

N-Verwertung Wiederkäuer: effizient bei bekannten Grenzen

Roger DACCORD*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztier (RAP), CH-1725 Posieux

Der Wiederkäuer nimmt dank der Pansenmikroorganismen bei der Umwandlung des Stickstoffs (N) in tierische Proteine eine besondere Stellung ein. Doch diese Aufwertung spielt sich nicht ohne Verluste ab. Es ist deshalb wichtig, diese Verluste unter Kontrolle zu bekommen, indem nach einem guten Kompromiss zwischen biologischen, ökonomischen und ökologischen Anforderungen gesucht wird.

Die im Stickstoffkreislauf zirkulierenden N-Mengen sind beträchtlich. Obwohl ihre Schätzung noch ungenau ist, zeigt sich, dass bei der Umwandlung der einfachen stickstoffhaltigen Substanzen in komplexe Proteine oft wesentliche Verluste entstehen (Abb. 1). Für die Schweiz wurde berechnet, dass sich beim Tier (Braun *et al.* 1994) nur 15 % der N-Aufnahme in dessen Produkten wiederfinden. Die Hauptverluste im Kreislauf sind die Denitrifikation, die Verflüchtigung von Ammoniak und die Auswaschung von Nitraten (Tab. 1). Vor allem die Verflüchtigung und die Auswaschung, die zusammen 60 % aller Verluste ausmachen, haben negative Folgen für die Umwelt. Für die Verflüchtigung des Ammoniaks gelten die tierischen Exkremente als Hauptquelle. Um diese N-Verluste beim Tier zu reduzieren, kann bei einem oder mehreren der drei folgenden Faktoren eingegriffen werden:

- **bei der Zufuhr:** reduzieren, wenn sie den Bedarf des Tieres übersteigt;
- **bei den Produkten:** die Menge erhöhen, indem die Verwertung des Stickstoffes verbessert wird;
- **bei den Verlusten:** reduzieren, indem wiederum die N-Verwertung optimiert oder die N-Zufuhr reduziert wird.

N-Angebot und -Bedarf besser abstimmen

Das in der Schweiz seit 1984 gültige Stickstoffbewertungssystem beim Wiederkäuer, das auf dem absorbierbaren Protein im Darm (APD) basiert, erlaubt eine bessere Einschätzung des Angebots und des Bedarfs als das auf dem verdaulichen Rohprotein basierende System (Daccord 1994). Das APD besteht aus Proteinen der Pansenmikroorganismen und aus Futterproteinen, die dem durch diese Mikroorganismen verursachten Abbau entgegen. Unsere Forschungsanstalt hat grosse Anstrengungen unternommen, um das Potential des RP-Abbaus oder die Abbaubarkeit mit der Nylon-Beutel-Methode (*in sacco*) so genau wie möglich zu bestimmen. Die Beutel enthalten die zu testenden Futtermittel und werden in den Pansen von fistulierten Rindern eingeführt. Mehr als 400 Proben wurden auf diese Weise getestet. Die Hälfte der untersuchten Futtermittel bestand aus Gras oder Graskonserven. Die andere Hälfte der Proben waren die wichtigsten Kraftfutter, die in der Schweiz in der Rindviehproduktion eingesetzt werden. Dank diesen Ergebnissen konnten die neuen Nährwerttabellen für Wiederkäuer erstellt werden (Daccord *et al.* 1994;

Guidon *et al.* 1994). Es ist schwierig, die Ergebnisse der *in sacco*-Methode von anderen Labors zu Vergleichszwecken heranzuziehen, da sie zu wenig standardisiert ist. Dieser Mangel zeigte sich bei einer Ringanalyse an der weltweit über 20 Labors, das unsere miteingeschlossen, beteiligt waren (Madsen und Hvelplund 1994). Unsere Methode wurde von Anfang an auf der Grundlage der französischen Methode standardisiert (Michalet-Doreau *et al.* 1987).

