

## Der Einfluß von Guarmehl auf die endogene Stickstoffausscheidung bei Ratten, bestimmt mit Hilfe der $^{15}\text{N}$ -Tracer-Technik

A.-E. Harmuth-Hoene und H. Müller

Institut für Biochemie und Zentrallaboratorium für Isotopentechnik,  
Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

### Zusammenfassung

Zur Bestimmung der endogenen Stickstoffausscheidung im Kot wurde acht jungen Ratten (90 bis 100 g Körpergewicht) eine orale Dosis von 75 mg  $^{15}\text{N}$ -Glycin verabreicht. Vier Ratten erhielten eine 8%ige Guarmehldiät und vier Ratten eine Kontrolldiät ohne Guarmehlzusatz. Gegenüber der Kontrollgruppe wurde eine signifikante Verringerung der scheinbaren Proteinverdaulichkeit und der N-Bilanz in der Guarmehlgruppe festgestellt. Nach einem anfänglichen steilen Anstieg verlief die  $^{15}\text{N}$ -Elimination in Kot und Urin vom 2. bis 8. Tag nach der  $^{15}\text{N}$ -Glycin-Applikation exponentiell in mindestens zwei Phasen mit steigender Halbwertszeit. Aus den experimentell ermittelten Tageswerten des  $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschusses in Urin und Kot wurde der Anteil des endogenen Stickstoffs im gesamten Kotstickstoff berechnet. Hierbei wurde vorausgesetzt, daß die spezifische  $^{15}\text{N}$ -Aktivität des Urins ( $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschuß) dem  $^{15}\text{N}$ -Markierungsgrad des endogenen Stickstoff-Pools entspricht. Durch Guarmehlzusatz erhöhte sich der Anteil des endogenen Kotstickstoffs von 51 % (Kontrollgruppe) auf 73 %, was einem Anstieg von 10 mg N/Tag auf 32 mg N/Tag entspricht. Diese Differenz von 22 mg N/Tag ist vergleichbar mit dem um 24 mg/Tag erhöhten N-Verlust im Kot der Tiere in der Guarmehlgruppe. Demnach sind die durch Guarmehl verursachten erhöhten N-Verluste fast ausschließlich durch eine vermehrte endogene N-Sekretion und nicht durch unverdautes Nahrungsprotein bedingt.

Mit Hilfe der 2,6-Diamino-pimelinsäure-Analyse des Kots von vier Ratten wurde der Anteil des aus Darmbakterien stammenden Kot-N bestimmt. Er betrug 19,8 % (Kontrollgruppe) bzw. 30,1 % (Guarmehlgruppe) des Gesamt-Kot-N bzw. 39,4 % (Kontrollgruppe) und 44,4 % (Guarmehlgruppe) des endogenen Kot-N. Hieraus ist zu folgern, daß die erhöhte Ballaststoffzufuhr auch eine vermehrte Ausscheidung an endogenem Stickstoff in Form von N-haltigen Sekreten und Epithelzellen des Magen-Darm-Traktes bewirkt hat.

### Summary

The metabolic fecal nitrogen was determined in 8 young rats (90–100 g body weight) using a single oral dose of 75 mg  $^{15}\text{N}$ -glycine. Four rats were fed a diet containing 8 % guar and 4 rats received a control diet without guar. Compared to the control group, apparent protein digestibility and nitrogen balance were significantly lower in the guar group. After an initial steep rise the  $^{15}\text{N}$ -elimination in feces and urine (days 2–8 after  $^{15}\text{N}$ -glycine application) followed an exponential curve in at least 2 phases, with increasing half-time values. The proportion of metabolic fecal nitrogen to total fecal nitrogen was calculated from the  $^{15}\text{N}$ -atom-% excess, deter-

mined daily in urine and in feces. This calculation is based on the assumption that the specific  $^{15}\text{N}$ -activity ( $^{15}\text{N}$ -atom-% excess) in urine represents the specific  $^{15}\text{N}$ -activity of the endogenous nitrogen pool. The addition of guar raised the proportion of metabolic fecal nitrogen from 51 % (control) to 73 %, corresponding to an increase in total fecal nitrogen loss (24 mg) observed in the guar-fed animals. This indicates that the rise in fecal nitrogen loss caused by guar is due almost entirely to enhanced secretion of endogenous nitrogen and not to undigested food protein.

