

Fütterung hochleistender Milchkühe (Energie- und Proteinversorgung, Wiederkäuergerechtigkeit)

F. J. SCHWARZ

1. Einleitung

Die jährlichen Mitteilungen der Landeskontrollverbände zeigen einen steten Anstieg in den mittleren Laktationsleistungen der Milchkühe, wobei je nach Rasse und Region schon eine beachtliche Anzahl von Betrieben mittlere Herdenleistungen von 8.000-9.000 kg Milch pro Kuh und Jahr aufweist. Wie die verschiedenen Rinderreports der Länder (z.B. BLBA, Bayern 1996) nachweisen, ist mit der Leistungssteigerung der Einzelkuh bis zu Laktationsleistungen von 10 000 kg und mehr ein linearer Anstieg des Deckungsbeitrages pro Kuh gegeben. Damit unterstützen die ökonomischen Rahmenbedingungen einen Leistungsanstieg der Einzelkuh. Eine erfolgreiche Milchviehhaltung im Sinne einer hohen mittleren Herdenleistung ist aber letztlich das Produkt aus Züchtung, Haltung, Fütterung und Gesamtmanagement. In neuerer Zeit haben sich zahlreiche Veranstaltungen dieser Gesamthematik gewidmet. Der Fütterung wird nach wie vor eine hohe Bedeutung beigemessen, so dass bereits eingangs auf die umfangreich vorliegenden, fütterungsspezifischen Beiträge verwiesen werden soll (siehe BAL 1999, DLG 1999, DGfZ 1999). In diesem Referat sollen daher nur einige Teilaspekte hinsichtlich der Energie- und Proteinversorgung sowie der Optimierung der pansenphysiologischen Voraussetzungen unter dem Blickwinkel der praktischen Anwendung behandelt werden.

2. Energieversorgung

2.1 Gesamtfuttermittelaufnahme - Maissilage - Grassilage

In der praktischen Rationsgestaltung wird die Gesamtfuttermittelaufnahme nach Kenntnis der Energiegehalte der Einzelkomponenten (z.B. Grundfutter, Kraftfutter) und ihres Verzehrs berechnet und dem Energiebedarf, der sich in Abhän-

gigkeit der täglichen Milchleistung ergibt, gegenübergestellt. Neuere Arbeiten (z.B. BREVES und RODEHUTSCORD 1999) richten das Hauptaugenmerk auf die Energiekonzentration in der Gesamtration, die sich bei ausserordentlich hohen Tagesgemelken von 35-45 kg im Bereich von bis zu 7,3 MJ NEL/kg Futter-T darstellt. Dabei wird aber schnell deutlich, dass die notwendige Energiedichte entscheidend von der Gesamtfuttermittelaufnahme abhängt und so die Gesamtfuttermittelaufnahme der limitierende Faktor einer bedarfsgerechten Energieversorgung ist. Bereits früher wurde darauf verwiesen (siehe SCHWARZ und GRUBER 1999), so dass in praxisüblichen Rationen die Erhöhung der Energiezufuhr etwa zu zwei Drittel einer verbesserten Gesamtfuttermittelaufnahme und nur zu einem Drittel der in diesen Rationen gleichzeitig erhöhten Energiekonzentration zuzuschreiben ist. Wichtigstes Ziel des Gesamtfuttermittelmanagements von Hochleistungsherden muss daher die Maximierung der Gesamtfuttermittelaufnahme - natürlich bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Laktationsstandes - sein.

Hinsichtlich der verschiedenen Einflussfaktoren auf Futtermittelaufnahme soll auf neuere Übersichtsarbeiten verwiesen werden (GRUBER 1987, INGVARTSEN 1994, FAVERDIN et al. 1995, SCHWARZ 1997, SCHWARZ und GRUBER 1999). Die große Schwierigkeit für den Praktiker besteht darin, dass die Gesamtfuttermittelaufnahme der Einzelkuh nicht oder nur in Teilgrößen (z.B. Kraftfuttermittelaufnahme) bekannt ist. Regressionsgleichungen zur Schätzung der Gesamtfuttermittelaufnahme beinhalten zwar nach wie vor einen hohen Schätzfehler (siehe GRUBER et al. 1999). Eine konsequente Berücksichtigung bei der Rationsgestaltung könnte jedoch den Blick auf die Futtermittelaufnahme erheblich schärfen. Allerdings ermöglichen auch neue Fütterungstechniken, so z.B. die Verwen-

dung von Futtermittelwägen mit Wiegeeinrichtung, die Futtermittelaufnahme zumindest von Kuhgruppen in der Praxis exakt zu erfassen.

Für die bereits angesprochenen Tagesgemelke von 35-45 kg sollte eine tägliche Gesamtfuttermittelaufnahme von 23-25 kg T erzielt werden (BREVES und RODEHUTSCORD 1999). Vor allem amerikanische Publikationen, u.a. im Journal of Dairy Science, bestätigen vielfach, dass diese Futtermengen von HF-Kühen verzehrt werden (siehe ROSELER et al. 1997). In *Tabelle 1* sind dazu auch einige neuere Messergebnisse verschiedener deutscher Forschungseinrichtungen beispielhaft zusammengestellt. Bei mittleren Milchleistungen von täglich etwa 30 kg wurde in den entsprechenden Messperioden eine mittlere Gesamtfuttermittelaufnahme von täglich knapp 20 bis 22 kg T erreicht, die damit der Zielvorgabe weitgehend entspricht. Für leistungsstarke Milchkühe wird somit die Milchleistung bzw. der Energiestatus bestimmend für die Höhe der Gesamtfuttermittelaufnahme (ROSELER et al. 1997), wobei nicht nur die Kraftfuttermittelzufuhr sondern bei getrennter ad libitum-Grundfütterung auch der Grundfütterungsverzehr signifikant ansteigt (SCHWARZ et al. 1996). In der vorliegenden Zusammenstellung wird eine mittlere Grundfütterungsaufnahme von knapp über 13 kg T gemessen, so dass nach wie vor ein hinsichtlich der Wiederkäuergerechtigkeit günstiges Grund-Kraftfütterungsverhältnis von etwa 60:40 vorliegt. Allerdings fällt auf, dass alle Rationen insgesamt maissilagebetont sind. Aus einer älteren niederländischen (BOXEM 1995) bzw. einer neueren deutschen (WEISS et al. 1999) Praxiserhebung zur Fütterung von Hochleistungsherden geht hervor, dass in diesen Hochleistungsherden überwiegend (>90 %) Grassilage und Maissilage in Kombination verabreicht wird. Auch Heu ist in der Rationsgestaltung noch bedeutsam