Ein Grossteil der mit der *in sacco*-Methode untersuchten Proben wurde dazu verwendet, die Labormethode zu entwickeln, mit der die Abbaubarkeit des Rohproteins einfacher und kostengünstiger als mit der *in sacco*-Methode bestimmt werden kann. Die Methode beruht auf der Inkubation einer Probe mit Proteasen und Zellulasen (Aufrière und Cartailier 1988) und liefert bei der Analyse von Standardfuttermitteln zuverlässige Resultate (Rihs und Herzog 1994). Hingegen ist es schwierig, mit dieser Methode die Folgen von technologischen, besonders thermischen Behandlungen festzustellen. Vieles deutet daraufhin, dass die auf der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) beruhende Methode eine interessante Alternative sein könnte, umso mehr, als mit ihr schnell weitere Parameter über den Nährwert der Probe geliefert werden können (Broderrick 1994; Tremblay *et al.* 1996).

Immer noch Ungenauigkeiten und Mängel: Die mit einem bestimmten Futtermittel synthetisierte Menge von Protein mikrobiellen Ursprungs ist stark abhängig von der

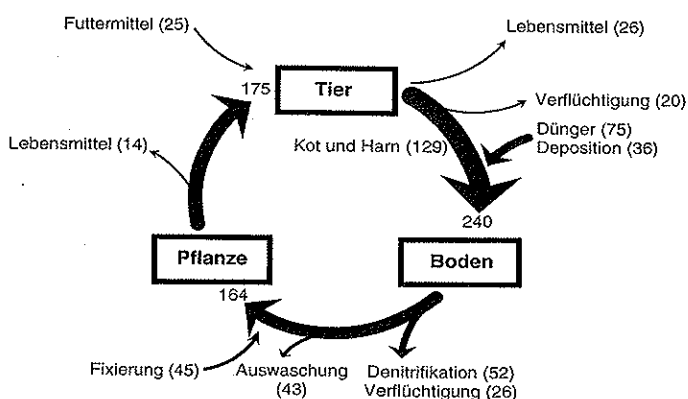


Abb. 1. Stickstoffkreislauf. Die Zahlen stehen für den für die Schweiz angenommenen Stickstofffluss, N t x 1000/Jahr (nach Braun *et al.* 1994).

Tab. 1. Bilanz des Stickstoffkreislaufs in der Schweizer Landwirtschaft, in % (nach Braun *et al.* 1994)

Einträge	Produkte	Verluste
Dünger	Tier. Produkte	Denitrifikation
Fixierung	Pflanzl. Produkte	Ammoniak
Deposition		Auswaschung
Import. Futtermittel		
Total	23	77
Total, t x 1000/Jahr	41	139

* Übersetzung: Anita Niederhäusern, Flamatt. Die vollständige Originalversion ist erschienen in der Revue suisse d'Agriculture 28 (5), 1996

Energie, die durch die Pansengärung geliefert wurde. Als Basis für die Berechnung dieser Energie dient die Verdaulichkeit der organischen Substanz. Eine ungenaue Schätzung dieser Verdaulichkeit hat grosse Auswirkungen auf den Gehalt an APD, da sich dieses grösstenteils aus Mikrobenproteinen zusammensetzt. Noch viel zu oft kommt es vor, dass die Verdaulichkeit der organischen Substanz von Gras oder Graskonserven aufgrund fehlender Informationen über die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes nicht exakt bestimmt werden kann. Der APD-Gehalt von Mischfutter kann für die üblichen Rohkomponenten genügend genau festgestellt werden. Wurden diese jedoch starken thermischen Behandlungen unterzogen oder ist deren Herkunft ungewöhnlich, fällt die Bewertung ungenau aus.

Für sämtliche Standard-Futtermittel wird in den Tabellen die Verdaulichkeit der Aminosäuren, die ein Bestandteil der Futterproteine sind, aufgeführt. Die Variationsfaktoren der Verdaulichkeit müssten noch genauer untersucht werden (Hvelplund *et al.* 1995). Bis heute fehlt eine einfache Labormethode, mit der überprüft werden kann, ob die Verdaulichkeit einer bestimmten Probe dem Standardwert entspricht. Dies gilt vor allem für Futtermittel, die thermischen Behandlungen wie der Trocknung, Extrusion oder Expansion unterzogen wurden.