Based on the analysis of 2,6-diamino-pimelic acid in the feces of 4 rats the proportion of bacterial nitrogen in the feces was calculated. It amounted to 19.8 % of total fecal N in the control group, and to 30.1 % in the guar group, or to 39.4 % and 44.4 % of metabolic fecal nitrogen respectively. Obviously the increased dietary fiber intake also caused a rise in the amount of metabolic fecal nitrogen, which is derived from gastro-intestinal secretions and epithelial tissue.

*Schlüsselwörter:* endogener Kotstickstoff, bakterieller Stickstoff, Guarmehl,  $^{15}\text{N}$ -Tracer-Technik, Ratten

## Einleitung

Für die Bestimmung der wahren Proteinverdaulichkeit von Nahrungsprotein ist die Kenntnis des endogenen Kotstickstoffs (Darmverluststickstoff, metabolic fecal nitrogen) erforderlich. Dieser Anteil des im Kot ausgeschiedenen Stickstoffs stammt nicht aus unverdaulichem Nahrungsprotein, sondern aus a) Sekreten der Galle, des Pankreas, Magens und Dünndarms, b) abgeschilferten Zellbestandteilen des Darmepithels, c) Bakterienprotein. Kennzeichnend für diese Proteine und sonstigen N-haltigen Substanzen ist, daß sie zu einem früheren Zeitpunkt als Aminosäuren resorbiert, dem endogenen Stickstoff-Pool zugeführt und erneut in den Magen-Darm-Trakt sezerniert wurden. Zahlreiche Autoren haben versucht, die Größenordnung und Zusammensetzung des endogenen Kotstickstoffs zu bestimmen (1, 9, 11, 14). Hierzu werden die Versuchstiere mit einer N-freien Diät oder einem geringen Gehalt (4,5 %) eines vollständig resorbierbaren Proteins (Eiprotein) gefüttert. Unter diesen Bedingungen besteht der Kotstickstoff ausschließlich aus endogenem Stickstoff. Die Übertragbarkeit der so erzielten Werte auf Versuchstiere, die unter normalen Fütterungsbedingungen gehalten werden, ist jedoch problematisch, weil die Höhe des endogenen Kotstickstoffs sowohl vom Körpergewicht und von der aufgenommenen Futtermenge als auch vom Proteingehalt des Futters und insbesondere vom Anteil unverdaulicher Futterinhaltsstoffe (Ballaststoffe) beeinflusst wird. Dies erklärt, warum die von verschiedenen Autoren veröffentlichten Werte eine Schwankungsbreite von 7,7 bis 40,7 mg/Tag aufweisen (14). Um dem Einfluß des Futterverzehr Rechnung zu tragen, wird üblicherweise der endogene Kotstickstoff pro 1 g Futter angegeben. Nach dieser Umrechnung beträgt die Schwankungsbreite immer noch 1,5 bis 2,9 mg/N/g Futter. Untersuchungen an Ratten über den Einfluß des Ballaststoffgehaltes im Futter auf die endogene N-Ausscheidung im Kot ergaben eine deutliche Steigerung durch Sägemehl, während Zusatz von Zellulose zum Futter ohne Einfluß blieb (1). Offensichtlich ist eine exakte Erfassung des endogenen Kotstickstoffs mit Hilfe der oben beschriebenen konventionellen Methode nicht möglich.

Es ist das Verdienst von Czarnetzki und Mitarbeitern (2) und Krawietzki und Mitarbeitern (7, 8), eine Methode zur Bestimmung des endogenen Kotstickstoffs mit Hilfe der Isotopenverdünnungstechnik unter Verwendung von  $^{15}\text{N}$ -markierten Aminosäuren entwickelt zu haben. Diese Methode gestattet es, unter den Bedingungen der N-Bilanz-Methode die Gesamt-N-Bilanz und den endogenen Kotstickstoff gleichzeitig und am gleichen Versuchstier bzw. am Menschen zu erfassen.

Die Differenzierung des im endogenen Kot-N enthaltenen Stickstoffs mikrobiellen Ursprungs ist über die Bestimmung der 2,6-Diamino-pimelinsäure möglich (6, 10, 15). Diese Aminosäure ist ein Bestandteil von Zellwandmucoproteiden vieler Bakterienarten und kommt nicht in den Geweben höherer Pflanzen oder in tierischen Geweben vor.

