

Zum Einfluß von geschütztem bzw. ungeschütztem Methionin auf die Stoffumsetzungen im Verdauungstrakt von Milchkühen sowie den Methioningehalt im Blutplasma

PETER LEBZIEN, KLAUS ROHR † und FRANZ-PETER ENGLING

Institut für Tierernährung

Einleitung

In mehreren Versuchen wurde durch postruminale Infusionen (Schwab et al., 1976; Kaufmann et al., 1980) oder intravenöse Injektionen (Chamberlain und Thomas, 1982) von Methionin die Milcheiweiß- bzw. Fettleistung bei Milchkühen deutlich erhöht. Diese Befunde in Verbindung mit Messungen über den Duodenalfluß (Rohr et al., 1979) sowie über arterio-venöse Differenzen im Euter (Mephan, 1976; Rogers et al., 1984) legen den Schluß nahe, daß Methionin - zumindest bei bestimmten Rationen - als erstlimitierende Aminosäure anzusehen ist. Ferner kommt dem Methionin Bedeutung zu im Hinblick auf die Gluconeogenese (Clark, 1975) und die Phospholipidsynthese in der Leber (Emmanuel und Kenelly, 1984).

Oral verabreichtes Methionin kann nur dann im Stoffwechsel des Wiederkäuers zur Wirkung gelangen, wenn es vor dem mikrobiellen Abbau im Pansen weitgehend geschützt ist. Eingedenk dieses Sachverhaltes wurden verschiedene, dem Kraftfutter zugesetzte Methioninderivate in Fütterungsversuchen überprüft. Während in einigen Fällen eine Steigerung der Milchmenge und/oder des Milchfettgehaltes beobachtet wurde (Huber et al., 1984; Jenny et al., 1980; Kersting, 1984; Lettner, 1983; Lundquist et al., 1981, 1985b; Lüpping und Kaufmann, 1980), blieb die Zulage in anderen Fällen ohne Einfluß auf die Leistungsparameter (Burgstaller et al., 1983; Kenna und Schwab, 1981; Papas et al., 1984; Stokes et al., 1981; Vandersall et al., 1980; Guillaume et al., 1991). Die Beantwortung der Frage, ob die fehlende Wirkung in den letztgenannten Versuchen auf eine bereits ausreichende Methioninversorgung (über Mikrobenprotein und unabgebautes Futterprotein) oder aber auf einen unzureichenden Schutz der Methioninzulage zurückzuführen ist, muß weitgehend offen bleiben.

Unsere nachfolgend beschriebenen Untersuchungen sollten Aufschluß darüber geben, inwieweit durch den Einsatz eines mit Fettsäuren ummantelten Zink-Methionin-Komplexes (Loprotin¹) gegenüber reinem DL-Methionin² die Methioninanflutung am proximalen Duodenum erhöht werden kann. Angesichts einer verschiedentlich beobachteten Steigerung des Bakterien- bzw. Protozoenwachstums (Gil und Shirley, 1972; Gilet et al., 1973; Maeng et al., 1976; Salter et al., 1979; Chandler et al., 1976; Lundquist et al., 1985a; Patton et al., 1970) sowie einer Änderung des Fettsäuremusters im Pansen (Lundquist et al., 1985a; Rosser et al., 1971) sollten ferner Einflüsse auf die Verdauungsvorgänge - speziell in den Vormägen - überprüft werden. Außerdem wurde der Einfluß der Methioninzulagen auf den Methioningehalt im Blutplasma untersucht.

¹) Hersteller: LOHMANN-Tierernährung, Cuxhaven

²) Hersteller: DEGUSSA, Hanau

1. Material und Methoden

Versuche mit fistulierten Tieren: Für die Versuche standen jeweils 2 (Versuch 1) bzw. 4 (Versuch 2) laktierende Kühe der Rasse Deutsche Schwarzbunte zur Verfügung. Die Tiere waren mit jeweils einer Pansenfistel und einer T-Kanüle im proximalen Duodenum ausgestattet. In Versuchsabschnitten von jeweils vier Wochen Dauer kamen folgende Rationen zum Einsatz:

Rationsbestandteile in den Versuchen 1 und 2
(% der Gesamttrockenmasse)

Versuch Ration	1		2
	A	B	C
Maissilage	42	-	-
Heu	10	-	54
Lieschkolbenschrotsilage	-	41	-
Ganzpflanzensilage (Gerste)	-	42	-
Kraftfuttermischung	48	-	46
Sojaschrot	-	17	-

Alle Tiere erhielten zusätzlich 100 g Mineralfutter pro Tag. Jeweils zwei (Versuch 1) bzw. vier (Versuch 2) Kühe erhielten die Rationen ohne Methionin-Ergänzung sowie mit einer Zulage von DL-Methionin (1. Versuch: 20,4 g/Tag; 2. Versuch: 30 g/Tag) bzw. Loprotin (1. Versuch: 66,8 g/Tag; 2. Versuch: 100 g/Tag). Die Zulagen entsprachen 20 g (1. Versuch) bzw. 30 g (2. Versuch) reinem Methionin. Die Applikation erfolgte im ersten Versuch per fistulam in den Pansen in vier Teilgaben (im Abstand von jeweils 6 Stunden) und im zweiten Versuch als eine Vormischung über das Kraftfutter.

In jedem Versuchsabschnitt wurden die Tiere zunächst 14 Tage vorgefüttert. Während der dritten Woche wurde die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe der Futtermischung bestimmt. Gleichzeitig erfolgte die Entnahme von Pansensaftproben. Der Duodenalfluß an organischer Substanz, Stickstoff und Methionin wurde während der letzten fünf Tage ermittelt. Von zwei Ausnahmen (Ration A - Loprot., Ration B - DL-Meth.) abgesehen, konnte in Versuch 1 auch die Menge an Mikroben-N im Duodenalchymus erfaßt werden.

Der pH-Wert und die NH₃-Konzentration im Pansensaft (Voigt und Steger, 1967) wurden innerhalb der ersten fünf Stunden nach Beginn der Morgenfütterung zu sechs verschiedenen Zeitpunkten bestimmt. Die gaschromatographische Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren (Hewlett-Packard 5880 A mit FID) erfolgte in Proben, die drei Stunden postprandial gezogen wurden. Die Entnahme der Chymusproben aus dem Duodenum erfolgte nach Rohr et al. (1979). Als Marker für den Chymusfluß wurde mit Weizenmehl verbackenes Chromoxid (Orskov et al., 1971) per fistulam in den

Tabelle 1: **Rohnährstoffgehalte der drei Versuchsrationen**

	organ. Substanz	% in der Trockenmasse			N-freie Extraktstoffe
		Roh- protein	Roh- fett	Roh- faser	
Ration A	93,50	15,42	3,61	16,34	58,13
(Maiss./Heu)	±0,18	±0,25	±0,21	±0,29	±0,17
Ration B	95,56	16,38	3,03	16,96	59,19
(LKS/GPS)	±0,05	±0,47	±0,09	±1,04	±0,68
Ration C	91,27	15,21	3,37	20,38	52,31
(Heu)	±0,26	±0,38	±0,19	±0,30	±0,73

Pansen gegeben. Der mikrobielle Anteil am Nichtammoniak-N (NAN) des Chymus (Versuch 1) wurde aus dem Quotienten der 15N-Überschüsse im Bakterien-N und im NAN des Duodenalchymus ermittelt (Brandt und Rohr, 1981). Der Methioningehalt in den Futtermitteln, im Darmsaft und im Kot wurde mittels Flüssigkeitschromatographie (Beckman 121 MB) bestimmt. Nach Oxidation mit Perameisensäure wurden die Proben 24 Stunden (Futtermittel und Kot) bzw. 10 Stunden (Chymus) nach einer modifizierten Methode von Weidner und Eggum (1966) hydrolysiert. Die Auftrennung der Aminosäuren erfolgte auf einer Säule von 22 cm Länge und 2,8 mm Durchmesser (Harztyp AA 10 der Fa. Beckman). Der Probenauftrag erfolgte automatisch, die Probenmenge betrug 50 µl. Die Temperaturen der Säulen lagen zwischen 48° C und 63° C. Als Elutionsmittel dienten Na-Citrat-puffer (pH 3,28/0,2 n; pH 3,90/0,35 n; pH 4,95/1,4 n) mit Zusatz von Isopropylalkohol.

Versuche mit Blutentnahme von intakten Tieren:

In zwei weiteren Versuchen (Versuch 3 und 4) wurde der Einfluß der beiden Methioninprodukte auf den Methioningehalt im Blutplasma untersucht. In Versuch 4 kam zusätzlich nicht ummanteltes Zn-Methionin zum Einsatz. Dabei kamen 15 (Versuch 3) bzw. 5 (Versuch 4) Tiere zum Einsatz. Im Versuch 3 erhielten jeweils 5 Kühe mit einer Ration aus 6,8 kg Grassilage-TS und 9,3 kg Kraftfutter Zulagen von 30 g DL-Methionin bzw. 100 g Loprotin (= 30 g Methionin) je Tag. 5 Tiere dienten als Kontrolle. Die Blutentnahmen erfolgten jeweils 4 und 10 Stunden nach Beginn der Morgenfütterung aus der Vena Jugularis.

