

# Effiziente Fütterung senkt Emissionen

Energie- und Proteinversorgung zählt für Milchkühe

**Author Autor** Dr. Michael Hovenjürgen

Leiter Forschung & Entwicklung BEWITAL agri GmbH & Co. KG,  
m.hovenjuergen@bewital.de



Dr. Michael Hovenjürgen

Die Basis einer nachhaltigen Milchproduktion ist die bedarfsgerechte Versorgung mit Energie und Proteinen. Pansen geschützte Aminosäuren und pansenstabile Fette sind hierfür ein wichtiger Baustein. Zudem werden auch Ausscheidungen von Stickstoff, Phosphor und Methan reduziert.

Im Rahmen der Diskussionen über die deutsche und europäische Nachhaltigkeitsstrategie ist die Landwirtschaft und dabei auch die Milchviehhaltung im Fokus. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die moderne Milchkuhhaltung kein Selbstzweck ist. In der Regel dient die Haltung von Milchkühen der Produktion von Milch für die menschliche Ernährung. Die Forderung einer nachhaltigen Milchproduktion wird dabei häufig auf den verschiedensten Ebenen mit dem Begriff Effizienz in Zusammenhang gebracht. Die Fütterung spielt dabei eine sehr wichtige Rolle und hat Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, Stoffwechselstabilität, Gesundheit und Fruchtbarkeit der Milchkuh. Gleichzeitig sollte bei der Rationsoptimierung die Wirkung auf die umweltrelevanten Ausscheidungen Stickstoff und klimarelevante Gase (vor allem Methan, Ammoniak) berücksichtigt werden. Der Begriff der Effizienz wird mittlerweile in unterschiedlichsten Zusammenhängen angewendet. „Effizienz“ beschreibt das Verhältnis der Menge eines Leistungsmerkmals in Bezug auf einen Produktionsfaktor,  $\text{Effizienz} = \text{Output/Input}$ . Die Konzentration auf Effizienzmerkmale maximiert die Leistung in Relation zum Aufwand. Vor- und Nachteile, die an anderer Stelle auftreten, werden jedoch nicht berücksichtigt. Ein Beispiel dafür sind Futter- und Energieeffizienz in der Milcherzeugung (kg Milch je kg Futter bzw. MJ produzierte Energie in Milch je MJ NEL Energieaufnahme). Werden die Kurvenverläufe der Effizienz betrachtet, fällt deren Manko auf: Die höchste Futter- und Energieeffizienz finden sich in den ersten 80 Laktationstagen. Diese rechnerisch hohen Werte basieren jedoch auf der Mobilisation von Energie

# Efficient feeding reduces emissions

Energy and protein supply counts for dairy cows

The basis of sustainable milk production is the supply of energy and proteins in line with requirements. Rumen-protected amino acids and rumen-stable fats are an important building block for this. In addition, emissions of nitrogen, phosphorus and methane are also reduced.

In the context of the discussions on the German and European sustainability strategy, agriculture and dairy farming are in the focus. It should be borne in mind that modern dairy cow farming is not an end in itself. As a rule, the purpose of keeping dairy cows is to produce milk for human consumption. The demand for sustainable milk production is often associated with the term efficiency at various levels. Feeding plays a very important role and has an influence on the profitability, metabolic stability, health and fertility of the dairy cow. At the same time, ration optimization should take into account the effect on environmentally relevant emissions of nitrogen and climate-relevant gases (especially methane, ammonia). The term efficiency is now used in a wide variety of contexts. “Efficiency” describes the ratio of the quantity of a performance characteristic in relation to a production factor,  $\text{efficiency} = \text{output/input}$ . Focusing on efficiency characteristics maximizes output relative to input. However, advantages and disadvantages that occur elsewhere are not considered. An example of this is feed and energy efficiency in milk production (kg of milk per kg of feed or MJ of energy produced in milk per MJ of NEL energy intake). If the curves of efficiency are considered, their shortcoming is noticeable: The highest feed and energy efficiency are found in the first 80 days of lactation. However, these arithmetically high values are based on the mobilization of energy

from the breakdown of body reserves. Conversely, the regeneration of body reserves, the build-up of body mass, leads to mathematically low efficiency values from the middle of lactation.

