



Stickstoff-angepasste Fütterung in der Milchviehhaltung

Inhaltsverzeichnis

1 Der Proteinstoffwechsel des Wiederkäuers	1
2 Problematik der N-Verwertung	3
3 An den Laktationsverlauf angepasste Proteinversorgung	3
4 Milchharnstoffgehalt zur Optimierung der Proteinversorgung	6
5 Einflussfaktoren, die für eine bedarfsgerechte Proteinversorgung zu beachten sind	8
Abbaubarkeit des Proteins im Pansen	8
Einsatz pansengeschützter Aminosäuren	8
Gleichgewicht von Protein und Energie in der Ration	9
6 Zielkonflikt Sommerfütterung und N-Ausscheidungen	9
7 Zusammenfassung	10
8 Literaturverzeichnis	11

Die Stickstoff (N)-angepasste Fütterung und somit eine dem Bedarf angepasste Protein- bzw. N-Versorgung erlangt als Emissionsminderungsmassnahme in der Milchviehfütterung zunehmend an Bedeutung. Neben den positiven Umwelteffekten kann eine N-optimierte Fütterung aufgrund von eingesparten, insbesondere zugekauften, Proteinfuttermitteln bei gleicher Leistung und ausgeglichener Fütterung auch wirtschaftliche Vorteile für den Tierhaltenden generieren. Im Hinblick auf die Stoffwechselbelastung kann eine N-angepasste Fütterung zudem positive Auswirkungen auf die Tiergesundheit haben.

1 Der Proteinstoffwechsel des Wiederkäuers

Wiederkäuer verdauen das im Pansen ankommende Protein auf ganz besondere Art und Weise.

Ein Teil der Futterproteine wird im Pansen mikrobiell zu Ammoniak (NH_3) abgebaut, welches wiederum von den Mikroorganismen zum Aufbau von Mikrobenprotein genutzt werden kann (Abb. 1). Das aus dem abgebauten Rohprotein (RP) aufgebaute Mikrobenprotein wird als PMN bezeichnet.

Die Abbaubarkeit der Futterproteine sowie die fermentierbare organische Substanz (= Anteil der verdaulichen organischen Substanz, der den Pansenmikroben als Energiequelle zur Verfügung steht) beeinflussen den Anteil an Protein, der zu Mikrobenprotein umgewandelt werden kann. Das aus der verfügbaren Energie aufgebaute Mikrobenprotein wird als PME bezeichnet.

Das nicht abgebaute Futterprotein, das sogenannte pansenstabile Protein, gelangt zusammen mit dem gebildeten Mikrobenprotein in den Dünndarm und steht dort als absorbierbares Protein im Darm (APD) zur Deckung des Protein- und Aminosäurebedarfs für Wachstum und Milchbildung zur Verfügung. Das aus dem Futter stammende APD wird als APDF bezeichnet, während das APD mikrobieller Herkunft in

APDMN (aus abbaubarem RP) und APDM (aus verfügbarer Energiemenge) unterschieden wird. Somit ergeben sich letztendlich zwei APD-Werte, das APDN (APDF + APDMN) und das APDE (APDF + APDM). Das NH_3 , welches nicht für die Bildung von Mikrobenprotein benötigt wird, wird über die Blutbahn abtransportiert und in der Leber unter hohem Energieaufwand entgiftet. Es entsteht Harnstoff, der über den Harn ausgeschieden wird. Bei überdurchschnittlicher NH_3 -Akkumulation im Pansen stellt dieser Entgiftungsprozess eine zusätzliche Stoffwechselbelastung dar, welche sich durch den hohen Energieaufwand auch leistungsmindernd auswirken kann. Darüber hinaus steigt der Blutharnstoffgehalt an, was sich wiederum in erhöhten Milchwahstoffwerten widerspiegelt. Unverdauliches Protein wird über den Kot ausgeschieden.

Beachte!

Das APD ist für die Deckung des Proteinbedarfs des Wiederkäuers die entscheidende Grösse. Da die mikrobielle Proteinsynthese nicht beliebig gesteigert werden kann, kommt dem Anteil an pansenstabilem Protein mit zunehmender Milchleistung eine immer grössere Bedeutung zu.

