

3. Bewertungssystem für Proteinbedarf und -versorgung

Roger Daccord

Inhaltsverzeichnis

3.	Bewertungssystem für Proteinbedarf und Versorgung	2
3.1	Schätzung des Proteins mikrobieller Herkunft.....	2
3.1.1	Mikrobielle Synthese auf Grund der im Pansen verfügbaren Energie	2
3.1.2	Mikrobielle Synthese auf Grund des im Pansen verfügbaren Rohproteins	4
3.2	Schätzung des aus dem Futter stammenden Proteins.....	4
3.3	Schätzung des APD	6
3.4	Gleichgewicht von Protein- und Energiezufuhr in der Ration	6
3.5	Gleichgewicht von Protein- und Energiezufuhr im Pansen	6
3.6	APD-Bedarf	7
3.7	Bedarf an Aminosäuren	8
3.8	Schlussfolgerung.....	9
3.9	Literatur.....	9



3. Bewertungssystem für Proteinbedarf und -versorgung

Mit dem im Jahre 1984 (Landis 1984) eingeführten, neuen Proteinbewertungssystem basierend auf dem Absorbierbaren Protein im Darm (APD) kann die Proteinversorgung der Wiederkäuer besser auf ihre Bedürfnisse abgestimmt werden. Die Umsetzung des neuen Systems in die Praxis erfolgte auch ohne grosse Schwierigkeiten. Dies nicht zuletzt deshalb, weil die mit dem neuen System berechneten Rationen eher den Erfahrungen der Landwirte entsprachen als die anhand des verdaulichen Proteins (VP) zusammengestellten Rationen. Dies gilt insbesondere für die Fütterung der Hochleistungskuh.

Auf Grund der in den verschiedenen Ländern wie Frankreich (PDI, seit 1978), Grossbritannien (UDP/RDP, seit 1980; MP, seit 1993), Schweiz (APD, seit 1984), Skandinavien (AAT/PBV, seit 1985), Vereinigten Staaten (AP, seit 1985), Deutschland (RPD, seit 1986) und Niederlanden (DVE, seit 1991) eingeführten Bewertungssysteme auf Grundlage des auf Ebene Darm nutzbaren Proteins konnte die Proteinversorgung des Wiederkäuers verbessert werden. Das Ausmass der Verbesserung hängt jedoch weitgehend davon ab, in welchem Umfange diese Systeme in die Praxis umgesetzt wurden. In dieser Beziehung bestehen zwischen den einzelnen Ländern recht grosse Unterschiede.

Von gleichen Grundgedanken ausgehend, verbinden alle Systeme den Protein- mit dem Energiestoffwechsel. Die Schwäche der Systeme besteht darin, dass sie auf einer begrenzten Anzahl von zumeist konstanten Einflussgrössen basieren. Im Vergleich zu den komplexen, dynamischen Modellen haben sie aber den Vorteil, dass auch die Praxis damit arbeiten kann.

Das auf dem französischen PDI-System aufgebaute APD-System hat eine solide Grundlage, die heute noch gültig ist. So gehen auch verschiedene, in letzter Zeit entwickelte Bewertungssysteme vom PDI aus. Allerdings werden beim APD-System gewisse Parameter verwendet, die unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse zum Proteinstoffwechsel anzupassen sind. Grundsätzlich entsprechen diese Änderungen jenen, die am französischen System vorgenommen wurden (Vérité et al. 1987). Die Schätzung des APD mikrobiellen Ursprungs (APDM) stützt sich jetzt auf die im Pansen fermentierbare Organische Substanz. Das APD aus dem Futter (APDF) wird anhand der Abbaubarkeit des Futter-Rohproteins geschätzt. Dazu dient neu die «Nylonbeutel-Methode» als Grundlage.

3.1 Schätzung des Proteins mikrobieller Herkunft

3.1.1 Mikrobielle Synthese auf Grund der im Pansen verfügbaren Energie

Die mikrobielle Synthese hängt stark von der im Pansen verfügbaren Energiemenge ab. Zur Schätzung der verfügbaren Energiemenge wird von der in den Futtermitteln enthaltenen Fermentierbaren Organischen Substanz (FOS) ausgegangen. Diese entspricht der Verdaulichen Organischen Substanz (VOS) minus die Futterbestandteile, deren Energie von den Mikroorganismen des Pansens nicht genutzt werden kann. Die FOS wird wie folgt definiert:

$$FOS = VOS - RP \cdot (1 - aRP/100) - RL - ST \cdot (1 - aST/100) - FP$$

wobei:

FOS = Fermentierbare Organische Substanz, g/kg TS

VOS = Verdauliche Organische Substanz, g/kg TS

RP = Rohprotein, g/kg TS

ARP = Abbaubarkeit des RP, %

RL = Rohlipide, g: wenn RL < 10 g/kg TS

RL = 0 g/kg TS

wenn RL 10 und < 50 g/kg TS

RL = 35 g/kg TS

wenn RL 50 g/kg TS

RL = effektiver Gehalt

ST = Stärke, g/kg TS: nur zu berücksichtigen bei stärkereichen Futtermitteln, deren Stärke eine Abbaubarkeit von 85 % aufweist (siehe Bemerkungen zur Nährwerttabelle für Einzelfuttermittel, Kap. 14).

