



## DLG-Information 1/1998

# Die bedarfsgerechte Proteinversorgung der Milchkuh

## Nutzbares Rohprotein (nXP) und ruminale Stickstoffbilanz (RNB) in der praktischen Fütterung

### 1 Einleitung

Die Proteinversorgung des Wiederkäuers unterscheidet sich von derjenigen der Tiere mit einhöhligen Magen, wie z.B. Schweine, dadurch, daß Futterprotein in den Vormägen der Wiederkäuer durch die Pansenmikroben zu einem großen Teil abgebaut wird, während gleichzeitig mikrobielles Protein synthetisiert wird. Somit deckt der Wiederkäuer seinen Proteinbedarf aus zwei Quellen: Aus dem im Pansen gebildeten mikrobiellen Protein einerseits und andererseits aus Futterprotein, welches den Pansen unabgebaut passiert (siehe Abbildung 1). Daraus wird deutlich, daß nicht die Aufnahme an Rohprotein über das Futter für die Versorgung des Wiederkäuers entscheidend ist, sondern die Menge an Protein, welche den Darm erreicht. Dabei stellt unter normalen Fütterungsbedingungen das mikrobielle Protein den Hauptlieferanten für die Proteinversorgung dar. Bei einer Leistung von 30 kg Milch täglich sind dies etwa 80 % der gesamten Proteinversorgung am Darm.

Eine Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung

Ebenso wie Schwein und Geflügel hat auch der Wiederkäuer einen Bedarf an Aminosäuren, die im Darm zur Verfügung stehen müssen. Die Ansprüche an die Qualität des Futterproteins sind jedoch relativ gering, da der überwiegende Teil des Futterproteins bakteriell abgebaut wird. Die hauptsächliche Proteinquelle am Darm, das mikrobielle Protein, hat einen hohen Anteil an unverzichtbaren Aminosäuren für das Tier. Daher ist nur im Bereich hoher Leistung und einer nicht ausreichenden Bildung von mikrobiellem Protein die Qualität des Futterproteins und seines im Pansen nicht abgebauten Anteils von Bedeutung. Aufgrund des komplexen Proteinstoffwechsels des Wiederkäuers sind abgesicherte Fütterungsempfehlungen auf der Basis des Aminosäuren- anstelle des Proteinbedarfs derzeit nicht möglich.

Bisher erfolgte die Berechnung der erforderlichen Versorgung mit Rohprotein am Darm auf Basis des Rohproteins und der Abbaubarkeit des Rohproteins in der Gesamtration.

Der vorliegenden Schrift liegt eine weiterentwickelte Empfehlung zur Bewertung des Proteins am Darm zugrunde, welche die Erfahrungen aus der praktischen Anwendung berücksichtigt. Gegenüber dem bisherigen Vorgehen ergeben sich folgende Vorteile:

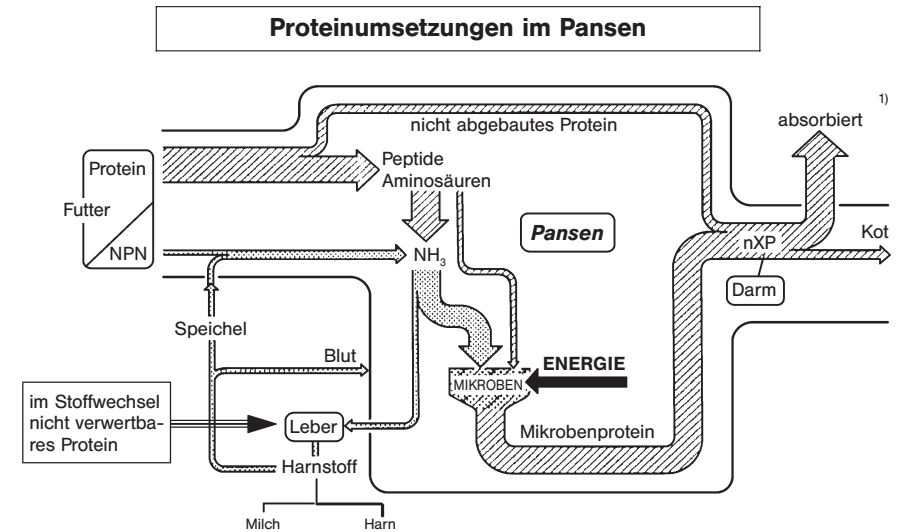
- Praxisgerechte Abschätzung der möglichen Milcheiweißbildung aus der Ration
- Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Abbaubarkeit und Mikrowachstum
- Abschätzung der Stickstoff-Versorgung der Pansenmikroben und der Stickstoff-Verwertung
- Differenzierung der Abbaubarkeit des Futterproteins in 5%-Schritten von 5% bis 65% Unabbaubares Futterprotein (UDP)
- Ausweisung des nutzbaren Rohproteins für die Einzelfuttermittel

Die vorliegende Überarbeitung des Systems basiert auf dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand. Es liegen differenzierte Werte für die Einzelfuttermittel vor. Die Wechselwirkungen in der Versorgung der Mikroben mit Energie und der Abbaurrate des Futterproteins werden berücksichtigt. Indirekt wird so auch das unterschiedliche Abbauverhalten der Stärke im Vormagen z.B. bei Körnermais berücksichtigt. Es besteht die erforderliche Übereinstimmung zwischen der kalkulierten und der aus der Ration realisierbaren Milcheiweißbildung in der Fütterungspraxis.

Das vorliegende System erlaubt die Optimierung von Rationen und Rationsbestandteilen, z. B. von Mischfutter. Es ist in fachlicher und didaktischer Hinsicht mit anderen, in Europa gebräuchlichen Systemen vergleichbar.

