturlandschaft). Zudem entsteht Methan auch bei der Lagerung von Hofdünger.

Zur Quantifizierung der enterischen Methan-Emissionen werden die **CH₄-Produktion** (g CH₄/Tier/Tag), die **CH₄-Ausbeute** (g CH₄/kg TS-Aufnahme) und die **CH₄-Intensität** (g CH₄/kg Milch oder Fleisch) verwendet. Mit steigender Trockensubstanz-Aufnahme und Leistung (Milchleistung, Zuwachs) nimmt die absolute CH₄-Produktion zu, während Ausbeute und Intensität bei höherer Verdaulichkeit der Ration sinken. Die CH₄-Ausbeute von Wiederkäuern variiert typischerweise zwischen 16 und 26 g CH₄/kg Trockensubstanz-Aufnahme (Hristov et al., 2013). Da die CH₄-Intensität mit zunehmender Milch- oder Fleischleistung abnimmt, ist sie eng mit der Produktionseffizienz (Effizienz =

Output/Input) verknüpft. Bei der Milchkuh ist dies z.B. die produzierte Milchmenge geteilt durch die Trockensubstanz-Aufnahme. Je tiefer die CH₄-Intensität ist, desto effizienter werden Milch und/oder Fleisch erzeugt.

- **Lachgas (N₂O)**

Lachgas entsteht vor allem indirekt durch die Ausscheidung von Stickstoff (N) im Harn und Kot. Überschüssiger N wird als Harnstoff ausgeschieden, der bei der Gülle- und Hofdüngerlagerung sowie im Boden zu Ammonium (NH₄⁺), Nitrit (NO₂⁻) und dann zu Nitrat (NO₃⁻) umgewandelt. Dabei entsteht über die Nitrifikation und Denitrifikation N₂O. Auch mineralische Stickstoffdünger tragen dazu bei. Die Menge an N₂O hängt von Bodenfeuchte (mehr Denitrifikation bei nassen Böden), Temperatur, Bodenart und Stickstoffüberschuss ab. Über die Fütterung lassen sich die Stickstoffausscheidung und damit der Stickstoffgehalt im Hofdünger beeinflussen.

- **Ammoniak (NH₃)**

Die Hauptquelle für NH₃-Emissionen in Rindviehställen ist der Harn auf den Laufflächen. Harnstoff wird durch ureaseaktive Mikroorganismen rasch zu NH₃ umgewandelt, insbesondere bei höheren Temperaturen und Windgeschwindigkeiten. Diese kommen auf Flächen vor, die mit Kot oder Kot-Harn-Gemisch verschmutzt sind oder waren. Die NH₃-Emissionen hängen vom Stickstoffgehalt des Harns ab. Niedrigere Gehalte im Harn führen zu geringeren NH₃-Emissionen. Eine Stickstoffoptimierte Fütterung ist eine «beginning-of-pipe»-Massnahme, um NH₃-Emissionen aus Wiederkäuerproduktionssystemen zu mindern. Die NH₃-Emissionen können zu indirekten N₂O-Emissionen führen.

2 Technisches Potenzial

2.1 Wirkungsmechanismus der Minderungs-massnahme

Die Massnahme «Effiziente Fütterung durch Raufuttermittelbewertung, Rationsplanung und Fütterungskontrolle» greift an verschiedenen Stellen im



Betriebsablauf und wirkt über unterschiedliche Mechanismen. **Abbildung 1** zeigt das zugrunde liegende Prinzip.

In wiesen- und weidebasierten Produktionssystemen, wie sie im Kanton Graubünden verbreitet sind, kommt der Qualität des Wiesen- und Weidefutters eine zentrale Bedeutung zu. Eine gezielte Bewertung des betriebseigenen Futters zur Berechnung und Optimierung der Rationen trägt dazu bei, die Futteraufnahme zu verbessern, Futtermittelimporte zu vermeiden und die Effizienz der Fütterung zu steigern.

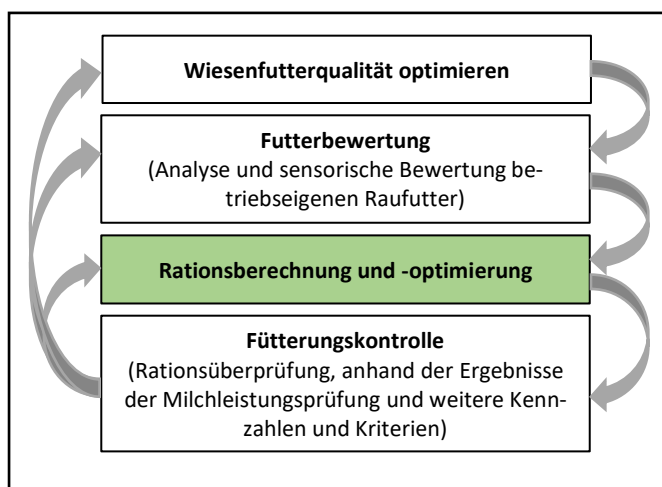


Abbildung 1. Regelkreis zur Optimierung von Milchviehrationen (angelehnt an DLG, 2023)

Rationsberechnung und -optimierung

Ziel der Rationsgestaltung im Kanton Graubünden sollte eine maximale Aufnahme von Wiesen- und Weidefutter durch hohe Futterqualität und passende Darreichungsform sein. Die Rationsberechnung basiert auf der Kenntnis des Nährstoff- und Energiebedarfs der Tiere sowie der Qualität des auf dem Betrieb eingesetzten Wiesen- und Weidefutters (frisch und konserviert). Dabei werden Energie- und Proteinbedarf der Tiere dem Angebot durch das Grundfutter gegenübergestellt, um Defizite oder Überschüsse auf Herden- und Einzeltierbasis zu erkennen.

Besonderes Augenmerk gilt der Versorgung mit Nettoenergie und dünn darmverfügbarem verdaulichem Protein (Mikrobenprotein + pansenbeständiges Futterprotein) sowie einem ausgewogenen Verhältnis von Rohprotein zu Nettoenergie in der Gesamtration. Ein ausgewogenes Verhältnis von Energie zu Protein

in der Ration ist entscheidend für eine effiziente Futterverwertung. Ist zu wenig Energie im Verhältnis zum Rohprotein vorhanden, kann überschüssiger Stickstoff aus dem Futter im Pansen nicht mikrobiell gebunden werden und wird vermehrt im Harn als Harnstoff ausgeschieden. Dies führt zu erhöhten NH_3 - und N_2O -Emissionen aus dem Stall und aus der Hofdüngerlagerung.

