

# Archiv für Tierernährung

## Archives of Animal Nutrition

### EDITORIAL BOARD

- K. Boda, *Košice*  
S. Buraczewski, *Jablonna*  
G. Burlacu, *Bukarest*  
D. Demeyer, *Gent*  
B. O. Eggum, *København*  
G. Gebhardt, *Leipzig*  
A. Hennig, *Jena*  
B. Juhász, *Budapest*  
M. Kirchgessner, *Weihenstephan*  
W. Laube, *Rostock*  
K. H. Menke, *Hohenheim*  
L. P. Milligan, *Edmonton*  
J. M. Morris, *Davis*  
K. Nehring, *Rostock*  
H. J. Oslage, *Braunschweig*  
E. Pfeffer, *Bonn*  
B. Piatkowski, *Dummerstorf-Rostock*  
S. Poppe, *Rostock*  
A. Rerat, *Jouy-en-Josas*  
R. Schiemann, *Rostock*  
N. A. Schmanenkov, *Borovsk*  
A. Schürch, *Zürich*  
R. H. Smith, *Shinfield*  
A. Sommer, *Nitra*  
S. Tamminga, *Lelystad*  
Grete Thorbek, *København*

FOUNDED BY  
ERNST MANGOLD

EDITED BY  
HANS BERGNER

VOLUME 35  
JANUARY 1985  
NUMBER 1



AKADEMIE-VERLAG  
BERLIN

Archives of Animal Nutrition covers the following topics: Biochemical and physiological foundations of animal nutrition with emphasis laid on the following aspects: Protein metabolism, metabolism of non-protein-nitrogen compounds, energy transformation, mineral metabolism, vitamin metabolism, nutritional effects and performance criteria, furthermore: practical animal feeding, feedstuff theory, feedstuff preservation and feedstuff processing.

We accept for publication:

Original manuscripts not yet published in other journals and not intended for publication in other journals in the same form. Their length should not exceed 12 printed pages.

Manuscripts are to be sent to Prof. HANS BERGNER, Wissenschaftsbereich Tierernährung der Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Humboldt-Universität zu Berlin, 1040 Berlin, Invalidenstr. 42. We request the authors to submit their manuscripts typed double-spaced and ready for print. The institution from which the paper originates will be mentioned together with the author's name in the title of the paper.

The author is requested to discuss and summarize the results of his work at the end of the manuscript.

Authors' names in the manuscript are to be underlined with a red wavy line. We request you to underline italics with a black or blue wavy line. Small print is to be indicated by a black or blue vertical line on the margin. Bibliographic data in the text are given with the name of the author and the year of publication, in case of several publications in one year, a, b, c etc. are added according to the sequence of the publications in the bibliography, e.g. MEYER (1958a). In the bibliography the papers are arranged alphabetically according to the name of the first author and quoted as follows: surname, first name (of women: one Christian name complete), journal, volume, page and year.

Illustrations have to be restricted to the necessary minimum and to be enclosed separately. Indicative lines, letters etc. are to be entered in pencil. For photographs, a cover sheet should be used for this. The captions of the illustrations are to be listed on an extra sheet.

The authors receive 50 special prints of their contributions free of charge.

### Terms of Subscription

Orders for the journal "Archives of Animal Nutrition" can be sent

— in the GDR: to the Postzustellungsvertrieb or to the Akademie-Verlag, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Str. 3-4; to the book-shop for foreign language literature or to the competent news-distributing

book-shop or to the wholesale distribution agency Kunst und Wissen, D - 7000 Stuttgart 1;

— in the FRG: to Kunst und Wissen, Erich Bleher GmbH, Dufourstr. 51,

to the national book- and journal-selling trade, to Buchexport, Volkseigener Außenhandelsbetrieb Akademie-Verlag, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Str. 3-4.

Prof. Dr. Hans Bergner.  
3-4.

DDR - 1040 Berlin, Invalidenstr. 42.  
beim Vorsitzenden

size, DDR - 4450 Gräfenhainichen.  
jährlich in einem Band mit zwölf Heften.  
je Heft 22,- M.

Übersetzung. Kein Teil dieser Zeitschrift darf in irgendeinem anderen Verfahren — ohne schriftliche Genehmigung des Verlags — in andere Sprachen (einschließlich der Übersetzungen in diese Sprachen) übertragen werden (z.B. durch Mikrofilm oder andere Mittel, ohne schriftliche Genehmigung des Verlags).

demokratische Republik.

zu 101874  
Archiv für Tier-  
ernährung  
vol. 35. Nr. 1  
95.



# ARCHIV FÜR TIERERNÄHRUNG

## ARCHIVES OF ANIMAL NUTRITION

VOLUME 35

1985

NUMBER 1

Arch. Tierernähr., Berlin 35 (1985) 1, 1-10

Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Humboldt-Universität zu Berlin  
Bereich Tierernährung  
(Leiter: Prof. Dr. sc. H. BERGNER)

ANNETTE WILKE, H. BERGNER und O. SIMON

### Der Einfluß des Glutaminsäuregehaltes der Diät auf die Katabolisierung von isotopenmarkierter Glutaminsäure bei Ratten

#### 4. Mitteilung

Messung der Oxydation von  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure zu  $^{14}\text{CO}_2$  bei unterschiedlicher  
Energieversorgung über die Diät

#### 1. Einleitung

Die hohe Katabolisierungsrate von  $^{14}\text{C}$ -markierter Glutaminsäure von mehr als 50 % innerhalb von 4 Stunden nach einer intragastralen oder subkutanen  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure-Applikation (BERGNER u. a., 1984; WILKE u. a., 1984) ließ die Frage aufkommen, ob die Höhe des Energieversorgungsgrades diese Katabolisierungsrate beeinflusst. Da die Oxydationsrate der  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure nach einer Mageninfusion signifikant höher lag als nach subkutaner Verabreichung, sollten darüber hinaus im vorliegenden Versuch die Applikationsformen intragastral, subkutan und intraperitoneal für die  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure verglichen werden.

#### 2. Methodik

##### 2.1. Tiere und Fütterung

Für den Versuch wurden 48 männliche Albinoratten im Lebendmassebereich von 80 bis 100 g verwendet. Die Haltung erfolgte in Einzelkäfigen bei einer Raumtemperatur von ca. 23 °C. Die zwei verabreichten Diäten entsprachen in der Grundzusammensetzung den Empfehlungen des Arbeitskreises für Proteinbewertung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere (MÜLLER, 1964), die in der 1. Mitt. (BERGNER u. a., 1984) beschrieben wurden. Der Rohproteinanteil wurde aus synthetischen L-Aminosäuren (Lysin von Fa. AEC, Frankreich, alle anderen Aminosäuren von Fa. Degussa, BRD) entsprechend der Zusammensetzung des Eiproteins geliefert (Tab. 1).

Bei der Diät I entsprach auch der Glutaminsäuregehalt der Aminosäurenmischung mit 20,0 Mol-% etwa dem Glutaminsäuregehalt des Eiproteins. In der Diät II erfolgte eine Zulage von Glutaminsäure bis zu einem Gehalt von 42,6 Mol-% in der Aminosäurenmischung (Tab. 2).

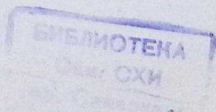


Tabelle 1

Aminosäurezusammensetzung der Grunddiät (Mol-% der Gesamtaminosäuremenge nach eigener Analyse, für Tryptophan wurde der theoretische Wert eingesetzt)

Aminosäure	(Mol-%)	Aminosäure	(Mol-%)
Lysin	7,8	Valin	8,3
Histidin	0,7	Isoleuzin	5,9
Arginin	4,4	Leuzin	10,8
Asparaginsäure	10,5	Tyrosin	2,4
Threonin	6,4	Phenylalanin	4,5
Serin	8,9	Methionin	2,1
Prolin	5,6	Zystein	3,0
Glyzin	7,0	Tryptophan	1,1
Alanin	10,5		

Tabelle 2

Glutaminsäuregehalt der Diäten

Diät	Glutaminsäure in der Aminosäurenmischung		Glutaminsäure in der Diät (mg/g TS)
	(Masse-%)	(Mol-%)	
I	22,7	20,0	24,2
II	43,1	42,6	62,4

Nach der Einstellung erhielten die Tiere zunächst 7 Tage eine Volleidiät (10 % Rohprotein) in Höhe des Energieerhaltungsbedarfs ( $460 \text{ kJ/kg}^{0,67} \cdot \text{d}$ ). Danach folgte die 7tägige Versuchsfütterung, bei der die beiden Versuchsdiäten jeweils in zwei Energieversorgungsniveaus gefüttert wurden. Bei der niedrigen Stufe der Energiezufuhr (Diäten Ia und IIa) wurden im Mittel der gesamten Versuchsfütterung  $336 \text{ kJ/kg}^{0,67} \cdot \text{d}$  (gleich 73 % des Energieerhaltungsbedarfs) und bei der höheren Stufe (Diäten Ib und IIb) 451 bis  $477 \text{ kJ/kg}^{0,67} \cdot \text{d}$  (98 bis 104 % des Energieerhaltungsbedarfs) gefüttert. Da kein Lebendmasseabfall bei Fütterung von 73 % des Energieerhaltungsbedarfs festzustellen war, wurde an die a-Gruppen am 5., 6. und 7. Versuchsfütterungstag nur noch 70 % (Diät I) bzw. 68 % (Diät II) des Erhaltungsbedarfs verabreicht. Da sich die Futteraufnahme der Tiere mit höherer Energiezufuhr (b-Gruppen) mit der Dauer der Fütterung verbesserte, nahmen diese Tiere am 5., 6. und 7. Fütterungstag 105 % (Diät I) bzw. 103 % (Diät II) des Energieerhaltungsbedarfs auf.

## 2.2. Verabreichung $^{14}\text{C}$ -markierter Glutaminsäure

Am 8. Versuchstag erhielten alle Tiere zur Morgenfütterung 30 % der Vortagsfuttermenge. Aus jeder Fütterungsgruppe (Ia, IIa, Ib, IIb) wurde jeweils 4 Tieren 2 Stunden nach der Fütterung  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure intragastral (i.g.) mittels Schlundsonde, intraperitoneal (i.p.) oder subkutan in die Nackenpartie (s.c.) verabreicht. Durch die unterschiedliche Behandlung der Fütterungsgruppen mit  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure entstanden die in Tab. 3 aufgeführten Gruppenbezeichnungen.

Die Infusions- bzw. Injektionslösung enthielt je ml  $164,3 \text{ kBq } ^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure (L-Glutaminsäure- $^{14}\text{C}$ -(U);  $7400 \text{ MBq/mmol}$ , UVVVR, ČSSR). Von der Lösung kamen je Tier  $0,5 \text{ ml/100 g}$  Lebendmasse zum Einsatz.

Die Überprüfung der radiochemischen Reinheit der  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure mittels Dünnschichtchromatographie und Ermittlung der Radioaktivitätsverteilung mit dem Dünnschichtscanner (LB 2772, Fa. Prof. Dr. Berthold, BRD) ergaben 98 % der Radioaktivität im Glutaminsäurepeak.



Tabelle 3

Gruppeneinteilung (4 Tiere/Gruppe)

Gruppen-Nr.	Applikations-art	Energieniveau	Diät	Glutaminsäuregehalt (Mol-%)
1	i.g.	a = 73 %	I	20,0
2	i.g.	a = 73 %	II	42,6
3	i.g.	b = 100 %	I	20,0
4	i.g.	b = 100 %	II	42,6
5	i.p.	a = 73 %	I	20,0
6	i.p.	a = 73 %	II	42,6
7	i.p.	b = 100 %	I	20,0
8	i.p.	b = 100 %	II	42,6
9	s.c.	a = 73 %	I	20,0
10	s.c.	a = 73 %	II	42,6
11	s.c.	b = 100 %	I	20,0
12	s.c.	b = 100 %	II	42,6

### 2.3. CO<sub>2</sub>-Absorption und -Bestimmung

Die CO<sub>2</sub>-Absorption erfolgte in für Respiationsversuche eingerichteten Exsikkatoren (Aufbau der Versuchsanordnung s. BERGNER u. a., 1984). Die Absorption des CO<sub>2</sub> erfolgte in einer Mischung aus Äthanolamin und Methanol (1 : 4,2) und begann unmittelbar nach Applikation der <sup>14</sup>C-Glutaminsäure. Die Dauer der Absorption betrug 6 Stunden und die Absorptionsgefäße mit 40 ml Absorptionslösung wurden jeweils nach 3 Stunden gewechselt. Die CO<sub>2</sub>-Bestimmung erfolgte nach Ausfällen von BaCO<sub>3</sub> durch Zusatz von BaCl<sub>2</sub> und Titration des unverbrauchten Äthanolamins mit 0,1 N HCl.

### 2.4. Radioaktivitätsbestimmung und biostatistische Auswertung

Die Radioaktivitätsbestimmung des <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> in der Absorptionslösung wurde mit Hilfe des Flüssigkeitsszintillationspektrometers Tricarb 3380 (Fa. Packard, USA) vorgenommen. Es wurden 3 ml Absorptionslösung mit 10 ml Szintillatorcocktail (0,6 g POPOP; 5,5 g PPO und 75 g Naphthalin in 500 ml Toluol; Methylglykol ad 1000 ml) versetzt. Die Radioaktivitätsmenge wird in Zerfällen pro Minute (DPM) angegeben.

In den Ergebnistabellen wird zu den Mittelwerten ( $\bar{x}$ ) der mittlere Fehler des Mittelwertes ( $m\bar{x}$ ) angegeben. Der Ausschluß einzelner, innerhalb der Meßreihen stark abweichender Einzelmeßwerte von der Mittelwertberechnung wurde nach dem Ausreißertest (RASCH u. a., 1978) vorgenommen. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels *t*-Test ermittelt und sind in den Tabellen mit Buchstabenindizes gekennzeichnet. Ungleiche Buchstaben bedeuten statistisch gesicherte Unterschiede ( $\alpha < 0,05$ ), gleiche Buchstaben nichtsignifikante Unterschiede. Der Zahlenindex bezeichnet die Gruppennummern, zu denen trotz verschiedener Buchstabenindizes keine Signifikanz besteht.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3.1. Lebendmasseentwicklung und Futteraufnahme während der Versuchsfütterung

Für alle a-Gruppen konnte ab 5. Fütterungstag bis zur radioaktiven Markierung ein signifikanter Lebendmasseabfall von 1,1 g (Diät I) bzw. 1,3 g (Diät II) pro Tag im Gruppendurchschnitt ermittelt werden. Für alle b-Gruppen betrug in diesem Zeitraum

der Zuwachs 1,3 bzw. 1,4 g/d (Tab. 4). Damit unterscheiden sich die Gruppen beider Ernährungsniveaus in ihrer Lebendmasseentwicklung in allen Fällen statistisch hoch gesichert.

Tabelle 4

Tägliche Energieaufnahme der Fütterungsgruppen (in kJ/kg<sup>0,67</sup>) während der gesamten Versuchsfütterung und ab 5. Fütterungstag sowie die Lebendmasseveränderung ab 5. Versuchstag

Gruppen-Nr.	Diät	Ernährungs-niveau	Energieaufnahme (kJ/kg <sup>0,67</sup> · d; in Klammern in % des Erhaltungsbedarfs von 460 kJ/kg <sup>0,67</sup> · d)		Lebendmasseveränderung ab 5. Fütterungstag (g/d)
			während der gesamten Versuchsfütterung	ab 6. Fütterungstag	
1, 5, 9	I	a	338 ± 5,9 (73)	324 ± 4,5 (70)	-1,1 ± 0,19 <sup>a</sup>
2, 6, 10	II	a	334 ± 4,5 (73)	313 ± 3,4 (68)	-1,3 ± 0,31 <sup>a</sup>
3, 7, 11	I	b	477 ± 9,1 (104)	484 ± 7,8 (105)	+1,4 ± 0,18 <sup>b</sup>
4, 8, 12	II	b	451 ± 15,5 (98)	473 ± 17,0 (103)	+1,3 ± 0,12 <sup>b</sup>

### 3.2. CO<sub>2</sub>-Ausscheidung

Die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung betrug innerhalb der 6stündigen Absorptionszeit 39 bis 44 mmol CO<sub>2</sub>/100 g LM (Tab. 5). Am deutlichsten wirkte sich die Fütterungsart in den ersten 3 Stunden der Absorption auf die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung aus. Die Tiere mit hoher Energieversorgung über die Diät hatten generell eine höhere CO<sub>2</sub>-Produktion aufzuweisen, was für die ersten 3 Stunden der Absorption und die gesamte Absorptionsdauer zum großen Teil statistisch gesichert war.

Die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung je 100 g Lebendmasse lag im Bereich oder etwas unterhalb der von NEALE und WATERLOW (1974) sowie unter ähnlichen Bedingungen in eigenen Versuchen ermittelten Werte nach i.g. und s.c. Verabreichung von <sup>14</sup>C-Glutaminsäure (BERGNER u. a., 1984, WILKE u. a., 1984) (Tab. 5.) Die höhere Ausscheidung an CO<sub>2</sub> der normal versorgten Fütterungsgruppen im Erhaltungsbedarf ist nicht nur durch das ständig höhere Angebot an energieliefernden Substanzen zu erklären, sondern auch dadurch, daß die morgendliche Futtermenge jeweils 30 % der Vortagsmenge

Tabelle 5

CO<sub>2</sub>-Ausscheidung (mmol CO<sub>2</sub>/100 g LM) innerhalb von 6 Stunden nach Aufnahme von 30 % der Tagesmenge von Diäten, die 20,0 Mol-% (I) bzw. 42,6 Mol-% (II) Glutaminsäure enthielten und die den Energieerhaltungsbedarf zu 68–70 % (a) bzw. zu 103–105 % (b) deckten.

Gruppen-Nr.	Diät	Ernährungs-niveau	CO <sub>2</sub> -Ausscheidung (mmol CO <sub>2</sub> /100 g LM) Stunden nach Markierung		
			0–3	3–6	0–6
1, 5, 9	I	a	21,8 ± 0,67 <sup>aIIb</sup>	20,5 ± 0,78	42,3 ± 1,40
2, 6, 10	II	a	19,6 ± 0,59 <sup>b</sup>	19,2 ± 0,51	38,8 ± 1,01 <sup>a</sup>
3, 7, 11	I	b	23,7 ± 0,58 <sup>c</sup>	20,7 ± 0,58	44,4 ± 1,07 <sup>b</sup>
4, 8, 12	II	b	22,9 ± 0,66 <sup>cIa</sup>	20,7 ± 0,56	43,6 ± 1,19 <sup>b</sup>



betrug, so daß den Tieren auch während der Absorptionszeit mehr Substrat zur Energiegewinnung zur Verfügung stand. Dieser Überschuß an Atmungssubstrat muß bis 5 Stunden nach Fütterungsbeginn verbraucht worden sein, da sich in der 2. Absorptionsperiode alle höheren Ausscheidungswerte dem niedrigen Niveau angleichen.

Die signifikant niedrigere  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung der Gruppe IIa gegenüber Ia ist durch den sinkenden respiratorischen Quotienten bei zunehmender Verwendung von Aminosäuren als Energiequelle (höhere Glutaminsäuregabe) zu erklären, wie anhand der Ergebnisse der 3. Mitt. (SIMON u. a., 1984) analoge Befunde diskutiert wurden.

In den b-Gruppen übte die verdoppelte Glutaminsäuregabe diesen Effekt nicht mehr aus, da offensichtlich bei höherem Energieversorgungsgrad weniger Aminosäuren oxydiert wurden.

### 3.3. $^{14}\text{CO}_2$ -Ausscheidung

Die  $^{14}\text{CO}_2$ -Ausscheidung in Prozent der verabreichten Dosis lag in den ersten 3 Stunden nach i.g. Verabreichung bei 55 %, nach i.p. Injektion bei 49 % und nach s.c.-Injektion bei 41 % (Tab. 6).

Tabelle 6

Relative  $^{14}\text{CO}_2$ -Ausscheidung (in % der verabreichten Dosis) nach 7tägiger Versuchsfütterung und unterschiedlicher (i.g., i.p., s.c.) radioaktiver Markierung mit  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure

Gruppen-Nr.	Markierungsweg	$^{14}\text{CO}_2$ -Ausscheidung (% der Dosis)		
		Stunden nach Markierung 0 – 3	3 – 6	0 – 6
1, 2, 3, 4	i.g.	$54,80 \pm 1,64^a$	$9,25 \pm 0,98$	$64,04 \pm 1,74^a$
5, 6, 7, 8	i.p.	$49,06 \pm 1,43^b$	$7,52 \pm 0,30^a$	$56,58 \pm 1,34^b$
9, 10, 11, 12	s.c.	$41,13 \pm 1,59^c$	$9,01 \pm 0,39^b$	$50,32 \pm 1,94^c$

In den folgenden 3 Stunden war nur noch eine Ausscheidung von 6,7 bis 13,6 % (Tab. 7) zu verzeichnen, so daß innerhalb von 6 Stunden Radioaktivitätsausscheidungen von 45,7 bis 66,6 % ermittelt wurden.

Statistisch gesicherte Unterschiede traten 3 Stunden aber auch noch 6 Stunden nach Markierung nur zwischen den verschiedenen Verabreichungswegen der  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure auf (Tab. 7). Dabei wurde die höchste Radioaktivitätsausscheidung nach i.g. Verabreichung beobachtet, eine mittlere nach i.p.-Injektion und die niedrigste nach s. c.-Applikation. Im Zeitraum von 3 bis 6 Stunden nach Markierung wurden zwar auch statistische Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt, die jedoch im wesentlichen die Differenzen zur 1. Absorptionsperiode ausglich und keinen Zusammenhang zu den Versuchsvarianten erkennen ließen.

Die Oxydation der radioaktiven Glutaminsäure zu  $^{14}\text{CO}_2$  lag somit nach i.g. und s.c. Verabreichung im Bereich früherer Versuche (BERGNER u. a., 1984; WILKE u. a., 1984; SIMON u. a., 1984). Es bestanden keine signifikanten Unterschiede in der Ausscheidungshöhe an  $^{14}\text{CO}_2$  zwischen den Tiergruppen, die einen hohen und einen mittleren Glutaminsäuregehalt in der Diät hatten. Jedoch ist die Tendenz zu erkennen, daß die Gruppen mit niedrigem Glutaminsäuregehalt in der Diät, mit Ausnahme der Gruppen 11 und 12, eine höhere  $^{14}\text{CO}_2$ -Ausscheidung zeigten, als die korrespondierenden

Tabelle 7

Radioaktivitätsausscheidung über  $^{14}\text{CO}_2$  (in % der verabreichten Dosis) nach 7tägiger Fütterung von Diäten unterschiedlichen Glutaminsäuregehaltes auf differenziertem Ernährungsniveau und radioaktiver Markierung mit  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure (I = 20,0 Mol-% Glu, II = 42,6 Mol-% Glu; a = 68–70 %, b = 103–105 % des Energieerhaltungsbedarfs gefüttert)

Gruppen-Nr.	Diät	Ernährungs-niveau	Applikation	Radioaktivitätsausscheidung über $^{14}\text{CO}_2$ (in % der verabreichten Dosis)		
				Stunden nach Markierung		
				0-3	3-6	
					0-6	
1	I	a	i.g.	$58,7 \pm 0,64^a$	$8,0 \pm 1,31$	$66,7 \pm 1,45^a$
2	II	a	i.g.	$55,7 \pm 1,07^{a,b-8}$	$8,6 \pm 0,73^{a,b-8,10}$	$64,9 \pm 0,18^{a,8}$
3	I	b	i.g.	$57,6 \pm 1,38^a$	$6,8 \pm 1,04^{a,b,7,9}$	$66,3 \pm 0,87^a$
4	II	b	i.g.	$50,7 \pm 4,84$	$13,6 \pm 2,57^{a,11}$	$64,1 \pm 6,14^{a,5-10,12}$
5	I	a	i.p.	$51,3 \pm 0,36^{b,9}$	$6,8 \pm 0,26^{a,7}$	$58,1 \pm 0,50^{b,9,10,12}$
6	II	a	i.p.	$45,1 \pm 4,44^{b,9-12}$	$8,8 \pm 0,50^{b,2,3,11}$	$53,9 \pm 4,00^{b,9-12}$
7	I	b	i.p.	$52,4 \pm 0,92^{b,9}$	$6,7 \pm 0,15^{b,3,5,9,1}$	$59,1 \pm 0,74^{b,9,10,12}$
8	II	b	i.p.	$50,2 \pm 2,34^{b,2,9,10}$	$7,8 \pm 0,70$	$58,0 \pm 2,76^{b,2,9,10,12}$
9	I	a	s.c.	$44,3 \pm 3,37^{c,5-8}$	$9,8 \pm 0,75^{b,2,3}$	$54,1 \pm 4,11^{c,5-8}$
10	II	a	s.c.	$41,3 \pm 3,99^{c,6,8}$	$10,1 \pm 0,79^{b,2}$	$51,4 \pm 4,54^{c,5-8}$
11	I	b	s.c.	$35,3 \pm 1,96^{c,6}$	$7,7 \pm 0,41^{c,6,7}$	$45,7 \pm 3,39^{c,6}$
12	II	b	s.c.	$41,0 \pm 2,77^{c,6}$	$8,4 \pm 0,62$	$50,1 \pm 3,71^{c,5-8}$



Tabelle 8  
 Spezifische Radioaktivität des CO<sub>2</sub> (in DPM · 10<sup>3</sup>/mmol CO<sub>2</sub>) nach 7tägiger Fütterung von Diäten unterschiedlichen Glutaminsäuregehaltes auf differenziertem Ernährungsniveau und radioaktiver Markierung mit <sup>14</sup>C-Glutaminsäure (I = 20,0 Mol-% Glu, II = 42,6 Mol-% Glu; a = 68–70 %, b = 103–105 % des Energieerhaltungsbedarfs gefüttert)

Gruppen-Nr.	Diät	Ernährungs-niveau	Applikationsart	Spezifische Radioaktivität des CO <sub>2</sub> (in DPM · 10 <sup>3</sup> /mmol CO <sub>2</sub> )		
				Stunden nach Markierung	3–6	0–6
1	I	a	i.g.	126,2 ± 5,79 <sup>a3-9</sup>	19,6 ± 4,25	75,5 ± 5,78 <sup>a9</sup>
2	II	a	i.g.	137,5 ± 3,43 <sup>a4,6</sup>	21,6 ± 2,21	75,4 ± 3,62 <sup>a</sup>
3	I	b	i.g.	114,7 ± 2,62 <sup>b1</sup>	15,2 ± 1,92 <sup>a</sup>	68,2 ± 2,09 <sup>a9</sup>
4	II	b	i.g.	118,1 ± 14,63 <sup>b1,2,11</sup>	34,0 ± 7,20 <sup>b5,11</sup>	77,5 ± 9,80 <sup>b9</sup>
5	I	a	i.p.	115,6 ± 5,97 <sup>b1</sup>	16,5 ± 1,19 <sup>a4</sup>	67,8 ± 3,87 <sup>a9</sup>
6	II	a	i.p.	120,7 ± 12,94 <sup>b1,2</sup>	23,3 ± 2,35 <sup>b11</sup>	71,3 ± 5,92 <sup>a9</sup>
7	I	b	i.p.	111,7 ± 2,31 <sup>b1</sup>	16,4 ± 0,39 <sup>a</sup>	67,8 ± 1,20 <sup>a</sup>
8	II	b	i.p.	104,8 ± 7,54 <sup>b1</sup>	18,4 ± 2,40	64,2 ± 5,24 <sup>a9,11</sup>
9	I	a	s.c.	108,6 ± 9,78 <sup>b1</sup>	24,5 ± 2,34 <sup>b11</sup>	61,0 ± 2,29 <sup>b1,3,6,8,11</sup>
10	II	a	s.c.	99,5 ± 7,06 <sup>b11</sup>	26,8 ± 2,49 <sup>b</sup>	64,6 ± 4,57 <sup>a</sup>
11	I	b	s.c.	82,3 ± 3,17 <sup>c4,11</sup>	18,9 ± 0,39 <sup>a4,6,9</sup>	52,3 ± 1,27 <sup>c8,7</sup>
12	II	b	s.c.	77,3 ± 1,34 <sup>c</sup>	20,3 ± 2,14	49,0 ± 1,09 <sup>c</sup>

Gruppen mit hohem Glutaminsäuregehalt (Tab. 7). Dagegen hatte die höhere Energiezufuhr weder einen statistisch gesicherten noch einen tendentiellen Einfluß auf die Menge ausgeschiedenem  $^{14}\text{CO}_2$ . Die gesicherten Unterschiede, die zwischen den drei Verabreichungswegen bestanden, lassen die Schlußfolgerung zu, daß die nach i.g.-Applikation höchste Glutaminsäureoxydation durch die hohe Stoffwechselaktivität des Darmes verursacht wurde (Tab. 7) und daß dem Darm eine bedeutende Rolle bei der energetischen Nutzung der Glutaminsäure zukommt. Dieser Einfluß erklärt auch den Unterschied zwischen i.p. und s.c.-Injektion.

### 3.4. Spezifische Radioaktivität des $\text{CO}_2$

Die spezifische Radioaktivität des  $\text{CO}_2$  betrug in den ersten 3 Stunden nach i.g.-Applikation 115 bis 138  $\text{DPM} \times 10^3/\text{mmol CO}_2$  (Tab. 8). Nach i.p. Injektion wurden Werte von 105 bis 116 und nach s.c. Applikation die niedrigsten Werte von 77 bis 109  $\text{DPM} \times 10^3/\text{mmol CO}_2$  gemessen. Die bereits diskutierte hohe Stoffwechselaktivität der Darmwand wird hier erneut bewiesen. Betrachtet man zunächst die Gruppen bei niedrigem Ernährungsniveau (a), so lag die Oxydationsrate der  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure bis zur 3. Stunde nach i.g.-Verabreichung signifikant höher als nach s.c.-Injektion, wenn der Glutaminsäure-Gehalt hoch lag. Auf Basis des Erhaltungsniveaus (b-Gruppen) war dies der Fall bei beiden Ernährungsniveaus. Die plötzliche luminale Bereitstellung von  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure nach i.g.-Gabe führt zu einer relativ hohen Oxydation von  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure im Vergleich zu nichtmarkierter Glutaminsäure. Nach s.c.-Injektion der Glutaminsäure erfolgt im Pool eine Durchmischung von  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure und nichtmarkierter Glutaminsäure, so daß die spezifische  $^{14}\text{C}$ -Radioaktivität des gebildeten  $\text{CO}_2$  niedriger liegt als nach i.g.- oder i.p.-Verabreichung.

Beim Vergleich der beiden Energieniveaus bei gleichem Glutaminsäuregehalt in der Diät innerhalb der gleichen Verabreichungsform der  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure fällt auf, daß in dieser Periode die energetische Unterversorgung (a) stets zu einer höheren spezifischen Radioaktivität führte gegenüber der über den Energieerhaltungsbedarf hinaus gefütterten Tiere (b). Allerdings lag eine statistische Sicherung hierfür nur im Falle der subkutanen Applikation der  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure vor. Die Ursache für die höhere spezifische Radioaktivität bei energetischer Unterversorgung dürften die sparsameren Oxydationsprozesse zu  $\text{CO}_2$  im Verhältnis zu  $^{14}\text{CO}_2$  sein.

### Zusammenfassung

48 männliche Ratten (Lebendmasse 80 bis 100 g) wurden mit 2 Diäten gefüttert, die sich in ihrem Glutaminsäuregehalt unterschieden (Diät I 2,42 und Diät II 6,24 % Glutaminsäure in der Trockensubstanz). Die Mischung der anderen synthetischen L-Aminosäuren war der Zusammensetzung des Eiproteins entsprechend einem Rohproteingehalt von 10 % in der Diät angepaßt. Jede Diät wurde entweder zu 73 oder zu 98 bis 104 % des Energieerhaltungsbedarfs gefüttert. Nach 7-tägiger Versuchsfütterung wurde jeder Gruppe  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure entweder durch intragastrale Infusion (i.g.) oder durch intraperitoneale (i.p.) bzw. subkutane Injektion (s.c.) verabreicht. An-



schließlich wurde die  $\text{CO}_2$ - und  $^{14}\text{CO}_2$ -Ausscheidung während zwei aufeinanderfolgenden Perioden von 3 Stunden gemessen.

Besonders in der ersten 3-Stunden-Periode, die 2 Stunden nach der Futteraufnahme begann, war die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung bei den Tieren mit beschränkter Futteraufnahme geringer. Die relative  $^{14}\text{CO}_2$ -Ausscheidung (Prozent der Dosis) wurde weder von dem Niveau der Energieaufnahme noch von der Menge an Diätglutaminsäure signifikant beeinflusst. Die höchste Abbaurate von Glutaminsäure zu  $^{14}\text{CO}_2$  wurde nach i.g. Applikation gemessen (mehr als 50 %), danach folgte die i.p. Injektion (ca. 50 %) und die geringsten Werte wurden nach s. c.-Injektion beobachtet. (ca. 40 %). Diese Unterschiede waren jedoch nur während der ersten  $\text{CO}_2$ -Absorptionsperiode ersichtlich. Weiterhin verursachte die s. c. Injektion verglichen mit den Ergebnissen nach i.g. und i.p. Verabreichung eine geringere spezifische Radioaktivität des  $\text{CO}_2$ . Die Ergebnisse weisen auf die hohe Stoffwechselaktivität des Darmgewebes für Glutaminsäure hin.

## Резюме

АННЕТТЕ ВИЛЬКЕ, Х. БЕРГНЕР и О. СИМОН

Влияние содержащей в диете глютаминовой кислоты на катаболизацию меченой изотопами глютаминовой кислоты у крыс. 4-ое сообщ.: Определение окисления  $^{14}\text{C}$ -глютаминовой кислоты к  $^{14}\text{CO}_2$  при различной снабжении энергией диетой

48 крыс-самцов с живой массой от 80 по 100 г получили 2 диеты различным содержанием глютаминовой кислоты, т.е. диета I = 2,42 % г. к. к сухому веществу и диета II = 6,24 %. Состав других синтетических L-аминокислот относился яичному протеину. Диеты содержали 10 % сырого протеина к сухому веществу и кроме того либо 73 либо 98–104 % требовательной энергии для поддержания жизни. После 7 дней опытного кормления каждая группа получила  $^{14}\text{C}$ -глютаминовой кислоты либо путём интражелудочной инфузии (и.ж.) либо интраперитонеальной (и.п.) или подкожной (п.к.) инъекциями. Потом определились выделения  $\text{CO}_2$  и  $^{14}\text{CO}_2$  во время двух непрерывных периодов от 3 час. для каждого.