→ Siehe auch Kapitel 5 Einflussfaktoren

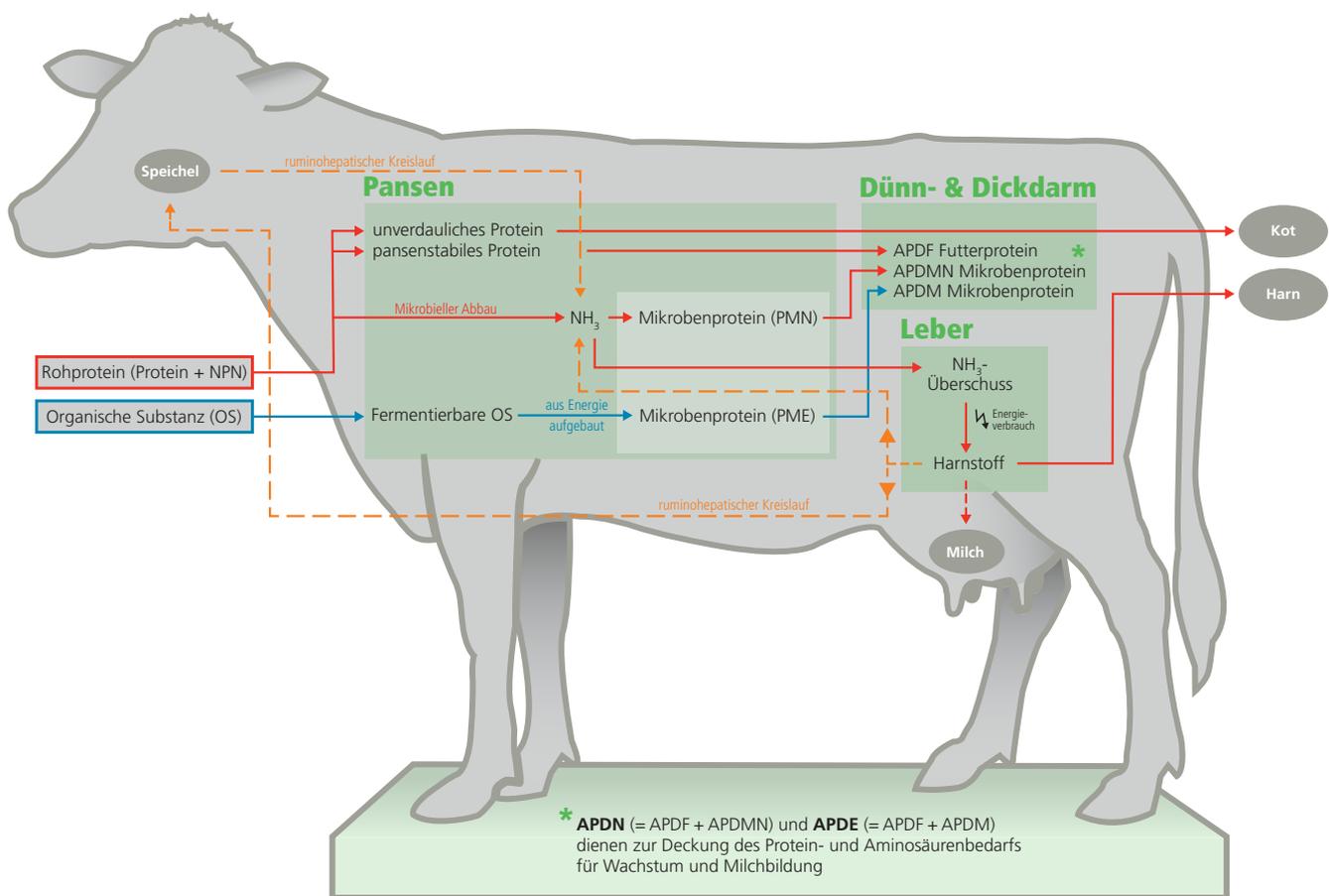


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Proteinstoffwechsels der Milchkuh

(NPN = Nicht-Protein-Stickstoff, NH_3 = Ammoniak, PMN = Mikrobenprotein aus abbaubarem Rohprotein, PME = Mikrobenprotein aus fermentierbarer Energie, APDF = absorbierbares Protein im Darm aus dem Futter, APDMN = absorbierbares Protein im Darm mikrobieller Herkunft aus abgebautem Rohprotein, APDM = absorbierbares Protein im Darm mikrobieller Herkunft aus verfügbarer Energie)

Exkurs: Ruminohepatischer Kreislauf

Der in der Leber gebildete Harnstoff wird je nach N-Versorgung des Tieres unterschiedlich verwertet. Befindet sich die Kuh in einer N-Übersorgung, so wird der Harnstoff überwiegend über den Harn ausgeschieden. Besteht eine N-Unterversorgung, so wird der Harnstoff aus der Leber über das Blut in den Speichel oder per Diffusion zurück in den Pansen transportiert – diese Zirkulation wird als «ruminohepatischer Kreislauf» bezeichnet. Durch den ruminohepatischen Kreislauf sind Wiederkäuer in der Lage, für eine gewisse Zeit geringe Proteinfizite selbstständig auszugleichen. Zwischen 40 und 80 % des in der Leber synthetisierten Harnstoff-N können dabei wieder in den Verdauungstrakt gelangen (Lapierre und Lobley, 2001). Der Harnstoff wird dort wieder zu NH_3 umgewandelt und steht den Mikroorganismen erneut als N-Quelle zur Bildung von Mikrobenprotein zur Verfügung. Bei diesem Recycling-Vorgang handelt es sich um einen sehr effizienten Mechanismus, der es den Wiederkäuern ermöglicht, trotz niedriger N-Versorgung die mikrobielle Proteinsynthese aufrechtzuerhalten (Marini und Van Amburgh, 2003, Muscher et al., 2010). Ab einem gewissen Proteinfizit können laktierende Kühe dennoch mit einem Leistungsabfall reagieren (Bracher, 2011). Deshalb kann dieser Kreislauf bei Proteinmangel nur unterstützend, jedoch nicht als Ersatz für externe Proteinquellen dienen.

2 Problematik der N-Verwertung

Die Speicherkapazität von Protein ist bei Wiederkäuern im Vergleich zur Energie deutlich geringer. Ein Grossteil, ca. 60–90 % (durchschnittlich 75 %), des über das Futter aufgenommenen N bleibt ungenutzt und wird mit Kot und Harn wieder ausgeschieden (Calsamiglia et al., 2010). Die Mengenteile des N in Kot, Harn und Milch verändern sich bei konstantem N-Bedarf mit zunehmender N-Aufnahme über das Futter. Während die Verluste über Kot und Milch bei zunehmender N-Aufnahme nur leicht linear ansteigen, nimmt die N-Ausscheidung über den Harn exponentiell zu (Bracher, 2011; Reijs, 2007).

Der über den Harn ausgeschiedene Harnstoff bildet den mengenmässig grössten Anteil der überschüssigen N-Ausscheidungun-

gen. Da dieser mit dem im Kot und der Umwelt vorkommenden Enzym Urease zu NH_3 umgewandelt wird, stellt der Harnstoff im Hinblick auf die Emissionen das Hauptproblem dar. Eine N-Übersorgung durch hohe RP-Gehalte der Ration sollte daher vermieden werden, um den Anteil der N-Ausscheidungen über den Harn möglichst gering zu halten.

Ammoniak (NH_3)**Urease + Harnstoff**

3 An den Laktationsverlauf angepasste Proteinversorgung

Vom ersten Laktationstag bis zum letzten Trächtigkeitstag gibt es zahlreiche physiologische Veränderungen, die sich unter anderem in Milchleistung, Futteraufnahme und Milchinhaltstoffen widerspiegeln (Abb. 2). Dementsprechend variiert der Proteinbedarf einer Milchkuh je nach Laktationsphase sehr stark (Tab. 1). Eine dem Laktationsverlauf angepasste Fütterung sorgt für eine bedarfsgerechte Proteinversorgung und trägt damit zur Reduktion von N-Ausscheidungen sowie einem nachhaltigen Einsatz von Protein-Ergänzungsfuttermitteln bei. Ziel ist es insbesondere im zweiten und dritten Laktationsdrittel eine Proteinübersorgung zu vermeiden. Eine strenge Fütterungskontrolle ist für die Umsetzung einer an den Laktationsverlauf angepassten Proteinversorgung essentiell. Die wichtigsten Kenngrössen und Managementhilfen sind dabei die Nährstoffzusammensetzung der Ration, die Futteraufnahme sowie der aktuelle Nährstoffbedarf und die Milchinhaltstoffe.