AST = Abbaubarkeit der Stärke, %

FP = Fermentationsprodukte von Silagen, g/kg TS; sie setzen sich zusammen aus Milchsäure, flüchtigen Fettsäuren (Essig-, Propion- und Buttersäure) und Alkoholen. Wenn der Gehalt an FP nicht bekannt ist:

FP = 100 g für Grassilagen mit 35 % TS-Gehalt

FP = 75 g für Maissilagen mit 30 % TS-Gehalt; für abweichende TS-Gehalte werden bei diesen zwei Silagen Korrekturen vorgenommen (s. Kap. 15);

FP = 95 g für Rübenschnitzelsilage

FP = 50 g für Körnermais-, Maiskolben- und Birtrebersilagen.

Der Gehalt an FOS ist weitgehend vom VOS-Gehalt und damit von der Genauigkeit der VOS-Bestimmung abhängig. Die Bedeutung der Korrekturfaktoren ist, abgesehen vom nicht abbaubaren RP, bei der Mehrzahl der Futtermittel gering. Die meisten Futtermittel haben einen Gehalt an Rohlipiden von unter 50 g pro kg TS; für diese wird ein mittlerer Wert von 35 g eingesetzt. Bei Futtermitteln, deren RL-Gehalt < 10 g oder null ist, wird dieser nicht berücksichtigt. Dies gilt beispielsweise für Stärke, Kartoffeln und ihre Nebenprodukte sowie für Rübenschnitzel und Melasse. Werte über 50 g finden sich hauptsächlich bei Samen von Ölfrüchten, bei Presskuchen, bei Nebenprodukten von Reis und wenn Fett als Futterkomponente eingesetzt wird. Stärkereiche Futtermittel mit einer Abbaubarkeit der Stärke ≤ 85 % sind in erster Linie Mais, Hirse, Kartoffeln, Reis und ihre Nebenprodukte. Die nur bei Silagen zu berücksichtigenden Fermentationsprodukte lassen sich ohne chemische Analysen nur schwer erfassen. Für den Fall, dass auf die relativ teuren Analysen verzichtet wird, können die für die Gras- und Maissilagen vorgeschlagenen Werte (Seite 26) verwendet werden. Weichen die TS-Gehalte vom Standardwert ab, so ist eine Korrektur vorzunehmen.

Nach einer Auswertung von zahlreichen Bilanzversuchen bilden die Mikroorganismen pro kg FOS 145 g Protein (Vérité et al. 1987). Durch die den einzelnen Futtermitteln angepassten Korrekturen an der FOS ist es möglich, Unterschiede in der mikrobiellen Proteinsynthese zu berücksichtigen. Bezogen auf 1 kg VOS beträgt die Syntheserate 135 g bei der Fermentation von Gras, Heu und Getreide mit leicht abbaubarer Stärke, 115 g bei Mais- und Grassilagen, 105–115 g bei Ölkuchen, 95 g bei Mais und Hirse sowie 40 g bei Fischmehl. Die Syntheserate wird aber auch von den im Pansen herrschenden Bedingungen beeinflusst. Im Weiteren spielen die Art der FOS (Gehalt an Zellwandbestandteilen und an Stärke) und deren Abbaukinetik sowie die Interaktionen zwischen den einzelnen Komponenten der Ration eine Rolle. Im gegenwärtigen, statischen System können jedoch diese Einflussgrößen nicht durchwegs berücksichtigt werden.

Das mikrobielle Protein enthält im Mittel 0.80 g Aminosäuren pro g. Deren Verdaulichkeit im Darm liegt bei 80 %. Die Werte zeigen nur eine geringe experimentelle Variation, so dass sie als Konstanten angesehen werden können.

Das auf Grund der im Pansen verfügbaren Energiemenge gebildete absorbierbare Protein im Darm Mikrobieller Herkunft (APDM) kann wie folgt geschätzt werden:

$$\begin{aligned} \text{APDM} &= 0.145 \cdot \text{FOS} \cdot \text{ASM} \cdot \text{vASM} \\ \text{APDM} &= 0.145 \cdot \text{FOS} \cdot 0.80 \cdot 80/100 \\ \text{APDM} &= \mathbf{0.093 \cdot \text{FOS}} \end{aligned}$$

wobei:

APDM	=	APD mikrobiellen Ursprungs, g/kg TS
ASM	=	Aminosäuregehalt des mikrobiellen Rohproteins, g/g
VASM	=	Verdaulichkeit der mikrobiellen Aminosäuren, %

Das APDM entspricht den PDIME (Protéines Digestibles dans l'Intestin d'origine Microbienne, synthétisées à partir de l'Energie fermentescible) des französischen PDI-Systems und ist vergleichbar mit dem DVME (Darm Verteerbaar Microbieel Eiwit) des niederländischen Systems.