In früheren N-Bilanz-Untersuchungen (4) beobachteten wir einen signifikanten Anstieg des Kotstickstoffs bei Ratten durch einen 10%igen Zusatz verschiedener Ballaststoffe (Guarmehl, Johannisbrotkernmehl, Na-Alginat, Agar-Agar oder Carrageenan) zum Futter. In der vorliegenden Arbeit wurde unter Verwendung der  $^{15}\text{N}$ -Tracer-Technik untersucht, ob die durch Ballaststoffe erhöhten N-Verluste im Kot von Ratten auf unverdautes Nahrungsprotein oder auf eine erhöhte endogene N-Ausscheidung zurückzuführen sind. Zusätzlich wurde der Anteil von Stickstoff mikrobiellen Ursprungs im Kot über die Bestimmung der 2,6-Diamino-pimelinsäure ermittelt.

## Methodik

### *Tierfütterung und -haltung*

Acht männliche Sprague-Dawley-Ratten mit einem Gewicht zwischen 90 und 100 g wurden individuell in Stoffwechselkäfigen unter Standardbedingungen gehalten (22 °C, 65 % relative Feuchtigkeit, 12-Stunden-Tag-und-Nacht-Zyklus). Vier Tiere erhielten eine Kontrolldiät und vier Tiere eine Guarmehldiät, in der ein Teil der Maisstärke durch Guarmehl ersetzt wurde (8 g/100 g). Die pulverförmigen Diäten wurden durch Zusatz von destilliertem Wasser gekörnt, über 48 Stunden bei 45 °C im Ofen unter Luftzufuhr getrocknet und anschließend bei 4 °C gelagert. Die Zusammensetzung der Diäten ist in Tabelle 1 wiedergegeben. Alle Tiere erhielten täglich 12 g Futter, das mit wenigen Ausnahmen restlos verzehrt wurde. Die Tiere hatten freien Zugang zu Wasser. Nach einer viertägigen Adaptationsperiode wurde allen acht Ratten eine einmalige Dosis von 75 mg  $^{15}\text{N}$ -Glycin in 0,5 ml destilliertem Wasser per Schlundsonde verabreicht. Anschließend wurden über acht Tage täglich Urin- und Kotproben gesammelt. Die Urinproben wurden mit Salzsäure angesäuert und eingefroren, die Kotproben bei 50 °C unter Luftzufuhr getrocknet und zu Pulver vermahlen.

### *Analytik*

Die eingefrorenen Urinproben wurden aufgetaut und aliquote Teile für die Gesamt-N und  $^{15}\text{N}$ -Bestimmung entnommen. Dazu wurden die Lösungen erneut eingefroren und gefriergetrocknet. Über Differenzwägungen wurden die Trockensubstanzgehalte ermittelt. Wegen der stark hygroskopischen Eigenschaften wurden die Trockensubstanzproben im Exsikkator über Sicapent (Merck) aufbewahrt und so rasch wie möglich in die für die Gesamt-N und  $^{15}\text{N}$ -Bestimmung benutzten Zinnfolie-Kartuschen eingewogen.

Die Gesamt-N und  $^{15}\text{N}$ -Bestimmungen in den gefriergetrockneten Urin- und den pulverisierten, getrockneten Kotproben erfolgten in einem Analysengang (12)

Tab. 1. Zusammensetzung der Versuchsdiäten.

	Kontrolldiät %	Guarmehldiät %
Casein	22	22
Maisstärke	53	45
Saccharose	10	10
Maiskeimöl	3	3
Mineralstoffe	6	6
Vitamine	2	2
Zellulose	4	4
Guarmehl	-	8

durch Koppelung des automatischen Stickstoff-Analysators ANA Modell 1400 der Fa. Carlo Erba Strumentazione (Italien) mit dem emissionsspektrometrischen  $^{15}\text{N}$ -Analysator Modell NIA-1 der Fa. Jasco (Japan).

Bei allen  $^{15}\text{N}$ -Gehaltsangaben in der Tabelle 4 ist der natürliche  $^{15}\text{N}$ -Gehalt von 0,365 Atom-% vom tatsächlichen (gemessenen und korrigierten)  $^{15}\text{N}$ -Gehalt abgezogen. Diese Differenz wird als  $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschuß bezeichnet.