Выделение  $\text{CO}_2$  было у крыс с ограниченным потреблением корма ниже, особенно во время первого трёхчасового периода, который начался 2 часа после кормления. Относительное выделение  $^{14}\text{CO}_2$  в % от дозы не достоверно зависило не от уровня потребления энергии не от количества глютаминовой кислоты в диете. Определилось наивысшее разрушение глютаминовой кислоты  $^{14}\text{CO}_2$  после и.ж. аппликации (больше 50 %), потом и. п. инъекции (приблизительно 50 %) и п.к. инъекции (около 40 %). Эти различия наблюдались только во время первичного периода абсорбции  $\text{CO}_2$ . Кроме того вызвала п. к. инъекция меньше специфической радиоактивности  $\text{CO}_2$  в сравнении с результатами, полученными при и.ж. и и. п. аппликациями. Вообще ссылают результаты на высокую промежуточную активность глютаминовой кислоты в ткани кишечника.

## Summary

ANNETTE WILKE, H. BERGNER and O. SIMON

Influence of the glutamic acid content of the diet on the catabolic rate of labelled glutamic acid in rats. 4. Estimation of the oxidation of  $^{14}\text{C}$ -glutamic acid to  $^{14}\text{CO}_2$  at different levels of dietary energy supply

48 male rats (body weight 80–100 g) were fed with 2 diets different in the glutamic acid content (diet I 2.42 and diet II 6.24 % glutamic acid in the dry matter). The mixture of the other synthetic L-amino acids was adapted to the egg protein pattern corresponding 10 % crude protein in the diet. Each diet was fed either on 73 % or 98 to 104 % of the energy maintenance requirement. After 7 days of experimental feeding  $^{14}\text{C}$ -U-L-glutamic acid was given to each group by intragastric infusion (i.g.), intraperitoneal (i.p.) or subcutaneous injection (s.c.), respectively, followed by a measurement of the  $\text{CO}_2$ - and  $^{14}\text{CO}_2$ -excretion during two subsequent periods of 3 hours.

The  $\text{CO}_2$ -excretion was lower in animals with restricted energy intake especially during the first 3 hour-period, which was started 2 hours after feed intake. The relative  $^{14}\text{CO}_2$ -excretion (percent of the dose) was neither significantly influenced by the level of energy intake nor by the amount of dietary glutamic acid. The highest degradation rates of  $^{14}\text{C}$ -glutamic acid to  $^{14}\text{CO}_2$  were measured after i.g. application (more than 50 %), followed by the i.p. injection (nearly 50 %) and the lowest values were observed after s.c. injection (about 40 %). These differences were only evident during the first  $\text{CO}_2$ -absorption period. Furthermore the s. c. injection caused a lower specific radioactivity of  $\text{CO}_2$  compared with the data after i.g. and i.p. application. The results suggest the high metabolic activity of the intestinal tissue for glutamic acid.

## Literaturverzeichnis

- [1] BERGNER, H., A. WILKE, O. SIMON und E. WOLF: Arch. Tierernähr. **34**, 661 (1984)
- [2] MÜLLER, R.: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. **19**, 306 (1964)
- [3] NEALE, R. J. und J. C. WATERLOW: Brit. J. Nutr. **32**, 257 (1974)
- [4] RASCH, D. A., G. HERRENDÖRFFER, J. BOCK und K. BUSCH: Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung. Dt. Landw. Verlag, Berlin (1978)
- [5] WILKE, A., O. SIMON und H. BERGNER: Arch. Tierernähr. **34**, 749 (1984)
- [6] SIMON, O., A. WILKE und H. BERGNER: Arch. Tierernähr. **34**, 805 (1984)

Den Chem.-Ing. Frau S. KIEWEL und Frau I. DRESSEL sowie den technischen Assistentinnen Frau U. KITTLER und Frau I. BECKER danken wir für die ausgezeichnete Mitarbeit bei der Versuchsdurchführung.

Eingegangen: 25. November 1983

## Anschrift der Autoren:

Dr. ANNETTE WILKE, Prof. Dr. sc. H. BERGNER und Dr. sc. O. SIMON  
Bereich Tierernährung der Sektion Tierproduktion  
und Veterinärmedizin der Humboldt-Universität zu Berlin  
DDR - 1040 Berlin, Invalidenstr. 42



Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig, Wissenschaftsbereich  
Tierernährungsphysiologie und Futtermittelkunde (Leiter: Prof. Dr. sc. G. GEBHARDT)  
Bezirkskrankenhaus St. Georg Leipzig, Chirurgische Klinik  
(Direktor: Prof. Dr. sc. W. HARTIG)

T. PAHLE, ROSEMARIE KÖHLER, W. B. SOUFFRANT, R. MATKOWITZ,  
W. HARTIG, M. SLOWIG und G. GEBHARDT

## Methodische Aspekte zur Bestimmung von N-Umsatz- parametern aus $^{15}\text{N}$ -Tracerversuchen an Schweinen auf der Grundlage von Modellen des N-Stoffwechsels

### 2. Mitteilung

Berechnung von N-Stoffwechselfparametern aus dem zeitlichen Verlauf der  
im Harn ausgeschiedenen  $^{15}\text{N}$ -Mengen

#### 1. Einleitung

Wie in der 1. Mitt. (KÖHLER u. a., 1982) bereits ausgeführt, hat die Verrechnung solcher Parameter wie der Syntheserate und der Zerfallsrate des Körperproteins Bedeutung aus der Sicht der Grundlagenforschung. In der Tierernährung ist besonders der energetische Aufwand für die Proteinsynthese ein zu beachtender Faktor bezüglich der Verwertung der verabreichten Nährstoffe, dessen Einfluß bei verschiedenen Leistungsbedingungen und verschiedenen Nährstoffrelationen in der Ration zu untersuchen bleibt.

In der Medizin dienen Bestimmungsmethoden der Proteinsyntheserate als Diagnosemittel zur Ermittlung der Stoffwechsellage. Insbesondere mit der medizinischen Forschung wurde das stabile Isotop  $^{15}\text{N}$  verstärkt als Tracer in den Untersuchungen eingesetzt. Im Gegensatz zu strahlenden Isotopen ist die Verfolgung des  $^{15}\text{N}$  in chemischen Fraktionen wie z. B. den Aminosäuren der Körperflüssigkeiten bzw. der Gewebe recht kompliziert, da zum einen für exakte und reproduzierbare Messungen mit hoher relativer Genauigkeit die  $^{15}\text{N}$ -Häufigkeit im Stickstoff eine bestimmte Höhe überschreiten muß. Zum anderen muß in den Proben außerdem eine gewisse absolute N-Menge enthalten sein, damit Fehler bei der  $^{15}\text{N}$ -Messung, die mit dem Einschleppen von Blindstickstoff verbunden sind, nicht zu stark in's Gewicht fallen. Die N-Mengen präparativ getrennter Aminosäuren entsprechen der 2. Forderung in der Regel nicht. So gehen die mit diesem Isotop verbundenen mathematischen Auswertverfahren von dem zeitlichen Verlauf des  $^{15}\text{N}$  in den Ausscheidungsprodukten des Harnes aus und beschränken sich darauf, Syntheseraten für das Gesamtkörperprotein zu ermitteln.

Neben den mit dieser „Black-Box-Methode“ verbundenen Nachteilen erscheint allerdings günstig, daß hierbei wirklich der Stickstoff als charakteristischer Bestandteil des Proteins verfolgt wird. Auf Grund der Trägheit der Ausscheidungsprozesse der N-Träger über einen relativ großen Amidpool und die Harnausscheidungsorgane ist für eine sinnvolle Messung der Ausscheidungskinetik eine relativ lange Meßdauer notwendig. Mit dieser Methode können also nicht ohne weiteres kurzfristige z. B. tageszeitabhängige Stoffwechsellagen geprüft werden. Andererseits wird dadurch die Hoffnung begründet, daß die erhaltenen Stoffwechselgrößen als Mittelwerte über den gesamten Tag betrachtet werden können. Da der Weg von dem zu messenden Prozeß (Proteinsynthese und -zerfall) zur eigentlichen Meßgröße (Ausscheidungskinetik des  $^{15}\text{N}$ ) sehr weit ist, haben die hierbei unterstellten Modelle und Methoden der Werteverarbeitung sowie die verwendeten Tracersubstanzen und ihr Stoffwechselverhalten einen besonders hohen Einfluß auf die Richtigkeit und Stabilität der Ergebnisse. Zur Klärung der hier aufgeworfenen Fragen soll die vorgelegte Arbeit einen Beitrag liefern.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Tierversuche

An zwei ca. 25 kg schweren Schweinen wurden Tracerversuche mit  $^{15}\text{N}$ -Lysin bzw.  $^{15}\text{N}$ -Glyzin durchgeführt. Nach einer 45-stündigen Phase konstanter Infusion der markierten Aminosäuren wurden diese durch die gleichen unmarkierten Aminosäuren ersetzt und über weitere 3 Tage auch die Abklingphase in den Versuch einbezogen. Zur Bestimmung von Proteinsynthese-, -zerfallsraten und Poolgrößen wurde in erster Linie die  $^{15}\text{N}$ -Ausscheidungskinetik auf der Basis eines 3-Pool-Modells ausgewertet. Die für die Berechnung notwendige Menge Gesamtstickstoff der Tierkörper wurde durch Ganzkörperanalyse nach Beendigung des Versuchs ermittelt. Der genaue Versuchsaufbau und die exakten Analysemethoden sind der 1. Mitt. (KÖHLER u. a., 1982) zu entnehmen.

Zur optimalen Anpassung der dem Modell entsprechenden Schätzfunktion an die Meßwerte der mit dem Harn ausgeschiedenen  $^{15}\text{N}$ -Mengen wurde die Ausgleichsrechnung mit dem Programm MINROS an der EDVA BESM 6 nach einem von ROSENBROOK (1960) vorgeschlagenen Verfahren durchgeführt.

### 2.2. Anwendung der Compartmenttheorie auf Markierungs- und Abklingphase

Unter den Möglichkeiten für die Auswertung von  $^{15}\text{N}$ -Tracerdaten fand das 3-Pool-Modell die häufigste Anwendung (z. B. SPRINGSON und RITTENBERG, 1949; WINKLER und FAUST, 1978; JÜNGHANS u. a., 1983), wobei die sogenannte „stochastische“ Methode (z. B. PICOU und TAYLOR-ROBERTS, 1969; WATERLOW u. a., 1978; GOLDEN und WATERLOW, 1977) analoge strukturelle Prinzipien unterstellt. Auch den Untersuchungen von KRAWIELITZKI (1983) liegen für den eigentlichen Vorgang der Parameterfittung 3-Pool-Vorstellungen zugrunde. Einen gewissen Unterschied bringt die Ganzkörperproteinsynthesebestimmung unter Verwendung  $^{14}\text{C}$  markierter Aminosäuren (z. B. WATERLOW, 1967; JAMES u. a., 1976; GARLICK u. a., 1978; GARLICK u. a., 1980; BUCKLEY und MARQUARDT, 1981). Da bei zeitlich konstanter Applikation die ausgetratene  $^{14}\text{C}$ -Menge innerhalb einer vertretbaren Zeit ein Plateau erreicht, ist es zum einen nicht unbedingt notwendig, die dynamische Phase der  $^{14}\text{C}$ -Ausscheidungskinetik in die Berechnung einzubeziehen. Zum anderen ist die nichtproportionale Abspaltung des Traceraminoäure-N vom repräsentativen Gesamt-N-Strom auf einem Teil des Stoffwechselweges nicht von Bedeutung, da die spezifische Aktivität der Traceraminoäure im Plasma ermittelt wird. Natürlich stellt die Stoffwechselspezifität der markierten Aminosäure trotzdem eine Fehlerquelle dar, da auch von der freien Plasmaaminoäure zum Proteineinbau noch ein weiter Weg ist.

Sowohl bei konstanter Dauerinfusion bzw. Dauerverabreichung des Tracers als auch bei Pulsmarkierung dient zur Parameterermittlung stets nur die Markierungsphase bzw. nur die Abklingphase, deren Dynamik auch geprägt wird durch real vorhandene, aber vom 3-Pool-Modell nicht berücksichtigte Zwischenpools. Diese Pools und die mit ihnen verbundene Dynamik bzw. Verzögerung der N-Ströme verfälschen die Ergebnisse und zwar für die Markierungsphase und für die Abklingphase jeweils in unterschiedlicher Weise. Deshalb sollte das Anliegen dieser Arbeit darin bestehen, für die in der ersten Mitteilung erläuterten Versuche gleichzeitig aus Markierungs- und Abklingphase die Proteinsynthese- und Zerfallsrate mit einer einzigen Ausgleichsrechnung zu bestimmen. Ausgehend von den Differentialgleichungssystemen (DGL-System) für das unterstellte 3-Pool-Modell soll der mathematische Formalismus kurz aufgezeigt werden, wobei die Bezeichnung der einzelnen Größen weitgehend in Anlehnung an die von WINKLER und FAUST (1978) gebrauchte Schreibweise erfolgt.

Das DGL-System für den Gesamtstickstoff lautet:

$$\begin{aligned} \frac{dQ_1}{dt} &= R_{10}(t) + K_{12}Q_2 - (K_{21} + K_{31})Q_1 & R_{10} \longrightarrow & \boxed{Q_1} \xrightleftharpoons[R_{21}=Q_1 \cdot K_{21}]{R_{12}=Q_2 \cdot K_{12}} \boxed{Q_2} \\ \frac{dQ_2}{dt} &= K_{21}Q_1 - K_{12}Q_2 & & \downarrow R_{31}=Q_1 \cdot K_{31} \\ \frac{dQ_3}{dt} &= K_{31}Q_1 & & \boxed{Q_3} \end{aligned}$$

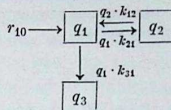


Für  $^{15}\text{N}'$  lautet es

$$\frac{dq_1}{dt} = r_{10}(t) + k_{12}q_2 - (k_{21} + k_{31})q_1$$

$$\frac{dq_2}{dt} = k_{21}q_1 - k_{12}q_2$$

$$\frac{dq_3}{dt} = k_{31}q_1$$



$Q_1$  = N-Menge im Pool des löslichen Stickstoffes

$Q_2$  = N-Menge im Pool des proteingebundenen Stickstoffes

$Q_3$  = N-Menge im Harnpool

$R_{10}$  = Infusionsrate, d. h. infundierte N-Menge je Zeiteinheit

$q_i$  =  $^{15}\text{N}$ -Mengen der entsprechenden Pools

$r_{10}$  =  $^{15}\text{N}$ -Infusionsrate, d. h. infundierte  $^{15}\text{N}$ -Menge je Zeiteinheit

$K_{ij}$ ,  $k_{ij}$  = Übergangskonstanten, deren Bedeutung den Zeichnungen zu entnehmen sind

$R_{21}$  = je Zeiteinheit in die Proteinsynthese eingegangene N-Menge

$R_{12}$  = je Zeiteinheit aus dem Proteinzerfall stammende N-Menge

$R_{31}$  = je Zeiteinheit im Harn ausgeschiedene N-Menge

Unter der Voraussetzung, daß sich der  $^{15}\text{N}$ -Tracer stoffwechselmäßig genau gleich dem Gesamtstickstoff verhält, d. h., daß er ihn optimal repräsentiert, können die  $K_{ij} = k_{ij}$  gesetzt werden. Die Lösung des zweiten DGL-Systems für konstante kontinuierliche Tracerzufuhr bei zur Zeit  $t=0$  leeren Compartments  $q_i$  wurde bereits von PAHLE u. a. (1981) angegeben:

$$\frac{dq_3}{dt} I(t) = r_{10} + \gamma_1 e^{-\alpha_1 t} + \gamma_2 e^{-\alpha_2 t}$$

$$\gamma_1 = \frac{r_{10} (k_{31} - \alpha_2)}{(\alpha_2 - \alpha_1)}; \quad \gamma_2 = \frac{r_{10} (k_{31} - \alpha_1)}{(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$\alpha_{1/2} = \frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} - b}$$

$$a = k_{21} + k_{31} + k_{12}; \quad b = k_{12}k_{31}$$

Nach Abbruch der  $^{15}\text{N}'$ -Infusion zum Zeitpunkt  $t_x$  ändern sich die Anfangsbedingungen und es gilt dann die Gleichung:

$$\begin{aligned} \frac{dq_3}{dt} II(t) = & \frac{q_{2t_x} \cdot \alpha_1 \alpha_2 + q_{1t_x} \alpha_1 (\alpha_2 - k_{31})}{\alpha_2 - \alpha_1} e^{-\alpha_1(t-t_x)} \\ & + \frac{q_{2t_x} \cdot \alpha_1 \alpha_2 + q_{1t_x} \alpha_2 (\alpha_1 - k_{31})}{\alpha_1 - \alpha_2} e^{-\alpha_2(t-t_x)} \end{aligned}$$

$q_{1t_x}$  ist dabei die zur Zeit  $t_x$  im Compartment 1 befindliche  $^{15}\text{N}'$ -Menge

$$q_{1t_x} = \frac{1}{k_{31}} (r_{10} + \gamma_1 e^{-\alpha_1 t_x} + \gamma_2 e^{-\alpha_2 t_x})$$

$q_{2t_x}$  ist die zur Zeit  $t$  im Compartment 2 befindliche  $^{15}\text{N}'$ -Menge

$$q_{2t_x} = \frac{r_{10} \left( \alpha_1 + \alpha_2 - k_{31} - \frac{\alpha_1 \alpha_2}{k_{31}} \right)}{\alpha_1 \alpha_2} \left( 1 - \frac{\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} e^{-\alpha_1 t_x} - \frac{\alpha_1}{\alpha_1 - \alpha_2} e^{-\alpha_2 t_x} \right)$$

Die Funktion, die in die Ausgleichsrechnung eingeht, und die für den gesamten Versuchszeitraum die differentielle  $^{15}\text{N}'$ -Ausscheidung widerspiegelt, hat nun folgende Form:

$$\frac{dq_3}{dt}(t, \alpha_1, \alpha_2, k_{31}) = \begin{cases} \frac{dq_3}{dt} I(t, \alpha_1, \alpha_2, k_{31}) & \text{für } 0 \leq t \leq t_x \\ \frac{dq_3}{dt} II(t, \alpha_1, \alpha_2, k_{31}) & \text{für } t_x \leq t \end{cases}$$

Mittels Ausgleichsrechnung können die Parameter  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $k_{31}$  bestimmt werden, mit deren Hilfe über nachfolgendes Gleichungssystem Proteinsyntheserate  $R_{21}$ , die Proteinzerfallsrate  $R_{12}$  und die Poolgrößen  $Q_1$  und  $Q_2$  berechnet werden.

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{R_{31}}{k_{31}} ; & k_{12} &= \frac{\alpha_1 \alpha_2}{k_{31}} \\ k_{21} &= \alpha_1 + \alpha_2 - k_{31} - k_{12} ; & R_{21} &= k_{21} \cdot Q_1 \\ R_{12} &= R_{21} - R_{10} + R_{31} ; & Q_2 &= \frac{R_{12}}{k_{12}} \end{aligned}$$

Um die Anzahl der zu fittenden Parameter zu verringern, kann eine weitere Gleichung einbezogen werden, wobei ausgenutzt wird, daß die Gesamtstickstoffmenge ( $GQ$ ) des Tieres verhältnismäßig sicher abgeschätzt bzw. bestimmt werden kann:

$$Q_1 + Q_2 = GQ$$

So kann der Parameter  $k_{31}$  durch  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und die meßbaren Größen  $R_{31}$  (Harn-N-Rate),  $GQ$  und  $R_{10}$  ersetzt werden:

$$k_{31} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2) R_{31} - \alpha_1 \alpha_2 GQ}{R_i}$$

Die Parameter  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  werden durch Anpassung der gemessenen Wertepaare  $\left( \frac{\Delta q_{31}}{\Delta t_i} ; t_i \right)$  an die Funktion  $\frac{dq_3}{dt}(t)$  erhalten, woraus alle anderen genannten Parameter unter Einbeziehung der direkt meßbaren Größen ermittelt werden können.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Wie bereits in der 1. Mitt. (KÖHLER u. a., 1982) aufgezeigt, waren die konventionellen N-Umsatzdaten beider Tiere sehr ähnlich. Der erste Teil der Tab. 1 verdeutlicht das noch einmal; die mittels Ausgleichsrechnung erhaltenen Stoffwechselfparameter sind im zweiten Teil der Tab. 1 aufgeführt. Die auf die Lebendmasse bezogenen Protein-

Tabelle 1

N-Umsatzparameter für Schweine ermittelt nach Infusion eines Aminosäuregemisches mit  $^{15}\text{N}$ -Lysin bzw.  $^{15}\text{N}$ -Glyzin

		Tier L	Tier G
N-Aufnahme	(g/d)	10,6	9,9
N-Ansatz	(g/d)	6,0	5,0
Harn-N-Ausscheidung	(% der Aufnahme)	41,5	41,9
BW	(%)	9,5	9,3
$R_{21}$	(g/d)	44,5	30,8
$R_{12}$	(g/d)	38,1	25,0
Gesamt-N-Menge	(g)	662,5	612,5
$Q_1$	(g)	64,9	59,0
$Q_2$	(g)	597,6	554,5
Proteinsyntheserate bezogen auf Lebendmasse	(g/d/kg)	10,5	8,2
Proteinzerfallsrate bezogen auf Lebendmasse	(g/d/kg)	8,0	6,7



syntheseraten unterscheiden sich allerdings eindeutig. Gewisse Unterschiede im N-Stoffwechsel, die dadurch begründet sind, daß das mit  $^{15}\text{N}$ -Glyzin markierte Tier (Tier G) geringfügig kleiner war, so auch etwas weniger Stickstoff aufgenommen und angesetzt hat als das mit Lysin markierte Tier (Tier L), sind durch den Bezug auf die Lebendmasse bereits berücksichtigt. Ursache für die Differenzen ist das unterschiedliche Stoffwechselverhalten von Lysin und Glyzin. Während Lysin eine weitgehend proteinogene Aminosäure ist, spielt Glyzin für verschiedene andere Stoffwechselprozesse auch quantitativ eine Rolle. Glyzin und damit auch das  $^{15}\text{N}$ -Glyzin wird in der Leber bevorzugt zu Harnstoff umgewandelt (WATERLOW u. a., 1978). Damit entsteht eine schon in der Einleitung erwähnte nicht proportionale Aufspaltung zwischen Traceramino- und Gesamt-N-Strom. Für Lysin muß mit einem entgegengesetzten Effekt gerechnet werden. GRUHN und HENNIG (1983) stellten bei Legehennen gegen-

Tabelle 2

Proteinsyntheseraten beim Schwein bezogen auf die Lebendmasse

	Lebend- masse (kg)	Traceramino- säure	Proteinsyn- theserate (g/d/kg)	Protein- aufnahme (g/d/kg)
Tier G	23,5	$^{15}\text{N}$ -Glyzin	8,2	2,6
Tier L	26,5	$^{15}\text{N}$ -Lysin	10,5	2,5
GARLICK u. a. (1976)	75	$^{14}\text{C}$ -Tyrosin	9,0	
EDMUNDS u. a. (1978)	25	$^3\text{H}$ -Lysin	11,7 u. 12,0	6,8
REEDS u. a. (1980)	30	$^{14}\text{C}$ -Leuzin	8,6*	2,6
SLMON u. a. (1982)	42	$^{14}\text{C}$ -Lysin u. $^{14}\text{C}$ -Leuzin	6,0 – 11,7	

\* Die Syntheserate wurde nach der bei REEDS u. a. angegebenen Formel für diese N-Aufnahme errechnet.

über dem durchschnittlichen Aminosäureeinbau einen verstärkten Lysineinbau ins Protein fest. Auch BUCKLEY und MARQUARDT (1980) stellten für Lysin eine geringere Metabolisierung fest als z. B. für Leuzin. Um eine Einordnung der gefundenen Syntheseraten für das Ganzkörperprotein vornehmen zu können, wird in Tab. 2 ein Vergleich mit Literaturwerten angegeben. Beide Werte ordnen sich verhältnismäßig gut in den zu erwartenden Bereich ein. Differenzierte Aussagen über den Einfluß der Traceramino- säure lassen sich aus dieser Übersicht jedoch nicht gewinnen, da die Ernährungsbedingungen nicht gleich und zum Teil gar nicht angegeben sind. Die von EDMUNDS u. a. (1978) angegebenen Syntheseraten sind die höchsten. Sie wurden ebenfalls mit der Traceramino- säure Lysin gewonnen. Daraus aber den Schluß zu ziehen, daß mit Lysin zu hohe Syntheseraten angezeigt werden, ist zu unsicher, da die Versuche von EDMUNDS u. a. (1978) bei einem sehr hohen Niveau der Proteinaufnahme durchgeführt wurden. Der Theorie des 3-Pool-Modells würde es allerdings entsprechen, daß eine Traceramino- säure, die verstärkt im Harn ausgeschieden wird, wie z. B. Glyzin zu niedrige Syntheseraten vorspiegelt, während eine vermindert im Harn ausgeschiedene Aminosäure, wie eventuell Lysin, zu hohe Syntheseraten anzeigt. In beiden Fällen ist die getroffene Voraussetzung  $k_{ij} = K_{ij}$  nicht exakt erfüllt. Der verhältnismäßig hohe Anteil Stickstoff innerhalb löslicher Verbindungen im Verhältnis zur Gesamtstickstoffmenge von 9,8 % für Tier L und 9,5 % für Tier G, hat eine Ursache darin, daß die

Ausscheidungskinetik des  $^{15}\text{N}$  im Harn wesentlich vom Amidpool bestimmt wird, so daß als  $Q_1$  nicht nur die in den löslichen Aminosäuren enthaltene N-Menge erscheint, sondern auch der Stickstoff einer Reihe anderer N-haltiger Verbindungen, wie Harnstoff und Ammoniak.

Darin besteht ein wesentlicher Nachteil des 3-Pool-Modells, der sich natürlich auch auf die Richtigkeit der berechneten Syntheserate auswirkt. Weitere Pools in das Modell einzubeziehen, die es der Realität näherbringen würden, stößt auf Schwierigkeiten bei der Ausgleichsrechnung, da durch zusätzliche zu fittende Parameter das Rechenprogramm instabiler wird und die Gefahr eines unrealen Ausweichens der Parameter zugunsten einer bedingungslosen Kurvenanpassung steigt. Gerade für einen solchen Schritt der Weiterentwicklung des Modells sollte es sich als günstig erweisen, wenn direkt meßbare Größen in die Berechnung einbezogen werden und so die Anzahl der Fittparameter minimal gehalten werden kann. Die hier verwendete Gesamtstickstoffmenge des Tierkörpers ist als solche Größe sehr geeignet, da sie recht genau meßbar oder abschätzbar ist, und da relativ große Veränderungen dieser Größe nur eine verhältnismäßig kleine Veränderung der Synthese- bzw. Zerfallsrate zur Folge haben (PAHLE u. a., 1983).

### Zusammenfassung

Nach 45stündiger Infusion von  $^{15}\text{N}$ -Lysin bzw.  $^{15}\text{N}$ -Glycin an 25 kg schweren Schweinen wurde die Infusion des Tracers abgebrochen und eine 3-tägige Abklingphase in den Versuch aufgenommen. Auf der Basis des zeitlichen Verlaufes der im Harn ausgeschiedenen  $^{15}\text{N}$ -Mengen wurden N-Stoffwechselformparameter wie Proteinsynthese- und -zerfallsrate errechnet. Dabei wurden gleichzeitig Markierungs- und Abklingphase ausgewertet. Durch die Einbeziehung der Gesamt-N-Menge des Tierkörpers wird die Ausgleichsrechnung stabiler. An den ermittelten Parametern werden die Einflußmöglichkeiten der Traceramino-säure im Zusammenhang mit dem 3-Pool-Modell diskutiert.

### Резюме

Т. ПАЛЕ, РОЗЕМАРИ КЁЛЕР, В. Б. ЗОУФФРАНТ, Р. МАТКОВИЦ, В. ХАРТИГ, М. СЛОВИГ и Г. ГЕБХАРДТ

Методические аспекты для определения параметров обмена N из опытов на свиньях с  $^{15}\text{N}$  на основе модели азотного обмена. 2-ое сообщ.: Вычисление параметров обмена N из времён выделения  $^{15}\text{N}$  с мочой

После 45-часовой инфузии  $^{15}\text{N}$ -лизина или, соответственно,  $^{15}\text{N}$ -глицина у свиней с живой массой от 25 кг начался опыт, включительно 3-дневной фазы истечения. На основе времени выделенных количеств  $^{15}\text{N}$  с мочой вычислились параметры азотного обмена как объём протеинового синтеза и количество нарушения протеина. Наблюдали одновременно фазы мечения и печения. Выравнивать расчёт лучше при наблюдении общего количества азота целого тела. С помощью полученных параметров обсуждается возможность действия меченой аминокислоты в связи с моделью 3 пулов.



## Summary

T. PAHLE, ROSEMARIE KÖHLER, W. B. SOUFFRANT, R. MATKOWITZ, W. HARTIG, M. SLOWIG and G. GEBHARDT

Methodical aspects in the determination of parameters of N-metabolisation from  $^{15}\text{N}$ -tracer experiments with pigs on the basis of models of N-metabolism.

2. Calculation of N-metabolism parameters from the temporal development of the  $^{15}\text{N}$ -amounts excreted in urine

After a 45-hour infusion of  $^{15}\text{N}$ -lysine and  $^{15}\text{N}$ -glycine resp. with pigs of 25 kg live weight, the infusion of the tracer was disrupted and a 3-day reduction phase was made part of the experiment. The N-metabolism parameters such as protein synthesis and decomposition quotas were calculated on the basis of the temporal development of  $^{15}\text{N}$ -amounts excreted in urine. The labelling and reduction phases were evaluated simultaneously. By means of including the total N-amount of the animal body the balance calculation becomes more stable. The possible influence of the tracer amino acid in connection with the 3-pool-model is discussed on the basis of the ascertained parameters.

## Literaturverzeichnis

- [1] BUCKLEY, W. T. und R. R. MARQUARDT: Prep. Biochem. **10**, 85 (1980)
- [2] BUCKLEY, W. T. und R. R. MARQUARDT: J. Nutrit. **111**, 763 (1981)
- [3] EDMUNDS, B. K., P. J. BUTTERY und C. FISHER: Proc. Nutrit. Soc. **37**, 32A (1978)
- [4] GARLICK, P. J., T. J. BURK und R. W. SWICK: Amer. J. Physiol. **230**, 1108 (1976)
- [5] GARLICK, P. J., G. A. CLUGSTONE, R. W. SWICK, J. H. MEINERTZHAGEN und J. H. WATERLOW: Proc. Nutrit. Soc. **37**, 33A (1978)
- [6] GARLICK, P. J., G. A. CLUGSTONE, R. W. SWICK und J. H. WATERLOW: Amer. J. Clin. Nutrit. **33**, 1983 (1980)
- [7] GOLDEN, M. H. N. und J. C. WATERLOW: Clin. Sci. Mol. Med. **53**, 277 (1977)
- [8] GRUHN, K. und A. HENNIG: Arch. Tierernähr. **33**, 341 (1983)
- [9] JAMES, W. P. T., GARLICK, P. J., P. U. SANDER und J. C. WATERLOW: Clin. Sci. Mol. Med. **50**, 525 (1976)
- [10] JUNGHANS, P., R. JUNG und R. MATKOWITZ: Die Bestimmung von Parametern des Proteinstoffwechsels auf der Grundlage einer standardisierten  $^{15}\text{N}$ -Tracermethode für die klinische Anwendung. ZfL-32, Leipzig (1983)
- [11] KÖHLER, R., T. PAHLE, W. B. SOUFFRANT, R. MATKOWITZ, W. HARTIG, M. SLOWIG und G. GEBHARDT: Arch. Tierernähr. **32**, 859 (1982)
- [12] KRAWIELITZKI, K., R. SCHADERIT und B. EVERS:  $^{15}\text{N}$ -Symposium, Rostock 1983, ZfL-Mitt. **77**, 62 (1983)
- [13] PAHLE, T., R. KÖHLER, G. GEBHARDT, W. B. SOUFFRANT und C. RUHE: Arch. Tierernähr. **31**, 127 (1981)
- [14] PAHLE, T., R. KÖHLER, R. MATKOWITZ, W. B. SOUFFRANT, W. HARTIG und G. GEBHARDT: Wiss. Z., Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Nat. R. **32**, 582 (1983)
- [15] PICOU, O. und T. TAYLOR-Roberts: Clin. Sci. **36**, 283 (1969)
- [16] REED, P. J., A. CADENHEAD, M. F. FULLER, G. E. LOBLEY und J. P. McDONALD: Brit. J. Nutrit. **43**, 445 (1980)
- [17] ROSENBROOK, H. H.: Comput. J. **3**, 175 (1960)
- [18] SIMON, O., H. BERGNER, R. MÜNCHMEYER und T. ZEBROWSKA: Br. J. Nutrit. **48**, 571 (1982)
- [19] SPRINGSON, D. B. und D. RITTENBERG: J. Biol. Chem. **180**, 715 (1949)
- [20] WATERLOW, J. C.: Clin. Sci. **33**, 505 (1967)

- [21] WATERLOW, J. C., M. H. N. GOLDEN und P. J. GARLICK: Amer. J. Physiol. **235** (2), 165 (1978)  
[22] WINKLER, E. und H. FAUST: Isotopentechnik **14**, 349 (1978)

Eingegangen: 15. April 1984

**Anschrift der Autoren:**

**T. PAHLE, Dr. ROSEMARIE KÖHLER, Dr. W. B. SOUFFRANT und  
Prof. Dr. sc. G. GEBHARDT  
DDR - 7022 Leipzig  
Gustav-Kühn-Str. 8**

**Dr. R. MATKOWITZ, Prof. Dr. sc. W. HARTIG und Dr. M. SLOWIG  
Chirurgische Klinik des Bezirkskrankenhauses St. Georg  
DDR - 7021 Leipzig  
Straße der Deutsch-Sowjetischen Freundschaft 141**



Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig, Wissenschaftsbereich  
 Tierernährungswissenschaften (Leiter: Prof. Dr. sc. A. HENNIG), Wissenschaftsbereich Veterinärchirurgie  
 (Leiter: VR Prof. Dr. sc. H. Schleiter) und Bezirksinstitut für Veterinärwesen Gera in Jena  
 (Direktor: OVR E. OSANG)

A. HENNIG, F. SCHÖNE, H. LÜDKE, H. PANNDORF und D. GEINITZ

## Untersuchungen zum Vitamin-A-Bedarf des wachsenden Schweines

### 2. Mitteilung

Der Einfluß der Vitamin-A-Versorgung auf die Vitamin-A-Konzentration der Leber und des Plasmas von Ferkeln und Mastschweinen

#### 1. Einleitung

In der Leber kommen  $\approx 80\%$  der Vitamin-A-Vorräte des Körpers als Retinylester (KETZ u. a., 1962; UNDERWOOD, 1974) vor. Die Leber kann erhebliche Mengen der Retinylester akkumulieren (MOORE, 1957; POBISCH und ONDERSCHKA, 1976), die sogar zu Toxikose führen können.

