

# Archiv für Tierernährung

# Archives of Animal Nutrition

## EDITORIAL BOARD

- K. Boda, Košice  
S. Buraczewski, Jabłonna  
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  
J. G. Morris, Davis  
L. P. Milligan, Edmonton  
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

FEBRUARY 1985

NUMBER 2



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 "Archives of Animal Nutrition" can be sent

- in the GDR or to the Akademie-Verlag, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Str. 3-4;
- in the foreign language literature or to the competent news-distributing agency;
- in the Erich Erich distribution agency Kunst und Wissen,
- in the Ch. Erich Bieber GmbH, Dufourstr. 51,
- in of the g trade, to Buchexport, Volkseigener Außenhandelsbetrieb der 1985, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Str. 3-4.

Prof. Dr. Hans Bergner.  
3-4.

DDR - 1040 Berlin, Invalidenstr. 42.

bei Vorsitzenden

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

r Übersetzung. Kein Teil dieser Zeitschrift darf in irgend  
anderes Verfahren - ohne schriftliche Genehmigung des  
anderen Datenverarbeitungsanlagen verwendbare Sprache  
including those of translations into foreign languages). No  
print, microfilm or any other means, nor transmitted or  
mission from the publishers.

Democratic Republic.

# ARCHIV FÜR TIERERNÄHRUNG ARCHIVES OF ANIMAL NUTRITION

VOLUME 35

1985

NUMBER 2

Arch. Tierernähr., Berlin 35 (1985) 2, 81-87

Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Karl-Marx-Universität Leipzig,  
Wissenschaftsbereich Tierernährungsphysiologie und Futtermittelkunde  
(Leiter: Prof. Dr. sc. G. GEBHARDT)

PAHLE, T., ROSEMARIE KÖHLER, INGRID HALLE, H. JEROCH und G. GEBHARDT\*

Die Bestimmung der Rohproteinverdaulichkeit  
beim Hühnergeflügel mit der  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N-Methode

## 1. Einleitung

Die Verdaulichkeit des Rohproteins wird beim Geflügel in der Regel durch Trennung des Kot-N vom N des Harnes, die zusammen aus der Kloake ausgeschieden werden, mit chemischen Methoden ermittelt. Erwähnt werden sollen hier die Methoden von STOTZ (1934), EKMAN (1948), HARTFIEL (1963), JAKOBSON u. a. (1960, zit. bei HARTFIEL 1963) sowie von TERPSTRA u. DE HART (1974). Den chemischen Kot-Harn-N-Trennungsverfahren der genannten Autoren liegen die stark vereinfachenden Annahmen zugrunde, daß der größte Teil des Kot-N in proteingebundener Form vorliegt und daher mit Reagentien wie Phosphorwolframsäure, Uranylazetat oder Trichloressigsäure gefällt werden kann und daß weiterhin der N des Harnes vorwiegend der Harnsäure zuzuschreiben ist. Alle übrigen N-haltigen Verbindungen der Exkremeante finden chemisch-analytisch keine Berücksichtigung. Allenfalls erfolgt eine rechnerische Korrektur (HARTFIEL, 1963).

Die von PAHLE u. a. (1983) entwickelte  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N-Methode geht gleichermaßen davon aus, daß der mit dem Kot ausgeschiedene N proteinogener Herkunft ist. Im Gegensatz zu den auf Eiweißfällung basierenden Verfahren werden jedoch Abbauprodukte der Proteine, die in Form von Aminosäuren oder niedermolekularen Peptiden im Verlaufe der Verdauung oder durch bakterielle Einwirkung entstanden und der Resorption entgangen sind, noch mit erfaßt.

Da in einem Vergleich verschiedener chemischer Methoden der Kot-Harn-N-Trennung (PAHLE u. a., 1983), die auf der  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N-Bestimmung beruhenden Verdaulichkeitswerte die beste Annäherung an die durch Kolostomie, also mit reinem Geflügelkot ermittelten Werte zeigten, soll im folgenden diese Methode an einer brei-

\* Bei der Entwicklung der Methode und der Durchführung der analytischen Arbeiten hat Frau Chemieingenieur WALTRAUDE PETZOLD einen großen persönlichen Anteil, für den die Autoren herzlich danken.

teren Palette von Futtermitteln getestet werden. Als Maßstab für die Richtigkeit der Trennung dienten wiederum die nach Kolostomie erhaltenen Ergebnisse, da bei diesem Verfahren durch chirurgischen Eingriff vom Harn separierter Kot anfällt.