Foto: Dominique Dietiker, AGRIDEA

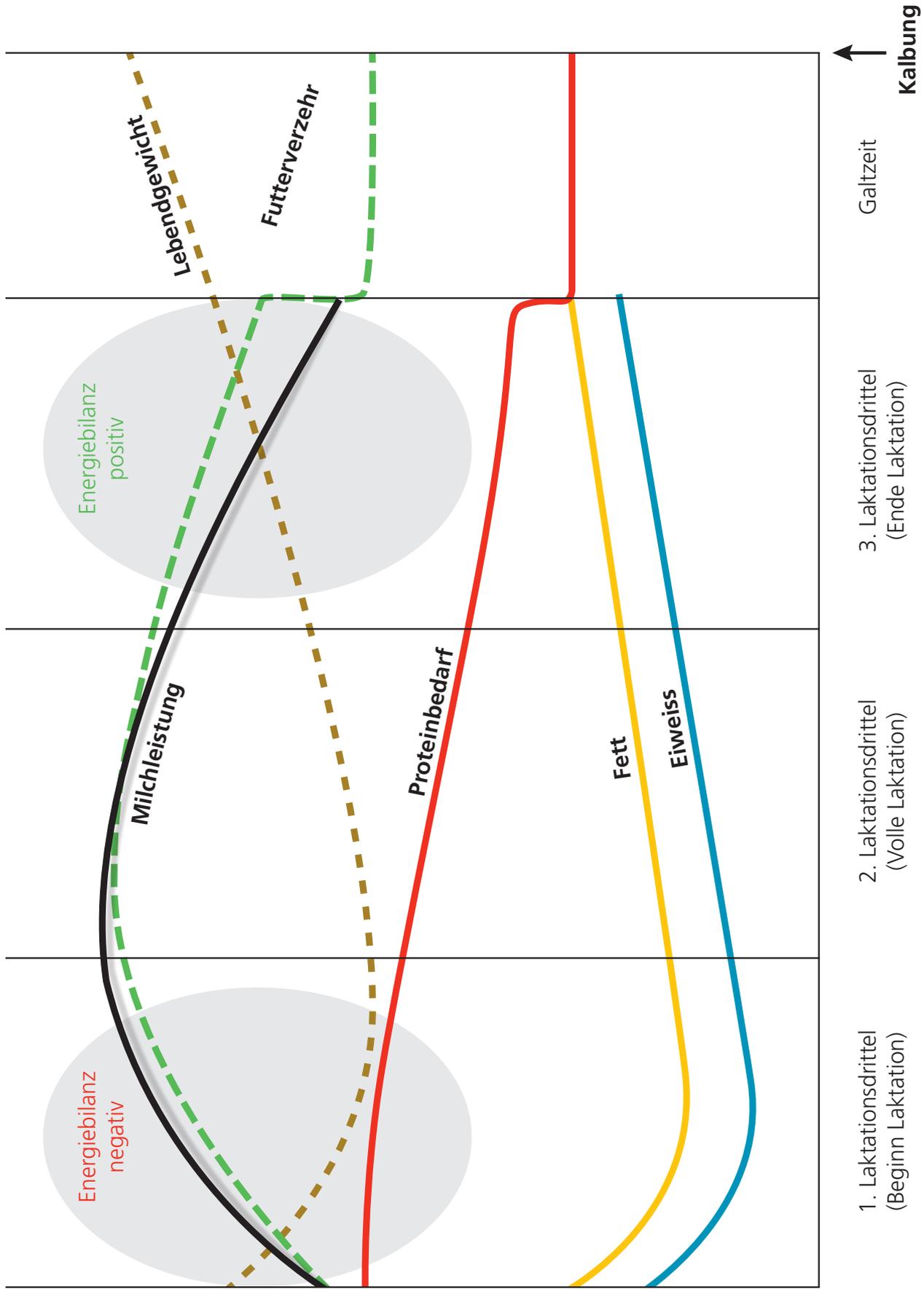


Abbildung 2: Schemenhafte Darstellung von Milchleistung, Futtermittelverzehr, Lebendgewicht, Energiebilanz und Proteinbedarf im Verlaufe der Laktation. Dieses Diagramm stellt lediglich ein Beispiel dar und kann auf Betriebsebene Abweichungen aufweisen.

Tabelle 1: Besonderheiten der Proteinversorgung im Laktationsverlauf und während der Galtzeit

1. Laktationsdrittel	2. Laktationsdrittel	3. Laktationsdrittel	Galtzeit
<ul style="list-style-type: none"> • Einsetzende Milchleistung und eingeschränktes Futterraufnahmevermögen → häufig Energie- und Proteindefizit → Bedarfsdeckung für Erhaltung und Leistung oft nicht gewährleistet (Abb. 2) • Höchster Proteinbedarf → APD-Versorgung durch geeignetes Proteinfuttermittel sicherstellen (Abb. 5) • N-Verluste über den Harn und eine zusätzliche Belastung des Stoffwechsels durch eine Proteinübersorgung, insbesondere durch hohe Anteile an leicht abbaubarem Protein vermeiden → max. 170 g RP / kg Trockensubstanz (TS) in der Gesamtration 	<ul style="list-style-type: none"> • Laktationspeak erreicht/überschritten → Leistung sinkt wieder → Proteinbedarf niedriger • Gleichzeitig: hohe Futterraufnahme (Abb. 2) → RP-Konzentration der Ration entsprechend der Futterraufnahme, des Nährstoffgehaltes der Grundfuttermittel und der Milchleistung anpassen/reduzieren → siehe Beispiel 8000 kg Milch/Kuh und Jahr (Tab. 2): trotz Reduktion des RP-Gehaltes um 5 g/kg TS besteht eine höhere N-Aufnahme im zweiten gegenüber dem ersten Laktationsdrittel • Anpassung der Proteinversorgung durch individuelle Zuteilung von Kraftfutter mehrmals täglich am Kraftfutterautomaten, Trog oder Phasenfütterung durch Aufteilung in verschiedene Laktations-Gruppen • Obwohl diese Phase als «Produktionsphase» bezeichnet wird, sollte das Futter keine höheren RP-Konzentrationen als im ersten Laktationsdrittel aufweisen 	<ul style="list-style-type: none"> • Stark abnehmende Milchleistung → Proteinbedarf sinkt ebenfalls → sehr hohes Potential einer N-reduzierten Fütterung • häufig Protein- und Energieübersversorgung → Verletzungsgefahr der Tiere zum Ende der Laktation → erhöht Risiko für Stoffwechsellstörungen (z. B. Milchfieber), Körpergewichtsverlust und Fruchtbarkeitsprobleme in der Folgelaktation • Bedarfsgerechte Fütterung für erfolgreichen Start in die nächste Laktation entscheidend • Bei ständigem Zugang zu Futter: Nährstoffbedarf der Tiere oftmals allein über die Grundration gedeckt oder sogar überstiegen → Nährstoffanalyse der Ration, Rationszusammensetzung/Nährstoffversorgung anpassen um eine Übersversorgung zu vermeiden 	<ul style="list-style-type: none"> • Neben dem Bedarf für Erhaltung und ggf. Milchleistung Proteinbedarf für optimales Wachstum des Kalbes beachten → zusätzlich 220 g RP pro Tier und Tag im 8. Trächtigkeitsmonat und 360 g RP pro Tier und Tag im 9. Trächtigkeitsmonat (Münger et al., 2021) • Bei zwei-phasiger Transitphase: <ul style="list-style-type: none"> – Frühe Trockenstehphase: RP-Gehalt von mind. 120 g/kg TS in der Gesamtration bzw. 20 g RP/MJ NEL anstreben – Vorbereitungsphase: gleicher RP-Gehalt wie im ersten Laktationsdrittel (Elite, 2016)

