

Der Einfluß von Cellulose auf die endogene Stickstoffausscheidung bei Ratten, bestimmt mit Hilfe der ^{15}N -Technik

H. Müller und A.-E. Harmuth-Hoene

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

Zusammenfassung: Zur Bestimmung der endogenen Stickstoffausscheidung im Kot wurde 8 jungen Ratten (90–100 g Körpergewicht) jeweils 75 mg ^{15}N -Glycin (95 Atom-% ^{15}N) oral verabreicht. 4 Ratten erhielten eine mit 12 % Cellulose angeereicherte Diät, die anderen 4 Tiere eine Kontrolldiät mit 4 % Cellulose. Der hohe Cellulosegehalt bewirkte eine hoch signifikante Verringerung der N-Bilanz, die auf eine stark erhöhte N-Ausscheidung mit dem Urin zurückzuführen ist. Der endogene Kotstickstoff wurde über die ^{15}N -Elimination mit dem Kot und dem Urin in der Zeit zwischen dem 5. (3.) und 8. Versuchstag nach der ^{15}N -Glycin-Applikation bestimmt. In diesem Zeitraum verläuft die ^{15}N -Elimination exponentiell.

Durch den von 4 auf 12 % angehobenen Cellulosegehalt der Diät erhöhte sich der endogene Kotstickstoff signifikant von 13,9 auf 15,7 mg/Tag, während der Gesamt-Kotstickstoff von 21,3 auf 24,4 mg/Tag anstieg. Die daraus berechnete wahre Proteinverdaulichkeit betrug im Mittel 98 % und war von der Höhe der Cellulosezufuhr unabhängig.

Die Erfassung des Bakterienstickstoffs im endogenen Kotstickstoff erfolgte über die Bestimmung der 2,6-Diamino-pimelinsäure, die in der Cellulosegruppe von 0,302 auf 0,402 mg/Tag erhöht wurde, was einem Anstieg des Bakterienstickstoffs von 5,2 auf 6,4 mg/Tag entspricht. Demnach ist die Erhöhung des endogenen Kot-N im wesentlichen auf den Anstieg des Bakterien-N zurückzuführen.

Summary: Metabolic faecal nitrogen excretion was assessed in 8 young rats (90–100 g body weight) following an oral application of 75 mg ^{15}N -glycine (95 atom-% ^{15}N). Four rats received an experimental diet containing 12 % cellulose, while a control diet containing 4 % cellulose was fed to the remaining 4 animals. The high cellulose content induced a highly significant reduction of the N balance due to a greatly increased urinary N excretion.

The metabolic faecal nitrogen was determined by measuring ^{15}N excretion in faeces and urine from day 5 (3) to day 8 following ^{15}N glycine administration. During this time interval ^{15}N elimination follows an exponential curve. Increasing the dietary cellulose content from 4 to 12 % produced a rise in metabolic faecal nitrogen from 13.9 to 15.7 mg/day and in total faecal nitrogen from 21.3 to 24.4 mg/day. From these values a mean true protein digestibility of 98 % was calculated for both groups of rats, regardless of the difference in dietary cellulose content.

The fraction of endogenous faecal nitrogen which is of bacterial origin was determined through the analysis of 2, 6-diamino-pimelic acid (DAP). The added cellulose in the experimental diet caused a rise in faecal DAP from 0.302 to 0.402 mg/day corresponding to an increase of bacterial nitrogen from 5.2 to 6.4 mg/

day. Accordingly the observed rise in endogenous faecal nitrogen is largely due to increased bacterial nitrogen.