Concentrating on a calculated high feed or energy efficiency in the short term can thus even increase the energy deficit at the beginning of lactation and result in losses in metabolic stability, health and fertility in the long term. A simultaneous consideration of mobilization and regeneration of body reserves in the calculation of more comprehensive efficiency values therefore appears indispensable in terms of sustainability.

A good indicator for the sustainability of milk production is considered by many authors to be the indicator "lifetime performance" as the ratio of lifetime performance (kg milk) to lifetime (in days). This puts the milk yield produced in relation to the age of the cow. Here, both a high lactation performance and a long service life have a positive effect. Metabolic stability, health and fertility are thus also taken into account via the useful life.

"Efficiency" values can be meaningfully used as "nitrogen utilization efficiency", especially in the area of protein and nitrogen supply. Here, the output of milk protein is put in relation to the input via feed protein.

The basis for good and sustainable milk yields is laid by a demand-oriented energy and protein supply of the dairy cows. Protein supply, via optimal rumen fermentation directly influences nitrogen utilization efficiency and thus N emission. Optimizing the nitrogen metabolism of dairy cows can thus sustainably reduce N emissions from milk production in the long term and at the same time make economic sense.

As milk yield increases, so do the demands on the protein quality of the feed. The importance of the proportion of stable feed protein is increasing. Since the dairy cow is also dependent on the amino acid supply at the small intestine, the importance of the amino acid pattern of the feed increases with increasing protein stability. Figure 1 shows the amino acid profile for milk, microbial protein and different protein carriers (Schuba and Südekum, 2012). The clearly recognizable differences in content, explain the positive effects of an addition of rumen-protected amino acids depending on the initial ration or supply situation described by the authors already mentioned (Table 1).

### Übersicht 1: Profil essenzieller Aminosäuren von Milch, Pansenmikroben und von ausgewählten pflanzlichen Proteinträgern\*

Table 1: Essential amino acid profile of milk, rumen microbiota and selected plant protein sources\*

Anteil Aminosäure am Protein/ Proportion of amino acid in protein (% oder g je 100g Protein)	Lysin	Methionin
Milchprotein/Milk protein	7,62	2,71
Mikrobenprotein/Microbial protein	7,90	2,60
Biertreber/Brewer's grains	3,77	1,90
Trockenschlempe/Dried stillage	2,28	1,80
Rapsextraktionsschrot/ Rapeseed extraction meal	5,32	1,99
Sojaextraktionsschrot/ Soybean extraction meal	6,03	1,34

\*Schuba und/and Südekum, 2012

aus dem Abbau von Körperreserven. Umgekehrt führt die Regeneration der Körperreserven, der Aufbau von Körpermasse, zu rechnerisch niedrigen Effizienzwerten ab der Mitte der Laktation.

Eine Konzentration auf eine, kurzfristig gesehen, rechnerisch hohe Futter- bzw. Energie-Effizienz kann damit zu Beginn der Laktation das Energiedefizit sogar noch verstärken und langfristig Einbußen bei Stoffwechselstabilität, Gesundheit und Fruchtbarkeit zur Folge haben. Eine gleichzeitige Berücksichtigung von Mobilisation und Regeneration von Körperreserven bei der Berechnung umfassenderer Effizienzwerte erscheint daher im Sinne der Nachhaltigkeit unabdingbar.

Als guter Indikator für die Nachhaltigkeit der Milchproduktion wird von vielen Autoren der Indikator „Lebensstagsleistung“ als das Verhältnis von Lebensleistung (kg Milch) zur Lebensdauer (in Tagen) angesehen. Damit wird die erbrachte Milchleistung ins Verhältnis zum Alter der Kuh gesetzt. Hier wirken sich sowohl eine hohe Laktationsleistung als auch eine lange Nutzungsdauer positiv aus. Über die Nutzungsdauer sind damit auch Stoffwechselstabilität, Gesundheit und Fruchtbarkeit berücksichtigt.

„Effizienz“-Werte lassen sich vor allem im Bereich der Proteinrespektive Stickstoffversorgung als „Stickstoff-Nutzungseffizienz“ sinnvoll verwenden. Hierbei wird der Output an Milchprotein in Relation zum Input über Futterprotein ins Verhältnis gesetzt.