In Versuch 4 erhielt jede von 4 Kühen nacheinander - im vierzehntägigen Abstand - eine Ration ohne Zulage, mit 15 g DL-Methionin/Tag, mit 19 g Zn-Methionin/Tag bzw. mit 48 g Loprotin/Tag - entsprechend jeweils 15 g Met-Äquivalent. Eine fünfte Kuh bekam eine einmalige Gabe in jeweils doppelter Höhe mit einer Mahlzeit. Die Ration bestand aus 6,5 kg Maissilage-Trockenmasse, 3,0 kg Heu und 6,5 kg Kraftfutter. Die Entnahme der Blutproben erfolgte jeweils zwei und eine Stunde vor sowie 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0, 6,0, 8,0, 10,0 und 12,0 Stunden nach Fütterungsbeginn. Bei der 5. Kuh wurden vor dem Füttern keine, dafür zusätzlich 14,0 Stunden danach Blutentnahmen durchgeführt. Generell erfolgte die Blutentnahme jeweils am letzten Tag der vierzehntägigen Anfütterung über ein am Vortag gelegtes Katheder aus der Vena Jugularis.

Für die Gewinnung von Plasma-proben wurde das Blut sofort in heparinisierten Röhrchen 30 min bei 3000 U/min bei +4° C zentrifugiert. Ein aliquoter Teil des Plasmas wurde mit Hilfe von Sulfosalicylsäure- und Lithiumhydroxidlösung enteiweißt, erneut zentrifugiert und bis zur Aminosäurenanalyse bei -37° C eingefroren. Die Analyse erfolgte auf dem gleichen Gerät und der gleichen Säule wie für die vorausgegangenen Versuche beschrieben als physiologischer Lauf.

2. Versuchsergebnisse

2.1 Versuche mit fistulierten Tieren

2.1.1 Nährstoffzusammensetzung, Futteraufnahme und Verdaulichkeit

Die Ergebnisse der wöchentlich durchgeführten Futtermittelanalysen weisen aus, daß die Rohnährstoffgehalte der drei Rationen während der gesamten Versuchsdauer nur geringfügig schwankten (Tabelle 1).

Die Trockenmasseaufnahme belief sich bei den Rationen A, B und C auf 16,31 ± 0,12 kg, 16,52 ± 0,76 kg bzw. 15,62 ± 1,32 kg pro Kuh und Tag. Angaben zur Verdaulichkeit der Rohnährstoffe finden sich in Tabelle 2.

Die Rationen A und C erwiesen sich gegenüber der Ration B als insgesamt höher verdaulich; aus den verdaulichen Rohnährstoffen errechnet sich ein Nettoenergiegehalt von 6,80 ± 0,17 MJ NEL/kg T (Ration A), 6,31 ± 0,12 MJ NEL/kg T (Ration B) und 6,53 ± 0,03 MJ NEL/kg T (Ration C). Ein Einfluß der Methioninzulagen wird allenfalls im ersten Versuch (Ration A u. B) - in dem das Methionin per fistulam verabreicht wurde - bei der Verdaulichkeit des Rohfettes erkennbar. Angesichts des für beide Präparate gegenläufigen Effektes, des insgesamt niedrigen Rohfettgehaltes sowie des zu berücksichtigenden Analysenspielraumes, sollte diese Beobachtung aber nicht überbewertet werden.

2.1.2 Pansenphysiologische Parameter

Die Fermentationsvorgänge in den Vormägen wurden durch die Zusätze von Loprotin bzw. DL-Methionin insgesamt nur geringfügig beeinflusst (Tabelle 3). Der pH-Wert im Pansensaft war bei leicht erhöhter Konzentration an flüchtigen Fettsäuren etwas erniedrigt. Das Essigsäure- : Propionsäureverhältnis wurde bei Ration A (Loprotin) von 3,8 auf 4,0 und bei Ration B (DL-Meth.) von 3,3 auf 3,6 erweitert. Im zweiten Versuch (Ration C) lag dagegen eine leichte Verengung von 3,8 auf 3,5 (DL-Meth.) bzw. 3,7 (Loprotin) vor.

Auch auf die Ammoniakkonzentration im Pansen war der Einfluß der Zulage - in Abhängigkeit von der Art der Verabreichung - in den beiden Versuchen nicht einheitlich (Abbildung 1). Während im ersten Versuch - wenn 20 g Methionin direkt in den Pansen verabfolgt wurden - der Ammoniakspiegel im Pansensaft deutlich erhöht war, führten im zweiten Versuch 30 g Methionin - mit dem Futter verabreicht - lediglich nach drei (Loprotin) bzw. fünf (DL-Meth.) Stunden zu einem leicht-

ten Anstieg der Ammoniakkonzentration. Der Mittelwert der Differenzen zwischen den Meßwerten der Kontroll- und Versuchsgruppen zu den einzelnen Probenahmezeitpunkten unterschied sich im ersten Versuch signifikant von Null ($p \leq 0,05$). Ein Unterschied zwischen geschütztem und ungeschütztem Methionin war in keinem der beiden Versuche zu beobachten.

2.1.3 Duodenalfluß sowie Stoffumsatz in den Mägen bzw. im Darm

Die in Tabelle 4 aufgeführten Ergebnisse lassen Rationsunterschiede im Hinblick auf den Duodenalfluß an organischer Substanz (OS) bzw. den Abbau der OS in den Mägen und im Darm erkennen. Beide Methioninpräparate blieben dagegen ohne Einfluß auf die OS-Umsetzungen.

Die ins Duodenum gelangte Menge an Stickstoff lag in allen Fällen über der N-Aufnahme. Dieser Anstieg, der bei Ration B (gegenüber den anderen beiden Rationen) sowie in Versuch 1 bei DL-Methionin (gegenüber der Kontrolle bzw. Loprotin) etwas stärker ausgeprägt war, führte zu einer negativen N-Verdaulichkeit in den Mägen (Tabelle 5).

Tabelle 2: **Verdaulichkeit der Rohnährstoffe (Mittel- und Einzelwerte bzw. Standardabweichungen)**

	organ. Substanz	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extraktstoffe
Verdaulichkeit in %					
Versuch 1					
Ration A					
Kontrolle	74,4 (73,7/75,1)	68,2 (69,6/66,8)	83,1 (78,6/87,5)	58,9 (56,3/61,5)	79,8 (78,7/80,9)
Loprotin	74,0 (72,9/75,1)	70,0 (71,2/68,7)	73,0 (72,5/73,4)	60,7 (60,9/60,5)	78,9 (77,6/80,2)
Ration B					
Kontrolle	68,9 (70,1/67,6)	67,5 (66,3/68,7)	62,8 (60,2/65,4)	45,2 (43,6/46,7)	75,8 (77,2/74,4)
DL-Meth.	69,2 (69,6/68,7)	67,4 (66,7/68,1)	71,0 (71,6/70,3)	46,0 (45,7/46,2)	76,5 (77,0/76,0)
Versuch 2					
Ration C					
Kontrolle	74,2 $\pm 1,01$	71,7 $\pm 1,68$	74,1 $\pm 3,91$	64,1 $\pm 2,49$	78,8 $\pm 0,91$
DL-Meth.	74,8 $\pm 2,25$	71,0 $\pm 2,21$	72,2 $\pm 2,35$	64,5 $\pm 2,46$	80,0 $\pm 2,49$
Loprotin	74,3 $\pm 1,03$	71,3 $\pm 1,02$	73,0 $\pm 0,98$	65,0 $\pm 1,75$	78,9 $\pm 1,22$