Umgekehrt kann ein Energieüberschuss bei Rohprotein-Mangel die mikrobielle Proteinsynthese im Pansen einschränken, die Verdaulichkeit der organischen Substanz reduzieren und die Futtereffizienz senken. Eine präzise Rationsgestaltung, die den Bedarf an Energie und dünn darmverdaulichem Protein deckt und Nährstoffüberschüsse vermeidet, trägt wesentlich zur Reduktion von THG- und NH_3 -Emissionen bei. Bei jungem Weidefutter mit hohem Rohproteingehalt sollte die Ration mit energiereichen Komponenten (z.B. zuckerreichem Heu, Zuckerrübenschnitzel) ergänzt werden.

Das Energie-Protein-Verhältnis in maisbetonten Rationen lässt sich durch geringeren Mais- und höheren Grasanteil ausgleichen. Falls Kraftfutter nötig ist, sollten einheimische Nebenprodukte aus Ackerbau und Lebensmittelverarbeitung (z.B. Mühlennebenprodukte, Ölkuchen, Zuckerrübenmelasse, Zuckerrübenschnitzel, Obsttrester, Biertreber, usw.) sowie Ausschussware aus der Lebensmittelverarbeitung («Former Food Products») importierten Futtermittel vorgezogen werden. Deren Nutzung verbessert die Ressourceneffizienz und senkt die Treibhausgasintensität der Milch- und Fleischproduktion.

Wiesenfutterqualität optimieren

Eine Reduktion der Verluste vom Grünland bis zum Futtertrog ermöglicht höhere Futtererträge aus der gleichen betriebseigenen Futterfläche. Dadurch steigt die mögliche Leistung (z. B. Milchproduktion, Gewichtszunahme) aus den gleichen betriebseigenen Futterflächen, was zu einer Verbesserung der Treibhausgasintensität führen kann, vorausgesetzt, der Futterbau wird nicht derart intensiviert, dass dadurch höhere CO_2 - und N_2O -Emissionen bei der Weidehaltung oder Futterernte, Konservierung sowie Lagerung und Ausbringung von Hofdünger entstehen.



Bei der Ernte, Lagerung und Vorlage von Wiesenfutter entstehen Energie und Nährstoffverluste, weswegen die geringsten Verluste auftreten, wenn die Futterflächen beweidet werden. Ursachen sind biologischer Abbau des Futters (Atmung, Mikroben), mechanische Verluste, Witterungseinflüsse sowie unsachgemässe Konservierung und Lagerung (Nachgärungen, Schimmelbildung). Bei Bodentrocknung betragen die Verluste etwa 10–20 % der TS, bei Heubelüftung 5–15 %; konservierungsbedingte Verluste sind nur teilweise vermeidbar.

Angeichts des Klimawandels und der zunehmenden Ertragsvariabilität sollte die Futterertragserfassung regelmässig erfolgen, um ausreichende Futterreserven sicherzustellen (mindestens 15% des gesamten Jahresfutterbedarf). Reichen die eigenen Erträge nicht aus, ist der Tierbestand an die Futterressourcen anzupassen. Die Ertragserfassung kann über Ernterapporte oder technische Hilfsmittel erfolgen. Futterkonserven sollten nach Aufwuchs und Nährstoffgehalt (z.B. energiereicher erster Aufwuchs, eiweissreiche Herbstaufwüchse) getrennt gelagert werden, um eine bedarfsgerechte Fütterung mit geringerem Kraftfuttereinsatz zu ermöglichen. Voraussetzung sind ausreichende Lagerkapazitäten auf dem Betrieb, die auch helfen, Futterzukäufe und Transporte und die damit verbundenen THG-Emissionen zu vermeiden.

Eine verlustarme, qualitätserhaltende Konservierung ist entscheidend, da Fehlgärungen die Grundfutterraufnahme deutlich verringern können (um 1 bis 5 kg Trockensubstanz pro Tag). Der Eintrag von Erde und Verunreinigungen, welche zur Minderung der Qualität und bei Grassilagen zu Fehlgärungen führen, sollte minimiert werden. Unter geeigneten Bedingungen kann der Einsatz von Siliermitteln die Gärqualität und Verdaulichkeit verbessern, die Energiekonzentration leicht erhöhen und die Trockensubstanz-Aufnahme um bis zu 10 % steigern (Thaysen, 2011).

Auch bei der Dürrfutterbereitung ist auf mögliche Verluste zu achten, insbesondere auf die richtige Dimensionierung des Belüftungsraums und die Trocknungseffizienz der Belüftungsanlagen, welche den Futtermengen angepasst werden sollte.

Futterbewertung

Die Kenntnis der Futterqualität ist entscheidend für einen optimalen und bedarfsgerechten Einsatz der betriebseigenen Futtermittel. Die Futterqualität im Grünland wird vor allem von der botanischen Zusammensetzung und dem Erntezeitpunkt bestimmt: Mit zunehmendem Pflanzenalter sinkt die Verdaulichkeit der organischen Substanz. Eine frühzeitige Ernte verbessert die Futterqualität, senkt den Kraftfutterbedarf, reduziert CH₄-Emissionen und die Wärmeproduktion im Tier. Der Nährwert des Futters kann über eine chemische Analyse bestimmt werden, die von Laboren meist innerhalb von 10-15 Tagen ausgewertet wird.

Eine hohe Futterqualität und Verdaulichkeit verbessern die Futtereffizienz und senken THG- und NH₃-Emissionen. Mit steigender Futteraufnahme verkürzt sich die Verweildauer des Futters im Pansen, wodurch weniger organische Substanz fermentiert wird, die CH₄-Ausbeute sinkt, auch wenn die absolute CH₄-Produktion und die CH₄-Intensität leicht zunimmt.