Die APDM-Schätzung ist nur dann gültig, wenn die Zufuhr an abbaubarem Rohprotein zur Deckung der Bedürfnisse der Mikroorganismen ausreicht. Dies ist bei folgenden minimalen RP-Gehalten in der Ration der Fall:

- 20 g RP/MJ NEL für laktierende Tiere (Kuh, Mutterschaf, Ziege),
für Aufzuchttiere
- 18 g RP/MJ NEL für galtstehende Milchtiere,
für andere Wiederkäuer (Stier, Ziegenbock, Widder ausserhalb der Decksaison)
- 19 g RP/MJ NEV für Masttiere.

3.1.2 Mikrobielle Synthese auf Grund des im Pansen verfügbaren Rohproteins

Neben der verfügbaren Energie spielt auch das im Pansen verfügbare oder abgebaute Rohprotein bei der mikrobiellen Synthese eine wichtige Rolle. Das auf Grund des im Pansen abgebauten Rohproteins gebildete absorbierbare Protein im Darm Mikrobieller Herkunft (APDMN) kann wie folgt geschätzt werden:

$$\begin{aligned} \text{APDMN} &= \text{RP} \cdot (1 - 1.11 \cdot [1 - \text{aRP}/100]) \cdot 0.9 \cdot \text{ASM} \cdot \text{vASM} \\ &= \text{RP} \cdot (\text{aRP}/100 - 0.10) \cdot 0.64 \end{aligned}$$

wobei:

APDMN = Absorbierbares Protein im Darm, das aus dem abbaubaren Rohprotein aufgebaut werden kann, g/kg TS
aRP = Abbaubarkeit des Rohproteins, %
0.9 = Umfang der Verwertung des abgebauten Rohproteins durch die Mikroorganismen
ASM = Aminosäuregehalt des mikrobiellen Rohproteins, g/g
VASM = Verdaulichkeit der mikrobiellen Aminosäuren, %

Die APDMN entsprechen den PDIMN im französischen PDI-System.

3.2 Schätzung des aus dem Futter stammenden Proteins

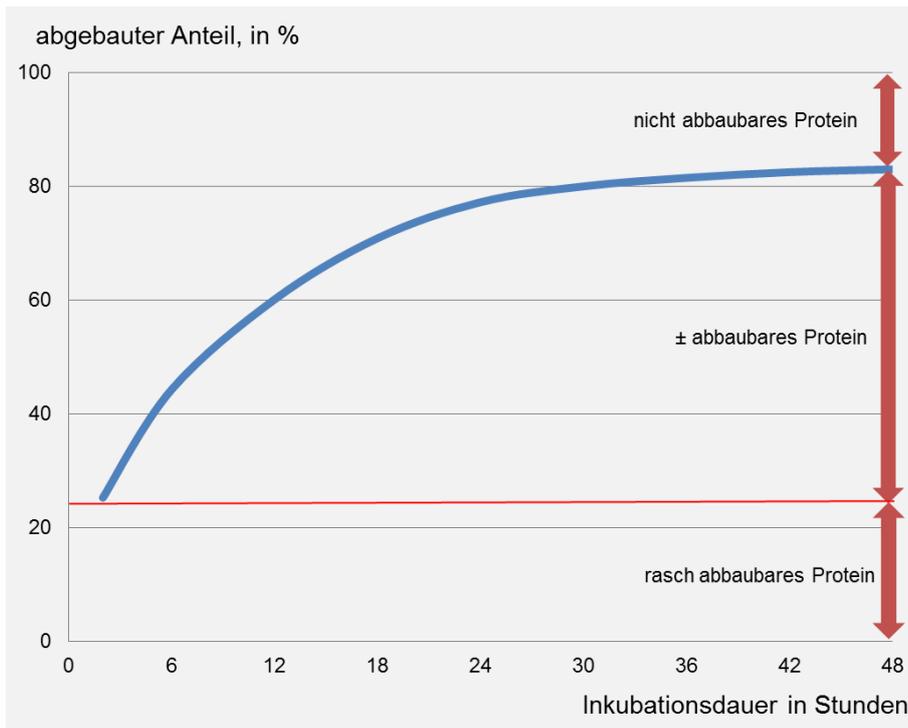
Die Menge Futterprotein, die nicht im Pansen abgebaut wird, hängt weitgehend von der Abbaubarkeit des Rohproteins ab. Dabei entspricht die Abbaubarkeit dem Anteil Rohprotein, der im Pansen in Peptide, Aminosäuren und Ammoniak umgewandelt werden kann. Sie wird einerseits durch die Eigenschaften des Futtermittels beeinflusst, speziell durch die Art des Proteins sowie durch die Zugänglichkeit des Futterproteins für die mikrobiellen Enzyme. Die Abbaubarkeit kann somit durch gewollte oder ungewollte mechanische, thermische, chemische oder mikrobielle Prozesse wie Vermahlen, Schrotten, Trocknen, Extrudieren, Extrahieren, Anwelken oder Silieren beeinflusst werden. Andererseits ändert sich die Abbaubarkeit auch in Abhängigkeit von der mikrobiellen Aktivität und der Aufenthaltsdauer des Futters im Pansen. Diese Grössen werden wiederum von der verfütterten Ration (Struktur, verzehrte Menge, Anteil Kraftfutter) beeinflusst. Somit ist die Abbaubarkeit als potenzieller Wert anzusehen, der nur dann zutrifft, wenn die Produktion und der Einsatz des betreffenden Futtermittels den Voraussetzungen bei der Bestimmung seiner Abbaubarkeit entsprechen.