**Die neuen Größen nutzbares Rohprotein (nXP) und ruminale Stickstoff-Bilanz (RNB) lösen das Rohprotein in der Futterbewertung ab.**

Abbildung 1: Schematische Darstellung der N-Umsetzungen im Vormagen (in Anlehnung an KELLNER, DREPPER und ROHR 1984).



1) Auch aus dem Proteinumsatz im Tier können N-Verbindungen in den Vormagen zurückfließen. Deren ungenutzter Anteil wird über den Stoffwechsel ausgeschieden.

## 2 Grundlagen der Proteinbedarfsdeckung

Das am Eingang des Dünndarmes vorliegende Verhältnis von Mikrobenprotein zu unabgebautem Futterprotein (UDP) ist abhängig vom Abbau des Futterproteins im Pansen sowie von der Energieversorgung der Mikroben.

Zur Berechnung der Proteinversorgung der Wiederkäuer hat die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie ein System vorgestellt, bei dem der Bedarf an nutzbarem Rohprotein dem Fluß an nutzbarem Rohprotein in den Darm gegenübergestellt wird. Bei der Berechnung des Bedarfs an nutzbarem Rohprotein wird folgendermaßen vorgegangen: Ausgangspunkt ist der Nettobedarf, der sich aus der mit der Milch ausgeschiedenen Proteinmenge, aus den unvermeidlichen Verlusten über Kot und Harn sowie aus den Oberflächenverlusten (Haarkleid, Haut, Horn, Speichel) zusammensetzt. Für die Berechnung des Bruttobedarfes am Darm werden zusätzlich die Absorbierbarkeit der Aminosäuren, der Anteil an Aminosäuren im Rohprotein sowie die Verwertung der absorbierten Aminosäuren (z. B. für die Synthese von Milcheiweiß) berücksichtigt.

Die Menge an nutzbarem Rohprotein (nXP), das sich aus Mikrobenprotein und unabgebautem Futterprotein zusammensetzt und am Darm zur Verfügung steht, wird aus den nXP-Gehalten der einzelnen Futtermittel ermittelt. Diese können den DLG-Futterwerttabellen (7. Auflage 1997) entnommen oder anhand von Regres-

sionen aus dem Gehalt der Futtermittel an verdaulicher organischer Substanz oder umsetzbarer Energie (ME) und an im Pansen unabbaubarem Futterprotein errechnet werden (Siehe S. 8). Der nXP-Wert wird nicht, wie in anderen Proteinbewertungssystemen als Summe aus den einzeln berechneten Mengen an Mikrobenprotein und an unabgebautem Futterprotein, sondern regressiv als Gesamtproteinmenge am Dünndarm ermittelt.

Der ausgewiesene nXP-Wert der Futtermittel ist zunächst eine kalkulatorische Größe und gilt unter der Voraussetzung einer ausreichenden Stickstoffversorgung der Pansenmikroben. Deshalb wird für jedes Futtermittel neben einem nXP-Wert auch sein Beitrag zur ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) in den DLG-Futterwerttabellen angegeben. Dieser errechnet sich als Differenz zwischen dem Gehalt an Rohprotein im Futter und an nutzbarem Rohprotein im Dünndarm ( $RNB = (XP - nXP) : 6,25$ ). Wird mehr Stickstoff aus dem Futtermittel freigesetzt als aufgrund seines Gehaltes an verdaulicher organischer Substanz für die mikrobielle Proteinsynthese verwertet werden kann, so ist der RNB-Wert positiv. Ist weniger Stickstoff im Pansen verfügbar, als für die mögliche Proteinsynthese erforderlich wäre, so ist der RNB-Wert negativ. Ziel ist es, durch eine entsprechende Kombination der Futtermittel, neben der Deckung des nXP-Bedarfes der Tiere eine möglichst ausgeglichene ruminale N-Bilanz in der Ration zu erhalten. Eine eventuell negative N-Bilanz sollte einen Wert von insgesamt  $-0,3$  g N/MJ ME ( $-5$  g N/kg verdaulicher organischer Substanz) auf keinen Fall unterschreiten, da sonst die Pansenfermentation beeinträchtigt sein könnte. Eine stark positive RNB führt dagegen zu unnötigen Stickstoffbelastungen von Tier und Umwelt.

In der Abbildung 2 ist beispielhaft dargestellt, wie sich die Versorgung mit nXP am Dünndarm zum Bedarf einer Milchkuh mit 30 kg Milch/Tag bei leistungsgerechter Versorgung verhält.

Abbildung 2: **Proteinbedarf und -versorgung einer Milchkuh (650 kg LM, 30 kg Milch/Tag, 3,4 % Eiweiß)**

Versorgung		Bedarf	
<b>Futter</b>		Oberflächenverluste sowie endogene Ausscheidungen mit Harn und Kot 340 g Milcheiweiß 1020 g <b>Nettobedarf: 1360 g nXP</b>	
215 MJ ME 3100 g XP mit 25,5% UDP			
<b>nXP im Futter*</b>			
	3005 g* nXP	Verwertungsfaktor 2,1 Sicherheitszuschlag 1,05 <b>Bruttobedarf: 3000 g nXP</b>	
<b>RNB</b>			
$(3100 - 3005) / 6,25 = +15$ g RNB			

\* Formel zur Berechnung siehe Seite 8

Als Nettobedarf ergeben sich 1020 g Milcheiweiß und 340 g körpereigenes Protein in Kot, Harn und Oberflächenverlusten. Bei einem Verwertungsfaktor von 2,1 und 5% Sicherheitszuschlag resultiert eine tägliche Versorgungsempfehlung von 3000 g nXP.

Weiterhin errechnet sich eine RNB von 15 g je Tag. Am Darm stehen 3005 g nXP zur Verfügung. Bedarf und Versorgung entsprechen sich somit.

