

Forschungsbericht

Nr. 122

Einfluss einer negativen RNB auf die Milchleistung

Verfasser:

König, A.; *Griese, J.; Pfeffer, E.

Institut für Tierernährung
***Institut für Tierzuchtwissenschaft**

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, März 2005

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Prof. Dr. Ernst Pfeffer

Projektbearbeiter: Dipl. Ing. Ariane König

Institut für Tierernährung
Endenicher Allee 15

Kooperation: Dr. agr. Josef Griese

Institut für Tierzuchtwissenschaft
Lehr- und Forschungsstation Frankenforst
53639 Königswinter

Zitiervorschlag:

KÖNIG, A., J. GRIESE und E. PFEFFER (2005): Einfluss einer negativen RNB auf die Milchleistung. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 122, 21 Seiten

Inhalt

1. Einleitung

- 1.1 Rumino-hepatischer N-Kreislauf und Ruminale N-Bilanz**
- 1.2 Vorarbeiten im Bonner Institut für Tierernährung**
- 1.3 Arbeitshypothese**

2. Material und Methoden

- 2.1 Versuchstiere**
- 2.2 Futtermittel**
- 2.3 Haltung und Fütterung**
- 2.4 Melktechnik und Entnahme von Milchproben**
- 2.5 Futterproben**
- 2.6 Futteranalysen**

3. Ergebnisse

4. Diskussion

- 4.1 Aussagekraft der Versuchsergebnisse**
- 4.2 Konsequenzen für die Praxis der Milcherzeugung**

5. Zusammenfassung

6. Literaturverzeichnis

7. Tabellarischer Anhang

1. Einleitung

1.1 Rumino-hepatischer N-Kreislauf und Ruminale N-Bilanz

Bezüglich der Ansprüche an die Versorgung mit stickstoffhaltigen Verbindungen bestehen grundsätzliche Unterschiede zwischen monogastrischen Tieren einerseits und Wiederkäuern andererseits. Der Grund hierfür ist die beim Wiederkäuer anzutreffende Symbiose zwischen dem Säugetier und den im Vormagen angesiedelten Mikroorganismen.

Diese Symbiose ist seit Ende des 19. Jahrhunderts Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtungen und Untersuchungen. Zuntz (1891) berichtete am Schluss einer Abhandlung über Zellulose-Verdauung, dass Asparagin als alleinige Stickstoffquelle im Futter für Hunde wertlos, für Wiederkäuer dagegen durchaus wertvoll sei. Hieraus leitete er die Hypothese ab, Stickstoff aus Asparagin und vergleichbaren Amiden könne in mikrobielles Protein eingebaut werden, das dann seinerseits von Wiederkäuern verdaut und intermediär verwertet werden könne.

Mehr als 50 Jahre nach Aufstellung dieser Hypothese berichteten Loosli *et al.* (1949) über Aminosäuremuster in Panseninhalt, Kot und Harn von drei Schafen und zwei Ziegen, in deren Futter Harnstoff die einzige Stickstoffquelle darstellte. Die Ergebnisse wurden als Indiz für umfangreiche Synthese aller, also auch der essenziellen Aminosäuren interpretiert. An fistulierten Rindern brachten Duncan *et al.* (1953) den Beweis für die mikrobielle Synthese aller Aminosäuren. Durch langfristige Fütterungsversuche in Finnland wurde schließlich der Beweis erbracht, dass Kühe bei Fütterung gereinigter Rationen mit Harnstoff und Ammonium-Salzen als einziger Stickstoffquelle nicht nur überleben, sondern sich normal reproduzieren und über mehrere Laktationen mittlere Milchmengen mit normaler Zusammensetzung erzeugen können (Virtanen 1966).

Die Verwendung von Harnstoff oder anderen Verbindungen mit Nicht-Protein-Stickstoff (NPN) als N-Quelle im Futter hat unter den in Nordrhein-Westfalen vorherrschenden Bedingungen keine Relevanz für die praktische Fütterung. Es ist aber hervor zu heben, dass die Fähigkeit der Mikroorganismen zur Verwertung von NPN nicht dem Futter zugesetzte Verbindungen beschränkt ist, sondern auch in der Leber der Tiere natürlicher Weise synthetisierten Harnstoff einschließt.

Simonnet *et al.* (1957) füllten den isolierten Pansen narkotisierter Schafe mit Elektrolytlösung und stellten eine Anreicherung von Harnstoff fest, woraus sie auf einen Zyklus schlossen, durch den im Blut befindlicher Harnstoff in den Verdauungstrakt zurück befördert werden könne. Schmidt-Nielsen *et al.* (1957) zeigten, dass ein Kamel bei extrem N-armer Fütterung fast gar keinen Harnstoff ausschied und dass darüber hinaus intravenös infundierter Harnstoff nicht zu Harnstoff-Ausscheidung im Harn führte. Aus Filtrations- und Clearance-Messungen an der Niere schlossen diese Autoren, dass vom glomerulär filtrierte Harnstoff bei angemessener Versorgung etwa 40%, bei N-Mangel aber nur 1 bis 2 % im Harn ausgeschieden würden.

Eine Möglichkeit der Rückführung von Harnstoff in den Verdauungstrakt ist der Speichel, es findet aber auch ein Durchtritt die Pansenwand statt, dessen Grundlagen von Houpt (1970) zusammenfassend dargelegt wurden. Über die Bedeutung der an der Pansenwand adhärenen Bakterien für den Übergang des Harnstoff-Stickstoffs vom Blut in den Pansen

und des Ammoniak-Stickstoffs vom Pansen in das Blut berichtet eine Übersicht von Cheng und Costerton (1980).

Zunehmende Kenntnis über Faktoren, welche die Höhe des Zuflusses von Aminosäuren in den Darm von Rindern beeinflussen, führte zu der Einsicht, dass mit dem lange Zeit üblichen Begriff des „verdaulichen Rohproteins“ keine haltbare Basis für die Ableitung des Bedarfs oder für Empfehlungen zur Versorgung gegeben sei. Aus diesem Grund wurden verschiedene Vorschläge für Bewertungssysteme gemacht ((Roy *et al.* 1977, Satter und Roffler 1977, Vérité *et al.* 1979, Madsen und Hvelplund 1984, Rohr *et al.* 1986).

Diese Vorschläge sind von Fachgremien in verschiedenen Ländern diskutiert worden und haben zu offiziellen Empfehlungen geführt. In Deutschland hat sich das von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie erarbeitete System des nutzbaren Rohproteins (nXP) bewährt (GfE 2001). Schnittstelle zwischen Bedarf und Versorgung ist dabei der Dünndarm. Es wird zum einen der Nettobedarf der Rinder an Rohprotein aus endogenem Kot-N, endogenem Harn-N, Oberflächen-Verlusten, N-Retention und N in der Milch abgeleitet. Zum anderen wird der Zufluss von Rohprotein zum Duodenum berechnet, der sich aus mikrobiellem Rohprotein, nicht abgebautem Rohprotein des Futters und endogenem Rohprotein zusammensetzt (Lebzien *et al.* 1996). Schließlich werden die Anteile des Aminosäuren-Stickstoffs am Gesamt-N, die Absorbierbarkeit des Nicht-Ammoniak-N (NAN) und die intermediäre Verwertung der absorbierten Aminosäuren berücksichtigt.

Natürlich ist die Sicherheit, mit welcher die einzelnen Faktoren geschätzt werden können, unterschiedlich, weshalb die wissenschaftliche Überprüfung der Basis für die einzelnen Faktoren weiterhin angezeigt ist.