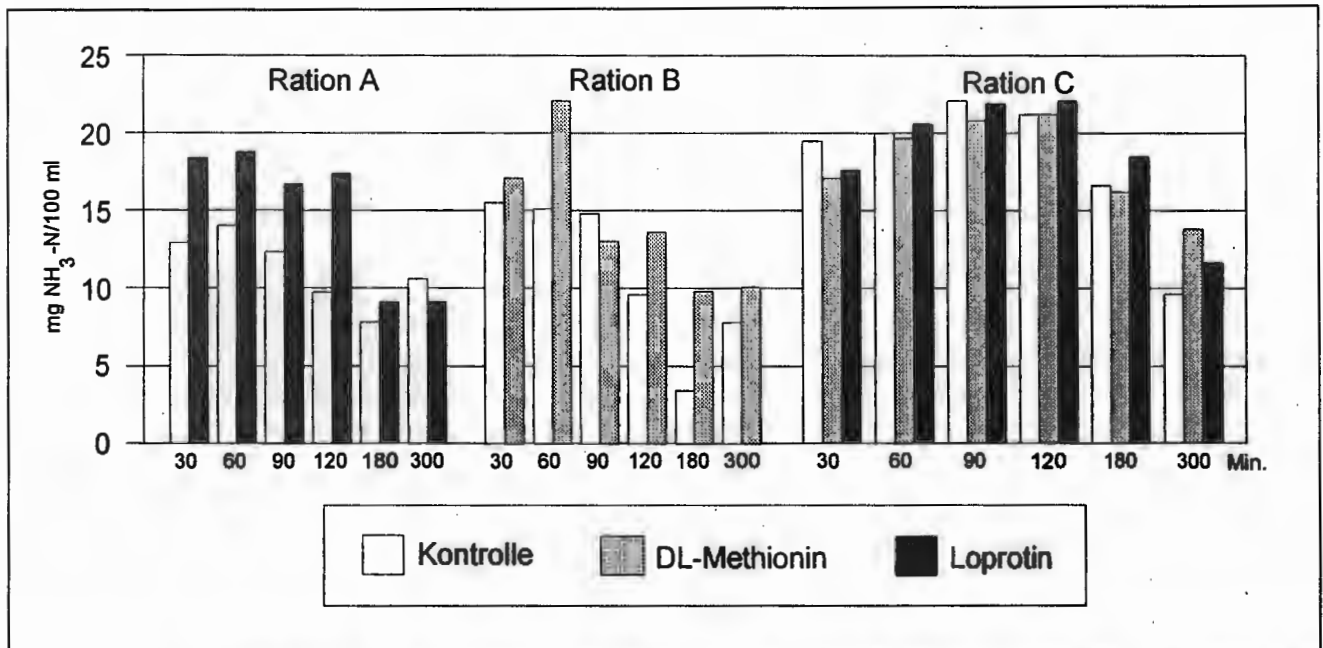


Abbildung 1: **Verlauf der NH₃-N-Konzentrationen im Pansensaft während der ersten 300 Min. nach Beginn der Morgenfütterung**

Tabelle 3: **ph-Wert, Ammoniak und flüchtige Fettsäuren im Pansensaft**

	ph-Wert	NH ₃ -N* (mg/100ml)	Gesamt- Fettsäuren (mmol/l)	Anteil einzelner Fettsäuren (Mol %)		
				Essigs.	Propions.	Butters.
Versuch 1						
Ration A						
Kontrolle	6,39 (6,22/6,56)	11,1 (13,5/8,7)	87,5 (98,2/76,7)	66,7 (65,3/68,1)	17,5 (17,9/17,0)	12,8 (13,8/11,8)
Loprotin	6,30 (6,42/6,18)	14,9 (13,6/16,2)	92,9 (86,2/99,6)	67,3 (68,6/66,0)	16,7 (16,4/17,0)	12,8 (12,0/13,5)
Ration B						
Kontrolle	6,36 (6,28/6,43)	11,0 (10,6/11,5)	97,7 (93,5/100,0)	64,2 (65,4/62,9)	19,6 (18,3/20,9)	12,0 (12,2/11,8)
DL-Meth.	6,24 (6,25/6,23)	14,3 (13,7/14,8)	105,4 (105,0/105,7)	64,7 (65,0/64,3)	18,2 (18,5/17,9)	12,9 (12,5/13,2)
Versuch 2						
Ration C						
Kontrolle	6,14 ±0,06	18,2 ±1,48	92,7 ±4,78	67,1 ±0,93	17,5 ±0,42	11,5 ±0,46
DL-Meth.	6,07 ±0,13	18,1 ±1,67	101,8 ±17,0	65,3 ±1,31	18,7 ±0,98	12,2 ±0,27
Loprotin	6,02 ±0,25	18,7 ±2,08	109,9 ±13,0	66,3 ±1,16	18,1 ±0,87	11,8 ±0,71
*) Gesamtmittel aus 6 verschiedenen Meßzeitpunkten						

Tabelle 4: **Angaben über die ins Duodenum gelangten Mengen an organischer Substanz (OS) sowie über den Abbau der OS in den Mägen bzw. im Darm (Mittel- und Einzelwerte bzw. Standardabweichungen)**

	OS am Duodenum (kg/Tag)	Abbau der OS in den Mägen (% der Aufnahme)	Abbau der OS im Darm	
			(% d.Aufn.)	(% d.Duod.flusses)
Versuch 1				
Ration A				
Kontrolle	8,82 (9,08/8,56)	41,7 (40,0/43,4)	32,7 (33,7/31,7)	56,1 (56,2/56,0)
Loprotin	8,89 (9,80/7,98)	41,6 (35,6/47,6)	32,4 (37,3/27,5)	55,2 (57,9/52,5)
DL-Meth.	9,38 (9,96/8,81)	39,2 (35,4/42,9)	35,1* (37,9/32,2)	57,6* (58,7/56,4)
Versuch 2				
Ration B				
Kontrolle	9,61 (9,68/9,54)	36,8 (38,3/35,2)	32,2 (29,4/34,9)	50,7 (47,5/53,9)
Loprotin	9,77 (9,82/9,73)	37,1 (39,4/34,7)	32,0* (28,8/35,2)	50,7* (47,5/53,9)
DL-Meth.	10,20 (10,84/9,57)	38,1 (34,4/41,7)	31,1 (34,3/27,9)	50,1 (52,3/47,9)
Ration C				
Kontrolle	8,20 ±1,61	42,8 ±7,55	31,4 ±7,55	54,4 ±5,71
Loprotin	8,22 ±0,93	42,1 ±4,96	32,7 ±4,96	56,2 ±3,75
DL-Meth.	8,11 ±0,94	43,4 ±2,64	30,9 ±2,64	54,6 ±2,10
* Die für die Berechnung erforderlichen Mengen an Kot-OS wurden aus den Verdauungskoeffizienten der anderen Perioden abgeleitet.				

Der Stickstoff des Duodenalchymus wurde im Mittel aller Varianten zu 71,4 % im Darm verdaut; die entsprechenden Einzelwerte schwankten zwischen 67,7 % und 76,9 %.

Die Erfassung der mikrobiellen Proteinsynthese erfolgte im ersten Versuch bei nur je einer Kontrolle und einer Versuchsvarianten je Ration (A bzw. B). Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese wurde durch die Ration stärker beeinflusst als durch die Methioninzulagen. Auch der Futterproteinabbau zeigte keine Abhängigkeit vom Methionineinsatz. Der tendenziell höhere N-Fluß am Duodenum bei der DL-Methionin-Variante ergab sich somit durch das Zusammentreffen einer etwas höheren mikrobiellen Proteinsynthese mit einem etwas geringeren Futterproteinabbau. Auch der höhere Ammoniakgehalt in den Methioningruppen des ersten Versuchs kann nur zum Teil durch eine bessere Ausnutzung des abgebauten Futterproteins zur Synthese von Mikrobenprotein erklärt werden. Während die Ausnutzung bei Ration A durch DL-Methionin von 88,1 % auf 92,7 % anstieg, blieb sie bei Ration B durch Loprotin konstant bei 91,2 % bzw. 91,3 %, obgleich hinsichtlich des Ammoniaks keine Unterschiede zwischen den Produkten festzustellen waren.

Der Methioninfluß am Duodenum wurde durch den Methionineinsatz kaum beeinflusst (Tabelle 7). Es zeigte sich, daß lediglich das Loprotin bei Ration B zu einer tendenziell höheren Methioninanflutung um 5,5 g (entsprechend 28 % der Methioninzulage) führte.

Bei Ration C ist auffallend, daß die am Duodenum gemessene Methioninmenge durchweg unter der mit den Futtermitteln zugeführten Menge lag. Ein Einfluß der Zulagen auf die Verdaulichkeit des Methionins im Darm konnte nicht beobachtet werden. Auch eine Analyse des Aminosäuremusters des Rohproteins im Duodenalchymus zeigte keine Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten (Tabelle 8).