Der Vitamin-A-Gehalt der Leber wird zur Einschätzung der Vitaminversorgung der Nutztiere benutzt. DANNENBERG (1970) sowie POLANN und GRÄTSCH (1976) geben als Grenzwert für eine ausreichende Versorgung 30 IE/g Leber an, BEHRENS (1965) und SCHMIDT (1973) dagegen 50 IE/g Leber. Beide Werte sind empirisch festgelegt worden, sie sind also kausal nicht zu begründen.

Da die Kenntnisse über die biochemische Funktion des Vitamin A im Stoffwechsel auch heute noch gering sind und Vitamin A keinesfalls zum begrenzenden Faktor für die Produktion werden darf, ist zu verstehen, warum höhere Grenzwerte bzw. Bedarfswerte für das Vitamin angenommen wurden (HENNIG, 1981). Wir kennen auch heute noch nicht die Höhe des extrahepatischen Bedarfs an Vitamin A.

Die Zelle verfügt über intrazelluläre Rezeptorproteine, die das Retinol binden (CHYTIL und ONG, 1979; ROSS und GOODMAN, 1979). In der Zellmembran finden sich ebenfalls Rezeptoren, die das Retinol des Retinolbindenden Proteins (RBP) aufnehmen (GOODMAN, 1980). Das RBP enthält  $\approx 90\%$  des im Plasma unter physiologischen Bedingungen vorhandenen Vitamin A (UNDERWOOD, 1974; VAHLQUIST und NILSSON, 1979). Das Retinol wird nur nach Bindung an das Protein (holo-RBP) von der Leber abgegeben (GLOVER u. a., 1978).

Neben der Leber wird auch dem Vitamin-A-Gehalt des Plasmas eine Anzeigerrolle zugeschrieben. GEURIN (1981) fand bei allerdings unterernährten Rindern trotz hoher Leberdepots niedrige Plasmaspiegel. Bei Proteinmangel wird die Bildung des RBP vermindert, der Gehalt an RBP im Plasma ist bei Karzinomen gesenkt (DICKERSON, 1981), andererseits wird durch Vitamin-A-Mangel die Sekretion des RBP blockiert (GLOVER u. a., 1978). Nach KNOX u. a. (1980) ist der Plasma-Vitamin-A-Gehalt linear mit dem  $\log_{10}$  der Leber-Vitamin-A-Konzentration korreliert. Gegenteilige Befunde legten PITT (1981) und HUGUE (1981) vor. ZILE u. a. (1979) fanden bei Vitamin-A-verarmten Ratten kein Vitamin A in der Leber, aber noch 16  $\mu\text{g}$  Vitamin A/dl Plasma. Entscheidend für das Vorliegen einer Beziehung zwischen Leber- und Plasma-Vitamin-A ist also der Untersuchungsbereich (Übers. SCHÖNE, 1981).

Im Rahmen unserer Untersuchungen sollten bei unterschiedlicher Vitamin-A-Versorgung der Schweine (SCHÖNE und LÜDKE, 1982) der Gehalt an Vitamin A im Plasma und der Leber bestimmt werden. Da der Vitamin-A-Status zum Beginn der Versuche einen großen Einfluß auf den Bedarf, besonders bei kurzfristigen Versuchen hat, wurde zu Versuchsbeginn der Gehalt der Leber an Vitamin A bestimmt; die Sauen erhielten teilweise Vitamin-A-freies Futter, um die Vitaminkonzentration der Leber zu vermindern.

## 2. Material und Methode

Versuchsanordnung, Tiermaterial, Rationen und Zusätze wurden in der ersten Mitteilung (SCHÖNE und LÜDGE, 1984) beschrieben. Der Vitamin-A-Nachweis erfolgte in der Leber mit der Anhydromethode (MÖCKEL, 1977). Das Vitamin A im Plasma wurde fluorometrisch bestimmt (FÜRCHT, 1976). Das zu untersuchende Material war entweder frisch oder  $-20^{\circ}\text{C}$  gelagert. Die Abhängigkeit des Vitamin-A-Verlustes von der Lagerungsdauer wurde untersucht (RICHTER u. a., 1982; SCHÖNE, 1981). Die Entnahme der Leber erfolgte bei 64 totgeborenen und bis 48 Stunden nach der Geburt verendeten bzw. getöteten Ferkeln (Versuche 3, 4, 5 und 9) durch Autopsie (VÖLKER u. a., 1976), bei 69 abgesetzten Ferkeln (Versuche 0, 2, 3, 4, 5 und 9), 122 Läufern (Versuche 2, 3, 4, 5 und 7) sowie 110 Mastschweinen (Versuche 7, 8 und 9) nach der Schlachtung.

Die Probenzahlen in den einzelnen Versuchen sowie Angaben zur Vitamin-A-,  $\beta$ -Karotin- bzw. Nitritdosierung unter Einbeziehung der Ernährung der Sauen sind der Ergebnisdarstellung zu entnehmen.

Eine Leberbiopsie nach Laparotomie (NEUNDORF und SEIDEL, 1977) wurde im Versuch 9 nach acht bzw. 15 Wochen bei jeweils 40 Tieren vorgenommen. Methodische Voruntersuchungen ergaben einen Fehler aus Unterschieden des Vitamin-A-Gehaltes der einzelnen Leberlappen von maximal 10 % (SCHÖNE, 1981). Die Probengröße – das Biopat wog 15 g – wirkte sich im Unterschied zu den Angaben von BEHRENS (1965) erst bei  $<2\text{ g}$  auf das Analysenergebnis aus. Der Vorrat sowie die Speicherung des Vitamin A in der gesamten Leber wurde durch Berechnung der Lebermasse

aus der Körpermasse nach der regressiven Methode ermittelt (Abb. 1). Die Nichtübereinstimmung der von uns errechneten mit den von HJARDE u. a. (1961) angegebenen Gleichungen ist bei SCHÖNE (1981) diskutiert.

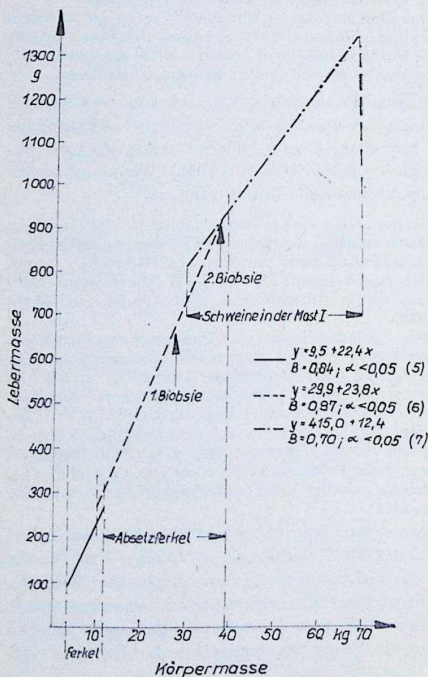


Abb. 1. Beziehung zwischen der Lebermasse (y, g) und der Körpermasse (x, kg) in verschiedenen Wachstumsabschnitten



Die Blutentnahme nach Punktion bzw. bei der Schlachtung sowie die Serum- und Plasmagewinnung folgten den Vorschriften von BERG (1973) sowie STAHL (1978) und sind bei SCHÖNE (1981) beschrieben.

Als statistische Methoden kamen der *t*-Test, die Varianzanalyse mit den Testverfahren nach FISHER, TUCKEY und SCHEFFE sowie die Regressions- und Korrelationsanalyse zur Anwendung (WEBER, 1972). Signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha < 0,05$  sind mit \* bzw. verschiedenen Buchstaben, bei  $\alpha < 0,01$  mit \*\* gekennzeichnet.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Der Vitamin-A-Gehalt der Leber der neugeborenen Ferkel

Der Leber-Vitamin-A-Gehalt der untersuchten 29 totgeborenen und der 25 bis 48 Stunden post partum getöteten Ferkel (Abb. 2) unterschied sich aufgrund des mit dem Kolostrum aufgenommenen Vitamin A signifikant ( $\alpha < 0,01$ ).

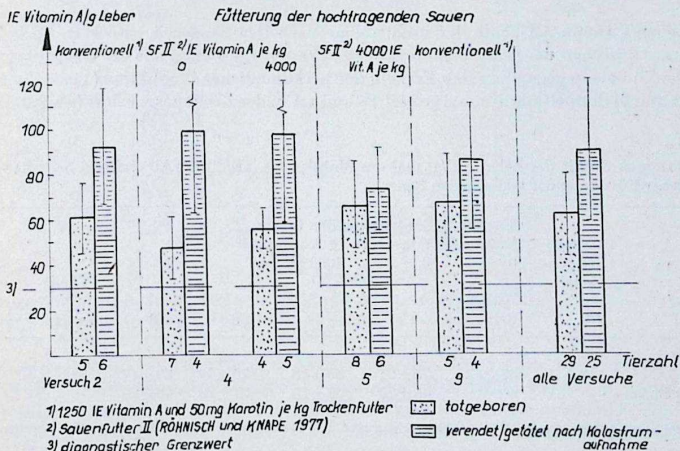


Abb. 2. Leber-Vitamin-A-Gehalt (IE/g) der totgeborenen und bis 48 h p.p. verendeten bzw. getöteten Ferkel in den Versuchen 2, 4, 5 und 9)

Die untersuchten totgeborenen Ferkel enthielten 18 bis 148 IE/g Leber, der Variationskoeffizient betrug 30 bis 40 %. Die auch bei Ferkeln der gleichen Sau hohe Variabilität erklärt sich nach PALLUDAN (1969) aus der unterschiedlichen placentaren Fläche je Fötus.

\* Wir danken Herrn Prof. Dr. E. OTTO (AdL Forschungszentrum Tierproduktion Dummerstorf), der uns aus Stufenschlachtungen die Masse der Leber bei unterschiedlicher Lebendmasse mitteilte.

\*\* Zwischen dem Leber-Vitamin-A-Gehalt totgeborener bzw. notgeschlachteter Schweine und dem lebendgeborener bzw. gesunder Vergleichstiere besteht kein Unterschied (DANNENBERG, 1970; FRAPE u. a., 1969; POLAN und GRÄTSCHE, 1976).

Obwohl die Fütterung der Sauen in der Trächtigkeit unterschiedlich war, besteht zwischen den Versuchen eine gute Übereinstimmung. FRAPE u. a. (1969) konnten ebenfalls bei variierender Vitamin-A-Versorgung der Sauen keinen unterschiedlichen Lebervitamingehalt der Neugeborenen nachweisen. In diesen Untersuchungen betrug der Mittelwert bei 245 untersuchten Ferkellebern 64 IE. Gute Übereinstimmung mit unseren Befunden zeigen auch die Ergebnisse von POLANN und GRÄTSCH (1976). Diese Autoren versorgten die tragenden Sauen aber mit wesentlich höheren Vitamin-A-Mengen als wir (9000 bis 24000 IE/kg Futter). Sämtliche Befunde sprechen für die Existenz einer Plazentaschranke, welche die mittlere Vitamin-A-Konzentration der Leber des Neugeborenen auf  $\approx 100$  IE/g begrenzt. Das gilt aber nicht für toxische Gaben, die, in empfindlichen Phasen der fetalen Entwicklung verabreicht, ähnlich dem Mangel, teratogen wirken (PALLUDAN, 1969; STEELE und FROSETH, 1979).

### 3.2. Der Vitamin-A-Gehalt der Leber und des Blutplasmas der Absetzferkel

Der Leber-Vitamin-A-Gehalt der unmittelbar nach der Sägezeit getöteten Ferkel differierte zwischen den Versuchen erheblich (Tab. 1). Die Ferkel aus der Großanlage (Versuch 5) hatten gegenüber den Ferkeln aus herkömmlicher Produktion (Versuche 1 bis 4, 8 und 9) doppelt bis dreimal so viel Vitamin A in der Leber gespeichert ( $\alpha < 0,01$ ).

Tabelle 1

Der Vitamin-A-Gehalt der Leber (IE/g) und des Blutplasmas (IE/dl) der Absetzferkel bei unterschiedlicher Fütterung der laktierenden Sauen

Versuch/ Tierzahl	konven- tionell	Fütterung der laktierenden Sauen Zusatz IE Vitamin A/kg Sauenfutter					Grenz- diffe- renz
		0	0	4000 IE	0	0	
	2/9	3/12		4/12	5/8	9/8	
IE Vitamin A							
je g Leber	113 $\pm$ 16	57 $\pm$ 12	75 $\pm$ 21	95 $\pm$ 18	175 $\pm$ 40	89 $\pm$ 17	38
je dl Plasma	.	.	48 $\pm$ 25	61 $\pm$ 15	37 $\pm$ 23	43 $\pm$ 24	.

\* betriebseigenes Konzentrat und Grobfutter: 1250 IE Vitamin A über Mastapan und  $\approx 50$  mg  $\beta$ -Karinol/kg Trockenfutter

Da außer im Versuch 4 Sauen und Ferkel während der Laktation keinen Vitamin-A-Zusatz im Futter erhielten, können die Unterschiede nur aus verschiedenen Leber-Vitamin-A-Depots der Sauen resultieren.

In neueren Untersuchungen betrug der Leber-Vitamin-A-Gehalt bei Absetzern und Läufern aus einer größeren Anlage im Bezirk Gera im Mittel  $> 400$  IE/g (GEINITZ, 1982). Dieser Gehalt ist zwar nicht als hypervitaminotisch einzuschätzen, zeigt jedoch eine erhebliche Überdosierung an.

Der Vitamin-A-Gehalt des Plasmas ließ im Unterschied zur Leber keine Schlüsse auf den Versorgungsstatus der Tiere zu. Analog Ergebnissen aus Felduntersuchungen beim Menschen (BRUBACHER, 1976; UNDERWOOD, 1974) waren Plasma- und Leber-Vitamin-A-Gehalt nicht korreliert ( $r < 0,1$ ). Bei dem höchsten Lebervitamingehalt (Versuch 5)



war der Plasmaspiegel am niedrigsten und unterschritt sogar den von WRIGHT und HALL vorgeschlagenen Grenzwert von 45 IE/dl. Wahrscheinlich ist diese Depression auf längeren Transport der Ferkel vor der Schlachtung zurückzuführen.

### 3.3. Vitamin-A-Gehalt der Leber und des Plasmas sowie die $\beta$ -Karotinwirksamkeit bei Läufern

Die Fütterung der Weizen-Sojaextraktionsschrot- und der Kasein-Stärke-Mischung führte in den Versuchen 3 und 4 zur Depletion der Leber-Vitamin-A-Vorräte der Absetzferkel (Abb. 3). Enthält die Ferkelleber zum Absetzzeitpunkt  $>100$  IE/g, wur-

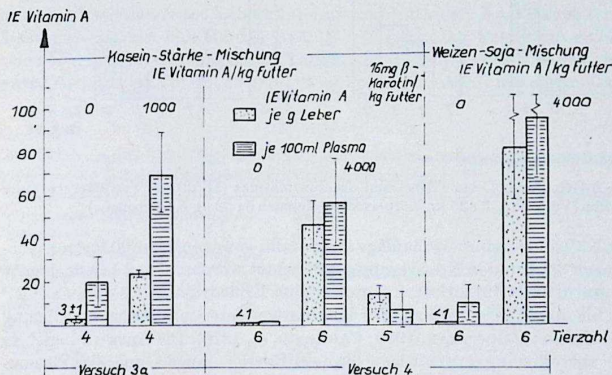


Abb. 3. Vitamin-A-Gehalt der Leber (IE/g) und des Blutplasmas (IE/dl) am Ende der Versuche 3a ( $\approx 48$  kg Körpermasse) und 4 ( $\approx 35$  kg Körpermasse)

den nach acht- bis zehnwöchiger Versuchszeit im Mittel noch 13 (Versuch 2) bzw. 28 IE Vitamin A/g Leber (Versuch 5) gefunden (Abb. 4). Im Versuch 2, 3 und 4 (Lebendmasseabschnitt: 6,5 bis 35 kg) führte die Verabreichung von 4000 IE Vitamin-A/kg Futter in der Weizen-Sojaextraktionsschrot-Ration zu einem Vitamin-A-Gehalt der Leber von  $\approx 80$  IE/g. Die um die Hälfte niedrigere Speicherung aus der Kasein-Stärke-Ration mit gleichem Vitamin-A-Gehalt wird auf den  $\approx 8\%$  geringeren Futteraufwand und eine verminderte Resorption zurückgeführt. Ein Literaturvergleich zeigt, daß wir nach Verfütterung der Weizen-Sojaextraktionsschrot-Ration in Abhängigkeit von Vitamindosis und Alter der Tiere ähnliche Konzentrationen in der Leber nachwiesen wie HARMON u. a. (1963), NELSON u. a. (1962) und SHIRLEY u. a. (1962).

Der Vitamin-A-Gehalt des Plasmas war bei Verfütterung aller Rationen ohne Zusatz  $<20$  IE/dl. Die niedrigsten Werte ( $<2$  IE/dl) wurden in den Versuchen 3 und 4 ermittelt. Trotz dieser Verarmung wuchsen die Tiere noch normal (SCHÖNE und LÜDKE, 1984). Die Zulage von 1000 bzw. 4000 IE Vitamin A erhöhte signifikant den Plasmaspiegel auf  $>50$  IE. Im Versuch 5 enthielten die mit 4000 IE versorgten Tiere 63 IE/g Leber, der Plasma-Vitamin-A-Spiegel betrug aber  $<25$  IE. Diese Läufer

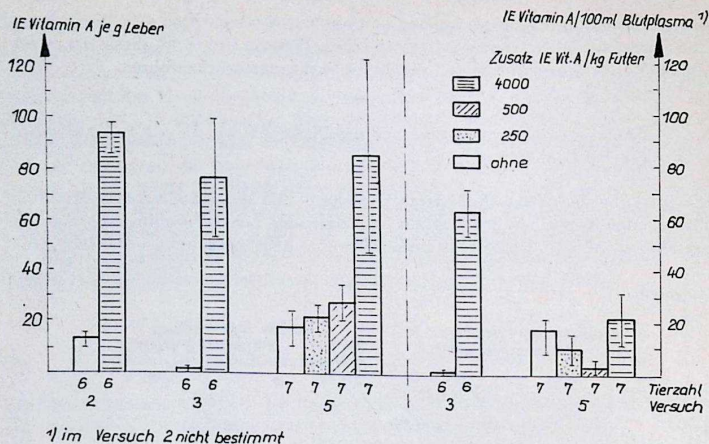


Abb. 4. Vitamin-A-Gehalt der Leber (IE/g) und des Blutplasmas (IE/dl) bei Verfütterung einer Weizen-Soja-Ration (Versuch 2, 3: 35 kg Körpermasse, Versuch 5: 22 kg Körpermasse)

waren aus dem Käfigabteil einer Großanlage ausgestallt, gewogen, über 60 kg transportiert und erst nach 36 Stunden Nüchternung geschlachtet worden. Streß hat nach acht von UNDERWOOD u. a. (1979) zitierten Autoren eine Erniedrigung des Plasma-RBP bzw. -Retinols bis auf 25 % zur Folge. Für langfristige Unter- und Mangelernährung gibt es ähnliche Befunde (GOODMAN, 1980; CARNEY u. a., 1976). Die Auswirkung eines für Versuch 5 zutreffenden kurzzeitigen Protein/Energiemangels auf die Plasma-Vitamin-A-Parameter wurden allerdings bisher noch nicht systematisch untersucht.

Der Zusatz von 16 mg  $\beta$ -Karotin/kg Futter erwies sich hinsichtlich der Vitamin-A-Speicherung in der Leber etwa 1000 IE Vitamin A gleichwertig. Das entspricht einer Vitamin-A-Aktivität je mg  $\beta$ -Karotin von <100 IE. Ähnliche Umwandlungsraten von 1 mg  $\beta$ -Karotin in 90 bis 100 IE Vitamin A geben HENDRICKS u. a. (1967), ULLREY (1972) sowie WELLENREITER u. a. (1969) an.

### 3.4. Vitamin-A-Gehalt der Leber der Mastschweine (Versuch 7 und 8) sowie der Ferkel und Mastschweine in Abhängigkeit vom Alter (Versuch 9)

In den Mastversuchen 7 und 8 spiegelte die Leber die Vitamin-A-Versorgung über das Futter ebenfalls gut wider (Tab. 2).

Im Versuch 7 wiesen die acht Läufer aus der Probeschachtung zu Versuchsbeginn einen Vitamin-A-Gehalt von  $142 \pm 40$  IE/g Leber auf.

Zu Beginn des Versuches 8 standen demgegenüber depletierte Tiere mit <7 IE/g Leber zur Verfügung. Diese unterschiedlichen Voraussetzungen zeigen sich deutlich in dem am Mastende nachgewiesenen Vitamin-A-Gehalt (Tab. 2). Dosierungsunterschiede von 250 (Versuch 7) bzw. 500 IE Vitamin A/kg Futter (Versuch 8) führten zu



Tabelle 2

Leber-Vitamin-A-Gehalt (IE/g) der Mastschweine in Abhängigkeit von der Vitamin-A-Versorgung (Versuch 7 und 8)

	n	Zusatz IE Vitamin A/kg Futter				
		0	125	250	500	1000 2000
Versuch 7	10	36 <sup>a</sup> ±10	—	45 <sup>ab</sup> ±22	72 <sup>c</sup> ±10	118 <sup>d</sup> ±34
Versuch 8	5	— <sup>*</sup>	<7 <sup>a</sup>	<7 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup> ±4	32 <sup>b</sup> ±15 95 <sup>c</sup> ±41

\* ab 18. Versuchswoche Repletion

signifikant verschiedenen Lebervitaminskonzentrationen. Im Versuch 9 resultierte aus einem Unterschied von 500 bis 1000 IE Vitamin A/kg Futter ein signifikant unterschiedlicher Lebervitamingehalt (Tab. 3). In diesem Versuch waren den Tieren bei einer Lebendmasse von 27, 48 und 114 kg Proben zur Analyse entnommen worden.

Tabelle 3

Leber-Vitamin-A-Gehalt (IE/g) bei Ferkeln und Mastschweinen in Abhängigkeit von der Vitamin-A-Versorgung und der Nitritbelastung (Verlaufsuntersuchung 9)

Lebendmasse (kg)/Versuchstage	27/55	48/106	114/188
Tierzahl	4	4	8
Zusatz IE <sup>1</sup> Vitamin A, 1000 mg NO <sub>2</sub> je kg Futter	IE Vitamin A/g Leber <sup>2</sup>		
500 IE	9 ± 7 <sup>ab</sup>	7 ± 4 <sup>ab</sup>	10 ± 6 <sup>a</sup>
500 IE + Nitrit <sup>3</sup>	< 7 <sup>a</sup>	< 7 <sup>a</sup>	11 ± 6 <sup>a</sup>
1000 IE	24 ± 9 <sup>b</sup>	15 ± 1 <sup>b</sup>	48 ± 15 <sup>c</sup>
1000 IE + Nitrit	15 ± 1 <sup>b</sup>	18 ± 2 <sup>b</sup>	43 ± 9 <sup>c</sup>
4000 IE	60 ± 28 <sup>cd</sup>	95 ± 34 <sup>d</sup>	177 ± 53 <sup>e</sup>
4000 IE + Nitrit	43 ± 9 <sup>c</sup>	77 ± 12 <sup>d</sup>	184 ± 38 <sup>e</sup>

<sup>1</sup> Bei 0 und 250 IE Vitamin-A-Zulage war in der Leber kein Vitamin A nachweisbar

<sup>2</sup> 89 ± 17 IE/g Leber zu Versuchsbeginn

<sup>3</sup> Der Einfluß des Nitrits wird in einem gesonderten Abschnitt diskutiert.

Die gleiche Vitamin-A-Dosierung des Futters hatte mit zunehmendem Alter einen signifikanten Konzentrationsanstieg in der Leber zur Folge. Bei 4000 IE Vitamin A zeigt eine Relativierung der in der gesamten Leber im Versuchsverlauf gespeicherten Vitaminmenge zu der mit dem Futter aufgenommenen Menge unabhängig vom Alter eine konstante Speicherung von 17 bis 18 ‰. Die Leber wächst aber in Beziehung zur Körpermasse negativ allometrisch (SAGER, 1980). Der sich von Mastbeginn bis zur Schlachtreife verdoppelnde Vitamin-A-Gehalt der Leber kann aus dem Abfall der relativen Lebermasse von 25 auf 13 g/kg Körpermasse erklärt werden. Die relative Wachstumsverminderung der Leber von 34 g/kg Körpermasse zum Geburtszeitpunkt gegenüber 13 g am Mastende steht in Übereinstimmung mit der Literatur (DAVEY und BERESKIN, 1978; OTTO, 1980; PETERSEN, 1978; SAGEL, 1975). Bei Verwendung der Leber als Indikatororgan in Untersuchungen zum Vitamin- und Spurenelementbedarf ist diese Beziehung bisher jedoch noch nicht berücksichtigt worden.

Bei 500 und 1000 IE/kg Futter speicherten die jüngeren Tiere  $<10\%$  und deutlich schlechter als die Mastschweine. Möglicherweise interferiert bei niedrigerer Dosierung der in den Gewebepool abfließende Bedarfsanteil mit der Speicherung, vorausgesetzt ist natürlich, daß die Resorption unabhängig vom Alter ist.

Die Konkurrenz zwischen „Gewebepool“ und Leberspeicherpool in Abhängigkeit von den vorhandenen Lebertorräten wiesen HUGHES u. a. (1976) durch i. v. Injektion von jeweils 200  $\mu\text{g}$  markiertem Retinylazetat an Ratten mit unterschiedlichen Vitamin-A-Vorräten nach. Bei den Ratten mit niedrigen gegenüber denen mit hohen Vitamin-A-Depots in der Leber waren sieben Tage nach der Injektion nur 14 % gegenüber 62 % der verabreichten markierten Dosis in der Leber nachzuweisen: ein Beweis für den höheren Anteil des Gewebebedarfes bei niedrigen Lebertorräten.

In Analogie zu den Ergebnissen an der Pute (PRINZ, 1980) und Ratte (RAM und MISRA, 1975) lassen sich für Absetzferkel und Mastschweine lineare Beziehungen zwischen dem Gehalt des Futters ( $x$ , IE/kg) und der Leber ( $y$ , IE/g) an Vitamin A berechnen.

#### *Absetzferkel:*

$$y = 0,4 + 0,0170x \quad (b : 0,0143 < 0,0170 < 0,0197 ; \alpha < 0,05) .$$

Der Gleichung liegen die Biopsiebefunde von 78 Tieren mit einer mittleren Lebendmasse von 37 kg zugrunde. Die Vitamin-A-Dosis (0 bis 4000 IE/kg Futter) wurde ab dem Absetzzeitpunkt (6,5 kg Lebendmasse) über  $\approx 10$  Wochen verabreicht.

#### *Mastschweine:*

$$y = -6,3 + 0,0468x \quad (b : 0,0425 < 0,0468 < 0,0512 ; \alpha < 0,05) .$$

Der Gleichung liegen die Analysenergebnisse von 94 Schlachtschweinlebern (Versuch 8 und 9) zugrunde. Die Vitamin-A-Dosis (0 bis 4000 IE/kg Futter) wurde vom Absetzen (6,5 kg Lebendmasse) bis zum Schlachten (114 kg Lebendmasse) verabreicht. Um Leber-Vitamin-A-Gehaltswerte im Bereich des in der veterinärmedizinischen Überwachung gültigen diagnostischen Grenzwertes von 30 IE/g zu erhalten, wäre ein Vitamin-A-Zusatz in Höhe von  $\approx 2000$  IE bei jungen Schweinen, bei älteren dagegen nur ein solcher von  $\approx 800$  IE nötig.

Die Gleichungen gelten aber nur bei Vitamin-A-Vorräten von  $<100$  IE/g Leber zum Zeitpunkt des Absetzens und bei Fütterung der genannten Vitamin-A-Dosierungen über einen längeren Zeitraum ( $>10$  Wochen).

### 3.5. Der Vitamin-A-Gehalt des Plasmas der Ferkel und Mastschweine in Abhängigkeit vom Alter (Versuch 9)

Abgesehen von Unterschieden zu den einzelnen Probenahmetermeninen des Blutes spiegelte das Plasma bei Futterzusätzen bis 1000 IE/kg deutlicher die Vitamin-A-Versorgung wider als die Leber (Tab. 4). Ein Unterschied von 500 IE/kg Futter hatte in der Regel signifikant unterschiedliche Plasma-Vitamin-A-Spiegel zur Folge. 4000 IE/kg Futter führten zu keiner weiteren Steigerung des Plasma-Vitamin-A-Gehaltes.



Deshalb wählten wir für die Darstellung der Beziehung zwischen dem Vitamin-A-Gehalt der Leber und des Plasmas das Modell einer Sättigungskurve. Dabei ist davon auszugehen, daß eine maximale Freisetzung des Vitamin-Trägerprotein-Komplexes aus der Leber nur bei ausreichendem Vitamin-A-Vorrat erfolgt (GOODMAN, 1980; MUHILAL und GLOVER, 1974).

Tabelle 4

Plasma-Vitamin-A-Gehalt (IE/dl) der Ferkel und Mastschweine in Abhängigkeit von der Vitamin-A-Versorgung und der Nitritbelastung (Verlaufsuntersuchung 9)

Lebendmasse (kg)/Versuchstage	27/55	48/106	114/118
Tierzahl	8	8	8
Zusatz IE Vitamin A, 1000 mg Nitrit/kg Futter	IE Vitamin Adl Plasma <sup>1</sup>		
0	22 ± 7 <sup>a</sup>	10 ± 2 <sup>b</sup>	2 ± 2 <sup>c</sup>
0 + Nitrit	16 ± 4 <sup>a</sup>	8 ± 3 <sup>b</sup>	2 ± 2 <sup>c</sup>
250 IE	—	20 ± 9 <sup>ab</sup>	8 ± 7 <sup>ab</sup>
250 IE + Nitrit	—	13 ± 2 <sup>ab</sup>	12 ± 8 <sup>ab</sup>
500 IE	26 ± 9 <sup>a</sup>	26 ± 5 <sup>a</sup>	21 ± 6 <sup>a</sup>
500 IE + Nitrit	28 ± 7 <sup>a</sup>	30 ± 9 <sup>a</sup>	22 ± 9 <sup>a</sup>
1000 IE	—	90 ± 19 <sup>c</sup>	50 ± 13 <sup>d</sup>
1000 IE + Nitrit	—	59 ± 12 <sup>d</sup>	39 ± 17 <sup>ad</sup>
4000 IE	66 ± 19 <sup>de</sup>	82 ± 18 <sup>c</sup>	47 ± 10 <sup>d</sup>
4000 IE + Nitrit	56 ± 14 <sup>d</sup>	68 ± 6 <sup>d</sup>	48 ± 14 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Der Einfluß des Nitrits wird in einem gesonderten Abschnitt diskutiert

Durch die Berechnung des Plasma-Vitamin-A-Gehaltes ( $y$ ; IE/dl) aus dem Logarithmus des Leber-Vitamin-A-Gehaltes ( $x$ ; IE/g) wurde die beste Anpassung der Wertepaare an eine Gerade erzielt:

$$y = 1,8 + 27,9 \lg x \quad (n = 130; B 0,516; \alpha < 0,05).$$

Ähnliche Beziehungen mit Bestimmtheitsmaßen von 0,7 bis 0,8 geben EATON u. a. (1964) für den Bereich der Unter- und der Normalversorgung an.

Die Einbeziehung sehr hoher Vitamin-A-Gaben (Vitamin-A-Gehalt in der Leber > 10000 IE/g, im Plasma 200 bis 600 IE/dl) durch KNOX u. a. (1980) und WRIGHT und HALL (1979) führt aufgrund nichtphysiologischer Regulation zu Fehlinterpretationen.

Den Normalbereich des Plasma-Vitamin-A-Gehaltes beim Schwein geben RICHTER u. a. (1979) mit 33 bis 118 IE/dl ( $\bar{x}$  60 IE) an. WRIGHT und HALL (1979) rechnen mit 45 bis 110 IE/dl. Bei 45 IE/dl Plasma errechnet sich nach oben angegebener Gleichung der dekadische Logarithmus des Lebergehaltes mit 1,548. Das ergibt als Schwelle für den Abfall des Plasmaspiegels einen Vitamin-A-Gehalt von  $\approx 35$  IE/g Leber. Dieser Wert ist identisch mit dem bei Ratten angegebenen Schwellenwert (LEWIS, 1942; LOERCH u. a., 1979). Das auf Grund der beträchtlichen Varianz niedrige Bestimmtheitsmaß von 0,52 verbietet allerdings die Anwendung der Beziehung auf einzelne Tiere. Auch andere Autoren konnten in einzelnen Fällen trotz nahezu depletierter Leberreserven (< 10 IE/g Leber) normale Plasmaspiegel nachweisen (FERRANDO u. a., 1979; LOERCH u. a., 1979).