Die Bestimmung des bakteriellen Stickstoffanteils im Gesamt-Kotstickstoff bzw. im endogenen Kotstickstoff erfolgte über die quantitative 2,6-Diamino-pimelinsäure (DAP)-Bestimmung im Rattenkot nach Mason (10). Die von uns ermittelten Umrechnungsfaktoren  $F$  zur Berechnung des Bakterienstickstoffs aus dem DAP-Gehalt betragen 15,7 für Kotproben nach Verfütterung der Kontrolldiät und 11,5 für Kotproben von Tieren, die die Guarmehldiät erhielten [Bakterien-N (mg) =  $F \times \text{DAP}$  (mg)]. Einzelheiten über die Bestimmung der DAP-Gehalte und der Umrechnungsfaktoren sind einer früheren Veröffentlichung (13) zu entnehmen.

## Ergebnisse und Diskussion

Bei vergleichbarer Futteraufnahme (12 g/Tag in der Kontrollgruppe, 11,9 g/Tag in der Guarmehlgruppe) lag die Gewichtszunahme bei den Tieren der Guarmehlgruppe deutlich niedriger als in den Kontrolltieren ( $21,0 \pm 3,6$  gegenüber  $31,2 \pm 5,1$  g/8 Tage,  $P < 0,05$ ). Für die letzten 4 Versuchstage (Tag 5 bis 8 nach Applikation von  $^{15}\text{N}$ -Glycin) wurden Proteinverdaulichkeit (scheinbar) und Stickstoffbilanz für beide Versuchsgrup-

Tab. 2. Stickstoffbilanz und Proteinverdaulichkeit in jungen Ratten, Tag 5-8 nach Applikation von  $^{15}\text{N}$ -Glycin.

Diät- gruppe	N-Zufuhr mg/Tag	N im Kot mg/Tag	N im Urin mg/Tag	Scheinbare Proteinver- daulichkeit %	N-Bilanz mg/Tag	%
Kontrolle n = 4	388,8	19,3 $\pm 1,0$	200,9 $\pm 11,0$	95,0 $\pm 0,3$	168,6 $\pm 10,7$	43,4 $\pm 2,4$
Guarmehl n = 4	379,8	43,3** $\pm 5,7$	219,4* $\pm 10,5$	88,6** $\pm 1,5$	117,0** $\pm 15,0$	30,8** $\pm 3,8$

Mittelwert  $\pm$  s.d. Statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Diätgruppen: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,001$ .

Tab. 3. Parameter für die  $^{15}\text{N}$ -Elimination in Fäzes und Urin von jungen Ratten nach einmaliger Applikation von  $^{15}\text{N}$ -Glycin. Berechnung mittels linearer Regression der logarithmierten Versuchsdaten.

	Kontrolle		Guarmehl	
	Fäzes	Urin	Fäzes	Urin
		Tag 2-4		Tag 2-4
b	-0,0187	-0,0186	-0,0231	-0,0223
a	0,6034	0,5721	1,4012	0,8916
r	0,9988	0,9835	0,9904	0,9958
t/2, Std.	37,0	37,2	30,0	31,1
	Tag 5-8	Tag 3-8	Tag 5-8	Tag 3-8
b	-0,0158	-0,0135	-0,0126	-0,0137
a	0,4434	0,3957	0,3962	0,4180
r	0,9916	0,9821	0,9931	0,9864
t/2, Std.	43,8	51,2	55,0	50,4

b = Steigung, a = Achsenabschnitt (Wert für  $t = 0$ ), r = Korrelationskoeffizient, t/2 = Halbwertszeit.

pen ermittelt (Tab. 2). Die Guarmehldiät bewirkte eine Erhöhung des Kotstickstoffs von 19,3 mg/Tag (Kontrollgruppe) auf 43,3 mg/Tag ( $P < 0,001$ ) und des Urinstickstoffs von 200,9 mg/Tag auf 219,4 mg/Tag, ( $P < 0,05$ ). Infolge der erhöhten N-Verluste waren die scheinbare Proteinverdaulichkeit und die N-Bilanz in der Guarmehlgruppe signifikant niedriger im Vergleich zur Kontrolle,  $P < 0,001$ .