Da ein Einfluß der Ration auf das Aminosäuremuster nicht bestand, ist die in Tabelle 8 vorgenommene Zusammenfassung der Kontroll- und Versuchsgruppe gerechtfertigt. Der Anteil des Gesamt-Aminosäuren-N am Gesamt-N betrug 68,5 ±

Tabelle 5: Stickstoff im Duodenalchymus sowie N-Verdaulichkeit in den Mägen bzw. im Darm

	N im Duodenalchymus (g/Tag)	in den Mägen (% d.Aufnahme)	N-Verdaulichkeit im Darm (% d.Aufn.)	(% d.Duodenalflusses)
Versuch 1				
Ration A				
Kontrolle	413 (419/407)	-4,5 (-6,0/-3,0)	72,7 (72,8/72,6)	69,6 (68,7/70,5)
Loprotin	423 (440/406)	-3,8 (-8,0/0,4)	73,8 (76,8/70,8)	71,1 (71,0/71,1)
DL-Meth.	442 (449/435)	-9,3 (-11,0/-7,5)	78,4* (78,8/77,9)	71,8* (71,0/72,5)
Ration B				
Kontrolle	461 (463/459)	-9,4 (-7,3/-11,5)	76,9 (73,6/80,2)	70,3 (68,6/71,9)
Loprotin	476 (492/459)	-8,5 (-9,2/-7,7)	76,0* (75,7/76,2)	70,0* (69,3/70,7)
DL-Meth.	488 (493/483)	-12,6 (-13,5/-11,7)	80,0 (80,2/79,8)	71,1 (70,7/71,5)
Versuch 2				
Ration C				
Kontrolle	398,7 ±76,05	-3,2 ±13,82	74,9 ±13,82	72,2 ±3,88
Loprotin	402,4 ±55,09	-4,8 ±11,26	75,8 ±11,26	72,1 ±3,15
DL-Meth.	402,6 ±58,2	-4,2 ±8,34	75,5 ±8,23	72,4 ±2,08
* Die für die Berechnung erforderlichen Mengen an Kot-N wurden aus den Verdauungskoeffizienten der anderen Perioden abgeleitet				

Tabelle 6: Mikrobielle Proteinsynthese und Futterproteinabbau in den Vormägen (Versuch 1)

	Ration A		Ration B	
	Kontrolle	DL-Meth.	Kontrolle	Loprotin
Mikroben-Stickstoff				
g/Tag)	297,0 (297,9/296,0)	307,6 (307,2/308,0)	318,8 (320,2/317,3)	347,3 (352,6/341,9)
g/MJ ME)	1,65 (1,67/1,63)	1,68 (1,70/1,66)	1,90 (1,89/1,92)	2,02 (1,99/2,05)
Futterproteinabbau				
(%)	85,4 (84,3/86,5)	82,1 (80,8/83,4)	82,9 (82,8/83,1)	86,9 (84,3/89,5)

3,64 % (Kontrolle), 69,4 ± 2,50 % (Zn-Meth.) bzw. 67,9 ± 2,47 % (DL-Meth.).

2.2 Ergebnisse der Blutuntersuchung

Im Versuch 3 führten die Methioninzulagen (DL-Meth. bzw. Loprotin) 4 Stunden nach Beginn der Morgenfütterung zu einer signifikanten Zunahme des Methioningehaltes im Blut, wobei DL-Methionin eine ausgeprägtere Wirkung zeigte als Loprotin (Tabelle 9).

10 Stunden nach Fütterungsbeginn lag die Methioninkonzentration insgesamt höher. Der Zulageneffekt war jedoch - obwohl er sich zwischen den beiden Präparaten kaum unterschied - nur beim geschützten Zn-Methionin statistisch abzuschätzen. Auffallend waren große tierindividuelle Unterschiede. Dies war der Anlaß dazu, im 4. Versuch vier Kühe nacheinander jeder Behandlung zu unterziehen und als viertes Produkt ungeschütztes Zink-Methionin einzusetzen und häufiger Blut zu entnehmen.

Im Mittel der vier Tiere lag der Methioningehalt im Plasma während des Probennahmezeitraums lediglich bei Zulage des Loprotins durchweg höher als bei den zwei anderen Behandlungsvarianten sowie der Kontrollgruppe (Abbildung 2).

Die Prüfung der Mittelwerte der Differenzen zwischen den einzelnen Behandlungen und der Nullvariante auf Signifikanz (Tabelle 10) ergab bei allen vier Tieren einen signifikant höheren Methioningehalt im Blutplasma bei Verfütterung von ummanteltem Zn-Methionin (Loprotin). Die beiden anderen Produkte führten nur bei je einem Tier zu einem signifikanten Anstieg des Methioningehaltes im Blutplasma gegenüber der Kontrollperiode.

Bei einmaliger Gabe einer doppelten Dosis der einzelnen Methioninpräparate konnte beobachtet werden, daß DL-Methionin und Zn-Methionin gleich nach Fütterungsbeginn zu einem Anstieg des Methioningehaltes im Blutplasma führte. Nach 7-8 Stunden war aber wieder das Niveau der Kontrollbehandlung erreicht (Abbildung 3). Loprotin führte dagegen erst etwa 8 Stunden nach Fütterungsbeginn zu einem deutlich erhöhten Methioningehalt im Blutplasma.

Wird als Maß für die Menge an verfügbarem Methionin nicht die absolute Methioninmenge, sondern das Methionin : Valin-Verhältnis herangezogen - um Faktoren wie Verbrauch des absorbierten Methionins zur Proteinsynthese oder Änderungen des Blutvolumens stärker zu eliminieren (Whiting et al. 1972) - so bestätigen sich lediglich die zuvor beschriebenen Ergebnisse.

3. Diskussion

Ein eindeutiger Effekt der eingesetzten Methioninpräparate auf den pH-Wert, die Fettsäurenkonzentration und das Fettsäurenmuster im Pansensaft konnte in den vorliegenden Versuchen ebenso wenig beobachtet werden, wie bei einer Durchsicht der Literatur. Während die Methioninzulagen im ersten Versuch wie auch bei Rosser et al. (1971) sowie Illg et al. (1987) zu einer Erweiterung des Essig- : Propionsäureverhältnisses führten, wurde im zweiten Versuch ebenso wie von Hutjens und Schultz (1971), Yang et al. (1986) und Munneke et al. (1991) eine Verengung beobachtet. Whiting et al. (1973), Casper et al. (1987), Casper und Schingoethe (1988) sowie Schingoethe et al. (1988) fanden dagegen keine Veränderung und in den Untersuchungen von Stokes et al. (1981) und Lundquist et al. (1985 a) änderte sich die Wirkung der Methioninpräparate auf das Fettsäurenmuster, je nachdem welches Produkt eingesetzt wurde bzw. inwieweit der Rohproteinbedarf der Tiere gedeckt war.

Auch den in der vorliegenden Arbeit in Übereinstimmung mit Yang et al. (1986) und Casper et al. (1987) beobachteten Anstieg der Gesamtfettsäurenkonzentration bei gleichzeitig abfallendem pH-Wert fanden Casper und Schingoethe (1988) sowie Munneke et al. (1991) nur in Einzelfällen.

Tabelle 7: Aufnahme, Duodenalfluß und Ausscheidung von Methionin

	Aufnahme (g/Tag)	Fluß am Duodenum (g/Tag)	(% d. Zufuhr) ohne Zulage	Ausscheidung im Kot (g/Tag)	(% d. Duod.- flusses)
Ration A					
Kontrolle	39,5	40,8	103,1	11,8	29,0
		(40,7/40,8)	(103,0/103,3)	(13,4/10,2)	(32,9/25,0)
Loprotin	60,6	41,9	103,3	12,6	30,0
		(44,3/39,6)	(109,1/97,5)	(13,9/11,3)	(31,4/28,5)
DL-Methionin	60,2	39,4	98,0	-	-
		(35,3/43,5)	(87,8/108,2)		
Ration B					
Kontrolle	44,2	43,3	97,8	14,8	34,3
	(45,1/43,3)	(46,3/40,2)	(102,7/92,8)	(14,7/14,8)	(31,7/336,8)
Loprotin	64,7	48,8	109,4	--	--
	(66,6/62,7)	(50,5/47,1)	(108,4/110,3)		
DL-Meth.	64,8	43,6	97,4	15,6	36,4
	(64,9/64,7)	(49,0/38,3)	(109,1/85,7)	(15,2/16,0)	(31,0/41,8)
Ration C					
Kontrolle	49,5	34,2	69,3	--	--
	± 5,69	± 4,53	± 6,70		
Loprotin	83,4	36,1	68,0	--	--
	± 5,55	± 5,35	± 11,85		
DL-Meth.	89,0	38,7	65,9	--	--
	± 5,68	± 3,24	± 7,28		

Unverständlich ist die in Versuch 1 durch die Zulagen bedingte Erhöhung der Ammoniakkonzentration. Dieser Anstieg der im zweiten Versuch sowie bei anderen Autoren (Yang et al., 1986, Casper et al., 1987, Casper und Schingoethe, 1988, Illg et al., 1987, Schingoethe et al., 1988, Munneke et al., 1991) nicht vorhanden war, kann weder durch einen eventuellen Abbau der Präparate, noch durch einen erhöhten Futterproteinabbau oder eine reduzierte Verwertung des abgebauten Futterproteins für die mikrobielle Proteinsynthese erklärt werden. Umgekehrt zeigten In-vitro-Versuche von Gil und Shirley (1972) sogar eine verstärkte N-Assimilation durch Methioninzulagen.