### 3.6. Einfluß des Nitrits auf den Vitamin-A-Gehalt der Leber und des Plasmas

Im Vergleich zu den Vitamin-A-Zusätzen entfielen auf den Faktor Nitrit bei der doppelten Varianzanalyse des Leber-Vitamin-A-Gehaltes nur unbedeutende Varianzanteile, die im Verlaufe der Mast mit fortschreitender Anpassung der Tiere an die Belastung abnahmen (Tab. 3). In gleicher Weise reagierte der Plasma-Vitamin-A-Spiegel (Tab. 4), wobei die Adaptation des Vitamin-A-Spiegels auf der altersabhängigen und in der ersten Mitteilung (SCHÖNE und LÜDKE, 1984) zahlenmäßig belegten „De-kompensation der erythrozytären Methämoglobinbildung“ (GEHRMANN-FINK und KERBER, 1978) beruht. Parallel zum Wachstum (SCHÖNE und LÜDKE, 1982) konnte die von WOOD u. a. (1967) beobachtete signifikante Depression der Vitamin-A-Vorräte in Leber und Blut nicht bestätigt werden.

#### Zusammenfassung

In neun Versuchen wurde der Vitamin-A-Gehalt der Leber von 64 neugeborenen (Tot-geburten und Verendungen bis 48 h p. p.) und 69 abgesetzten Ferkeln, 122 Läufern sowie 110 Mastschweinen nach Schlachtung oder Autopsie untersucht. Die Entnahme der Leberproben durch Biopsie nach Laparotomie erfolgte an 78 Läufern. Der Plasma-Vitamin-A-Spiegel wurde fluorometrisch analysiert.

Der Vitamin-A-Gehalt der Ferkelleber war zum Zeitpunkt der Geburt  $< 100$  IE/g und zeigte keinen Unterschied zwischen den Versuchen. Beim Absetzen wiesen jedoch die Ferkel aus der Großproduktion gegenüber denen aus herkömmlicher Produktion einen um das Dreifache erhöhten Gehalt ( $175$  IE/g Leber) auf. Zwischen dem Vitamin-A-Gehalt des Futters und der Leber wurden hochsignifikante lineare Beziehungen errechnet. Danach sichern bei Absetzferkeln je kg Futter  $\approx 2000$  IE, bei Mastschweinen  $\approx 800$  IE Vitamin A einen Lebervitamingehalt von  $> 30$  IE/g. Die Vitamin-A-Aktivität des  $\beta$ -Karotins bei Läufern wurde mit  $< 100$  IE/mg ermittelt.

Der Plasma-Vitamin-A-Spiegel zeigte nur im Bereich der Unterversorgung den Vitamin-A-Status an. Zwischen  $1000$  und  $4000$  IE Vitamin A/kg Futter konnte kein unterschiedlicher Plasmagehalt nachgewiesen werden. Demzufolge wurde nach dem Modell einer Sättigungskurve zwischen dem Gehalt des Plasmas und der Leber an Vitamin A eine halblogarithmische Beziehung errechnet. Der Schwellenwert für den Abfall des Plasmaspiegels unter  $45$  IE Vitamin A/dl beträgt  $\approx 35$  IE/g Leber. Die Beziehung darf aber wegen des niedrigen Bestimmtheitsmaßes ( $B = 0,52$ ) nicht auf das Einzeltier angewendet werden. Die Belastung mit  $1000$  mg Nitrit/kg Futter zeigte einen geringen und im Versuchsverlauf abnehmenden Einfluß auf den Leber- und Plasma-Vitamin-A-Gehalt.

#### Резюме

А. Хенниг, Ф. Шёне, Х. Людке, Х. Панидорф и Д. Гайнитц

Исследование по потребности растущих свиней в витамине А. 2-ое сообщ.: Влияние снабжения витамином А на концентрацию витамина А в печени и плазме крови у поросят и откармливаемых свиней

Проводились 9 опытов для определения содержания витамина А в печени 64 новорождённых поросят (мертворождения и погибшие до 48 часов после родов) и 69 отчёмшей, 122 подесвинка и 110 откармливаемых свиней после убоя или аутопсии.



Взятие проб из печени с помощью биопсии после лапаротомии сделано у 78 подвинков. Уровень витамина А в плазме анализировался с помощью флуорометрии.

Содержание витамина А в печени поросёнка было при рождении ниже 100 МЕ/г и не отличалось среди опытов. При отъёме содержали печени поросят из промышленного хозяйства три раза больше витамина А (175 МЕ/г), чем печени поросят из обыкновенного хозяйства. Обнаружены высокодостоверные линейные соотношения между содержаниями витамина А в корме и печени. Таким образом получаются 30 МЕ/г слишком витамина А в печени при содержании от приблизительно 2000 МЕ витамина А/кг корма для отъёмшей или около 800 МЕ/кг. Активность витамина А  $\beta$ -каротина составила меньше 100 МЕ/мг у подвинков.

Уровень витамина А в плазме указывал статус витамина А только в случае недостаточного снабжения. В пределах от 1000 до 4000 МЕ витамина А/кг корма нет различного содержания в плазме. Таким образом вычислилось как модель полудогарифмическое отношение содержания витамина А между плазмой и печенью.

Граница для снижения уровня плазмы ниже 45 МЕ витамина А/10 мл находится при приблизительно 35 МЕ/г печени. Из-за низкой точности ( $B=0,52$ ) нельзя пользоваться отношением для одной головы. Загрузка 1000 г нитрита/кг корма показала незначительное влияние; которое во время опыта ещё более исчезло, на содержание витамина А в печени и плазме.

### Summary

A. HENNIG, F. SCHÖNE, H. LÜDKE, H. PANNDORF and D. GEINITZ

Investigations into the vitamin A requirement of growing pigs. 2. The influence of vitamin A supply on the vitamin A concentration in the liver and the plasma of piglets and fattening pigs

In 9 experiments the vitamin A content of the livers of 64 newborn (still births and deaths up to 48 h p.p.) and 69 weaned piglets, 122 growers and 110 fattening pigs was investigated after slaughtering or autopsy. Liver samples were taken from 78 growers by means of biopsy after laparotomy. A fluorometric analysis of the plasma vitamin A level was made.

At the time of birth the vitamin A content of the piglet livers was  $<100$  IU/g and did not show any differences between the experiments. At the time of weaning, however, the livers of piglets from large-scale production showed a three times higher content (175 IU/g liver) in comparison to those from traditional production. Highly significant linear relations were established between the vitamin A content of the feed and the liver. According to these, a liver content of vitamin A of  $\approx 30$  IU/g is ensured by  $\approx 2,000$  IU in weaning piglets and by  $\approx 800$  IU vitamin A/kg feed in fattening pigs. The vitamin A activity of the  $\beta$ -carotene in weaners was ascertained as  $<100$  IU/mg. The plasma vitamin A level indicated the vitamin A status only in the range of deficient supply. A different plasma content could not be detected between 1,000 and 4,000 IU vitamin A/kg feed. According to this, a semilogarithmic relation was calculated according to the model of a saturation curve between the vitamin A content of the plasma and the liver. The threshold value for the decrease of the plasma level under 45 IU

vitamin A/dl is 35 IU/g liver. Due to the low definiteness measure ( $B=0.52$ ) the relation cannot be applied to the individual animal. A contamination of 1,000 mg nitrite/kg feed had a low, and in the course of the experiment decreasing, influence on the vitamin A content of plasma and liver.

### Literaturverzeichnis

- [1] BEHRENS, H.: Züchtungskunde **37**, 348 (1965)
- [2] BERG, R.: Angewandte und topographische Anatomie der Haustiere, VEB Gustav Fischer Verlag (1973)
- [3] BRUBACHER, G.: Biblica. Nutrit. Dieta **23**, 51 (1976)
- [4] CARNEY, S. M., B. A. UNDERWOOD und J. D. LOERCH: J. Nutrit. **106**, 1773 (1976)
- [5] CHYTIL, F., und D. E. ONG: Symp. Dallas 4. April, Fed. Proc. **38**, 2510 (1979)
- [6] DANNENBERG, H. D.: Untersuchungen zur Vitamin-A- und -E-Versorgung der Schweine, insbesondere hinsichtlich ihrer Herdendiagnostik und der Auswirkung zusätzlicher Vitaminverabreichungen bei Ferkeln und Mastschweinen. Habilitationsschrift, Humboldt-Universität Berlin (1970)
- [7] DAVEY, J. J. und B. BERESKIN: J. Animal Sci. **46**, 992 (1978)
- [8] DICKERSON, J. W. T.: Proc. Nutr. Soc. **40**, 21 (1981)
- [9] EATON, H. D., W. B. BOUCHER und P. C. SHAH: J. Nutr. **82**, 343 (1964)
- [10] FERRANDO, R., R. TRUHART und C. FOURLON: C. R. Acad. Sci. Paris, **288**, Serie D, 1339 (1979)
- [11] FRAPE, D. L., K. L. WOLF, J. WILKINSON und L. G. CHUBB: J. agric. Sci. Camb. **73**, 33 (1969)
- [12] GEHRMANN-FINK, J. und H. J. KERBER: Dtsch. Tierärztl. Wschr. **85**, 41 (1978)
- [13] GEINITZ, D.: pers. Mitt. (1982)
- [14] GEURIN, H. B.: J. Anim. Sci. **59**, 758 (1981)
- [15] GLOVER, J., R. C. KERSHAW und S. LARGE: Wild. Rev. Nutrit. Diet **31**, 21 (1978)
- [16] GOODMAN, D. S.: Fed. Proc. **39**, 2716 (1980)
- [17] HARMON, B. G., E. R. MILLER, J. A. HOEFER, D. E. ULLREY und R. W. LUECKE: J. Nutrit. **79**, 263 (1963)
- [18] HENDRICKS, D. G., E. R. MILLER, D. E. ULLREY, R. D. STRUTHERS, B. V. BALTZER, J. A. HOEFER und R. W. LUECKE: J. Nutrit. **93**, 37 (1967)
- [19] HENNIG, A.: New aspects of the assessment of the vitamin requirement of domestic animals. Int. Conf. Feed Additives. Budapest 6.–10. Juli (1981)
- [20] HJARDE, W., A. NEIMANN-SØRENSEN, B. PALLUDAN und P. HAVSKOV-SØRENSEN: Acta Agriculturae Scand. **XI**, 1, 13 (1961)
- [21] HUGHES, D. R., P. RIETZ, W. VETTER und G. A. J. PITT: Internat. J. Vit. Nutrit. Res. **46**, 231 (1976)
- [22] HUGUE, T.: Internat. J. Vit. Nutrit. Res. **51**, 119 (1981)
- [23] KETZ, H. A., H. PLESSING und O. SELISKO: Mh. Vet. Med. **17**, 801 (1962)
- [24] KNOX, K. L., R. C. HALL, J. E. ROUSSEAU, H. D. EATON und U. KOEHN: Fed. Proc. **39**, 340 (Abstract – 1980)
- [25] LEWIS, J. M., K. G. BODANSKY und G. MCGUIRE: J. Nutrit. **23**, 351 (1942)
- [26] LOERCH, J. D., B. A. UNDERWOOD und K. C. LEWIS: J. Nutrit. **109**, 778 (1979)
- [27] MÖCKEL, P.: Die Eignung der Anhydromethode zur Bestimmung des Vitamin-A-Gehaltes in tierischen Produkten verschiedener Geflügelarten. Ing.-Arbeit, Berlin (1977)
- [28] MOORE, T.: Vitamin A. Elsevier, Amsterdam, London, New York (1957)
- [29] MUHILAL, H. und J. GLOVER: Brit. J. Nutrit. **32**, 549 (1974)
- [30] NELSON, E. C., B. A. DEHORITY, H. S. TEAGUE, V. L. SANGER und W. D. POUNDEN: J. Nutrit. **76**, 325 (1962)
- [31] NEUNDORF, R. und H. SEIDEL: Schweinekrankheiten. 2. Auflage. VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1977)
- [32] OTTO, E.: unveröffentl. Material (1980)
- [33] PALLUDAN, B.: Vitamin A and foetal development. In KRESS, H. und K. U. BLUM (Hrsg.): Vitamine A, E und K. F. K. Schattauer Verlag, Stuttgart – New York (1969)
- [34] PETERSEN, U.: Züchtungskunde **50**, 208 (1978)
- [35] PITT, G. A. J.: Proc. Nutr. Soc. **40**, 173 (1981)
- [36] POBISCH, R. und K. ONDERSCHKEA: Wien, Tierärztl. Mschr. **63**, 283 (1976)



- [37] POLANN, R. und U. GRÄTSCH: Prüfung des diagnostischen Wertes des Stoffwechselfparameters Vitamin A bei Sauen des Fleischschweintyps zur Überwachung der Tiergesundheit und der Sicherung hoher Fruchtbarkeitsleistungen. Abschlußbericht zur Forschungs- und Entwicklungsleistung „Stoffwechselfparameter Schwein“. Inst. für angewandte Tierhygiene Eberswalde (1976)
- [38] PRINZ, M.: Untersuchungen zum Vitamin-A-Bedarf der wachsenden Pute. Diss. (Prom. A), Karl-Marx-Univ. Leipzig (1980)
- [39] RAM, G. C. und U. K. MISRA: Internat. J. Vit. Nutrit. Res. **45**, 3 (1975)
- [40] RICHTER, G., P. MÖCKEL, F. SCHÖNE und G. FLACHOWSKY: Mh. Vet. Med. **37**, 405 (1982)
- [41] RICHTER, W., E. WERNER und H. BÄR: Grundwerte der Tiergesundheit und Tierhaltung. VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1979)
- [42] RÖHNISCH, H.-G. und G. KNAPE: Qualitätsanforderungen für Mischfuttermittel, Wirk- und Mineralstoffmischungen und wiss. Empfehlungen für den Einsatz in der Tierproduktion (1977)
- [43] ROSS, A. C. und D. S. GOODMAN: Symp. Dallas 4. April. Fed. Proc. **38**, 2515 (1979)
- [44] SAGEL, B.: Untersuchungen über die Körper- (Glykogen, Fett, Eisen, Kupfer) und Blutzusammensetzung (Glukose, Fructose, Laktat, Haematokrit) neugeborener Ferkel in Abhängigkeit von Geburtsgewicht und maternaler Kohlenhydratversorgung. Diss. Hannover (1975)
- [45] SAGER, G.: Anat. Anz. **147**, 85 (1980)
- [46] SCHMIDT, R.: Vitamin-A-Bestimmungen bei Schweinen. Auswertung der im Tiergesundheitsamt Hannover durchgeführten Untersuchungen. Diss. Hannover (1973)
- [47] SCHÖNE, F.: Der Einfluß der Vitamin-A-Versorgung auf das Wachstum, die Immunantwort und die Vitamin-A-Konzentration in Leber und Blutplasma von Ferkeln und Mastschweinen. Diss. Prom. A, Karl-Marx-Univ. Leipzig (1981)
- [48] SCHÖNE, F. und H. LÜDKE: Arch. Tierernähr. **34**, H. 3 (1984)
- [49] SELKE, M. R., C. E. BARNHART und G. H. CHANEY: Animal Sci. **26**, 759 (1967)
- [50] SHIRLEY, R. L., T. N. MEACHAM, A. C. WARNICK, H. D. WALLACE, J. F. EASLEY, D. K. DAVIS und T. J. CUNHA: J. Nutrit. **78**, 454 (1962)
- [51] STAHL: U.: persönl. Mitt. (1978)
- [52] STEELE, V. S. und J. A. FROSETH: Effect of maternal vitamin A deficiency on porcine fetal development and placental glycosaminoglycan composition. FASEB Abstract Form by Tuesday, January 2 (1979)
- [53] ULLREY, D. E.: J. Animal Sci. **35**, 648 (1972)
- [54] UNDERWOOD, B. A.: World Rev. Nutrit. Diet **19**, 123 (1974)
- [55] UNDERWOOD, B. A., J. D. LOERCH und K. C. LEWIS: J. Nutrit. **109**, 796 (1979)
- [56] VAHLQUIST, A. und S. NILSSON: J. Nutrit. **109**, 1456 (1979)
- [57] VÖLKER, H., G. FURCHT und R. POLANN: Mh. Vet. Med. **31**, 161 (1976)
- [58] WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1972)
- [59] WELLENREITER, R. H., D. E. ULLREY, E. R. MILLER und W. T. MAGEE: J. Nutrit. **99**, 129 (1969)
- [60] WOOD, R. D., C. H. CHANEY, D. G. WADDILL und G. W. GARRISON: J. Animal Sci. **26**, 510 (1967)
- [61] WRIGHT, K. E. und R. C. HALL: J. Nutrit. **109**, 1063 (1979)
- [62] ZILE, M. H., E. C. Bunge und H. F. DELUCA: J. Nutrit. **109**, 1787 (1979)

Eingegangen: 10. September 1982

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. sc. A. HENNIG, Dr. F. SCHÖNE und Dr. H. LÜDKE  
Wissenschaftsbereich Tierernährungschemie  
DDR - 6900 Jena, Dornburger Str. 24

Dr. H. PANNDORF  
DDR - 6500 Gera, Leninstraße 226a

Dr. D. GEINITZ  
Bezirksinstitut für Veterinärwesen  
DDR - 6900 Jena, Naumburger Str.





Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock  
der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR  
Bereich Tierernährung „OSKAR KELLNER“ Rostock

MARLIS MEINL und F. KREIENBRING

## Untersuchungen zum Bakterienanteil im Schweinekot

### 1. Einleitung

Der Dickdarm der Monogastriden stellt wie der Pansen der Wiederkäuer einen sehr günstigen Lebensraum für die dort vorkommende Population von Mikroorganismen dar. Die Darmflora in ihrer Gesamtheit bildet gemeinsam mit dem Wirt ein ökologisches System, das durch Interaktionen aller Beteiligten gekennzeichnet ist.

Neben Auswirkungen auf Physiologie und Morphologie des Wirtes, besonders seines Verdauungstraktes, hat die Mikrobenpopulation einen großen Einfluß auf die Verdaulichkeit von Nährstoffen wie auch auf den N-Stoffwechsel und Energieumsatz (BROWN, 1977; MASON, 1979; SACQUET, 1979; LENIS, 1980; RERAT, 1981).

Schweine als omnivore Monogastriden besitzen einen Dickdarm, der in Bau und Funktion an die natürliche Nahrung angepaßt ist. Diese enthält in größeren Anteilen pflanzliche Zellwandbestandteile und andere durch Endo-Enzyme nicht angreifbare pflanzliche Stoffe. Sie erreichen zusammen mit anderen unverdauten Nahrungsresten und mit endogenen Substanzen den Dickdarm. Dort befindet sich ein Großteil der gesamten Digestamasse, nach BAXLEY (1978) beträgt das Volumen des Dickdarms beim Schwein etwa 38 % des Gesamtvolumens des Gastrointestinaltraktes, die Passagezeit liegt zwischen 20 . . . 38 Stunden.

Die mikrobiellen Fermentationsprozesse im Dickdarm werden durch das dort vorhandene Substrat beeinflusst; Substrate mit hohem Gehalt an leicht fermentierbaren Substanzen und damit an Energie stimulieren die Aktivität und Vermehrung der Darmflora (MASON u. a., 1973, 1976; MOSENTHIN, 1979; U. BERGNER u. a., 1981; SIMON u. a., 1981; H. BERGNER, 1982). Als N-Quelle dient der Darmflora neben anderen exogenen und endogenen N-haltigen Verbindungen Harnstoff, der aus dem Blut des Wirtes in den Darm diffundiert und dort durch bakterielle Urease zu Ammoniak gespalten wird (MICHNOVA u. a., 1979; ROBINSON u. a., 1981). Das Ammoniak wird zum Teil im bakteriellen Metabolismus verwertet, dabei steigern bakteriell leicht fermentierbare Substrate aus der Nahrung den Einbau von Harnstoff-N in Bakterienprotein (DEMIGNE u. a., 1979, 1980). Ein Anteil des Ammoniaks gelangt wieder in das Blut und wird in der Leber über den Ornithinzyklus erneut zu Harnstoff synthetisiert (RICHARDS, 1972; CUMMINGS, 1975; WRONG, 1978; MOSENTHIN, 1981). Die Netto-Resorption des N aus dem Dickdarm repräsentiert die Bilanz zwischen den Degradations- und den Assimilationsprozessen bei der Fermentation durch die Darmflora. Dabei ist, bedingt durch den anaeroben Lebensraum, die Substratmenge, die in Fermentationsprodukte verwandelt wird, hoch im Vergleich zu der, die in Zellsubstanz umgewandelt wird (PRINS, 1977).

Die vorliegenden Untersuchungen sollen dazu dienen, den Anteil der Darmbakterien am Gesamtkot und am Kotstickstoff von Schweinen genauer zu erfassen. Durch die Quantifizierung des Bakterienanteils kann die Interpretation von Ergebnissen über die Nährstoffverdaulichkeit beim Schwein präzisiert werden. Die von uns angewandte Methode der Kotfraktionierung nach STEPHEN und CUMMINGS (1980) soll die Isolierung einer Bakterienfraktion ermöglichen. Als für Bakterien charakteristische Bezugs-

substanz wurde der Gehalt an  $\alpha$ - $\epsilon$ -Diaminopimelinsäure (DAP) bestimmt (WORK u. DEWEY, 1953). Parallel dazu wurde die durch mikroskopische Zählung erfaßbare Bakterienzahl ermittelt.

## 2. Material und Methode

### 2.1. Probenahme

Die Kotproben von 12 ♀ Schweinen (LM etwa 50 kg) wurden am letzten Vorversuchstag eines Bilanz- und Infusionsversuches (s. K. KRAWIELITZKI u. a., 1984) unmittelbar nach dem Absetzen entnommen. Zu einer gemischten lysindefizitären Ration (Gerste 400, Weizengluten 150, N-freie Mischung 390, Weizenstrohmehl 30, Wirk- u. Mineralstoffe 30 g/kg; tägl. Aufn. 1320 g Tr.-Subst./Tier) erhielten je 3 Tiere der Gruppe I eine orale Lysinsupplementation, Gruppe II eine orale isonitrogene Harnstoffzulage, den Gruppen III und IV wurden entsprechende Lysin- bzw. Harnstoff-supplementationen über eine Fistel ins Zäkum infundiert. Die Kotproben wurden sofort durchgemischt, je Tier wurden etwa 200 g Kot in Schalen eingewogen und gefriergetrocknet. Daneben wurden je 6 Parallelproben zu etwa 5 g Kot in Plastikflaschen eingewogen und zur Konservierung mit der 20fachen Menge an 3,5 %iger Formaldehydlösung versetzt.

### 2.2. Aufarbeitung der flüssigkonservierten Kotproben

Die Aufarbeitung erfolgte in Anlehnung an die von STEPHEN und CUMMINGS (1980) beschriebene Methode. Zur Ablösung der an den Nahrungsresten haftenden Bakterien wird hierbei eine wäßrige Detergenslösung (0,35 % Formaldehyd, 0,1 % Natriumlaurylsulfat) verwendet. Die zur Filtrierung benutzte Müllergaze hatte eine Porenweite von 0,05 mm. Das Zentrifugieren erfolgte bei 30000 g in einer Kühl-Vakuumzentrifuge VAC 25 (Janetzki, VEB MLW Zentrifugenbau Engelsdorf). Wie in Abb. 1 dargestellt, ist das Ziel der Fraktionierung das Auftrennen des Kotes in folgende Fraktionen:

Fraktion A: aus der Nahrung stammende gröbere Teilchen

Fraktion B: aus der Nahrung stammende feinere Teilchen

Fraktion C: Bakterienfraktion

### 2.3. Analysen

In den gefriergetrockneten Koten und Kotfraktionen wurden N-Bestimmungen nach Kjeldahl durchgeführt. Die Aminosäuren(AS)-Analyse erfolgte mit Hilfe des automatischen AS-Analysators AAA 881 (Mikrotechna, Praha) bzw. für Tryptophan mikrobiologisch. Für die Bestimmung der DAP wurde die Methode nach HUTTON u. a. (1971) unter Verwendung des AS-Analysators HD 1200 E angewendet.\*

### 2.4. Mikroskopische Untersuchungen

Der flüssigkonservierte Kot sowie die bei der Fraktionierung entnommenen Proben wurden lichtmikroskopisch bei 300- und 600facher Vergrößerung auf ihre Zusammensetzung überprüft. Das Auszählen der Bakterien erfolgte nach entsprechender Verdünnung der Proben in einer Thoma-Zählkammer mittels Phasenkontrastmikroskopie bei 600facher Vergrößerung. Bei den Gesamtkoten wurden 24 Kammerfüllungen, bei den Fraktionen 18 Kammerfüllungen je Tier ausgezählt.

\* Frau Doz. Dr. sc. Hanna MEIER (WPU Rostock) danken wir für die Durchführung der DAP-Analysen



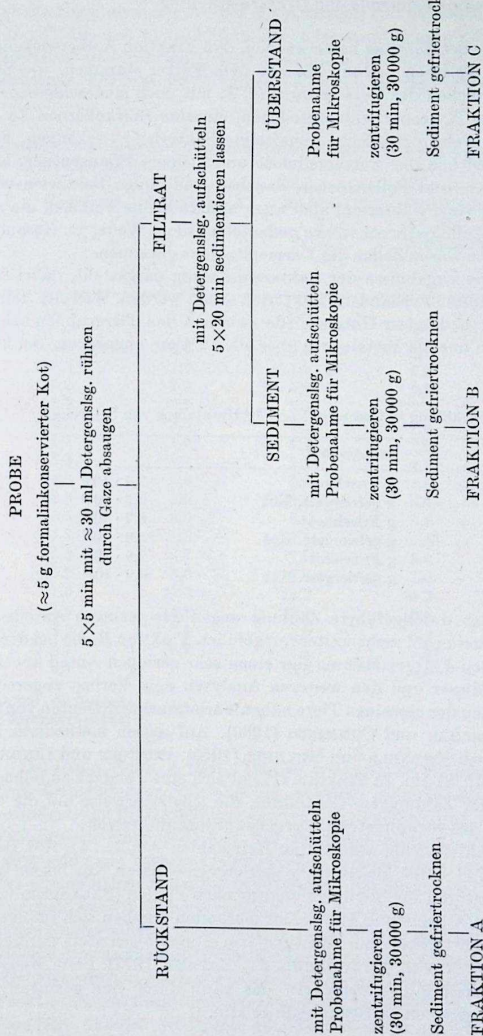


Abb. 1. Übersicht über die Methode der Kotfraktionierung (FRAKTION A: aus der Nahrung stammende gröbere Teilchen; FRAKTION B: aus der Nahrung stammende feinere Teilchen; FRAKTION C: Bakterien)

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Mikroskopische Kontrolle und Bakterienzählung

Die mikroskopische Betrachtung ließ erkennen, daß Fraktion A überwiegend aus größeren pflanzlichen Teilchen besteht, die aus dem Futter stammen, wie Stroh- und Spelzenteilchen, Teilchen des Gerstenkorns (z. T. mit noch eingeschlossenen Stärkekörnern), Reste des Xylems, Zelluloseteilchen, einzelne Stärkekörner. In mehreren Proben waren den Nahrungsteilchen anhaftende Bakterien zu erkennen. Fraktion B enthält kleinere Teilchen der Futterzellulose und kleinere Pflanzenteile, bei einigen Proben auch Stärke- und Pollenkörner, daneben sind einige Bakterien vorhanden. Fraktion C enthält viele Bakterien, aber auch andere kleine Partikel, die als feinste Pflanzenreste und Zellulosebruchstücke gedeutet werden. Weder im Gesamtkot noch in den Kotfraktionen waren Zellen des Darmepithels zu erkennen.

In Tab. 1 sind die Ergebnisse der Bakterienzählung dargestellt, dabei können jedoch nur frei im Medium vorhandene Bakterien erfaßt werden. Weil sich keine von der Versuchsanlage her bedingten Unterschiede zwischen den Tiergruppen zeigten, werden in den Tabellen nur die Mittelwerte über alle 12 Tiere angegeben. Bei Fraktion A

Tabelle 1

Ergebnis der Bakterienzählung in Gesamtkot und Kotfraktionen von Schweinen

Probe	bezogen auf	
Gesamtkot	g Frischkot	$2,4 \cdot 10^{10}$
(n=12)	g gefriergetr. Kot	$6,5 \cdot 10^{10}$
Fraktion A	g Frischkot	$8,7 \cdot 10^8$
(n=3)	g gefriergetr. Kot	$23,8 \cdot 10^8$
Fraktion C	g Frischkot	$2,9 \cdot 10^{10}$
(n=12)	g gefriergetr. Kot	$8,0 \cdot 10^{10}$

wurde die anfänglich durchgeführte Zählung wegen des geringen Anteils von etwa 3 % an der Gesamtkeimzahl nicht weiter fortgeführt. Fraktion B, die bei der in diesem Versuch verwendeten Futtermischung nur einen sehr geringen Anteil am Gesamtkot betrug, wurde bei dieser und den weiteren Analysen dem Verlust zugerechnet. Die mittleren Keimzahlen der einzelnen Tiere haben Variationskoeffizienten von fast 30 %, ähnlich wie bei STEPHEN und CUMMINGS (1980). Auf diesen methodisch bedingten Umstand wiesen auch MEYNELL und MEYNELL (1965), PETUELY und LINDNER (1965) und IANOTTI u. a. (1978) hin. In Fraktion C zeigt sich eine Tendenz zu höheren Keimzahlen gegenüber der Zählung im Gesamtkot, die möglicherweise auf die bakterienablösende Wirkung des verwendeten Detergens zurückzuführen ist.

Die durch die Zählmethode ermittelten Keimzahlen von  $2 \dots 4 \times 10^{10}$  Bakterien/g Frischkot bzw.  $5 \dots 11 \times 10^{10}$  Bakterien/g gefriergetrockneten Kot liegen im Bereich der von anderen Autoren für Schweine angegebenen Zahlen (SALANITRO u. a., 1977; RUSSELL, 1979). Bei Anwendung kultureller Methoden ergaben sich infolge der noch unzureichenden Möglichkeiten zur Züchtung von Anaerobiern stets geringere Keimzahlen (VERVAEKE u. NEVEL, 1972; SCHULZE u. BATHKE, 1977). Beim Menschen wurden höhere Gesamtkeimzahlen ermittelt, das kann durch den geringen Anteil an pflanzlichen Nahrungsresten im Stuhl bedingt sein.



## 3.2. N- und Aminosäuregehalte

Tab. 2 zeigt die Ergebnisse der N- und AS-Analysen von Gesamtkot sowie den Fraktionen A und C. Der mit etwa 4 % in der gefriergetrockneten Substanz gefundene N-Gehalt der Bakterienfraktion C liegt wesentlich niedriger als der N-Gehalt reiner Bakteriensubstanz, der etwa 12 % in der Tr.-Subst. beträgt (SMITH, 1979; JAHREIS

Tabelle 2

N- und AS-Gehalte von Schweinekot und Kotfraktionen (N in mg/g gefriergetrocknete Substanz, AS in % der Summe der AS)

	Gesamtkot	Fraktion A	Fraktion C	Schweinekot (n=500) (MEIER, 1979)	Bakterien aus Schweine- kot (n=15) (POPPE u. MEIER, 1983)
N (n=12)	18,8	7,5	39,0		
AS (n=3)					
Arg	4,8	4,7	5,6	4,2	4,7
His	2,3	1,9	1,9	2,3	2,1
Ile	4,9	4,9	5,6	4,6	5,5
Leu	8,0	8,9	8,8	7,7	7,6
Lys	6,8	2,6	3,7	7,5	7,2
Met	2,4	1,9	2,4	3,0	3,4
Cys	2,3	2,7	2,1	2,2	1,5
Phe	4,8	5,3	5,4	4,8	4,9
Tyr	2,5	1,0	0,4	3,7	4,5
Thr	5,6	6,0	6,0	5,2	5,3
Try	1,3	1,3 <sup>1</sup>	1,1	1,4 <sup>2</sup>	1,0 <sup>2</sup>
Val	6,0	6,7	7,0	5,8	6,2
Ala	6,9	8,0	7,6	7,3	6,8
Asp	11,3	11,8	12,2	11,3	11,5
Glu	12,9	13,2	13,2	12,6	12,5
Gly	5,9	7,0	6,0	6,4	5,3
Pro	6,2	6,2	5,4	5,4 <sup>2</sup>	5,1 <sup>2</sup>
Ser	5,1	5,8	5,3	4,6	4,7

<sup>1</sup> Ergänzt durch Wert des Gesamtkotes

<sup>2</sup> Nach eigenen Ergebnissen ergänzt

u. a., 1981; OSLAGE u. SCHULZ, 1981). Das ist, wie auch die mikroskopische Kontrolle zeigte, durch Beimengungen von aus der Nahrung stammenden pflanzlichen Teilchen, insbesondere von Futterzellulose aus der N-freien Mischung, bedingt. POPPE und MEIER (1983) geben einen N-Gehalt der Bakterienfraktion aus Schweinekot von 6,2 % an, STEPHEN und CUMMINGS (1980) fanden in der gefriergetrockneten Bakterienfraktion aus menschlichen Fäzes 5,9 % N, SMITH und McALLAN (1973, 1974) bei isolierten Pansenbakterien N-Gehalte von 4,6 ... 8,5 % i. d. Tr.-Subst., ALLAM u. a. (1982) 8,2 % N in der Bakterientrockensubstanz aus dem Duodenalchymus von Milchkühen, in diesen Fällen könnten ebenfalls derartige Beimengungen vorgelegen haben.

Die AS-Gehalte wurden nur aus Proben der Gruppe I ermittelt. Sie zeigten für Gesamtkot, Fraktion A und Fraktion C kaum größere Abweichungen voneinander, so daß sich schließen läßt, daß das AS-Muster des Kotproteins von Schweinen hauptsächlich

durch das AS-Muster des Bakterienanteils geprägt wird. Zu dem von POPPE und MEIER (1983) aus der Kotbakterienfraktion von Schweinen sowie zu dem von MEIER (1979) aus einer großen Anzahl von Schweinekoten berechneten AS-Muster besteht eine gute Übereinstimmung. Die niedrigen Werte von Lysin und besonders Tyrosin bei den Fraktionen A und C dürften durch die Konservierung der für die Fraktionierung vorgesehenen Kotproben mit Formaldehydlösung bedingt sein, dagegen war die Gesamtkotprobe durch Gefriertrocknen konserviert worden (HURRELL u. CARPENTER, 1978; OHSHIMA u. a., 1979; MORTENSEN, 1981).]