Autor: Univ.-Prof. Dr. Frieder J. SCHWARZ, Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München, D-85350 FREISING-WEIHENSTEPHAN, email: schwarzf@pollux.weihenstephan.de

Tabelle 1: Messergebnisse zur Futteraufnahme bei hoher Milchleistung (Forschungsstätten BRD)

Autoren	Rasse	Mittlere Milchleistung (kg)	Gesamtfutter (kg T)	Grundfutter (kg T)	Grundfutterart
SPIEKERS et al. 1997, (Haus Riswick)	HF(-SB)	29,3	19,5	12,6	GS* MS*
FISCHER et al. 1997, (Iden)	HF-SMR	29,5	20,3	12,5	GS MS
DAENICKE et al. 1998, (Völkenrode)	HF(-Sb)	27,3	20,9	13,1	MS
SCHWARZ 1999, Hirschau	Red-Hf/FI	31,3	21,9	14,0	MS Heu
SCHWARZ 1999, Hirschau	Red-Hf/FI	28,8	20,2	13,1	GS MS

* GS = Grassilage, MS = Maissilage

(52 % der Betriebe), während Halbtags- bzw. Ganztagsweide (47 % bzw. 10 % der Betriebe) an Bedeutung verliert.

Unter den derzeitigen, praxisüblichen Fütterungsbedingungen ist die Grundfutterqualität entscheidend für die Höhe der Grundfutteraufnahme, die wiederum die Höhe der möglichen Kraftfütterergänzung und somit die Gesamtenergieaufnahme bestimmt. Zahlreiche Untersuchungen haben diese engen Zusammenhänge bestätigt (siehe GRUBER et al. 1995). Auch Praxiserhebungen (z.B. LÜPPING und PETRI 1999) lassen stets bei leistungsbetonten Herden einen gegenüber dem Durchschnitt der Betriebe höheren Energiegehalt im Grundfutter erkennen. Allerdings ist die Grundfutterqualität bei weitem nicht mit dem Parameter der Verdaulichkeit der organischen Substanz bzw. dem Energiegehalt allein ausreichend dargestellt. Für jede Grund-

fütterart kann eine Art „Qualitätsliste“ erstellt werden, die das Futter bis zum Futtertrog (= Verzehr) begleiten sollte. In *Tabelle 2* sind mögliche Parameter dazu für Mais- und Grassilage summarisch aufgelistet (siehe auch SCHWARZ 1998). Der bevorzugte Einsatz von Maissilage ist neben seinem beachtlichen Energiegehalt sicherlich auch auf die für die Praxis insgesamt leichter und konstanter erfüllbaren Qualitätsparameter gegenüber Grassilage zurückzuführen. Bedeutsam für die zukünftige Rationsgestaltung von leistungsstarken Kühen kann jedoch werden, dass die Ansprüche an einzelne Qualitätsparameter (z.B. Anteil der ruminal abbaubaren pflanzlichen Gerüstsubstanzen, Anteil und Zusammensetzung der Proteinfraction, Anteil und Abbaubarkeit der Stärke bei Maissilage, Häcksellänge und Strukturierung bei Silagen und Rauhfutter u.a.)

Tabelle 2: Kriterien zur Erfassung der Gras- und Maissilagequalität

Grassilage	Maissilage
	Trockenmasse
	Rohnährstoffgehalte
	Rohasche
	(Mengen- Spurenelemente?)
NH ₃ -N	Rohprotein
(N-Fractionen,	(nXP, berechnet)
weitere Auftrennung?)	
	Rohfaser
	Energiegehalt
	(ELOS, HFT)
	Pflanzl. Gerüstsubstanzen
	(Ruminale Abbaubarkeit?)
Restzucker	Stärke
	(Ruminale Abbaubarkeit?)
Gärsäurequalität	(Gärsäurequalität)
	(Nachgärung)
	Häcksellänge
	(Strukturierung)
	Mykotoxinbelastung

in Abhängigkeit der relativen Anteile von Grundfutter und Kraftfutter sowie der Art der Einzelkomponenten in der Gesamtration variieren können und diese der jeweiligen Rationsgestaltung anzupassen sind. So kann beispielsweise insbesondere auch unter Berücksichtigung der Wiederkäuergerechtigkeit der Anteil der ruminal abbaubaren pflanzlichen Gerüstsubstanzen oder die Häcksellänge im Grundfutter bei sehr kraftfutterbetonten gegenüber grundfutterbetonten Rationen eher zunehmen (siehe PREISSINGER et al. 1997).