Fütterungskontrolle

Die Milchleistung und Milchezusammensetzung, welche monatlich in der Milchleistungsprüfung bestimmt werden, liefern wertvolle Hinweise für die Fütterungskontrolle auf Milchviehbetrieben. Veränderungen in der Milchleistung spiegeln in erster Linie die Energieversorgung der Tiere wider, während die Milchfett- und Milcheiweissgehalte zusätzliche Rückschlüsse auf die Rationsgestaltung erlauben. Ein niedriger Milcheiweissgehalt kann beispielsweise auf eine unzureichende Energieversorgung hinweisen, wohingegen ein zu hoher Fett-Eiweiss-Quotient Anzeichen für eine negative Energiebilanz sein kann. Auch Abweichungen im Milchfettgehalt deuten auf Probleme bei der Strukturwirksamkeit des Grundfutters oder auf Pansenstörungen hin. Der Milchnährstoffgehalt steht in engem Zusammenhang mit der Stickstoffbilanz im Pansen und der Harnstoffausscheidung und dient als praxisnaher Indikator für die Stickstoffausscheidung von Milchkühen. Durch die regelmässige Erfassung und Auswertung dieser Parameter lassen sich Fütterungsfehler frühzeitig erkennen und gezielte Anpassungen in der Ration vornehmen. Weiterführende Informationen zur Berücksichtigung der Ergebnisse der Milchleistungsprüfung im Rahmen der



Fütterungsoptimierung sind in einem Merkblatt von AGRIDEA zusammengefasst ([Die neue Milchleistungsprüfung](#); Rombach & Denninger, 2023).

2.2 Technisches Potenzial der Minderungsmassnahme

Die Massnahme „Effiziente Milchviehfütterung durch Raufutterbewertung, Rationsplanung und Fütterungskontrolle“ bildet die Grundlage für andere Fütterungsmassnahmen zur Reduktion von THG- und NH_3 -Emissionen (z. B. Einsatz von Futtermitteln oder Futterzusatzstoffen). Das technische Minderungspotenzial hängt stark von der Ausgangslage jedes einzelnen Betriebs ab und kann von Betrieb zu Betrieb stark variieren. Zu den Einflussfaktoren gehören die betriebliche Futtergrundlage und die Tiergenetik. Zudem ist das Minderungspotenzial auf die Treibhausgasintensität ($\text{g CO}_2\text{-Äq./kg}$ Milch oder Fleisch) zu beziehen. Reduktionen der CH_4 -Intensität durch ein höheres Fütterungsniveau und eine höhere Verdaulichkeit des Futters bewegen sich im Rahmen von -9% bis -23% in der internationalen Literatur (Arndt et al., 2022). Eine absolute Reduktion der CH_4 -Produktion ($\text{g CH}_4/\text{Tier/Tag}$) ist grundsätzlich durch die Rationsoptimierung nicht zu erwarten.

Der Einfluss einer höheren Energiedichte in der Ration durch eine bessere Wiesenfutterqualität auf die CH_4 -Intensität wurde mithilfe eines einfachen Fütterungsmodells berechnet. Die untersuchten Energiedichten ($4.8\text{--}5.8 \text{ MJ NEL/kg}$ Trockensubstanz) entsprechen den Werten, die bei graslandbasierter Fütterung erreichbar sind. Die Berechnungen zeigen, dass eine höhere Energiedichte, also eine bessere Verdaulichkeit des Futters, die Emissionen in $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ pro Kilogramm energiekorrigierter Milch verringert. Im Bereich von 4.8 bis 5.8 MJ NEL/kg Trockensubstanz sinkt die Treibhausgasintensität der energiekorrigierten Milch im Durchschnitt um rund 6% , wenn die Energiedichte der Ration um 0.2 MJ NEL steigt.

Der Einfluss einer höheren Futteraufnahme – also eines höheren Fütterungsniveaus (kg Trockensubstanz-Aufnahme pro kg Körpergewicht) – auf die CH_4 -Intensität wurde mit einer Modellration konstanter Energiedichte untersucht. Mit steigender Futteraufnahme nehmen sowohl die Milchleistung als auch die

Fütterungseffizienz zu, während der Anteil der Erhaltungsenergie am Gesamtenergiebedarf sinkt. Obwohl die absolute Methanproduktion steigt, verringert sich die Treibhausgasintensität der Milchproduktion. Das Reduktionspotenzial ist bei niedrigen TS-Aufnahmen grösser als bei bereits hohen Aufnahmen. Im Durchschnitt beträgt die Abnahme der Treibhausgasintensität rund 4% pro zusätzlich aufgenommenem Kilogramm Trockensubstanz (bei 16 bis 21 kg Trockensubstanz-Aufnahme pro Tag und einer 650 kg schweren Milchkuh).

Die Stickstoffausscheidung von Milchkühen steht in engem Zusammenhang mit der ruminalen Stickstoff-Bilanz. Eine Reduktion dieser Bilanz, also weniger überschüssiger Stickstoff im Pansen, führt zu geringeren Stickstoffausscheidungen und damit zu einem reduzierten Potenzial für NH_3 - und N_2O -Emissionen. Ein tieferer Rohproteingehalt in der Ration senkt die Stickstoffausscheidung deutlich: Bei einer Reduktion von 16% auf 11.6% Rohprotein in der Trockensubstanz verringern sich die NH_3 -Emissionen um durchschnittlich 46% und die N_2O -Emissionen um knapp 20% pro Tier (Schrade et al., 2023). Allerdings kann dies mit einer leicht verminderten Trockensubstanz-Aufnahme und Milchleistung sowie mit erhöhten CH_4 -Emissionen pro Tag und kg Milch einhergehen (Schrade et al., 2023).

2.3 Vertrauen in die Wirksamkeit

Massnahmen zur Verbesserung und Erhaltung einer hohen Qualität des Wiesen- und Weidefutters und bedarfsangepassten Fütterung gehören zur guten landwirtschaftlichen Praxis.

Vertrauen in die Wirksamkeit		
Bezüglich Übereinstimmung und Qualität der Evidenz in der akademischen Literatur		
5 Hohe Übereinstimmung & Robuste Evidenz	4 Mittlere Übereinstimmung & Robuste Evidenz	3 Geringe Übereinstimmung & Robuste Evidenz
4 Hohe Übereinstimmung & Mittlere Evidenz	3 Mittlere Übereinstimmung & Mittlere Evidenz	2 Geringe Übereinstimmung & Mittlere Evidenz
3 Hohe Übereinstimmung & Begrenzte Evidenz	2 Mittlere Übereinstimmung & Begrenzte Evidenz	1 Geringe Übereinstimmung & Begrenzte Evidenz

Abbildung 2: Einschätzung des Vertrauens in die Wirksamkeit für Massnahmen zur Verbesserung und Erhaltung einer hohen Qualität des Wiesen- und Weidefutters und bedarfsangepassten Fütterung (rot) nach Mastrandrea et al. (2010).