Besteht wie bei der Hochleistungskuh ein hoher Bedarf, spielt der Aminosäuren-Gehalt des APD eine wesentliche Rolle. Mit unserem Evaluationssystem ist es noch nicht möglich, den Bedarf und die Aufnahme von essentiellen Aminosäuren zu berechnen, wie dies das französische System vorschlägt (Rulquin *et al.* 1993). Bis heute fehlen verlässliche Angaben über den Aminosäuren-Gehalt von Futtermitteln und besonders von Rauhfutter. Dank einem Forschungsprojekt, an dem die Forschungsanstalten von Changins, Reckenholz und Posieux beteiligt sind, sollte es möglich sein, diese Lücken teilweise zu schliessen.

Defizit und Überschuss: APD-Defizite und N-Überschuss lassen sich oft nur schwer vermeiden. Am Anfang der Laktation kann das Defizit der Hochleistungskuh oft nicht soweit in Grenzen gehalten werden, dass die Risiken von Stoffwechsel-Störungen klein bleiben. Während dieser Phase ist es wichtig, über Kraftfutter zu verfügen, die im Rohprotein einen hohen APD-Anteil aufweisen. Diese Futtermittel sind sehr beschränkt verfügbar und sind grösstenteils ausländischen Ursprungs. Es würde sich lohnen, effiziente Verfahren zu entwickeln, um den APD-Gehalt von einheimischen Futtermitteln wie

dem Rapsschrot zu erhöhen (Daccord 1996a).

Eine hohe Qualität des Rauhfutters und ein geringer Bedarf des Wiederkäuers können häufig zu einem N-Überschuss führen, was eine Belastung von Tier und Umwelt zur Folge hat. Die maximale Konzentration an Rohprotein in der Futterration, die bei 30 g RP pro MJ Nettoenergie Laktation (NEL) oder Nettoenergie Mast (NEV) angesetzt wurde (Daccord 1994), ist in der Regel überschritten, wenn das Futter mehr als 200 g RP pro kg Trockensubstanz enthält. Dies ist häufig der Fall, wenn sich Gras noch in einem sehr frühen Stadium befindet. Es ist deshalb nötig, die Intensität der Rauhfutter-Produktion besser auf die Intensität der Tierproduktion abzustimmen. So sollten zum Beispiel trockenstehende Kühe nicht ausschliesslich mit jungem Gras gefüttert werden. Die andere Möglichkeit ist das Verdünnen mit einem Rauhfutter, dessen Energie nur zu einem geringen Anteil aus Rohprotein besteht. Für landwirtschaftliche Betriebe, die die Möglichkeit haben, Maissilage herzustellen, ist dies eine optimale Lösung. Für die übrigen Betriebe ist Heu ein Verdünnungsmittel: Es sollte reich an Gräsern sein und in mittelspättem Stadium geschnitten werden, wo die Schmackhaftigkeit noch gut ist. Die Faserfraktion verbessert die oft ungenügende Struktur der Futterration. Eine N-Zufuhr unter der Schwelle von 18 bis 20 g RP pro MJ NEL oder NEV bringt nicht in jedem Fall eine Verbesserung. Die N-Verluste lassen sich zwar dadurch einschränken, doch nimmt auch die Leistungsfähigkeit des Tieres ab. Da der N-Bedarf der Pansenmikroorganismen nicht mehr voll gedeckt ist, ist deren zellulolytische Tätigkeit eingeschränkt, was beim Tier zu einer verminderten Futteraufnahme und Verdauung führt.