### 3.3. Kotfraktionierung

In Tab. 3 ist die Wiederfindung an Substanz und an N der Gesamtprobe in den Fraktionen A und C dargestellt. Etwa 16 % wasserlösliche Bestandteile des Kotes gingen mit den Überständen beim Zentrifugieren sowie als Fraktion B in Verlust, 58 % wur-

Tabelle 3

Prozentuale Verteilung der gefriergetrockneten Substanz und der N-Mengen auf die Kotfraktionen ( $n=12$ )

	Angaben in % der Gesamtprobe $\pm s$	Angaben in % der Wiederfindung $\pm s$
Gefriergetrocknete Substanz		
Fraktion A	58,0 $\pm$ 4,1	68,9 $\pm$ 3,5
Fraktion C	26,2 $\pm$ 3,4	31,1 $\pm$ 3,5
Wiederfindung	84,2 $\pm$ 4,6	
Verlust	15,8 $\pm$ 4,6	
N		
Fraktion A	23,2 $\pm$ 5,4	30,0 $\pm$ 7,0
Fraktion C	54,6 $\pm$ 8,5	70,0 $\pm$ 7,0
Wiederfindung	77,8 $\pm$ 7,5	
Verlust	22,2 $\pm$ 7,5	

den als Fraktion A und 26 % als Fraktion C isoliert. Die prozentuale Verteilung des N der Kotprobe zeigt, daß 23 % in Fraktion A und 55 % in Fraktion C gefunden wurden. Bezieht man die Verteilung auf die wiedergefundenen Anteile, so sind in Fraktion A etwa 70 % der Substanz und 30 % des N, in Fraktion C etwa 30 % der Substanz und 70 % des N enthalten. Das bedeutet, daß durch die Kotfraktionierung der Kot-N in Fraktion C angereichert wurde, daß aber auch Fraktion A einen nicht geringen N-Anteil enthält.

STEPHEN und CUMMINGS (1980) führten ihre Untersuchungen zur Fraktionierung an menschlichen Fäzesproben durch. Die Versuchspersonen erhielten eine Diät mit 13,6 g N und 22 g Diät-Faser (Polysaccharide und Lignin der pflanzlichen Zellwand), die entsprechende Nährstoffaufnahme unserer Tiere betrug 37,1 g N und 75,5 g Rohfaser. In Tab. 4 sind die Ergebnisse gegenübergestellt. Die Werte für die Ausscheidung der Tiere an Kot und Kot-N wurden aus der N-Bilanzperiode übernommen, die sich an die Probenahme für die hier beschriebene Untersuchungen direkt anschloß (s. K. KRA-



Tabelle 4

Vergleich der Ergebnisse der Kotfraktionierung

		Gesamtkot		Fraktion A		Fraktion C	
		g/d	%	g/d	%	g/d	%
Kot-Exkretion (gefriergetrocknete Substanz)	Mensch <sup>1</sup> (n = 9)	26,9	100	4,7	17,4	14,7	54,7
	Schwein <sup>2</sup> (n = 12)	186,0	100	108,0	58,0	48,7	26,2
N-Exkretion im Kot	Mensch (n = 9)	1,5	100	0,1	5,5	0,9	59,3
	Schwein (n = 12)	3,5	100	0,8	23,2	1,9	54,6

<sup>1</sup> STEPHEN und CUMMINGS, 1980<sup>2</sup> eigene Ergebnisse

WIELITZKI u. a., 1983). Bedingt durch die Diät ist der relative Anteil der Fraktion A an gefriergetrockneter Substanz und an N bei den Schweinen wesentlich höher als beim Menschen, dagegen stimmen die Werte für den in Fraktion C enthaltenen N-Anteil am Gesamtkot-N sehr gut überein.

### 3.4. DAP-Gehalte

Tab. 5 enthält die Analysendaten für die DAP-Gehalte in mg/g gefriergetrocknete Substanz sowie daraus berechnete Werte.

Tabelle 5

DAP-Gehalte von Schweinekot und Kotfraktionen  
(n = 12)

	$\bar{x}$	$\pm s$	
Gesamtkot	0,57	$\pm 0,12$	mg/g
Fraktion A	0,26	$\pm 0,10$	
Fraktion C	2,53	$\pm 0,58$	
Gesamtkot (berechnet aus $\Sigma A + C$ )	0,81	$\pm 0,16$	gefriergetr. Probe
Fraktion A	36,0	$\pm 13,5$	mg/g N
Fraktion C	64,8	$\pm 13,6$	
Gesamtkot	30,2	$\pm 6,6$	
Gesamtkot	39,1	$\pm 9,2$	mg/g „nichtlösl.“ N*
Fraktion A	19,1	$\pm 6,3$	DAP-Verteilung in %
Fraktion C	80,9	$\pm 6,3$	

\* entspricht der Summe des N der Fraktionen A und C

Der im Gesamtkot analysierte DAP-Gehalt beträgt nur etwa 70 % des aus der Summe von Fraktion A und C berechneten Gehaltes. Eine Ursache dieser Differenz könnte darin liegen, daß die DAP-Bestimmung im Gesamtkot durch andere, insbes. lösliche

Begleitstoffe des Kotes negativ beeinflusst wird, wohingegen A und C weitgehend gereinigte Fraktionen darstellen. Dieser Differenz sollte durch weitere analytische Untersuchungen noch nachgegangen werden. Bezieht man den DAP-Gehalt des Gesamtkotes auf den in den Fraktionen A und C wiedergefundenen „nichtlöslichen“ N, so ergeben sich etwa 40 mg DAP/g N. Für die Fraktionen A und C betragen die Werte bei Bezug auf ihren N-Gehalt 36 bzw. 65 mg DAP/g N. Dieses hohe DAP : N-Verhältnis bei Fraktion C läßt es als berechtigt erscheinen, den N dieser Fraktion voll den Bakterien zuzuordnen. Bei Untersuchungen der Pansenflora, aber auch der Darmflora von Schweinen wurden etwa 30 ... 50 mg DAP/g Bakterien-N, z. T. auch etwas höher liegende Gehalte gefunden (MOSETHIN, 1974; DEMEYER, 1976; MASON u. a., 1976; R. KRAWIELITZKI u. a., 1978; ALLAM u. a., 1982; POPPE u. MEIER, 1983). Die individuellen Unterschiede von 43 ... 88 mg DAP/g N bei Fraktion C unseres Versuches dürften auf die für jedes Tier charakteristische Bakterienpopulation zurückzuführen sein (MITSUOKA u. a., 1973; SALANITRO u. a., 1977; SCHULZE u. BATHKE, 1977). Die Verteilung der DAP auf die Kotfraktionen zeigt, daß der überwiegende Anteil der Bakterien in Fraktion C konzentriert ist, jedoch enthält Fraktion A noch etwa 20 % der Gesamt-DAP. Das ist durch fest an und in den von ihnen besiedelten Pflanzenresten haftende Bakterien zu erklären, die auch durch die Detergensbehandlung bei den Proben der verschiedenen Tiere nur in unterschiedlichem Maß abgelöst werden konnten (KNEHANS u. O'DELL, 1980; MILLER u. WOLIN, 1981).

### 3.5. Exkretion an Bakterien-N und Bakterien mit dem Kot

Die täglichen Ausscheidungen der Schweine an N und Bakterien-N mit dem Kot sind in Tab. 6 wiedergegeben. Die Berechnung des Bakterien-N-Anteils erfolgte unter Verwendung des Quotienten DAP : Gesamt-N der Fraktion C für jedes Tier; danach ergibt sich ein Anteil des Bakterien-N am Gesamt-Kot-N von 67 %, bezogen auf den in den Fraktionen A und C enthaltenen „nichtlöslichen“ N von 87 %.

Bei der weiteren Bearbeitung dieses Versuches (s. K. KRAWIELITZKI u. a., 1983) wurde die Inkorporation des ins Zäkum infundierten  $^{15}\text{N}$  aus Lysin (Gruppe III) bzw.

Tabelle 6

Tägliche Ausscheidung an N, DAP und Bakterien-N durch die Schweine ( $n=12$ )

		$\bar{x} \pm s$
Kot-N, gesamt	g	$3,5 \pm 0,4$
Kot-N, nichtlöslich*	g	$2,7 \pm 0,4$
DAP (berechnet aus Σ Fr. A + C)	mg	$152 \pm 35$
Bakterien-N (berechnet aus DAP : N- Verhältnis von Fr. C)	g	$2,4 \pm 0,4$
Anteil des Bakterien-N am Gesamt-Kot-N	%	$67,3 \pm 6,2$
Anteil des Bakterien-N am nichtlöslichen* Kot-N	%	$87,0 \pm 6,3$

\* entspricht der Summe des N der Fraktionen A und C



Harnstoff (Gruppe IV) in das mit Trichloressigsäure (TCE) fällbare Protein des Kotes untersucht. Bei Gruppe III waren 70 % des Kot-<sup>15</sup>N TCE-fällbar, bei Gruppe IV 77 %. Dieser TCE-fällbare N-Anteil ist zum überwiegenden Teil (ca 90 %) mit Bakterien-N gleichzusetzen, denn wir errechneten aus dem DAP: N-Quotienten bei Gruppe III 64 %, bei Gruppe IV 68 % Bakterien-N im Gesamt-Kot-N. MASON u. a. (1976) fanden bei Schweinen einen Anteil von >50 % Bakterien-N am Kot-N, MOSENTHIN (1979) etwa 60 % bei Grundration und bei Zulageration, POPPE (1982) etwa 50 %. STEPHEN und CUMMINGS (1979 a, b, 1980) ermittelten in menschlichen Fäzes bei unterschiedlicher Aufnahme an Diät-Faser ebenfalls etwa 60 % Bakterien-N.

KAUFMANN und HAGEMEISTER (1980) korrigierten die scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins bei Schweinen um den mittels DAP-Analyse bestimmten Anteil an Bakterienprotein:

$$\frac{\text{Futter-RP} - (\text{Kot-RP} - \text{Bakterien-RP})}{\text{Futter-RP}} \times 100$$

Auf den vorliegenden Versuch angewendet, würde die scheinbare N-Verdaulichkeit der verabreichten Futtermischung von 90,5 % (K. KRAWIELITZKI u. a., 1983) auf 96,8 % korrigiert.

Aus der Kotmenge und der Bakterienzählung läßt sich eine tägliche Ausscheidung von etwa  $1,5 \times 10^{13}$  Bakterien/Tier berechnen. Diese Zahl dürfte nur ein Minimum darstellen, weil durch die mikroskopischen Zählungen nicht alle Bakterien erfaßt werden können. Das kann noch durch die folgende Kalkulation unterstrichen werden: Die Ausscheidung von 2,4 g Bakterien-N entspricht bei Voraussetzung eines 12 %igen N-Gehaltes in der Bakterien-Tr.-Subst. und eines Wassergehaltes der Bakterien von 80 % einer Bakterienfrischmasse von etwa 100 g, d. h., die Kotfrischmasse der Tiere von etwa 500 g/d hat einen Bakterienanteil von 20 %. SALYERS (1979) gibt an, daß beim Menschen 30 % des Stuhlvolumens aus Bakterien bestehen, STEPHEN und CUMMINGS (1980) berechnen einen Anteil der Bakterien am frischen Stuhl von 75 %. 1 g Bakterienfrischmasse besteht nach Berechnungen von MEYNELL und MEYNELL (1965) sowie BOILA u. a. (1980) aus  $0,6 \dots 1,1 \times 10^{12}$  Bakterien, d. h. 100 g Bakterienfrischmasse müßten  $6 \dots 11 \times 10^{13}$  Keime enthalten.

#### 4. Zusammenfassende Betrachtung

Die kritische Betrachtung der Ergebnisse zeigt, daß die hier angewandte Methode der Kotfraktionierung zwar zu einer Anreicherung und Konzentrierung der Kotbakterien in Fraktion C führt, aber nicht ihre vollständige quantitative und qualitative Erfassung in dieser Fraktion ermöglicht. Da die Kotbestandteile nach Teilchengröße und Sedimentationsverhalten getrennt werden, ist die Verunreinigung der Bakterienfraktion durch andere kleine Partikel bisher nicht zu verhindern. Das verwendete Detergens scheint nur eine geringe Wirksamkeit zu haben, mangels Vergleichsprobe läßt sich dazu aber keine genaue Aussage machen.

Aus den Analysen der Bakterienfraktionen wird ein Verhältnis von 65 mg DAP/g Bakterien-N abgeleitet, dagegen ergibt sich bei Zugrundelegen der DAP-Analysen der Gesamtkote ein niedrigeres Verhältnis von 45 mg DAP/g Bakterien-N. Auf eine mögliche methodische Ursache bei der DAP-Analyse wurde schon hingewiesen. Es ist

auch nicht ganz auszuschließen, daß sich in Fraktion C DAP-haltige Zellwandtrümmer anreichern (DEMEYER u. a., 1982) und den DAP:N-Quotienten vergrößern. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die in Fraktion C erfaßte Bakterienpopulation sich in ihrem DAP:N-Verhältnis von der Gesamtpopulation unterscheidet. Beides könnte aber nur zu einer Unterschätzung des Bakterienanteils im Kot führen.

Der hohe Anteil des Bakterien-N am „nichtlöslichen“, in den Fraktionen A und C wiedergefundenen Kot-N von etwa 90 % läßt die Folgerung zu, daß auch die AS des Kotes in überwiegendem Maße Bestandteile des Bakterienproteins sind. Die von KAUFMANN und HAGEMEISTER (1980) vorgeschlagene Korrektur der scheinbaren Rohprotein-Verdaulichkeit um den Anteil an bakterielltem Rohprotein könnte dazu beitragen, die Verdaulichkeit der Proteine exakter zu erfassen.

### Zusammenfassung

Durch Behandeln mit Detergensenlösung, anschließendes Sedimentieren und Zentrifugieren wurden von 12 wachsenden ♀ Schweinen entnommene Kotproben in folgende Fraktionen aufgetrennt: Fraktion A (gröbere Partikel), Fraktion B (feinere Partikel), Fraktion C (Bakterienfraktion). In den Gesamtproben und den Fraktionen wurden N-, AS- und Diaminopimelinsäure (DAP)-Analysen sowie mikroskopische Untersuchungen durchgeführt. Mit Hilfe der Fraktionierung konnten 55 % des Kot-N und 80 % der DAP in Fraktion C konzentriert werden, Fraktion A enthielt noch etwa 23 % des N und 20 % der DAP. Aus dem DAP:N-Quotienten der Fraktion C, der 65 mg DAP/g N betrug, wurde ein Anteil von fast 70 % Bakterien-N am Gesamt-Kot-N der Schweine berechnet.

### Резюме

Мартиз Майнл и Ф. Крайенбринг

Исследование по качеству бактерий в кале свиней

Пробы кала от 12 растущих свиней разделили в следующие фракции после обработки раствором детергента с последовательной седиментацией и центрифугированием:

Фракция А (грубые частички), фракция В (мелькие частички), фракция С (бактериальная фракция). Во всех пробах и фракциях определились содержания азота, аминокислот и диаминопимелиновой кислоты (ДАП). Кроме того проводились микроскопические исследования. С помощью фракционирования накопились 55 % азота кала и 80 % ДАП в фракции С. Фракция А содержала ещё приблизительно 23 % азота и 20 % ДАП. Выведены с помощью частного из ДАП:N от 65 мг ДАП/г N у фракции С, что почти 70 % бактериального азота относились к общему азоту кала свиней.



## Summary

MARLIS MEINL and F. KREIENBRING

## Investigations into the bacterial contribution in pig faeces

By a treatment with a solution of detergent, subsequent sedimentation and centrifugation faeces samples taken from 12 growing pigs were divided into: fraction A (coarse particles), fraction B (finer particles), fraction C (bacteria fraction). N-, AA- and diamino pimelic acid (DAP) analyses as well as microscopic analyses were carried out with the complete samples and the fractions. By means of fractioning, 55 % of the faecal N and 80 % of the DAP could be concentrated in fraction C, fraction A contained approximately 23 % of the N and 20 % of the DAP. From the DAP: N quotient of fraction C, which was 65 mg DAP/g N, a quota of nearly 70 % bacteria-N in the total faecal N of the pigs was calculated.

## Literaturverzeichnis

- [1] ALLAM, S. M., K. ROHR, M. BRANDT und P. LEBZIEN: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. **48**, 58 (1982)
- [2] BAYLEY, H. S.: J. Anim. Sci. **46**, 1800 (1978)
- [3] BERGNER, H.: Mh. Vet.-Med. **37**, 58 (1982)
- [4] BERGNER, U., H. BERGNER und O. SIMON: Arch. Tierernähr. **31**, 243 (1981)
- [5] BOILA, R. J., J. D. ERFLE und F. D. SAUER: Canad. J. Anim. Sci. **60**, 367 (1980)
- [6] BROWN, J. P.: Crit. Rev. Food Sci. and Nutrit. **8**, 229 (1977)
- [7] CUMMINGS, J. H.: Gut **16**, 323 (1975)
- [8] DEMEYER, D.: Diss., (Prom. A.), H. D. State Univ. Ghent, Belgien (1976)
- [9] DEMEYER, D., N. TODOROV, C. van NEVEL und J. VETS: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. **48**, 21 (1982)
- [10] DEMIGNE, C. und C. REMESY: Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys. **19**, 929 (1979)
- [11] DEMIGNE, C., C. REMESY und Y. RAYSSIGUIER: Reprod. Nutr. Dévelop. **20**, 1351 (1980)
- [12] HURRELL, R. F. und K. J. CARPENTER: J. Agric. Food. Chem. **26**, 796 (1978)
- [13] HUTTON, K., F. J. BAILEY und E. F. ANNISON: Brit. J. Nutrit. **25**, 165 (1971)
- [14] IANNOTI, E. L., J. R. FISCHER und D. M. SIEVERS: Appl. Environm. Microbiol. **36**, 555 (1978)
- [15] JAHREIS, G., A. HENNIG, H. BOCKER und K. GRUHN: Mh. Vet.-Med. **36**, 820 (1981)
- [16] KAUFMANN, W. und H. HAGEMEISTER: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. **44**, 12 (1980)
- [17] KNEHANS, A. W. und B. L. O'DELL: J. Nutrit. **110**, 1543 (1980)
- [18] KRAWIELITZKI, K., R. SCHADEREIT, T. ZEBROWSKA, J. WÜNSCHE und H.-D. BOCK: Arch. Tierernähr. **34**, 1 (1984)
- [19] KRAWIELITZKI, R., B. PIATKOWSKI und F. KREIENBRING: Arch. Tierernähr. **28**, 701 (1978)
- [20] LENIS, N. P.: De aminozuurverteerbaarheid bij het varken en de rol van de bacterieflora in de dikke darm en de bijdrage van het endogene eiwit. Instituut voor Veevoedingsonderzoek „Hooft“, Nr. 133 (1980)
- [21] MASON, V. C.: In: Current concepts of digestion and absorption in pigs. Nat. Inst. Res. Dairying, Reading, England, (1979)
- [22] MASON, V. C. und R. M. PALMER: Proc. Nutrit. Soc. **32**, 82A (1973)
- [23] MASON, V. C., A. JUST (Nielsen) und S. BECH-ANDERSEN: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. **36**, 310 (1976)
- [24] MEIER, H.: Bestimmung und Anwendung der wahren Verdaulichkeit der Aminosäuren bei Monogastriden. Diss. (Promotion B), Wilhelm-Pieck-Univ. Rostock (1979)
- [25] MEYNELL, G. G. und E. MEYNELL: Theory and practice in experimental bacteriology. Cambridge University Press (1965)

- [26] MICHNOVA, E., K. BODA, J. TOMAS und I. HAVASSY: *Physiologia Bohemoslovaca* **28**, 545 (1979)
- [27] MILLER, T. L. und M. J. WOLIN: *Appl. Environm. Microbiol.* **42**, 400 (1981)
- [28] MITSUOKA, T., A. TERADA und Y. MORISHITA: *Goldschmidt informiert* **2**, Nr. 23, 23 (1973)
- [29] MORTENSEN, J. V.: *T. PLANTEAVL* **85**, 139 (1981)
- [30] MOSENTHIN, R.: Diplomarbeit, Kiel, (1974), zit. in: MOSENTHIN, R.: (1979)
- [31] MOSENTHIN, R.: Der Einfluß pflanzlicher Gerüstsubstanzen im Futter auf den Stickstoffansatz beim Schwein. Diss. (Promotion A), Univ. Kiel, (1979)
- [32] MOSENTHIN, R.: Vortrag, 6. Internat. Aminosäuren-Symposium, Serock, Abstr. P II/11 (1981)
- [33] OHSHIMA, M., P. McDONALD und T. ACAMOVIC: *J. Sci. Food Agric.* **30**, 97 (1979)
- [34] OSLAGE, H. J. und E. SCHULZ: *Wissenschaft und Umwelt* **3**, 201 (1981)
- [35] PETUELY, F. und G. LINDNER: *Zbl. Bakt. I. Abt. Orig.* **195**, 347 (1965)
- [36] POPPE, S.: VORTRAG, Tagung Ges. f. Ernähr., Sekt. Tierernähr., 11.–12. 5. 1982, Halle
- [37] POPPE, S. und H. MEIER: *Arch. Tierernähr.* **33**, 151 (1983)
- [38] PRINS, R. A.: In: CLARKE, R. T. J. u. a.: *Microbial ecology of the gut*. London, Academic Press (1977)
- [39] RERAT, A.: Übers. *Tierernähr.* **9**, 177 (1981)
- [40] RICHARDS, P.: *Am. J. Clin. Nutr.* **25**, 615 (1972)
- [41] ROBINSON, I. M., M. J. ALLISON und J. A. BUCKLIN: *Appl. Environm. Microbiol.* **41**, 950 (1981)
- [42] RUSSELL, E. G.: *Appl. Environm. Microbiol.* **37**, 187 (1979)
- [43] SACQUET, E.: *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* **19**, 915 (1979)
- [44] SALANITRO, J. P., J. G. BLAKE und P. A. MUIRHEAD: *Appl. Environm. Microbiol.* **33**, 79 (1977)
- [45] SALTERS, A. A.: *Am. J. Clin. Nutr.* **32**, 158 (1979)
- [46] SCHULZE, F. und W. BATHKE: *Arch. Exp. Veterinärmed.* **31**, 161 (1977)
- [47] SIMON, O., M. HERNANDEZ und H. BERGNER: *Arch. Tierernähr.* **31**, 739 (1981)
- [48] SMITH, R. H.: *J. Anim. Sci.* **49**, 1604 (1979)
- [49] SMITH, R. H. und A. B. McALLAN: *Proc. Nutr. Soc.* **32**, 9A (1973)
- [50] SMITH, R. H. und A. B. McALLAN: *Brit. J. Nutr.* **31**, 27 (1974)
- [51] STEPHEN, A. M. und J. H. CUMMINGS: *Proc. Nutr. Soc.* **38**, 141A (1979a)
- [52] STEPHEN, A. M. und J. H. CUMMINGS: *Gut* **20**, A 457 (1979b)
- [53] STEPHEN, A. M. und J. H. CUMMINGS: *J. Med. Microbiol.* **13**, 45 (1980)
- [54] VERVAEKE, I. J. und C. J. van NEVEL: *Appl. Microbiol.* **24**, 513 (1972)
- [55] WORK, E. und D. L. DEWEY: *J. gen. Microbiol.* **9**, 394 (1953)
- [56] WRONG, O.: *Am. J. Clin. Nutr.* **31**, 1587 (1978)

Für ihre zuverlässige Mitarbeit bei der Durchführung der Untersuchungen danken wir der landwirtschaftlich-technischen Assistentin Frau RITA KLEINFELDT und der Ingenieurin für Versuchswesen Frau MARIANNE GALL.

Eingegangen: 15. Juli 1983

#### Anschrift der Autoren:

Dipl.-Biol. MARLIS MEINL  
und Dr. F. KREIENBRING  
Forschungszentrum für Tierproduktion  
Dummerstorf-Rostock  
Bereich Tierernährung „Oskar Kellner“  
DDR - 25 Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 1  
Fach-Nr. 27-01/02



P. PETRIKOVIČ and M. PAJTÁŠ

## The Effect of Physical Form of Concentrated Feeds on Nutrient Digestibility in Feed Rations in Cows

### 1. Introduction

Nutritive value of feeds depends on their digestibility and the extent of utilization of digestible nutrients in organism that is to a considerable degree affected also by physical form of feeds. Main reason of digestibility decreasing due to physical treatment of feeds is faster passage of food through the alimentary tract (THOMPSON, 1972; JARRIGE et al., 1973; HONING, 1975). Digestibility decrease caused by forage pelletization was found out by KORIATH and PIATKOWSKI (1971), GREENHALGH and WAINMAN (1972) and SOMMER et al. (1981), too. Size of feedstuff particles is reduced by pressing the crushed feedstuffs into pellets, that results in additional digestibility decrease. CAMP-LENG and FREER (1966) reported that digestible organic matter and crude fiber proportions were lesser after the passage of pelleted forages through the rumen than those for „long“ forages, but more than 80 % of crude fiber was digested in proventriculi. HONING (1975) affirmed that digestion location was changed under the pellet feeding only a little or was not changed at all in dairy cows. MITCHEL's et al. (1967) results also confirmed the opinion that the effects of feed physical treatment on digestion location are lesser in cows than in sheep. MACRAE and ARMSTRONG (1969) have proved that the increasing of concentrated feed proportion in feed ration resulted in the fact that greater amount of crude fiber was digested in small intestine or behind it. According to VOIGT et al. (1976) the increased fiber contents in ration caused the increasing of relative rate of starch passage into duodenum.

Therefore from the point of view of nutrient utilization it is considered to be important to more precisely locate digestion as well as to clear up quantification of nutrient digestion in the different parts of alimentary tract, first of all in the feed rations containing physically treated feedstuffs.

### 2. Material and Methods

Apparent nutrient digestibility was determined in three experiments arranged by Latin square system according to the scheme in table 1.

In each experimental period excrements and urine were quantitatively collected and after every 5 days average samples were analyzed in laboratory. Cows were fed twice a day. Feeds and uneaten feedstuff were weighed daily. Average daily milk yield was  $21,3 \pm 0,24$  kg/cow/day in the experimental period.

Table 1  
Scheme of balance experiments

Period	No of days	Mixture physical form		
		coarse meal (CM)	Peleted (Pe)	Mashy (CM with water, 1:1) (M)
Preparation	10			
1st experimental	10	A	C	B
Transient	7			
2nd experimental	10	B	A	C
Transient	7			
3rd experimental	10	C	B	A

A — cow No. 89,254, B — cow No. 89,276, C — cow No. 89,263

Ruminal and postruminal nutrient digestion was studied in cow with rumen cannula as well as re-entrant cannula installed into duodenum. Our studies embraced all three forms of feed mixture. They were carried out always after 14-day preparation period by the method described by KRAWIELITZKI et al. (1974) and VOIGT et al. (1976). Cow was connected with duodenal extracorporeal circulation during 48 hours that enabled us to study the flowing of contents from abomasum into duodenum as well as to determine the quantity of the contents flown within the trial period. Average composition of duodenal contents was studied as follows: Out of the amount flown within 15 minutes it had been taken 3 % into average sample that was preserved in freezer and handed over for laboratory analyses every 12 hours of the experiment.

All the cows were fed the same ration consisted of maize silage (24 kg), alfalfa hay (4 kg), and feed mixture (7 kg) in different physical forms. In each of the experimental period two samples of maize silage and one sample of each kind of the rest feedstuffs were taken for chemical analyses. In feed, uneaten feedstuff, average excrement, average duodenal contents samples we have done organic analyses (according to ČSN 46 7007\*) and starch was determined by anthrone method.

Feed nutrient contents is given in the table 2. Feed mixture consisted of wheat (20 %), barley (20 %), maize (26 %), sunflower oil meal (6 %), peanut oil meal (4 %), wheat bran (2 %), rock salt (0.8 %), mineral ingredients (2 %).

The results of the experiments were statistically estimated by one way analysis of variance.

### 3. Results and Discussion

Apparent nutrient digestibility has not been significantly affected by feeding mixtures in different physical forms. In pellets and mash, however, we have found from 2 to 4 times higher coefficient of variability in dry matter, organic matter, total protein, crude fiber and nitrogen-free extract when compared with coarse meal (table 3).

The significant difference has been found only in starch digestibility between pellets and mash ( $P < 0.005$ ). The effect of physical treatment of feed mixtures was not manifested significant in total apparent digestibility of feed ration, that is why we have not found out decreased nutrient digestibility on the contrary to GREENHALGH and WAINMAN (1972), JARRIGE et al. (1973) and other authors.

Average daily passage of dry matter, crude fiber, nitrogenfree extract, starch and organic matter into duodenum and their digestibility in ruminal and postruminal parts of cow alimentary tract is given in table 4.

\* Czechoslovak State Standard



Table 2  
Average nutrient contents and nutritive value of feeds

Feed	Dry matter	Protein	Fat	Crude fiber	Nitrogen-free extract	Ash	Digestible protein	Starch units
Maize silage	28,5	2,4	1,6	5,4	16,9	2,2	1,3	17,6
Alfalfa hay	86,2	14,5	3,2	25,3	34,3	9,0	10,4	37,4
Feed mixture - coarse meal	88,0	15,3	3,9	2,9	60,4	5,7	12,0	64,8
Feed mixture - pelleted	88,2	13,4	3,2	4,1	62,9	4,6	10,6	64,9

From the feed ration mentioned above the cows intook 12,5 kg of dry matter on average. Out of this amount into duodenum it passed 9122 g in the case of coarse meal, 8242 g in the case of pellets and finally 7833 g in the case of mash one.

When the cows were fed coarse meal, out of dry matter contents recorded in duodenum organic matter, crude fiber, nitrogen-free extract represent 82.0 %, 9.9 %, 38.2 %, respectively. As for pelleted mixture proportions of organic matter, crude fiber and nitrogen-free extract are as follows: 81.8 %, 10.2 % and 38.4 %, respectively. Feeding mash it passed into duodenum with the total amount of dry matter 81.9 % of organic matter, 10.2 % of crude fiber and 38.1 % of nitrogen-free extract.

We have found out different results in the starch passage. The greatest passage into duodenum - 1391 g (16.9 % of dry matter) was recorded for pellets, 1052 g (11.5 % of dry matter) for coarse meal and the lowest one - 758 gr (9.7 % of dry matter) for the mash.

As a result of the increased passage of starch into small intestine its proportion digested in proventriculi was also the lowest in the case of pellets 69.6 % vs. 78.8 % and 86.6 % in the case of coarse meal and mash, respectively.

In the rest of nutrients we have found, similarly as CAMPING and FREER (1966) that comparing with coarse meal, proportions of digestible crude fiber, nitrogen-free extract and organic matter digested in postruminal parts of the alimentary tract were lower at feeding pellets and mash.

Proportions of fiber and nitrogen-free extract digested in proventriculi were the greatest for pellets (97.0 % and 78.7 %) and the lowest for coarse meal (89.9 % and 74.4 %). As for the postruminal part we have recorded just the opposite results.

The results obtained agreed with the MITCHEL's et al. (1967) and HONING's (1975) conclusions that in cows the effect of physical form of feeds on location of nutrient digestion is small, because differences noticed are basically results of the different dry matter passage into duodenum. The different results have been obtained in the passage and digestion of starch whose proportion digested in proventriculi was lower in feeding pelleted mixture. Significantly higher coefficient of apparent digestibility confirms that in

Table 3

Digestibility coefficients of feed ration at feeding feed mixtures in different physical form (in %)

Nutrients	Index	Mixture physical form		
		coarse meal	pelleted	mash
Dry matter	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	68 $\pm$ 0,55 1,97	69 $\pm$ 1,69 6,03	68 $\pm$ 1,68 6,07
Protein	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	67 $\pm$ 0,75 2,71	67 $\pm$ 1,55 5,65	66 $\pm$ 2,46 9,17
Crude fiber	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	57 $\pm$ 0,58 2,50	56 $\pm$ 2,52 11,00	54 $\pm$ 2,83 12,74
Fat	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	75 $\pm$ 2,06 6,71	75 $\pm$ 1,80 5,85	78 $\pm$ 1,15 3,33
Nitrogen-free extract	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	73 $\pm$ 0,72 2,44	73 $\pm$ 1,81 6,05	73 $\pm$ 1,34 4,49
Ash	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	55 $\pm$ 1,31 5,34	57 $\pm$ 1,02 4,35	53 $\pm$ 2,46 11,29
Organic matter	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	69 $\pm$ 0,49 1,72	70 $\pm$ 1,80 6,31	69 $\pm$ 1,69 5,99
Starch	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	92 $\pm$ 0,70 1,86	95 <sup>a</sup> $\pm$ 0,77 1,82	92 <sup>a</sup> $\pm$ 0,38 1,02
Cellulose	$\bar{x} \pm s\bar{x}$ <i>v</i>	63 $\pm$ 1,41 3,84	64 $\pm$ 2,54 6,85	67 $\pm$ 1,79 6,03

a =  $P < 0,05$ 

postruminal part of the alimentary tract starch is utilized better that corresponds with BLAXTER's results (1962) who has proved that by eliminating fermentation processes, excluding rumen, the utilization of sacharides can be increased to more than 70 %.

### Summary

In three balance trials and three experiments on cow with duodenal and rumen cannulas we studied apparent digestibility of feed rations as well as digestibility of some nutrients in ruminal and postruminal parts of the alimentary tract at feeding concentrates in coarse meal, pellets and in mash (1 : 1) with water.

The different form of concentrates did not affect apparent nutrient digestibility, with the exception of starch. It was recorded significantly higher coefficient of its digestibility (by 3 %) at feeding pelleted feed mixture. Starch proportion digested in postruminal part of alimentary tract was also the greatest (30,4 %) of all the forms in pelleted mixture. As for coarse meal and mash they were 21,2 % and 13,4 %, respectively. The lowest digestibility of dry matter (42,1 %), crude fiber (89,9 %), nitrogen-free extract (74,4 %) and organic matter (53,2 %) was recorded in proventriculi for feeding in form of coarse meal.