### 3 Empfehlungen zur Proteinversorgung

Die Empfehlungen zur Versorgung mit nutzbarem Rohprotein (nXP) sind in Tabelle 1 angegeben. Diese Empfehlungen beinhalten einen Sicherheitszuschlag von 5%. Bei den Rationsberechnungen muß der Milcheiweißgehalt berücksichtigt werden. Bei Abweichungen vom Standardeiweißgehalt (3,4%) sind je 0,1% Milcheiweiß 2 g nXP erforderlich, d.h. bei 3,8 % Milcheiweiß – z.B. am Laktationsende – ergibt sich ein Bedarf von 94 g ( $86 + 4 * 2$ ) nXP je kg Milch.

Eine ausreichende nXP-Versorgung setzt – zumindest bei höheren Leistungen – eine ausgeglichene bis positive ruminale N-Bilanz (RNB) voraus. Daher sollte der RNB-Wert in der Ration im positiven Bereich liegen. Negative RNB-Werte sind nach den bisherigen Kenntnissen nur im unteren Leistungsbereich, beispielsweise bei einer rechnerischen Überversorgung an nXP tolerierbar.

Werte von + 50 g RNB werden problemlos von den Kühen vertragen. Bei grundsätzlich noch zu tolerierenden Werten zwischen + 50g und +100 g RNB sollte anhand des Milchharnstoffgehaltes geprüft werden, ob dieser noch im akzeptablen Bereich von <300 mg/kg Milch liegt. Bei mehr als +100 g RNB sollte eine Umstellung der Ration erfolgen. Eine Verminderung der Überschüsse gelingt durch eine Kombination von proteinreichen Grundfuttermitteln, z.B. proteinreicher Grassilage mit proteinarmen Komponenten bzw. durch die Ergänzung von Futtermitteln mit stark negativer RNB.

Im Bereich hoher Leistung reicht die Energieversorgung am Laktationsbeginn häufig nicht aus, um den energetischen Bedarf über das Futter zu decken. In dieser Situation nutzen die Kühe die Körperreserven für die Milchbildung. Einerseits ist aus dem Abbau von 1 kg Körpersubstanz Energie für ca. 20 MJ NEL verfügbar. Andererseits wird jedoch wenig Protein für die Milchbildung nutzbar, da überwiegend Fett abgebaut und das ebenfalls abgebaute Protein hauptsächlich energetisch genutzt wird.

Ein Energiemangel zu Laktationsbeginn kann daher energetisch teilweise kompensiert werden. Über das Futter muß jedoch ausreichend nutzbares Rohprotein (nXP) zur Verfügung gestellt werden, um einen Leistungsabfall oder zu geringe Milcheiweißgehalte zu vermeiden. Aufgrund der begrenzten Energieversorgung gelingt eine bessere nXP-Versorgung nur, wenn Proteinkomponenten mit hoher Beständigkeit wie z.B. speziell geschützte Eiweißträger eingesetzt werden. Für die Abschätzung des Bedarfs an nXP sollte der tatsächlich angestrebte Milcheiweißgehalt herangezogen werden.

Tabelle 1: Empfehlungen zur Versorgung der Milchkuh mit Energie und nutzbarem Rohprotein

	Lebendmasse kg	T-Aufnahme kg	Energie- und Proteinversorgung			
			NEL		nXP <sup>1)</sup>	
			MJ/Tag	g/Tag		
<b>Erhaltungsbedarf</b> (mind. 9% XP i.d.T.)	500	ca.	31,0	380		
	550	10 - 12	33,3	400		
	600		35,5	420		
	650		37,7	440		
	700		39,9	460		
<b>Trockenperiode</b> 6 - 4 Wochen vor dem Kalben 3. Woche vor bis zum Kalben	630	10 - 12	49,5	1070		
	660	10	56,0	1165		
<b>Milcherzeugung</b> <sup>2)</sup> 4 % Fett, 3,2 % Protein 3,4 % Protein 3,6 % Protein 4,4 % Fett, 3,45 % Protein /HF 5,0 % Fett, 3,6 % Protein (Angler)				82		
			3,17	86		
				90		
			3,37	87		
			3,63	90		
<b>Erhaltung</b> + 10 kg Milch <sup>3)</sup> + 15 kg „ + 20 kg „ + 25 kg „ + 30 kg „ + 35 kg „ + 40 kg „	650	12,2	MJ/Tag	MJ/kg T	g/Tag	g/kg T
	„	14,0	69	5,7	1300	107
	„	15,8	85	6,1	1730	123
	„	17,7	101	6,4	2160	137
	„	19,5	117	6,6	2590	146
	„	21,3	133	6,8	3020	155
	„	23,0	149	7,0	3450	162
		165	> 7	3880	169	

1) Grundsätzlich sollte der RNB-Wert  $\geq 0$  betragen ( $RNB = (XP - nXP) / 6,25$ ).

2) Energiebedarf je kg Milch bei bekanntem Fett- und Eiweißgehalt:  
 $1,02 + 0,37 * \% \text{ Fett} + 0,21 * \% \text{ Eiweiß}$   
 Bei abweichenden Eiweißgehalten in der Milch ändert sich der nXP-Bedarf um 2 g nXP, wenn sich der Milcheiweißgehalt um 1 g erhöht bzw. erniedrigt.