Die Grundmethode zur Messung der Abbaubarkeit des RP ist eine *In-vivo*-Methode, bei welcher der Fluss der stickstoffhaltigen Substanz im Darm von fistulierten Tieren gemessen wird. Die Methode ist umständlich und mit verschiedenen Fehlermöglichkeiten behaftet. Sie dient jedoch als Referenzmethode, um einfachere Verfahren wie zum Beispiel die *In-vitro*-Messung der Fermentierbarkeit und die Löslichkeitsmessung, auf die sich bisher das APD-System stützte, zu eichen. Neu basiert die APD-Bewertung auf der Schätzung der Abbaubarkeit mittels der «Nylonbeutel-Methode» (*In-sacco*-Methode), bei welcher mit dem zu prüfenden Futter gefüllte Nylonbeutel im Pansen fistulierter Tiere inkubiert werden. Diese allgemein verwendete, anerkannte Methode ergibt der *In-vivo*-Messung annähernd vergleichbare Resultate.

Die Nylonbeutel-Methode liefert Informationen über den Verlauf des Rohproteinabbaues (Abbaukinetik), welche eine für die Bewertung von Futtermitteln wichtige Kenngrösse bilden. Anhand der Abbaukinetik und unter Berücksichtigung eines Abflusses von Futterpartikeln von 6 % pro Stunde kann die Abbaubarkeit berechnet werden. Wird die Abbaubarkeit in einem exponentiellen Modell dargestellt, so können auf Grund der Abbaukinetik folgende drei Stickstoff-Fractionen unterschieden werden (Abb. 3.1):

- eine sofort, hauptsächlich durch Lösung abbaubare Fraktion,
- eine unlösliche, aber potenziell abbaubare Fraktion,
- eine nicht abbaubare Fraktion.

Über die Verwertung oder die Verdaulichkeit der nicht abbaubaren Nfraktion gibt die Nylon-Beutel-Methode keine Auskunft. Enthalten thermisch behandelte Futtermittel einen hohen Anteil an nicht abbaubarer Stickstoff-Fraktion, besteht die Gefahr, dass deren Proteinwert überschätzt wird. Möglicherweise ist ihr Tabellenwert für die Verdaulichkeit der Aminosäuren im Darm zu hoch angesetzt. Im Weiteren ist der Aufwand für die Methode relativ gross. Für einen einzigen Abbaubarkeits-Wert sind etwa 75 Nylonbeutel im Pansen von fistulierten Tieren zu inkubieren und anschliessend zu analysieren. Das Verfahren ist deshalb nicht für Serienuntersuchungen geeignet. Es kann jedoch zur Festlegung von Referenzwerten oder zur Entwicklung von einfacheren Labormethoden dienen. Leider ist die Nylonbeutel-Methode nicht genügend standardisiert, so dass Vergleiche zwischen verschiedenen Instituten schwierig sind.

Abbildung 3.1. Verlauf des Rohproteinabbaus bei der In-sacco-Methode

Die Abbaubarkeit des RP ist für die verschiedenen Futtermittel sehr unterschiedlich. Beim Raufutter haben die Leguminosen im Allgemeinen eine höhere Abbaubarkeit als die Gräser. In der Regel steht die Abbaubarkeit in enger Beziehung zum RP-Gehalt des Wiesenfutters und widerspiegelt damit teilweise die durch das Alter der Pflanzen bedingten Veränderungen. So ist die Zugänglichkeit des Proteins für die mikrobiellen Enzyme im Pansen abhängig von der Struktur der pflanzlichen Zellwände, die sich mit zunehmendem Alter verändert. Die Konservierung durch Silieren bewirkt einen Anstieg der Abbaubarkeit um 5–15 % je nach RP-Gehalt und Konservierungsqualität. Beim Dürrfutter sind die Auswirkungen weniger gut bekannt. Hier geht man von einer Abnahme der Abbaubarkeit von etwa 5–10 % aus.

Eine Übersicht über die Abbaubarkeit des Rohproteins der wichtigsten Futtermittel geben die Nährwerttabellen in den Kapiteln 13 und 14. Die spezielle Bestimmung der Abbaubarkeit eines Futtermittels anhand einer Labormethode wie der enzymatischen Analyse ist nur dann sinnvoll, wenn die Vorgänge bei der Produktion oder der Lagerung des Futtermittels stark von den normalen Bedingungen abweichen. Die Verdaulichkeit der Futterproteine ist schwierig zu schätzen. Sie liegt zwischen 20 und 95 %. Die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Daten erlauben jedoch eine Tabellarisierung der für die einzelnen Futtermittel gültigen Verdaulichkeiten (CVB 1991, Vérité et al. 1987). Es fehlen hingegen noch Methoden, um die Auswirkungen von proteinschädigenden Technologien rasch abzuschätzen.