Zahlreiche Forschungsergebnisse zeigten, dass eine Reduktion der Proteinkonzentrationen möglich ist, ohne Leistungseinbußen verzeichnen zu müssen (Agle et al. 2010, Bahrami-Yekdangi et al. 2016). Voraussetzung dafür ist, dass der APD-Bedarf gedeckt ist, sodass die Versorgung mit Aminosäuren zur Milchproteinsynthese sichergestellt ist. Auch Arbeiten der DLG aus Deutschland zeigen, dass durch eine gezielte Einstel-

lung der Proteingehalte im Laktationsverlauf und der Trockenstehzeit nahe am Bedarf der Kühe gefüttert und somit eine Überversorgung vermieden werden kann (DLG, 2020). Tabelle 2 zeigt beispielhaft die Nährstoffaufnahmen bei einer nach Laktationsabschnitten differenzierten Rationsgestaltung für unterschiedliche Leistungshöhen auf.

Tabelle 2: Darstellung einer bedarfsgerechten Rohprotein (RP)-Versorgung bei unterschiedlichem Leistungsniveau (rechnerische Zwischenkalbezeit 365 Tage; nach DLG, 2020)

Laktationstag	1. Laktationsdrittel			2. Laktationsdrittel			3. Laktationsdrittel			Galtphase		
	1 bis 107			108 bis 215			216 bis 324					
Milchleistung [kg/Kuh*Jahr]	6000	8000	10000	6000	8000	10000	6000	8000	10000	6000	8000	10000
TS-Aufnahme [kg/Tag]	18,0	19,0	21,0	18,5	21,0	23,0	13,0	17,0	19,0	10,0	11,5	12,5
RP-Gehalt [g RP/kg TS]	145	150	155	140	145	150	125	130	135	120	120	120
N-Aufnahme [kg/Tag]	0,42	0,46	0,52	0,41	0,49	0,55	0,37	0,44	0,50	0,19	0,22	0,24

N: Stickstoff; TS: Trockensubstanz

Berechnungen der DLG zufolge kann eine den Laktationsabschnitten angepasste Fütterung bei einer Leistung von 8000 kg Milch pro Kuh und Jahr bei grasbetonter Fütterung (Grünlandbetrieb ohne Weidegang mit Heu) zu einer Minderung der N-Ausscheidungen von 12 – 15 % beitragen (DLG, 2020).

Berechnungen von Agroscope zu den Auswirkungen verschiede-

ner Fütterungsvarianten auf die N-Ausscheidungen kommen zu dem Ergebnis, dass sich der N-Anfall einer Milchkuh pro 10g Unterschied im RP-Gehalt in der Jahresration um 10 kg N (7,8 %) und der Harn-N um 9,5 kg N (12,3 %) pro Jahr verändert (Bracher, 2011). Bezogen auf die NH₃-Emissionen zeigten Sajeev et al. (2018), dass pro Prozentpunkt Absenkung der RP-Konzentration in der Gesamtration 17 % weniger NH₃-Emissionen entstehen.

Praxistipp

Lassen Sie den Nährstoffgehalt Ihrer eingesetzten (Grund-)Futtermittel regelmässig analysieren. So können Sie den RP-Gehalt der Gesamtration kalkulieren, die Proteinversorgung optimieren und eine Überversorgung vermeiden. Eine erste Einschätzung des Futterwertes des Grundfutters kann auch anhand der AGFF-Schlüssel zur Beurteilung der Qualität von Dürrfutter, Gras- und Maissilage vorgenommen werden (AGFF, 2021; 2022; 2023).

Ihre Futtermittelberater oder auch Rationsplanungstools wie beispielsweise „Rumiplan“ können Ihnen bei der Rationsberechnung helfen, um betriebsindividuelle Lösungen unter Berücksichtigung des vorhandenen Futters zu finden.

4 Milchwahnstoffgehalt zur Optimierung der Proteinversorgung

In der Praxis wird der Milchwahnstoffgehalt oft zur Einschätzung der Proteinversorgung herangezogen. Auch wenn der Milchwahnstoffgehalt von Faktoren wie Rasse, Gewicht, Fütterungsfrequenz, Wasseraufnahme und Management beeinflusst werden kann, besteht ein enger Zusammenhang zwischen der RP-Konzentration, spezifischer dem Anteil an pansenabbaubaren Futterproteinen, im Futter und dem Milchwahnstoffgehalt – genauso zwischen dem Milchwahnstoffgehalt und der N-Ausscheidung über den Harn (Abb. 3). Deshalb eignet sich der

Milchwahnstoffgehalt gut zur Darstellung der Proteinversorgung im Pansen (Tab. 3), um die schwer messbaren N-Ausscheidungen besser einordnen zu können (Kessler et al., 2020; Spek et al., 2013a,b). Steigt der Milchwahnstoffgehalt, so steigt die N-Ausscheidung über den Harn ebenfalls. Zu beachten ist jedoch, dass der Milchwahnstoffgehalt nur auf Herden- bzw. Gruppenebene zur Managementanpassung verwendbar ist und tierindividuelle Werte nicht aussagekräftig sind.