Stickstoff- und APD-Bedarf: Während seiner Entwicklung kann der junge Wiederkäuer seinen APD-Bedarf mehr und mehr durch Mikrobenproteine decken, vorausgesetzt, der Bedarf an Energie ist gedeckt. Am Ende der Wachstumsphase geht es hauptsächlich darum, eine RP-Versorgung zu garantieren, die den Bedürfnissen der Mikroorganismen entspricht. Da der Bedarf der Hochleistungskuh beträchtlich höher ist, ist sie während der meisten Zeit der Laktationsphase auf eine APD-Versorgung mit Futter-APD angewiesen. Zu Laktationsbeginn sollte dieser Anteil höher sein, da die Energieversorgung ungenügend ist. Während dieser Zeit ist die Qualität der Futterproteine entscheidend, wie aus der Berechnung der essentiellen Aminosäuren hervorgeht. Landwirte und Futtermittel-Fabrikanten tragen diesem Faktor noch zu wenig Rechnung.

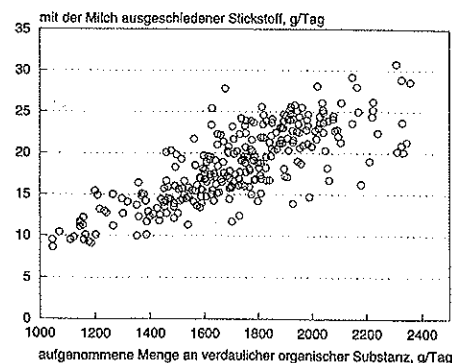


Abb. 2. Beziehung zwischen der aufgenommenen Menge an verdaulicher organischer Substanz und dem mit der Milch ausgeschiedenen Stickstoff. Zusammenfassung von 283 Bilanzversuchen mit Ziegen der Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux.

Variationsfaktoren der Stickstoffverwertung: Anhand der Resultate der N-Bilanzversuche, die an unserer Forschungsanstalt mit Ziegen durchgeführt wurden, können die für die N-Verwertung von Wiederkäuern während der Laktationsphase verantwortlichen Hauptfaktoren aufgezeigt werden. Die Ergebnisse stammen aus 283 individuellen Beobachtungen an 111 verschiedenen Tieren. Da Stickstoff- und Energie-Stoffwechsel bei Ziege und Kuh grundsätzlich ähnlich verlaufen, treffen die wichtigsten Folgerungen aus diesen Versuchen auch auf die Kuh zu.

Bildung von Milchproteinen optimieren: Ein wichtiges Ziel bei der Fütterung der laktierenden Wiederkäuer ist das Optimieren der Milchproteinsynthese. Der wichtigste fütterungsbedingte Faktor bei dieser Synthese ist die aufgenommene Energie (Ørskov 1982; Vérité und Peyraud 1988). Dies konnte auch bei den Ziegenversuchen festgestellt werden. Anhand der aufgenommenen Menge an verdaulicher organischer Substanz (VOS) – messbarer Parameter und vergleichbar mit Energie – lassen sich über 60 % der Schwankungen bei der in die Milch ausgeschiedenen N-Menge erklären (Abb. 2). Diese Beziehung veranschaulicht, wie wichtig die aufgenom-

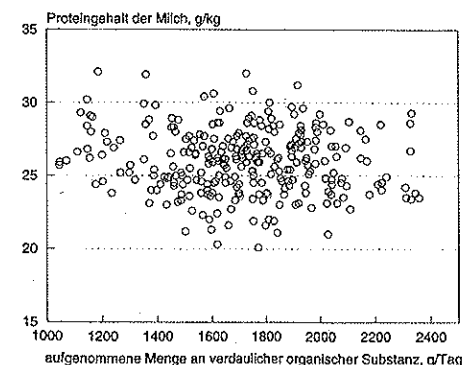


Abb. 3. Beziehung zwischen der aufgenommenen Menge an verdaulicher organischer Substanz und dem Proteingehalt der Milch. Die Werte entstammen dem gleichen Versuch wie bei Abb. 2.



mene Energie für die mikrobielle Aktivität im Pansen ist. Da Mikrobenproteine die Hauptquelle von Milchproteinen sind, kommt ein Optimieren der Produktion von Milchproteinen vor allem einem Optimieren der mikrobiellen Prozesse gleich. Die Lösung liegt in einer ausgewogenen quantitativen und qualitativen Energie- und RP-Versorgung (Sauvant und Van Milgen 1995). Von den tierischen Faktoren hat vor allem die Energiebilanz Auswirkungen auf die Bildung der Milchproteine. Die höchste Synthese wird erzielt, wenn die Bilanz nur leicht positiv ist, was während der ersten Hälfte der Laktationsphase der Fall ist.