Die Elimination von  $^{15}\text{N}$  in Urin und Fäzes ( $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschuß) über einen Zeitraum von 8 Tagen wurde über die 4 Tiere jeder Diätgruppe gemittelt und in Abbildung 1 und 2 graphisch dargestellt. Hierbei wurde die Zeitskala für die  $^{15}\text{N}$ -Ausscheidung im Urin um 32 Stunden versetzt, da festgestellt worden war, daß unter gleichen Fütterungsbedingungen die  $^{15}\text{N}$ -Ausscheidung im Urin im Mittel um 32 Stunden früher erfolgte als die  $^{15}\text{N}$ -Ausscheidung in den Fäzes (4). Nach einem anfänglichen Anstieg des  $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschusses, der im Urin wesentlich stärker ausgeprägt war als in den Fäzes, verlief die  $^{15}\text{N}$ -Elimination exponentiell in mindestens zwei Phasen mit zunehmender Halbwertszeit (Tab. 3). Ein Vergleich der Abbildungen 1 und 2 läßt folgendes erkennen:

1. Der  $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschuß im Kot der mit Guarmehl gefütterten Tiere war über den gesamten Beobachtungszeitraum höher als bei den Kontrollierten.
2. Der  $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschuß im Urin der mit Guarmehl gefütterten Tiere war während der ersten drei Tage nach Verabreichung des  $^{15}\text{N}$ -Glycins ebenfalls höher als bei den Kontrolltieren, erreicht jedoch während der letzten 5 bis 8 Versuchstage die gleichen Werte wie in der Kontrollgruppe.

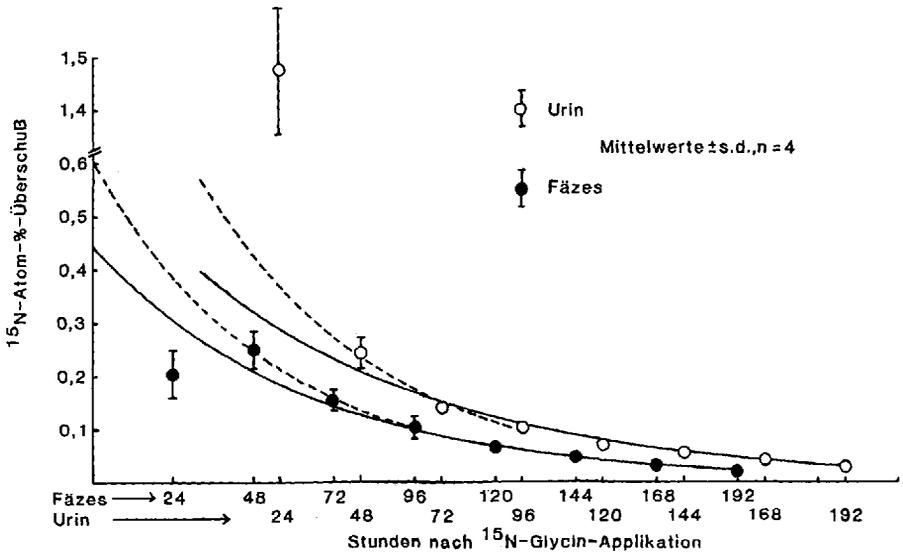


Abb. 1. Die  $^{15}\text{N}$ -Elimination in Fäzes und Urin, Kontrollgruppe. Der nach der Funktion  $y = a \cdot e^{b \cdot x}$  berechnete Verlauf für die  $^{15}\text{N}$ -Elimination in Urin und Fäzes (Tag 2-4) ist durch die gestrichelte Kurve dargestellt, der Verlauf der  $^{15}\text{N}$ -Elimination für die folgende Tage durch die ausgeogene Kurve.