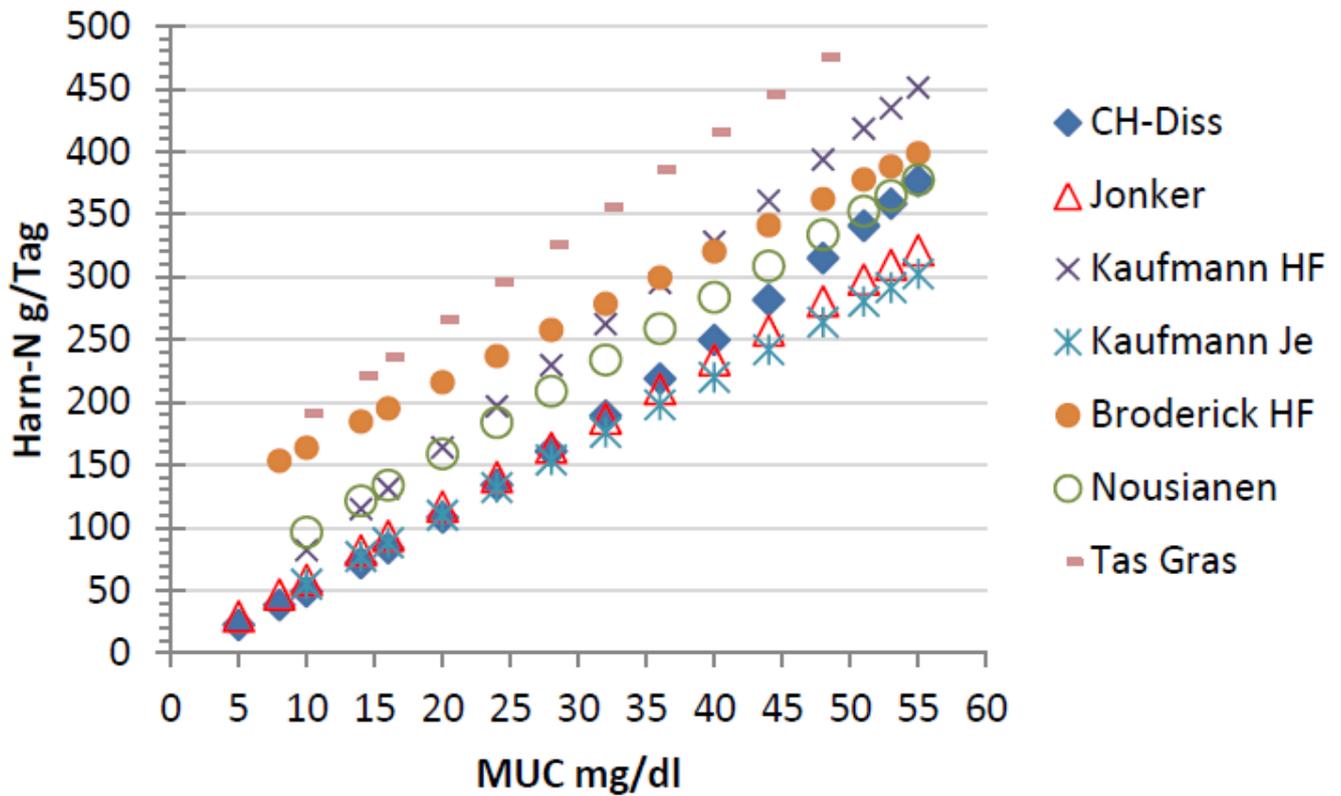


Abbildung 3: Vergleich von Regressionen zur Schätzung der Stickstoff (N)-Ausscheidungen über den Harn (Harn-N, g/Tag) anhand des Milchwahnstoffgehaltes (MUC = Milk Urea Content, mg/dl), (Bracher, 2011)

Tabelle 3: Milchwahnstoffgehalte auf Herdenniveau zur Darstellung der Proteinversorgung im Pansen (nach DLG 2022; AGRIDEA 2023)

Milchwahnstoffgehalt auf Herdenniveau	Interpretation	Fütterungsmanagement
< 15 mg / dl	Unterversorgung an pansenabbaubarem Protein	Proteinreiche Silage oder Dürrfutter; sofern möglich ggf. weitere proteinreiche Futterkomponenten zufüttern, die pansenabbaubares Protein zur Verfügung stellen; Steigerung der Grundfuturaufnahme in Frühaktation.
15 – 25 bzw. 27 mg / dl beim Braunvieh	Zielbereich – ausgewogene Versorgung mit pansenabbaubarem Protein	
> 25 mg / dl	Übersorgung an pansenabbaubarem Protein ¹	Energieriche Komponenten zufüttern; zusätzlich gefütterte Proteinfuttermittel, die insbesondere pansenabbaubares Protein zur Verfügung stellen, reduzieren.

¹ In besonderen Fütterungssituationen, z. B. wenn die Futtergrundlage zu grösseren Teilen aus Weidegras oder proteinreichen Grassilagen besteht bzw. aufgrund fehlender anderer Futtermittel nicht ausbalanciert werden kann, sind Harnstoffgehalte > 250 mg/l auf Herdenniveau tolerierbar.

Aus der Wissenschaft

Forschungsergebnisse zeigen, dass mit einem Anstieg des Milchwahnstoffgehaltes um 1 mg/dl ab 20 mg/dl eine Erhöhung der NH₃-Emissionen von 2,5 % und ab 30 mg/dl eine Steigerung um 3,5 % einhergeht (Van Duinkerken et al., 2011).

5 Einflussfaktoren, die für eine bedarfsgerechte Proteinversorgung zu beachten sind

Abbaubarkeit des Proteins im Pansen

Für die Deckung des Proteinbedarfs ist vor allem die APD-Versorgung entscheidend. Da der Proteinbedarf der Tiere meist höher als die produzierte Menge an Mikrobenprotein ist, muss diese Differenz durch pansenstabilisiertes Futterprotein (würde über den Harn ausgeschieden werden) ausgeglichen werden. Der Anteil an pansenstabilem Protein wird also umso wichtiger, je höher die Leistung und somit der Proteinbedarf ist (Abb. 4). Vor allem im hohen Leistungsbereich sollte der APD-Anteil zu Beginn der Laktation mindestens 50 % des RP-Gehaltes ausmachen (Münzger et al., 2021).

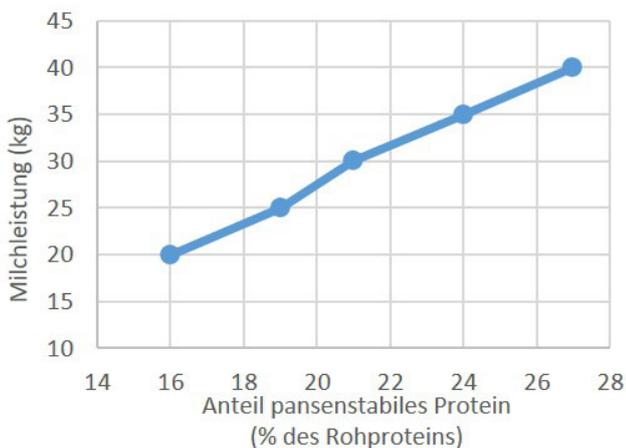


Abbildung 4: Anteil an pansenstabilem Protein in der Gesamtration in Abhängigkeit der Milchleistung (nach Kirchgessner, 2014)

Um den APD-Bedarf entsprechend decken zu können, sollten die verfügbaren Futtermittel (Abb. 5), die u. a. auch auf Grund von technischen oder chemischen Behandlungen unterschied-