3) 4 % Fett, 3,4 % Protein

Quellen: DLG-Futterwerttabellen (Wiederkäuer) 1997,  
 Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 1997)

## 4 Proteinbewertung von Futtermitteln

Die neue Proteinbewertung hat für jedes Futtermittel drei Kennzahlen:

- nutzbares Rohprotein nXP
- ruminale N-Bilanz RNB
- unabbaubares Futterprotein UDP

Tabelle 2: Energie- und Nährstoffgehalte einiger Futtermittel je kg

Inhaltsstoff	T	ME	NEL	XP	UDP	nXP	RNB	XF	XA
Einheit	g	MJ	MJ	g	%	g	g	g	g
Grundfutter									
Grassilage, 1. Schnitt jung	1000	10,7	6,5	180	10	139	+ 6,6	230	110
	400	4,3	2,6	72		56	+ 2,6	92	44
Grassilage, 1. Schnitt mittel	1000	10,2	6,1	165	15	137	+ 4,5	260	110
	400	4,1	2,4	66		55	+ 1,8	104	44
Maissilage, gut	1000	11,0	6,6	80	25	133	- 8,5	185	42
	330	3,6	2,2	26		44	- 2,9	61	14
Maissilage mittel	1000	10,6	6,4	85	25	130	- 7,2	210	47
	300	3,2	1,9	26		39	- 2,1	63	14
Weide, Frühjahr	1000	11,3	6,7	200	10	145	+ 8,8	220	100
	160	1,8	1,1	32		23	+ 1,4	35	16
Krafftutter									
Körnermais	880	11,7	7,4	93	50	144	- 8,2	23	15
Melasseschnitzel	910	10,9	6,9	115	30	149	- 5,4	143	74
Weizen	880	11,8	7,5	121	20	151	- 4,8	26	17
MLF 18/3	880	10,8	6,7	180	27	160	+ 3,2		
Erbsen	880	11,8	7,5	221	15	165	+ 8,8	59	30
MLF, nXP reich	880	10,8	6,7	200	39	180	+ 3,2*		
Rapsex. Schrot	890	10,7	6,5	355	25	195	+25,6	117	69
MLF 35/2	880	10,2	6,2	350	31	210	+22,4		
Sojaex. 44% XP	880	12,1	7,6	449	35	271	+28,5	59	59
Sojaex. geschützt	890	12,1	7,6	451	65	388	+10,1	47	52
Futterharnstoff	1000	-	-	-	0	-	+460	-	-

\* bei Einsatz auf Grünland ist 0 anzustreben

Maßgebend für die Rationsplanung sind die Gehalte an nXP und RNB. Der UDP-Wert dient in Verbindung mit dem Energiegehalt der Berechnung der nXP-Gehalte. Die jeweiligen Werte an nXP, RNB und der Anteil an UDP sind in der DLG-Futterwerttabelle enthalten. Bei den Grundfutteruntersuchungen werden die Werte für nXP und RNB angegeben. In Tabelle 2 sind die Werte für einige Futtermittel zusammengestellt. Beim wichtigsten Grundfutter, der Grassilage, sind die Anteile an unabgebautem Futterprotein (UDP) abhängig vom Trockenmassegehalt (mehr Trockenmasse erhöht den UDP-Wert) und dem Proteingehalt (mehr Protein erniedrigt den UDP-Wert).

Werden nicht die tabellierten nXP-Werte verwendet, kann der nXP-Wert je kg T nach der folgenden Regressionsgleichung errechnet werden:

$$\text{nXP} = (11,93 - 6,82 * A) * \text{ME} + 1,03 * \text{UDP} \text{ } ^1)$$

ME = Umsetzbare Energie in MJ je kg T

UDP = unabbaubares Futterprotein in g/kg T

A = Faktor: UDP/XP, ohne Harnstoff

Wird die Formel auf Futtermischungen angewandt, so ist der Faktor A aus den Faktoren der Einzelkomponenten entsprechend der Mengenanteile zu ermitteln. Die Menge an unabbaubarem Futterprotein in der Mischung errechnet sich aus den Einzelkomponenten. Die Regression gilt für übliche Komponenten/Rationen mit weniger als 7 % Fett i.d.T. Die so errechneten Werte können geringfügig von den tabellierten oder additiv ermittelten Gehalten abweichen, da die Berechnung der Einzelkomponenten auf Basis der verdaulichen organischen Substanz statt auf Basis der ME-Gehalte erfolgte. Die nXP-Werte liegen bei proteinarmen Komponenten wie Getreide, Rübenschnitzel, Maissilage u.a. zum Teil erheblich höher als die Rohproteingehalte. Diese potentielle Proteinversorgung am Darm beruht im wesentlichen auf der Energielieferung für die Pansenmikroben und die dadurch ermöglichte mikrobielle Proteinsynthese. In der Fütterungspraxis sind diese nXP-Werte nur erzielbar, wenn ausreichend N für die Mikroben verfügbar ist, d.h. wenn die negativen RNB-Werte dieser Futter durch die Rationsgestaltung weitgehend ausgeglichen werden. Unter diesen Bedingungen wird der wichtige Beitrag energiereicher und proteinarmer Futtermittel für die Proteinversorgung bei alleiniger Betrachtung des Rohproteingehaltes nicht sichtbar.

Bei proteinreichen Futtermitteln ist andererseits deutlich weniger Rohprotein im Darm verfügbar als es der Gehalt erwarten läßt. Bei 449 g Rohprotein im Futter sind z.B. bei Sojaschrot lediglich 271 g nXP im Darm verfügbar. Während 1 kg Sojaextraktionsschrot rechnerisch auf der Basis XP für 5,2 kg Milch Rohprotein liefert, reicht die tatsächliche Versorgung mit nXP im Darm nur für 3,2 kg Milch. Nur bei höheren Anteilen von unabgebautem Protein, z.B. durch spezielle Schutzverfahren, läßt sich die nXP-Versorgung bei konstanter Energieversorgung verbessern. Bei UDP-Anteilen von 65 % sind bei Sojaschrot 390 g nXP erreichbar, dies entspricht einer Versorgung für 4,5 kg Milch. Andererseits weist Sojaschrot eine positive RNB aus und kann somit Defizite energiereicher, proteinarmer Futtermittel in der Ration ausgleichen.