Es besteht wissenschaftlicher Konsens darüber, dass eine verbesserte Futterverwertung bei Milchkühen eine wirksame Strategie zur Reduktion von THG-Emissionen darstellt, insbesondere in graslandbasierten Wiederkäuerproduktionssystemen (Beauchemin et al., 2022; Eugène et al., 2022) wie in der Schweiz und im Kanton Graubünden. Daraus ergibt sich folgende Einschätzung bezüglich des Vertrauens in die Wirksamkeit: **Hohe Übereinstimmung & Robuste Evidenz** (Abbildung 2).

3 Systembetrachtung

3.1 Synergien

Folgende Synergien ergeben sich aus der Umsetzung dieser Massnahme:

- **Förderung der Tiergesundheit und Langlebigkeit:** Eine ausgewogene und bedarfsgerechte Fütterung verbessert die Gesundheit, Fruchtbarkeit und Lebensdauer der Tiere. Dies steigert die Produktivität, senkt den Bedarf an Behandlungen und reduziert vorzeitige Abgänge. Gesunde, langlebige Tiere verursachen weniger indirekte CH₄-Emissionen, da durch eine geringere Remontierung weniger Jungtiere nachgezogen werden müssen (siehe Faktenblatt «Verlängerte Nutzungsdauer bei Milchkühen durch Massnahmen zur Verbesserung der Tiergesundheit»).
- **Nachhaltige Ressourcennutzung und verbesserte Futtereffizienz:** Durch die genaue Bewertung von Wiesen- und Weidefutter sowie eine sorgfältige Rationsplanung wird der Nährstoff- und Energiebedarf der Tiere optimal gedeckt. Dies führt zu einer effizienteren Nutzung der betriebseigenen Futtermittel, einer höheren Milchleistung pro kg Trockensubstanz-Aufnahme sowie einer Verringerung des Bedarfs an zugekauften Futtermitteln. Gleichzeitig werden Nährstoffausscheidungen und Emissionen reduziert.
- **Steigerung der Stickstoff- und Phosphor-Effizienz:** Eine präzise Fütterungsplanung trägt dazu bei, Stickstoff- und Phosphor-Überschüsse zu vermeiden. Dadurch werden NH₃-Emissionen sowie Phosphorverluste im System verringert und betriebliche Absenkpfade für Nährstoffüberschüsse unterstützt.

3.2 Limitierungen, Zielhierarchien

Grundsätzlich weist die Massnahme keine offensichtlichen Zielkonflikte auf. Hohe Milchleistungen aus dem Grundfutter setzen jedoch einen professionellen Futterbau mit mittlerer bis hoher Intensität voraus. Dies kann ein erhöhtes Risiko für Nährstoffverluste durch höheren Düngereinsatz bergen und sich negativ auf die Biodiversität auswirken. Positiv wirkt sich hingegen die Reduktion des Kraftfuttereinsatzes aus, da sie Biodiversität, Pflanzenschutzmittelverzicht und Nährstoffbilanzen begünstigen kann. Folgende Faktoren können die Umsetzung und Wirkung der Massnahme einschränken:

- **Physiologische Grenzen der Effizienzsteigerung:** Die Futterverwertung lässt sich nicht unbegrenzt steigern; Tiergesundheit und Leistungsfähigkeit setzen natürliche Grenzen.
- **Wetter- und Klimaextreme:** Der Nährstoff- und Energiegehalt von Weide- und Wiesenfutter variiert stark je nach botanischer Zusammensetzung, Nutzungsstadium, Standort, Höhenlage, Saison und Witterung. Auch Konservierungsmethode und -qualität sind wetterabhängig und beeinflussen die Futterqualität erheblich.
- **Topografie:** Steile Hänge erschweren die Bewirtschaftung, führen zu weniger maschineller Pflege und niedrigeren Erträgen. Nord- oder schattige Lagen reduzieren das Pflanzenwachstum und die Nährstoff- sowie Energiegehalte von Wiesen und Weidefutter.
- **Zielkonflikt in wiesen- und weidefutterbasierter Fütterung:** In graslandbasierten Systemen führt eine stickstoffreduzierte Fütterung zu geringeren Stickstoffausscheidungen und damit zu weniger NH₃- und N₂O-Emissionen. Gleichzeitig kann jedoch die Verdaulichkeit des Futters sinken, was die enterische CH₄-Produktion begünstigt. Eine ausgewogene und bedarfsgerechte Rationsplanung ist entscheidend, um beide Emissionstypen möglichst gering zu halten.
- **Standortangepasste Tierart- und Rassenwahl:** Der Energie- und Nährstoffbedarf der Kühe unterscheiden sich je nach Rasse, Leistungsniveau und Laktationsstadium. Für eine erfolgreiche, wiesenfutterbasierte Milch- und Fleischproduktion ist die Wahl geeigneter Rassen entscheidend. Eine für den Standort nicht angepasste



Tierart- oder Rassenwahl limitiert die Umsetzung einer wiesen- und weidebasierten Fütterung.

- **Flächen- und Ressourcenkonkurrenz mit Lebensmittelproduktion:** Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion sowie begrenzte Verfügbarkeit von Nebenprodukten aus der Lebensmittelverarbeitung können die Gestaltung ressourceneffizienter Rationen einschränken (Wasem und Probst, 2020).
- **Betriebliche Motivation und Ressourcen:** Die Auseinandersetzung mit Futterbau und Fütterungsmanagement erfordert Selbstkritik, Zeit für Flächenbegehungen und Tierbeobachtungen sowie die Bereitschaft zu Weiterbildung.
- **Investitionsbedarf und Infrastruktur:** Moderne Technologien (z. B. Systeme zur individuellen Futterzuteilung) sind nicht auf allen Betrieben verfügbar und verursachen Investitions- oder Mehraufwand. Auch Kosten für Rationsoptimierungstools, Futtermittelanalysen sowie fachliche und unabhängige Beratung können ein Hemmfaktor sein.
- **Betriebsgrösse und Struktur:** Kleine Betriebe oder solche mit extensiver Bewirtschaftung haben oft weniger Möglichkeiten, komplexere Fütterungsstrategien oder technische Lösungen umzusetzen.

3.3 Kostenbetrachtungen

Die Umsetzung der Massnahme erfordert einen geringen Zeitaufwand von etwa 2-3 Stunden pro Jahr für die Beprobung des betriebseigenen Futters sowie für die Ertragsschätzungen und die Bewertung der Wiesenbestände im Herbst. Die Kosten für die Raufutteranalysen liegen bei rund 50–90 CHF pro Futterprobe. Für die Nutzung eines Rationsplanungs- und Auswertungstools wie Rumiplan fallen etwa 150 CHF/Jahr, während die Teilnahme an Aus- und Weiterbildungen rund 80 CHF kostet.