Die z. T. widersprüchlichen Befunde hinsichtlich der pansenphysiologischen Parameter dürften vor allem durch die komplexen Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Methioninverbindungen, der Rationszusammensetzung und der Mikrobenpopulation bedingt sein. Häufig wird z.B. von einer Stimulierung des Protozoenwachstums durch Methioninzulagen insbesondere bei kraftfutterreichen Rationen berichtet (Patton et al., 1970, De Vuyst et al., 1975, Lundquist et al., 1985a). Ein hiermit in Verbindung gebrachter Effekt auf die Lipidsynthese (Patton et al., 1968, 1970a) könnte eventuell für die in der vorliegenden Arbeit beobachteten Unterschiede in der Beeinflussung der Rohfettverdaulichkeit mitverantwortlich sein.

Hinsichtlich der mikrobiellen Proteinsynthese bestätigen die vorliegenden Ergebnisse tendenziell die aufgrund einer Literaturübersicht von Doil (1985) gemachte Aussage, daß Methioninzulagen einen positiven Effekt haben. Dies war zwar statistisch nicht abzuschließen, führte aber aufgrund eines gleichzeitig geringfügig reduzierten Futterproteinabbaus zu einer Erhöhung des Stickstoffflusses am Duodenum. Die Menge an Methionin, die das Duodenum erreichte, war jedoch gegenüber der Kontrollvariante nur beim Einsatz des ummantelten Zn-Methionins (Loprotin) bei Ration B geringfügig erhöht. Aus dieser Variante errechnet sich ein intraruminaler Abbau für das Loprotin von 73 %, der damit in etwa dem von Hagemeyer et al. (1985) für geschütztes Methionin ermittelten Wert von 69-73 % entspricht. Ayoade et al. (1982) fanden nach Verabreichung eines Methionin-Äthylesters an Schafe nur 19 % des zugesetzten Methionins am Duodenum; Jones et al. (1988) nach Einsatz eines Methionin-Hydroxy-Analogs bei Kühen nur 1 %. Auch in kontinuierlichen Fermenter-

Tabelle 8: Anteil des Aminosäurenstickstoffs am Rohprotein des Duodenalchymus (in %) (n=8)

	Kontrolle	Loprotin	DL-Meth
ASP	9,1 ± 0,65	9,0 ± 0,32	8,8 ± 0,24
THR	3,8 ± 0,85	4,4 ± 0,51	4,5 ± 0,39
SER	4,7 ± 0,26	4,7 ± 0,28	4,7 ± 0,24
GLU	9,7 ± 0,25	10,0 ± 0,33	9,9 ± 0,32
PRO	4,1 ± 0,30	3,9 ± 0,18	3,9 ± 0,15
GLY	11,7 ± 0,62	11,4 ± 0,66	11,2 ± 0,77
ALA	7,2 ± 0,47	7,0 ± 0,51	7,1 ± 0,51
CYS	1,8 ± 0,30	1,8 ± 0,20	1,8 ± 0,13
VAL	5,0 ± 0,51	5,1 ± 0,65	5,1 ± 0,52
MET	1,3 ± 0,09	1,3 ± 0,08	1,2 ± 0,14
ILE	4,0 ± 0,18	3,9 ± 0,30	4,0 ± 0,32
LEU	6,3 ± 0,13	6,1 ± 0,18	6,2 ± 0,05
TYR	2,6 ± 0,23	2,6 ± 0,24	2,6 ± 0,25
PHE	3,1 ± 0,25	3,1 ± 0,24	3,1 ± 0,22
LYS	10,2 ± 0,17	10,4 ± 0,26	10,4 ± 0,41
HIS	4,2 ± 0,10	4,2 ± 0,10	4,2 ± 0,16
ARG	11,4 ± 0,58	11,3 ± 0,54	11,3 ± 0,68
	68,5 ± 3,64	69,4 ± 2,50	67,9 ± 2,47

Tabelle 9: Methioningehalt im Blutplasma 4 bzw. 10 Stunden nach Beginn der Morgenfütterung ($\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$) - Versuch 3 -

Blutentnahme-Zeitpunkt	9.30 h	15.30 h
Kontrolle	5,91 ^a ±1,85	10,21 ^a ±3,31
DL-Methionin	13,24 ^c ±1,31	15,19 ^{ab} ±4,73
Loprotin	10,09 ^b ±1,68	15,68 ^b ±2,93
a < b < c (p ≤ 0,05)		

kulturen konnte nach dem Einsatz von 0,29 % geschütztem Methionin kein Anstieg im Methioningehalt des Abflusses beobachtet werden (Guillaume et al., 1991) und auch ein durch Lipidummantelung geschütztes Methionin blieb in Schafversuchen von Smith und Boling (1984) ohne Einfluß auf den Methioninfluß am Labmagen. Kaufmann et al. (1980) geben für lipidummanteltes Methionin einen Abbau von 80-85 % bzw. 40-50 % (je nach Produkt) an.

In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen fanden jedoch sowohl Ayoade et al. (1982) als auch Smith und Boling (1984) einen z.T. signifikanten Anstieg

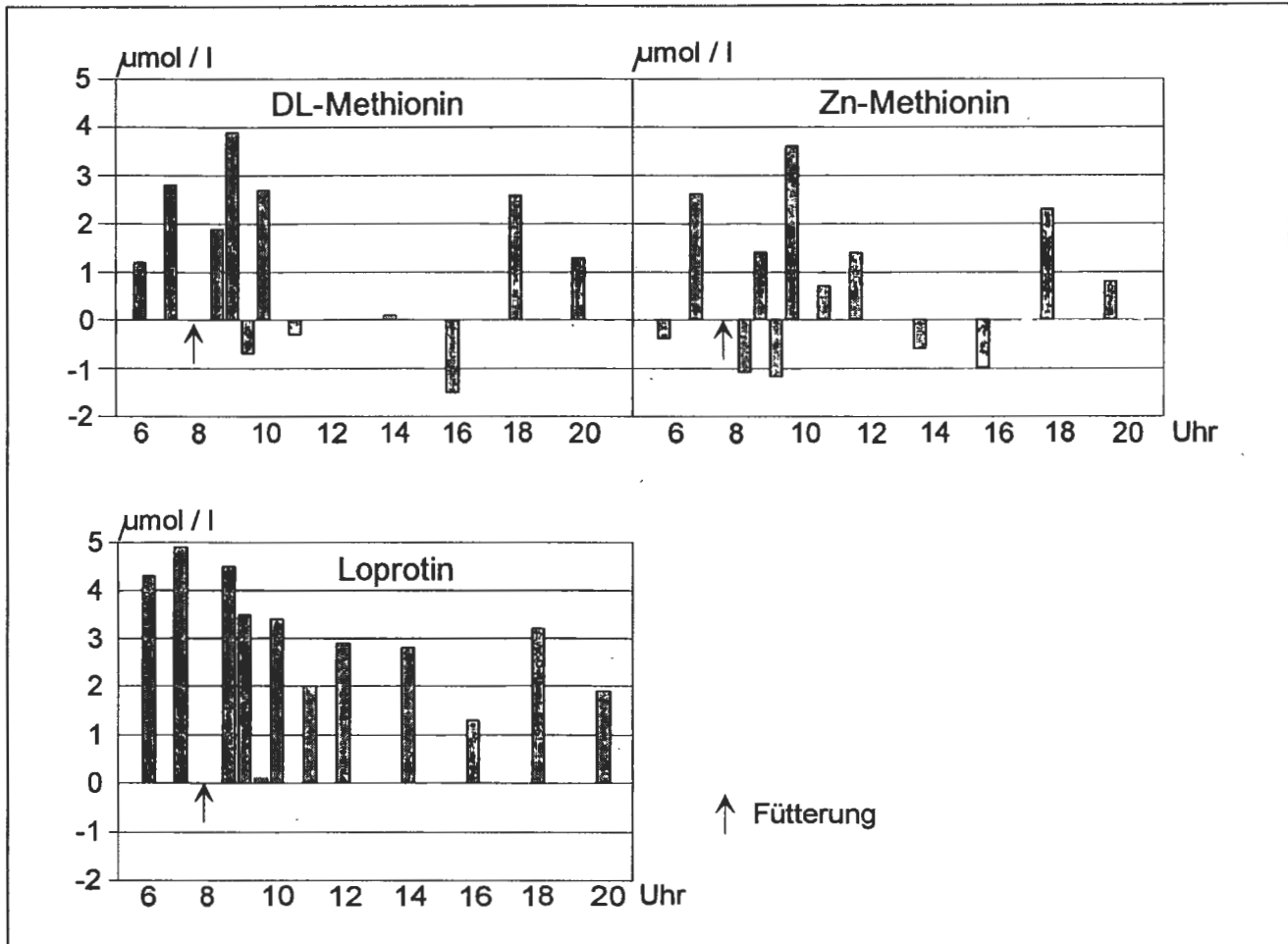


Abbildung 2: Abweichung des Methioningehaltes im Blutplasma der Behandlungsgruppen vor der Kontrollgruppe im Mittel der vier Kühe ($\mu\text{mol/l}$)

der Methioninkonzentration im Blutplasma bei den Tieren, die geschütztes Methionin erhalten hatten. Smith und Boling (1984) diskutieren deshalb eine Absorption von Methionin vor dem Duodenum. Die Möglichkeit einer Absorption von Aminosäuren aus dem Pansen haben u.a. Cook et al. (1961) und Webb et al. (1993) aufgezeigt. Auch Gosh-

tasbpour-Parsi et al. (1977) erklären die Tatsache, daß sie am Labmagen von Schafen häufig geringere Aminosäuremengen fanden als am Blättermagen, mit einer möglichen Absorption zwischen diesen beiden Kompartimenten.