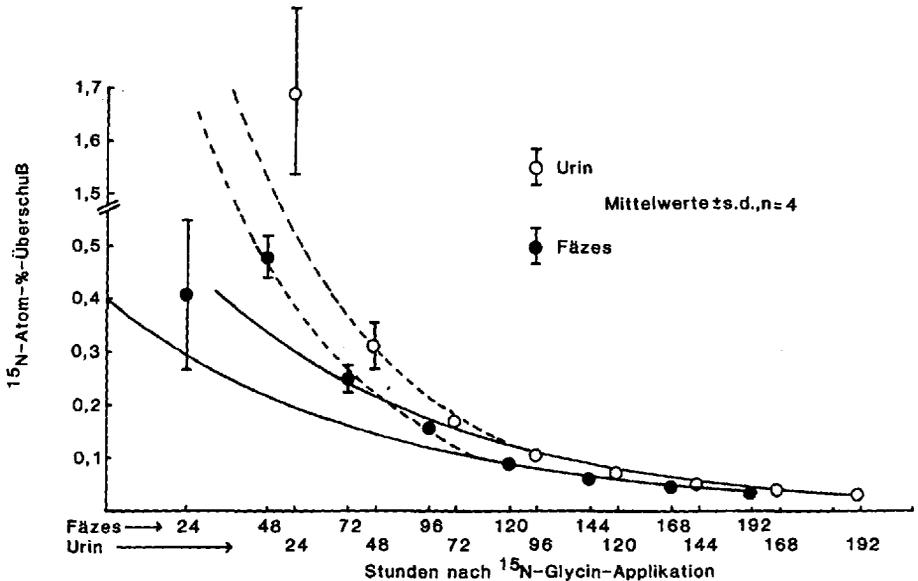


Abb. 2. Die  $^{15}\text{N}$ -Elimination in Fäzes und Urin, Guarmehlgruppe (siehe Legende zu Abb. 1).

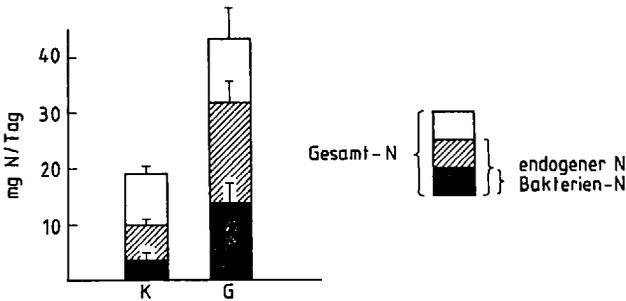


Abb. 3. Die Aufteilung des Gesamt-Kotstickstoffs in endogenen Stickstoff und Bakterienstickstoff in der Kontrollgruppe (K) und der Guarmehlgruppe (G), Mittelwerte  $\pm$  s.d., n = 4.

3. Die Streuung der Einzelwerte für Urin und Kot in beiden Versuchsgruppen war während der ersten drei Tage nach der  $^{15}\text{N}$ -Applikation wesentlich größer als während der folgenden Versuchstage. In dieser zweiten Phase verlief die  $^{15}\text{N}$ -Ausscheidung fast parallel zwischen Urin und Kot, was die Berechnung des endogenen Kotstickstoffs nach der Gleichung:

$$\text{endog. Kot-N (\%)} = \frac{{}^{15}\text{N-Atom-\%}\text{-Überschuß im Kot}}{{}^{15}\text{N-Atom-\%}\text{-Überschuß im endog. N-Pool (Urin)}} \cdot 100$$

ermöglicht. Hierbei wurden die nach der Exponentialfunktion

$$y = a \cdot e^{b \cdot x}$$

$$y = {}^{15}\text{N-Atom-\%}\text{-Überschuß}$$

a = Achsenabschnitt (Wert für x = 0)

e = Basis des natürlichen Logarithmus

b = Steigung

x = Stunden nach  $^{15}\text{N}$ -Applikation

berechneten Werte für den  $^{15}\text{N}$ -Atom-%-Überschuß in Kot und Urin während der Tage 5 bis 8 bzw. 3 bis 8 eingesetzt (Tab. 4). Die Eignung der  $^{15}\text{N}$ -Markierung des Urin-N als Indikator für den  $^{15}\text{N}$ -Markierungsgrad des intensiv am Stoffwechsel beteiligten endogenen N-Pools und damit des endogenen N-Anteils im Kot wurde von verschiedenen Autoren nachgewiesen (5, 7, 13). Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, erhöhte sich der Anteil des endogenen Kotstickstoffs von 51 % (Kontrolltiere) auf 73 % in der Guarmehlgruppe,  $P < 0,001$ . Dies entspricht einem Anstieg von 10 auf 32 mg endogenem Kot-N/Tag. Beide Werte liegen in der gleichen Größenordnung wie die von anderen Autoren veröffentlichten Werte von 7,7 bis 40,7 mg/Tag (14).

Die Berechnung der wahren Proteinverdaulichkeit nach der Gleichung:

$$\text{Proteinverd. (\%)} = \frac{\text{N-Zufuhr} - (\text{Gesamtkot-N} - \text{endog. Kot-N})}{\text{N-Zufuhr}} \cdot 100$$

ergab für beide Tiergruppen übereinstimmende Werte (97,6 bzw. 96,9 %, Tab. 4). Diese Ergebnisse verdeutlichen, daß der bei Guarmehlverfütterung zusätzlich über den Kot ausgeschiedene Stickstoff (24 mg/Tag im Mittel) fast ausschließlich aus dem endogenen N-Pool und nur zu einem

Tab. 4. Berechnung des endogenen Kotsstickstoffs und der wahren Proteinverdaulichkeit in der Kontroll- bzw. Guarmehlgruppe.