Schlüsselwörter: endogener Kotstickstoff, bakterieller Kotstickstoff, Cellulose, Ratten, ^{15}N -Technik

Einleitung

In eigenen früheren N-Bilanz-Untersuchungen (4) mit den Ballaststoffen Guarmehl, Johannisbrotkernmehl, Na-Alginat, Agar-Agar und Carrageenan wurde eine vermehrte fäkale Stickstoffausscheidung bei Ratten nachgewiesen. In späteren Untersuchungen mit Guarmehl (5) wurde gezeigt, daß der erhöhte Kotstickstoff-Gehalt fast ausschließlich endogener Herkunft ist. Der endogene Kotstickstoff, auch Darmverluststickstoff oder „metabolic faecal nitrogen“ genannt, wurde dabei über die ^{15}N -Markierung des Stickstoff-Pools (2, 7, 8) der Ratte durch Applikation von ^{15}N -Glycin bestimmt. Eine weitere Differenzierung des endogenen Kot-N erfolgte über die Bestimmung der 2,6-Diamino-pimelinsäure (6, 9), einer bakterienspezifischen Aminosäure, die in den Zellwandmucopeptiden vieler Bakterienarten vorkommt. Danach wird der aus den Darmbakterien stammende Anteil an Kot-N durch den Guarmehlzusatz zum Futter stark erhöht. Gleichzeitig bewirkt dieser Ballaststoff auch eine vermehrte Ausscheidung an endogenem Stickstoff anderer Herkunft, wahrscheinlich als N-haltige Verdauungsssekrete und/oder als abgeschilferte Epithelzellen des Magen-Darm-Traktes.

Im Gegensatz zu Guarmehl wird Cellulose in weit geringerem Maße durch die Darmflora abgebaut (1, 13), was sich vermutlich auf die Höhe der endogenen Stickstoffausscheidung im Kot auswirken kann. Um dieser Frage nachzugehen, bestimmten wir wie vorstehend beschrieben den Anteil des endogenen sowie des bakteriellen Kotstickstoffs in wachsenden Ratten bei Verfütterung einer Diät mit einem Cellulosegehalt von 12 %.

Methodik

Tierhaltung und -fütterung

Es wurden 8 männliche Sprague-Dawley-Ratten mit einem Ausgangsgewicht von 90 bis 100 g einzeln in Stoffwechselkäfigen bei 22 °C, 65 % relativer Luftfeuchtigkeit und einem 12-Stunden-Tag-und-Nacht-Zyklus gehalten.

4 Tiere erhielten eine Kontrolldiät, bestehend aus 22 % Casein, 53 % Maisstärke, 10 % Saccharose, 3 % Maiskeimöl, 6 % Mineralstoffen, 2 % Vitaminen und 4 % Cellulose. In der Cellulosediat war der Cellulosegehalt auf Kosten der Maisstärke von 4 % auf 12 % erhöht worden. Einzelheiten über die Diätenbereitung sind in der Publikation (5) beschrieben. Allen Tieren wurden täglich 12 g Futter verabreicht, das meistens restlos verzehrt wurde. Wasser wurde ad libitum angeboten. Nach einer 4tägigen Adaptationszeit wurde allen 8 Ratten eine einmalige Dosis von 75 mg ^{15}N -Glycin (95 Atom-% ^{15}N) in 0,5 ml Wasser per Schlundsonde verabreicht. Nach 24 Stunden wurden über 8 Tage täglich die Urin- und Kotproben gesammelt. Zur Vermeidung von N-Verlusten wurde in den Urinsammelgefäßen Salzsäure zur Bindung freien Ammoniaks vorgelegt. Die Urinproben wurden bis zur späteren Gefriertrocknung eingefroren, die Kotproben bei 50 °C getrocknet und zu Pulver vermahlen.

Analytik

Details über die Vorbereitung der Urin- und Kotproben zur Gesamt-N- und ^{15}N -Bestimmung wurden in einer früheren Arbeit (5) beschrieben. Gesamt-Stickstoff und Stickstoff-15 wurden in einem Analysengang hintereinander bestimmt. Wir benutzten dazu die von uns (10) realisierte Kopplung des automatischen Stickstoff-Analysators ANA Modell 1400 der Fa. Carlo Erba Strumentazione (Italien) mit dem emissionspektrometrischen ^{15}N -Analysator Modell NIA-1 der Fa. Jasco (Japan).

Bei allen ^{15}N -Gehaltsangaben in den Abbildungen und Tabellen wurde der natürliche ^{15}N -Gehalt von 0,365 Atom-% vom tatsächlichen (gemessenen und korrigierten) ^{15}N -Gehalt abgezogen. Diese Differenz wird als ^{15}N -Atom-%-Überschuß bezeichnet.