Als Besonderheit des nXP-Systems ist der Begriff der Ruminale Stickstoff-Bilanz (RNB) anzusehen. Die GfE geht davon aus, dass mit dieser Größe die Differenz zwischen den Mengen an Futter-N einerseits und an NAN im Zufluss zum Duodenum andererseits erfasst wird. Eine positive RNB bedeutet also, dass die in den Darm fließende N-Menge niedriger ist als die mit dem Futter aufgenommene N-Menge, während bei einer negativen RNB der Zufluss von NAN in den Darm die N-Menge im Futter übersteigt.

Mangels gesicherter Versuchsergebnisse wird in der Praxis allgemein gefordert, die RNB solle bei Milchkühen „ausgeglichen bis leicht positiv“ sein. Dies bedeutet, dass netto eine Nutzung des „rumino-hepatischen Kreislaufs“, also der Rezyklierung von Harnstoff in den Verdauungstrakt ausgeschlossen wird und höhere N-Emissionen programmiert werden. Dass Rationen mit ausgeglichener RNB gegenüber solchen mit positiver RNB gleich effizient sein können, wurde in Fütterungsversuchen Kluth *et al.* überzeugend aufgezeigt (Jilg *et al.* 1999, Kluth *et al.* 2003). Ausgeglichene RNB bedeutet, dass netto der gesamte N-Bedarf der Mikroorganismen im Vormagen durch N aus dem Futter gedeckt werden kann. Es bleibt daher zu klären, ob mit Leistungseinbußen zu rechnen ist, wenn als Folge einer negativen RNB der mikrobielle N-Bedarf die N-Versorgung aus dem Futter übersteigt, wie dies in weiten Kreisen der Praxis vermutet wird.

1.2 Vorarbeiten im Bonner Institut für Tierernährung

Einflüsse der Ernährung auf die Kinetik des körpereigenen Harnstoffs von Wiederkäuern gehören seit langer Zeit zu einem Schwerpunkt der Forschung im Bonner Institut für Tierernährung. Unter Verwendung des stabilen Isotops ^{15}N wurden Arbeiten zunächst an Ziegen als Modell für laktierende Wiederkäuer durchgeführt (Bornemann 1995, Speckter 1996). Diese Arbeiten wurden fortgesetzt durch eine zwei-faktorielle Bilanzstudie mit Anlage als „cross over“ an vier hochleistenden Milchkühen, deren Ergebnisse in der Tabelle 1 zusammen gefasst sind.

Tabelle 1: Leistung, N-Bilanzen und Harnstoffkinetik von Milchkühen bei Fütterung von Rationen mit leicht positiver oder leicht negativer RNB (n = 4)
[nach Holthausen 2002]

Rohprotein im Futter, g/kg T	159	129
Nutzbare Rohprotein am Darm, g/kg T	149	146
Ruminale Stickstoff-Bilanz, g/kg T	+2	-3
Futteraufnahme, kg T/Tag	18,7 ± 2,1	18,8 ± 1,4
Verdaulichkeit der organischen Substanz, %	71,7 ± 1,4	70,3 ± 1,1
Milchmenge, kg/Tag	29,4 ± 5,0	30,5 ± 3,4
Milchprotein, g/kg	29 ± 2	29 ± 2
Milchharnstoff, mg/kg	310 ± 20	170 ± 20
N-Aufnahme, g/Tag	468 ± 55	383 ± 32
N im Kot, g/Tag	144 ± 23	149 ± 9
Harnstoff-N im Harn, g/Tag	148 ± 17	64 ± 10
Nicht-Harnstoff-N im Harn, g/Tag	43 ± 3	39 ± 5
Milchprotein, g N/Tag	120 ± 17	128 ± 8
NPN in der Milch, g/Tag	11 ± 3,5	10 ± 1,9
Irreversibler N-Abfluss aus Körperharnstoff		
Insgesamt, g/Tag	237 ± 23	138 ± 36
davon in Harnstoff des Harns, g/Tag	148 ± 17	64 ± 10
in Harnstoff der Milch, g/Tag	5,0 ± 1,1	2,5 ± 1,1
in Kot, g/Tag	31 ± 4,9	30 ± 16
in Nicht-Harnstoff-N des Harns, g/Tag	5,4 ± 9,4	6,6 ± 5,5
in Milchprotein, g/Tag	9,9 ± 3,4	12 ± 5,6
in Körperprotein, g/Tag	38 ± 23	23 ± 13

Die Trockenmasse der im Versuch gefütterten Ration stammte zu 47 bzw. 48 % aus Maissilage, zu 9 % aus Heu und zu 44 bzw. 43 % aus einer von zwei Kraftfuttermischungen. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Mischungen und damit den beiden Rationen war, dass einer Mischung 23 g Harnstoff je kg zugesetzt waren. Bei identischer Versorgung mit nXP ergaben sich daher für die beiden Rationen Werte der RNB von + 2 bzw. - 3 g je kg Trockenmasse (T). Jede Kuh erhielt jede der beiden Mischungen jeweils für 1 Monat.

Aus der Tabelle 1 ist ersichtlich, dass Futtermittelverzehr, Milchmenge und Milchprotein zwischen beiden Behandlungen nicht unterschiedlich waren. Die Tabelle 1 zeigt außerdem die aus der Bilanzierung einer einmaligen Dosis ^{15}N -markierten Harnstoffs resultierenden Daten zur Harnstoff-Kinetik. Der Fachausdruck „irreversible loss“ bezeichnet die N-Menge, die in der Zeiteinheit aus dem „pool“ des Körperharnstoffs verschwindet und nicht wieder rezykliert wird, ist also identisch mit der in der Leber des Tieres

stattfindenden Netto-Neusynthese von Harnstoff in der Zeiteinheit. Der gesamte „irreversible loss“ unterschied sich hoch signifikant zwischen beiden Behandlungen um 99 g N/Tag. Dasselbe gilt für den Abfluss in Harnstoff des Harns und der Milch, der sich um 84 g N/Tag signifikant unterschied. Bei keiner der übrigen Abflussraten ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Behandlungen.

1.3 Arbeitshypothese

Aus den in der Tabelle 1 zitierten Ergebnissen wurde die Hypothese abgeleitet, dass für die Ausschöpfung des Leistungspotenzials der Milchkühe eine ausgeglichene RNB keine Voraussetzung sei, dass vielmehr der Zufluss von endogenem Harnstoff in den Vormagen ein rechnerisches Defizit des Futters für die Deckung des N-Bedarfs der Mikroorganismen problemlos kompensieren könne.

Diese Schlussfolgerung konnte aber nur als Hypothese formuliert werden, da einerseits die Zahl der Tiere sehr klein war, andererseits, und dieser Einwand ist bedeutender, die Versuchsdauer nicht ausreichend lang war, um Langzeit-Effekte wirklich auszuschließen. Schließlich ist einschränkend anzumerken, dass der Unterschied in der RNB durch Zulage von Harnstoff zum Futter erreicht wurde, dass die Verwendung von Futterharnstoff für die Praxis in Nordrhein-Westfalen aber heute keine Relevanz hat.

Daher sollte mit einer größeren Zahl von Tieren, die jeweils für eine volle Laktation in den Versuch genommen wurden, geprüft werden, ob die Arbeitshypothese falsifiziert werden kann.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchstiere

Der Fütterungsversuch mit zwei Behandlungen wurde in der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst des Instituts für Tierzuchtwissenschaft der Universität Bonn durchgeführt. Es wurden 20 Milchkühe einbezogen, von denen sich 10 in der ersten Laktation und 10 in einer höheren Laktation befanden. Je 5 Tiere in der ersten bzw. einer höheren Laktation wurden einer der beiden vorgesehenen Behandlungen zugeordnet.