2.2 Grünfutter - Weidegang

Neben den bereits diskutierten Einflussgrößen sind weitere spezifische Interaktionen zwischen der Grundfutterart, dem relativen Kraftfutteranteil und der Wahl der Kraftfutterkomponenten bei der Gesamtrationsgestaltung zu erwarten (siehe SÜDEKUM 1999). Dies wird besonders bedeutsam bei Einbeziehung von Grünfutter bzw. Weidegang in die Rationsgestaltung von leistungsstarken Milchkühen. Grünfutter (Weidegang) stellt nach wie vor das kostengünstigste Grundfutter dar und ist daher aus ökonomischer Sicht für die Minimierung der Futterkosten besonders attraktiv. Auch hier liegt der Schlüssel zum Erfolg in der Bereitstellung eines energiereichen, möglichst gleichmäßigen Aufwuchses über die gesamte Weide- bzw. Grünfütterungsperiode. Nach einer neuen Auswertung der international verfügbaren Literatur zum Weidegang (KOLVER et al. 1998) ist die Energieaufnahme stets erstlimitierend für die Milchleistung, wobei der energetische Milcherzeugungswert mit etwa 22 kg Milch pro Tag geschätzt werden kann. Bei Ergänzung der Ration mit bis zu 20 % Getreide (bezogen auf die Gesamtration) verbessert sich die Rationsleistung auf etwa 24 kg Milch. Bei weiterer Erhöhung des Getreideanteils erhöht sich zwar die mögliche energetische Milchleistung, die Versorgung an nutzbarem Rohprotein (Aminosäurezufuhr) wird jedoch nun leistungslimitierend. Die gleiche Autorengruppe (KOLVER und MULLER 1998) zeigte zwar in einem Kurzzeitversuch, dass bei ausschließlicher Versorgung über Portionsweide von Hochleistungskühen (46 kg tägliche Milchleistung vor Versuchsbeginn) eine Milchleistung von

Tabelle 3: Futteraufnahme, Milchmenge und -inhaltsstoffe sowie Lebendmasse von Hochleistungskühen bei ausschließlichem Weidegang im Vergleich zu TMR (KOLVER u. MULLER 1998) (Portionsweide, Zeitdauer: 12.5.-9.6.)

	Vor Versuchsbeginn	Weide	TMR
Futteraufnahme kg T/Tier, d	19,0	23,4	
Milchmenge kg/Tier, d	46,3	29,6	44,1
Fett, %	3,54	3,72	3,48
Eiweiß, %	2,72	2,61	2,80
Lebendmasse, kg	603	562	597
Konditionsfaktor (BCS)	2,5	2,0	2,5

knapp 30 kg pro Kuh und Tag bei einer Weidefutteraufnahme von 19 kg T - jedoch auch bei gleichzeitiger deutlicher Lebendmasseabnahme - möglich ist; die TMR-gefütterte Vergleichsgruppe erbrachte jedoch etwa 44 kg Milch pro Kuh und Tag (siehe *Tabelle 3*). Wie umfassende Versuche zur Weidefutteraufnahme auf unserer Versuchsstation unter angewandten praktischen Bedingungen zeigen, ist bei zusätzlicher Berücksichtigung einer höheren Grundfutteraufnahme von leistungsstarken Milchkühen der energetische Milcherzeugungswert bei Weidegang mit 18 - 20 kg Milch einzuschätzen (MANUSCH et al. 1993, SCHWARZ et al. 1993). Dabei wird zusätzlich u.a. das Managementverhalten (z.B. vor allem das Weidefutterangebot), die Witterung oder die Gesamtrationsgestaltung (Weidebeifutter, Kraftfutter) die Energieaufnahme über das Grünfutter modifizieren.

Allerdings verdeutlichen die vorausgehenden Daten, dass eine in der Energiezufuhr ausreichende Rationsgestaltung bei hohen täglichen Milchleistungen nur mit entsprechender Ergänzung erreichbar ist. Damit stellt sich die Frage nach möglichen Wechselwirkungen zwischen Grünfuttermittel und Weidebeifutter bzw. Kraft-

Tabelle 4: Bedeutung der Grundfutterart und deren Interaktion zu Kraftfutter hinsichtlich der Futteraufnahme (einfaktorielle regressionsanalytische Darstellung, Datenmaterial: SCHWARZ et al. 1996)

Grasaufnahme y[kg T/Kuh, d] = 15,4-0,53xKF[kg T/Kuh, d]
Maissilageaufnahme y[kg T/Kuh, d] = 14,4-0,33xKF[kg T/Kuh, d]
Grassilageaufnahme y[kg T/Kuh, d] = 12,5-0,22xKF[kg T/Kuh, d]

futter hinsichtlich der Gesamtfutteraufnahme. In *Tabelle 4* ist dazu anhand einer einfachen, einfaktoriellen regressionsanalytischen Auswertung (Datenmaterial, SCHWARZ et al. 1996) die Bedeutung der Grundfutterart (Gras, Grassilage, Maissilage) und deren Interaktionen zu Kraftfutter aufgeführt. Demnach weist Gras gegenüber Gras- bzw. Maissilage bei fehlender oder geringer Kraftfutterergänzung die höchste Verzehrsgeschwindigkeit auf. Allerdings mindern höhere Kraftfuttergaben bei Gras die Gesamtfutteraufnahme deutlich stärker (-0,53 kg T pro kg Kraftfutter) als bei Maissilage (-0,33 kg T) bzw. Grassilage (-0,22 kg T). Damit nähert sich die Gesamtfutteraufnahme der verschiedenen Rationen bei höheren Kraftfuttergaben an bzw. die Gesamtfutteraufnahme wird bei Maissilage, evtl. auch bei Grassilage als Grundfutter sogar die der Ration mit Gras übertreffen. Die Ursache für diesen differenzierten „Verdrängungswert“ dürfte u.a. in der „Strukturwirkung“ des Grundfutters liegen, die in der Rationsgestaltung für Hochleistungskühe zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Nach einer Zusammenstellung von Schätzwerten zum ruminalen pH-Wert bei Weidegang (KOLVER et al. 1998) fällt auf, dass die pH-Werte bei Angaben von 5,8 - 6,2 sich im niedrigen Bereich bewegen. Nach Untersuchungen von HOLDEN et al. (1994) ergab sich zwar kein Unterschied im mittleren pH-Wert bei Verfütterung von Gras (Weidegang), Heu oder Grassilage, jedoch zeigt sich im Tagesrhythmus ein deutlich stärkerer Abfall bei Grassilage, jedoch zeigt sich im pH-Bereich von 5,7. Damit wird insgesamt bestätigt, dass sich eine Maximierung der Gesamtfutteraufnahme und da-

mit der Gesamtenergiezufuhr bei Hochleistungskühen unter Einbeziehung von Grünfuttermittel bzw. Weidegang eher schwieriger gestaltet.