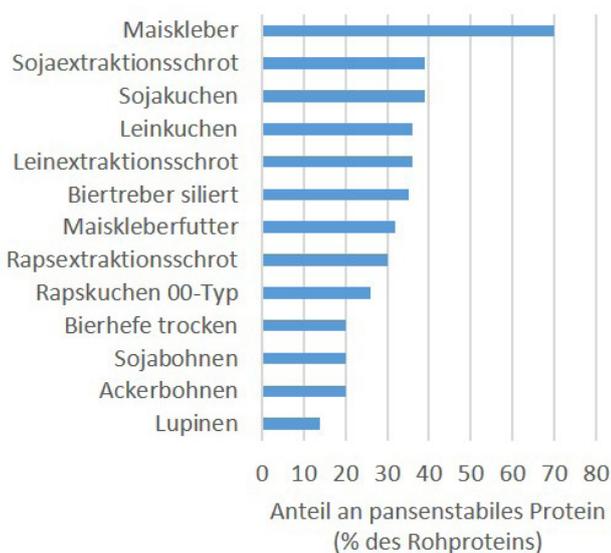


Abbildung 5: Beispiele für Futtermittel mit unterschiedlichen Anteilen an pansenstabilem Protein (Schweizer Futtermitteldatenbank; <https://www.feedbase.ch>)

liche Anteile an pansenstabilem Protein enthalten, gezielt verfüttert werden. Das sorgt dafür, dass ein grösserer Anteil des Proteins erst im Dünndarm verwertet und somit die Proteolyse zu NH_3 im Pansen reduziert wird. Zugleich werden die N-Verluste über den Harn minimiert. Die N-Ausscheidungen über den Kot werden hingegen vor allem durch die Verdaulichkeit des pansenstabilen Proteins im Dünndarm bestimmt.

Einsatz pansengeschützter Aminosäuren

Letztendlich hat die Kuh einen Bedarf an Aminosäuren, die am Dünndarm absorbiert werden und als Bausteine für das Milcheiweiss benötigt werden, weswegen die Aminosäurezusammensetzung des APD von Bedeutung ist. Das Mikrobenprotein ist das am besten verdauliche und beinahe perfekt an den Aminosäurebedarf der Wiederkäuer angepasste Protein. Mit zunehmender Leistung und höherer Futteraufnahme und Passagerate erlangt die Aminosäurezusammensetzung des pansenstabilen Proteins zunehmend an Bedeutung, da die am Dünndarm nutzbaren Aminosäuren zu einem grösseren Anteil zur Bedarfsdeckung beitragen. Eine Ergänzung der Ration mit pansengeschützten Aminosäuren kann je nach Rationszusammensetzung und Milchleistung sinnvoll sein, um einem Mangel an essentiellen Aminosäuren entgegenzuwirken. Lysin und Methionin stellen dabei die in der Literatur am häufigsten genannten limitierenden Aminosäuren bei Wiederkäuern dar, wobei ein Verhältnis von Methionin zu Lysin von 34,3 zu 100 empfohlen wird (INRA, 2018). Neben Lysin und Methionin, ist auch auf eine ausreichende Histidin-Versorgung zu achten (Giallongo et al., 2017; Lee et al., 2012). Speziell bei proteinreduzierten Rationen kann der Einsatz von geschützten Aminosäuren Vorteile bringen.

Aus der Wissenschaft

In einem Schweizer Fütterungsversuch untersuchten Wasem und Probst (2022) in verschiedenen Herden, wie sich eine Reduktion des Proteingehaltes in der Ration von 10 g RP/kg TS auf die Milchleistung und Milchinhaltsstoffe auswirkt. In den reduziert gefütterten Gruppen wurden die Rationen mit pansengeschützten Aminosäuren ergänzt, sodass die Menge an verdaulichem Lysin und Methionin mindestens der Menge in der Ration der Kontrollgruppe entsprach.

Bei proteinreduzierter Fütterung und gleichzeitigem Ausgleich mit pansengeschützten Aminosäuren blieb die Milchleistung erhalten, wenn auch ein numerischer Rückgang von rund 1 kg energiekorrigierte Milchmenge in drei der vier Versuchsgruppen beobachtet wurde. Gleichzeitig wiesen alle Versuchsgruppen signifikant niedrigere Milchwahnharnstoffgehalte auf. Durch die Korrelation von Ammoniakemissionen und Milchwahnharnstoffgehalten konnte in diesem Versuch durch Schätzgleichungen (van Duinkerken et al., 2011; Burgos et al., 2010) ein Emissionsreduktionspotential von 9–14% berechnet werden. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Absenkung der Ammoniakemissionen um 10% bei proteinreduzierter Fütterung zukünftig realistisch zu sein scheint.

Gleichgewicht von Protein und Energie in der Ration

Es ist dafür zu sorgen, dass die Bildung des Mikrobenproteins durch entsprechende Protein- und Energiezufuhr effizient umgesetzt wird. Zunächst muss vor allem die N-Verfügbarkeit gegeben sein. Kommt es darüber hinaus zu einem Mangel an Kohlenhydraten in der Ration, so kann im Vormagensystem keine effiziente Nutzung und Umwandlung des Proteins stattfinden, woraus Verluste von wertvollen N-Quellen resultieren. Hohe Milchwahstoffwerten von $> 250 \text{ mg/l}$ können daher auch auf ein Defizit an fermentierbarer Energie hinweisen und über die Energieverfügbarkeit im Pansen korrigiert werden. Auf Pansenebene kann die ruminale N-Bilanz (RNB) Aufschluss über das Gleichgewicht von N und Energie geben. Auf Rationsebene sollte die RP-Konzentration pro Energieeinheit mindestens $18\text{--}20 \text{ g RP/MJ}$ Nettoenergie Laktation (NEL) und höchstens 30 g RP/MJ NEL aufweisen. Hierbei sollte APDN zu APDE ausgeglichen sein.

Praxistipp

Die RNB ist eine weitere Kennzahl zur Optimierung der Proteinversorgung und der mikrobiellen Proteinsynthese, die Aufschluss über die N- und Energieverfügbarkeit im Pansen gibt (Bracher, 2011).

$\text{RNB} = \text{PMN} - \text{PME}$

$\text{RNB} = 0 \rightarrow$ ein ausgeglichenes Verhältnis von PMN und PME über die gesamte Ration ist das Ziel

$\text{RNB} > 0 \rightarrow$ N-Überschuss im Verhältnis zur Energie

$\text{RNB} < 0 \rightarrow$ N-Mangel im Verhältnis zu Energie

Durch eine gezielte Auswahl und Ergänzung betriebseigener Futtermittel mit weiteren Rationskomponenten kann die RNB verschoben und gesteuert werden.

Darüber hinaus wird im hohen Leistungsbereich auch der sogenannten Pansensynchronisation eine gewisse Bedeutung zugeschrieben, also der zeitlich aufeinander abgestimmten Verfügbarkeit von Protein und Energie im Pansen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Wiederkäuer auch über gewisse Kompensationsstrategien verfügen, um Differenzen in der zeitlichen Verfügbarkeit von Energie und Protein auszugleichen (Cabrita et al., 2006).