Bei einem Vergleich der Methioningehalte im Blutplasma der Tiere im vierten Versuch, die bereits vierzehn Tage vor der Blutentnahme Methioninzulagen erhielten, mit der Kuh, die am Tag der Blutentnahme erstmals mit der Morgenfütterung die Methioninpräparate erhielt, fällt auf, daß bei ersteren der Methioningehalt bereits vor der Fütterung anstieg. Besonders deutlich ist dies beim Einsatz des Loprotins. Während nach einmaliger Gabe von Loprotin der Methioningehalt im Blutplasma nach der Gabe erst langsam anstieg, nahm er bei den Tieren, die schon länger Loprotin erhielten, bereits kurz nach der Fütterung wieder ab. Dies deutet darauf hin, daß das mit der vorausgegangenen Abendfütterung über Loprotin verabreichte Methionin erst zu diesem Zeitpunkt in größerem Umfang in der Blutbahn er-

Tabelle 10: Mittelwerte der Differenzen zwischen den Methioningehalten im Blutplasma der Versuchsgruppen und der Nullvariante ($\mu\text{mol l}^{-1}$)

Kuh	DL-Meth.	Zn-Meth.	Loprotin
1	+ 0,13	+ 0,88	+ 3,28**
2	+ 0,65	+ 2,10*	+ 3,25*
3	- 1,69	- 1,07	+ 2,12*
4	+ 5,40***	+ 0,78	+ 2,91*
1-4	+ 1,13	+ 0,67	+ 2,90***

Abweichung des Mittelwertes der Paardifferenzen von Null:

- * $p \leq 0,05$
- ** $p \leq 0,01$
- *** $p \leq 0,001$

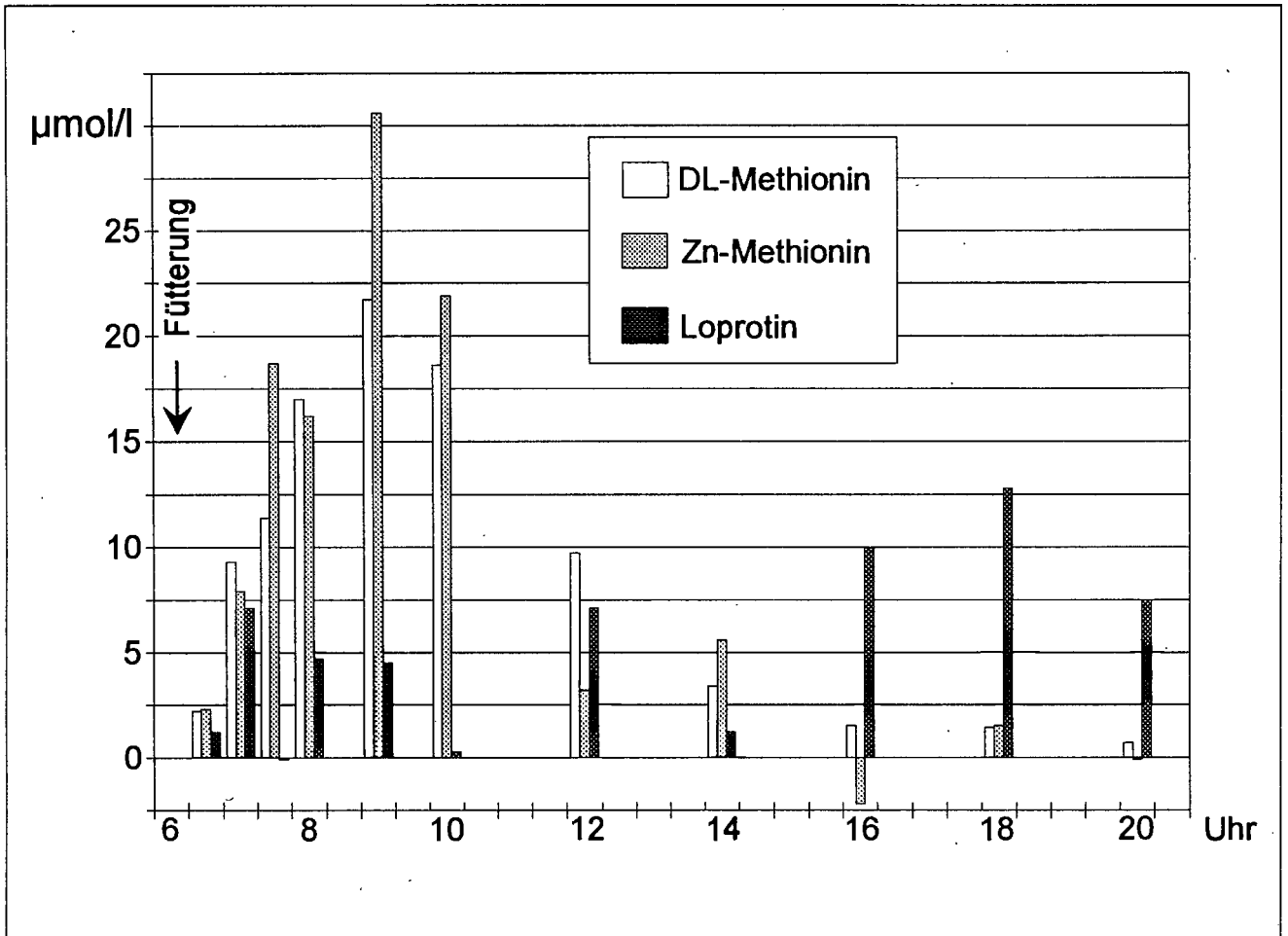


Abbildung 3: Anstieg des Methioningehaltes im Blutplasma nach einmaliger Gabe von 30 g Met-äquivalent über drei verschiedene Produkte gegenüber einer Kontrollbestimmung ohne Met-Zulage ($\mu\text{mol/l}$)

schien und deckt sich mit dem Befund, daß Loprotin nach erstmaliger Gabe erst 10 bis 12 Stunden später zu einem deutlichen Anstieg des Methioningehaltes im Blutplasma führte. Zu dem gleichen Ergebnis führten auch Untersuchungen von Hagemister (1984). Somit steht das geschützte Methionin dem Tier nicht gleichmäßig über den Tag verteilt zur Verfügung, sondern vor allem später als das ungeschützte.

Die dargestellten Ergebnisse lassen sich nur in Einklang bringen, wenn man einen zumindest teilweisen Abbau aller Methioninzulagen in den Vormägen und eine Absorption von Methionin vor dem Duodenum postuliert. Zudem scheint der Effekt von der Zusammensetzung der Ration abzuhängen.

4. Zusammenfassung

In vier Versuchen wurde der Einfluß geschützten und ungeschützten Methionins auf die pansenphysiologischen Parameter, die Stoffumsetzungen in den Vormägen, den Aminosäurenfluß am Duodenum bzw. die Methioningehalte im Blutplasma untersucht. Für die Versuche standen insgesamt vier schwarzbunte Milchkühe mit Pansenfistel und Duodenalkanüle und 15 unfistulierte Tiere zur Verfügung. Die Futterrationen setzten sich aus Maissilage, Heu und Kraftfutter (42 % : 10 % : 48 %, Versuch 1 A), Lieschkolbenschrotsilage, Ganzpflanzensilage und Kraftfutter (41 % : 42 % : 17 %, Versuch 1 B), Heu und Kraftfutter (54 % : 46 %, Versuch 2 C), Grassilage und Kraftfutter (42 % : 58 %, Versuch 3) bzw. Maissilage, Heu und Kraftfutter (40,5 % : 19 % : 40,5 %, Versuch 4) zusammen.

Die Trockenmasseaufnahme betrug während der einzelnen Versuche durchschnittlich 15,5 bis 16,5 kg je Tier und Tag. Als Methioninpräparate kamen ungeschütztes DL-Methionin, Zn-Methionin bzw. ummanteltes Zn-Methionin (Loprotin) zum Einsatz. Während im ersten Versuch 20 g Methionin-Äquivalent per fistulam in den Pansen eingegeben wurde, erhielten die Tiere in den übrigen Versuchen 30 g (Versuch 2 und 3) bzw. 15 g (Versuch 4) Methionin-Äquivalent über das Kraftfutter.