Die Basis für gute und nachhaltige Milchleistungen wird durch eine bedarfsgerechte Energie- und Proteinversorgung der Milchkühe gelegt. Die Proteinversorgung, beeinflusst über eine optimale Pansenfermentation direkt die Stickstoff-Nutzungseffizienz und damit auch die N-Ausscheidungen. Eine Optimierung des Stickstoff-Stoffwechsels der Milchkühe kann damit nachhaltig und langfristig die N-Emissionen aus der Milchproduktion senken und gleichzeitig ökonomisch sinnvoll sein.

Mit steigender Milchleistung steigen auch die Anforderungen an die Proteinqualität des Futters. Die Bedeutung des Anteils an beständigem Futterprotein nimmt zu. Da auch die Milchkühe von der Aminosäureversorgung am Dünndarm abhängig ist, steigt mit zunehmender Proteinbeständigkeit die Bedeutung des Aminosäuremusters der Futtermittel. In Übersicht 1 ist das Aminosäureprofil für Milch, Mikrobenprotein und verschiedene Proteinträger aufgeführt (Schuba und Südekum, 2012). Die deutlich erkennbaren Unterschiede im Gehalt erklären die von den bereits genannten Autoren beschriebenen positiven Effekte einer Zulage pansengeschützter Aminosäuren je nach Ausgangsration bzw. Versorgungslage (Übersicht 1).

Broderick et.al. (2008) prüften, inwieweit sich die Zulage von pansengeschütztem Methionin bei reduzierter Proteinversorgung auf die Milchproduktion und die Stickstoffausscheidung von Milchkühen auswirkt. Geprüft wurden vier Rationen, bei denen schrittweise Sojaextraktionsschrot gegen Feuchtmais ausgetauscht und gleichzeitig 0 g/5 g/10 g/15 g pansengeschütztes Methionin je Kuh und Tag zugelegt wurde. Der Proteingehalt der Rationen reduzierte sich dabei von 186 g/kg T bis auf 148 g/kg T. Mit einer Zulage von 5 g bzw. 10 g pansengeschütztem Methionin je Tag konnte der verringerte Proteingehalt der Ration mindestens ausgeglichen werden (Übersicht 2). Die tägliche Milchmenge lag sogar höher als bei der Kontrolle. Mit 148 g Protein je kg T und 15 g geschütztem Methionin je Kuh und Tag war die Milchleistung jedoch gegenüber den beiden anderen Zulagegruppen verringert. In der Zulagegruppe war offensichtlich die Lysinversorgung nächstlimitierend, wie die Kalkulationen der Autoren zeigen. Über alle Gruppen zeigte sich ein direkter Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt im Futter und den täglichen Stickstoff(N)-Ausscheidungen über Kot und Harn. Diese waren gegenüber der Kontrolle um bis zu 25 % reduziert. Gleichzeitig stieg die Verwertung des Stickstoffs für die Milchproteinproduktion von 26,2 % auf 34,0 % (Übersicht 2).

**Übersicht 2: Effekt einer reduzierten Proteinversorgung mit Zulage von pansengeschütztem Methionin\***  
**Table 2: Effect of reduced protein supply with supplementation of rumen-protected methionine\***

Proteingehalt der Ration/Protein content of the ration, g/kg T	186	173	161	148
Zulage an geschütztem Methionin/ Protected methionine supplement (g/d)	0	5	10	15
Trockenmasseaufnahme/Dry matter intake (kg/d)	23,4	23,4	23,8	23,7
Milchmenge/Milk quantity ECM (kg/d)	38,9 <sup>b</sup>	42,0 <sup>a</sup>	41,2 <sup>ab</sup>	38,6 <sup>b</sup>
Milchprotein/Milk protein (kg/d)	1,15 <sup>b</sup>	1,23 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>	1,20 <sup>ab</sup>
Stickstoff in Milch/Nitrogen in milk (% des Futter/Feed-N)	26,2 <sup>c</sup>	29,9 <sup>b</sup>	31,7 <sup>b</sup>	34,0 <sup>a</sup>
Stickstoff in Kot und Harn/Nitrogen in feces and urine (g/d)	510 <sup>a</sup>	453 <sup>b</sup>	447 <sup>b</sup>	387 <sup>c</sup>

Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben waren signifikant verschieden/Values with different superscripts were significantly different; \* Broderick et al., 2008

In vielen Versuchen wird die Rohproteinmenge im Futter abgesenkt, damit die Stickstoffzufuhr reduziert und anschließend Methionin und teilweise Lysin zugelegt, sodass der Aminosäurebedarf gedeckt ist und Leistungseinbußen durch die rohproteinreduzierte Fütterung vermieden werden. Häufig haben die Milchkühe zu Beginn der Laktation jedoch bereits eine physiologische negative Nährstoff- und Energiebilanz. Eine zusätzliche Rohproteinabsenkung kann diese noch verstärken.