2.3 Kraftfutter

Handelsübliche Milchleistungsfutter bzw. Kraftfutterkomponenten werden üblicherweise nach ihrem Energiegehalt beurteilt und dementsprechend in die Ration bis zum Erreichen der gewünschten Gesamtenergiezufuhr eingesetzt. Die bereits ausführlich diskutierte notwendige hohe Gesamtfutteraufnahme für die bedarfsgerechte Energieversorgung wird jedoch nicht erreicht, wenn nicht gleichzeitig eine Optimierung der mikrobiellen Wachstums- bzw. Abbaubedingungen im Pansen angestrebt wird. Die Ernährung der leistungsstarken Milchkuh hat sich daher vorzugsweise an den „Notwendigkeiten“ der Mikroorganismen des Pansens auszurichten. SÜDEKUM (1999) hat in seinem Beitrag zur „wiederkäuergerechten Ernährung der Hochleistungskuh“ bei der letztjährigen Fachtagung an der BAL die wichtigsten Aspekte ausführlichst behandelt, so dass besonders darauf verwiesen, die Ausführungen auch gänzlich vorliegend eingebunden und damit auch nicht verstärkt besprochen werden sollen. Einen besonderen Hinweis erfordert jedoch die Stabilisierung der pH-Werte im Pansen, um damit eine möglichst hohe ruminale Abbaurate der pflanzlichen Gerüstsubstanzen zu erzielen, die sich wiederum auch in einer verbesserten Gesamtfutteraufnahme niederschlägt. Notwendig erscheint dabei - wie bereits in *Tabelle 2* angeführt - die Erweiterung der futtermittelspezifischen Kenndaten hinsichtlich einer näheren Auftrennung der Kohlenhydratfraktion, da neben dem Energiegehalt bisher im wesentlichen nur die Rohnährstoffgehalte aus der Weender Analyse angegeben werden. Eine Einordnung der mit der Detergentienanalyse nach von Soest erzielten Messwerte für die pflanzlichen Gerüstsubstanzen (NDF, ADF und ADL) in unser derzeitiges Bedarfssystem ist zwar nicht gegeben; bei verstärktem Vorliegen von Messwerten für unsere Futtermittel ist jedoch eine orientierende bzw. vergleichende Rationsbeurteilung denkbar. Erforderlich ist allerdings in jedem Fall die Angabe der leicht löslichen Kohlenhydrate

Tabelle 5: Energiegehalt von Maissilage nach Zulage hoher Anteile verschiedener Stärketräger zu einer Maissilage-ration beim Rind (SCHWARZ et al. 1996)

	Energiegehalt der Maissilage (MJ NEL/kg T)
Maissilage (ohne Stärkezul., Kontr.)	6,87
Maissilage (+ Körnermais)	6,96
(+ Maniok)	6,91
(+ Kartoffelstärke)	7,02
(+ Weizen)	6,33
(+ Gerste)	6,56
(+ Nackthafer)	5,71

Stärke und Zucker. Wie bereits in der Arbeit von SÜDEKUM (1999) ausgeführt, kommt dem Krafftutter in seiner Zusammensetzung als Ergänzung des Grundfutters auch eine wichtige Aufgabe bei der Gesamtbilanzierung der Ration hinsichtlich der verschiedenen Kohlehydratfraktionen (pflanzliche Gerüstsubstanzen - Stärke, Zucker) und damit der Stabilisierung des Pansenmilieus zu. In der vorliegend vorgenommenen und allgemein gültigen Betrachtung der Gesamtenergieaufnahme werden die Energiegehalte der einzelnen Rationskomponenten (z.B. Grundfutter und Krafftutter) additiv berücksichtigt. Voraussetzung ist jedoch die vorausgehend diskutierte Einhaltung der optimalen ruminalen Bedingungen für die Mikroorganismen, wie sie in den Stoffwechselversuchen vorherrschen. Verschlechterte Abbaubedingungen für die pflanzlichen Gerüstsubstanzen können jedoch eine deutliche Minderung des Energiegehaltes hervorrufen, so dass sich zwischen der berechneten und tatsächlich vorliegenden Energieversorgung erhebliche Abweichungen ergeben. Beispielhaft sind in *Tabelle 5* einige Messdaten für den Energiegehalt von Maissilage angegeben

wobei die pansenphysiologischen Bedingungen durch die Zugabe stärkereicher Einzelkomponenten mit hoher bzw. geringer ruminaler Stärkeabbaubarkeit modifiziert wurden (SCHWARZ et al. 1996).

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass in Ergänzung zum Pansen die Verdaulichkeit von Nährstoffen im Dünndarm bzw. Dickdarm für die Energieversorgung der leistungsstarken Milchkuh besondere Berücksichtigung erfährt (siehe FLACHOWSKY 1999, SÜDEKUM 1999). Dies setzt vor allem weitere Kenntnisse der Höhe der ruminalen Abbaubarkeit der Stärke sowie der intestinalen Verdaulichkeit und Absorption in Verbindung mit der Passagerate des Futters voraus (siehe FLACHOWSKY 2000).