In den ersten 6 Wochen erhielt jede Kuh die Ration mit ausgeglichener RNB, damit auf jeden Fall bis zum Erreichen des Peaks der Laktation keine Begrenzung der Leistung erwartet werden müsste. Nach der am 42. Laktationstag gemessenen Milchleistung wurden die Färsen und Kühe dann so zugeteilt, dass zwischen beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied zu erkennen war. Da die Abkalbungen sich über das ganze Jahr verteilten, fiel der Versuchsbeginn für die einzelnen Tiere auf unterschiedliche Daten und der Versuch dauerte insgesamt etwa 18 Monate. Es wurde versucht, jeweils zwei innerhalb kurzer Zeit abkalbende Tiere als Block zu betrachten, dessen Mitglieder dann nicht nach dem Zufallsprinzip, sondern nach der Leistung am 42. Tag der jeweiligen Behandlung zugeteilt wurde. Tabelle 2 zeigt die erfolgte Aufteilung der Tiere. Die mittlere Milchleistung am 42. Laktationstag 33 kg bei den erstlaktierenden und 36 kg bei den Kühen in höherer Laktation. Detailliertere Daten zu den Einzeltieren sind in der Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

Tabelle 2: Beschreibung der Milchkühe in beiden Versuchsgruppen

Ruminale Stickstoff-Bilanz im Futter	ausgeglichen	negativ
Zahl der Tiere in Laktation Nr. 1	5	5
Nr. 2	2	2
Nr. 3	2	1
Nr. 4	1	1
Nr. 5		1
Milchmenge am 42. Laktationstag (kg/Kuh)		
Kühe in der ersten Laktation	31,9 ± 5,1	34,4 ± 5,9
Kühe mit mehreren Laktationen	34,6 ± 6,2	38,2 ± 5,8

2.2 Futtermittel

Als Grobfutter kamen betriebseigene Mais- und Grassilagen zum Einsatz, die in zeitlich begrenzten Abschnitten durch Pressschnitzsilage bzw. durch Weizenstroh ergänzt wurden. Im Sommer erhielten die Tiere täglich für bis zu 5 Stunden Weidegang. Der Verzehr von Weidegras konnte nicht quantifiziert werden, Probeschnitte wurden aber wie die übrigen Komponenten analysiert. In der Anhangstabelle A2 werden für die einzelnen Chargen der verschiedenen Futtermittel die Analysenergebnisse mitgeteilt, die für die Berechnung der in der Tabelle 2 aufgeführten Anteile in den Grobfuttermischungen zu Grunde gelegt wurden.

Tabelle 3: Zusammensetzung der Grobfutter-Mischungen

Zeitraum	1. Winter	Sommer	Herbst	2. Winter
Mischungs-Anteil (%)				
Maissilage	46	89	53	48
Grassilage	34	-	40	51
Pressschnittsilage	19	-	-	-
Weizenstroh	-	9	5	-
Mineralfutter/Viehsalz	1	2	2	1
Trockensubstanz, %	32,7	44,0	42,0	39,0
<i>je kg Trockenmasse</i>				
NEL, MJ	6,4	5,9	6,0	6,2
XP, g	109	59	104	118
nXP, g	135	117	125	131
RNB, g	-4,1	-9,2	-3,4	-2,1

Die einzelnen Chargen der Grobfuttermischung unterschieden sich zwar innerhalb des zeitlichen Ablaufes des Versuchs, waren aber im Vergleich zwischen beiden Behandlungen zu jedem Zeitpunkt gleich. Die Gehalte an nutzbarem Rohprotein in der Trockenmasse der Grobfuttermischung lagen zwischen 59 und 118 g/kg, die Ruminale N-Bilanz lag zwischen -2,1 und -9,2 g/kg T.

Für die Behandlung der ausgeglichenen RNB wurde die Grobfuttermischung durch ein handelsübliches Ausgleichs-Kraftfutter mit über 40 % Rohprotein ergänzt, während für die Behandlung der negativen RNB eine vergleichbare Menge an Melasseschnitzeln mit 12 % Rohprotein eingesetzt wurde. Analyseergebnisse für Ausgleichskraftfutter und Melasseschnitzel finden sich in der Anhangstabelle A2. In der „Grundration“, also der Summe aus Grobfuttermischung und Ausgleichskraftfutter bzw. Melasseschnitzeln war die RNB ausgeglichen, bzw. betrug sie etwa -3 g/kg Trockenmasse.

Neben Grobfuttermischung und Ausgleichskraftfutter bzw. Melasseschnitzel wurde für jede der beiden Behandlungen ein Leistungskraftfutter konzipiert nach folgenden Überlegungen:

- beide Leistungskraftfutter sollten einem handelsüblichen Leistungskraftfutter des Typs 17/3 entsprechen, d.h.
- der Gehalt an nXP sollte in beiden Mischungen etwa 170 g/kg betragen
- der NEL-Gehalt sollte in beiden Mischungen etwa 6,7 MJ/kg betragen
- außer Rohprotein sollten die Gehalte an allen Inhaltsstoffen möglichst gleich sein
- für beide Mischungen sollten gleiche Komponenten verwendet werden, die sich nur in ihren Anteilen unterschieden
- die RNB sollte in der Mischung mit dem höheren Gehalt an Rohprotein ausgeglichen sein, in der Mischung mit dem niedrigeren Rohproteingehalt dagegen etwa -3g/kg Futter betragen
- beide Mischungen wurden vom identischen Mischfutterwerk vorgenommen, so dass angenommen werden darf, dass sich die Rohstoffe gleichen.

Tabelle 4: Zusammensetzung der beiden verwendeten Leistungs-Kraftfuttermischungen

Einsatz in der Behandlung	ausgeglichene RNB	negative RNB
<i>Komponenten, g je kg Mischung (laut Hersteller)</i>		
Weizen	219	311
Maiskleber	283	50
Weizenkleber	50	50
Raps-Extraktionsschrot	124	149
Sojabohnenschalen	-	21
Sojabohnen-Extraktionsschrot	20	20
Pflanzliches Fett mit 10% Linolsäure	2	2
Kohlensaurer Futterkalk, fein gemahlen	6	3
Kohlensaurer Futterkalk, gekörnt	2	2
Melasse	70	69
Melasseschnitzel	198	300
Viehsalz	0,5	0,2
Calprona ADP-S (Propionsäure)	4	4
Magnesiumoxid	2	2
Spurenelement-Vormischung für Rinder	0,3	,3
Vitamin-Vormischung für Rinder	0,04	0,04
Fließhilfsmittel	19	16
<i>Analysen-Ergebnisse</i>		
Trockensubstanz, g je kg lufttrockene Substanz	894	884
Nettoenergie-Laktation, MJ/kg T	6,8	6,8
Rohprotein, g/kg T	173	153
Nutzbare Rohprotein, g/kg T	172	172
Ruminale Stickstoff-Bilanz, g/kg T	+0,1	-3,0

Tabelle 4 zeigt die Zusammensetzung der beiden Leistungskraftfutter. Die einzige Abweichung von den oben aufgeführten Forderungen betrifft die Sojaschalen, die sich nicht in beiden Mischungen fanden. Da deren Anteil in der Mischung mit negativer RNB nur 2,1 % betrug, erscheint diese Ausnahme akzeptabel.

Tabelle 5 zeigt die entscheidenden Kriterien für die vier im Versuch eingesetzten Kraftfutter.