Das aus dem Futter stammende Absorbierbare Protein im Darm (APDF) lässt sich nach der folgenden Formel schätzen:

$$\text{APDF} = \text{RP} (1.11 [1 - \text{aRP}/100]) \text{ vASF}/100$$

wobei:

RP = Rohprotein, g/kg TS

aRP = Abbaubarkeit des RP, %

Die Überschätzung der Abbaubarkeit In-vivo durch die Methode In-sacco wird mit dem Faktor 1.11 korrigiert; logischerweise müsste sich diese Korrektur auch bei der Schätzung der FOS wiederfinden aus historischen Gründen wurde sie nicht berücksichtigt. Im Sinne der Harmonisierung mit den französischen und holländischen Systemen wird sie auch in unserer Schätzung der FOS nicht angewendet; der Einfluss auf den APDM-Gehaltswert ist gering.

VASF = Verdaulichkeit der aus dem Futter stammenden Aminosäuren, %

Das APDF entspricht den PDIA (Protéines Digestibles dans l'Intestin d'origine Alimentaire) des französischen und dem DVBE (Darm Verteerbar Bestendig Eiwit) des niederländischen Systems.

3.3 Schätzung des APD

Die APD-Werte setzen sich zusammen aus dem im Darm absorbierbaren Protein mikrobieller Herkunft sowie aus dem im Darm absorbierbaren Futterprotein. Somit weist jedes Futter zwei APD-Werte auf. Der erste Wert APDE ergibt sich aus dem Gehalt des Futtermittels an im Pansen verfügbarer Energie (APDM + APDF), während der zweite Wert APDN durch den Gehalt an im Pansen abbaubarem Rohprotein (APDMN + APDF) bestimmt wird. Diese beiden Werte können wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned} \text{APDE} &= 0.093 \text{ FOS} + \text{RP} (1.11 [1 - \text{aRP}/100]) \text{ vASF}/100 \\ \text{APDN} &= \text{RP} (\text{aRP}/100 - 0.10) 0.64 + \text{RP} (1.11 [1 - \text{aRP}/100]) \text{ vASF}/100 \end{aligned}$$

wobei:

APD	=	Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund der verfügbaren Energiemenge aufgebaut werden kann, g/kg TS
FOS	=	Fermentierbare Organische Substanz, g/kg TS
RP	=	Rohprotein, g/kg TS
ARP	=	Abbaubarkeit des Rohproteins, %
VASF	=	Verdaulichkeit der aus dem Futter stammenden Aminosäuren, %
APDN	=	Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann, g/kg TS

Das APDE entspricht dem PDIE und das APDN dem PDIN im französischen PDI-System.

3.4 Gleichgewicht von Protein- und Energiezufuhr in der Ration

Um den APD-Bedarf des Wiederkäuers zu decken, müssen zuerst die Stickstoffbedürfnisse der Pansenmikroorganismen befriedigt werden. Ein länger andauernder N-Mangel bremst die mikrobielle Tätigkeit und reduziert die APDM-Bildung. Gleichzeitig sinkt wegen des geringeren Raufutterverzehr die Energieaufnahme. Ein Stickstoffmangel ist somit insbesondere bei hochleistenden Tieren zu vermeiden. Deshalb soll, wie bereits dargestellt, die Ration eine minimale RP-Konzentration pro Energieeinheit aufweisen (18–20 g RP/MJ NEL, 19 g RP/MJ NEV). Es wird im Weiteren vorausgesetzt, dass die Ration bezüglich Mineralstoffen und Vitaminen ausgeglichen und bedarfsgerecht ist.

Wenn einerseits ein andauerndes Stickstoffdefizit verhindert werden soll, so ist auch ein anhaltender Rohproteinüberschuss zu vermeiden. Somit steht der geforderten Minimalkonzentration an Rohprotein eine Maximalkonzentration gegenüber. Diese beträgt **30 g RP/MJ NEL oder NEV**

Bedingt durch die Probleme, welche bei einer übermäßigen Stickstoffausscheidung entstehen können, muss diese Anforderung unbedingt beachtet werden. Sicher ist sie in der Praxis nicht immer leicht zu erfüllen. Dies gilt speziell bei der Verfütterung von RP-reichem Raufutter an Tiere mit geringem Proteinbedarf. Proteinüberschüsse schaden jedoch dem Tier sowie der Umwelt.