Der Proteingehalt in der Milch wird hauptsächlich durch die Physiologie des Tieres beeinflusst. Anhand der wichtigsten fütterungsbedingten Faktoren (Menge der aufgenommenen VOS, RP-Gehalt der Ration und RP-Anteil in der aufgenommenen Energie) lassen sich nur gerade 10 % der Schwankungen dieses Gehaltes erklären. Sein Wert als Mass für die Energieversorgung, wie er den Landwirten empfohlen wird, ist daher sehr begrenzt. Die täglich produzierte Proteinmenge in der Milch wäre sicherlich ein verlässlicheres Kriterium. Unsere Versuche haben ergeben, dass sich 67 % der Schwankungen dieser Menge anhand der Energieaufnahme erklären lassen, während diese nichts über die Schwankungen des Gehaltes aussagt (Abb. 3 und 2). Ein häufiges Kriterium für die Beurteilung der Energie- und RP-Versorgung ist der Harnstoffgehalt der Milch. Selbst bei genauer Analyse gibt dieser wenig Auskunft über die RP-Versorgung, hingegen schwankt er je nach RP- zu Energie-Verhältnis.

Reduzieren der N-Verluste in Kot und Harn: Die Nachhaltigkeit des N-Kreislaufs ist entscheidend, da er die Grundlage bildet für die Produktion von Nahrungsmitteln für Mensch und Tier. Deshalb kommt den Faktoren, die für die N-Verluste bei der Umwandlung in Milchproteine verantwortlich sind, eine grosse Bedeutung zu. Die N-Verluste im Kot werden vor allem beeinflusst durch die aufgenommene RP-Menge, deren Verdaulichkeit und der aufgenommenen Energiemenge oder Menge der VOS. Sie werden gross, wenn die Verdaulichkeit als Folge einer Nichtverfügbarkeit des Stickstoffs im Pansen oder im Darm tief ist. Eine solche Nichtverfügbarkeit kann zurückgeführt werden auf die Lignifizierung der Zellwände bei alterndem Rauhfutter oder auf eine zu starke thermische Behandlung (Erhitzen durch Gärung des Rauhfeeders, Trocknung). Die Verluste im Kot nehmen mit der aufgenommenen Stickstoff- und Energiemenge leicht zu. Da letztere die mikrobielle Biomasse beeinflusst,

hat sie auch einen Einfluss auf deren unverdaulichen Teil. Die Möglichkeiten, diese N-Verluste zu reduzieren, sind beschränkt. Es sollte auf jeden Fall darauf geachtet werden, dass thermische Behandlungen – ob beabsichtigt oder nicht – die Verdaulichkeit des Stickstoffs nicht herabsetzen.

Die N-Verluste im Harn werden grösstenteils durch die aufgenommene N-Menge beeinflusst. 70 % ihrer Streuung lassen sich anhand dieses einen Kriteriums erklären. Als weitere fütterungsbedingte Faktoren lassen sich die Verdaulichkeit des Stickstoffes und dessen Anteil in der aufgenommenen Energiemenge nennen. Vor allem beim Rauhfutter verläuft die Verdaulichkeit des Stickstoffes parallel zu dessen Abbaubarkeit im Pansen. Eine hohe Verdaulichkeit geht mit einer hohen Abbaubarkeit einher, die wesentliche N-Verluste im Harn zur Folge haben kann. Diese Verluste nehmen ausserdem zu, wenn der N-Anteil in der aufgenommenen Energie die Schwelle von 25 g Rohprotein pro MJ NEL überschreitet. Bei mehr als 30 g wird der zusätzlich verabreichte Stickstoff grösstenteils wieder mit dem Harn ausgeschieden.