Der bakterielle Kotstickstoff wurde über die 2,6-Diamino-pimelinsäure (DAP) nach Mason (9) bestimmt. Die zur Berechnung des Bakterienstickstoffs notwendigen Umrechnungsfaktoren F wurden von uns bereits publiziert (11). Sie betragen für die Berechnungsformel Bakterien-N (mg) = F \times DAP (mg) für die Kontrolldiät F = 15,7 und für die Cellulosediat F = 15,5. Der Veröffentlichung (11) können weitere Einzelheiten über die DAP-Bestimmung entnommen werden.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die für die letzten 4 Versuchstage berechnete scheinbare Proteinverdaulichkeit und die Stickstoffbilanz angegeben. Durch die Erhöhung des Cellulosegehaltes im Futter stieg zwar die N-Ausscheidung mit dem Kot geringfügig von 21,3 auf 24,4 mg/Tag ($p < 0,05$) an, dies hatte aber auf die scheinbare Proteinverdaulichkeit keinen wesentlichen Einfluß. Dagegen bewirkte der erhöhte Cellulosegehalt eine drastische Zunahme des Urin-N von 181,7 auf 239,0 mg/Tag ($p < 0,01$), was zu einer signifikanten Verringerung der N-Bilanz von 48,6 auf 33,1 % der N-Aufnahme führte. Diesen Ergebnissen entspricht die Gewichtsentwicklung der Tiere: Bei den Tieren der Kontrollgruppe betrug die Gewichtszunahme im Mittel 33,7 g/8 Tage, bei denen der Cellulosegruppe 23,5 g/8 Tage. Auf eine linear ansteigende N-Ausscheidung mit dem Urin und

Tab. 1. Stickstoffbilanz und Proteinverdaulichkeit in jungen Ratten, Tag 5-8 nach Applikation von ^{15}N -Glycin.

Diätgruppe	N-Zufuhr mg/Tag	N im Kot mg/Tag	N im Urin mg/Tag	Scheinbare Proteinver- daulichkeit %	N-Bilanz mg/Tag	%
Kontrolle n = 4	394,6 $\pm 1,4$	21,3 $\pm 2,3$	181,7 $\pm 18,1$	94,6 $\pm 0,6$	191,6 $\pm 18,8$	48,6 $\pm 4,8$
Cellulose n = 4	393,6 $\pm 0,6$	24,4* $\pm 1,0$	239,0** $\pm 7,4$	93,8 $\pm 0,3$	130,2*** $\pm 7,9$	33,1** $\pm 2,0$

n = Zahl der Tiere, Mittelwert \pm s. d.

Statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Diätgruppen:

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

mit dem Kot bei von 4 auf 36 % steigenden Cellulosegehalten einer Diät hat schon Eyre (3) in Versuchen mit Ratten zur Proteinqualitätsbestimmung hingewiesen.

Um den endogenen Kot-N über die ^{15}N -Elimination mit dem Kot und dem Urin nach ^{15}N -Markierung des Stickstoff-Pools bestimmen zu können, wurde die ^{15}N -Ausscheidung über 8 Tage verfolgt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 1 und 2 wiedergegeben. Für die ^{15}N -Ausscheidung mit dem Urin wurde die Zeitskala wie beim Versuch mit Guarmehl (5) um 32 Std. zurückversetzt, da das Maximum der ^{15}N -Elimination mit dem Urin 32 Std. vor dem der ^{15}N -Elimination mit dem Kot lag, wie Vorversuche gezeigt hatten.

Die Parameter für die ^{15}N -Ausscheidungen in der Endphase des Versuchs, deren Verlauf mathematisch einer e-Funktion entspricht, sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Damit wurden für die Tage 5–8 nach der ^{15}N -Glycin-Applikation die zueinander gehörenden Wertepaare der ^{15}N -Atom-%-Gehalte berechnet, die der Tabelle 3 zu entnehmen sind.