<sup>1)</sup> siehe hierzu auch Abbildung 2, Seite 4

Für Mischungen (z.B. Mischfutter oder Eigenmischungen) und für Rationsberechnungen können die nXP- und RNB-Werte additiv aus den Einzelkomponenten ermittelt werden. Eine schnelle, preiswerte und zuverlässige Labormethode zur sicheren Bestimmung der nXP-Gehalte in Mischungen steht derzeit noch nicht zur Verfügung.

## 5 Rationsgestaltung

An den Grundsätzen der Rationsberechnung hat sich durch die Einführung von nXP und RNB nichts geändert. Zur Abschätzung der Rohproteinversorgung am Darm ist das nXP zu bilanzieren und zur Beurteilung der Stickstoff-Versorgung der Mikroben im Vormagen ist die ruminale-N-Bilanz (RNB) zu erstellen. Ausgangspunkt der Rationsberechnung ist das betriebseigene Grundfutter. Dies wird nach den Grundsätzen der „dreigeteilten Fütterung“ ergänzt. Nach Ausgleich des Grundfutters in bezug auf Energie, Protein sowie der Mineral- und Wirkstoffversorgung wird Krafffutter nach Leistung zugeteilt.

Die nachfolgenden Rationsbeispiele bauen auf Grasprodukten und Maissilagen als Futtergrundlage auf. Bei Gras- und Maissilage wird eine mittlere und eine gute Qualität unterschieden. Als Ausgleichsfutter werden für den Grünlandstandort Melasseschnitzel und in den maisbetonten Regionen ein Ausgleichskrafffutter der Energiestufe 2 mit 35 % Rohprotein bzw. Sojaextraktionsschrot eingesetzt. Die unterstellten Gehalte sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Das Beispiel in Tabelle 3 zeigt die Vorgehensweise bei einer Kuh mit 650 kg Lebendmasse, bei einem Milcheiweißgehalt von 3,4 % und einem Milchfettgehalt von 4 %. Die Grundration basiert auf den in Tabelle 2 angeführten Gras- und Maissilagen mittlerer Qualität. In Tabelle 3 sind Daten der Ration beschrieben.

Tabelle 3: **Beispielsration auf Basis nutzbares Rohprotein 650 kg Lebendmasse, 3,4 % Eiweiß, 4 % Fett**

	Menge kg T	NEL MJ	nXP g	RNB g N
Grassilage	8	48,8	1.096	+ 36
Maissilage	5	32,0	650	- 36
<b>Summe</b>	<b>13</b>	<b>80,8</b>	<b>1.746</b>	<b>± 0</b>
Erhaltung		37,7	440	
<b>reicht für ... kg Milch</b>		<b>13,6</b>	<b>15,2</b>	

Die Ration reicht nach Energie für Erhaltung und 13,6 kg Milch und nach nutzbarem Rohprotein für 15,2 kg Milch. Mit einem RNB von ± 0 ist die N-Versorgung der Mikroben gewährleistet. Insgesamt ist die Ration als ausgeglichen zu bezeichnen. Zur Abdeckung von Leistungen oberhalb von 14 kg Milch ist Krafffutter erforderlich.

Anhand von Rationsbeispielen zeigt Tabelle 4 die erheblichen Unterschiede im Leistungsniveau und bei den erforderlichen Ausgleichsfuttern. Die Futteraufnahme basiert auf den Vorgaben der DLG-Information 2/86. Mit steigenden Krafffuttergaben reduziert sich die Aufnahme an Grundfutter. Für den reinen

Grünlandstandort sind die Rationen I, II und VI konzipiert. Typisch für die Übergangsgebiete sind die Rationen III und IV mit 40 % Maissilage-T und 60 % Grassilage-T sowie die Ration VII mit Maissilage zur Weide. Die Rationen V a und V b mit 80 % Maissilage-T und 20 % Grassilage-T zeigen die Situation in Ackerbaugebieten.

Tabelle 4: **Rationen für Milchkühe mit 650 kg Lebendmasse, 3,4 % Eiweiß und 4 % Fett (kg je Kuh und Tag)**

Ration	I	II	III	IV	V a	V b	VI	VII
Grundfutter								
Grassilage, mittel	33	-	20,5	-	7,5	7,5	10	-
Grassilage, gut	-	36,5	-	22	-	-	-	-
Maissilage, mittel	-	-	18,5	-	-	-	-	13
Maissilage, gut	-	-	-	18	35,5	35,5	-	-
Weide	-	-	-	-	-	-	68	70
Trockenmasse	13,2	14,6	13,8	14,9	14,7	14,7	14,8	15,2
Milch, kg/Kuh/Tag								
nach NEL	13,3	17,8	14,9	18,6	18,0	18,0	18,5	19,4
nach nXP	15,9	18,5	16,3	18,5	17,8	17,8	19,6	19,7
RNB, g/Tag	+ 59	+ 96	- 3	+ 6	- 88	- 88	+ 114	+ 70
Ausgleichsfütterung:								
Weizen	3	-	-	-	-	-	-	-
Melasseschnitzel	-	3	-	-	-	-	3	-
Sojaschrot	-	-	-	-	3	-	-	-
MLF 35/2	-	-	-	-	-	3,8	-	-
Mineralfutter-Ergänzung	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	-	0,1	0,1
Trockenmasse	15,9	17,4	13,9	15,0	17,5	18,0	17,6	15,3
Milch, kg/Kuh/Tag								
nach NEL	20,4	24,2	14,9	18,6	25,1	25,9	25,0	19,4
nach nXP	21,2	23,7	16,3	18,5	27,2	27,1	24,8	19,7
RNB, g/Tag	+ 45	+ 80	- 3	+ 6	- 1	- 1	+ 98	+ 70

Aus der Tabelle 4 sind die wichtigsten Kennzahlen der Rationen zu entnehmen. Die Aufnahme an Grundfutter-Trockenmasse schwankt entsprechend der Unterschiede im Energiegehalt zwischen 13,2 kg Trockenmasse je Tag für die Ration I und 15,2 kg Trockenmasse je Tag für die Ration VII. Nach Abzug des Bedarfs für Erhaltung ergeben sich die Leistungen nach NEL und nXP. Die Summe der RNB-Werte gibt einen Hinweis auf die N-Versorgung der Mikroben im Vormagen. Über eine bedarfsdeckende N-Versorgung der Mikroben verfügen die Rationen III und IV. In den Rationen V a und V b auf Basis guter Maissilage ist die N-Versorgung mit einem RNB von - 88 g N je Kuh und Tag im Mangel.