In eigenen Untersuchungen (Hovenjürgen, 2019) konnte die Milchleistung mit einer Zulage von pansengeschütztem Lysin und Methionin (BEWI-FATRIX® LM 101) zu einer ansonsten ausgeglichenen Ration um 2,3 kg je Kuh und Tag gesteigert werden. Gleichzeitig erhöhte sich die Verwertung des Futter-Stickstoffs für die Milchbildung von 31,7 % auf 33,9 %. Die von der DLG bei der „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere“ (DLG, 2014) angegebenen Standardausscheidungen resultieren in einer N-Effizienz bzw. Verwertung des Futterstickstoffs für Milchbildung von 22 % bis 28 %. Durch eine angepasste Proteinversorgung in Verbindung mit einer Zulage der erstlimitierenden Aminosäuren in pansengeschützter Form, konnte mit praxisüblichen Rationen in mehreren Versuchen die Proteinverwertung auf 34 % gesteigert werden. Damit einher geht eine deutliche Reduzierung der N-Ausscheidungen über Kot und Harn. Gleichzeitig wird damit das Potenzial für gasförmige Ammoniak-Emissionen deutlich reduziert. Bis zu 90 % der Ammoniakemission (NH<sub>3</sub>) und etwa 15 % des Methan-anfalls (CH<sub>4</sub>) werden weltweit der Nutztierhaltung zugeordnet (Flachowsky und Lebzien, 2005). Beide Spurengase haben eine deutliche Klimarelevanz.

Für CH<sub>4</sub> wird eine 23-fache Wirkung hinsichtlich des Treibhausgaspotenzials gegenüber CO<sub>2</sub> angesetzt. Im Gegensatz zum NH<sub>3</sub> wird das CH<sub>4</sub> aus der Nutztierhaltung hauptsächlich dem Wiederkäuer zugeordnet. Der Anteil aus der Dickdarmverdauung der Monogastrier ist deutlich geringer. CH<sub>4</sub> entsteht unvermeidlich beim mikrobiellen Kohlenhydratabbau im Pansen durch methanogene Bakterien. Die Methanausscheidung beim Wiederkäuer kann zwischen 2 % (krautfutterreiche Fütterung) und 15 % (faserreiche Fütterung) der aufgenommenen Bruttoenergie variieren und stellt für das Tier einen Energieverlust dar. In Abhängigkeit von Futteraufnahme, Leistungshöhe, Ration und anderer Faktoren werden zwischen 20 g und 25 g CH<sub>4</sub> je kg Futter-trockenmasse ausgeschieden. Aufgrund der hohen Bedeutung des Erhaltungsbedarfs der Milchkühe wird schnell deutlich, dass das größte Minderungspotenzial im Hinblick auf die Methanausscheidungen je kg Milch die Leistungshöhe der Milchkühe ist (Brade, 2014).

Die Methanbildung im Pansen kann auch durch eine zellwandärmere Rationsgestaltung beeinflusst werden. Bei Essigsäurebildung (Zelluloseabbau) fällt mehr CH<sub>4</sub> an als bei Propionsäurebildung (Abbau von Nichtstrukturkohlenhydraten wie Stärke). Da die Pansenfermentation aber vor allem an eine optimale Verwertung der Faser bzw. Zellulose angepasst ist, gibt es in der

Broderick et al. (2008) tested the effect of rumen-protected methionine supplementation on milk production and nitrogen emission of dairy cows under reduced protein supply. Four rations were tested in which soybean extraction meal was gradually replaced with wet corn while adding 0 g/5 g/10 g/15 g of rumen-protected methionine per cow per day. The protein content of the rations was reduced from 186 g/kg DM to 148 g/kg DM. With a supplement of 5 g or 10 g rumen-protected methionine per day, the reduced protein content of the ration was at least compensated (Table 2). The daily milk yield was even higher than in the control. However, with 148 g protein per kg T and 15 g protected methionine per cow per day, milk yield was reduced compared to the other two supplement groups. In the supplement group, lysine supply was obviously the next limiting factor, as shown by the authors' calculations. Across all groups, there was a direct relationship between protein content in the diet and daily nitrogen (N) emission via feces and urine. These were reduced by up to 25 % compared with the control. At the same time, the utilization of nitrogen for milk protein production increased from 26.2 % to 34.0 % (Table 2).