Mit Hilfe der folgenden Formel

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

wurde der prozentuale endogene Kot-N-Gehalt bestimmt. Hierbei wird vorausgesetzt, daß der ^{15}N -Markierungsgrad des Urins dem des am aktiven Stoffwechsel beteiligten endogenen N-Pool entspricht. Die Anwendbarkeit dieser Berechnungsformel wurde schon verschiedentlich nachgewiesen (2, 7, 8).

Nach den in Tabelle 3 zusammengefaßten Ergebnissen bewirkt die Erhöhung des Cellulosegehaltes von 4 auf 12 % in der Diät einen leichten

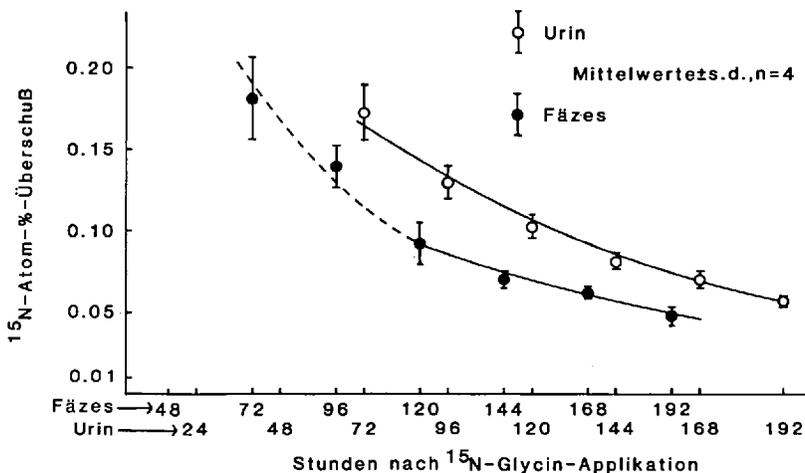


Abb. 1. Die ^{15}N -Elimination im Kot und Urin der Kontrollgruppe. Die Parameter der den Verlauf wiedergebenden Funktionsgleichung $y = a \cdot e^{bx}$ (ausgezogene Kurven) sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

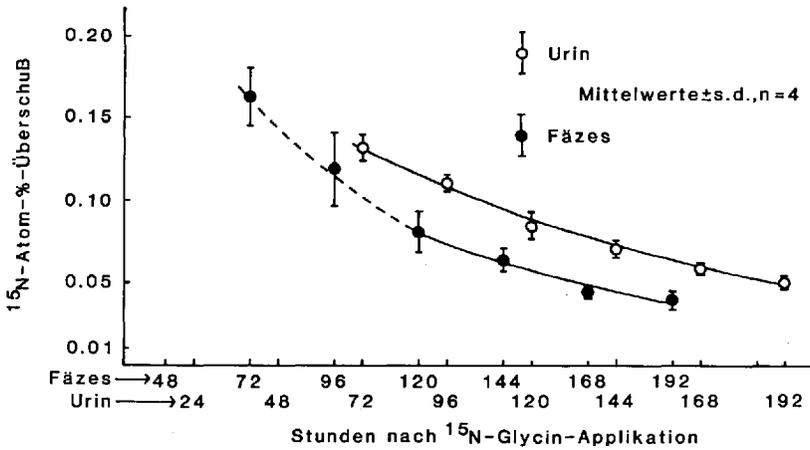


Abb. 2. Die ¹⁵N-Elimination im Kot und Urin der Cellulosegruppe (siehe Legende zu Abb. 1).

Anstieg des endogenen Kot-N von 13,9 auf 15,7 mg/Tag ($p < 0,05$), bleibt aber ohne Einfluß auf den Anteil des endogenen Kot-N am Gesamt-Kot-N.

Die mit der in Tabelle 3 angegebenen Berechnungsformel ermittelte wahre Proteinverdaulichkeit ist vom Cellulosegehalt unabhängig, sie beträgt im Mittel 98 %.