3. Proteinversorgung

Grundlage der heute gültigen Proteinbewertungssysteme ist die im Dünndarm der Milchkuh angeflutete Proteinmenge, wobei sich die verschiedenen Systeme in ihrem Berechnungsweg und der Ausgestaltung gering modifizieren. Allerdings wird bei der Berechnung der Aufnahme an nutzbarem Rohprotein (nXP), bei der im wesentlichen die Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME) und mit deutlich geringerer Auswirkung die Aufnahme an im Pansen unabgebautem Rohprotein (UDP) einhergeht, sehr schnell die Bedeutung der Mikrobenproteinsynthese, die als Folge der Energiezufuhr anzusehen ist, deutlich. Je nach Rationstyp und Milchleistungshöhe ist etwa zwei Drittel und mehr des angefluteten nXP der mikrobiellen Synthese zuzurechnen. Auch wenn bei leistungsstarken Milchkuhen der Anteil des UDP für die nXP-Versorgung aufgrund der wachsenden Lücke zwischen dem Bedarf an

nXP und der mikrobiellen Synthese an Bedeutung gewinnt, und daher der Anteil an UDP in einem proteinreichen Futtermittel heute in der Praxis vorrangiges Interesse weckt, ist gerade auch bei Hochleistungskühen das Hauptaugenmerk auf eine Optimierung der mikrobiellen Proteinsynthese zu richten. Wie bereits aus den Ausführungen der GfE zur Proteinversorgung der Milchkuh (1997) hervorgeht, ergibt sich aus den vorliegenden Versuchsdaten zwar eine Mikrobenproteinsynthese von 10,1 g pro MJ ME. Dieser mittlere Wert ist jedoch mit einer hohen Abweichung von $\pm 1,5$ g versehen. Letztlich dürfte auch die hohe Variabilität der Ergebnisse in Versuchen, die sich mit einer Modifizierung des UDP oder der Bedeutung von pansenstabilen Aminosäuren zur Beeinflussung der Milchleistung beschäftigen, mit der Varianz in der Bereitstellung an Mikrobenprotein zusammenhängen. In *Tabelle 6* sind daher wiederholend einige wichtige Einflussfaktoren auf die Mikrobenproteinsynthese dargestellt. Ohne detailliert auf alle Faktoren einzugehen, sind vor allem das notwendige Ausmaß der ruminalen N-Bereitstellung und die Art der N-Verbindung für das Mikrobewachstum in weiteren Untersuchungen noch gezielter zu überprüfen. Insbesondere bei Rationen mit Grassilage werden häufiger größere Abweichungen in der Proteinbereitstellung als Folge unterschiedlicher Gärqualität, möglicherweise aber auch in Abhängigkeit eines differierenden Ausgangsmaterials und Anwelkgrades, festgestellt. Demgegenüber kann bei Rationen mit einem hohen Anteil an Maissilage und/oder weiteren Maisprodukten durch eine unterschiedliche ruminale Stärkeabbaubarkeit ebenfalls die Proteinbereitstellung beeinflusst sein. So zeigte sich in einer neueren Arbeit zum LKS- bzw. CCM-Einsatz bei Milchkuhen gerade der Milcheiweißgehalt ungünstig verändert (SCHWARZ et al. 2000). Eine herausragende Bedeutung ist jedoch der Optimierung der pansenphysiologischen Bedingungen beizumessen, wie sie in der bereits zitierten Übersichtsarbeit von SÜDEKUM (1999) zusammenfassend dargestellt sind. Dabei ist die Synchronisation der Nährstoffanflutung, deren Effekt an der Höhe der Mikrobenproteinsynthese gezeigt wird (siehe SÜDEKUM 1999), miteinzubrin-

Tabelle 6: Einflussfaktoren auf die Mikrobenproteinsynthese

Mikrobenprotein (10,1 \pm 1,5g pro MJ ME, GfE, 1997)	
Abweichung:	Nährstoffversorgung: Stickstoff, Aminosäuren Mengen (Schwefel)-, Spurenelemente Ruminale Abbauraten an Stärke Fett Gehalte an Gärsäuren
	Pansenmilieu (pH-Wert) Krafftutteranteil Passagerate Synchronisation der Nährstoffanflutung Protozoenanteil

den. Nach Ausführungen von Mac RAE (1997) ergeben sich gerade bei Grüngut erhebliche Abweichungen zwischen der erwarteten und tatsächlichen Proteinbereitstellung, die durch eine langsamere und insgesamt geringere Freisetzung von NH₃-N aus dem Grüngut und eine höhere Bereitstellung schnell verfügbarer Kohlenhydrate im Sinne einer Synchronisierung optimiert werden könnte.

Sicherlich darf die Bedeutung des Anteils an UDP und das Aminosäuremuster dieses Proteins für die Versorgungssituation der Hochleistungskuh nicht unerwähnt bleiben. Wie die Darstellung verschiedener praktischer Rationen bei SPIEKERS und RODEHUTSCORD (1999) zeigt, ist jedoch mit herkömmlichen Rationskomponenten, z.B. unter Einbeziehung von Sojaextraktionschrot, ausreichend Spielraum für eine bedarfsgerechte Versorgung gegeben. Maßgabe für den erfolgreichen Einsatz der angeführten Rationen ist jedoch wiederum die angegebene, hohe Gesamtfut-
teraufnahme.

Forschungsorientiert wird sich die Frage der Proteinversorgung der leistungsstarken Milchkuh an der bedarfsdeckenden Aminosäurezufuhr darstellen. Neben der bereits diskutierten Höhe der Mikrobenproteinsynthese ist jedoch eine davon zusätzlich beeinflusste Aminosäurezusammensetzung des Mikrobenproteins zu berücksichtigen (siehe RULQUIN und VERITE 1996, LEBZIEN

1997, SPIEKERS und RODEHUTSCORD 1999), so dass praxisrelevante Angaben zur intestinalen Aminosäurebereitstellung derzeit nicht verfügbar sind. Unter bestimmten Fütterungsbedingungen kann zwar der Einsatz von pansenstabilen Aminosäuren, z.B. Methionin, Lysin, erfolgreich sein (RULQUIN und VERITE 1996), jedoch erscheint die Optimierung der voraus diskutierten Einflussgrößen für die praktische Rationsgestaltung von größerer Bedeutung.