In many trials, the amount of crude protein in the feed is lowered, thus reducing the nitrogen supply, and then methionine and, in some cases, lysine are added so that the amino acid requirement is covered and performance losses due to the crude protein-reduced feeding are avoided. However, dairy cows often already have a physiological negative nutrient and energy balance at the beginning of lactation. An additional raw protein reduction can exacerbate this.

In our own studies (Hovenjürgen, 2019), milk yield could be increased by 2.3 kg per cow per day with an addition of rumen-protected lysine and methionine (BEWI-FATRIX® LM 101) to an otherwise balanced ration. At the same time, the utilization of feed nitrogen for milk formation increased from 31.7 % to 33.9 %. The standard emissions given by the DLG in "Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere" (DLG, 2014) result in an N efficiency or utilization of feed nitrogen for milk formation of 22 % to 28 %. Through an adapted protein supply in conjunction with an addition of the first-limiting amino acids in rumen-protected form, protein utilization could be increased to 34 % in several trials with rations customary in practice. This is accompanied by a significant reduction in N emission via feces and urine. At the same time, this significantly reduces the potential for gaseous ammonia emissions. Up to 90 % of ammonia emissions (NH<sub>3</sub>) and about 15 % of methane (CH<sub>4</sub>) are attributed to livestock production worldwide (Flachowsky and Lebzien, 2005). Both trace gases have a clear climate relevance.

For CH<sub>4</sub>, a 23-fold effect in terms of greenhouse gas potential compared to CO<sub>2</sub> is estimated. In contrast to NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> from livestock is mainly attributed to ruminants. The fraction from large intestine digestion of monogastrics is much smaller. CH<sub>4</sub> is inevitably produced during microbial carbohydrate breakdown in the rumen by methanogenic bacteria. Methane emission in ruminants can vary from 2% (high concentrate feeding) to 15% (high fiber feeding) of gross energy ingested and represents an energy loss to the animal. Depending on feed intake, performance level, ration and other factors, between 20 g and 25 g of CH<sub>4</sub> per kg of dry feed mass is excreted. Due to the high importance of the maintenance requirement of the dairy cow, it quickly becomes clear that the greatest potential for reduction with regard to methane emission per kg of milk is the performance level of the dairy cow (Brade, 2014).

Methane formation in the rumen can also be influenced by a lower cell wall ration design. Acetic acid formation (cellulose breakdown) produces more CH<sub>4</sub> than propionic acid formation (breakdown of non-structural carbohydrates such as starch). However, since rumen fermentation is primarily adapted to optimal utilization of fiber or cellulose, there are limits to the use of non-structural carbohydrates such as starch and sugar in ration design. The selective use of fats in ruminant rations can also inhibit methanogenic microbes to a limited extent. The use of additives that have been shown to inhibit methanogenic microorganisms (e.g., ionophores) is not allowed in the EU (Flachowsky and Brade, 2007).

The amount of methane formed in the rumen and released to the environment depends primarily on the organic matter fermented in the rumen. Therefore, an allowance of energy sources not degraded in the rumen, such as rumen-stable fats, does not increase the amount of methane formed per day, but can make a significant contribution to improving the energy supply of the dairy cow and thus to increasing the milk yield.

Rumen-stable fats (BEWI-SPRAY®) allow an effective energetic enhancement of the ration without providing substrate for methanogenic microorganisms. Methane emission is even reduced in relation to the higher energy supply per unit of "milk volume produced". By using rumen-protected amino acids (BEWI-FATRIX®) and rumen-stable fats (BEWI-SPRAY®), dairy cow rations can be optimized in terms of protein and energy source use. At the same time, these products enable the targeted reduction of nitrogen, phosphorus and methane emission per kg of milk (Figure 1).