Die Erhöhung des endogenen Kot-N-Gehaltes ist im wesentlichen auf den von 4,7 (korrigiert 5,2) mg/Tag auf 6,2 (korrigiert 6,4) mg/Tag signifikant ($p < 0,01$) angestiegenen Bakterien-N-Gehalt zurückzuführen, wie Tabelle 4 und Abbildung 3 zu entnehmen ist. Bei der Korrektur wurde die Kot-N-Ausscheidung aller 4 Tiere von jeder Versuchsgruppe berücksichtigt. Die Berechnung des mit dem Kot ausgeschiedenen Bakterienstickstoffs erfolgte wie schon beschrieben (5, 11) über die Bestimmung der 2,6-Diamino-pimelinsäure, die signifikant ($p < 0,01$) von 0,302 auf 0,402 mg/Tag erhöht wurde.

Das auffälligste Versuchsergebnis ist die von 181,7 in der Kontrollgruppe auf 239,0 mg/Tag (= 31,5 %) in der Cellulosegruppe erhöhte N-

Tab. 2. Parameter für die ¹⁵N-Elimination über Kot und Urin nach der Funktion $y = a \cdot e^{bx}$ nach einmaliger Applikation von ¹⁵N-Glycine (berechnet mittels linearer Regression der logarithmierten Versuchsergebnisse).

	Kontrolle		Cellulose	
	Kot Tag 5-8	Urin Tag 3-8	Kot Tag 5-8	Urin Tag 3-8
b	- 0,0086	- 0,0090	- 0,0103	- 0,0081
a	0,2546	0,3127	0,2751	0,2346
r	- 0,9904	- 0,9949	- 0,9846	- 0,9965

$y = ^{15}\text{N-Atom-}\% \text{-Überschuß}$, $x = \text{Zeit (Std.) nach } ^{15}\text{N-Glycine-Applikation}$, $b = \text{Steigung}$, $a = \text{Achsenabschnitt (Wert für } x = 0)$, $r = \text{Korrelationskoeffizient}$

Tab. 3. Berechnung des endogenen Kotstickstoffs und der wahren Proteinverdaulichkeit.

	Std. nach Glycin-Appli- kation	¹⁵ N-Atom- Überschuß im Kot ¹⁾	¹⁵ N-Atom- Überschuß im Urin ¹⁾	¹⁵ N-Atom- % im Kot	Endogener N im Kot mg/Tag	Endogener N im Kot mg/Tag	N-Zufuhr mg/Tag	Wahre Pro- teinverdaul. % ²⁾
Kontroll- gruppe	120 144 168 192	0,091 0,074 0,060 0,049	0,142 0,114 0,092 0,074	64,1 64,8 65,3 66,1	21,7 22,0 22,1 19,2	13,9 14,3 14,5 12,7	394,6 393,5 394,3 394,1	98,0 98,0 98,1 98,4
\bar{x} ± s. d. (n = 4)				65,1 ± 0,8	21,3 ± 1,4	13,9 ± 0,8	394,1 ± 0,5	98,1 ± 0,2
Cellulose- gruppe	120 144 168 192	0,080 0,062 0,049 0,038	0,115 0,095 0,078 0,064	69,6 65,3 62,8 59,4	25,0 23,7 23,3 25,7	17,4 15,5 14,6 15,2	394,1 394,0 393,0 393,1	98,1 97,9 97,8 97,3
\bar{x} ± s. d. (n = 4)				64,3 ± 4,3	24,4* ± 1,1	15,7* ± 1,2	393,6 ± 0,6	97,8 ± 0,3

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

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

* Signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe p < 0,05

Tab. 4. Der Einfluß von Cellulose auf den Gehalt an Bakterienstickstoff im Kot von Ratten, bestimmt über den 2,6-Diaminopimelinsäure-Gehalt.