Zum Ausgleich der Ration V sind 3 kg Sojaextraktionsschrot bzw. 3,3 kg Rapsextraktionsschrot und 200 g Mineralstoffergänzung oder 3,8 kg proteinreiches und mineralisiertes Milchleistungsfutter erforderlich. Zum Abbau des RNB-Überschusses wurden in der Ration I drei kg Weizen, in den Rationen II und VI drei kg Melasseschnitzel eingesetzt. Alternativ wäre der Einsatz von einem mineralisierten Ausgleichskraftfutter mit z. B. 140 g nXP je kg und einem RNB von - 6 g N je kg bei 6,7 MJ NEL zu empfehlen. Die Rationen III, IV und VII werden lediglich mineralisch ergänzt.

Die mögliche Milchleistung aus NEL schwankt für die ausgeglichene Grundration zwischen 15 und 26 kg Milch je Tag. Auf Basis nXP ergeben sich bei den unterstellten Vorgaben in der Regel etwas höhere Milcherzeugungswerte, so daß ein Überhang an nXP gegeben ist. Anders ist die Situation in den Rationen II und VI auf Basis guter Grassilage bzw. Weide trotz des hohen Vorlaufs an RNB. Eine höhere Gabe an Melasseschnitzeln zum Abbau der RNB würde dazu führen, daß die rechnerische Milchleistung nach nXP merklich unterhalb derjenigen nach NEL sinkt. Als Folge ist mit geringeren Gehalten an Milcheiweiß zu rechnen. Der Ausgleich sollte daher nur soweit erfolgen, daß die Milchleistung nach nXP um nicht mehr als 0,5 kg unter der nach NEL sinkt. In der Ration I wäre eine höhere Gabe von Weizen oder anderen Ausgleichsfuttermitteln, z. B. Melasseschnitzeln möglich.

## 6 Milchleistungsfutter

Für Leistungen, die oberhalb der durch die Grundration abgedeckten NEL-Versorgung liegen, ist Kraftfutter nach Leistung zuzuteilen. In den vorliegenden Berechnungen der Tabelle 5 ist die Grundfuttermitteldrängung nach Maßgabe der DLG-Information 2/1986 berücksichtigt. Alle Rationen wurden in einem ersten Schritt mit Milchleistungsfutter der Energiestufe 3, das 160 g nXP je kg und eine RNB von +3 g je kg aufweist, ergänzt.

In der Tabelle 5 sind für Tagesleistungen von 25, 30, 35 und 40 kg Milch die zugeleitete Menge an Milchleistungsfutter, die zu realisierende Futtermittelaufnahme und die Bilanzen für nXP und RNB aufgeführt. Die nXP-Bilanz gibt den Überschub bzw. den Fehlbedarf an, um bei den unterstellten Vorgaben die Milchleistung mit 3,4 % Eiweiß zu erzielen. Führt die Gabe des Milchleistungsfutters mit 160 g nXP zu einer Unterversorgung, so wurde alternativ ein MLF mit 180 g nXP je kg in gleichen Mengen zugeleitet.

Die **Rationen I und III** mit mittleren Grassilage- bzw. Maissilagequalitäten sind mit 160 g nXP je kg MLF im Leistungsbereich bis 35 kg Milch je Tag ausreichend versorgt. Eine bedarfsdeckende und wiederkäuergerechte Versorgung für 40 kg Milch/Tag ist unter den gewählten Vorgaben mit diesen Rationen nicht möglich. Ein geringerer Milcheiweißgehalt bei entsprechendem Abbau der Körpersubstanz und eine Gefährdung der Tiergesundheit ist möglich.

In der **Ration II** mit guter Grassilage ist ein Milchleistungsfutter mit 180 g nXP je kg erforderlich, um den Bedarf für 3,4 % Eiweiß je kg Milch abzudecken. Um den Vorlauf in der RNB gering zu halten, empfiehlt sich ein RNB-Wert von 0 im

Tabelle 5: Aufnahme an Futtertrockenmasse sowie nXP- und RNB Werte je Tag bei Zuteilung von MLF (6,7 MJ NEL/kg) nach Leistung aus NEL mit 160 bzw. 180 g nXP/kg