Mikroorganismen: effizient aber auch problematisch: Dank den Pansenmikroorganismen spielt die Qualität des aufgenommenen Stickstoffs für den Wiederkäuer keine grosse Rolle. Das ist ein Vorteil, wenn der Bedarf des Tieres gering ist. Indem diese Mikroorganismen Futterproteine grösstenteils abbauen, wird eine ausreichende Deckung des APD-Bedarfs schwierig, wenn dieser nicht durch das Mikrobenprotein gedeckt wird, wie im Fall der Kuh, bei der die Milchmenge in der Produktionsphase mehr als 30 kg pro Tag beträgt. Das APD-System ermöglicht es, Futtermitteln zusammenzustellen, die die ganze Bandbreite des N-Bedarfs zu decken vermögen. Bei geringem Bedarf hilft dieses System bei der Wahl der kostengünstigsten N-Quellen für die Deckung des Bedarfes der Pansenmikroorganismen. Bei hohem Bedarf können Futtermittel mit einem hohen APD-Anteil in der N-Fraktion gewählt werden. Die Verwertung des Futter-N ist demnach wichtiger als die unmittelbaren Kosten der Ration.

Kosten für Rohprotein und APD: Wenn die RP-Normen aus dem Grünen Buch (FAG 1994) regelmässig überprüft werden, erlauben sie eine angemessene Fütterung. Um diese Fütterung wirtschaftlich zu optimieren, müsste man über genauere Angaben über den Preis pro Einheit Rohprotein und APD in Rauhfutter und Kraftfutter verfügen. Ausserdem müsste die Reaktion des Tieres auf eine unterschiedliche APD-Zufuhr genauer untersucht werden.

Tab. 2. Stickstoffverwertung durch den laktierenden Wiederkäuer,
g/100g aufgenommener Stickstoff (N)

	N in der Milch	N im Kot	N im Harn
Durchschnitt	25	30	40
Variationsbereich	0-30	20-50	20-60

Ertrag und Besatzdichte: Die Suche nach einer optimalen Umwandlung des Stickstoffs in Proteine beim Wiederkäuer hat Auswirkungen auf den Ertrag und die Qualität der Erzeugnisse, besonders die Milchqualität sowie auf die Gesundheit des Tieres. Obwohl diese Umwandlung unterschiedliche N-Verluste mit sich zieht (Tab. 2), werden die vom Wiederkäuer verursachten Verluste im N-Kreislauf hauptsächlich durch die Besatzdichte und damit durch die räumliche Verteilung des Stickstoffs bestimmt (Schüpbach 1985).

Ausblick

Die Entwicklung der Extreme: In der Schweiz werden sich die Produktionssysteme mit Wiederkäuern vermutlich vor allem in Richtung der beiden äusseren Enden der Achse, die die Intensität der Produktion angibt, entwickeln. Extensive Produktion mit Tieren, die während der meisten Zeit einen relativ bescheidenen Bedarf haben, wie Mutterkühe und Mutterschafe, erfordern eine kostengünstige Fütterung mit minimalen Nährstoffkonzentrationen. Das Ziel der N-Versorgung ist es, den Bedarf der Pansenmikroorganismen mit dem kleinstmöglichen Kostenaufwand zu decken. Dabei ist es vor allem wichtig, den Substitutionspreis der wichtigsten Futtermittel bei gleicher N-Versorgung zu kennen. Das APD-System, unter Berücksichtigung der Futterpreise, macht das Erreichen dieses Ziels möglich.

Am anderen Ende der Achse befindet sich das intensive Produktionssystem, basierend auf Hochleistungskühen, das eine Optimierung der Synthese der Mikrobenproteine und die Deckung des APD-Bedarfs erforderlich macht. Eine Optimierung der mikrobiellen Synthese beinhaltet eine Abstimmung der Energie- und N-Versorgung auf die Bedürfnisse der Mikroorganismen. Dabei geht es darum, die optimale Kinetik zu finden für den Abbau der Kohlenhydrate und des im Rauhfutter und im Kraftfutter enthaltenen Stickstoffs. Um den APD-Bedarf des Tieres besser decken zu können, sind in erster Linie Rauhfutter mit einem hohen APD-Anteil im Rohprotein erforderlich. Grassilage erfüllt diese