In the context of the new supply recommendations for dairy cows, the AfBN (Committee for Requirement Standards of the Society of Nutrition Physiology, GfE 2023) considers the sum of small intestine digestible amino acids to indicate the animals' needs and the contribution of feeds to the supply of amino acids to cows. This approach suggests a better calculation basis for the supply of amino acids, corresponding to the animals' needs. This opens up new possibilities for improving nitrogen use efficiency and thus also the sustainability of milk production already via the ration calculations.

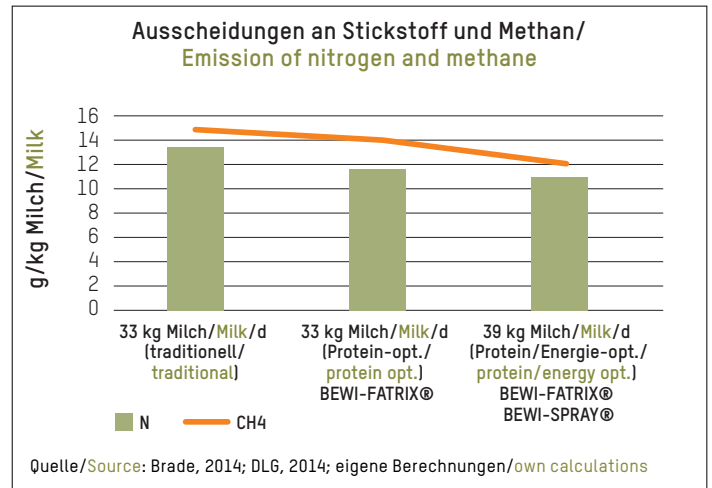


Abbildung 1: Ausscheidungen an Stickstoff und Methan je kg Milch mit und ohne Protein/Energie-Optimierung und Einsatz von BEWI-FATRIX® und BEWI-SPRAY®-Produkten.

Figure 1: Emission of nitrogen and methane per kg milk with and without protein/energy optimization and use of BEWI-FATRIX® and BEWI-SPRAY® products.

Rationsgestaltung Grenzen beim Einsatz von Nichtstrukturkohlenhydraten wie Stärke und Zucker. Der gezielte Einsatz von Fetten in Wiederkäuerrationen kann ebenfalls in begrenztem Umfang methanogene Mikroben hemmen. Der Einsatz von Zusatzstoffen, die nachweislich methanogene Mikroorganismen hemmen (z.B. Ionophore), ist in der EU nicht erlaubt (Flachowsky and Brade, 2007).

Die im Pansen gebildete und an die Umwelt abgegebene Methanmenge hängt in erster Linie von der im Pansen fermentierten organischen Masse ab. Eine Zulage von im Pansen nicht abgebauten Energieträgern wie pansengeschützten Fetten erhöht daher die gebildete Methanmenge pro Tag nicht, kann aber einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung der Energieversorgung der Milchkühe und damit zu einer Erhöhung der Milchmenge leisten.

Pansengeschützte Fette (BEWI-SPRAY®) erlauben eine effektive energetische Aufwertung der Ration, ohne Substrat für methanogene Mikroorganismen zu bieten. Die Methanausscheidung wird, bezogen auf die höhere Energieversorgung je Einheit „produzierte Milchmenge“ sogar verringert (Abbildung 1).

Durch den Einsatz von pansengeschützten Aminosäuren (BEWI-FATRIX®) und pansenstabilen Fetten (BEWI-SPRAY®) lassen sich Milchrationen hinsichtlich Protein- und Energieträgereinsatz optimieren. Gleichzeitig ermöglichen diese Produkte die gezielte Reduzierung der Stickstoff-, Phosphor- und Methanausscheidungen je kg Milch (Abbildung 1).

Im Rahmen der neuen Versorgungsempfehlungen für Milchkühe berücksichtigt der Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE (GfE, 2023) die Summe der dünnarmverdaulichen Aminosäuren zur Angabe des Bedarfs der Tiere und des Beitrags der Futtermittel zur Versorgung der Kühe mit Aminosäuren. Dieser Ansatz lässt eine bessere, dem Bedarf der Tiere entsprechende Berechnungsbasis für die Versorgung mit Aminosäuren erwarten. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten, bereits über die Rationskalkulationen die Stickstoff-Nutzungseffizienz und damit auch die Nachhaltigkeit der Milchproduktion zu verbessern.