Ration	Milch, kg			25			30			35			40				
	MLF nXP RNB g / kg	MLF kg	T kg	Bilanz nXP g	RNB g	MLF kg	T kg	Bilanz nXP g	RNB g	MLF kg	T kg	Bilanz nXP g	RNB g	MLF kg	T kg	Bilanz nXP g	RNB g
<b>I</b>	160 3	3,1	18,1	73	51	6,5	19,9	36	55	10,7	21,7	8	59	2)			
<b>II</b>	160 3	0,5	17,6	-52	81	3,5	19,7	-88	86	7,1	21,7	-115	91	11,9	23,4	-120	91
	<b>180 0<sup>3)</sup></b>	<b>0,5</b>	<b>17,6</b>	<b>-42</b>	<b>79</b>	<b>3,5</b>	<b>19,7</b>	<b>-17</b>	<b>76</b>	<b>7,1</b>	<b>21,7</b>	<b>27</b>	<b>69</b>	<b>11,9</b>	<b>23,4</b>	<b>118</b>	<b>55</b>
<b>III</b>	160 3	5,4	17,6	48	11	8,7	19,9	8	23	12,7	21,8	-12	35	2)			
<b>IV</b>	160 3	3,3	17,7	-56	19	6,3	19,7	-91	27	9,9	21,6	-114	37	14,5	23,4	-116	50
<b>+</b>	<b>160 3</b>	<b>3,3</b>	<b>17,7</b>	<b>-56</b>	<b>19</b>	<b>3,5</b>	<b>19,7</b>	<b>-33</b>	<b>27</b>	<b>3,5</b>	<b>6,4</b>	<b>21,6</b>	<b>14</b>	<b>3,5</b>	<b>11,0</b>	<b>23,4</b>	<b>104</b>
<b>V a</b>	160 3					3,1	19,5	157	14	6,7	21,4	135	32	11,2	23,2	137	59
<b>V b</b>	160 3					2,8	19,6	80	13	6,4	21,6	59	30	11,1	23,3	64	58
<b>VI</b>	160 3					3,2	19,7	-51	103	6,8	21,7	-82	104	2)			
	<b>180 0<sup>3)</sup></b>					<b>3,2</b>	<b>19,7</b>	<b>13</b>	<b>92</b>	<b>6,8</b>	<b>21,7</b>	<b>54</b>	<b>84</b>				
<b>VII</b>	160 3	2,8	17,5	-26	78	5,7	19,6	-63	85	9,1	21,6	-91	90	2)			
	<b>180 3</b>	<b>2,8</b>	<b>19,6</b>	<b>30</b>	<b>78</b>	<b>5,7</b>	<b>19,6</b>	<b>51</b>	<b>85</b>	<b>9,1</b>	<b>21,6</b>	<b>91</b>	<b>90</b>				

1) abgedeckt durch die Grundration

2) keine Berechnung erfolgt; siehe nachfolgender Text

3) eine RNB von 0 ist nur mit dem Einsatz geschützter Proteinträger im MLF möglich

Milchleistungsfutter. Eine RNB von 0 erfordert den Einsatz geschützter Proteinträger.

In der **Ration IV** auf Basis der guten Gras- und Maissilage führt MLF mit 160 g nXP je kg ab einer Milchleistung von 25 kg zu einem Defizit an nXP. Um dies auszugleichen, wurde für höhere Leistungen als zweites Milchleistungsfutter das Futter mit 180 g nXP je kg eingesetzt.

Die **Rationen V a und V b** werden bedarfsdeckend mit 160 g nXP je kg MLF ergänzt. Die Situation verschiebt sich für die Ration Vb, wenn das Ausgleichskraftfutter Harnstoff enthält, um die RNB des Kraftfutters zu erhöhen und so mit geringeren Einsatzmengen den N-Ausgleich zu erzielen. Werden z.B. 3% Futterharnstoff eingemischt, so vermindert sich der Wert an nXP auf etwa 200 g je kg bei einer RNB von +35 g je kg. Zum Ausgleich der RNB von -88 g in der Ration Vb würde dann der Einsatz von 2,5 kg Ausgleichskraftfutter ausreichen. Wegen der schnellen Freisetzung von Harnstoff im Pansen ist eine möglichst homogene Beimischung zum Grundfutter vorteilhaft. Ebenso muß auf ein Angewöhnen der Tiere an die mit Harnstoff ergänzte Ration geachtet werden, auch um eine ausreichende Akzeptanz zu erzielen. Mit dem Einsatz von Harnstoff geht der Überhang an nXP in der Grundration zurück und die Anforderungen an den nXP-Wert im MLF steigen.

Bei den **Rationen VI und VII** mit Weide deckt das MLF mit 160 g nXP die Vorgabe nicht ab. Rationen für 40 kg Tagesgemelke wurden nicht gerechnet, da mehr als 10 kg Kraftfutter bei vollem Weidegang und ohne weiteren Strukturausgleich nicht empfohlen werden können.

Je nach Ration ergeben sich teils stark positive RNB-Werte. Werte bis zu +50 g N je Tag sind aus physiologischer Sicht unproblematisch. Bei höheren Werten ist darauf zu achten, daß keine weiteren physiologischen Belastungen hinzukommen. Unter dem Gesichtspunkt möglichst niedriger Nährstoff-Ausscheidungen sind geringe RNB-Werte anzustreben.

In den vorliegenden Berechnungen wurde bei den Kühen ein mittleres Futteraufnahmevermögen unterstellt. Großrahmige Tiere mit einem sehr hohen Leistungspotential können in der Laktationsspitze 2 bis 4 kg mehr Trockenmasse aufnehmen, so daß je nach Futtergrundlage auch Leistungen zwischen 40 und 50 kg Milch je Kuh und Tag erfüllt werden können. Die Anforderungen der Tiere an die nXP-Versorgung steigen mit der Leistung. Zwischen den angeführten Rationstypen bleiben die Unterschiede in den Anforderungen an die nXP-Versorgung im MLF bestehen. Je höher die Leistung der Herde ist, um so empfehlenswerter sind abgestufte MLF für die einzelnen Leistungsbereiche.