Tabelle 5: Gehalte an Trockensubstanz, NEL, Rohprotein und nutzbarem Rohprotein in den verwendeten Kraftfutter-Mischungen

Art des Futters	Ausgleichs-KF	Melasseschnitzel	Leistungs-Kraftfutter	
	ausgeglichen	negativ	ausgeglichen	negativ
T, g/kg Futter je kg Trockenmasse	880	902	894	884
NEL, MJ	7,4	7,4	6,8	6,8
XP, g	409	120	173	153
nXP, g	250	156	172	172
RNB, g	+25	-9,0	+0,1	-3,0

Bei der Zusammenstellung der Grob- und Kraftfuttermittel zur Ration wurde angestrebt, möglichst genau die Empfehlungen der GfE (2001) zur Versorgung der Milchkühe einzuhalten. Die aus Grobfuttermischung und Ausgleichsfutter bzw. Melasseschnitzeln bestehende Grundration sollte den Bedarf der Tiere an Energie und Nährstoffen für Erhaltung und 20 kg Milch pro Tag decken, der Bedarf für höhere Leistungen sollte über das individuell bemessene Leistungskraftfutter gedeckt werden (siehe Tabelle 6). Es wurde pro kg Milch mit einem Bedarf von 3,3 MJ NEL und 85 g nXP gerechnet.

Tabelle 6: Angestrebte Versorgung der Tiere mit Energie und Nährstoffen

	Erhaltung plus 20 kg Milch pro Tag	Leistung oberhalb 20 kg pro kg Milch
NEL, MJ	104	3,3
nXP, g	2150	85
Ca, g	82	3,1
P, g	51	1,4
Mg, g	25	0,6
Na, g	21	0,6

Die Grobfuttermischung wurde ad libitum angeboten, der tatsächliche Verzehr wurde als Differenz zwischen der gewogenen Vorlage und den rückgewogenen Resten berechnet. Eine Kontrolle des Verzehrs bei Weidegang war nicht möglich. Die in der Anhangstabelle A3 gezeigten Analyseergebnisse zeigen aber, dass die RNB des insgesamt gefressenen Futters bei beiden Behandlungen durch das frische Gras nicht wesentlich gegenüber dem im Stall verzehrten Futter verschoben worden sein kann.

2.3 Haltung und Fütterung

Die Tiere wurden in einem Anbindestall mit Stroheinstreu gehalten. Die Stände wurden zweimal täglich gesäubert und Einstreu wurde erneuert. Der Längstrog war durch Zwischenwände abgetrennt, so dass eine Einzeltierfütterung möglich war. Über Selbsttränken war frisches Wasser jederzeit zugänglich. Zwar war jede Tränkschale mit einer Wasseruhr versehen, da aber jeweils zwei Tiere eine Schale benutzten, war eine individuelle Erfassung des Verbrauchs an Tränkwasser nicht möglich.

Die Grobfuttermittel sowie Mineralfutter und Viehsalz wurden mit Hilfe eines Futtermischwagens (Fabrikat SILOKING Vertikal-Futtermischwagen, Typ 7 m³ der Firma Mayer) vermengt. Diese Grobfuttermischung wurde täglich einmal frisch hergestellt und in einem etwa 1 m breiten Futterband auf dem Futtertisch außerhalb der Reichweite der Tiere abgelegt. Jeweils vor Füttern wurde die Grobfuttermischung in Kisten für jedes Einzeltier mit einer mechanischen Waage zugewogen (Firma Toledo, Typ 2181; Neigungswaage; Wägebereich 5 bis 150 kg). Während der ganztägigen Stallhaltung bis zum 3. Mai 2001 und ab 5. Oktober 2001 erhielten die Tiere zweimal täglich die Grobfuttermischung jeweils etwa eine Stunde nach dem Melken. Vom 4. Mai bis zum 4. Oktober 2001 gingen die Tiere täglich zwischen etwa 9,30 und 14,30 Uhr auf die Weide, in dieser Zeit erhielten sie Grobfutter nur einmal täglich, und zwar vor dem abendlichen Melken.

Ausgleichs- und Leistungskraftfutter wurden täglich vormittags zugewogen (Firma Sauter, Typ Bizerba; Neigungswaage; Wägebereich 0,2 bis 20 kg). Die abgewogenen Mengen beider Kraftfutter wurden zusammen in einer Kiste für jede Kuh bis zur Zuteilung aufbewahrt. Während der Periode der ganztägigen Stallhaltung erfolgte die Zuteilung der Tagesmenge an Kraftfutter in vier Mahlzeiten, jeweils etwa eine halbe Stunde von und nach dem Melken. Während der Periode des partiellen Weidegangs wurde die tägliche Kraftfuttermenge auf fünf Mahlzeiten verteilt, damit die Tiere unmittelbar nach der Rückkehr in den Stall Kraftfutter vorgelegt bekommen konnten.

Die Erfassung der Fütterungsdaten wurde in Abschnitte unterteilt, die sich nach den Milchkontrollen richteten. Jeweils nach der Milchkontrolle wurde die Menge des Leistungskraftfutters überprüft und gegebenen Falls angepasst. Auf diese Weise wurde die Nährstoffversorgung kontinuierlich der Menge der erzeugten Milch angepasst.

2.4 Melktechnik und Entnahme von Milchproben

Die Melkung erfolgte im Stall mit einer Rohrmelkanlage der Firma Westfalia, wobei vier Melkgeräte des Typs Stimulpuls C zum Einsatz kamen. Es wurde zweimal täglich gemolken, morgens zwischen etwa 5,45 und 7,00 Uhr und abends zwischen etwa 16,30 und 17,45 Uhr.

Da die Milchviehherde der Lehr- und Versuchsstation Frankenforst im Herdbuch eingetragen ist, wurden unabhängig vom Versuch elf mal im Jahr Milchproben durch Kontrolleure des Landeskontrollverbandes (LKV) Rheinland e.V. genommen und im Labor des LKV in Krefeld untersucht. Diese Daten wurden durch die Vereinigten Informationssysteme Tierhaltung w.W. (VIT) zusammen gefasst, so dass für jeden Monat außer Juli (Urlaub der LKV-Kontrolleure) Daten über die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe jeder Kuh vorlagen. Zusätzlich wurden nach demselben Verfahren wie bei den offiziellen Kontrollen jeweils zwischen den Terminen und im Juli zweimal Proben genommen und zur Analyse in das Labor des LKV gegeben. Auf diese Weise wurde erreicht, dass im Abstand von zwei bis drei Wochen für jede Kuh im Versuch Daten vorlagen über tägliche Milchmenge und Gehalte der Milch an Protein, Fett und Harnstoff, sowie die Zellzahl. Bei den selbst genommenen und ins LKV-Labor gegebenen Milchproben wurde auch die Konzentration an Lactose bestimmt, während die VIT dieses Merkmal nicht erfasst.

2.5 Futterproben

Die Grobfutter wurden zunächst einzeln beprobt zur Schaffung einer Basis für die Berechnung der Grobfuttermischungen. Hierfür wurden Proben aus jedem Silo entnommen, dessen Inhalt im Versuch zum Einsatz kam. Von den fertigen Grobfuttermischungen wurden zu Beginn des Versuchs in Abständen von zwei Wochen Proben gezogen. Nachdem sich erwiesen hatte, dass nur marginale Unterschiede auftraten, wurden die Intervalle für Probenahmen auf vier Wochen verlängert.