Da die Ausgangslage der am Projekt beteiligten Milchviehbetriebe sehr unterschiedlich war und im Rahmen des Projekts nicht alle Betriebstypen im Kanton Graubünden abgebildet werden konnten, lassen sich keine allgemeingültigen Aussagen zu den wirtschaftlichen Auswirkungen der Massnahme treffen. Jede

Milchviehherde reagiert aufgrund vielfältiger Einflussfaktoren individuell auf eine Rationsoptimierung. Ein pauschaler Kosten-Nutzen-Faktor kann daher nicht ermittelt werden.

Es ist jedoch zu erwarten, dass eine konsequente Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle wirtschaftliche Vorteile bringt – insbesondere durch Einsparungen beim Zukauf von Kraftfutter bei gleichbleibender oder sogar gesteigerter Leistung. Zudem kann eine optimierte und bedarfsgerechte Fütterung die Tiergesundheit verbessern und damit Tierarzt- und Behandlungskosten reduzieren sowie die Nutzungsdauer der Tiere verlängern. Frühzeitige Abgänge aufgrund fütterungsbedingter Krankheiten können so vermieden werden (siehe auch Faktenblatt «Verlängerte Nutzungsdauer bei Milchkühen durch Massnahmen zur Verbesserung der Tiergesundheit»).

4 Überlegungen zum umsetzbaren Potential Kanton Graubünden

Eine Reduktion der absoluten THG-Emissionen auf Kantonsebene ist durch diese Massnahme nicht direkt zu erwarten. Dies wäre nur der Fall, wenn eine effizientere Produktion zu einer Reduktion der Futtermittelimporte und langfristig zu einer Reduktion des Tierbestandes bei konstanter Produktion führen würde. Angesichts der im Kanton Graubünden vorherrschenden graslandbasierten Haltungssysteme sollte der Schwerpunkt insbesondere auf die Förderung einer hohen Qualität des Wiesen- und Weidefutters sowie einer guten Futteraufnahme durch die Tiere gelegt werden. Ebenso wichtig sind der Ausgleich der Rationen mit geeigneten Rationskomponenten und das Vermeiden von Futtermittelimporten. Das Optimierungspotenzial ist stark von der jeweiligen Ausgangslage abhängig und sollte deshalb betriebsindividuell durch fachkundige und unabhängige Beratungen angegangen werden. Grundsätzlich stehen Beratungen und Analyselabore im Kanton Graubünden zur Verfügung, wobei die dezentrale Besiedlung vereinzelt längere Wege oder organisatorische Abstimmungen erforderlich machen kann. Die Massnahme hat sich für die teilnehmenden Pilotbetriebe als gut umsetzbar erwiesen.



Auf Betriebsebene ist ebenfalls keine grundsätzliche Reduktion der THG-Emissionen zu erwarten. Allerdings kann die Treibhausgasintensität pro kg Produkt gesenkt werden. Führt die Massnahme zu weniger Futtermittelimporte, können zudem THG-Emissionen in vorgelagerten Prozessen reduziert werden. Die N₂O-Emissionen werden durch die Stickstoffausscheidungen beeinflusst. Wird durch die Massnahme der durchschnittliche Milchwahstoffgehalt der Milchviehherde gesenkt, können tiefere N₂O- und NH₃-

Emissionen auf Betriebsebene erwartet werden, was sich in den angewendeten Modellen widerspiegelt. Dabei ist jedoch zu erwähnen, dass auf vielen Betrieben im Kanton Graubünden die angestrebten Milchwahstoffgehalte unterschritten werden. Werden diese durch die Verbesserung der Fütterung auf das Optimum angehoben, werden sich die N₂O-Emissionen auf Betriebs- und Kantonsebene tendenziell erhöhen.

4.1 Erfahrungen aus den Pilotprojekten

Im Rahmen des Projekts haben 7 Milchviehbetriebe (inkl. Plantahof) das Fütterungsplanungstool von Barto Rumiplan (<https://www.barto.ch/de/bausteine/uebersicht/rumiplan-370>) auf ihren Betrieb eingeführt. Eine halbtägige Schulung zum Tool fand für alle Betriebsleitenden im September 2024 am Plantahof statt. Anfangs November 2024 wurden unter Anleitung von AGRIDEA und Plantahof auf den Betrieben repräsentative Futterproben entnommen, welche bei Agroscope mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) analysiert wurden. Die Ergebnisse der Analysen wurden im Anschluss ins Fütterungsplanungstool eingegeben, was die Berechnung von bedarfsangepassten Rationen ermöglichte. Die Analysenergebnisse weisen eine breite Streuung der Energie- und Proteinwerte auf. Dies trifft besonders auf das Dürrfutter und die Grassilage zu (Tabelle 1).

Tabelle 1. Mittelwerte der Nettoenergie und verdauliches Protein im Dünndarm (APDE und APDN) der Futterproben aus dem Futterbaujahr 2024 (Nährwerte geschätzt nach Agroscope (2017); Angaben pro kg Trockensubstanz) aus den 7 Betrieben. In Klammern sind die minimalen und maximalen Werte unter den gesammelten Proben aufgeführt.

Futtermitteltyp	Anzahl Proben	NEL MJ/kg TS	NEV MJ/kg TS	APDE g/kg TS	APDN g/kg TS
Dürrfutter	18	5.1 (3.8 - 6.1)	5.0 (3.4 - 6.3)	83 (67 - 97)	79 (54 - 110)
1. Schnitt	7	5.3 (4.6 - 6.1)	5.3 (4.4 - 6.3)	82 (74 - 97)	68 (54 - 95)
2. und folgende Schnitte	7	5.1 (4.2 - 5.6)	4.9 (3.8 - 5.5)	86 (67 - 94)	92 (55 - 110)
Unbestimmt	4	4.4 (3.8 - 5.0)	4.1 (3.4 - 4.8)	78 (72 - 83)	83 (81 - 84)
Grassilage	11	5.6 (4.9 - 6.3)	5.6 (4.7 - 6.6)	76 (69 - 84)	94 (67 - 140)
Maissilage	5	6.4 (6.2 - 6.6)	6.6 (6.4 - 6.8)	64 (63 - 66)	45 (42 - 51)
Luzerne, künstlich getrocknet	1	5.2	5.0	86	78
Graswürfel	2	5.1	4.9	97	112
Maiswürfel (Mais ganze Pflanze, künstlich getrocknet)	1	6.9	7.2	69	42
Futtereibeiweiserbsen	2	8.1	8.9	81	142

MJ: Megajoule; NEL: Nettoenergie Laktation, NEV: Nettoenergie Mast; APDE: verdauliches Protein im Darm, das auf Grund der verfügbaren Energiemenge im Pansen aufgebaut werden kann; APDN: verdauliches Protein im Darm, das auf Grund des im Pansen abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann, TS: Trockensubstanz.