## 7 Einfluß der Milch Inhaltsstoffe

Die erforderliche Versorgung mit nXP variiert stark mit dem Fett- und Eiweißgehalt sowie der Höhe der Milchleistung. Deutlich wird dies aus der Tabelle 6. Für den Erhaltungsbedarf reicht eine nXP-Versorgung von 11,5 bis 12 g nXP pro MJ NEL, je nach Gewicht der Tiere. Für die Milchbildung schwanken die Werte, abhängig von der Milchzusammensetzung zwischen 23 und 30 g nXP je MJ NEL. Ein hin-

sichtlich nXP und NEL ausgeglichenes MLF der Energiestufe 3 würde somit zwischen 150 und 200 g nXP je kg liegen. Da aus der Grundration vielfach ein Vorlauf an nXP resultiert, ergibt sich für den anzustrebenden nXP-Gehalt im Milchleistungsfutter eine relativ große Spannweite.

Tabelle 6: **Richtzahlen zur Versorgung von Milchkühen mit nXP in g/MJ NEL**

Erhaltung: 11,5 bis 12 g nXP/MJ NEL

Milchbildung:

Fett, %	Eiweiß, %	3,0	3,2	3,4	3,6
3,5		26,3	27,6	29,0	30,3
4,0		24,6	25,9	27,1	28,3
4,5		23,1	24,3	25,5	27,7

## 8 Milchleistungsfutter-Typen

Für die Fütterungspraxis decken folgende Typen die erforderliche Bandbreite beim Milchleistungsfutter ab (siehe Tabelle 7). Unterschieden ist nach dem Einsatzzweck zwischen Ausgleichskraftfutter und Leistungsfutter. Die Gehalte an nXP sind gestaffelt in 10 g-Schritten, um eine ausreichende Differenzierung zwischen den Typen zu gewährleisten. Als Zwischenstufen wurden nXP-Werte in 5 Gramm-Stufen vereinbart. Für die RNB sind Spannen angegeben. Die fettgedruckten nXP-Werte dürften die stärkste Verbreitung finden.

Die Vorschläge gelten für industriell gefertigtes Mischfutter und Eigenmischungen in gleicher Weise. Um den Ansprüchen der Kühe zu entsprechen, sollte der Einsatz von mindestens 2 verschiedenen Kraftfuttertypen je Betrieb zum Standard werden. Die Betriebe sollten sich bezüglich der Fütterungstechnik darauf entsprechend einstellen.

Tabelle 7: **Mögliche MLF-Typen auf Basis nXP und RNB**

Einsatzzweck	NEL MJ/kg	nXP g/kg	RNB g N/kg
Ausgleich RNB <i>Bei Protein-Mangel</i>	6,2	200/ <b>210</b> /220	+ 20 bis + 25
<i>Bei Protein-Überschuß</i>	6,7	130/ <b>140</b> /150	- 5 bis - 8
Leistungsfutter Energiestufe 2	6,2	140/ <b>150</b> /160	0 bis + 4
Energiestufe 3	6,7	150/ <b>160</b> /170/180	0 bis + 4
Energiestufe > 3	7,2	160/ <b>170</b> /180	0 bis + 4

Aus den Ausführungen leiten sich folgende Empfehlungen ab:

- Die Rationsplanung sollte auf Basis von nutzbarem Rohprotein (nXP) und Ruminaler Stickstoff-Bilanz (RNB) erfolgen;
- Ausgangspunkt ist die Analyse der Grundfutter;
- Rationsgestaltung nach dem Grundsatz der „dreigeteilten“ Fütterung (Grundfutter, Ausgleichsfutter, Leistungsfutter);
- Ausgleich nach der RNB unter Beachtung der nXP-Versorgung;
- Wahl des Leistungsfutters in Abhängigkeit von Leistungsniveau, Laktationsstadium und Futtergrundlage;
- Stufung der Milchleistungsfutter im nXP-Wert in 5 g-Schritten;
- Nach Möglichkeit 2 MLF, insbesondere bei Grassilagebetonten Rationen und in Hochleistungsbetrieben einsetzen.

### Fazit:

Mit dem nXP/RNB System steht ein modernes Verfahren zur Rationsplanung in der Milchviehfütterung zur Verfügung. Für die Zukunft ist eine stetige Weiterentwicklung des Systems entsprechend den Anforderungen in der Praxis und dem Fortschritt der Wissenschaft vorgesehen. Im Bereich der Futterbewertung, insbesondere der Grundfutter, lassen sich kommende Verbesserungen problemlos integrieren.

### Abkürzungen:

A	=	Korrekturfaktor
ME	=	umsetzbare Energie
MJ	=	Mega-Joule
MLF	=	Milchleistungsfutter
NH <sub>3</sub>	=	Ammoniak
NPN	=	Nicht-Protein-Stickstoff
nXP	=	Nutzbare Rohprotein am Darm
RNB	=	ruminale Stickstoffbilanz
UDP	=	unabbaubares Rohprotein
XA	=	Rohasche
XF	=	Rohfaser
XP	=	Rohprotein

## **9 Literatur zur weiteren Information:**

### **Grundfutteraufnahme und Grundfuttermverdrängung**

DLG-Information Nr. 2/1986 (vergriffen)

### **Vorgaben zum Einsatz von Mischrationen (TMR) bei Milchkühen**

DLG-Information Nr. 2/1995

### **DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer**

DLG-Verlag Frankfurt/M., 7. Auflage (1997)

### **Berichte der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie**

DLG Verlag Frankfurt am Main, Band 6, 1997

### **Erfolgreiche Milchviehfütterung**

Heller/Potthast, DLG Verlag Frankfurt am Main, 3. Auflage 1997

### **Tierernährung**

M. Kirchgessner, DLG Verlag Frankfurt am Main, 10. Auflage (1997),

### **Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 3 Milchkühe und Aufzuchtrinder**

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, DLG-Verlag Frankfurt/M., 1986

Herausgegeben von der  
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft  
Eschborner Landstraße 122  
60489 Frankfurt am Main  
Fachbereich Landwirtschaft und ländliche Entwicklung

10.000/3.98  
10.000/7.98