Mit der Beprobung der Grobfuttermischung wurde gleichzeitig die Mischgenauigkeit des Futtermischwagens überprüft. Das auf dem Futtertisch abgelegte Band wurde in vier Abschnitte unterteilt und von jedem dieser Abschnitte wurde eine Probe gezogen. Nach mehreren Einzeluntersuchungen dieser „Viertelbandproben“ war eine sehr hohe

Mischgenauigkeit des Futtermischwagens bewiesen, weshalb anschließend in den „Viertelbandproben“ nur noch die Trockensubstanz bestimmt wurde, während für die weiteren Analysengänge eine repräsentative Gesamtprobe zusammen gestellt wurde.

Repräsentative Proben für den Aufwuchs auf der weide wurden fortlaufend gezogen, von den eingesetzten Kraftfuttermitteln wurden Proben je Charge genommen.

2.6 Futteranalysen

Zur Bestimmung der Trockensubstanz in Grobfuttermischung und Weidegras wurden in dreifacher Wiederholung Einwaagen vorgenommen in Aluminiumschalen, die zunächst für mindestens 12 Stunden bei 60°C und anschließend für mindestens 12 Stunden bei 105°C getrocknet wurden, bevor die Rückwaage erfolgte.

Für die weiteren Analysen wurden repräsentative Proben gefriergetrocknet und in einer Zentrifugalmühle mit einem Sieb der Lochweite 1 mm gemahlen. Bis zur Analyse wurde dieses Material in verschließbaren Plastikbehältern bei Raumtemperatur aufbewahrt. Es wurden die Verbandsmethoden des VDLUFA angewendet (Naumann und Bassler 1976):

Rohasche: Vorveraschung bei 60-80°C, anschließend über Nacht bei 550°C im Muffelofen

Rohprotein: N-Bestimmung nach Dumas (Firma Leco, Typ FP-328), N x 6,25

Rohfett: Vorextraktion bei 40°C (Firma Gerhardt) und HCl-Aufschluss (Firma Tecator, Typ soxtec system, 1047, Hydrolysing Unit), dann Hauptextraktion wie Vorextraktion

Rohfaser: Kochen mit 1,25 %-iger Schwefelsäure bzw. Kalilauge (Kjeltec), Veraschung des Rückstands

Berechnungen: Organische Substanz = Trockensubstanz – Rohasche

N-freie Extraktstoffe: Organische Substanz – Rohprotein - Rohfett – Rohfaser

3 Ergebnisse

Der Versuch verlief planmäßig und ohne größere Komplikationen, so dass für alle 20 Tiere die vorgesehenen Daten erfasst werden konnten. Eine der Behandlung „ausgeglichene RNB“ zugeordnete Kuh in der zweiten Laktation erkrankte am 151. Laktationstag an Mastitis, erholte sich aber nach drei Tagen wieder und wurde deshalb nicht aus dem Versuch genommen. Allerdings fiel die Erkrankung genau auf einen Tag der Milchkontrolle, so dass für diesen Zeitpunkt die gemessenen Werte waren: 5,6 kg Milch mit 4,43 % Protein und 7,7 % Fett. Da die Kuh sich nach drei Tagen erholt hatte und die Milchleistung sich wieder der vor der Erkrankung gemessenen Höhe angepasst hatte, wurden die gemessenen Werte nicht in die Berechnung der Laktationsleistung einbezogen, sondern durch das Mittel aus der vorangegangenen und der folgenden Kontrolle ersetzt, nämlich 22,0 kg Milch mit 3,57 % Protein und 4,18 % Fett.

Der ursprüngliche Plan, alle Kühe vom 43. bis zum 305. Laktationstag mit dem jeweiligen Versuchsfutter zu versorgen, konnte nicht verwirklicht werden, weil im Frühjahr 2001, als sich noch fünf Tiere im Versuch befanden, von der bis dahin gefütterten Maissilage nicht mehr genügend Mengen für die planmäßige Beendigung des Fütterungsversuches zur Verfügung standen. Es wurde daher beschlossen, bei diesen Kühen die Fütterung der Versuchsrationen am 250. Laktationstag zu beenden, die Milchkontrollen aber auch nach Umstellung auf die vom Betrieb bestimmten Rationen bis zum 305. Tag fort zu führen. Für die Auswertung der Ergebnisse werden deshalb die Leistungsdaten zum einen für die gesamte Laktation und zum anderen für die Tage 43 bis 250 ausgewiesen.

Die Daten zu Futtermittelverzehr und Milchleistung der Einzeltiere sind in der Anhangstabelle A3 zusammen gefasst.

Tabelle 7: Versorgung der Milchkühe mit Energie und nutzbarem Rohprotein in den vier Versuchsabschnitten aus der Grundration (Grobfuttermischung + Ausgleichsfutter bzw. Grobfuttermischung + Melasseschnitzel)

Zeitraum	1. Winter		Sommer		Herbst		2. Winter	
Behandlung	aRNB	nRNB	aRNB	nRNB	aRNB	nRNB	aRNB	nRNB
<i>Verzehr,</i> <i>kg T/Tag</i>								
Grobfutter	15	15	9,9	9,9	10,6	10,6	15	15
Weidegras	-	-	+	+	+	+	-	-
Ausgleichs-KF	1,3	-	1,7	-	2,0	-	1,3	-
Melasseschnitzel	-	1,0	-	1,0	-	2,0	-	1,3
Grundration								
NEL, MJ/Tag	106	104	104	104	104	104	103	103
nXP, g/Tag	2330	2170	2325	2125	2210	2210	2300	2175
RNB, g/Tag	-13	-55	-10	-42	+55	-13	+6	-39

In der Tabelle 7 wird zunächst gezeigt, dass in allen Phasen des Versuchs die aus Grobfuttermischung und Ausgleichskraftfutter bzw. Melasseschnitzeln bestehende Grundration entsprechend Tabelle 6 den Bedarf an Nettoenergie-Laktation und an nutzbarem Rohprotein für Erhaltung und täglich 20 kg Milch deckte. Auf die Darstellung der Versorgung mit Mineralstoffen wird hier verzichtet, sie war in jedem Fall ausreichend.

In der Tabelle 8 werden neben den anfänglichen Lebendmassen die mittleren im gesamten Versuch täglich verzehrten Mengen an Trockenmasse aufgeführt. Deutliche Einflüsse der Behandlung sind nicht zu sichern und es ist fest zu stellen, dass die Tiere im Mittel pro Tag etwa 20 kg Trockenmasse verzehrten, die zu etwa fast zwei Dritteln aus Grobfutter und zu gut einem Drittel aus Kraftfutter stammte. Damit kann die Futterraufnahme als durchaus repräsentativ für die Bedingungen der Praxis in Nordrhein-Westfalen angesprochen werden.