Basierend auf den aufgeführten Futteranalysen und den Berechnungen mit Rumiplan wurden betriebsindividuelle Strategien zur Optimierung der Fütterung implementiert. Für alle sieben Betriebe konnten Optimierungsstrategien erarbeitet werden. Die Strategien waren unterschiedlich. Die grundlegendsten Massnahmen betrafen in erster Linie Anpassungen in der Rationszusammensetzung. Dabei wurde vermehrt Emd anstelle von Heu eingesetzt und die Rationen teilweise durch die Zugabe von 500 g bis 1 kg Kleie (Grüsch) ergänzt. Auf einzelnen Betrieben wurde die verfütterte Futtermenge insgesamt erhöht, da die Tiere mehr fressen konnten beziehungsweise



wollten. Der Anteil an Kraftfutter und Maissilage wurde reduziert, während gleichzeitig Wasser in die Rationen eingemischt wurde. Weitere Anpassungen umfassten eine stärkere Ausrichtung auf Wiesenfutter (Dürrfutter und Grassilage), anstatt Maissilage sowie der Ersatz von Kraftfutter durch Kleie. Eine systematische Erfassung der Zufriedenheit der Betriebe wurde wegen der kleinen Stichprobengrösse nicht durchgeführt. Einzelne Rückmeldungen deuten jedoch darauf hin, dass die Betriebe die Rationsoptimierung grundsätzlich sehr positiv aufgenommen haben.

Folgende Praxisempfehlungen zur Umsetzung der Massnahme „Effiziente Fütterung durch Raufutterbewertung, Rationsplanung und Fütterungskontrolle“ [in Anlehnung an Notz, (2019) und Keller und Decker (2023)]:

- **Futterqualität beurteilen und Fütterungsdaten erfassen:** Regelmässige Bestimmung des Trockensubstanzgehalts der Grundfuttermittel (insbesondere Silagen) sowie regelmässige Nährstoffanalysen der eingesetzten Futtermittel, einschliesslich Mineralstoffen und Spurenelementen (mindestens jährlich für die betriebs eigenen Grundfutter wie Heu, Emd und Silagen). Zur Bewertung von Dürrfutter, Gras- und Maissilagen können Merkblätter zur sensorischen Beurteilung (AGFF-Merkblätter) herangezogen werden. Einfache Hilfsmittel wie Indikatorpapier, Stechthermometer oder Infrarotkamera (Smartphone-Nutzung) können zusätzlich helfen, Problemereiche im Futterlager frühzeitig zu erkennen.
- **Tiere beobachten:** Regelmässige Beurteilung der Körperkondition (Body Condition Scoring), insbesondere zum Zeitpunkt des Abkalbens sowie bei der ersten Besamung (60-80 Tage nach dem Abkalben). Parallel dazu sollte der Futterverzehr überprüft werden, da er eine zentrale Grundlage für die Rationsplanung darstellt. Typische Erscheinungsformen fütterungsbedingter Stoffwechselstörungen sowie deren Ursache sind im FiBL-Merkblatt Nr. 1095 «Kraftfutterreduzierte Milchviehfütterung» ausführlich beschrieben.
- **Rationsplanung anpassen:** Die Fütterung ist auf den Energie- und Nährstoffbedarf der jeweiligen Laktationsphase abzustimmen, um Energie- und Nährstoffüberschüsse oder -defizite zu vermeiden. Mindestens zwei Rationen sind erforderlich: eine für laktierende Kühe und eine für Galtkühe. Eine Anpassung sollte mindestens einmal jährlich bzw. bei Einsatz neuer Grundfutterkomponenten erfolgen.
- **Kraftfutter bedarfsgerecht zuteilen:** Die Kraftfuttermenge sollte individuell angepasst werden, orientiert an der Körperkondition, Ergebnissen der Milchleistungsprüfung und der Rationsberechnung.
- **Milchinhaltsstoffe kontrollieren:** Ergebnisse der Milchleistungsprüfung oder Tankmilchanalysen sollten als Feedback zur Fütterung herangezogen und gegebenenfalls Anpassungen vorgenommen werden.
 - > **Der Milchharnstoffgehalt dient als Indikator zur Proteinversorgung.** Bei ausreichender Energieversorgung liegt der bei 15 – 25 mg/dl bzw. bei Braunvieh 27 mg/dl. In besonderen Fütterungssituationen (Sommer- und Herbstfütterung, Vollweidebetriebe) können höhere Werte toleriert werden.
- **Sommer- und Herbstfütterung optimieren:** Bei hohem Rohprotein-Gehalt im Wiesen- und Weidefutter gezielt energiereiches Heu oder Silage, Getreidekomponenten (z.B. Mühlennachprodukte, Schälmehl, Schälkleien) einsetzen. Zusätzlich können futterbauliche Massnahmen wie Düngung, Schnittzeitpunkt, Nutzungsintensität und botanische Zusammensetzung angepasst werden, um Stickstoffüberschüsse in der Ration zu vermeiden.

5 Förderung und Überwachung

5.1 Monitoring, Reporting and Verifikation

Die Umsetzung der Massnahme «Effiziente Rindviehfütterung durch Raufutterbewertung, Rationsplanung und Fütterungskontrolle» kann anhand folgender Kriterien beurteilt werden:

- Vorliegen eines Grundfutterrapports gemäss AGFF-Merkblatt Nr.3 (z.B. Ernterapport von AG-RIDEA)
- Vorliegen von Analyseergebnissen zum betriebs eigenen Raufutter (mindestens jährlich, getrennt nach 1. Aufwuchs [Heu] sowie 2. und weiteren Aufwüchsen)



- Vorliegen eines optimierten Fütterungsplans für die Winterfütterungsperiode (Rationspläne für laktierende Kühe und Galtkühe)
- Bei inhomogenen Tierbeständen (z.B. keine saisonale Abkalbung, unterschiedliche Leistungsniveaus), bedarfsangepasste Zuteilung von Kraftfutter (Gruppen- oder Einzeltierfütterung)
- Begehung und Bewertung der Wiesenbestände im Herbst sowie Vorliegen einer Ergänzungsfütterungsplanung für die Herbstweide
- Durchführung einer Fütterungskontrolle unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Milchleistungsprüfung, insbesondere der 6-Felder-Tafel sowie der Harnstoffwerte und weiterer Inhaltsstoffe in der Tankmilch.