3.5 Gleichgewicht von Protein- und Energiezufuhr im Pansen

Auf Stufe Ration kann die Protein- und Energieversorgung optimiert werden, indem das Milchleistungspotenzial der Energie-, APD- und RPZufuhr gegenübergestellt wird. Ähnliche Überlegungen können auch auf Ebene Pansen gemacht werden. Dazu muss man die Proteinmenge kennen, welche die Mikroorganismen anhand der fermentierbaren Energie (PME) sowie aus dem abbaubaren RP (PMN) aufbauen können. Diese Werte lassen sich leicht aus den Formeln zur Berechnung von APDM und APDF ableiten:

$$\begin{aligned} \text{PME} &= 0.145 \text{ FOS} \\ \text{PMN} &= \text{RP} [1 - \{1.11 (1 - \text{aRP}/100)\}] \end{aligned}$$

wobei:

PME	=	Menge Mikroorganismen-Protein, das aus der fermentierbaren Energie aufgebaut werden kann, g/kg TS
PMN	=	Menge Mikroorganismen-Protein, das aus dem abbaubaren Rohprotein aufgebaut werden kann, g/kg TS

Die mikrobielle Proteinsynthese ist optimal, wenn die Werte von PME und PMN ausgeglichen sind. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn entweder die Rationskomponenten vergleichbare Werte aufweisen oder wenn sie in Art und Menge sinnvoll kombiniert werden.

Das Getreide hat mehr PME als PMN. Das Verhältnis PMN/PME beträgt beim Weizen und bei der Gerste etwa 0.8 und beim Mais 0.4. Letzterer ist somit besonders geeignet, um eine übermässige Zufuhr von abbaubarem RP zu kompensieren. Der PMN-Wert von Erbsen ist im Vergleich zu den Extraktionsschroten bescheiden. Dagegen ist der PME-Wert vergleichsweise hoch. Soja- und Rapsschrote sowie Maiskleber haben ein PMN/PME-Verhältnis zwischen 3 und 4. Kleber weist wegen seiner relativ wenig abbaubaren RP- und Stärkefraktion tiefere PMN- und PME-Werte auf als die Extraktionsschrote. Proteinfutter (Bakterienproteine) haben ein PMN/PME-Verhältnis von 6, das Fischmehl ein solches von 8. Im Verhältnis zum PME bringt Proteinfutter am meisten PMN. Sein Einsatz rechtfertigt sich nur zum Ausgleich eines ausgesprochenen Mangels an abbaubarem Rohprotein.

Beim Wiesenfutter und seinen Konservierungsprodukten nimmt das PMN mit fortschreitendem Vegetationsstadium viel rascher ab als das PME. Gegen die Stadien 3 und 4 zu (mittelfrüh bis mittel) ist der Wert für PMN kleiner als für PME, was auf einen RP-Mangel im Pansen hinweist. Dieser Mangel tritt bei Silage später auf als beim Dürrfutter.

PME und PMN stellen einen interessanten Weg für eine sinnvolle Wahl der proteinreichen Ergänzungsfutter und zur Optimierung des Gleichgewichtes von Protein- und Energiezufuhr bei der Fütterung von Hochleistungstieren dar.

3.6 APD-Bedarf

Wie in der vorausgehenden Auflage des Grünen Buches sind die APDBedarfsnormen für die verschiedenen Tierarten und physiologischen Stadien vom französischen PDI-System abgeleitet. Dabei stützen sich die Werte mehrheitlich auf Ergebnisse von Fütterungsversuchen. Diese erweisen sich für die Praxis oft als zuverlässiger als die durch faktorielle Berechnung ermittelten Werte. Der APD-Bedarf hängt von der Effizienz ab, mit der das aufgenommene APD zur Deckung der Verluste (Erhaltung) oder der Leistungen verwendet wird. Diese Verwertung ist je nach Tierart und Leistungsstadium unterschiedlich (Tab. 3.1).

Tabelle 3.1. Verwertungsfaktoren und APD-Bedarf

		Rind	Schaf	Ziege
Verwertung:	Lakation	0.64	0.58	0.64
	Trächtigkeit	0.60	0.42	
	Wachstum	0.40-0.68		
Bedarf:	Milchleistung, g/kg	50*	70-90	45*
	Erhaltung, g/kg LG ^{0.75}	3.25	2.50	2.30