Tabelle 8: Lebendmasse (bei Versuchsbeginn) und Futtermittelverzehr bei ausgeglichener oder negativer RNB im Zeitraum vom 42. bis zum 250. Laktationstag

Ruminale N-Bilanz	ausgeglichen		negativ	
	1	>1	1	>1
Laktations-Nr.	1	>1	1	>1
Tierzahl	5	5	5	5
Lebendmasse, kg	625 ± 53	736 ± 56	582 ± 30	693 ± 92
<i>Trockenmasse-Verzehr, kg/Tag</i>				
Grobfutter	12,9 ± 0,5	12,6 ± 0,5	11,5 ± 0,3	13,2 ± 0,5
Ausgleichs-Kraftfutter	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	-	-
Melasseschnitzel	-	-	0,9 ± 0,02	1,2 ± 0,01
Leistungskraftfutter	5,2 ± 0,2	6,4 ± 0,2	4,6 ± 0,1	7,8 ± 0,2
Summe	19,5 ± 0,8	20,5 ± 0,7	17,0 ± 0,4	22,2 ± 0,7
Grobfutter-Anteil an der Ration (% , auf Basis T)	67	62	68	60

In der Tabelle 9 werden mittlere Milchleistungen gezeigt, wobei für jede Behandlung zwischen Tieren der ersten oder einer höheren Laktation differenziert wird. Im Mittel lag

Tabelle 9: Milchleistung in der gesamten Laktation und im Zeitraum vom 42. bis zum 250. Laktationstag bei ausgeglichener oder negativer RNB

Ruminale N-Bilanz	ausgeglichen		negativ	
	1	>1	1	>1
Laktations-Nr.	1	>1	1	>1
Tierzahl	5	5	5	5
Milchmenge, kg pro Kuh				
an 305 Laktationstagen	8460 ± 940	8560 ± 1650	7640 ± 480	9350 ± 1000
an Laktationstagen 43 - 250	5950 ± 750	6170 ± 1120	4990 ± 490	6570 ± 750
Milchproteinmenge, kg/Kuh				
an 305 Laktationstagen	276 ± 36	288 ± 42	244 ± 14	312 ± 30
an Laktationstagen 43 - 250	195 ± 27	208 ± 31	160 ± 19	217 ± 22
Milchfettmenge, kg pro Kuh				
an 305 Laktationstagen	334 ± 26	373 ± 63	328 ± 16	385 ± 19
an Laktationstagen 43 - 250	231 ± 20	263 ± 48	211 ± 20	266 ± 17
An Tagen 43-250 erzeugter Anteil der erzeugten Menge				
Milch	70	72	65	70
Milchprotein	71	72	66	70
Milchfett	69	71	64	69

die Leistung der Herde an 305 Tagen bei 8.500 kg Milch mit 280 kg Protein (3,29 %) und 355 kg Fett (4,18 %). Bei den erstlaktierenden Tieren scheint die Behandlung der ausgeglichenen RNB überlegen, aber bei den Tieren in einer höheren Laktation ist das Bild umgekehrt, so dass bei Betrachtung der gesamten Gruppe kein eindeutiger Effekt der Behandlung auf die Milchleistung zu erkennen ist. Der an den Tagen 43 bis 250 der Laktation erzeugte Anteil an der gesamten Menge Milch, Milchprotein und Milchlaktose schwankt zwischen 64 und 72 %, ist also erheblich.

In der Tabelle 10 werden die Mittelwerte der Konzentrationen an Lactose und Harnstoff sowie der Zellzahlen dargestellt. Der Gehalt an Lactose in der Milch scheint von der Behandlung nicht beeinflusst zu werden. Beim Milchlaktose deutet sich an, dass die Werte durch die negative RNB etwas erniedrigt werden. Nur die eine Kuh in der fünften Laktation hatte Zellzahlen von über 1 Million je ml und diese Kuh war der Behandlung mit negativer RNB zugeordnet. Es muss also geschlossen werden, dass ein Einfluss der RNB auf die Zellzahl in der Milch nicht gegeben ist.

Tabelle 10: Konzentrationen an Lactose und Harnstoff sowie Zellzahlen in der Milch an den Laktationstagen 42, 250 und 305

Ruminale N-Bilanz		ausgeglichen		negativ	
Laktations-Nr.		1	>1	1	>1
Tierzahl		5	5	5	5
Merkmal	Laktationstag				
Lactose, g/kg Milch	42	47,7 ± 3,0	49,3 ± 1,6	49,3 ± 0,9	47,7
	250	47,6 ± 2,4	47,0 ± 2,9	48,7 ± 2,3	46,4
	305	48,6 ± 1,4	46,2 ± 2,8	47,8 ± 2,0	46,0
Harnstoff, mg/kg Milch	42	226 ± 42	165 ± 42	163 ± 49	154 ± 59
	250	205 ± 59	245 ± 59	182 ± 86	191 ± 40
	305	228 ± 72	186 ± 72	151 ± 62	154 ± 36
Zellzahl, x1000/ml	42	12 – 481	13 – 119	2 – 104	14 – 746
	250	12 – 365	39 – 434	55 – 241	132 – 1789
	305	12 - 153	78 - 572	34 - 307	101 - 1029

Weder beim Futtermittelverzehr noch bei den Milchleistungen lassen sich demnach entscheidende Unterschiede absichern, die durch die Behandlung, hier die negative Ruminale N-Bilanz verursacht sein könnten.

4 Diskussion

4.1 Aussagekraft der Versuchsergebnisse

Eine der Schwierigkeiten bei langfristigen Fütterungsversuchen mit Milchkühen ist darin zu sehen, dass es unmöglich ist, einheitliche Futterchargen für die gesamte Versuchsdauer zu erstellen. Die Konsequenz daraus ist, dass zwangsläufig nennenswerte Varianzen innerhalb der einzelnen Behandlungen auftreten. Dies betrifft insbesondere die Grobfuttermittel, die teilweise auch innerhalb einer Ernte wegen unterschiedlicher Bodenbedingungen auf einzelnen Parzellen sehr heterogen sein können und nur unvollständig zu mischen sind. Besondere Schwierigkeiten beinhaltet es ferner, wenn den Tieren zusätzlich zur Fütterung im Stall während der Vegetationsperiode auch Auslauf auf die Weide geboten wird.

Im vorliegenden Fall ist dazu anzumerken, dass die Tiere gleichmäßig auf beide Behandlungen verteilt waren und dass die genannten Unwägbarkeiten daher beide Behandlungen in gleicher Weise getroffen haben. Insgesamt werden die Angaben aus der Tabelle 7 dahin gehend interpretiert, dass trotz aller Varianz innerhalb der Behandlungen ein Vergleich der beiden Gruppen dieses Versuches zulässig ist.

Im Abschnitt 1.3 wurde die Hypothese aufgestellt, dass ein Absinken der RNB auf bis zu etwa -3 g/kg T nicht zu Negativen Einflüssen auf die Milchleistung der Kühe führen müsse, da die Nutzung des rumino-hepatischen Kreislaufs zur Kompensation des N-Defizits der Mikroorganismen führe.

Durch die hier mitgeteilten Ergebnisse konnte die genannte Hypothese nicht falsifiziert werden, sie darf also weiter vertreten werden. Hierbei ist die Einschränkung der Hypothese auf den hier bearbeiteten Bereich hervor zu heben. Natürlich darf die Absenkung der RNB nicht unbegrenzt weiter geführt werden, da die Kapazität zur Kompensation begrenzt sein dürfte. Bei laufenden Untersuchungen im Institut für Tierernährung der FAL Braunschweig-Völkenrode zeichnet sich für stärker negative RNB ein deutlicher Leistungseinbruch ab (Prof. Dr. Gerhard Flachowsky, persönliche Mitteilung).

4.2 Konsequenzen für die Praxis der Milcherzeugung

Es ist nun zu diskutieren, welche Konsequenzen es für die Praxis der Milcherzeugung in Nordrhein-Westfalen haben könnte, wenn die bisher vertretene Linie, dass nämlich die RNB „ausgeglichen bis leicht positiv“ sein sollte, ersetzt würde durch die Aussage, dass bei angemessener Versorgung mit nutzbarem Rohprotein (nXP) die RNB ohne Schaden bis auf -3 g/kg T absinken dürfe.

Eine erste Konsequenz dürfte sein, dass die bisher angenommene Notwendigkeit für den Einsatz eines Ausgleichskraftfutters mit hohem Gehalt an Rohprotein zu auf Maissilage basierendem Grobfutter kritisch zu hinterfragen ist. Zweitens liegt es nahe, dass Leistungskraftfutter, welches bei der Energiestufe 3 (6,7 MJ NEL je kg Futter) einen Gehalt an nXP von 170 g/kg aufweisen soll, nicht wie bisher mindestens 180 g Rohprotein je kg Futter aufweisen muss, sondern das 150 g/kg durchaus ausreichend sein können.