4. Wiederkäuergerechtigkeit

In den vorausgehenden Ausführungen ist schon mehrmals auf die große Bedeutung der wiederkäuergerechten Rationsgestaltung gerade bei leistungsstarken Milchkühen hingewiesen worden. Letztlich ist in dem Begriff "Wiederkäuergerechtigkeit" eine Zusammenfassung aller Maßnahmen zur Optimierung des ruminalen Mikrobenwachstums zu sehen, so dass auch hier auf die Übersichtsarbeit von SÜDEKUM (1999) verwiesen werden kann. Im engeren Sinne wird jedoch zumeist „Wiederkäuergerechtigkeit“ mit dem „Strukturwert“ der verfütterten Einzelkomponenten gleichgesetzt. Für den Praktiker stellt sich dabei vorrangig die Frage nach der „Messbarkeit“ und „Überprüfbarkeit“ dieses Rationskriteriums. Bisher ergaben sich aus dem Rohfasergehalt der Gesamtration bzw. dem Grund-Kraftfuttermittelverhältnis zwar orientierende Hinweise; bei Rationen für leistungsstarke Milchkühe sind jedoch sen-

sible Parameter notwendig. Dabei sollte eingangs auf die Kaskade von Ereignissen hingewiesen werden, die mit dem Begriff "Strukturwert" im Zusammenhang stehen. Als abhängig von dem Strukturwert einer Ration zeigen sich die Schichtung des Panseninhalts, die Kau- und Wiederkauzeiten und damit die Höhe der Speichelsekretion, der ruminale pH-Wert, das Fettsäuremuster im Pansen aufgrund des vom pH-Wert beeinflussten Mikrobenwachstums, der Milchfettgehalt sowie die Passagerate und damit die Futterraufnahme. Damit sind gleichzeitig auch alle Ansatzpunkte zur Messung des Strukturwertes aufgezeigt. Allerdings wird auch deutlich, dass verschiedene chemische, z.B. die Futterinhaltsstoffe betreffende, physikalische und fütterungstechnische Faktoren die Speichelsekretion und Pansenfermentation beeinflussen, so dass der Strukturwert messtechnisch nur sehr unzureichend fassbar erscheint. Nahezu alle Verfahren zur Beurteilung der Strukturwirksamkeit ziehen die Speichelsekretion bzw. die Kau- und Wiederkauzeit, ev. ergänzt um den Milchfettgehalt, ein. So hat SÜDEKUM (1999) als Messbeispiel den von NØRGAARD (1985) für Dänemark erarbeiteten „Kauindex“ von Einzelfuttermitteln bzw. der Ration vorgestellt. Auch SUDWEEKS et al. (1981) haben bereits vorausgehend die Kau- und Wiederkauzeiten von Einzelfuttermitteln an Rindern erarbeitet.

Als Basis für die weitere Diskussion sind in den Tabellen 7 und 8 die Kau- und Wiederkauzeiten einiger Futtermittel, wie sie bei PIATKOWSKI et al. (1990) bei trockenstehenden Kühen bzw. bei De BRABANDER et al. (1996) bei laktierenden Kühen ermittelt wurden, angeführt. HOFFMANN (1990) hat nämlich auf der Basis der Daten von PIATKOWSKI et al. (1990) unter Einbeziehung eines Faktors für die Strukturwirksamkeit der in den jeweiligen Futtermitteln enthaltenen Rohfaser die „strukturwirksame“ Rohfaser pro kg Futtertrockenmasse errechnet. Die Aufnahme von etwa 2,5 kg strukturwirksamer Rohfaser pro Kuh und Tag wird für die Wiederkäuergerechtigkeit auch bei leistungsstarken Kühen als ausreichend angesehen (PIATKOWSKI und VOIGT 1989, HOFFMANN 1990). De BRABANDER et al. (1996, 1999) haben ebenfalls auf der

Tabelle 7: Kauzeiten verschiedener Einzelfuttermittel bei nichtlaktierenden Kühen (PIATKOWSKI et al. 1990)

Futtermittel	Rohfaser (% i.d. T)	Fresszeit (min/kg T)	Wiederkauzeit (min/kg T)	Gesamtkauzeit (min/kg T)
Gras, Leguminosen				
<i>früher Schnitzeitpunkt</i>				
lang	20-22	29	23	52
gehäckselt		18	24	42
<i>später Schnitzeitpunkt</i>				
lang	28-30	29	57	86
gehäckselt		22	52	74
Grassilage	31	36	52	88
Maissilage	22	29	43	72
Rübenblattsilage	14	12	34	46
Heu, lang	31	26	50	76
Trockengrünfutter				
gehäckselt	26	15	45	60
pelletiert	26	10	15	25
Stroh				
lang, gehäckselt	42	28	85	113
pelletiert		17	25	42
Getreideschrot	8	5	0	5
Rüben	8	8	-	8

Tabelle 8: Bewertung der physikalischen Struktur anhand von Kau- und Wiederkauzeiten (De BRABANDER et al. 1996)

	Grasprodukte* (n=43)	Maissilage (n=22)	Stroh (n=3)	Futterrüben Biertreibersilage LKS Kartoffeln Trockenschnitzel
Mittlere Fresszeiten (min/kg T)	28,4	20,2	72,5	
Wiederkauzeiten (min/kg T)	44,3	39,9	85,8	
Gesamtkauzeiten (min/kg T)	72,8	59,8	158,3	24-37
	± 9,4	± 5,6		
Variation zwischen den Kühen	± 8,9	± 6,6		

* Gras, Grassilage, Heu; Rohfaser: 25,2 % i.d. T

Basis der Kau- und Wiederkauzeiten, jedoch unter Einbeziehung weiterer Faktoren, wie dem Milchfettgehalt, den Einzelfuttermitteln einen „Strukturwert“ zugeordnet. Dabei spielen bei Grundfuttermitteln vor allem der Rohfasergehalt, aber auch weitere Einflussgrößen, wie z. B. die Häcksellänge eine Rolle. Aber auch Kraftfutterkomponenten werden mit einem sehr unterschiedlichen Strukturwert einbezogen. Anhand dieser Strukturwerte kann der Mindestgrundfutteranteil einer Ration berechnet werden (De BRABANDER et al. 1999). Diese beiden Verfahren sind hinsichtlich der Beurteilung des Strukturwertes einer Ration hier beispielhaft aufgeführt, da sie derzeit die Diskussion um die Futterstruktur und damit die Wiederkäuergerechtigkeit beleben.