6 Zielkonflikt Sommerfütterung und N-Ausscheidungen

Gerade im Hinblick auf die Sommerfütterung besteht wegen der oft hohen und im Pansen leicht abbaubaren Proteine im Grünfütter ein Proteinüberschuss, der zu erhöhten N-Ausscheidungen führen kann. Die Umsetzung der N-angepassten Fütterung während der Weidezeit ist oftmals begrenzt und erfordert Kompromisslösungen zwischen maximaler Grünfütteraufnahme, bedarfsgerechter Fütterung, Stoffwechselbelastung, maximaler N-Effizienz und Minimierung der Emissionen (Bracher, 2011). Dennoch können verschiedene Massnahmen genutzt werden, um die N-Verluste dennoch während der Sommerzeit zu minimieren:

Der gezielten Einsatz von Getreidekomponenten, also die Bereitstellung von fermentierbaren Kohlenhydraten, sorgt für eine verbesserte Umsetzung des Proteins im Pansen. Durch

eine proteinarme Ergänzungsfütterung im Sommer z. B. mit Maiswürfeln, Rübenschnitzeln, Maissilage oder Dürffutter, können rund $10\text{--}15\%$ geringere Harn-N-Ausscheidungen erreicht werden (Bracher, 2011). Auch futterbauliche Massnahmen wie eine reduzierte N-Düngung, Schnittzeitpunkt, Nutzungsintensität und botanische Zusammensetzung können zur Reduktion der N-Ausscheidungen beitragen. Eine gezielte Steuerung der Grünfütterqualität hinsichtlich RP-Gehalt bewirkt beispielsweise bei einer Reduktion von 21% auf 18% und gleichbleibendem Energiegehalt fast 20% geringere N-Ausscheidungen im Sommer (Bracher, 2011). Zudem erlangt die Emissionsproblematik aufgrund des raschen Versickerns des Harns im Boden bei Weidegang eine geringere Bedeutung – die Stoffwechselbelastung ist jedoch höher und die N-Effizienz niedriger.

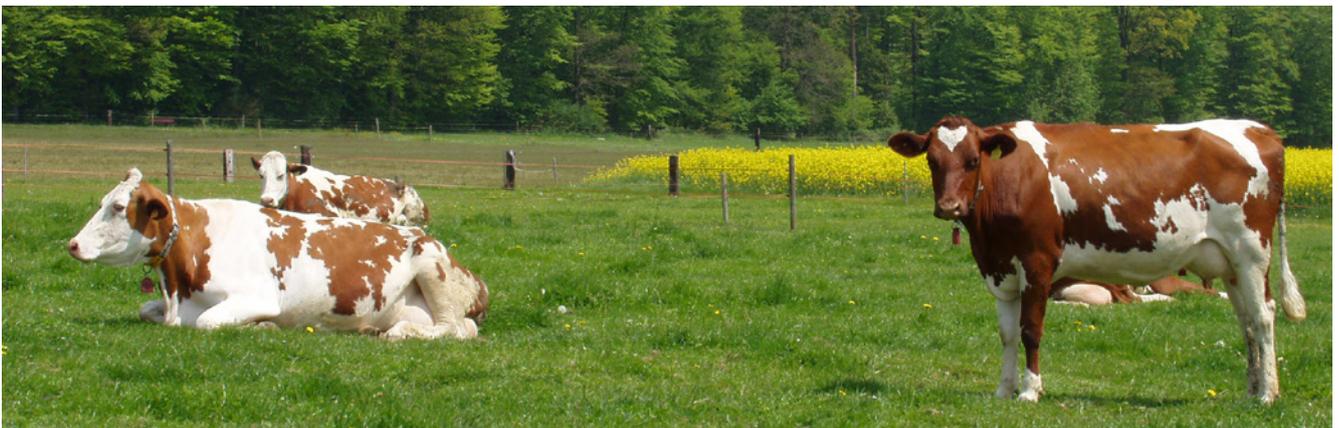


Foto: AGRIDEA

7 Zusammenfassung

Die wesentlichen Aspekte und Hintergründe zum Proteinstoffwechsel und der N-Verwertung beim Wiederkäuer können wie folgt zusammengefasst werden:

- Ein Teil der Futterproteine wird im Pansen mikrobiell zu NH_3 abgebaut, während der andere Teil der Futterproteine den Pansen unverdaut passiert (pansenstabiles Protein).
- Das freiwerdende NH_3 wird von den Pansenmikroben zum Aufbau von Mikrobenprotein genutzt, welches dem Wiederkäuer zusammen mit dem pansengeschützten Protein als APD zur Deckung des Protein- und Aminosäurebedarfs für Wachstum und Leistung zur Verfügung steht.
- Überschüssiges NH_3 im Pansen wird unter hohem Energieaufwand in der Leber zu Harnstoff entgiftet und über den Harn ausgeschieden.
- Der mit dem Harn ausgeschiedene Harnstoff ist sehr anfällig für die Verflüchtigung zu NH_3 .
- Bei einer Proteinübersorgung steigt der Anteil der N-Ausscheidung über den Harn exponentiell an.
- Eine N-angepasste Fütterung trägt zur Minderung der NH_3 -Emissionen aus der Milchviehhaltung bei. Vor allem am Ende der Laktation ist das Potential einer N-reduzierten Fütterung sehr hoch.
- Pro 10 g Unterschied im RP-Gehalt der Jahresration verändert sich der N-Anfall einer Milchkuh um 10 kg N (7,8 %) und der Harn-N um 9,5 kg N (12,3 %) (Bracher, 2011).
- Ein Prozentpunkt Reduktion des RP-Gehaltes in der Gesamtration bewirkt 17 % geringere NH_3 -Emissionen (Sajeev et al., 2017).

Massnahmen für eine erfolgreiche Umsetzung der bedarfsgerechten N-Versorgung

Jede Milchviehherde ist individuell und reagiert aufgrund von vielseitigen Einflussfaktoren anders auf eine N-reduzierte Fütterung, weshalb es keine Pauschallösung gibt. Die möglichen Stellschrauben im Betrieb zu erkennen und diese unter den gegebenen Bedingungen zu verändern, kann zu einer effizienteren, ökonomischeren, umweltfreundlicheren und tiergerechten Milchproduktion beitragen. Mögliche Massnahmen sind:

- regelmässige Fütterungskontrolle (Kondition der Tiere, Trockensubstanzbestimmung, Nährstoffanalysen der eingesetzten Futtermittel);
- Phasenfütterung → Anpassung der Fütterung an die jeweilige Laktationsphase:
 - 1. Laktationsdrittel: max. 170 g RP/kg TS, APD-Versorgung beachten (bei hoher Leistung APD-Anteil von 50 % des RP-Gehaltes);
 - 2. Laktationsdrittel: Proteinversorgung durch individuelle Kraftfutterzuteilung am Transponder, Trog oder durch Aufteilung in verschiedene Laktationsgruppen anpassen;
 - 3. Laktationsdrittel: Proteinversorgung oftmals allein über Grundration gedeckt;
 - Galtzeit: Futteraufnahme beachten, damit zum Start der Laktation genügend Futter aufgenommen und die RP-Gehalte in der Ration niedrig gehalten werden können, gleichzeitig Proteinbedarf für optimales Wachstum des Kalbes berücksichtigen; bei zwei-phasiger Fütterung mind. 120 g RP/kg TS während früherer Trockenstehphase; während der Vorbereitungsphase gleicher RP-Gehalt wie im ersten Laktationsdrittel.
- Kontrolle der Milchhaltsstoffe als Feedback der Fütterung und etwaige regelmässige Anpassungen;
- Milchwahnhstoffgehalt auf Herdenniveau als Indikator zur Einschätzung der Proteinversorgung (Zielbereich: 15–25 mg/dl bzw. 27 mg/dl bei Braunvieh) bei ausreichender Energieversorgung;
- Einsatz von pansenstabilem Protein und entsprechenden Energiekomponenten zur Gewährleistung einer effizienten mikrobiellen Proteinsynthese und bedarfsgerechten Proteinversorgung;
- Einsatz pansengeschützter Aminosäuren (v.a. Lysin, Methionin) kann bei proteinreduzierter Fütterung vorteilhaft sein;
- ausgeglichene ruminale N-Bilanz anstreben → kann durch gezielte Auswahl und Ergänzung betriebseigener Futtermittel mit weiteren Rationskomponenten verschoben und gesteuert werden;
- Massnahmen zur Minimierung der N-Verluste während der Sommerfütterung (oftmals Kompromisslösung erforderlich):
 - gezielter Einsatz von Getreidekomponenten, Grünmais oder energiereichem Heu oder Silage;
 - proteinarme Ergänzungsfütterung;
 - futterbauliche Massnahmen (Düngung, Schnittzeitpunkt, Nutzungsintensität, botanische Zusammensetzung).

8 Literaturverzeichnis

- 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.
- AGRIDEA (2023). Die neue Milchleistungsprüfung - Hintergrund, Interpretation und Managementanpassungen. Artikel-Nr. 4416. AGRIDEA, Lindau, Schweiz.
- Agle, M., Hristov, A. N., Zaman, S., Schneider, C., Ndegwa, P., & Vaddella, V. K. (2010). The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1625–1637.
- Bahrami-Yekdangi, M., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Khan, M. A., & Ghaffari, M. H. (2016). Reducing crude protein and rumen degradable protein with a constant concentration of rumen undegradable protein in the diet of dairy cows: Production performance, nutrient digestibility, nitrogen efficiency, and blood metabolites. *Journal of Animal Science*, 94(2), 718–725.
- Bracher (2011). Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen beim Rindvieh (Milchkuh). Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft und Agroscope Liebefeld Posieux.
- Cabrita, A. R. J., Dewhurst, R. J., Abreu, J. M. F., & Fonseca, A. J. M. (2006). Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows—a review. *Animal Research*, 55(1), 1–24.
- Calsamiglia, S., Ferret, A., Reynolds, C. K., Kristensen, N. B., & Van Vuuren, A. M. (2010). Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Animal*, 4(7), 1184–1196.
- DLG (2020). Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. DLG-Merkblatt 444 – Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Milchkuhen. Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- DLG (2022). DLG-Merkblatt 541 – Nutzung von Milchkontrollaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkuhen. Die neue Dummerstorfer Fütterungsbewertung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- Elite – Magazin für Milcherzeuger (2016). Transitzühe erfolgreich managen.
- Giallongo, F., Harper, M. T., Oh, J., Parys, C., Shinzato, I., & Hristov, A. N. (2017). Histidine deficiency has a negative effect on lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2784–2800.
- INRA (2018). Alimentation des ruminants. Edition Quae. Versailles, Frankreich.
- Kessler, E.C., Bruckmaier, R. M., & Gross, J. J. (2020). Milk urea nitrogen concentration is higher in Brown Swiss than in Holstein dairy cows despite identical feeding. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 104(6): 1671–1677.
- Kirchgessner, M., Stangl, G. I., Schwarz, F. J., Roth, F. X., Sudekum, K.-H., & Eder, K. (2014). Tierernährung - Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 14. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- Lapierre, H. und Lobley, G. E. (2001). Nitrogen Recycling in the Ruminant: A Review. *Journal of Dairy Science*, 84, E223–E236.
- Lee, C., Hristov, A. N., Cassidy, T. W., Heyler, K. S., Lapierre, H., Varga, G. A., ... & Parys, C. (2012). Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 6042–6056.
- Münger, A., Schori, F. & Schlegel, P. (2021). Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh. In: Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch), Kapitel 7. Agroscope, Posieux, Schweiz.
- Marini, J. C., & Van Amburgh, M. E. (2003). Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. *Journal of Animal Science*, 81(2), 545–552.
- Muscher, A. S., Schroder, B., Breves, G., & Huber, K. (2010). Dietary nitrogen reduction enhances urea transport across goat rumen epithelium. *Journal of Animal Science*, 88(10), 3390–3398.
- Reijs, J.W. (2007). Improving slurry by diet adjustments: a novelty to reduce N losses from grassland based dairy farms. Dissertation. Wageningen Universitat, Niederlande.
- Sajeev, E. P. M., Amon, B., Ammon, C., Zollitsch, W., & Winiwarter, W. (2018). Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 161–175.
- Spek, J.W., Dijkstra, J., van Duinkerken, G., Hendriks, W.H. & Bannink, A. (2013a). Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96 4310–4322.
- Spek, J., Dijkstra, J., van Duinkerken, G., & Bannink, A. (2013b). A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 151(3), 407–423.
- Van Duinkerken, G., Smits, M. C. J., Andre, G., Šebek, L. B. J., & Dijkstra, J. (2011). Milk urea concentration as an indicator of ammonia emission from dairy cow barn under restricted grazing. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 321–335.
- Wasem, D., & Probst, S. (2022). Proteinreduzierte Fütterung von Milchkuhen bei gezielter Ergänzung mit Aminosäuren. *Agarforschung Schweiz*, 13, 41–47.



**austauschen
verstehen
weiterkommen**

Impressum

Heraus-
geberin AGRIDEA
Eschikon 28
CH-8315 Lindau
T +41 (0)52 354 97 00
F +41 (0)52 354 97 97
www.agridea.ch

Autorinnen Magdalena Keller &
Annemarie Decker,
AGRIDEA

Fachliche
Mitarbeit Fredy Schori, Agroscope
Stefan Probst, HAFL

Layout AGRIDEA

Gruppe Tierhaltung

Artikel-Nr. 4449

© AGRIDEA, Juli 2023