Als Beispiel sei ein Milcherzeugungsbetrieb unterstellt mit einer mittleren Milchleistung seiner Kühe von 10.000 kg Milch mit 3,3 % Protein pro Jahr. Es wird angenommen, dass dieser Betrieb das insgesamt erforderliche Grobfutter selbst erzeugt, wobei der Anteil der Maissilage mindestens 70 % (auf der Basis Trockenmasse) betragen möge.

Es wird ferner angenommen, dass der Betrieb das gesamte benötigte Kraftfutter zukaufte. Entsprechend der bisher vertretenen Linie hat der Betrieb bisher pro Kuh und Jahr 500 kg Ausgleichskraftfutter mit 40 % Rohprotein und 2.500 kg Leistungskraftfutter mit 18 % Rohprotein zugekauft. Als Schlussfolgerung aus dem hier mitgeteilten Versuchsergebnis verzichtet der Betrieb jetzt ganz auf den Einsatz des Ausgleichskraftfutters und kauft jetzt jährlich pro Kuh 3.000 kg eines Leistungskraftfutters mit 15 % Rohprotein, ohne dabei Einbußen bei der Milchleistung hinnehmen zu müssen.

Tabelle 11: Wirkung eines Übergangs von leicht positiver auf leicht negative RNB auf die Hoftorbilanz für Stickstoff (kg N pro Kuh und Jahr)

Angestrebte RNB	Leicht positiv	Leicht negativ
Import (kg N je Kuh und Jahr)		
500 kg Ausgleichskraftfutter mit 40 % XP	32	-
2500 kg Leistungskraftfutter mit 18 % XP	72	-
3000 kg Leistungskraftfutter mit 15 % XP	-	72
Export (kg N je Kuh und Jahr)		
10.000 kg Milch mit 3,3 % Protein	53	53
Hoftor-Bilanz (kg N je Kuh und Jahr)	+ 51	+ 19

In der Tabelle 11 wird nun gezeigt, welche Wirkung diese Umstellung in der Strategie der Fütterung auf die Hoftorbilanz für Stickstoff im Betriebszweig Milcherzeugung hat. Mit 10.000 kg Milch pro Kuh verlassen 300 kg Protein oder 53 kg N den Betrieb, unabhängig von der Fütterung. Wird eine leicht positive RNB angestrebt, so beträgt der jährliche Import pro Kuh 32 kg N im Ausgleichskraftfutter und 72 kg N im Leistungskraftfutter, insgesamt also 104 kg N. Bei Duldung einer leicht negativen RNB entfällt der Zukauf von Ausgleichskraftfutter. Beim Leistungskraftfutter erhöht sich die gekaufte Menge von 2.500 auf 3.000 kg und der Gehalt an Rohprotein fällt von 18 auf 15 %. Beide Änderungen heben sich in ihrer Wirkung auf die Hoftorbilanz gegenseitig auf, so dass der jährliche Import 72 kg N je Kuh beträgt.

Durch die so erzielte Senkung der mit gekauftem Kraftfutter importierten Stickstoffmenge um etwa 40 % erniedrigt sich die resultierende Hoftorbilanz von + 51 auf + 19 kg N je Kuh und Jahr, also um 63 %.

Für die Senkung des Potenzials für Stickstoffemissionen aus der Milcherzeugung ist die hier aufgezeigte Möglichkeit einer geänderten Fütterungs-Strategie also von sehr hoher Relevanz.

5 Zusammenfassung

Je 10 Kühe in der ersten bzw. einer höheren Laktation erhielten bis zum 42. Tag der Laktation gleiches Futter und wurden dann auf zwei Gruppen gleicher mittlerer Milchleistung aufgeteilt.

In der Zeit vom 43. bis zum 250. Tag der Laktation erhielten die Tiere der einen Gruppe eine Ration mit etwa ausgeglichener RNB, während die Ration der anderen Gruppe eine RNB von etwa -3 g/kg T aufwies. Beide Gruppen erhielten die gleiche auf Maissilage basierende Grobfuttermischung. Hierzu erhielt die eine Gruppe ein handelsübliches Ausgleichskraftfutter mit 40 % Rohprotein, die Andere Gruppe Melasseschnitzel (12 % Rohprotein). Die Leistungskraftfutter für beide Gruppen wiesen gleiche Komponenten auf, allerdings mit unterschiedlichen Anteilen, so dass Rohproteingehalte von 173 bzw. 153 g/kg T resultierten.

Weder beim Futtermittelverzehr noch bei der Milchmenge oder der Milchezusammensetzung konnten signifikante Unterschiede nachgewiesen werden.

Die vor Versuchsbeginn aufgestellte Hypothese, dass für eine erfolgreiche Fütterung der Milchkühe die Versorgung mit nutzbarem Rohprotein (nXP) Voraussetzung sei, die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) aber ohne Schwierigkeiten in einen leicht negativen Bereich absinken dürfe, wurde nicht falsifiziert.

Eine entsprechende Strategie in der praktischen Fütterung wäre ein ins Gewicht fallender Beitrag zur Senkung des Potenzials der Stickstoffemissionen aus der Milcherzeugung.

6 Literaturverzeichnis

- Bornemann, S., 1995: Auswirkung einer reduzierten Rohproteinversorgung auf die Stickstoff-Ausscheidung und die intermediäre Umsetzung von ¹⁵N-markiertem Harnstoff bei laktierenden Ziegen. *Dissertation agr.*, Bonn, 130 Seiten
- Cheng, K.-J. und Costerton, J.w., 1980: Adherent rumen bacteria – their role in the digestion of plant material, urea and epithelial cells. In: Ruckebusch, Y und Thivend, P. (Hrsg.) *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. MTP Press Ltd., Falcon House, Lancaster, UK, S. 227-250
- Duncan, C.W., Agrawala, I.P., Huffman, C.F. Luecke, R.W., 1953: A quantitative study of rumen synthesis in the bovine on natural and purified rations. *Journal of Nutrition* **49**, 41-49
- GfE [Ausschuss für bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie], 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 8. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 136 Seiten.
- Holthausen, Antje, 2001: Einfluss der Rohproteinaufnahme von Rindern auf deren N-Bilanzen. *Dissertation agr.*, Bonn, 110 Seiten
- Haupt, R. 1970: Transfer of urea and ammonia to the rumen. In Phillipson, A.T. (Hrsg.) *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. Oriel Press Ltd., Newcastle upon Tyne, UK, S. 119-131
- Jilg, T., Diebold, G. und Steingass, H., 1999: Einfluss der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) auf Milchleistung und Milchwahnharnstoffgehalt. LAF-Informationen **7**, 44-52 (Hrsg.: Landesarbeitskreis Fütterung, Baden-Württemberg)
- Lebzien, P., Voigt, J., Gabel, M. und Gädeken, D., 1996: Zur schätzung der Menge an nutzbarem Rohprotein am Duodenum von Milchkühen. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **76**, 218-223
- Loosli, J.K., Williams, W.E., Thomas, W.E., Ferris, F.H. und Maynard, L.A., 1949: Synthesis of amino acids in the rumen. *Science* **110**, 144-145
- Madsen, J. und Hvelplund, T., 1984: Prediction of amino acid supply to the small intestine of cows from analysis of the feed. *Canadian Journal of Animal Science (Supplement)* **86**-88
- Naumann, C. und Bassler, R., 1976: Methodenbuch III. die chemische Untersuchung von Futtermitteln. (4. Ergänzungslieferung 1997 in loser Blattsammlung). VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- Rohr, K., Lebzien, P., Schafft, H. und Schulz, E., 1986: Prediction of duodenal flow of non-ammonia nitrogen and amino acid nitrogen in dairy cows. *Livestock Production Science* **14**, 29-240