## 2. Material und Methoden

Es wurden 12 Futtermittel im Verdauungsversuch an kolostomierten Hennen (Legehybriden mit einer Lebendmasse von ca. 1500 g) untersucht. Davon konnten Gerste, Weizen und die Ackerbohnenarten „Fribö“ und „Weißblühende“ im Direktversuch eingesetzt werden. Die übrigen Futtermittel wurden im Differenzversuch, im Gemisch mit Gerste oder Weizen geprüft. Die Anteile der jeweiligen Test- und Grundfuttermittel sowie der Rohfaser- und Rohprotein gehalt der Mischungen sind aus Tab. 1 zu entnehmen. Alle Mischungen bzw. Einzelfuttermittel erhielten einen Zusatz von 6 % Mineralstoffmischung. Die Vitaminierung erfolgte über einen Teil des Tränkwaters.

Die in der fünftägigen Versuchsperiode gesammelten Kotproben wurden einmal direkt der N-Bestimmung nach der Kjeldahlmethode zugeführt. Zum anderen wurden aliquote Teile der gleichen Proben mit entsprechenden Anteilen der dazugehörigen Harnproben zu Mischexkrementen vereinigt, in denen die Bestimmung des Kot-N auf der Basis des  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$  erfolgte.

Tabelle 1

Anteile an Test- und Grundfuttermittel sowie Rohprotein- und Rohfasergehalt der Futtermischungen

Versuchsfuttermittel (%)	Grundfuttermittel (%)	Rohprotein (%) i. d. TS)	Rohfaser (%) i. d. TS)
Sommergerste	94	11,5	6,2
Weizen	94	13,6	3,6
Mais	50	12,7	3,0
Roggen	50	14,6	3,1
Weizenkleie	50	15,0	8,1
Roggenkleie	50	16,8	6,4
Sojaextraktionsschrot	30	21,8	6,2
Rapsextraktionsschrot	30	23,7	7,4
Ackerbohne „Alfred“	60	22,7	7,8
Ackerbohne „Fribö“	94	29,8	7,4
Ackerbohne „Weißblühende“	94	29,9	7,5
Fischmehl	20	23,6	4,8

## 3. Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 2 sind die Mittelwerte und Streuungen der nach den beiden Methoden bestimmten Verdauungsquotienten des Rohproteins ( $\overline{VQ}$ ) der Futtermischungen und Einzelfuttermittel sowie die mittleren absoluten Differenzen zwischen den  $VQ$  der Einzeltiere nach chemischer Kot-Harn-N-Trennung und den nach Kolostomie ( $|\Delta VQ|$ ) ausgewiesen. Der Mittelwert dieser Differenzen über alle Tiere und alle Futtermittel

Tabelle 2

Vergleich der Verdauungsquotienten für Rohprotein ermittelt durch Kolostomie und durch Bestimmung des  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ 

Versuchsfuttermittel	Tier- zahl	Kolostomie		$\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$		$ \bar{Q} $
		$\bar{VQ}$ (%)	$s_{\bar{VQ}}$	$\bar{VQ}$ (%)	$s_{\bar{VQ}}$	
Sommergerste	4	75,3	1,62	77,2	2,06	1,8
Weizen	4	81,6	0,56	83,8	1,85	3,0
Mais + Weizen	5	82,6	1,07	84,3	1,57	1,8
Roggen + Weizen	5	82,1	0,78	80,0	0,77	2,2
Weizenkleie + Weizen	4	74,4	4,78	74,4	5,20	2,0
Roggenkleie + Weizen	6	76,6	1,76	79,5	0,78	3,1
Sojaextraktionschrot +						
Sommergerste	5	79,9	1,66	82,6	1,25	2,6
Rapsextraktionschrot +						
Weizen	8	82,2	0,80	86,0	1,27	3,9
Ackerbohne „Alfred“ +						
Weizen	6	77,4	1,37	80,0	1,23	3,6
Ackerbohne „Fribö“	3	86,7	2,50	90,3	1,90	3,6
Ackerbohne „Weiß- blühende“	4	89,3	1,09	89,3	1,35	0,5
Fischmehl + Sommer- gerste	5	80,9	0,37	81,6	1,48	2,8
Durchschnitt für alle Futtermischungen bzw. -mittel			1,51		1,77	2,5

beträgt 2,5 Verdaulichkeitseinheiten (VE). Es ist zu ersehen, daß die Verdaulichkeit des Rohproteins durch die Anwendung der chemischen Methode in der Regel über- schätzt wird.