Std. nach <sup>15</sup> N-Glycin	1) <sup>15</sup> N-Atom- %-Über- schuß in Fäzes	1) <sup>15</sup> N-Atom- %-Über- schuß im Urin	Endogener N in Fäzes %	Endogener N in Fäzes mg/Tag	N in Fäzes mg/Tag	Endogener N in Fäzes mg/Tag	N-Zufuhr mg/Tag	2) Wahre Pro- teinverdaul. %
Kontroll- gruppe	120 144 168 192	0,066 0,045 0,031 0,021	0,120 0,087 0,063 0,045	55,0 51,7 49,2 46,7	19,2 20,8 18,8 18,6	10,6 10,8 9,2 8,7	388,5 388,8 388,8 388,9	97,8 97,4 97,5 97,5
$\bar{x}$ ± s.d.			50,6 ± 3,6	19,3 ± 1,0	9,8 ± 1,0	388,8		97,6 ± 0,2
Guarmehl- gruppe	120 144 168 192	0,087 0,064 0,048 0,035	0,125 0,090 0,064 0,046	69,6 71,1 75,0 76,1	50,1 37,0 40,8 45,7	34,9 26,3 30,6 34,8	378,1 380,8 380,8 379,7	96,0 97,2 97,3 97,1
$\bar{x}$ ± s.d.			73,0* ± 3,1	43,3* ± 5,7	31,6* ± 4,1	379,8		96,9 ± 0,6

Mittelwert ± s.d., n = 4,

\*: Signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe, p &lt; 0,001

1) Berechnete Werte, für Urin um 32 Std. versetzt.

2) Wahre Proteinverdaulichkeit in %: 
$$\frac{\text{N-Zufuhr} - \text{Gesamt-Kot-N} + \text{endogener Kot-N}}{\text{N-Zufuhr}} \times 100$$

Tab. 5. Der Einfluß von Guarmehl auf den Gehalt an Diaminopimelinsäure und Bakterienstickstoff im Kot von 4 Ratten.

Gruppe	Tag	Tier Nr.	Gesamt- Kot-N mg/Tag	DAP im Kot mg/Tag	Bakterien-N mg/Tag	% des Kot-N	
Kontrolle	5	1	18,2	0,203	3,18 <sup>1)</sup>	17,5	
		2	19,8	0,272	4,27	21,6	
	6	1	18,7	0,213	3,35	17,9	
		2	24,4	0,219	4,57	14,8	
	7	1	20,5	0,232	3,65	27,2	
		2	15,9	0,150	2,36	22,8	
	8	1	17,7	0,307	4,82	27,2	
		2	20,8	0,302	4,74	22,8	
	Mittelwerte n = 8	Tag 5-8		19,5 ± 2,5	0,246 ± 0,056	3,86 ± 0,88	19,8 ± 3,9
	Guarmehl	5	5	43,8	1,650	18,98 <sup>2)</sup>	43,3
6			48,1	1,485	17,08	35,5	
6		5	36,2	1,003	11,54	31,9	
		6	51,3	1,147	13,19	25,7	
7		5	40,4	0,797	9,17	22,7	
		6	54,8	1,023	11,76	21,5	
8		5	54,4	1,533	17,63	32,4	
		6	47,2	1,130	13,00	27,5	
Mittelwerte n = 8		Tag 5-8		47,0* ± 6,6	1,221* ± 0,300	14,04* ± 3,45	30,1* ± 7,2

<sup>1)</sup> Umrechnungsfaktor  $F = 15,7/F \cdot \text{DAP (mg)} = \text{Bakterien-N (mg)}$

<sup>2)</sup> Umrechnungsfaktor  $F = 11,5$

\* Signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe  $p < 0,001$

vernachlässigbaren Anteil aus unverdaulichem Nahrungsprotein stammt. Als möglicher Ursprung für den endogenen Kot-N kommen in Frage:

1. mit den Verdauungssäften ausgeschiedene N-haltige Substanzen,
2. Abschlüpfungen des Darmepithels und
3. Bakterienprotein.