Roy, J.H.B., Balch, C.C., Miller, E.L., Orskov, E.R. und Smith, R.H., 1977: Calculation of N requirement for ruminants from nitrogen metabolism studies. In: Protein Metabolism and Nutrition. *Proceedings of the Second International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition*, 'Flevohof', 2.-6.5.1977. EAAP Publication No. 22, S. 126-129

Satter, L.D. und Roffler, R.E., 1977: Calculating requirements for protein and nonprotein nitrogen by ruminants. In: Protein Metabolism and Nutrition. *Proceedings of the Second International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition*, 'Flevohof', 2.-6.5.1977. EAAP Publication No. 22, S. 133-136

Schmidt-Nielsen, B., Schmidt-Nielsen, K. Houpt, R. und Jarnum, S.A., 1957: Urea excretion in the camel. *American Journal of Physiology* **188**, 477-484

Simonnet, H., Le Bars, H. und Mollé, J., 1957 : Le cycle de l' urée administrée par voie buccale chez les ruminants. *Contes Rendús Hebdomadaires des Séances de l' Académie des Sciences, Paris* **244**, 943-945

Speckter, Henrike, 1996 : Untersuchung zum Verbleib des Stickstoffs aus Körperharnstoff an laktierenden Ziegen unter Verwendung des stabilen Isotopes ¹⁵N. *Dissertation agr.*, Bonn, 117 Seiten

Vérité, R., Journet, M. und Jarrige, R., 1979 : A new system for the protein feeding of ruminants : the PDI system. *Livestock Production Science* **6**, 349-367

Virtanen, A.I., 1966: Milk production of cows on protein-free feed. *Science* **153**, 1603-1614

Zuntz, N., 1891: Bemerkungen über die Verdauung und den Nährwert der Cellulose. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere* **49**, 477-483

7 Tabellarischer Anhang

Tabelle A1: Aufteilung der Kühe auf die beiden Behandlungen

Behandlung	Name	Laktations-Nr.	Kalbedatum	Tag der Zuordnung	Lebendmasse kg	Milch am 42. Tag, kg
RNB: ausgeglichene	Heike	1	11.11.00	16.01.01	690	30,6
	Pronke	1	21.11.00	16.01.01	620	30,2
	Erle	1	17.11.00	16.01.01	545	27,2
	Hertha	1	13.06.00	06.08.01	650	29,4
	Lorena	1	13.08.01	05.10.01	620	34,6
	Renate	3	06.11.00	16.01.01	710	42,0
	Lydia	2	01.02.01	24.03.01	650	25,4
	Anke	4	03.02.01	24.03.01	790	34,0
	Paloma	2	17.04.01	23.05.01	770	37,4
	Raissa	3	14.07.01	06.09.01	760	34,4
	RNB: negativ	Ariane	1	14.11.00	16.01.01	615
Franziska		1	05.11.00	16.01.01	550	28,2
Gerlinde		1	06.11.00	16.01.01	595	31,8
Albina		1	25.12.00	06.02.01	600	32,2
Ranke		1	12.07.01	06.09.01	550	25,4
Linda		3	06.01.01	23.02.01	650	39,8
Andra		2	20.02.01	05.04.01	590	37,4
Pia		5	05.03.01	26.04.01	700	32,6
Susi		4	03.08.01	20.09.01	840	34,0
Reika		4	03.08.01	20.09.01	840	47,2

Tabelle A2: Beschreibung der im Versuch eingesetzten Futtermittel

Futtermittel	Datum	analysiert					Berechnet (je kg T)		
		T g/kg	XA g/kg T	XP g/kg T	XL g/kg T	XF g/kg T	NEL MJ	nXP g	RNB g
<i>Grobfutter</i>									
Maissilage I	06.12.00	368	39	79	28	n.a.	6,7	135	-9,0
Maissilage II	19.03.01	373	41	80	35	212	6,7	135	-9,0
Maissilage III	16.10.01	393	40	63	n.a.	224	6,3	124	-9,7
Grassilage I	06.12.00	382	94	191	46	n.a.	6,1	134	+8,7
Grassilage II	06.09.01	427	101	166	42	294	6,5	141	+8,4
Grassilage III	16.10.01	377	40	64	n.a.	99	6,2	138	+5,1
Grassilage IV	16.10.01	456	37	60	n.a.	144	5,8	127	+0,7
Pressschnitzel	06.12.00	266	116	92	118	n.a.	7,4	157	-7,0
Mischungen	06.02.01	331	93	137	34	255	6,6	138	-2,6
	06.03.01	293	88	126	36	271	6,6	138	-2,6
	23.03.01	345	86	125	36	226	6,6	138	-2,6
	25.04.01	359	82	124	38	219	6,6	138	-2,6
	22.05.01	519	48	77	30	219	6,3	127	-8,5
	04.07.01	508	57	72	26	233	6,3	127	-8,5
	19.07.01	495	74	71	28	253	6,3	127	-8,5
	15.08.01	490	67	74	24	234	6,3	127	-8,5
	19.09.01	475	92	128	29	254	6,3	132	-1,7
	17.10.01	405	43	66	37	260	6,2	125	-2,1
Ausgleichs-KF	06.12.00	881	119	398	28	n.a.	7,4	250	+25
Melasseschnitzel	06.12.00	902	81	120	12	n.a.	7,4	156	-9,0
Leistungs-KF									
ausgeglichene	06.12.00	894	74	307	38	n.a.	6,8	172	+0,1
RNB	23.04.01	888	74	201	31	90	6,8	172	+0,1
	28.06.01	899	75	199	40	90	6,8	172	+0,1
negative RNB	06.12.00	884	70	151	36	n.a.	6,8	170	-3,0
Weidegras									
	04.05.01	221	85	250	31	173			
	10.05.01	186	118	51	36	218			
	18.05.01	170	97	145	40	264			
	30.05.01	264	82	84	22	269			
	20.06.01	199	91	137	35	224			
	28.06.01	180	111	190	35	n.a.			
	12.07.01	181	117	n.a.	35	n.a.			
	01.08.01	283	72	159	46	219			
	16.08.01	266	93	143	41	149			
	06.09.01	223	117	122	33	254			
	11.10.01	162	129	195	42	227			

Tabelle A3: Futteraufnahme und Milchleistung der einzelnen Tiere in der Zeit vom 43. bis zum 250. Tag der Laktation

Tier	Futteraufnahme kg T	Milchmenge kg	Milchprotein kg	Milchfett kg
Heike	3457	6197	194	242
Pronke	3102	5634	187	187
Erle	3286	6229	196	196
Hertha	3966	4863	166	210
Lorena	5089	6842	237	246
Renate	4344	7780	242	331
Lydia	3003	4642	165	214
Anke	3967	6341	235	245
Paloma	4135	5935	205	205
Raissa	4850	6158	194	234
Ariane	3203	5595	177	228
Franziska	2851	4281	131	180
Gerlinde	3067	5208	165	210
Albina	3145	5069	174	228
Ranke	3779	4767	154	207
Linda	4052	6849	233	288
Andra	4145	6730	209	247
Pia	3778	5332	182	256
Susi	4899	6584	223	259
Reika	5574	7369	238	278