Bedingung nicht. Wird sie in einer Ration in grossen Mengen verabreicht, muss sie für eine optimale Verwertung mit Maissilage kombiniert werden. Auch die zusätzlich verabreichten Kraftfutter müssen in ihrem Rohprotein einen hohen APD-Anteil aufweisen. Angemessene Technologien, um diesen Anteil zu erhöhen, müssen erst noch entwickelt werden. Leider besteht die Gefahr, dass die oft attraktiven Preise für RP-Quellen mit niedrigem APD-Anteil eine solche Entwicklung bremsen und weiterhin N verschwendet wird. Es ist notwendig, eine zuverlässige und schnelle Methode zu entwickeln, um den APD-Gehalt von Kraftfutter bestimmen zu können. Die Reaktion der Hochleistungskuh auf den APD-Gehalt von Handelsfuttermitteln wird durch zahlreiche Faktoren verwischt und stellt daher kein Kriterium dar, anhand dessen die effizientesten Futtermittel mit sicherer Hand ausgewählt werden könnten.

Grenzen der Hochleistungskuh und unsere eigenen: Das APD-System leidet unter den Unsicherheiten, die bezüglich Menge und Qualität der durch die Hochleistungskuh aufgenommenen Futtermittel bestehen. Seine Strukturen sind zu starr, um die grossen Schwankungen der N-Flüsse und der N-Verwertung berücksichtigen zu können. Ein dynamischeres System, das den Energie- und N-Metabolismus zusammenfasst, würde die Entwicklung von Fütterungsstrategien ermöglichen, die den physiologischen Anforderungen der Hochleistungskuh und den ökonomischen Anforderungen des Betriebs besser angepasst sind. Anhand eines solchen Systems könnten ausserdem die Grenzen dieses Kuhtyps genauer aufgezeigt werden. In Regionen, die hauptsächlich aus Weideland bestehen, ist es schwierig, APD-Defizite und N-Überschüsse zu vermeiden. Wenn dieses Ungleichgewicht zu gross ist und zu lange andauert, stellt es den die Haltung der Hochleistungskuh am meisten einschränkenden Faktor dar. Das genetische Produktionspotential der Kuh sollte den vorherrschenden Betriebsbedingungen angepasst werden.

Die Entwicklung von komplexen Fütterungssystemen, anhand derer sowohl die Leistung des Tieres als auch die am besten auf ein Produktionsziel zugeschnittene Zusammensetzung einer Ration vorausgesagt werden kann, übersteigt unsere Möglichkeiten. Falls eines Tages ein solches System in einem anwenderfreundlichen EDV-Programm zur Verfügung steht, hätte es die besten Aussichten, sich in der Praxis durchzusetzen. Das würde sowohl die auf eine Verbesserung unserer Systeme ausgerichteten Bemühungen als auch die zum Ziel gesetzte Vereinheit-

lichung der wichtigsten europäischen Systeme überflüssig machen.

Globaler handeln: Eine Vertiefung der Kenntnisse über den N-Metabolismus drängt sich nach wie vor auf. Aber auch ein globales Angehen der Probleme ist unerlässlich. Die unternommenen Anstrengungen, um den N-Metabolismus des Wiederkäuers zu optimieren, haben nur dann einen Sinn, wenn längerfristig auch der globale N-Kreislauf verbessert wird. Der Zweck desselben besteht darin, auf effiziente Weise Nahrungsmittel für eine ständig wachsende Weltbevölkerung zu produzieren. Es hat keinen Sinn, wenn ein paar auf ein bestimmtes Teilgebiet spezialisierte Fachleute Lösungen entwickeln, um die Verluste des N-Kreislaufs zu reduzieren. Eine lineare Reduzierung der landwirtschaftlichen Einträge darf nicht das alleinige Ziel sein. Die Anstrengungen sollten sich vielmehr auf deren Optimierung konzentrieren. Bei der Beziehung Pflanze-Tier geht es vor allem darum, das Optimum zu finden zwischen der N-Düngung des Grases und der APD-Ergänzung beim Tier (Daccord 1996b; Delaby *et al.* 1996; Gruber *et al.* 1995). Die Verluste stellen ein anderes Tätigkeitsfeld dar. Fernziel wäre, dass ein Grossteil dieser Verluste in Form von N_2 auftreten würde (Jenkinson 1990).