5. Schlussbemerkungen

Die Fütterung der leistungsstarken Milchkuh sollte in der vorliegenden Arbeit unter dem Leitgedanken der Energie- und Proteinversorgung sowie der Wiederkäuergerechtigkeit abgehandelt werden. Für jeden Teilaspekt gilt jedoch gleichermaßen, dass die Optimierung der ruminalen Bedingungen für das mikrobielle Wachstum erstes und wichtigstes Ziel in der Rationsgestaltung ist. Davon abhängig ist auch die Gesamtfuttermittelaufnahme, die wiederum die Höhe der Energieversorgung bestimmt. Es gilt also, über die bisherige Rationsbeurteilung hinaus, Kriterien einzubeziehen, die der Stabilisierung des Pansenmilieus dienen und das Mikrobienwachstum fördern. Ansatzpunkte sind eine weitere Aufgliederung der Kohlenhydrat- und der Stickstofffraktionen in den Einzelfuttermitteln,

die Erfassung ihrer ruminalen Abbaubarkeit und eine genauere Strukturbeurteilung. Futtermittel sind nicht nur summarisch nach ihrer Energiekonzentration, sondern auch nach ihrer Nährstoffbereitstellung im Pansen und weiteren Verdauungstrakt, aber darüber hinaus sehr wesentlich auch in der Nährstoffbereitstellung für den Stoffwechsel zu beurteilen.

In die Betrachtung der Fütterung der leistungsstarken Milchkuh ist darüber hinaus u.a. die Modellierung der Energie- und Nährstoffzufuhr in den verschiedenen Laktationsabschnitten, die die Einbindung des jeweiligen Körperzustandes („Body Conditioning Score“) erfordert, die Fütterung der trockenstehenden und frischlaktierenden Kuh, oder die Fütterungstechnik einzubeziehen. Dabei kann nur auf weitere Beiträge verwiesen werden.

6. Literatur

- BAL, 1999: 26. Viehwirtschaftliche Fachtagung Gumpenstein.
- BLBA (Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur), 1996: 1. Rinderreport Bayern.
- BOXEM, T., 1995: Erfahrungen mit Hochleistungskühen in der Praxis. Deutsch-Niederländischer Workshop Göttingen, 1-13.
- BREVES, G. und M. RÖDEHUTSCORD, 1999: Gibt es Grenzen in der Zucht auf Milchleistung? - Aus Sicht der Physiologie. Züchtungskde. 71, 420-427.
- DAENICKE, R., K. JOCHMANN, D. GÄDECKEN und G. FLACHOWSKY, 1998: Zum Einfluss einer Beimpfung von Maissilage mit Milchsäurebakterien (MSB) auf die Verdaulichkeit der Rohstoffe sowie auf Futtermittelaufnahme und Leistung von Milchkuhen. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 7, 104.

- DE BRABANDER, D.L., A.M. DE SMET, J.M. VANACKER and C.V. BOUCQUÉ, 1996: Physical structure evaluation in dairy cattle ration. Comm. Number 971, National Institute for Animal Nutrition Melle-Gontrode.
- DE BRABANDER, D.L., J.L. DE BOEVER, J.M. VANACKER, C.V. BOUCQUE and S.M. BOTTERMAN, 1999: Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In: P.C. Garnsworthy and J. Wiseman (Eds.): Recent Advances in Animal Nutrition Nottingham Univ. Press, S.111-145.
- DGfZ, 1999: Gibt es Grenzen in der Zucht auf Milchleistung? Züchtungskde. 71, Heft 6.
- DLG, 1999: Fütterung der 10.000-Liter-Kuh. Band 196 DLG-Verlag Frankfurt.
- FAVERDIN, P., R. BAUMONT and K.L. INGVARTESEN, 1995: Control and prediction of feed intake in ruminants. In: Journet, M.; Grenet, E.; Farce, M.-H.; Theriez, M.; Demarquilly, C. (Eds.): Recent Developments in the Nutrition of Herbivores. Proc. 14th Intern. Symp. Nutr., S. 95-120.
- FISCHER, B., T. ENGELHARD, E. RIEMANN und G. FRANKE, 1997: Bericht über den Vergleich zwischen der Fütterung mit TMR (Totaler Mischration) und Abrufautomat auf ausgewählte Leistungen und Rationskosten bei schwarzbunten Kühen. 1. Durchgang. Versuchsbericht, Lehr- und Versuchsanstalt Iden.
- FLACHOWSKY, G., 1999: Glucose - ein Schlüssel für hohe Leistungen. In: Fütterung der 10.000-Liter-Kuh. Band 196, DLG-Verlag Frankfurt, S. 43-56.
- FLACHOWSKY, G., 2000: Bedeutung der Maisstärke für die Glucoseversorgung der Hochleistungskuh. Sonderheft der FAL Braunschweig (im Druck).
- GfE, 1997: Zum Proteinbedarf von Milchkuhen und Aufzuchtindern. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 217-236.
- GRUBER et al., 1999: unveröffentlicht. In: SCHWARZ, F.J., L.GRUBER, 1999: Futtermittelaufnahme - Einflussfaktoren und Abschätzung. In: Fütterung der 10.000-Liter-Kuh. Band 196, DLG-Verlag Frankfurt, S. 171-191.
- GRUBER, L., 1987: Faktoren der Grundfuttermittelaufnahme von Milchkuhen. Förderungsdienst 35, Sonderbeilage 11, S. 3-12.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Frisian. 22. Tierzuchtagung BAL, S. 1-49.
- HOFFMANN, M., 1990: Tierfütterung, Dt. Landwirtschaftsverlag Berlin, 2. Auflage.
- HOLDEN, L.A., L.D. MULLER, G.A. VARGA and P.J. HILLARD, 1994: Ruminant digestion and duodenal nutrient flows in dairy cows consuming grass as pasture, hay, or silage. J. Dairy Sci. 77, 3034-3042.
- INGVARTSEN, K.L., 1994: Models of voluntary food intake in cattle. Livestock Prod. Sci. 39, 19-38.
- KOLVER, E.S. and L.D. MULLER, 1998: Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. J. Dairy Sci. 81, 1403-1411.