Alle aufgeführten Kriterien sollten erfüllt sein, um die erfolgreiche Umsetzung der Massnahme sicherzustellen. Wenn die betrieblichen Angaben (inkl. Milchleistung und Futterzukäufe) systematisch in einer Datenbank erfasst und zentral ausgewertet würden, könnten daraus zahlreiche Indikatoren berechnet werden, beispielsweise die Produktion pro Hektar Raufutterfläche (Raufutterleistung). Zudem liessen sich Emissionen mithilfe von Fütterungs- und Emissionsmodellen abschätzen und Strategien zur Optimierung auf Betriebsebene simulieren. Wird eine entsprechende Software eingesetzt, könnten die darin erfassten und gespeicherten Daten zudem direkt zur Überprüfung der Wirksamkeit und für das Reporting der umgesetzten Massnahmen genutzt werden. Die Auswertung und Berücksichtigung von Fütterungsdaten bei der Berechnung betrieblicher THG-Bilanzen erfordert die Integration von Fütterungsmodellen (wie jenen, die zur Rationsplanung verwendet werden) in die Instrumente, die für Bilanzierungen eingesetzt werden. Dies ist jedoch nicht bei allen Bilanzierungstools der Fall und erfordert die Entwicklung und Validierung geeigneter Modelle, die an die jeweiligen Produktionssysteme angepasst sind.

5.2 Existierende und mögliche weitere Förderprogramme und Instrumente

- **Rationsgestaltung und -optimierung**
Die Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch) stellen die Grundlage einer

bedarfsangepassten Fütterung von Wiederkäuern in der Schweiz dar. Ein Instrument zur Rationsberechnung und -optimierung ist das digitale Planungstool Rumiplan (Barto, AGRIDEA, Melior, UFA). Rumiplan verknüpft Daten der Futterzusammensetzung, der Rationen und Leistung und ermöglicht die tierindividuelle Fütterungsplanung und Rationsanpassung anhand der Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch, Agroscope) sowie weiterer Daten. Daneben können Rationen auch mit weiteren Systemen wie dem Excel-Tool Fuplan optimiert werden.

- **Optimierung Wiesenfutterqualität**

Die Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus (AGFF) bietet vielfältige Informations- und Schulungsmaterialien zum Futterbau an (www.agff.ch). Dazu gehören Merkblätter zur Beurteilung und Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden, zur Futterkonservierung sowie zum Einsatz von Siliermitteln. Grundlagen zur Auswahl geeigneter Siliermittel finden sich in der Siliermittelliste von AGRIDEA; für den Biolandbau gelten die Vorgaben der FiBL-Betriebsmittelliste. AGRIDEA stellt zudem Hilfsmittel und Berechnungstools zur Dimensionierung von Gärfuttersilos bereit. Die AGFF organisiert regelmässig Tagungen und Feldveranstaltungen und veröffentlicht ihre Materialien online (www.eagff.ch). Aktuelle Daten zum Graswachstum stehen unter www.graswachstum.ch zur Verfügung. Hinweise zur regionalen Futterqualität liefert die jährliche Raufutter-Enquête von AGRIDEA und Agroscope.

- **Fütterungskontrolle**

Zur Überprüfung der Fütterungsplanung stehen mehrere Instrumente zur Verfügung. Die monatliche Milchleistungsprüfung liefert wichtige Daten zur Energie- und Proteinversorgung der Herde, insbesondere Fett-Eiweiss-Quotient und Harnstoffgehalt der Milch, dargestellt auf einer 6-Felder-Tafel zur einfacheren Interpretation (Rombach und Denninger, 2023). Ergänzend erfolgt die Kontrolle direkt an den Tieren, z. B. durch Kotkonsistenz, Wiederkäuaktivität, Körperkondition (Body Condition Scoring), Schleimhäute, Klauenstatus und die Strukturkontrolle



der Futtermischung (Notz, 2019). Die Obsalim®-Methode dient der Beobachtung und Beurteilung des Ernährungszustands von Rindvieh und wird in Graubünden praxisnah angewendet. Zusätzlich fördern Arbeitskreise zur Fütterung den Austausch zwischen Betriebsleitenden und Fachpersonen.

6 Fazit und Empfehlung

- **Effiziente Fütterung sicherstellen:** Eine gezielte Futterbewertung, Rationsoptimierung und laufende Fütterungskontrolle sind zentrale Elemente guter landwirtschaftlicher Praxis. Sie tragen wesentlich zur Effizienzsteigerung sowie zur Reduktion von THG- und NH₃-Emissionen aus Wiederkäuersystemen bei.
- **Tierindividuelle Rationsgestaltung:** Eine an den Bedarf des einzelnen Tieres angepasste Ration verbessert die Futterverwertung und steigert die Milchleistung pro Futtereinheit.
- **Grundfutterqualität fördern:** Besonders im Kanton Graubünden spielt die Qualität von Weide- und Wiesenfutter eine entscheidende Rolle. Die regelmässige Bewertung und Dokumentation der Futterqualität auf Betriebsebene sollte gezielt unterstützt werden.
- **Ertragsschätzungen und Datenerhebungen koordinieren:** Einheitliche und praxisgerechte Ertragsschätzungen sind wichtig für eine präzise Rationsplanung und gleichzeitig eine Grundlage für optimierte Düngungsstrategien (siehe Faktenblatt «Standortangepasste Stickstoffdüngung»).
- **Betriebsindividuelle Rationsoptimierung:** Anpassungen in der Rationsgestaltung sollten gemeinsam mit fachkompetenter, unabhängiger Fütterungsberatung erfolgen. Eine Förderung solcher unabhängigen Beratungsangebote (zum Beispiel durch den Plantahof) ist sehr sinnvoll.
- **Digitale Lösungen nutzen:** IT-gestützte Systeme wie Rumiplan erleichtern die Sammlung, Auswertung und Integration fütterungsrelevanter Daten. Sie unterstützen Optimierungsstrategien auf Betriebsebene und liefern wertvolle Grundlagen für wissenschaftliche Analysen.
- **Aus- und Weiterbildung stärken:** Die Ausbildung sowie die betriebsindividuelle Beratung in den Bereichen Fütterung, Futterbau, Futterbewertung und -konservierung sollten gezielt gefördert und den Betrieben niederschwellig zugänglich gemacht werden.
- **Ressourceneffizienz und Tiergesundheit berücksichtigen:** Neben der Emissionsminderung ist eine ausgewogene Rationsgestaltung auch für die Tiergesundheit, Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit von zentraler Bedeutung.