Der N-Kreislauf sollte als Bestandteil des gesamten, vom Menschen erzeugten Stoffflusses betrachtet werden. Eine allgemeine Zunahme dieses Flusses auf einem Niveau, wie es die Industriestaaten bereits erreicht haben, wäre für unseren Planeten untragbar (Schmidt-Bleek 1994). Die Industriestaaten werden ihren Fluss unweigerlich reduzieren müssen. Durch den sparsameren Umgang mit den Einträgen wird die regionale landwirtschaftliche Produktion wieder an Bedeutung gewinnen. In der Zwischenzeit wird die Globalisierung der Wirtschaft, deren Hauptziel ist, kurzfristig einen möglichst hohen Gewinn zu erzielen, die Landwirtschaft und die landwirtschaftliche Forschung weiterhin schwächen. Beide können nur auf lange Sicht effizient arbeiten.

LITERATUR

Das Literaturverzeichnis ist beim Autor erhältlich.

RÉSUMÉ

Le métabolisme azoté du ruminant: efficace si ses limites sont connues

Le métabolisme azoté du ruminant est influencé par les microorganismes qu'il héberge dans sa panse. Dépendant fortement de l'énergie ingérée, la quantité de protéines qu'ils synthétisent couvre la majeure partie des besoins de l'animal.

Lorsque ceux-ci sont élevés, l'apport des protéines alimentaires, qui ont résisté à la dégradation microbienne dans la panse, est nécessaire. Utilisé depuis 1984, le système des protéines absorbables dans l'intestin (PAI) permet une bonne estimation de ces 2 sources de protéines. Il est ainsi possible de réaliser une adéquation suffisamment précise entre les apports et les besoins en protéines du ruminant. Lorsque les apports en énergie sont insuffisants, comme chez la vache se trouvant au début de la lactation, il y a des risques de déficits en PAI et d'excès en matière azotée. Ces risques de déséquilibres sont élevés avec des rations constituées principalement par de l'herbe fraîche ou ensilée. Ils représentent un facteur qui limite la garde de vaches à haute production en zones essentiellement herbagères. La diminution des déficits en PAI et des excès en matière azotée peut être réalisée par un contrôle suivi du rationnement. Pour la vache à haute production, il s'agit de disposer de fourrages adaptés à ses besoins et d'aliments concentrés complémentaires ayant une proportion élevée de PAI dans leur matière azotée. La diminution des excès d'azote profite plus à l'animal qu'au cycle global de l'azote. Les pertes de celui-ci engendrées par le ruminant sont davantage influencées par la densité de sa répartition.

SUMMARY

Nitrogen metabolism of ruminants: efficient within its limits

The nitrogen metabolism of the ruminant is influenced by its rumen microorganisms. The amount of proteins they synthesize depends largely on the energy intake and covers the main proportion of the animal protein requirement. For high protein requirements, a supply of undegradable feed proteins is necessary. The system based on the absorbable proteins in the intestine (API), which is in use since 1984, allows to take into account these 2 sources of proteins. With this system, it is possible to adapt with sufficient precision the protein supply to the actual protein requirement of the ruminant. In the case of a too low energy supply, i. e. for high yielding cows at the beginning of the lactation, there is a risk that an API-deficiency occurs, coupled with a N-excess. These unbalanced situations are frequent with rations based mainly on grass or grass silage. They represent a limiting factor for dairy production systems based on this type of rations. To decrease the API-deficiency and N-excess, it is necessary to frequently control and adapt the feeding. For high yielding cows, the forage quality should be adapted to their protein requirements and the concentrates should have a high proportion of API. A decrease of N-excess is more beneficial to the animal than to the global N-cycle. Global N-losses are more related to the population density of farm animals.

KEY WORDS: ruminants, nitrogen metabolism, protein value, N-excess, N-cycle