- KOLVER, E.S., L.D. MULLER, M.C. BARRY and J.W. PENNO, 1998: Evaluation and application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System for dairy cows fed diets based on pasture. *J. Dairy Sci.* 81: 2029-2039.
- LEBZIEN, P., 1997: Zum Einfluss des Futterproteins auf das Aminosäuremuster des Proteins am Duodenum von Wiederkäuern. Übers. *Tierernährg.* 25, 137-153.
- LÜPPING, W. und A. PETRI, 1999: Erfolgreich füttern mit einfachen Rationen. In: *Fütterung der 10.000-Liter-Kuh.* Band 196, DLG-Verlag Frankfurt, S. 147-158.
- MacRAE, J.C., 1997: Predicting amino acid supply and utilization in the lactating ruminant. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6, 15-30.
- MANUSCH, P., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1993: Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffversorgung von Milchkühen bei Weidegang oder Grasfütterung im Stall. 1. Mitteilung: Versuchsplan, Futterqualität und Futteraufnahme. *Wirtschaftseig. Futter* 39, 87-100.
- NØRGAARD, P., 1985: Physical structure of feeds for dairy cows. CEC-workshop. New developments and future perspectives in research on rumen function, Ørum, Sonderlyng.
- PIATKOWSKI, B., H. GÜRTLER und J. VOIGT, 1990: Grundzüge der Wiederkäuerernährung. Gustav-Fischer-Verlag Jena-Stuttgart.
- PIATKOWSKI, B. und J. VOIGT, 1989: Zur Wirkung von Rohfaser, Stärke und Zucker in der Milchkühfütterung. *Tierzucht* 43, 58-60.
- PREISSINGER, W., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1997: Zum Einfluss der Häcksellänge von Grassilage auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. *Wirtschaftseig. Futter* 43, 65-82.
- ROSELER, D.K., D.G. FOX, L.A. CHASE, A.N. PELL and W.C. STONE, 1997: Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 878-893.
- RULQUIN, H. and R. VERITE, 1996: Amino acid nutrition of dairy cows: Productive effects and animal requirements. In: Garnsworthy, P.C. and D.J.A. Cole (Eds.), *Recent Developments in Ruminant Nutrition 3*, University Press Nottingham, S. 71-93.
- SCHWARZ, F.J., 1997: Zur Futteraufnahme der Milchkuh. In: Voigt, J. und H. Hagemeyer (Hrsg.), *Internationale Vortragsstagung Verdauungsphysiologie und Stoffumsatz beim Wiederkäuer*, Heft 10, FBN, S. 14-26.
- SCHWARZ, F.J., 1998: Untersuchungen zum Futterwert von Maissilage. 25. *Viehwirtschaftl. Fachtagung BAL*, S. 81-86.
- SCHWARZ, F.J., 1999: unveröffentlicht.
- SCHWARZ, F.J., E.J. PEX und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zum Einfluss stärkereicher Einzelfuttermittel auf die Verdaulichkeit und den Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. *Arch. Anim. Nutr.* 49, 349-362.
- SCHWARZ, F.J. und L. GRUBER, 1999: Futteraufnahme - Einflussfaktoren und Abschätzung. In: *Fütterung der 10.000-Liter-Kuh.* Band 196, DLG-Verlag Frankfurt, S. 171-191.
- SCHWARZ, F.J., P. MANUSCH und M. KIRCHGESSNER, 1993: Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffversorgung von Milchkühen bei Weidegang oder Grasfütterung im Stall. 2. Mitteilung: Energie- und Proteinaufnahme sowie Milchleistung. *Wirtschaftseig. Futter* 39, 146-156.
- SCHWARZ, F.J., U. HEINDL und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen. *Züchtungskde.* 68, 65-76.
- SCHWARZ, F.J., W. PREISSINGER und M. KIRCHGESSNER, 2000: Maiskolbenschrot-silagen (CCM und LKS) in Milchviehrationen - Verdaulichkeit, Futteraufnahme, Milchleistung. *Wirtschaftseig. Futter (im Druck)*
- SPIEKERS, H. und M. RODEHUTSCORD, 1999: Knackpunkt der Proteinversorgung. In: *Fütterung der 10.000-Liter-Kuh.* Band 196 DLG-Verlag Frankfurt, S. 65-84.
- SPIEKERS, H., F. GÖSLING und E. PFEFFER, 1997: Grundfutteraufnahme und Leistung von Milchkühen in Abhängigkeit vom NEL-Gehalt des Milchleistungsfutters. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6, 115.
- SUDWEEKS, E.M., L.O. ELY, D.R. MERTENS and L.R. SISK, 1981: Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system. *J. Anim. Sci.* 53, 1406-1411.
- SÜDEKUM, K.-H., 1999: Wiederkäuergerechte Ernährung der Hochleistungskuh. 26. *Viehwirtschaftliche Fachtagung BAL*, S. 1-8.
- WEISS, J., D. MIRBACH und T. BONSELS, 1999: So wirtschaften Spitzenbetriebe in Deutschland. In: *Fütterung der 10.000-Liter-Kuh.* Band 196, DLG-Verlag Frankfurt, S. 11-32.