Gruppe	Tag	Tier Nr.	Kot, getrockn. g/Tag	Gesamt-Kot-N mg/Tag	DAP im Kot mg/Tag	Bakterien-N mg/Tag	Bakterien-N % des Kot-N
Kontrolle	5	1	0,85	18,7	0,298	4,68 ¹⁾	25,0
		2	0,78	18,3	0,278	4,37	23,9
	6	1	0,92	20,2	0,304	4,77	23,6
		2	1,15	25,9	0,359	5,64	21,8
	7	1	0,80	18,2	0,310	4,87	26,8
		2	1,03	23,6	0,361	5,67	24,0
	8	1	0,70	15,3	0,232	3,64	23,9
		2	0,71	16,3	0,273	4,29	26,3
Mittelwerte Tag 5-8			0,87 ± 0,16	19,6 ± 3,6	0,302 ± 0,043	4,74 ± 0,68	24,4 ± 1,6
Cellulose	5	5	2,10	23,9	0,438	6,79 ²⁾	28,4
		8	2,06	26,4	0,420	6,51	24,7
	6	5	1,60	19,5	0,314	4,86	24,9
		8	1,97	26,2	0,421	6,52	24,9
	7	5	1,97	23,8	0,403	6,24	26,2
		8	1,38	17,8	0,269	4,17	23,4
	8	5	2,02	25,7	0,502	7,78	30,3
		8	2,11	25,7	0,447	6,93	26,9
Mittelwerte Tag 5-8			1,90 ± 0,27	23,6* ± 3,3	0,402** ± 0,075	6,23** ± 1,16	26,2 ± 2,3

¹⁾ Umrechnungsfaktor F = Bakterien-N (mg)/DAP (mg) = 15,7

²⁾ F = 15,5

* Signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe p < 0,05

** Signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe p < 0,01

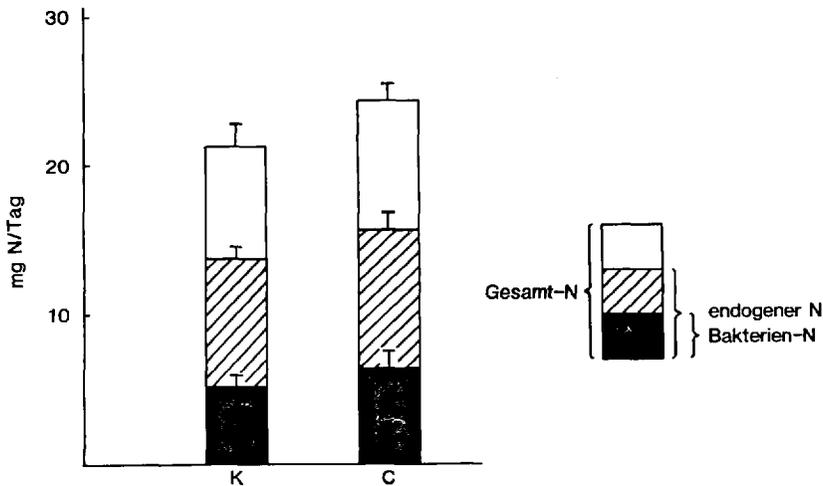


Abb. 3. Die Unterteilung des Gesamt-Kotstickstoffs in endogenen Stickstoff und Bakterienstickstoff in der Kontrollgruppe (K) und der Cellulosegruppe (C), Mittelwerte \pm s. d., $n = 4$.

Ausscheidung mit dem Urin und das dadurch verursachte Absinken der N-Bilanz. Dieser Effekt ist nicht pathogenen Ursprungs, denn im Urin konnte kein Eiweiß nachgewiesen werden. Demnach bewirkt der erhöhte Celluloseanteil im Futter in erster Linie einen verringerten Einbau von resorbiertem Nahrungsprotein in körpereigenes Protein (biologische Wertigkeit). Durch die Substitution von 8 g Maisstärke durch 8 g Cellulose/100 g Futter verringerte sich die umsetzbare Energie von 3,7 auf 3,4 kcal/g (15,5 bzw. 14,2 kJ/g), wenn man den Gehalt der Cellulose an umsetzbarer Energie vernachlässigt. Weiterhin konnte gezeigt werden, daß der Zusatz von Cellulose zur Diät bei Ratten die verdauliche Energie herabsetzt (12, 14). Möglicherweise trugen beide Faktoren dazu bei, daß in der Cellulosegruppe ein vergleichsweise größerer Anteil des resorbierten Futterproteins zu Harnstoff abgebaut wurde, um den erhöhten Energiebedarf in dieser Gruppe zu decken.