* Standardmilch: Kuh = 32 g Protein pro kg
Ziege = 29 g Protein pro kg

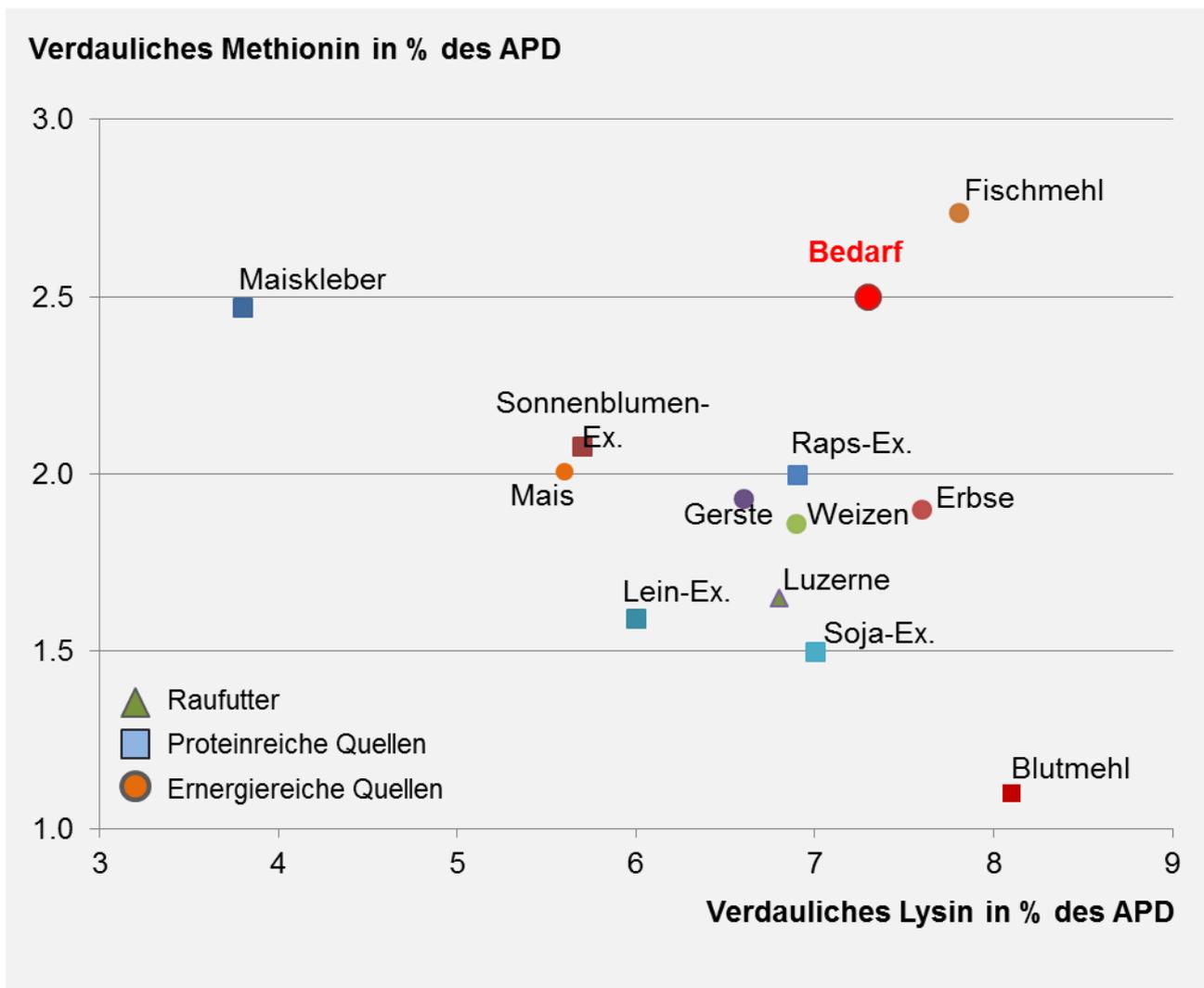
Die Streuung in Bezug auf die Verwertung ist beim APD grösser als bei der Energie. Überschüsse bei der Proteinzufuhr werden bedingt durch die geringen Speichermöglichkeiten des Wiederkäuers für Protein meistens ausgeschieden. Bei Milchtieren sind die leicht mobilisierbaren Proteinreserven acht- bis zehnmals tiefer als die Fettreserven (Chilliard et al. 1987). Auf ein Proteindefizit reagiert der Wiederkäuer mit einer Reduktion der Stickstoffverluste. Ein Proteinmanko sollte sich nicht über längere Perioden erstrecken. Das mobilisierte Protein stammt aus der Muskulatur, aber auch aus den Eingeweiden und Organen. Eine zu intensive Mobilisation erschwert den späteren Wiederaufbau der Proteinreserven. Oft verbunden mit einem Energiedefizit, hat ein länger andauerndes Proteinmanko negative Auswirkungen auf den Eiweissgehalt der Milch, die Fruchtbarkeit und die Gesundheit der Milchtiere.

Die Wirkung einer steigenden APD-Zufuhr auf Wachstum und Milchleistung folgt, vergleichbar der Energie, dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses.

3.7 Bedarf an Aminosäuren

Die APD-Bedarfsnormen entsprechen dem Gesamtbedarf an Aminosäuren des Wiederkäuers. Bei geringer Leistung deckt das mikrobielle Protein den grössten Teil dieses Bedarfes. Sein Gehalt an essentiellen Aminosäuren reicht aus, um den Bedarf für das Wachstum und die Milchproduktion zu befriedigen. Bei einer hohen Milchleistung besteht jedoch das Risiko eines Defizites. Dies gilt insbesondere für Rationen mit einem hohen Maissilageanteil. Um eine noch bessere Übereinstimmung von Bedarf und Zufuhr zu erreichen, wurde das französische PDI-System mit einer Optimierungsmöglichkeit bezüglich Lysin und Methionin ergänzt (Rulquin et al. 1993a). Da diese Verfeinerung noch einer gewissen Entwicklung bedarf, wurde sie nicht ins APD-System integriert. Anhand der Angaben zum Lysin- und Methioningehalt der Futtermittel (Rulquin et al. 1993b), speziell der proteinreichen, ist es jedoch bereits heute möglich, bei der Rezeptur von Mischungen Komponenten zu berücksichtigen, deren Lysin- und Methioningehalte sich ergänzen (Abb. 3.2).