Ein Einfluß der Zulagen auf die Rohrnährstoffverdaulichkeit konnte nicht beobachtet werden. Auch der Einfluß auf die Fermentationsvorgänge in den Vormägen war insgesamt nur gering. Der pH-Wert im Pansensaft war bei leicht erhöhter Konzentration an flüchtigen Fettsäuren etwas erniedrigt. Das Essig- : Propionsäureverhältnis wurde im ersten Versuch leicht erweitert, dagegen im zweiten Versuch leicht verengt. Auch auf die Ammoniakkonzentration war der Einfluß der Zulagen uneinheitlich. Ein Unterschied zwischen geschütztem und ungeschütztem Methionin war nicht zu beobachten. Ebenso zeichnete sich kein Einfluß der Zulage auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz in den Vormägen ($40,3\% \pm 2,5$) und die Menge an Stickstoff am Duodenum ab. Hinsichtlich der mikrobiellen Proteinsynthese zeichnete sich eine geringfügige Erhöhung durch die Methioninzulagen ab. Die Methioninanflutung am Duodenum wurde lediglich durch Loprotin bei Ration B (Versuch 1) tendenziell erhöht (um 28 % der Zulage). Dagegen führte sowohl geschütztes als auch ungeschütztes Methionin zu einer Erhöhung des Methionin-

gehalten im Blutplasma. Während dieser Effekt bei ungeschütztem DL-Methionin und Zn-Methionin nur kurz nach der Verabreichung auftrat, konnte er bei Verabreichung des Loprotins erst deutlich verzögert beobachtet werden.

Effects of protected and unprotected methionine on the digestive processes and on the methionine content of blood plasma in dairy cows

A total of 19 lactating cows (four of them being fitted with rumen fistulae and duodenal cannulae) was used in 4 experiments to study the effects of protected and unprotected methionine supplements on qualitative and quantitative parameters of rumen fermentation, on the flow of amino acids to the duodenum and on the methionine content of blood plasma.

In experiment 1 A the ration was based on maize silage, hay and concentrates (42 % : 10 % : 48 %); in experiment 1 B on maize ear silage, whole crop silage and concentrates (41 % : 42 % : 17 %); in experiment 2 on hay and concentrates (54 % : 46 %); in experiment 3 on grass silage and concentrates (42 % : 58 %) and in experiment 4 on maize silage, hay and concentrates (40.5 % : 19 % : 40.5 %). Daily dry matter intake per animal ranged between 15.5 kg and 16.5 kg. As methionine source unprotected DL-methionine, Zn-methionine or protected Zn-methionine (Loprotin) were applied. In exp. 1 20 g methionine equivalents were given per fistulam into the rumen, whereas in exp. 2 and 3 30 g and in exp. 4 15 g methionine equivalents were provided with the concentrates.

An influence of methionine supplements on the digestibility of crude nutrients could not be detected. The effects on fermentation processes in the rumen were found to be small: the pH-value in the rumen fluid was slightly reduced, although the concentration of volatile fatty acids was somewhat increased. Ratios of acetate : propionate were slightly altered, with the portions of acetate being higher in exp. 1 and lower in exp. 2 and the portions of propionate being lower in exp. 1 and higher in exp. 2. Also ammonia concentrations were not influenced uniformly without differences after application of protected or unprotected methionine. The methionine supplements did not effect the digestibility of organic matter in the forestomachs ($40.3\% \pm 2.5$) and the flow of nitrogen to the duodenum. Microbial protein synthesis was slightly increased, whereas the methionine flux to the duodenum tended to increase (about 28 % of the application rate) only when Loprotin (exp. 1 B) was applied. In contrast protected and unprotected methionine supplements as well increased the methionine concentration of the blood plasma. In the case of DL-methionine and Zn-methionine this effect was observed short after application whereas a remarkable delay after Loprotin application could be detected.

Literatur

- Ayoade, J.A.; Buttery, P.J. und Lewis, D. (1982): Studies on methionine derivatives as possible sources of protected methionine in ruminant rations. - J. Sci. Food Agric. 33, S. 949-956.
- Brandt, M. und Rohr, K. (1981): Beiträge zur Quantifizierung der N-Umsetzungen in den Vormägen von Milchkühen. 1. Mitt.: Bestimmung des Mikrobenstickstoffs im Duodenalchymus mit Hilfe von ^{15}N . - Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 46, S. 39-48.
- Burgstaller, G.; Zywczyk, H.; Mogalle, H. und Lindner, J.P. (1983): Zum Einsatz von geschütztem Sojaprotein und von N-Hydroxymethyl-DL-Methionin-Calcium in der Fütterung von hochleistenden Milchkühen. 1. Mitt.: Futterverzehr und Milchleistung. - Züchtungskde. 55, S. 275-288.
- Casper, D.P.; Schingoethe, D.J.; Yang, C.-M.J. und Mueller, C.R. (1987): Protected methionine supplementation with extruded blend of soybeans and soybean meal for dairy cows. - J. Dairy Sci. 70, S. 321-330.
- Casper, D.P. und Schingoethe, D.J. (1988): Protected methionine supplementation to a barley-based diet for cows during early lactation. - J. Dairy Sci. 71, S. 164-172.
- Chamberlain, D.G. und Thomas, P.C. (1982): Effect of intravenous supplements of L-methionine on milk yield and composition in cows given silage-cereal diets. - J. Dairy Res. 49, S. 25-28.
- Chandler, P.T.; Brown, C.A.; Johnston, jr. R.P.; MacLeod, G.K.; McCarthy, R.D.; Moss, B.R.; Rakes, A.H. und Satter, L.D. (1976): Protein and methionine hydroxy analog for lactating cows. - J. Dairy Sci. 59, S. 1897-1909.
- Clark, J.H. (1975): Lactational responses to postprandial administration of proteins and amino acids. - J. Dairy Sci. 58, S. 1178-1197.
- Cook, R.M.; Brown, R.E. und Davis, C.L. (1961): Ruminant absorption of amino acids. - J. Dairy Sci. 44, S. 1203-1204.
- De Vuyst, A.; Van Belle, M.; Jossart, A. und Baguette, A. (1975): The effect of methionine hydroxy analog supplementation of the diet on the concentration of ciliat protozoa in the rumen of sheep. - Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 35, S. 316-321.
- Doil, G. (1985): Einfluß von N-Hydroxymethyl-DL-Methionin-Ca auf Milchleistung und ketoserelevante Blutparameter bei bedarfsgerecht und restriktiv gefütterten Milchkühen. - Diss. Hannover.
- Emmanuel, B. und Kennelly, J.J. (1984): Kinetics of methionine and choline and their incorporation into plasma lipids and milk components in lactating goats. - J. Dairy Sci. 67, S. 1912-1918.
- Gil, A. und Shirley, R.L. (1972): Effect of methionine hydroxy analogue-Ca (MHA) on rumen bacteria, in vitro. - J. Anim. Sci. 34, S. 359.
- Gil, L.A.; Shirley, R.L. und Moore, J.E. (1973): Effect of methionine hydroxy analog on bacterial protein synthesis