Table 4  
Passage of nutrients into duodenum (g/24 hr) and their digestibility in ruminal and postruminal parts of the alimentary tract (%)

Nutrients	Mixture physical in feed form	Passed into duodenum		Digested		Digested in proventriculi			Digested in postruminal part				
		g	g	% from the intake	g	%	% from the intake	% from diges- ted	g	% from the intake	% from diges- ted	% from duoden. contents	
Dry matter	CM	12781	9122	71,4	8691	68	3659	28,6	42,1	5032	39,4	57,9	55,2
	Pe	12449	8242	66,2	8590	69	4207	33,8	49,0	4383	35,2	51,0	53,2
	M	12288	7833	63,7	8356	68	4455	36,3	53,3	3901	31,7	46,7	49,8
Crude fiber	CM	1845	899	48,7	1052	57	946	51,3	89,9	106	5,7	10,1	11,8
	Pe	1838	840	45,7	1029	56	998	54,3	97,0	31	1,7	3,0	3,7
	M	1669	797	47,8	901	54	872	52,2	96,8	29	1,8	3,2	3,6
Nitrogen-free extract	CM	7618	3483	45,7	5561	73	4135	54,3	74,4	1426	18,7	25,6	40,9
	Pe	7444	3168	42,6	5434	73	4276	57,4	78,7	1158	15,6	21,3	36,6
	M	6885	2985	43,4	5026	73	3900	56,6	77,6	1126	17,4	22,4	37,7
Starch	CM	3825	1052	27,5	3519	92	2773	72,5	78,8	746	19,5	21,2	70,9
	Pe	4111	1391	33,8	3905	95	2720	66,2	69,6	1185	28,8	30,4	85,2
	M	3726	758	20,3	3428	92	2968	79,7	86,6	460	12,3	13,4	60,7
Organic matter	CM	11824	7482	63,3	8159	69	4342	36,7	53,2	3817	32,3	46,8	51,0
	Pe	11548	6738	58,3	8084	70	4810	41,7	59,5	3274	28,4	40,5	48,6
	M	11243	6416	57,1	7758	69	4827	42,9	62,2	2931	26,1	37,8	45,7

## Zusammenfassung

P. PETRIKOVIČ und M. PAJTÁŠ

Der Einfluß der physikalischen Form von Konzentratfuttermitteln auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe von Futterrationen bei Kühen

An Kühen mit Pansenfisteln und *re-entrant* Fisteln am Duodenum wurden 3 Bilanzversuche und 3 Verdaulichkeitsuntersuchungen zur ruminalen und postruminalen Verdauung bei Fütterung von Konzentraten in Schrotform, pelletiert oder in Mischung (1 : 1) mit Wasser durchgeführt.

Mit Ausnahme der Stärke beeinflussten die verschiedenen physikalischen Formen die Nährstoffverdaulichkeit nicht. Für die Stärke wurde in pelletierter Form eine um 3 % signifikant höhere Verdaulichkeit gemessen. Im postruminalen Teil des Verdauungstraktes wurden in pelletierter Form 30,4 %, in Schrotform 21,2 % und in Mischung 13,4 % der Stärke verdaut. Die niedrigste Verdaulichkeit im Vormagensystem wurde bei Fütterung in Schrotform erhalten, für die Trockensubstanz = 42,1 %, die Rohfaser = 89,9 %, N-freie Extraktstoffe 74,4 % und organische Substanz = 53,2 %.

## Резюме

П. Петрович и М. Пайташ

Влияние физического вида концентратов на переваримость питательных веществ в рационах коров

Проводились 3 балансовые опыта на коровах, имеющих рубцовую и фистулу анастомозы «*re-entrant*» у дуоденума и 3 переваримых опыта для изучения переваримости в рубце и после рубца при кормлении концентратов в виде муки или гранулы или в смеси 1 : 1 с водой.

Различные физические виды с исключением крахмала не имели влияния на переваримость питательных веществ. Для гранулированного крахмала определялась на 3 % повышенная переваримость. В отрезке пищеварительного тракта после рубца переварились 30,4 % гранулированного крахмала, 21,2 % крахмала в виде муки и 13 % смешанного крахмала. Самая низкая переваримость определялась в преджелудках при кормлении концентратов в виде муки, т. е. 42,1 % для сухого вещества, 89,9 % для клетчатки, 74,4 % для БЭВа и 53,2 % для органического вещества.

## References

- [1] BLAXTER, K. L.: Brit. J. Nutrit. 16, 615 (1962)
- [2] CAMPLING, R. C. and M. FREER: Brit. J. Nutrit. 20, 229 (1966)
- [3] GREENHALGH, J. F. D. and F. W. WAINMAN: Proc. Br. Soc. Anim. Prod. (New Series) 1, 61 (1972)
- [4] HONING, Y.: Intake and utilization of energy of rations with pelleted forages by dairy cows. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen (1975)
- [5] JARRIGE, R., C. DEMARQUILLY, M. JOURNET and C. BÉRANGER: Skidmore 99 (1973)
- [6] KORIATH, G. and B. PIATKOWSKI: Arch. Tierernähr. 21, 241 (1971)



- [7] KRAWIELITZKI, R., S. NAGEL and B. PIATKOWSKI: Arch. Tierernähr. **24**, 309 (1974)
- [8] MACRAE, J. C. and D. G. ARMSTRONG: Brit. J. Nutrit. **23**, 377 (1969)
- [9] MITCHELL, G. E., C. O. LITTLE, M. R. KARR and B. W. HAYER: J. Anim. Sci. **26**, 224 (1967)
- [10] SOMMER, A., M. PAJTÁŠ, P. PETRIKOVIČ, L. CHRÁSTINOVÁ and J. GALLO: Výživná hodnota granulovaných krmív s prídavkom syntetických N-látok. Výskumna správa VÚŽV Nitra (1981)
- [11] THOMPSON, D. J.: Proc. Nutr. Soc. **31**, 2, 127 (1972)
- [12] VOIGT, J., B. PIATKOWSKI, S. NAGEL and R. KRAWIELITZKI: Arch. Tierernähr. **26**, 345 (1976)

Received: 4 Octobre 1983

Adress of authors:

Dr. P. PETRIKOVIČ and Dr. M. PAJTÁŠ  
Research Institut of Animal Production  
ČSSR, 949 92 Nitra, Hlohovská 2

## Buchbesprechung

**Fats in Animal Nutrition.** Herausgegeben von J. WISEMAN. Erschienen im Verlag Butterworths. London, Boston, Durban, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington. 1984, 521 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen, Kunststoffeinband, Format: 16 × 23 cm, Preis: 45,— engl. Pfund.

Zunächst sollen die Kapitel und ihre Autoren genannt werden:

Chemie und Biochemie der pflanzlichen Fette und ihre nutritive Bedeutung (M. I. GURR, Shinfeld), Chemie und Biochemie und nutritive Bedeutung der tierischen Fette (M. ENSER, Meat Res. Inst. Bristol), Fischfette (J. OPSTVEDT Bergen, Norwegen), Verdauung, Resorption und Transport der Fette: Allgemeine Prinzipien (DAVID N. BRINDLEY, Medical School Nottingham), Verdauung, Resorption und Transport von Fetten — Nichtwiederkäuer (C. P. FREEMANN, Unilever Res. Labor, Bedford), Verdauung, Resorption und Transport von Fetten in Wiederkäuern (J. H. MOORE, Hannah Res. Inst. Ayr, Scotland), Essentielle Fettsäuren in der Geflügelernährung (C. C. WHITEHEAD, Poultry Res. Centre, Roslin, Scotland), Essentielle Fettsäuren/Mineralinteraktionen beim Schwein (STEPHEN C. CUNNANE, Efamol Res. Inst. Nova Scotia, Canada), Essentielle Fettsäuren beim Wiederkäuer (R. C. NOBLE, Hannah Res. Inst., Ayr, Scotland), Protektive Funktionen von fettlöslichen Vitaminen (ALFRED W. KORMANN und HARALD WEISER, Hoffmann-La Roche, Centr. Res. Basel), Fette als Energiequelle im tierischen Gewebe (D. W. PETHICK, Murdoch Univ. Westaustralien, A. W. BELL, Univ. Bundoora und E. F. ANNISON, Univ. Sydney, Australien), Fette als energieliefernde Bestandteile der Wiederkäuer-Diät (J. W. CZERKAWSKI und J. L. CLAPPERTON, Hannah Res. Inst. Ayr, Scotland), Der „Extra Caloric Value“ von Fetten in der Geflügelernährung (JOHN D. SUMMERS, Univ. Guelph, Ontario, Canada), Ermittlung der verdaulichen und umsetzbaren Energie der Fette beim Nichtwiederkäuer (JULIAN WISEMAN, Univ. of Nottingham, School of Agric.; Sutton Bonington, Loughborough, Leicestershire), Die Nährstoffdichte von Schweineernationen — Empfehlungen und Verzehr (D. J. A. COLE, Univ. of Nottingham), Verwendung von Fetten in Diäten für wachsende Schweine (TIM S. STAHL, Univ. of Kentucky, USA), Die Verwendung von Fetten in Sauen-Diäten (R. W. SEERLY, Univ. of Georgia, USA), Verwendung von Fetten in Diäten für laktierende Kühe (DONALD L. PALMQUIST, Ohio State Univ. USA), Die Verwendung von Fett für Hunde- und Katzen-Diäten (P. T. KENDALL, Animal Studies Centre, Leicestershire), Fettablagerung und die Qualität von Fettgewebe im Fleisch von Tieren (J. D. WOOD, Meat Res. Inst. Bristol), Fettablagerung in Broilern (C. FISHER, Poultry Res. Centre, Roslin, Scotland). Der Nährwert von Fett domestizierter und nichtdomestizierter Tiere (M. A. CRAWFORD, W. R. HARE und D. B. WHITEHOUSE, Inst. of Zoology, London), Mischungen und Qualitätskontrolle (A. J. HOWARD, Procter and Gamble Limited Newcastle und Anwendung der Fette in der Mischfutterindustrie (R. E. ATKINSON, Gwent, UK).

Der Aufbau des Buches verrät es zunächst nicht, daß es sich um die Wiedergabe einer Konferenz zur gleichen Thematik an der Nottingham Easter School aus dem Jahre 1983 handelt.

Im Anhang des Buches werden 125 Teilnehmer mit ihren Adressen verzeichnet. Alle Autoren bringen, so in Form modernster Monographien nicht nur ihre eigenen Ergebnisse, sondern exakte Übersichten zum internationalen Kenntnisstand. Man müßte eine Fülle von Einzelheiten loben, die in konzentrierter Form die modernsten Informationen vermitteln. Als Beispiel sei hier die Darstellung der signifikanten Abnahme des Eiweißgehaltes der Milch mit zunehmender Fettaufnahme bei der Milchkuh genannt. Die kurze Erläuterung über den 1981 postulierten „Insulin-effekt“ kann anhand der Angaben zur Originalliteratur jeden Spezialisten zum weiteren Studium anregen.

Hoch interessant ist das Kapitel des Fettzusatzes zu Sauen-Diäten im späten Trächtigkeitsstadium bzw. während der Laktation. Die neuesten Forschungsergebnisse zur Überlebenschance der Ferkel in den ersten 4 Lebenstagen im Zusammenhang zu ihrer Energiereserve regen in vielfältiger Beziehung zum Nachdenken an.

Für den Rezensenten ist es die bisher am besten gelungene Kombination zwischen einer wissenschaftlichen Tagung und der Publikation einer Monographie. Es sind weiterhin nicht nur Druck und Ausstattung zu loben, sondern auch das umfangreiche Sachregister, das den Buchcharakter des vorliegenden Werkes unterstreicht.

H. BERGNER



Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig  
Wissenschaftsbereich Tierfütterung und Ernährungsschäden  
(Leiter: Prof. Dr. sc. M. HOFFMANN)  
Arbeitsgruppe Wissenschaftlicher Gerätebau  
(Leiter: Dipl.-Ing. H. DÄBERITZ)

R. LENK, M. HOFFMANN, H. DÄBERITZ, D. PREDIGER und A. DITTRICH

## Untersuchungen zum Verzehr- und Wiederkauverhalten an Schafen

### 1. Mitteilung

#### Einfluß der Futtermittelstruktur auf das Wiederkauverhalten von Hammeln

### 1. Einleitung

Untersuchungen zum Verzehr- und Wiederkauverhalten werden als direktes und indirektes Charakteristikum für die Beurteilung von Fütterungsregimes benutzt.

Es bestehen enge Zusammenhänge zwischen dem Wiederkauverhalten einerseits und der Speichelproduktion, der pH-Wert-Regulation im Pansen und der Vormagenmotorik andererseits (BAILEY und BALCH, 1961, WILSON, 1963, BRÜGGEMANN, WALSER-KÄRST und GIESECKE, 1965, KAUFMANN und ORTH, 1966, KAUFMANN, 1969, BOLDT und JOHANSEN, 1970).

Unter den von RUCKEBUSCH (1970) aufgeführten Faktoren, die das Wiederkauverhalten beeinflussen, kommt der Futtermittelstruktur eine hervorragende Bedeutung zu. Mit steigendem Gehalt an Gerüstsubstanzen erhöht sich die Wiederkauzeit (FREER, CAMPLING und BALCH, 1962, PEARCE und MOIR, 1964, GORDON, 1965, FREER und CAMPLING, 1965, CAMPLING und FREER, 1966, WESTON und HOGAN, 1967, WELCH und SMITH, 1969, 1970, 1971, BINES und DAVEY, 1970, WIESER, 1972, CAMMEL und OSBOURN, 1972, ROHR und DAENICKE, 1973, DULPHY und DEMARQUILLY, 1974, PIATKOWSKI und NAGEL, 1975). Dieser Zusammenhang besteht aber nur bei vergleichbarer physikalischer Form. So fanden bereits KICK u. a. (1937) (zit. n. GORDON, 1968), daß das Häckseln von Heu das Wiederkauen nicht reduzierte, aber das Mahlen zu einer Verringerung um 40 % führte. In Untersuchungen von KICK und GERLAUGH (1936, zit. n. GORDON, 1968) erhöhte sich sogar die Zahl der Wiederkauschläge bei gehäckselter gegenüber langer Luzerne. Mit Grasheu gelangten GORDON (1958) an Schafen und PIATKOWSKI, NAGEL und BERGNER (1977) an Kühen zu ähnlichen Ergebnissen. Mahlen vermindert die Wiederkauaktivität, wobei der Abfall bei Stroh nicht so gravierend wie bei Gras und Luzerne ist (GORDON, 1958, WILSON, 1963, WIESER, 1972). In Untersuchungen von NAGEL und PIATKOWSKI (1976) an Kühen wurde die Wiederkauaktivität durch die Vermahlung von Stroh in losen Stroh-Konzentrat-Gemischen mit 60 % Stroh nicht beeinträchtigt. Bei sehr feiner Mahlung des Strohs war das aber in den Versuchen von PEARCE und MOIR (1964) an Schafen der Fall.

Die Pelletierung von gemahlenem Grobfutter hat eine weitere Reduzierung der Wiederkauaktivität zur Folge (WESTON und HOGAN, 1967, NAGEL u. a. 1975, PIATKOWSKI und NAGEL, 1975, PIATKOWSKI, NAGEL und BERGNER, 1977).

Tierart und -alter sind bei der Auswertung von Ergebnissen zum Wiederkauverhalten zu beachten. So besitzt das Schaf eine größere Anpassungsfähigkeit an stark zerkleinertes Futter als das Rind (RUCKEBUSCH, 1970). NAGEL und PIATKOWSKI (1976) fanden, daß bei Jungmastrindern bereits feinere Strohpartikel das Wiederkauen aufrecht erhalten, als das bei Kühen der Fall ist.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden das Verzehr- und Wiederkauverhalten zur Beurteilung von Fütterungsregimes für Hammel, Mutterschafe in verschiedenen Reproduktionsstadien und für Jungschafe im Wachstumsverlauf benutzt. Zunächst war dazu in Modellversuchen die Methode an Hammeln bei konstanter Menge an unterschiedlich strukturiertem Futter zu erproben. Damit sollte auch ein Beitrag zur Ab-

leitung der Anforderungen an die Futtermittelstruktur der Hammel geleistet werden, wozu gleichzeitig die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und die Pansenfermentation untersucht wurden (LENK, 1980).

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Futtermittel

Als Versuchsfutter dienten acht Stroh-Konzentrat-Gemische, die sich nach dem Gehalt und dem Zerkleinerungsgrad des Strohes sowie der Einsatzform unterschieden (Tabellen 1 und 2). Pro Tier und Tag wurden 1000 g Trockenfutter zu gleichen Teilen in 2 Mahlzeiten um 8.00 Uhr und um 16.00 Uhr verabreicht. Den Meßperioden ging eine 21tägige Gewöhnungsperiode voraus.

### 2.2. Tiermaterial und Haltungsbedingungen

Die Versuche wurden mit adulten Hammeln durchgeführt, die in Stoffwechselkäfigen standen. Je Variante standen 2 Tiere  $2 \times 24$  h lang im Versuch.

### 2.3. Meßtechnik und Auswertung

Unter Nutzung der von NAGEL u. a. (1975) an Rindern gewonnenen Erfahrungen wurde in ein variabel einstellbares Halfter ein modifizierter Tellertaster eingebaut. Über ihn wird durch jede Unterkieferbewegung ein Impuls ausgelöst und mit Hilfe des Registrierteils eines 3-Kanal-NEK graphisch aufgezeichnet.

Bei einem Papiervorschub von 75 mm/min werden alle Kauschläge gut aufgelöst. Mit der Apparaturn konnten gleichzeitig 3 Tiere untersucht werden.

Durch Ausmessen und Auszählen wurden die Ausgangsparameter zum Wiederkauverhalten ermittelt:

- Zahl der Wiederkauperioden
- Zahl der Zyklen (Bissen)
- Zahl der Wiederkauschläge
- Wiederkauzeit, insgesamt
- reine Wiederkauzeit
- Verteilung der Aktivitäten im Tagesverlauf

Den verwendeten Parametern liegen folgende Festlegungen zugrunde:

<i>Wiederkauperiode:</i>	Zeitraum (ohne Pausen über 3 min), der zum Wiederkauen verwendet wird
<i>Wiederkauzyklus:</i>	Rejektion, Wiedereinspeicheln, Wiederkauen und Abschlucken eines rezezierten Bissens
<i>Bissenpausenzeit:</i>	Zeitraum der Pause zwischen den Kaubewegungen zweier Wiederkauzyklen innerhalb einer Periode
<i>Wiederkauzeit, insgesamt:</i>	Summe der Zeiträume aller Wiederkauperioden in 24 Stunden
<i>reine Wiederkauzeit:</i>	Wiederkauzeit insgesamt minus Bissenpausenzeit
<i>Wiederkaufrequenz:</i>	Zahl der Wiederkauschläge je Minute reine Wiederkauzeit

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Die wichtigsten Ergebnisse zum Wiederkauverhalten sind in Tab. 3 zusammengefaßt.

Die Wiederkauzeit erhöht sich mit zunehmendem Gehalt an Gerüstsubstanzen signifikant. Innerhalb der Rohfaserstufen bestehen keine signifikanten Unterschiede.



Tabelle 1  
Gehalte an Stroh, Gerüstsubstanzen, Energie und Verdaulichkeit der Energie der Stroh-Konzentrat-Gemische

Symbol	Verdichtung	Zerkleinerung	Strohanteil %	Rohfaser % der TS	Rohzellulose % der TS	Lignin % der TS	EFr je kg TS	VE %
MP 15	pellettiert	Mehl	15	12,6	13,2	4,9	628	76,7
MP 35	pellettiert	Mehl	35	22,9	22,3	7,3	471	62,7
HP 35	pellettiert	Häcksel	35	21,1	21,4	6,6	526	66,8
HP 55	pellettiert	Häcksel	55	31,6	28,1	9,1	445	59,7
ML 25	lose	Mehl	25	18,1	17,7	6,0	572	70,4
ML 55	lose	Mehl	55	31,9	29,1	8,8	490	63,7
HL 25	lose	Häcksel	25	18,1	17,7	6,0	585	71,1
HL 55	lose	Häcksel	55	31,9	29,1	8,8	452	60,4

Tabelle 2  
Teilchengrößenverteilung (nach Naßsiebanalyse), Schüttgewicht, Pellettdurchmesser, Druckfestigkeit und Testabrieb

Variante	Siebfraction (in % der lufttr. Subst.)				Schütt- masse kg/m <sup>3</sup>	Pellet- durch- messer mm	Druck- festigkeit M Pa	Testabrieb %
	>4,0 mm	>2,0 mm	>1,6 mm	>1,0 mm				
MP 15	2,4	8,0	4,6	12,1	72,9	436	>3,5	7,4
MP 35	3,2	21,9	1,1	5,1	68,7	443	>3,5	2,6
HP 35	4,1	16,6	4,2	12,3	62,8	333	2,9	6,3
HP 55	41,8	2,7	1,7	4,4	49,4	332	2,7	4,0
ML 25	22,8	19,0	7,4	11,0	39,8	377		
ML 55	42,7	8,1	4,9	8,1	36,2	247		
HL 25	26,2	19,1	7,4	10,7	36,6	369		
HL 55	49,8	8,5	4,9	7,5	29,3	230		

Tabelle 3  
Wiederkauverhalten von Hammeln beim Einsatz von Stroh-Konzentrat-Gemischen verschiedener Struktur ( $\bar{x}$ ,  $n=2$ )

Parameter	Fütterungsvariante							
	MP 15	MP 35	HP 35	HP 55	ML 25	ML 55	HL 25	HL 55
Wiederkauzeit, insges.	132	237	240	442	297	414	337	467
dav. reine Wiederkauzeit	71,2	77,6	75,4	79,6	81,8	80,0	81,6	82,2
Wiederkauperioden	6	14	11	12	18	18	10	14
Wiederkauzyklen	119	269	246	494	245	392	348	466
Wiederkauschläge je Tag	7004	15106	14388	31914	19966	26053	25144	33195
je Zyklus	54	56	58	65	82	66	72	72
je min reine Wiederkauzeit	75	82	79	91	82	79	91	86
Wiederkauzeit je aufgenommene Menge an Trockensubstanz	0,15	0,26	0,27	0,50	0,34	0,46	0,38	0,52
Rohfaser	1,20	1,16	1,30	1,57	1,86	1,45	2,12	1,64
Rohzellulose	1,14	1,19	1,28	1,76	1,90	1,60	2,16	1,80
Lignin	3,08	3,64	4,17	5,46	5,58	5,28	6,37	5,96
lufttrockene Substanz > 1,6 mm Siebdurchmesser	0,88	0,90	0,96	0,96	0,60	0,74	0,64	0,74
> 4,0 mm Siebdurchmesser	5,52	7,40	5,86	1,06	1,30	0,96	1,28	0,94



Die losen Versuchsfuttermischungen mit 25 % Strohanteil (ML 25, HL 25) führten zu einer etwas, allerdings nicht signifikant längeren Wiederkauzeit als die pelletierten Varianten mit 35 % Stroh (MP 35, HP 35). Bei diesen Stroh-Konzentrat-Gemischen mit einem Rohfasergehalt von 18 ... 23 % war mit zunehmender Partikelgröße (MP 35 < HP 35 < ML 25 < HL 25) auch eine Verlängerung der Wiederkauzeit zu verzeichnen. Die Differenzen zwischen diesen Varianten waren aber nicht signifikant.

Der Zerkleinerungsgrad der Strohfraktion blieb, wie der Vergleich zwischen MP 35 und HP 35 zeigt, bei nachfolgender Pelletierung ohne Einfluß. Auf Grund der Teilchengrößenverteilung nach der Naßsiebanalyse (Tabelle 2) waren aber auch keine wesentlichen Unterschiede zu erwarten. Bei den losen Stroh-Konzentrat-Gemischen ML 25 und HL 25 deutet sich ein Einfluß an; er ist aber nicht signifikant. Varianten mit 55 % Stroh rufen in allen Aufbereitungsformen ähnlich hohe Wiederkauzeiten hervor.

Die Bezugnahme der Wiederkauzeit auf die Trockensubstanzaufnahme führt zu analogen Aussagen, da die Futtergabe in allen Varianten einheitlich war.

Bezieht man die Wiederkauzeit auf die Aufnahme an Rohfaser, Rohzellulose oder Lignin, sind die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten wesentlich geringer. Die pelletierten Varianten erforderten offensichtlich einen geringeren Wiederkauaufwand je Einheit Gerüstsubstanz als die losen. Die Ergebnisse mit den losen Varianten stimmen gut mit denen von WELCH und SMITH (1969) überein, die beim Einsatz von Grasheu und Haferstroh in gehäckselter Form 1,63 min Wiederkauzeit je Gramm Rohfaser fanden. In diesen Untersuchungen bestand eine enge Korrelation ( $r=0,99$ ) zwischen Wiederkauzeit und der Rohfaseraufnahme.

Die Wiederkauzeit je Einheit aufgenommener Partikel über 1,6 mm weist eine wesentlich geringere Variationsbreite als bei Bezug auf die Fraktionen über 4,0 mm auf. Daraus kann geschlußfolgert werden, daß beim Schaf auch gerüstsubstanzreiche Teilchen der Siebfractionen < 4,0 mm noch wiederkaustimulierend wirken.

Die Varianten MP 15, MP 35 und HP 35 verminderten nicht nur die Wiederkauzeit insgesamt, sondern auch deutlich den Anteil an reiner Wiederkauzeit. Sie führen zu unregelmäßigen, verlängerten Bissenpausen, sowie zu unterbrochenen Kauphasen während der Wiederkauzyklen, die sich in weniger Wiederkauschläge je Zyklus und bei MP 15 auch in einer geringeren Wiederkaufrequenz widerspiegeln.

### Zusammenfassung

In Modellversuchen wurde das Wiederkauverhalten von Hammeln bei Verabreichung konstanter Mengen an 8 verschiedenen Stroh-Konzentratgemischen untersucht.

Die Futtermittel variierten im Anteil an Strohmehl oder Häcksel zwischen 15 und 55 % und kamen pelletiert oder lose zum Einsatz. Am deutlichsten wirkte sich der Strohanteil auf das Wiederkauverhalten aus.

Vor allem bei einem Rohfasergehalt von 13 % in der TS waren die Wiederkauzeit, der Anteil reiner Wiederkauzeit, die Zahl an Wiederkauzyklen und -perioden sowie an Wiederkauschlägen deutlich vermindert. In der Tendenz bewirken lose Mischungen höhere Wiederkauaktivitäten als pelletierte und in losen Mischungen gehäckselte höhere als gemahlene Strohanteile.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß beim Schaf auch gerüstsubstanzreiche Teilchen der Siebfractionen unter 4 mm noch wiederkaustimulierend wirken.

## Резюме

Р. Ленк, М. Хоффманн, Х. Дэберитц, Д. Предигер и А. Диттрих

Исследование по жеванию и жвачке у овец. 1-ое сообщ.: Влияние структуры кормов на жвачку у баранов

Поставлены модельные опыты для изучения жвачки у баранов при кормлении постоянных количеств 8 различных смесей из соломы и концентрата. Корма содержали от 15 до 55 % соломенной муки и давали как гранулы или в рассыпном виде. Самое значительное влияние на жвачку имела доля соломы в рационе. Значительное сокращение времени жвачки, число периодов и циклов жвачки и числа жевания при жвачке наблюдалось особенно при содержании клетчатки от 13 % к сухому веществу. В тенденции была интенсивность жвачки выше при рассыпных смесях в сравнении с гранулами и при измельченной соломе в рассыпных смесях по сравнению с размолом соломы. Результаты ссылают на факт, что частички, богатые инкрустирующими веществами (тонина рассева 4 мм) имеют стимуляторный эффект для жвачки овец.

## Summary

R. LENK, M. HOFFMANN, H. DÄBRITZ, D. PREDIGER and A. DITTRICH

Investigations into the consumption and rumination behaviour of sheep.

1. Influence of the feedstuff structure on the rumination behaviour of wethers

The rumination behaviour of wethers after feeding constant amounts of straw — concentrate mixtures was investigated in model experiments.

The quota of straw meal or chopped straw (pelleted or loose) in the feedstuffs varied between 15 and 55 %. The straw quota had its most distinct effect on rumination behaviour. Rumination time, the quota of pure rumination time, the number of rumination cycles and periods and rumination act are significantly diminished, above all at a crude fibre content in the DM of 13 %. As a tendency, loose mixtures result in a higher rumination activity than pelleted ones, as well as chopped straw does in comparison to straw meal in loose mixtures.

The results indicate that even particles rich in builders in the sub-fraction sized under 4 mm stimulate rumination in sheep.

## Literaturverzeichnis

- [1] BAILEY, C. B. und C. C. BALCH: Brit. J. Nutrit. **15**, 371 (1961)
- [2] BINES, J. A. und A. W. F. DAVEY: Brit. J. Nutrit. **24**, 1013 (1970)
- [3] BOLDT, E. und H. JOHANSEN: Mh. Vet.-Med. **25**, 901 (1970)
- [4] BRUGGEMANN, J., K. WALSER-KÄRST und D. GIESECKE: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. **20**, 295 (1965)
- [5] CAMMELL, S. B. und D. F. OSBOURN: Proc. Nutrit. Soc. **31**, 63A (1972)
- [6] CAMPLING, R. C. und M. FREER: Brit. J. Nutrit. **20**, 229 (1966)
- [7] DULPHY, J. P. und C. DEMARQUILLY: Ann. Zootechn. **23**, 193 (1974)
- [8] FREER, M. und R. C. CAMPLING: Brit. J. Nutrit. **19**, 195 (1965)



- [9] FREER, M., R. C. CAMPLING und C. C. BALCH: Brit. J. Nutrit. **16**, 279 (1962)
- [10] GORDON, J. G.: J. agric. Sci., **51**, 78 (1958)
- [11] GORDON, J. G.: J. agric. Sci. **64**, 151 (1965)
- [12] GORDON, J. G.: World Rev. Nutrit. Diet. **9**, 251 (1968)
- [13] KAUFMANN, W.: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkunde **25**, 117 (1969)
- [14] KAUFMANN, W. und A. ORTH: Z. Tierphys., Tierernähr., Futtermittelkunde **21**, 110 (1966)
- [15] LENK, R.: Einfluß der Futtermittelstruktur auf Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe, Pansenfermentation und Wiederkauverhalten bei Schafen. Diss. (Prom. A) Karl-Marx-Univ. Leipzig (1980)
- [16] NAGEL, S., K. HARMS, E. MAHNKE, B. PIATKOWSKI: Arch. Tierernähr. **25**, 21 (1975)
- [17] NAGEL, S. und B. PIATKOWSKI: Arch. Tierernähr. **26**, 673 (1976)
- [18] PEARCE, G. R. und R. J. MOIR: Austr. J. Agric. Res. **15**, 635 (1964)
- [19] PIATKOWSKI, B. und S. NAGEL: Arch. Tierernähr. **25**, 575 (1975)
- [20] PIATKOWSKI, B., S. NAGEL und E. BERGNER: Arch. Tierernähr. **27**, 563 (1977)
- [21] ROHR, K. und R. DENICKE: Landbauforschung. Völknerode **23**, 133 (1973)
- [22] RUCKEBUSCH, Y.: Mh. Vet.-Med. **25**, 184 (1970)
- [23] WELCH, J. G. und A. M. SMITH: J. Animal Sci. **28**, 813 (1969)
- [24] WELCH, J. G. und A. M. SMITH: J. Dairy Sci. **53**, 797 (1970)
- [25] WELCH, J. G. und A. M. SMITH: J. Animal Sci. **33**, 472 (1971)
- [26] WESTON, R. H. und J. P. HOGAN: Austr. J. agric. Res. **18**, 789 (1967)
- [27] WIESER, M. F.: Untersuchungen an ausgewachsenen Schafen über das Wiederkauverhalten, die Bildung flüchtiger Fettsäuren im Pansen und die Energieverwertung bei Verfütterung von Rationen unterschiedlicher Struktur. Diss., Zürich (1972)
- [28] WILSON, A. D.: Aust. J. agric. Res. **14**, 680 (1963)

Eingegangen: 9. September 1983

Anschrift der Autoren:

Dr. agr. R. LENK, Prof. Dr. sc. agr. M. HOFFMANN und  
Dr. agr. A. DITTRICH  
Karl-Marx-Universität Leipzig,  
Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin,  
Wissenschaftsbereich Tierfütterung und Ernährungsschäden  
DDR - 7010 Leipzig, Margarete-Blank-Str. 8

Dipl.-Ing. H. DÄBERITZ und Dipl.-Ing. D. FREDIGER  
Karl-Marx-Universität Leipzig  
Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin  
Arbeitsgruppe Wissenschaftlicher Gerätebau  
DDR - 7010 Leipzig, Semmelweisstr. 2.

## Buchbesprechung

**Katzen, Verhalten, Pflege, Rassen.** 4. Auflage. Verfasserin: ROSEMARIE WOLFF. Erschienen im Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1984, 288 Seiten, 62 Farbfotos, 93 Schwarz-weiß-Fotos, 29 Zeichnungen/Kunststoffeinband, Format: 17 × 22,5 cm, Preis: 38,— DM

Die vorliegende 4. Auflage ist innerhalb von 14 Jahren notwendig geworden. Dr. ROSEMARIE WOLFF hat diese 4. Auflage völlig neu bearbeitet und mit dem Verlag gemeinsam völlig neu gestaltet. Die Autorin unterteilt folgende Hauptkapitel: Verhaltensweisen, ideale Katzenhaltung — ein Kompromiß; Ernährung; Katzenzucht mit Herz und Verstand; Die kranke Katze; Die Zuchtrassen; Vererbung; Organisation und Ausstellungen sowie als letztes Kapitel „Vor Wildkatzen wird gewarnt“.

Das umfangreichste Kapitel wird mit 64 Seiten den Zuchtrassen gewidmet. Die in Europa anerkannten Zuchtrassen werden mit Rassenbeschreibungen und Punktbewertungen in Tabellenform vorgestellt, weitere, vor allem in den USA aber auch in anderen etablierte oder im Entstehen begriffene Zuchtrassen, sind ebenfalls aufgenommen worden. Gerade bei den Rassenbeschreibungen sind die hervorragenden Farbfotos aber auch zahlreiche Schwarz-weiß-Fotos eine große Bereicherung des Buches.

Auch das Kapitel „Ernährung“ ist gewissenhaft abgehandelt worden. Die Autorin weist eindringlich darauf hin, daß die Katze nicht ein alleiniger Eiweiß-Verzehrer ist. Die Notwendigkeit der Mineralstoffzufuhr und Vitaminzufuhr wird herausgestellt (mit Vitamin H ist sicherlich Biotin gemeint). Die Angaben zu Vitamin M und Vitamin P sind unklar. Die Fütterungsempfehlungen beziehen sich auf ausgewachsene Katzen, wie auch Jungtiere (einschl. der Aufzucht mütterloser Jungtiere).