Der mit dem Kot ausgeschiedene Bakterienstickstoff wurde über die Bestimmung der 2,6-Diamino-pimelinsäure (DAP) unter Zuhilfenahme der unter gleichen Versuchsbedingungen ermittelten Umrechnungsfaktoren berechnet (Tab. 5). Die täglich ausgeschiedene Menge an DAP erhöhte sich von 0,246 mg in der Kontrollgruppe auf 1,221 mg in der Guarmehlgruppe, das entspricht einem Anstieg des Bakterien-N von 3,86 auf 14,04 mg/Tag bzw. von 19,8 % auf 30,1 % des Gesamt-Kot-N oder, bezogen auf die endogene Stickstoffausscheidung im Kot, von 39,4 auf 44,4 %. Aus diesen Werten wird deutlich, daß die Guarmehlzufuhr auch eine vermehrte Ausscheidung an endogenem Stickstoff in Form von N-haltigen

Verdauungssekreten und/oder Darmepithelzellen von 5,54 mg/Tag (Kontrolle) auf 17,56 mg/Tag bewirkt hat.

#### Danksagung

Für die zuverlässige Mitarbeit bei der Durchführung der Versuche danken wir Frl. Crocoll und Frau R. Manderla (Betreuung der Versuchstiere) sowie Herrn F. Gottselig (Gesamt-Stickstoff- und  $^{15}\text{N}$ -Analysen).

#### Literatur

1. Behm G (1955) Über den Einfluß der Rohfaser im Futter auf die Menge des Darmverlust-Stickstoffs, nach Versuchen an Ratten, Kaninchen und Schweinen. Arch Tierernähr 4:197-218
2. Czarnetzki HD, Gebhardt O, Hartig W, Hübner G, Wetzel K (1969) Der Eiweißstoffwechsel der Ratte, Untersuchungen mit  $^{15}\text{N}$ -markiertem Glycin. Arch Tierernähr 19:623-629
3. Harmuth-Hoene AE, Schwerdtfeger E (1979) Effect of indigestible polysaccharides on protein digestibility and nitrogen retention in growing rats. Nutr Metab 23:399-407
4. Harmuth-Hoene AE, Müller H Ein Beitrag zur Bestimmung der endogenen Stickstoffausscheidung bei Ratten mit Hilfe der  $^{15}\text{N}$ -Tracertechnik. Z Ernährungswiss (in Vorbereitung)
5. Hernández M, Simon O, Bergner H (1981) Eine neue Methode zur Prüfung der Qualität von Nahrungsproteinen für den Erhaltungsstoffwechsel. 3. Mitt.: Methodische Untersuchungen an  $^{15}\text{N}$ -markierten ausgewachsenen Ratten. Arch Tierernähr 31:651-660
6. Hutton K, Bailey FJ, Annison EF (1971) Measurement of the bacterial nitrogen entering the duodenum of the ruminant using diamino-pimelic acid as a marker. Br J Nutr 25:165-173
7. Krawielitzki K, Bock HD (1976) Zur Problematik des Stickstoff-Stoffwechsels monogastrischer Tierarten. Arch Tierernähr 26:83-98
8. Krawielitzki K, Smulikowska S (1977) Versuche zur Bestimmung des endogenen und exogenen fäkalen N-Anteiles monogastrischer Tierarten. Arch Tierernähr 27:39-47
9. Mangold E, Behm G (1955) Beziehungen zwischen Darmverlust-Stickstoff und Rohfasergehalt des Futters. Arch Tierernähr 5:159-176
10. Mason VC (1969) Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. J Agric Sci Camb 73:99-111
11. Mitchell HH, Bert MH (1954) The determination of metabolic fecal nitrogen. J Nutr 52:485-487
12. Müller H (1981) Stickstoff-15- und Gesamtstickstoff-Bestimmung durch Kopplung eines emissionsspektrometrischen N-15-Analysators mit einem automatischen N-Analysator. Fres Z Anal Chem 307:385-388
13. Müller H, Harmuth-Hoene AE Ein Beitrag zur Bestimmung des bakteriellen Kot-Stickstoffs bei Ratten. Z Ernährungswiss (in Vorbereitung)
14. Njaa LR (1963) A study on the Mitchell method for determination of the biological value of protein. Repts. on Technological Research concerning Norwegian Fish Industry, Vol IV, N 5, published by the Director of Fisheries
15. Work E, Dewey DL The distribution of  $\alpha$ - $\epsilon$ -Diamino-pimelic acid among various microorganisms. J Gen Microbiol 9:394-406

Eingegangen 8. November 1983

Für die Verfasser:

Dr. A.-E. Harmuth-Hoene, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstraße 20, D-7500 Karlsruhe