- from urea and glucose, starch or cellulose by rumen microbes, in vitro. - *J. Anim. Sci.* 37, S. 159-163.
- Goshtasbpour - Parsi, B.G.; Ely, D.G. und Boling, J.A. (1977): Influence of level of feed consumption on nitrogen components reaching the omasum and abomasum of lambs. - *J. Anim. Sci.* 44, S. 271-275.
- Guillaume, B.; Otterby, D.E.; Stern, M.D.; Linn, J.G. und Johnson, D.G. (1991): Raw or extruded soybeans and rumen-protected methionine and lysine in alfalfa-based diets for dairy cows. - *J. Dairy Sci.* 74, S. 1912-1922.
- Hagemeister, H. (1984): Methoden zur Messung der Schutzrate verschiedener Methioninformen. - Aktuelle Themen der Tierernährung, Lohmann Tierernährung GmbH, Cuxhaven, Nov. 1983, 1984, S. 89-95.
- Hagemeister, H.; Steinberg, W. und Kaufmann, W. (1985): Messung der Schutzrate von Methioninpräparaten bzw. -derivaten anhand der Methioninspiegel des Plasmas bei Schafen und Milchkühen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 92, S. 402-405.
- Huber, J.T.; Emery, R.S.; Bergen, W.G.; Liesman, J.S.; Kung, jr. L. und King, K.J. (1984): Influences of methionine hydroxy analog on milk and milk fat production, blood serum lipids, and plasma amino acids. - *J. Dairy Sci.* 67, S. 2525-2531.
- Hutjens, M.F. und Schultz, L.H. (1971): Addition of soybeans or methionine analog to high-concentrate rations for dairy cows. - *J. Dairy Sci.* 54, S. 1637-1644.
- Illg, D.J.; Sommerfeldt, J.L. und Schingoethe, D.J. (1987): Lactational and systemic responses to the supplementation of protected methionine in soybean meal diets. - *J. Dairy Sci.* 70, S. 620-629.
- Jenny, B.F.; van Dijk, H.J.; Grimes, L.W. und O'Dell, G.D. (1980): Effect of methionine hydroxy analog and two levels of protein in complete feeds fed to cows in early lactation. - *J. Dairy Sci.* 63 (Suppl. 1) S. 182.
- Jones, B.A.; Mohamed, O.E.; Prange, R.W. und Satter, L.D. (1988): Degradation of methionine hydroxy analog in the rumen of lactating cows. - *J. Dairy Sci.* 71, S. 525-529.
- Kaufmann, W.; Lüppling, W. und Hagemeister, H. (1980): Protected protein and protected amino acids and their significance in the protein metabolism in ruminants. - Proc. 3. Europ. Ass. Anim. Prod. on Protein Metabolism and Nutrition (Oslage, H.J. and Rohr, K., eds.) Braunschweig, S. 561-571.
- Kenna, T.M. und Schwab, C.G. (1981): Evaluation of N-Hydroxy-methyl-DL-Methionin-Ca and Di-Hydroxymethyl-L-Lysine-Ca in a blended corn based ration for lactating cows. - *J. Dairy Sci.* 64, S. 775-781.
- Kersting, G. (1984): Ein experimenteller Beitrag zur Beeinflussung der quantitativen und qualitativen Leistung bei Milchkühen durch ein "geschütztes" Methionin-Supplement. - Diss. Göttingen.
- Lettnner, F. (1983): Einsatz von geschütztem Methionin in der Milchviehfütterung. - *Förderdienst* 31, S. 228-231.
- Lundquist, R.G.; Otterby, D.E. und Linn, J.G. (1981): Influence of dietary methionine hydroxy analog and protein percentage on milk production. - *J. Anim. Sci.* 52 (Suppl. 1), S. 415.
- Lundquist, R.G.; Stern, M.D.; Otterby, D.E. und Linn, J.G. (1985a): Influence of methionine hydroxy analog and DL-methionine on rumen protozoa and volatile fatty acids. - *J. Dairy Sci.* 68, S. 3055-3058.
- Lundquist, R.G.; Otterby, D.E. und Linn, J.G. (1985b): Influence of three concentrations of DL-methionine or methionine hydroxy analog on milk yield and milk composition. - *J. Dairy Sci.* 68, S. 3350-3354.
- Lüppling, W. und Kaufmann, W. (1980): Möglichkeiten einer besseren Eiweißversorgung von Hochleistungskühen in der Laktationsspitze durch Zulage von geschütztem Methionin - Ergebnisse von Fütterungsversuchen. - *Der Tierzüchter* 32, S. 343-345.
- Maeng, W.J.; van Nessel, C.J. und Baldwin, R.L. (1976): Rumen microbial growth rates and yields: Effects of amino acids and protein. - *J. Dairy Sci.* 59, S. 68-79.
- Mephann, T.B. (1976): Amino acid supply as a limiting factor in milk and muscle synthesis. - In: Swan, H. and Broster, W.H. (Eds.), Principles of cattle production. Butterworths, London, S. 201-219.
- Munneke, R.L.; Schingoethe, D.J. und Casper, D.P. (1991): Lactational evaluation of ruminally protected methionine in diets containing extruded soybeans and urea. - *J. Dairy Sci.* 74, S. 227-233.
- Orskov, E.R.; Fraser, C. und McDonald, I. (1971): Digestion of concentrates in sheep. 1. The effect of increasing the concentration of soybean meal in a barley diet on apparent disappearance of feed constituents along the digestive tract. - *Br. J. Nutr.* 25, S. 225-233.
- Papas, A.M.; Sniffen, C.J. und Muscato, T.V. (1984): Effectiveness of rumen-protected methionine for delivering methionine posturally in dairy cows. - *J. Dairy Sci.* 67, S. 545-552.
- Patton, R.A.; McCarthy, R.D. und Griel, jr., L.C. (1968): Lipid synthesis by rumen microorganisms. I. Stimulation by methionine in vitro. - *J. Dairy Sci.* 51, S. 1310-1311.
- Patton, R.A.; McCarthy, R.D.; Keske, L.G.; Griel, jr., L.C. und Baumgardt, B.R. (1970): Effect of feeding methionine hydroxy analog on the concentration of protozoa in the rumen of Sheep. - *J. Dairy Sci.* 53, S. 933-935.
- Patton, R.A.; McCarthy, R.D. und Griel, L.C. (1970a): Lipid synthesis by rumen microorganism: II. Further characterization of the effect of methionine. - *J. Dairy Sci.* 53, S. 460-465.
- Rogers, J.A.; Clark, J.H.; Drendel, T.R. und Fahey, jr., G.C. (1984): Milk production and nitrogen utilization by dairy cows infused posturally with sodium caseinate, soybean meal, or cottonseed meal. - *J. Dairy Sci.* 67, S. 1928-1935.

- Rohr, K.; Brandt, M.; Castrillo, O.; Lebzien, P. und Assmus, G. (1979): Der Einfluß eines teilweisen Ersatzes von Futterprotein durch Harnstoff auf den Stickstoff- und Aminosäurenfluß am Duodenum. - *Landbauforschung Völkenrode* 29, S. 32-40.
- Rosser, R.A.; Polan, C.E.; Chandler, P.T. und Bibb, T.L. (1971): Effects of whey components and methionine analog on bovine milk fat production. - *J. Dairy Sci.* 54, S. 1807-1816.
- Salter, D.N.; Daneshvar, K. und Smith, R.H. (1979): The origin of nitrogen incorporated into compounds in the rumen bacteria of steers given protein- and urea containing diets. - *Br. J. Nutr.* 41, S. 197-209.
- Schingoethe, D.J.; Casper, D.J.; Yang, C.; Illg, D.J.; Sommerfeld, J.L. und Mueller, C.R. (1988): Lactational response to soybean meal, heated soybean meal, and extruded soybeans with ruminally protected methionine. - *J. Dairy Sci.* 71, S. 173-180.
- Schwab, C.G.; Satter, L.D. und Clay, A.B. (1976): Response of lactating dairy cows to abomasal infusions of amino acids. - *J. Dairy Sci.* 59, S. 1254-1270.
- Smith, S.J. und Bowling, J.A. (1984): Lipid coating as a made of protecting free methionine from ruminal degradation. - *J. Anim. Sci.* 58, S. 187-193.
- Stokes, M.R.; Clark, J.H. und Steinmetz, L.M. (1981): Performance of lactating dairy cows fed methionine or methionine analog at two concentrations of dietary crude protein. - *J. Dairy Sci.* 64, S. 1686-1694.
- Vandersall, J.H.; Russek, E. und Douglass, L.W. (1980): The effect of graded levels of methionine hydroxy analog on milk production, milk composition and feed intake of high producing dairy cows. - *J. Dairy Sci.* 63 (Suppl. 1), S. 140.
- Voigt, J. und Steger, H. (1967): Zur quantitativen Bestimmung von Ammoniak, Harnstoff und Ketokörpern in biologischem Material mit Hilfe eines modifizierten Mikrodiffusionsgefäßes. - *Arch. Tierernähr.* 17, S. 289-293.
- Webb, K.E. jr.; Dirienzo, D.B. und Matthews, J.C. (1993): Recent developments in gastrointestinal absorption and tissue utilization of peptides: A review. - *J. Dairy Sci.* 76, S. 351-361.
- Weidner, K. und Eggum, B.O. (1966): Proteinhydrolysis: a description of the method used at the department of animal physiology in Copenhagen. - *Acta Agric. Scand.* 16, S. 115-119.
- Whiting, F.M.; Stull, J.W. und Brown, W.H. (1972): Free amino acid ratios in rumen fluid, bloodplasma, milk, and feces during methionine and methionine hydroxy analog supplementary feeding. - *J. Dairy Sci.* 55, S. 983-988.
- Whiting, F.M.; Stull, J.W. und Brown, W.H. (1973): Fatty acid ratios in rumen fluid, blood serum, and milk during methionine and methionine hydroxy analog supplementary feeding. - *J. Dairy Sci.* 56, S. 666.
- Yang, C.-M.J.; Schingoethe, D.J. und Casper, D.P. (1986): Protected methionine and heat-treated soybean meal for high producing dairy cows. - *J. Dairy Sci.* 69, S. 2348-2357.
- Verfasser: Lebzien, Peter, Dr. agr., Rohr, Klaus †, Professor Dr. agr., ehemaliger Leiter des Instituts für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), komm. Leiter: Prof. Dr. Joachim Piotrowski;
- Engling, Franz-Peter, Dr. agr., LUFA-Oldenburg, Jägerstr. 23-27, 26121 Oldenburg.