Im Kapitel „Vererbung“ erhält der Züchter das wissenschaftliche Rüstzeug für seine Züchtungsarbeit in instruktiver Form dargestellt. Die genetische Symbolik für die verschiedenen Katzenrassen mit ihren Merkmalen hat Frau DAGMAR THIES in verdienstvoller Weise tabellarisch für das vorliegende Buch zusammengestellt und kommentiert.

Insgesamt ist es der Autorin und dem Verlag gelungen, ein überaus attraktives Buch in Form und Farbe mit wissenschaftlich gesichertem Inhalt in einer allgemeinverständlichen Sprache herauszubringen.

H. BERGNER



H.-J. BLOCK, F. WEISSBACH und R. PRYM

## Untersuchungen zum Feuchtaufschluß von Stroh mit Natronlauge

### 1. Mitteilung

Veränderungen der Verdaulichkeit und der Energiekonzentration

#### 1. Einleitung

Die im Getreidestroh enthaltenen polymeren Kohlenhydrate (Zellulose und Hemizellulosen) stellen eine wichtige potentielle Reserve für die Wiederkäuerernährung dar. Seit der Entdeckung der Möglichkeit des Strohaufschlusses mit Natronlauge durch LEHMANN (1917) und der Erarbeitung des Tauchverfahrens durch BECKMANN (1921) sind vor allem in den 70er Jahren umfangreiche Untersuchungen zur Erhöhung des Futterwertes von Stroh durch verschiedene Aufschlußverfahren durchgeführt worden (GHOSE u. MANDELS, 1970; HUFFMANN u. a., 1971; YU YU u. a., 1975; KLOPFENSTEIN, 1978; BOLDUAN u. a., 1972 und 1974; PIATKOWSKI u. a., 1974; BERGNER u. MARIENBURG, 1971, 1972 und 1973; KRISTENSEN u. a., 1977; FLACHOWSKY u. a., 1976; WEISSBACH und PRYM, 1978).

Von der Vielzahl der in Laborexperimenten geprüften chemischen Aufschlußmittel haben bisher nur Natronlauge, Kalilauge und Ammoniak bzw. ammoniakliefernde Agenzien praktische Bedeutung erlangt, wobei Natronlauge die größte Verbreitung gefunden hat.

Bei Anwendung von Natronlauge wurden zwei Aufschlußvarianten entwickelt, die sich gegenüber dem Beckmann-Verfahren, bei dem neben relativ hohen Nährstoffverlusten große Mengen an Ablauge entstehen, kostengünstiger und umweltfreundlicher gestalten lassen.

Der „Trockenaufschluß“ erfolgt durch Zugabe der Lauge während des Pelletierens von Stroh (BERGNER und MARIENBURG, 1972; KRISTENSEN u. a., 1977; FLACHOWSKY u. a. 1976; WEISSBACH und PRYM, 1978). Beim „Feuchtaufschluß“ wird das Stroh mit verdünnter Natronlauge bis maximal zur Grenze seiner Saugfähigkeit eingeweicht und nach mehrtägiger Zwischenlagerung durch Zusatz von Essigsäure oder durch Vermischen mit Grünfuttersilagen neutralisiert (BOLDUAN u. a., 1972; PIATKOWSKI u. a., 1974).

Die Wirkung der Natronlauge auf die Erhöhung der Verdaulichkeit der organischen Substanz und speziell der Zellulose ist in zahlreichen Untersuchungen bestätigt worden. Es ist auch nachgewiesen, daß durch die Einwirkung der Natronlauge lösliche Ligninbruchstücke entstehen (PIATKOWSKI u. a., 1974). Weniger bekannt ist dagegen, welche Reaktionen die Natronlauge mit den Hemizellulosen eingeht, welche Reaktionsprodukte dabei entstehen und wie sich die Verdaulichkeit der Hemizellulosen verändert (KRISTENSEN u. a., 1977).

Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand bestehen keine kovalenten Bindungen zwischen Zellulose und Lignin, wohl aber in vielfältiger Form zwischen Hemizellulosen und Lignin (GORDON und GAILLARD, 1976). Es ist deshalb zu erwarten, daß bei der Einwirkung von Natronlauge nicht nur Abbauprodukte des Lignins, sondern auch der Hemizellulosen bzw. des Lignin-Hemizellulosen-Komplexes als ganzem auftreten.

Die vorliegenden Untersuchungen hatten das Ziel, mehr Informationen über die Wirkung von Natronlauge auf die Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen des Strohes einschließlich der Hemizellulosen zu gewinnen.

## 2. Material und Methodik

Nach dem in Tab. 1 dargestellten Schema sollte Winterweizenstroh bei zwei Niveaus des Trockensubstanzgehaltes und fünf Konzentrationsstufen mit Natronlauge behandelt und anschließend im Verdauungsversuch geprüft werden.

Tabelle 1

Versuchsanlage und Bezeichnung der Varianten  
(TS=Trockensubstanz)

angestrebter TS-Gehalt %/o	Laugedosis (kg NaOH/100 kg Rohstroh)				
	0	1,5	3,0	4,5	6,0
40	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
60	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>

### 2.1. Materialgewinnung

Dazu wurde eine einheitliche, unter Dach gelagerte Partie Winterweizenstroh guter Qualität aus der Ernte 1978 im Frühjahr 1979 kurz vor Versuchsbeginn gehäckselst. Jeweils 100 kg lufttrockenes Häckselstroh wurden auf einer Fläche von etwa 10 m<sup>2</sup> flach ausgebreitet und die nach den Angaben in Tab. 2 hergestellten Mischungen aus 30 %iger Natronlauge und Wasser mit einer 5 l-Gießkanne möglichst gleichmäßig auf der Oberfläche des Strohs verteilt. Nach der Dosierung von jeweils 5 l verdünnter Lauge wurde sofort gründlich durchgemischt und das Material wieder ausgebreitet. Nach Zusatz des gesamten Dosiervolumens ist das feuchte Roh- bzw. NaOH-Stroh nochmals mehrfach gemischt und dann in Kammerilos von 1,7×1,7 m Grundfläche eingelagert, gut verdichtet und dort aerob fünf Tage gelagert worden.

Tabelle 2

Herstellung der verdünnten Natronlauge

Variante	Mischung aus	
	kg Natronlauge (30 %/o/g)	kg Wasser
A <sub>0</sub>	0	112,5
A <sub>1</sub>	5	109
A <sub>2</sub>	10	105,5
A <sub>3</sub>	15	102
A <sub>4</sub>	20	98,5
E <sub>0</sub>	0	41,7
E <sub>1</sub>	5	38,2
E <sub>2</sub>	10	34,7
E <sub>3</sub>	15	31,2
E <sub>4</sub>	20	27,7



Während der Lagerung wurde täglich die Temperatur gemessen. Bei einer durchschnittlichen Umgebungstemperatur von 10 °C war bei den Varianten A<sub>0</sub> und E<sub>0</sub> bis zum 4. Lagerungstag eine Erwärmung auf etwa 50 °C zu beobachten, danach setzte ein Temperaturreckgang ein; in beiden Fällen wurde bei der Auslagerung eine Verpilzung des Materials festgestellt. Die Variante A<sub>1</sub> zeigte nach dem 2. Tag eine Temperaturerhöhung, die bis zum 5. Tag 33 °C erreichte. Bei allen anderen Varianten konnte bis zur Auslagerung keine Erwärmung festgestellt werden.

Nach 5tägiger Lagerung wurde die obere Schicht im Silo abgetragen und verworfen. Aus dem Silokern erfolgte die Gewinnung des Materials für die Verdauungsversuche. Das Versuchsfutter wurde nach der Einwaage sofort eingefrostet und bis zur Verfütterung bei -20 °C gelagert.

## 2.2. Verdauungsversuche

Die Verdauungsversuche wurden nach dem klassischen Verfahren durchgeführt. Jeweils eine Gruppe von 4 Schafen erhielt nach mehrwöchiger Adaptation an Stroh-Konzentrat-Rationen die Futtermittel einer Versuchsserie. In beiden Tiergruppen wurde zuerst das lufttrockene Rohstroh mit 10 Tagen Vorperiode und 10 Tagen Kotsammelperiode geprüft (8 Schafe/Gruppe). Danach erfolgte die Verfütterung in der Reihenfolge der Langestufen mit je 7 Tagen Vorperiode bzw. Kotsammelperiode. Alle Rationen wurden mit Gerste ergänzt, die vorher im Differenzversuch mit Trockengrünfütter geprüft worden war (Tab. 3).

Die Trockensubstanzaufnahme aus dem Versuchsfutter betrug bei allen Varianten etwa 500 g. Die Futterrationen wurden von den Tieren restlos verzehrt.

Tabelle 3

Futterrationen in den Verdauungsversuchen

	Versuchs- futter g/Tier u. Tag	Ergänzungsfutter g/Tier und Tag				Ernährungs- niveau (Er- haltungs- bedarf = 1,0)
		Gersten- schrot	Harnstoff	Mineral- stoff- gemisch	Wirkstoff- gemisch	
lufttrockenes						
Rohstroh	600	300	28	10	5	1,3
A-Varianten	1250	300	28	10	5	1,1 - 1,4
E-Varianten	850	300	28	10	5	1,2 - 1,4

Neben dem Versuchsfutter und der Gerste erhielten die Schafe Mineralstoffgemisch und Wirkstoffgemisch. Zur Absicherung des Proteinbedarfs wurden 28 g Harnstoff/Tier und Tag in zwei gleichen Portionen verabreicht.

## 2.3. Chemische Untersuchungen

Für die chemischen Untersuchungen wurde vom lufttrockenen Rohstroh pro Variante je eine 5 kg-Durchschnittsprobe gezogen und nach sorgfältigem Mischen eine 1 kg-Probe zur Trockensubstanzbestimmung und zur Analyse entnommen. Anschließend wurden die Partien wieder auf 100 kg Rohstroh ergänzt. Von den Versuchsvarianten wurden bei Einlagerung, an jedem Lagerungstag und bei der Auslagerung des Materials je eine 1,5 kg-Durchschnittsprobe für die Trockensubstanzbestimmung, die Säureanalyse und für die Nährstoffanalyse nach Gefriertrocknung gezogen. Vom lufttrockenen Rohstroh (ohne Nach Trocknung) und von den gefriertrockneten Proben wurden etwa 250 g auf 1 mm-Siebdurchgang gemahlen. Bei den Kotproben erfolgte neben der üblichen 60 °C-Ofentrocknung die Gefriertrocknung einer Teilmenge für die Kohlenhydratanalyse.

Der Natriumgehalt ist nach Veraschen und Aufnehmen in HCl flammenphotometrisch bestimmt worden. In den Futtermitteln und den Koten wurde das Lignin nach der modifizierten Detergentienmethode (ZWIERZ, 1971), die Rohzellulose nach NEHRING (1969) in einer modifizierten Arbeitstechnik analysiert.

Der Gehalt an säurefällbarem Lignin ist nach zweistündiger Extraktion der Futtermittel mit 1/15 m Phosphatpuffer pH 7 nach Sörensen bei 95 °C und anschließendem Ansäuern eines aliquoten Extraktionsvolumens mit konzentrierter HCl gravimetrisch bestimmt worden. Zur Erfassung des hemizellulosefreien säurefällbaren Lignins wurde der mit HCl versetzte Pufferextrakt 30 min bei 95 °C hydrolysiert. Die Bestimmung der Essigsäure erfolgte gaschromatographisch mit iso-Kapronsäure als innerem Standard (BLOCK u. a., 1982). Alle übrigen Untersuchungsmethoden entsprachen den jeweiligen Standardverfahren. Die in-vitro-Zellulase-Verdaulichkeit ist in der Sektion Tierproduktion der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock bestimmt worden.\*

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. NaOH-Dosierung und Alkalität

In Tab. 4 ist der Natriumgehalt, die daraus berechnete Lagedosis und der pH-Wert des luftgetrockneten Rohstrohs und des feuchten Roh- bzw. NaOH-Strohs wiedergegeben.

Von den Natriumgehalten der Lagedosen wurde jeweils der Wert für das luftgetrocknete Rohstroh abgesetzt und aus der Differenz der Gehalt an Natronlauge in der Trockensubstanz des NaOH-Strohs berechnet. Durch Bezug auf die Masseinheit „kg TS reines Stroh“ erhält man die tatsächlich realisierte NaOH-Dosis.

Tabelle 4

Natriumgehalt, daraus berechnete Lagedosis und pH-Wert des Roh- bzw. NaOH-Strohs

Variante	Natrium g/kg TS NaOH-Stroh	NaOH-Gehalt g/kg TS NaOH-Stroh	NaOH-Dosis g/kg TS reines Stroh	pH-Wert (nach 5 Tagen Lagerung)
luftgetrockenes Rohstroh	0,37	0	0	7,9
A <sub>0</sub>	0,55	0	0	7,5
A <sub>1</sub>	9,1	15,2	15,4	9,0
A <sub>2</sub>	18,2	31,0	32,0	9,4
A <sub>3</sub>	25,3	43,4	45,4	10,2
A <sub>4</sub>	33,0	56,8	60,2	10,9
E <sub>0</sub>	0,54	0	0	7,2
E <sub>1</sub>	8,0	13,3	13,5	8,0
E <sub>2</sub>	18,3	31,2	32,2	9,6
E <sub>3</sub>	25,7	44,1	46,1	10,3
E <sub>4</sub>	30,9	53,1	56,1	10,8

In beiden Versuchsserien sind sowohl in der absoluten Höhe als auch in der Steigerungsrate der NaOH-Dosis die eingangs dargestellten Zielparameter gut erreicht worden.

Während der pH-Wert des luftgetrockneten Rohstrohs bei etwa 8 lag, ist bei den 0-Varianten nach 5-tägiger Lagerung ein Rückgang des pH-Wertes bis nahe an den Neutralpunkt zu beobachten. Mit steigender Lagedosis wächst die Alkalität des NaOH-Strohs bis etwa pH 11, wobei zu bemerken ist, daß schon am 1. Tag nach Einlagerung des Materials, also nach verhältnismäßig kurzer Einwirkungsdauer der Natronlauge nur wenig höhere pH-Werte gemessen wurden.

\* Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. mult. NEHRING sei auf diesem Wege für die freundliche Unterstützung gedankt.



## 3.2. Rohnnährstoffgehalte

In Tab. 5 sind die nach der Weender-Analyse bestimmten Rohnnährstoffgehalte enthalten.

Tabelle 5

Rohnährstoffgehalt in der Trockensubstanz

Variante	Rohasche.	Organische Substanz	Rohprotein	Rohfett	Rohkohlenhydrate (einschließlich Rohfaser)	Rohfaser
	%	%	%	%	%	%
lufttrockenes Rohstroh						
A <sub>0</sub>	5,0	95,0	3,4	1,2	90,4	44,4
A <sub>1</sub>	5,5	94,5	4,2	0,9	89,4	45,0
A <sub>2</sub>	6,8	93,2	3,8	1,0	88,4	44,5
A <sub>3</sub>	8,7	91,3	3,9	0,9	86,5	43,4
A <sub>4</sub>	11,0	89,0	3,4	0,9	84,7	45,1
E <sub>0</sub>	13,0	87,0	3,1	0,8	83,1	43,6
E <sub>1</sub>	5,4	94,6	4,1	0,9	89,6	44,3
E <sub>2</sub>	6,9	93,1	3,8	1,0	88,3	45,4
E <sub>3</sub>	9,2	90,8	3,7	0,9	86,2	42,6
E <sub>4</sub>	10,8	89,2	3,7	0,9	84,6	44,7
E <sub>5</sub>	12,5	87,5	3,8	1,0	82,7	42,0

Der Rohaschegehalt steigt mit der Laugedosis an. Dieser Anstieg entspricht ziemlich genau den Erwartungen, wenn man bei entsprechenden Kalkulationen unterstellt, daß das applizierte Na nach der Veraschung als Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> vorliegt.

Durch den steigenden Rohaschegehalt ergibt sich eine Verdünnung der Rohnnährstoffe in der Trockensubstanz, so daß eventuelle Einflüsse der Laugebehandlung überdeckt werden können.

Aus Tab. 6 gehen die Rohnnährstoffgehalte in der organischen Substanz hervor.

Tabelle 6

Rohnährstoffe in der organischen Substanz

Variante	in % der organischen Substanz			
	Rohprotein	Rohfett	Rohkohlenhydrate (einschließlich Rohfaser)	Rohfaser
lufttrockenes Rohstroh				
A <sub>0</sub>	3,6	1,3	95,1	46,7
A <sub>1</sub>	4,4	1,0	94,6	47,6
A <sub>2</sub>	4,1	1,1	94,8	47,7
A <sub>3</sub>	4,3	1,0	94,7	47,5
A <sub>4</sub>	3,8	1,0	95,2	50,7
E <sub>0</sub>	3,6	0,9	95,5	50,1
E <sub>1</sub>	4,3	1,0	94,7	46,8
E <sub>2</sub>	4,1	1,1	94,8	48,8
E <sub>3</sub>	4,1	1,0	94,9	46,9
E <sub>4</sub>	4,1	1,0	94,9	50,1
E <sub>5</sub>	4,3	1,1	94,6	48,0

Es wird sichtbar, daß die durch Laugeeinwirkung zu erwartenden Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Strohs durch die Weender-Analyse nicht wiedergegeben werden. Ähnliches trifft für die Bestimmung der drei Gerüstsubstanzfraktionen zu, die in Tab. 7 dargestellt sind.

Tabelle 7

Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen

Variante	in % der organischen Substanz		
	Rohzellulose	Lignin	Hemizellulosen*
lufttrockenes			
Rohstroh	47,9	15,2	32,0
A <sub>0</sub>	47,9	17,4	29,3
A <sub>1</sub>	48,3	15,9	30,6
A <sub>2</sub>	47,3	15,0	32,4
A <sub>3</sub>	48,8	15,5	30,9
A <sub>4</sub>	48,8	14,4	32,3
E <sub>0</sub>	48,1	16,2	30,4
E <sub>1</sub>	47,1	15,3	32,4
E <sub>2</sub>	48,0	15,6	31,3
E <sub>3</sub>	48,0	15,2	31,7
E <sub>4</sub>	48,1	14,6	31,9

\* berechnet nach der Gleichung:

$$g \text{ HZ/kg org S} = 1000 g - (gRP + gRFe + RZe + g \text{ Lignin je kg org S})$$

darin bedeuten: HZ = Hemizellulosen

RP = Rohprotein

RFe = Rohfett

RZe = Rohzellulose

orgS = organische Substanz

Bei der Zellulose war unter den vorliegenden milden Aufschlußbedingungen nur mit unwesentlichen Veränderungen im absoluten Gehalt zu rechnen.

Auch bei den Ligningehalten ist kein deutlicher Einfluß steigender Laugemengen sichtbar. Der beim Feuchtaufschluß in Lösung gehende Ligninanteil wird bei der Bestimmung des Lignins nach der Detergentienmethode, bei der die Hydrolyse der anderen Stoffgruppen stets im Säuren erfolgt, miterfaßt (PIATKOWSKI u. a., 1974). Der Anstieg der Ligningehalte bei den Wasser-Varianten und der Variante A<sub>1</sub> deutet im Zusammenhang mit der beobachteten Temperaturerhöhung bei der aeroben Zwischenlagerung auf Nährstoffverluste durch mikrobielle Veratmung hin.

Die rechnerisch ermittelten Hemizellulosen-Werte liegen in dem aus der Literatur für Rohstroh hervorgehenden Erwartungsbereich (KRISTENSEN u. ANDERSON, 1977; BUCHALA u. WILKIE, 1973), wobei diese Fraktion im vorliegenden Fall neben den Pentose- und Uronsäurepolymeren auch die im Stroh mit etwa 1–1,5 % der TS vorliegenden wasserlöslichen Hexosen umfaßt. Der so ermittelte Gehalt an Hemizellulosen zeigt gleichfalls keine Veränderungen durch die Einwirkung von Lauge.

### 3.3. In-vitro-Zellulase-Verdaulichkeit und säurefällbares Lignin

Die bei Strohaufschluß eintretenden Strukturveränderungen lassen sich bekanntlich durch in vitro-Verfahren zur Messung der Verdaulichkeit und durch die Bestimmung des säurefällbaren Lignins charakterisieren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen



Tabelle 8

Säurefällbares Lignin, Essigsäuregehalt und in vitro-Zellulase-Verdaulichkeit

Variante	in vitro-Zellulase-Verdaulichkeit der org S %	säurefällbares Lignin % der TS	HC-freies bares Lignin % der TS	Essigsäure % der TS
lufttrockenes Rohstroh	23	2,5	2,0	0
A <sub>0</sub>	22	3,8	n. b.	0,45
A <sub>1</sub>	31	3,8	2,7	1,56
A <sub>2</sub>	40	4,0	2,8	2,68
A <sub>3</sub>	58	5,2	4,5	2,96
A <sub>4</sub>	70	6,6	5,0	3,29
E <sub>0</sub>	21	2,9	2,3	0,30
E <sub>1</sub>	31	3,1	2,3	1,13
E <sub>2</sub>	44	4,0	3,0	2,37
E <sub>3</sub>	52	5,5	4,5	2,59
E <sub>4</sub>	61	5,7	4,7	3,03

sind in Tab. 8 zusammengefaßt. Zusätzlich sind die bei der Einlagerung des Materials (am 0. Tag) gemessenen Essigsäure-Gehalte aufgeführt.

Die in vitro mit Zellulase bestimmte Verdaulichkeit zeigt in Abhängigkeit von der NaOH-Dosis einen deutlichen Anstieg gegenüber dem Ausgangswert für lufttrockenes Rohstroh, der jedoch nur etwa 50 % des in vivo-Erwartungswertes erreicht (Nehring, 1980).

Die Fraktion „säurefällbares Lignin“ stellt im angegebenen Fall den bei Abpufferung auf pH 7 löslichen und säurefällbaren Anteil der Gerüstsubstanzen dar. Die so gefundenen Werte liegen niedriger als die von PIATKOWSKI u. a. (1974) nach Wasserextraktion erhaltenen Zahlen. Der Unterschied kommt daher, daß durch die insbesondere bei hohen NaOH-Gehalten im Stroh verbleibende Alkalität nachträglich eine weitere Spaltung von Lignin bei der Heißwasserextraktion bewirkt und auf diesem Wege eine höhere Ligninlöslichkeit vorgetäuscht wird.

Wegen des Vorliegens kovalenter Bindungen zwischen Lignin und Hemizellulosen konnte erwartet werden, daß es sich beim „säurefällbaren Lignin“ nicht um Teile des Lignins allein, sondern um Bruchstücke des Lignin-Hemizellulose-Komplexes handelt. Deshalb wurde versucht, durch Säurehydrolyse die Hemizellulose-Komponente abzuspalten und den eigentlichen löslichen Ligninanteil in Form des hemizellulose-freien säurefällbaren Lignins zu erfassen. Die so ermittelten Werte sind in der Tabelle 8 angegeben und liegen im Mittel 20–30 % niedriger als die Gehalte an „säurefällbarem Lignin“. In den Hydrolysaten konnten gaschromatographisch Pentosen nachgewiesen werden.

Als weiteres Reaktionsprodukt, das bei der Einwirkung von Natronlauge auf die Gerüstsubstanzen des Strohes auftritt, entsteht Essigsäure durch Abspaltung von Azetylgruppen aus dem Lignin-Hemizellulose-Komplex. Die am Tage der Applikation der Lauge, also schon nach wenigen Stunden Einwirkungszeit gemessenen Azetatkonzentrationen sind z. T. beträchtlich und nehmen mit der Laugedosis zu.

## 3.4. Verdaulichkeit

Die in Tab. 9 zusammengestellten Ergebnisse der Verdaulichkeitsmessungen in vivo für die verabreichten Rationen zeigen das Vorliegen gut auswertbarer Bilanzen.

In zwei Fällen wurden extrem von den übrigen Parallelmessungen abweichende Einzelwerte nach statistischer Prüfung ausgeschaltet.

Tabelle 9

Verdaulichkeit der Ration

Variante	Anzahl Tiere	Verdaulichkeit in %	
		organische Substanz	Rohkohlenhydrate
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
lufttrockenes			
Rohstroh	8	61,9 $\pm$ 1,6	63,0 $\pm$ 1,6
A <sub>0</sub>	3	57,5 $\pm$ 1,0	58,5 $\pm$ 1,3
A <sub>1</sub>	4	62,0 $\pm$ 2,6	63,2 $\pm$ 1,7
A <sub>2</sub>	4	67,0 $\pm$ 2,8	68,4 $\pm$ 2,8
A <sub>3</sub>	3	71,6 $\pm$ 0,8	74,7 $\pm$ 2,2
A <sub>4</sub>	4	75,6 $\pm$ 1,3	77,7 $\pm$ 1,3
E <sub>0</sub>	4	60,9 $\pm$ 0,5	62,4 $\pm$ 0,5
E <sub>1</sub>	4	62,8 $\pm$ 0,9	64,1 $\pm$ 0,8
E <sub>2</sub>	4	67,8 $\pm$ 1,6	69,4 $\pm$ 1,6
E <sub>3</sub>	4	71,6 $\pm$ 0,9	73,3 $\pm$ 0,8
E <sub>4</sub>	4	73,9 $\pm$ 2,0	76,0 $\pm$ 2,0

Tabelle 10

Verdaulichkeit des Strohanteils

Variante	Anzahl Tiere	Verdaulichkeit in %			
		organische Substanz	Rohpro- tein	Rohfett	Rohkohlen- hydrate
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x}$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
lufttrockenes					
Rohstroh	8	48,2 $\pm$ 2,4	0	48,0 $\pm$ 4,8	49,8 $\pm$ 2,0
A <sub>0</sub>	3	40,2 $\pm$ 1,6	0	40,1 $\pm$ 2,3	42,2 $\pm$ 1,7
A <sub>1</sub>	4	46,8 $\pm$ 2,6	0	36,6 $\pm$ 14,5	48,9 $\pm$ 2,7
A <sub>2</sub>	4	56,5 $\pm$ 2,5	0	55,9 $\pm$ 3,9	58,9 $\pm$ 2,7
A <sub>3</sub>	3	61,8 $\pm$ 1,3	0	63,0 $\pm$ 6,0	64,3 $\pm$ 1,3
A <sub>4</sub>	4	67,9 $\pm$ 2,1	0	71,3 $\pm$ 4,6	70,5 $\pm$ 2,2
E <sub>0</sub>	4	46,8 $\pm$ 0,7	0	43,7 $\pm$ 13,0	48,9 $\pm$ 0,7
E <sub>1</sub>	4	48,9 $\pm$ 1,3	0	48,4 $\pm$ 6,3	51,0 $\pm$ 1,4
E <sub>2</sub>	4	56,2 $\pm$ 2,3	0	36,9 $\pm$ 10,4	58,8 $\pm$ 2,5
E <sub>3</sub>	4	62,2 $\pm$ 1,4	0	65,7 $\pm$ 4,8	64,8 $\pm$ 1,4
E <sub>4</sub>	4	65,5 $\pm$ 3,1	0	76,2 $\pm$ 1,8	68,4 $\pm$ 3,3

Die nach dem Differenzverfahren berechneten Verdaulichkeiten des Strohanteils der Futterrationen sind in Tab. 10 dargestellt.

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Rohkohlenhydrate des lufttrockenen Winterweizenstrohs lag etwas über den Angaben einschlägiger Futtermittel-



tabellen. Mit zunehmender Laugedosis war ein wesentlicher Anstieg der Verdaulichkeit zu beobachten. Die Prüfung der Variante A<sub>0</sub> ergab dagegen einen hochsignifikanten Rückgang in der Verdaulichkeit der organischen Substanz ( $P < 0,01$ ). Der sich bei den Varianten E<sub>0</sub> bzw. A<sub>1</sub> andeutende leichte Verdaulichkeitsabfall konnte statistisch nicht gesichert werden.

Tab. 11 enthält Angaben über die Veränderungen in der Verdaulichkeit der Rohfaser und der einzelnen Gerüstsubstanzfraktionen in Abhängigkeit von der Laugedosis.

Tabelle 11

Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen

Variante	Anzahl Tiere	Verdaulichkeit in %		Lignin *	Hemizellulosen **
	n	Rohfaser $\bar{x} \pm s$	Rohzellulose $\bar{x} \pm s$		
lufttrockenes					
Rohstroh	8	57,6 ± 3,4	59,9 ± 2,3	-1,7	59,0
A <sub>0</sub>	3	51,4 ± 1,5	54,1 ± 2,6	-2,5	47,4
A <sub>1</sub>	4	59,6 ± 2,8	61,0 ± 3,2	-6,5	55,2
A <sub>2</sub>	4	70,8 ± 2,7	70,2 ± 1,5	-8,4	72,5
A <sub>3</sub>	3	78,5 ± 2,1	78,1 ± 1,3	-4,5	74,6
A <sub>4</sub>	4	86,0 ± 1,5	83,4 ± 1,2	-9,8	82,1
E <sub>0</sub>	4	57,6 ± 2,5	60,8 ± 2,4	-0,3	56,3
E <sub>1</sub>	4	62,4 ± 0,7	61,1 ± 2,0	-4,1	60,5
E <sub>2</sub>	4	69,1 ± 1,8	69,6 ± 2,8	-3,3	71,6
E <sub>3</sub>	4	77,6 ± 1,8	77,1 ± 2,3	1,4	77,2
E <sub>4</sub>	4	82,7 ± 3,0	81,6 ± 2,5	-9,6	79,7

\* berechnet mit Ligninverdaulichkeit der Gerste = 0

\*\* berechnet mit Ligninverdaulichkeit des Stroh = 0

Die Hemizellulosen-Verdaulichkeit (vHZ) wurde rechnerisch aus den Anteilen an verdaulicher organischer Substanz (vor g S), Rohzellulose (vRZe) bzw. Rohfett (vRFe) und dem Gehalt an Hemizellulosen (HZ) wie folgt bestimmt:

$$vHZ = \frac{g \text{ vorgS/kg orgS} - (g \text{ vRZe/kg orgS} + g \text{ vRFe/kg orgS})}{g \text{ HZ/kg orgS}} \times 100$$

(v Lignin = 0, vRP = 0)

Dieses Vorgehen erscheint trotz einer möglichen Fehlersummierung als legitim, da auch von einer analytischen Bestimmung der sehr heterogenen Hemizellulosen-Fraktion kaum genauere Aussagen erwartet werden können.

In Übereinstimmung mit Literaturangaben erwies sich das Lignin als unverdaulich (PLATKOWSKI u. a., 1974), die leicht negativen Werte dürften ihre Ursache in Mängeln der chemischen Analytik haben. Für die Berechnung der Hemizellulosen-Verdaulichkeit wurde in jedem Falle die Lignin-Verdaulichkeit gleich Null gesetzt.

Mit zunehmender Laugedosis ist eine wesentliche Verbesserung der Verdaulichkeit der Rohfaser und der Rohzellulose zu verzeichnen. Gegenüber vergleichbaren Untersuchungen zum Feuchtaufschluß von Weizenstroh (PLATKOWSKI u. a., 1974) wurde bei gleicher Laugedosis eine um rund 10 Einheiten höhere Rohfaser-Verdaulichkeit gemessen.

Die Verdaulichkeit der Hemizellulosen stieg in gleichem Maße wie die der Rohzellulose an, was vor allem für theoretische Erwägungen zur Wirkung der Natronlauge von wesentlicher Bedeutung sein dürfte.

Ein bei der Variante A<sub>0</sub> beobachteter hochsignifikanter Rückgang in der Verdaulichkeit der organischen Substanz resultierte hauptsächlich aus der Erniedrigung der Hemizellulosen-Verdaulichkeit. Auch bei den Varianten E<sub>0</sub> und A<sub>1</sub> deutete sich dieser Effekt an.

### 3.5. Energetischer Futterwert

Die Futterwertkennzahlen des Ausgangsmaterials und der daraus hergestellten feuchten Rohstroh- bzw. NaOH-Strohpportionen sind in Tab. 12 zusammengefaßt. Für die Berechnung der Energiekonzentrationen wurde die entsprechende Gleichung des DDR-Futterbewertungssystems benutzt. Die Kalkulation der Verdaulichkeit der Energie erfolgte über Gleichungen zur Abschätzung der Brutto- und der verdaulichen Energie. Zusätzlich sind die Energiekonzentrationen pro kg organischer Substanz bzw. pro kg Trockensubstanz des reinen Stroh angegeben.

Tabelle 12

Futterwertkennzahlen des Ausgangsmaterials und der daraus hergestellten feuchten Rohstroh- bzw. NaOH-Strohpportionen

Variante	EFr/kg TS NaOH-Stroh	Verdaulichkeit der Energie %	EFr/kg org S	EFr/kg TS reines Stroh
lufttrockenes Rohstroh	379	46	399	379
A <sub>0</sub>	312	38	330	312
A <sub>1</sub>	356	44	382	363
A <sub>2</sub>	424	53	464	441
A <sub>3</sub>	453	58	509	484
A <sub>4</sub>	486	64	559	531
E <sub>0</sub>	362	44	383	362
E <sub>1</sub>	375	46	403	383
E <sub>2</sub>	415	50	457	434
E <sub>3</sub>	458	58	513	487
E <sub>4</sub>	475	62	542	515

Bezogen auf die Masseinheit TS reines Stroh stieg die Energiekonzentration bei den höchsten Laugestufen gegenüber dem lufttrockenen Rohstroh um etwa 140 EFr an. Durch den zunehmenden Rohasche-Gehalt ergab sich jedoch eine Reduzierung dieses Zuwachses auf etwa 100 EFr/kg TS NaOH-Stroh.

Bei der kleinsten Laugedosis mußte ein geringfügiger Rückgang der Energiekonzentration registriert werden. Bei den Nullvarianten hatte die aerobe Lagerung des Stroh eine deutliche Erniedrigung der Energiekonzentration zur Folge.