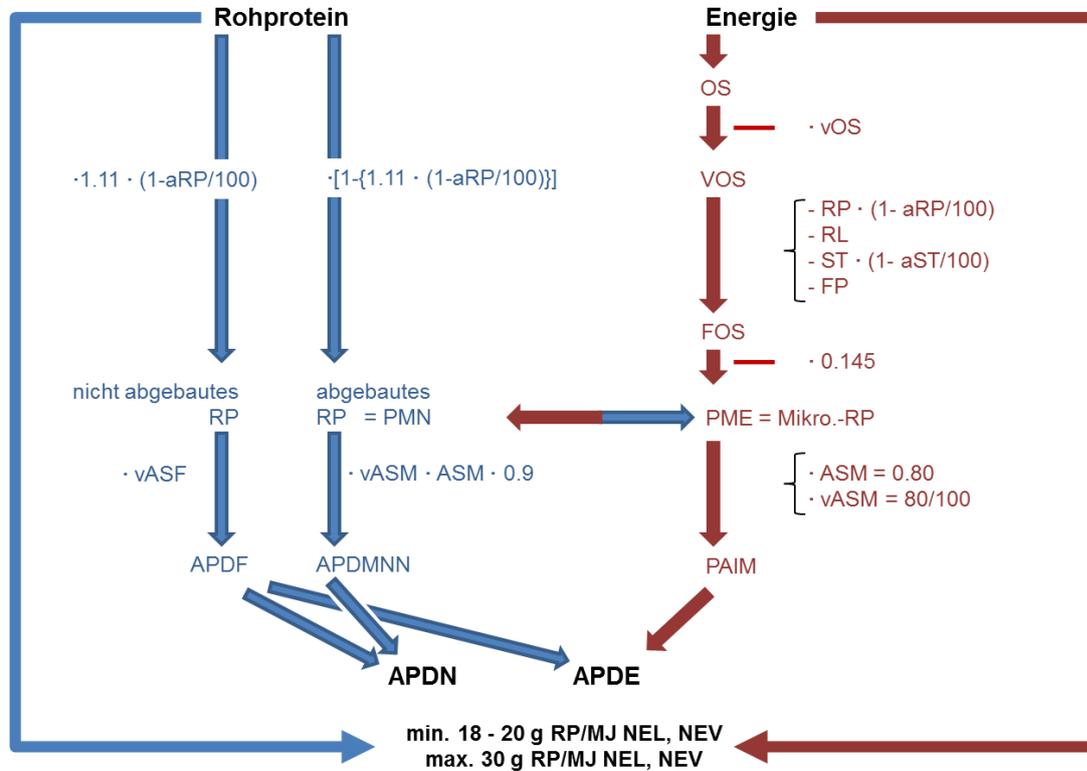
Abbildung 3.2. Gehalte an verdaulichem Lysin und Methionin verschiedener Futtermittel (nach Rulquin et al. 1993 b)



3.8 Schlussfolgerung

Die am APD-System vorgenommenen Anpassungen ändern nichts an seiner Grundstruktur (Abb. 3.3). Sie erhöhen seine Genauigkeit, was der Forderung entgegenkommt, tierisches Protein effizienter zu produzieren. Betroffen von den Änderungen sind in erster Linie die APD-Gehalte der Futtermittel. Diese stimmen sicher mit den tatsächlichen Verhältnissen beim Wiederkäuer besser überein.

Abbildung 3.3. Aufbau des revidierten APD-Systems



Das APD-System erlaubt es, ein Manko wie auch einen Überschuss bei der RP- und der APD-Versorgung sichtbar zu machen. Eine optimale Deckung des Bedarfs ist nur bei einer regelmässigen Überprüfung der Futterration möglich. Dies ist aber nur sinnvoll und wirtschaftlich, wenn sowohl die Nährwerte der Futtermittel als auch die Futteraufnahme der Tiere hinreichend genau bekannt sind.

3.9 Literatur

Chilliard Y., Rémond B., Agabriel J., Robelin J. et Vérité R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 70, 117–131.

CVB, 1991. Eiwitwaardering voor herkauwers: het DVE-Systeem. Centraal Veevoederbureau, Lelystad. Reeks nr. 7.

Landis J., 1984. Bewertung des Proteins in Wiederkäuerfutter. In: Fütterungsnormen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 2. Auflage. LmZ, Zollikofen. 14–18.

Rulquin H., Guinard Jocelyne, Pisulewski P. et Vérité R., 1993a. Le système en lysine et méthionine digestible. Séminaire CAAA-AFTAA, Le Mans.

Rulquin H., Guinard Jocelyne, Vérité R. et Delaby L., 1993b. Teneurs en Lysine (LysDI) et Méthionine (MetDI) digestibles des aliments pour ruminants. Séminaire CAA-AFTAA, Le Mans.

Vérité R., Michalet-Doreau Brigitte, Chapoutot P., Peyraud J.L. et Poncet C., 1987. Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (P.D.I.). Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 70, 19–34.

Version: Oktober 2017

Herausgeber: Agroscope

Redaktion: Roger Daccord

Copyright: Agroscope

Bitte bei Reproduktion Quelle angeben