7 Literatur

- Agroscope (2017). Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Hrsg. Agroscope, Posieux.
<https://www.agroscope.admin.ch/de/fuetterungsempfehlungen-fuer-wiederkaeuer>
- Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., Cueva, S. F., Oh, J., Dijkstra, J., Bannink, A., Bayat, A. R., Crompton, L. A., Eugène, M. A., Enahoroa, D., Kebreab, E., Kreuzer M., McGeek, M., Martin, C., Newbold, C. J., Reynolds, C. K., Schwarm, A., Shingfield, K. J., Venemann, J. B., Yáñez-Ruiz, D. R., & Zhongtang, Y. (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. *PNAS*, 119, e2111294119.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2111294119>
- Beauchemin, K. A., Ungerfeld E. M., Abdalla, A. L., Alvarez, C., Arndt, C., Becquet, P., Benchaar, C., Berndt, A., Mauricio, R. M., McAllister, T. A., Oyhantçabal, W., Salami S. A., Shalloo, L., Sun, Y., Tricarico J., Uwizeye A., De Camillis, C., Bernoux M., Robinson T., & Kebreab, E. (2022). Invited review: Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science* 105, 9297-9326. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>
- Decker, A., Zähler, M., Dohme-Meier, F., Böttger C., Münger, A., Heimo, D., & Schrade S. 2021. Milchnachstoffgehalt: Was sagt er über die Stickstoffausscheidungen aus? *Agrarforschung Schweiz*, 12, 137-145.
<https://doi.org/10.34776/afs12-137>
- Eugène, M., Klumpp, K., Sauvant, D. (2021). Methane mitigating options with forages fed to ruminants. *Grass and Forage Science*, 76, 196-204. <https://doi.org/10.1111/gfs.12540>
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H. P. S., Adesogan, A. T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P. J., Henderson, B., & Tricarico J. M. (2013). Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91, 5045-5069. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583>
- Mastrandrea, M. D., Field, C. B., Stocker, T. F., Edenhofer, O., Ebi, K. L., Frame, D. J., Held, H., Kriegler, E., Mach, K. J., Matschoss, P. R., Plattner, G.-K., Yohe, G. W., Zwiers, F. W. (2010). Guidance note for lead authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. <https://ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf>
- Schrade, S., Zeyer, K., Mohn, J., Zähler, M. (2023). Effect of diets with different crude protein levels on ammonia and greenhouse gas emissions from a naturally ventilated dairy housing, *Science of the Total Environment*, 896. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165027>
- Thaysen, J. (2011). Qualitäts-Grassilage – vom Feld bis in den Trog (2., veränderte Aufl.). aid Infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e. V.
- Wasem, D., Probst, S. (2020). Bedeutung der Tierernährung für die Verwertung von Lebensmittel-Nebenprodukte. *Agrarforschung Schweiz*, 11, 238-243. <https://doi.org/10.34776/afs11-238>

7.1 Weiterführende Praxisliteratur und Merkblätter

- AGFF (2021). Schlüssel zur Beurteilung der Maissilage-Qualität. AGFF-Informationsblätter: Ratgeber für den ÖLN- und Bio-Futterbau. 1. Auflage 2021, Zürich, Schweiz.
- AGFF (2022). Schlüssel zur Beurteilung der Dürffutter-Qualität. AGFF-Informationsblätter: Ratgeber für den ÖLN- und Bio-Futterbau. 3. Auflage 2022, Zürich, Schweiz.
- AGFF (2023). Schlüssel zur Beurteilung der Grassilage-Qualität. AGFF-Informationsblätter: Ratgeber für den ÖLN- und Bio-Futterbau. 3. Auflage 2023, Zürich, Schweiz.
- AGRIDEA (2019). Wegleitung zum Fütterungsplan für Milchkühe. Hrsg. AGRIDEA, Lindau, Schweiz.
- AGRIDEA (2022). Klimaschutz beim Rindvieh. Internetseite <https://themes.agripedia.ch/klimaschutz-beim-rind-vieh/>
- AGRIDEA (2023). Stickstoff-angepasste Fütterung in der Milchviehhaltung. Hrsg. AGRIDEA, Lindau, Schweiz.



- AGRIDEA (2023). Die neue Milchleistungsprüfung - Hintergrund, Interpretation und Managementanpassungen. Rombach, M., Denninger, T. Hrsg. AGRIDEA, Lindau, Schweiz.
- AGRIDEA (2024). Siliermittel: Dosierungen und Preise. (Ausgabe alle 2 Jahre). Hrsg. AGRIDEA, Lindau, Schweiz.
- AGRIDEA. 2024. Dimensionierung von Gärfuttersilos. Hrsg: Schweizerische Silovereinigung, Arbeitsgemeinschaft für landwirtschaftliches Bauen und Landtechnik sowie Tierhaltung, Lindau, Schweiz.
- DLG-Information (2023), Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen. Hrsg. e.V. Fachzentrum Landwirtschaft, Frankfurt am Main, Deutschland.
- DLG-Merkblatt 491 (2023). Im Fokus: Methan bei der Milchkuh. Methanausweisung im Rahmen der Milchleistungs- bzw. Milchgüteprüfung und Nutzung als Benchmark. DLG e.V. Fachzentrum Landwirtschaft, Frankfurt am Main, Deutschland.
- DLG-Merkblatt 495 (2024). Futterhygiene bei der Grünlandnutzung in Futterbaubetrieben. DLG e.V. Fachzentrum Landwirtschaft, Frankfurt am Main, Deutschland.
- FiBL Merkblatt Nr. 1095. (2019). Kraftfutterreduzierte Milchviehfütterung. Ein Leitfaden zu mehr Futterautonomie. Ausgabe Schweiz, Notz, C., Frick, Schweiz.
- FiBL Verzeichnis Nr. 1032. 2025. Betriebsmittelliste 2025 für den biologischen Landbau in der Schweiz.
<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1032-hilfsstoffliste.pdf>