## 4. Auswertung und Diskussion

### 4.1. Chemische Wirkungen von Natronlauge auf das Stroh

Beim Feuchtaufschluß von Stroh mit Natronlauge laufen schon in den ersten Stunden nach der Applikation eine Vielzahl chemischer Reaktionen ab, die in Abhängigkeit von der Laugemenge ein unterschiedliches Ausmaß annehmen. Ein Ausdruck hierfür ist



das relativ rasche Absinken des pH-Wertes von 12,5–13,5 bei Reaktionsbeginn auf Werte zwischen pH 9,0–11,0 nach 24 Stunden Einwirkung. Um das Reaktionspotential der Lauge voll auszunutzen, wird es allgemein für notwendig erachtet, das alkalisierte Stroh vor der Verfütterung einige Tage zwischenzulagern. Bei den vorliegenden Untersuchungen ergab sich nach 5 Tagen Lagerung ein linearer Zusammenhang zwischen pH-Wert ( $y$ ) und NaOH-Dosis ( $x$ ) (Abb. 1). Das Bestimmtheitsmaß der Regressionsgleichung wird wesentlich von den Varianten  $A_1$  und  $E_1$  beeinflusst. Die Ursache für das deutliche Abweichen der Varianten  $A_1$  von der allgemeinen Beziehung dürfte in der Wirkung mikrobieller Abbaureaktionen zu suchen sein. Noch stärker waren diese Vorgänge bei den beiden Wasser-Varianten ( $A_0$  und  $E_0$ ) ausgeprägt, die deshalb hier wie auch in die weiteren Auswertungen nicht mit einbezogen worden sind.

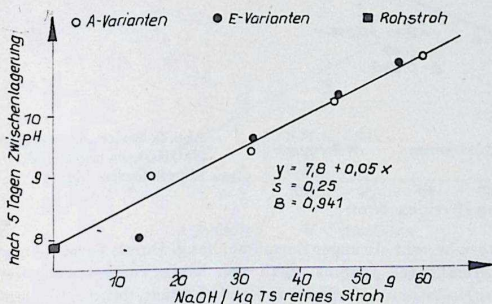


Abb. 1. Beziehung zwischen NaOH-Dosis und pH-Wert

Für die Einwirkung der Lauge auf das Stroh werden in der Literatur folgende Reaktionsmöglichkeiten postuliert (KRISTENSEN u. a., 1977; WILKIE, 1979):

1. Spaltung von Estergruppen:

Das betrifft vor allen Dingen Uronsäureester, in denen die Uronsäuren Bindungen zu anderen Polymerketten (z. B. des Lignins) vermitteln. Daneben ist die Abspaltung von Azetylgruppen aus Hemizellulosen denkbar (RICHARDS, 1976).

2. Neutralisation saurer Gruppierungen wie der freien Karboxylgruppen in der Pektinen bzw. freier phenolischer Gruppen aus dem Lignin.

3. Spaltung von Ätherbindungen:

Hauptsächlich im dreidimensionalen Ligninnetzwerk und zwischen Lignin- und Hemizellulosenbausteinen; Methoxylspaltung bei 0-Methyl-Uronsäure-Bausteinen.

4. Lösung von inter- und intramolekularen Wasserstoffbrückenbindungen zwischen und in den verschiedenen Polymeren.

5. Peeling-Reaktion: Basenkatalysierte Endgruppenspaltung der Zelluloseketten mit Bildung saurer Spaltprodukte.

Die Wirkung der Lauge vor allem auf Lignin-Lignin-Bindungen bzw. Lignin-Hemizellulosenbindungen dokumentiert sich hauptsächlich in einer höheren Löslichkeit des Lignins (PLATKOWSKI u. a., 1974), aber auch in der ansteigenden Hemizellulosen-

Löslichkeit (KRISTENSEN u. a., 1977). Wie die vorliegenden Untersuchungen beweisen, besteht der säurefällbare Anteil dieser löslichen Gerüstsubstanzfragmente aus Komplexen, die sowohl aus Lignin- als auch Hemizellulose-Bausteinen zusammengesetzt sind.

In Abb. 2 ist die Beziehung zwischen NaOH-Dosis und dem Gehalt an „säurefällbarem Lignin“, das noch die Kohlenhydratkomponente enthält, dargestellt.

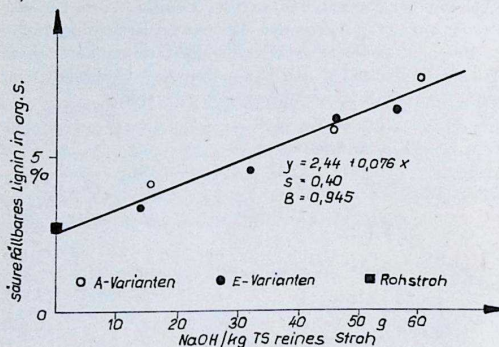


Abb. 2. Beziehung zwischen NaOH-Dosis und Gehalt an säurefällbarem Lignin

Zwischen beiden Parametern besteht ein enger Zusammenhang. Durch Verrechnung des hemizellulose-freien säurefällbaren Lignins ergab sich keine Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes und der Reststreuung, was darauf schließen läßt, daß der Kohlenhydratanteil des „säurefällbaren Lignins“ unabhängig von der Laugedosis ist.

Als Differenz zwischen den jeweiligen Ligningehalten und dem säurefällbaren Lignin mit bzw. ohne Hemizellulosen-Anteil wurde der Gehalt an unlöslichem Lignin berechnet und dieser zur NaOH-Dosis in Beziehung gesetzt (Abb. 3).

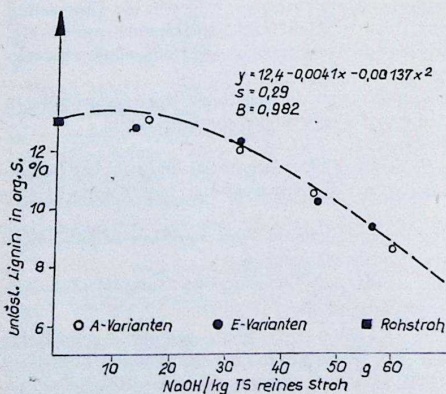
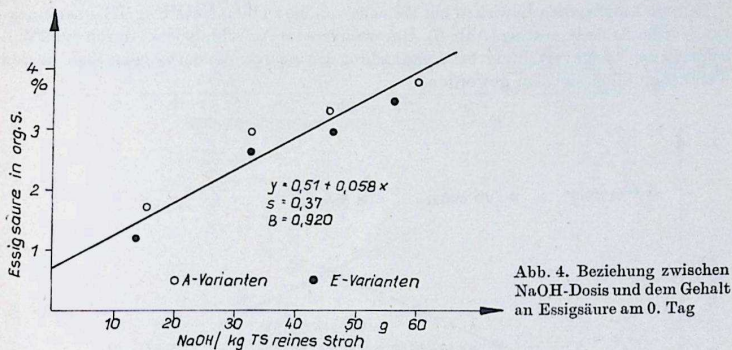


Abb. 3. Beziehung zwischen NaOH-Dosis und unlöslichem Lignin

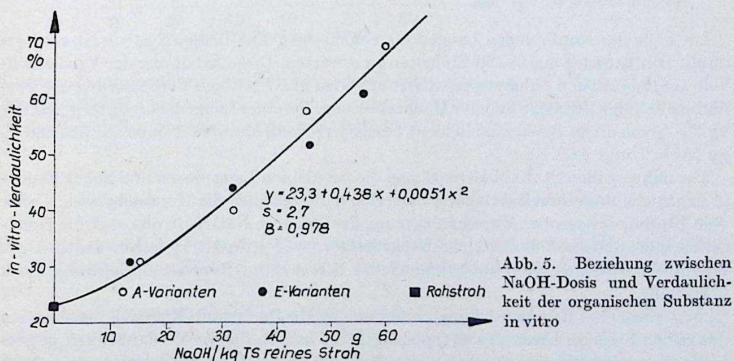


Hier ergab sich bei Verwendung des hemizellulose-freien säurefällbaren Lignins erwartungsgemäß ein deutlich engerer Zusammenhang zur Laugedosis. Der unlösliche native Ligninanteil nimmt unter Einwirkung steigender Laugemengen ab. Diese Veränderungen werden nur dann korrekt erfaßt, wenn der lösliche Ligninanteil um die an ihn gekoppelte Kohlenhydratkomponente bereinigt wird.

Die beim Feuchtaufschluß von Weizenstroh schon nach kurzer Reaktionszeit gefundenen merklichen Essigsäuremengen deuten ebenfalls auf die bindungsspaltende Wirkung der Lauge am Lignin-Hemizellulosen-Komplex hin. Zwischen Laugedosis und Essigsäuregehalt ist eine eindeutige Abhängigkeit sichtbar (Abb. 4).



Die diskutierten vielfältigen Reaktionswirkungen der Natronlauge führen zu einer wesentlichen Erhöhung der Angreifbarkeit der Gerüstsubstanzen des Strohes durch Zellulasepräparate (Abb. 5).



#### 4.2. Verdaulichkeit und Energiekonzentration

Mit steigender Laugedosis wird ein zunehmender Teil der organischen Substanz des Strohs verdaulich. Das gilt jedoch beim Feuchtaufschluß offensichtlich erst ab Laugegaben über 15 g/kg TS. Bei geringen Laugedosen ist während der aeroben Zwischenlagerung des Aufschlußstrohs mit mikrobiellen Abbaureaktionen zu rechnen, deren Intensität vom Trockensubstanzgehalt abhängig ist. Im Ergebnis der dabei eintretenden Nährstoffverluste kann der Laugeeffekt mehr oder weniger aufgehoben werden. Bei hohen Feuchtegehalten ist sogar, wie die Ergebnisse zeigen, ein Rückgang der Verdaulichkeit möglich.

Höhere Laugegaben bewirken bei Weizenstroh bis zu 60 g NaOH/kg TS einen linearen Verdaulichkeitsanstieg (Abb. 6). Unterschiede im Aufschlußeffekt durch eventuell schlechtere Laugeverteilung bei Verwendung geringerer Wassermengen sind in den Versuchen nicht sichtbar geworden.

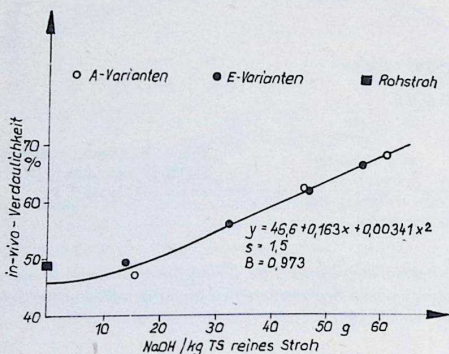


Abb. 6. Beziehung zwischen NaOH-Dosis und Verdaulichkeit der organischen Substanz in vivo

Im Falle der empfohlenen Laugedosis von 55–60 g NaOH/kg TS Stroh ist ein Verdaulichkeitsanstieg um 15–20 Einheiten zu erwarten. Diese Erhöhung der Verdaulichkeit der organischen Substanz resultiert aus einer gleichzeitigen Verbesserung der Verdaulichkeit der Zellulose und der Hemizellulosen. Bei einer Laugedosis von 60 g NaOH/kg TS Stroh steigt die Verdaulichkeit beider Gerüstsubstanzfraktionen auf über 80 % an (Abb. 7 und Abb. 8).

Die mikrobiellen Stoffabbauvorgänge, die bei kleinen Laugedosen und hoher Feuchte den Aufschlußeffekt überlagern, betreffen hauptsächlich die Hemicellulosen. Unter dem Einfluß der aeroben Zwischenlagerung des feuchten NaOH-Strohs sank die Hemicellulosenverdaulichkeit bei einer Laugedosis von 15 g NaOH/kg Stroh deutlich ab. Hierdurch wird das Bestimmtheitsmaß der berechneten Regressionsgleichung stark beeinflusst.

Abb. 9 zeigt den Zusammenhang zwischen NaOH-Dosis und Energiekonzentration des reinen Strohes. Diese Beziehung spiegelt die bereits für die Verdaulichkeit getroffenen Aussagen wider. Im Bereich von 30 bis 60 g NaOH/kg TS besteht ein nahezu



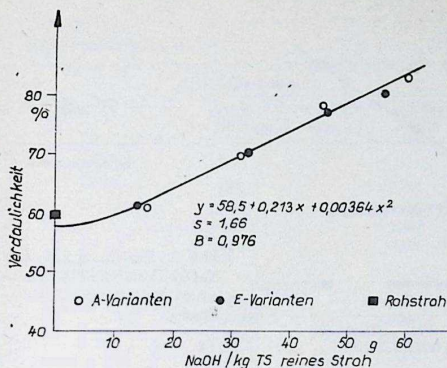


Abb. 7. Beziehung zwischen NaOH-Dosis und Verdaulichkeit der Rohzellulose

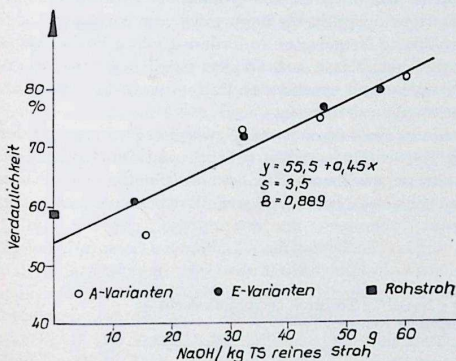


Abb. 8. Beziehung zwischen NaOH-Dosis und Verdaulichkeit der Hemizellulosen

linearer Zusammenhang zwischen Laugedosis und energetischem Futterwert. Geringere Laugedosen sind beim Feuchtaufschluß wegen der bei der aeroben Lagerung ablaufenden mikrobiellen Stoffabbauvorgänge uneffektiv.

#### 4.3. Vergleich von Trockenaufschluß und Feuchtaufschluß mit Natronlauge

Abschließend soll die Frage diskutiert werden, ob es Unterschiede im Effekt der Natronlauge bei den beiden Einsatzformen, dem Trockenaufschluß und dem Feuchtaufschluß, gibt.

Zur Anwendung von NaOH beim Trockenaufschluß über die Pelletierung sind bereits früher von uns (WEISSBACH u. PRYM, 1978) Versuchsergebnisse mitgeteilt worden, und auch zum Feuchtaufschluß liegen nunmehr mit der gleichen Methode gemessene

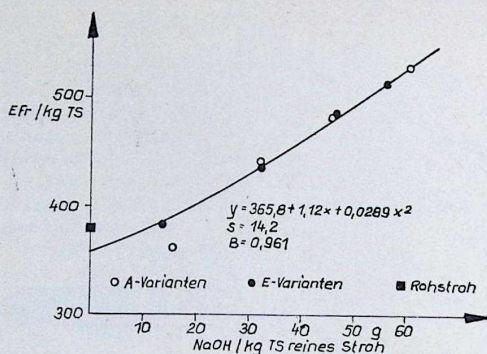


Abb. 9. Beziehung zwischen NaOH-Dosis und energetischem Futterwert des reinen Strohs

Daten zur Futterwertänderung des Strohes vor. In beiden Meßreihen wurde die Verdaulichkeit innerhalb von Futterrationen geprüft, die den neuen, von der Forschungskoopeationsgemeinschaft Tierernährung festgelegten Anforderungen an Verdauungsversuche (SCHLEMMANN, 1981) entsprechen. Es ist deshalb jetzt möglich, einen Vergleich vorzunehmen und Angaben zur spezifischen Futterwertverbesserung als Grundlage für ökonomische Berechnungen zu machen.

Ausgangspunkt dieses Vergleiches ist der Zusammenhang zwischen der Zunahme der Energiekonzentration in EFr/kg TS des eingesetzten Strohes und der Lagedosis. Für den Feuchtaufschluß wurde eine entsprechende Regressionsgleichung aus den hier vorgestellten Versuchsergebnissen berechnet. In Tab. 13 sind diese beiden Gleichungen angegeben.

Tabelle 13

Beziehungen zwischen Lagedosis in g NaOH/kg TS Stroh ( $x$ ) und Zuwachs an EFr/kg TS Stroh gegenüber unbehandeltem Rohstroh ( $y$ )

Verfahren	Regressionsgleichung	$s_R$	$B$
Trockenaufschluß	$y = 2,94x - 0,0137x^2$	$\pm 17$	0,905
Feuchtaufschluß	$y = 2,82x - 25,3$	$\pm 13$	0,954

Aus diesen Regressionsgleichungen wurden die Erwartungswerte für den EFr-Zuwachs je kg TS des eingesetzten Strohes bei unterschiedlicher NaOH-Dosis und aus diesen der EFr-Zuwachs je g aufgewandter NaOH berechnet (Tabelle 14).

Zunächst ist festzustellen, daß bei hoher Lagedosis beide Verfahren praktisch die gleiche EFr-Ausbeute geben. Bei geringen Laugegaben bestehen jedoch große Unterschiede.

Im Falle des Trockenaufschlusses sind kleine Laugegaben effektiver als große. Die Ursache besteht darin, daß pelletierte Stroh-Konzentrat-Gemische zumindest in der Tendenz zu einem Absinken des pH-Wertes im Pansensaft führen und seine zellulysche Aktivität einschränken. Deshalb bewirkt die Pelletierung häufig eine geringe



Tabelle 14

Spezifischer Zuwachs an EFr

Dosis g NaOH/kg TS	EFr-Zuwachs	
	je kg TS des einge- setzten Strohes	je g eingesetzter NaOH
<i>Trockenaufschluß</i>		
20	53	2,65
30	76	2,53
40	96	2,40
50	113	2,26
<i>Feuchtaufschluß</i>		
20	31	1,55
30	59	1,97
40	88	2,20
50	116	2,32

Verdaulichkeitsdepression (WEISSBACH u. PRYM, 1978). Durch Zusatz von Natronlauge bei der Herstellung der Pellets wird dieser Effekt kompensiert. Dazu genügen bereits geringe Mengen.

Im Falle des Feuchtaufschlusses sind kleine Laugegaben ineffektiv. Die Ursache besteht darin, daß bei der mehrtägigen Zwischenlagerung von Stroh, das mit Lauge geringer Konzentration behandelt wurde, aerobe mikrobielle Stoffabbauvorgänge stattfinden. In den durchgeführten Versuchen konnte nachgewiesen werden, daß diese Vorgänge bei der Laugedosis Null, d. h. bei einer bloßen Befeuchtung des Strohes, schon nach 5 Tagen einen beachtlichen Futterwertrückgang bewirken und bei niedrigen Laugedosen die angestrebte Futterwerterhöhung noch deutlich schmälern. Die Intensität dieser Vorgänge geht mit steigender Laugedosis und steigendem TS-Gehalt zurück und spielt bei hohen Dosen keine Rolle mehr.

Demnach ist es richtig, beim Trockenaufschluß wie bisher auf relativ niedrige Laugegaben bis zu 30 g NaOH/kg TS zu orientieren. Unter dieser Voraussetzung ist der Trockenaufschluß dem Feuchtaufschluß in der spezifischen Futterwerterhöhung überlegen. Der Feuchtaufschluß ist dagegen nur dann sinnvoll, wenn nicht weniger als 50 g NaOH/kg TS aufgewendet werden. Außerdem sollte das verwendete Stroh trocken sein und die zur Verteilung des NaOH eingesetzte Wassermenge möglichst gering sein.

### Zusammenfassung

Winterweizenstroh wurde mit Wasser bzw. Natronlauge unterschiedlicher Konzentration besprüht, 5 Tage unter aeroben Bedingungen gelagert und danach seine Verdaulichkeit an Schafen geprüft. Der Versuch bestand aus zwei Serien mit Trockensubstanzgehalten von 40 bzw. 60 %, innerhalb deren die Laugedosis jeweils in 5 Stufen von 0 bis 60 g NaOH/kg Stroh gestaffelt war.

Durch Einwirkung der Natronlauge wurde weder der Gehalt an Lignin, Zellulose noch an Hemizellulosen beeinflusst. Mit zunehmender Laugedosis wurde jedoch ein

wachsender Anteil der Gerüstsubstanzen löslich. Aus der säurefällbaren Fraktion der in Lösung gehenden Gerüstsubstanzen ließen sich durch Säurehydrolyse Pentosen abspalten. Daraus wurde geschlußfolgert, daß es sich beim sogenannten säurefällbaren Lignin um Fragmente des Lignin-Hemizellulosen-Komplexes mit einem Anteil der Kohlenhydratkomponente von 20–30 % handelt. Außerdem konnte nachgewiesen werden, daß bei der Einwirkung von NaOH durch Abspaltung von Azetylgruppen aus dem Lignin-Hemizellulosen-Komplex Essigsäure bis zu mehr als 3 % der Trockensubstanz freigesetzt wird.

Als Folge dieser Wirkung der Natronlauge stiegen die enzymatische Angreifbarkeit der organischen Substanz, die Verdaulichkeit *in vivo* und die Energiekonzentration bedeutend an. An diesem Anstieg der Verdaulichkeit waren Zellulose und Hemizellulosen in gleichem Maße beteiligt. Das Lignin erwies sich dagegen als unverdaulich.

Während der aeroben Lagerung von feuchtem Stroh ohne Laugezusatz kommt es bereits innerhalb von 5 Tagen zu einem erheblichen mikrobiellen Stoffabbau, der sich auch bei niedrigen Laugedosen noch auswirkt und die Aufschlußwirkung überdeckt. Erst ab 30 g NaOH je kg Stroh werden diese Vorgänge weitgehend ausgeschaltet. Die Anwendung geringerer Laugedosen ist deshalb beim Feuchtaufschluß von Stroh uneffektiv.

## Резюме

Х.-И. Блок, Ф. Вайсбах и Р. Прим

Исследование по влажной химической обработке соломы с помощью NaOH. 1-ое сообщ.: Изменения переваримости и концентрации энергии

Солома озимой пшеницы обрызгивалась водой и раствором едкого натрия различной концентрации, затем сохранялась 5 дней при аэробных условиях и определялась её переваримость в опыте на овцах. Опыт делился на 2 серии с содержанием 40 или 60 % сухого вещества, а растворы едкого натрия были 5 различных от 0 до 60 г NaOH/кг соломы.

Воздействие раствора едкого натрия не имело влияния на содержание лигнина и целлюлозы не на содержание гемицеллюлозы. С повышением количества едкого натрия оказались больше инкрустирующие вещества растворимыми. Из фракции растворимых инкрустирующих веществ, котор образует осадок при гидролизе кислотами, могли отделить пентозы. Из этого сделается вывод, что так называемый лигнин, образующий осадок с кислотой, относится к лигниноцеллюлозному комплексу с долей от 20–30 % углеводов. Кроме того обнаружили, что при воздействии NaOH путём отделения ацетиловых групп получается из лигнино-гемицеллюлозного комплекса уксусная кислота с 3 % слишком сухого вещества.

Эффектом этого действия раствора едкого натрия являлись повышенная энзиматическая доступность, повышения переваримость *in vivo* и концентрации энергии. Переваримость улучшилась за счёт целлюлозы и гемицеллюлозы. Лигнин оказался непереваримым.

Во время аэробного хранения влажной соломы без добавки раствора едкого натрия наблюдались уже после 5 дней значительное микробное нарушение



веществ, которое существует и при низкой концентрации раствора едкого натрия и, таким образом, сокращает химический эффект. Только при добавлении 30 г NaOH/кг соломы слишком почти нет микробного действия. Поэтому является низкая доза раствора едкого натрия неэффективной при химической обработке влажной соломы.

### Summary

H.-J. BLOCK, F. WEISSBACH and R. PRYM

Investigations to the moist treatment of straw with sodium lye

1. Changes of digestibility and energy concentration

Winter wheat straw was sprayed with water or sodium lye of different concentrations, stored under aerobic conditions for 5 days and then tested as to its digestibility in sheep. The experiment consisted of two series with a dry matter content of 40 and 60 % resp., within which the lye quota was graded between 0 and 60 g NaOH/kg straw in 5 levels.

The effect of sodium lye did not influence the content of lignine, cellulose and hemicelluloses. A growing quota of builders became soluble with the growing lye-quota. Pentoses could be split off the acid-precipitable fraction of the dissolving builders by means of acid hydrolysis. One can conclude from this that the so-called acid-precipitable lignine consists of fragments of the lignine-hemicellulose complex with a quota of the carbohydrate component of 20–30 %. In addition to this it could be proved that the influence of NaOH sets free acetic acid of up to more than 3 % of the dry matter by means of splitting off acetyl groups from the lignine – hemicellulose complex. As a consequence of this effect of the sodium lye, the enzymatic accessibility of the organic matter, digestibility *in vivo* and energy concentration increased considerably. Cellulose and hemicelluloses had an equal share in this increase in digestibility. Lignine, however, proved indigestible.

During the aerobic storage of wet straw without lye supplement there is considerable microbial decomposition of nutrients, which is also effective with small quotas of lye and counteracts the treatment effect. These processes are largely eliminated by at least 30 g NaOH per kg straw. The use of lower lye quotas is, for this reason, ineffective in the treatment of straw.

### Literaturverzeichnis

- [1] BECKMANN, E.: Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Springer-Verlag Berlin, (1921), S. 18
- [2] BERGNER, H. und J. MARIENBURG: Tierzucht 25, 410 (1971)
- [3] BERGNER, H. und J. MARIENBURG: Tierzucht 26, 291 (1972)
- [4] BERGNER, H. und J. MARIENBURG: Arch. Tierernähr. 23, 423 (1973)
- [5] BLOCK, H.-J. und F. WEISSBACH: Arch. Tierernähr. 32, 693 (1982)
- [6] BOLDUAN, G. und B. PIATKOWSKI: Arch. Tierernähr. 22, 485 (1972)
- [7] BOLDUAN, G., J. VOIGT und B. PIATKOWSKI: Arch. Tierernähr. 24, 149 (1974)
- [8] DEKKER, R. F. H., G. N. RICHARDS und H. J. PLAYNE: Carbohydr. Res. 22, 173 (1972)
- [9] FLACHOWSKI, G., H. J. LÖHNERT, J. WOLF, B. MÜLLER und E. KRÄMER: Tierzucht 30, 359 (1976)

- [10] GHOSE, T. K. und M. MANDELS: Enzymatically hydrolysed cellulose as a substrate for single cell protein, X. Intern. Congr. for Mikrobiol. Mexiko (1970)
- [11] GORDON, A. J., und BLANCHE D. E. GAILLARD: Misc. Papers **12**, 55 (1976)
- [12] HUFFMANN, J. G., W. D. KITTS und C. R. KRISHNAMURTI: Can J. Anim. Sci. **51**, 457 (1971)
- [13] KLOPFENSTEIN, T.: J. Anim. Sci. **46**, 841 (1978)
- [14] KRISTENSEN, V. F. und P. E. ANDERSON: Beretn. Statens Husdyrbrugs Forsog, 464 (1977)
- [15] LEHMANN, F.: StrohaufschlieBung Verlag O. Elsner, Berlin (1917)
- [16] McLEOD, M. N. und D. J. MINSON: J. Agr. Sci. **82**, 449 (1974)
- [17] NEHRING, K.: Arch. Tierernähr. **19**, 453 (1969)
- [18] NEHRING, K.: Arch. Tierernähr. **30**, 199 (1980)
- [19] PIATKOWSKI, B., G. BOLDUAN, P. ZWIERZ und J. v. LENGERKEN: Arch. Tierernähr. **24**, 513 (1974)
- [20] RICHARDS, G. N.: Misc. Papers **12**, 129 (1976)
- [21] SCHIEMANN, R.: Arch. Tierernähr. **31**, 1 (1981)
- [22] WEISSBACH, F. und R. PRYM: Arch. Tierernähr. **28**, 433 (1978)
- [23] WILKIE, K. C. B.: Advanched Chemistry **36**, 215 (1979)
- [24] YU YU; J. W. THOMAS und R. S. EMERY: J. Anim. Sci. **41**, 1742 (1975)
- [25] ZWIERZ, P.: Die Bestimmung des Ligningehaltes in Grünfutterstoffen. Diss. (Prom. A) Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin (1971)

Eingegangen: 22. November 1982

Anschrift der Autoren:

Dr. H.-J. BLOCK, Prof. Dr. sc. F. WEISSBACH und Dr. R. PRYM  
Forschungszentrum für Tierproduktion  
Dummerstorf-Rostock  
Bereich Tierernährung „Oskar Kellner“  
DDR - 2500 Rostock  
Justus-von-Liebig-Str. 1, Fach-Nr. 27 - 01 + 02



## INHALT

ANNETTE WILKE, H. BERGNER und O. SIMON

Der Einfluß des Glutaminsäuregehaltes der Diät auf die Katabolisierung von isoto-  
markierter Glutaminsäure bei Ratten. 4. Mitteilung: Messung der Oxidation von  
 $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure zu  $^{14}\text{CO}_2$  bei unterschiedlicher Energieversorgung über die Diät . . . 1

T. PAHLE, ROSEMARIE KÖHLER, W. B. SOUFFRANT, R. MATKOWITZ, W. HARTIG, M. SLOWIG  
und G. GEBHARDT

Methodische Aspekte zur Bestimmung von N-Umsatzparametern aus  $^{15}\text{N}$ -Tracerver-  
suchen an Schweinen auf der Grundlage von Modellen des N-Stoffwechsels. 2. Mitteilung:  
Berechnung von N-Stoffwechselfparametern aus dem zeitlichen Verlauf der im Harn  
ausgeschiedenen  $^{15}\text{N}$ -Mengen . . . 11

A. HENNIG, F. SCHÖNE, H. LÜDKE, H. PANNDORF und D. GEINITZ

Untersuchungen zum Vitamin-A-Bedarf des wachsenden Schweines. 2. Mitteilung: Der  
Einfluß der Vitamin-A-Versorgung auf die Vitamin-A-Konzentration der Leber und des  
Plasmas von Ferkeln und Mastschweinen . . . 19

MARLIS MEINL und F. KREIENBRING

Untersuchungen zum Bakterienanteil im Schweinekot . . . 33

P. PETRIKOVIĆ und M. PAJTAŠ

Der Einfluß der physikalischen Form von Konzentratfuttermitteln auf die Verdaulich-  
keit der Nährstoffe von Futterrationen bei Kühen (In Englisch) . . . 45

R. LENK, M. HOFFMANN, H. DÄBERITZ, D. PREDIGER und A. DITTRICH

Untersuchungen zum Verzehr- und Wiederkauverhalten an Schafen. 1. Mitteilung:  
Einfluß der Futtermittelstruktur auf das Wiederkauverhalten von Hammeln . . . 53

H.-J. BLOCK, F. WEISSBACH und R. PRYM

Untersuchungen zum Feuchtaufschluß von Stroh mit Natronlauge. 1. Mitteilung: Ver-  
änderungen der Verdaulichkeit und der Energiekonzentration . . . 61  
Buchbesprechungen . . . 52, 60

## СОДЕРЖАНИЕ

АННЕТЕ Вильке, Х. Бергнер и О. Симон

Влияние содержащей в диете глутаминовой кислоты на катаболизацию меченой  
изотопами глутаминовой кислоты у крыс. 4-ое сообщ.: Определение окисления  
 $^{14}\text{C}$ -глутаминовой кислоты к  $^{14}\text{CO}_2$  при различной снабжении энергией диеты . . . 1

Т. Пале, Роземари Кёлер, В. Б. Зоуффрант, Р. Матковитц, В. Хартиг и Г. Гевхардт

Методические аспекты для определения параметров обмена N из опытов на свиньях  
с  $^{15}\text{N}$  на основе модели азотного обмена. 2-ое сообщ.: Вычисление параметров обмена  
N из времён выделения  $^{15}\text{N}$  с мочой . . . 11

А. Хенниг, Ф. Шёне, Х. Людке, Х. Панндорф и Д. Гайнитц

Исследование по потребности растущих свиней в витамине А. 2-ое сообщ.: Влияние  
снабжения витамином А на концентрацию витамина А в печени и плазме крови у по-  
росят и откармливаемых свиней . . . 19

Марлиз Майнл и Ф. Крайенбринг

Исследование по количеству бактерий в кале свиней . . . 33

П. Петрикович и М. Пайташ

Влияние физического вида концентратов на переваримость питательных веществ  
в рационах коров . . . 45

Р. Ленк, М. Хоффманн, Х. Дэберитц, Д. Предигер и А. Диттрих

Исследование по жеванию и жвачке у овец. 1-ое сообщ.: Влияние структуры кормов  
на жвачку у баранов . . . 53

Х.-И. Блок, Ф. Вайсбах и Р. Прим

Исследование по влажной химической обработки соломы с помощью NaOH. 1-ое со-  
общ.: Изменения переваримости и концентрации энергии . . . 61

Рецензии книг . . . 52, 60

# ARCHIV FÜR TIERERNÄHRUNG ARCHIVES OF ANIMAL NUTRITION

VOLUME 35

1985

NUMBER 1

## CONTENTS

ANNETTE WILKE, H. BERGNER and O. SIMON

- Influence of the glutamic acid content of the diet on the catabolic rate of labelled glutamic acid in rats. 4. Estimation of the oxidation of  $^{14}\text{C}$ -glutamic acid to  $^{14}\text{CO}_2$  at different levels of dietary energy supply (In German) . . . . . 1

T. PAHLE, ROSEMARIE KÖHLER, W. B. SOUEFRANT, R. MATKOWITZ, W. HARTIG, M. SLOWIG and G. GEBHARDT

- Methodical aspects in the determination of parameters of N-metabolisation from  $^{15}\text{N}$ -tracer experiments with pigs on the basis of models of N-metabolism. 2. Calculation of N-metabolism parameters from the temporal development of the  $^{15}\text{N}$ -amounts excreted in urine (In German) . . . . . 11

A. HENNIG, F. SCHÖNE, H. LÜDKE, H. PANNDORF and D. GEINITZ

- Investigations into the vitamin A requirement of growing pigs. 2. The influence of vitamin A supply on the vitamin A concentration in the liver and the plasma of piglets and fattening pigs (In German) . . . . . 19

MARLIS MEINL and F. KREIENBRING

- Investigations into the bacterial contribution in pig faeces (In German) . . . . . 33

P. PETRIKOVIČ and M. PAJTÁŠ

- The effect of physical form of concentrated feeds on nutrient digestibility in feed rations in cows . . . . . 45

R. LENK, M. HOFFMANN, H. DÄBERITZ, D. PREDIGER and A. DITTRICH

- Investigations into the consumption and rumination behaviour of sheep. 1. Influence of the feedstuff structure on the rumination behaviour of wethers (In German) . . . . . 53

H.-J. BLOCK, F. WEISSBACH and R. PRYM

- Investigations to the moist treatment of straw with sodium lye. 1. Changes of digestibility and energy concentration (In German) . . . . . 61

Book reviews . . . . . 52, 60

Index of volume 34 (1984)

Archives of Animal Nutrition is indexed in Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences, and abstracted in Nutrition Abstracts & Reviews and in Chemical Abstracts.