Ein Vergleich der Ergebnisse an Cellulose mit denen, die bereits für Guarmehl vorliegen (5), zeigt folgende Unterschiede:

1. Guarmehl in der Diät hat eine um 124 % erhöhte N-Ausscheidung mit dem Kot, Cellulose dagegen eine nur um 15 % erhöhte N-Elimination zur Folge. Daraus resultiert für den Guarmehlzusatz eine schlechtere scheinbare Proteinverdaulichkeit.
2. Cellulose bewirkt eine stärkere Erhöhung der Stickstoffausscheidung mit dem Urin (+ 31,5 %) als Guarmehl (+ 9,2 %).
3. Die endogene Kot-N-Ausscheidung wurde durch das Guarmehl um 21,8 mg/Tag (+ 222,5 %), durch die Cellulose jedoch nur um 1,8 mg/Tag (+ 12,9 %) erhöht. Beide Ballaststoffe bleiben ohne Einfluß auf die wahre Proteinverdaulichkeit.
4. Der mit dem Kot ausgeschiedene Bakterienstickstoff wird durch Guarmehl um 10,2 mg/Tag (+ 263,7 %), dagegen durch Cellulose nur um 1,5 mg/Tag (+ 31,4 %) erhöht.

Unsere Ergebnisse verdeutlichen, daß eine positive Korrelation zwischen der endogenen N-Ausscheidung im Kot und dem mikrobiellen Abbau von schwerverdaulichen Polysacchariden in der Ratte besteht. Im Vergleich zu Cellulose bietet Guarmehl einen günstigeren Nährboden für das Bakterienwachstum. Die hierzu notwendige Energie liefert das Polysaccharid, während Harnstoff und Ammoniumverbindungen aus dem Stoffwechsel des Wirtsorganismus den Stickstoff für die bakterielle Proteinsynthese liefern.

Danksagung: Für die zuverlässige Mitarbeit bei diesen Untersuchungen danken wir Frau P. Crocoll und Frau M. Werner.

Literatur

1. Cummings JH (1981) Dietary fibre. *British Medical Bulletin* 37:65-70
2. Czarnetzki HD, Gebhardt O, Hartig W, Hübner G, Wetzel K (1969) Der Eiweißstoffwechsel der Ratte, Untersuchungen mit ¹⁵N-markiertem Glycin. *Arch Tierernähr* 19:623-629
3. Eyre MD (1985) Some effects of fibre and starch on the determination of protein quality. *J Sci Food Agric* 36:11-25
4. Harmuth-Hoene AE, Schwerdtfeger E (1979) Effect of indigestible polysaccharides on protein digestibility and nitrogen retention in growing rats. *Nutr Metab* 23:399-407
5. Harmuth-Hoene AE, Müller H (1984) Der Einfluß von Guarmehl auf die endogene Stickstoffausscheidung bei Ratten, bestimmt mit Hilfe der ¹⁵N-Tracer-Technik. *Z Ernährungswiss* 23:31-40
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. Mason VC (1969) Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. *J Agric Sci Camb* 73:99-111
10. Müller H (1981) Stickstoff-15- und Gesamtstickstoff-Bestimmung durch Kopplung eines emissionspektrometrischen N-15-Analysators mit einem automatischen N-Analysator. *Fres Z Anal Chem* 307:385-388
11. Müller H, Harmuth-Hoene AE (1984) Ein Beitrag zur Bestimmung des bakteriellen Kotstickstoffs bei Ratten. *Z Ernährungswiss* 23:52-57
12. Peterson AD, Baumgardt BR (1971) Food and energy intake of rats fed diets varying in energy concentration and density. *J Nutr* 101:1057-1068
13. Thomas B (1980) Definition, Zusammensetzung und Eigenschaften von Ballaststoffen. In: Rottka H (Hrsg), *Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung*; Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, S 10-20
14. Yang MG, Manoharan K, Young AK (1969) Influence and degradation of dietary cellulose in cecum of rats. *J Nutr* 97:260

Eingegangen 3. Dezember 1985

Für die Verfasser:

Dr. H. Müller, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstraße 20, D-7500 Karlsruhe