Die Streuungen ( $s_{\bar{x}}$ ) um die mit den unterschiedlichen Methoden ermittelten VQ sind im Durchschnitt aller Futtermittel und -mischungen mit 1,51 VE für die Kolostomie günstiger als für die  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ -Methode mit 1,77 VE. Es entspricht der Erwartung, daß die Streuungen um den  $\bar{VQ}$  nach Kolostomie am geringsten sind, da hier der gesammelte Kot direkt analysiert wurde. Für die chemische Methode mußte dagegen ein Mischexkrement hergestellt werden. Die dabei auftretenden Fehlermöglichkeiten erhöhen die Streuung. Bei nichtkolostomierten Tieren müßten sich diese Streuungen angleichen wenn nicht gar für die chemischen Methoden günstiger ausfallen, da der Stress für die Tiere geringer ist und auch die Gefahr einer Verstopfung des Enddarmes nicht besteht. Im Falle einer solchen Verstopfung muß der festzitzende Kot mit Wasser aufgeweicht und heraus gespült werden, was verhältnismäßig problemlos geht. Infolgedessen wird aber die Konsistenz des Kotes und damit auch des Mischexkrementes flüssiger und eine Entmischung der darin enthaltenen Substanzen beim Dosieren begünstigt. Eine Entmischung würde im allgemeinen so aussehen, daß sich die Kotanteile stärker absetzen und anteilig mehr Flüssigkeit eingewogen wird. Dieser Effekt läßt sich auch durch Entnahme der entsprechenden Anteile für die Analyse bzw. die Herstellung des Mischexkrementes bei laufendem Mixgerät nicht völlig ausschließen. Als Folge ergibt sich eine Unterschätzung des Kot-N und Überschätzung der Rohproteinverdaulichkeit.

Es ist deshalb zu erwarten, daß bei nichtkolostomierten Tieren, für die die Herstellung

eines Mischexkrementes entfällt und die Exkrementkonsistenz günstiger ist, die  $VQ$  weniger überschätzt werden. Die Rohproteinverdaulichkeit der in den Mischungen verabreichten Futtermittel wurden über die Methode des Differenzversuches ermittelt. Die Rechnungen wurden einmal auf der Basis der  $\overline{VQ}$  nach Kolostomie und zum anderen unter Verwendung der  $\overline{VQ}$  nach der  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ -Methode nach folgender Formel durchgeführt:

$$(1) \quad \overline{VQ}_x = \frac{\overline{VQ}_M (A_x \cdot NG_x + A_{Gr} \cdot NG_{Gr}) - \overline{VQ}_{Gr} \cdot A_{Gr} \cdot NG_{Gr}}{A_x \cdot NG_x}$$

$\overline{VQ}_x$  = Verdauungsquotient des Rohproteins des Versuchsfutters (Mittelwert der Tiergruppe)

$A_x$  = Anteil des Versuchsfutters in der Mischung

$NG_x$  = N-Gehalt des Versuchsfutters

$\overline{VQ}_{Gr}$  = Verdauungsquotient des Rohproteins des Grundfutters (Mittelwert der Tiergruppe)

$A_{Gr}$  = Anteil des Grundfutters in der Mischung

$NG_{Gr}$  = N-Gehalt des Grundfutters

$\overline{VQ}_M$  = Verdaulichkeit des Rohproteins der Mischung (Mittelwert der Tiergruppe)

Der Einfluß der Mineralstoffmischung (jeweils 6 % der Versuchsmischungen) konnte vernachlässigt werden, da ihr N-Gehalt nur 0,0011 % betrug.

Die Streuungen, die über das Fehlerfortpflanzungsgesetz

$$(2) \quad s_{\overline{VQ}_x} = \frac{\sqrt{[s_{\overline{VQ}_M} (A_x \cdot NG_x + A_{Gr} \cdot NG_{Gr})]^2 + (s_{\overline{VQ}_{Gr}} \cdot A_{Gr} \cdot NG_{Gr})^2}}{A_x \cdot NG_x}$$

ermittelt wurden, fallen bei den Bestimmungen über Kolostomie im allgemeinen günstiger aus (Durchschnitt über alle Futtermittel 2,85 VE) als bei der  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ -Methode (Durchschnitt über alle Futtermittel 3,38 VE). Hier kann die Diskussion ähnlich geführt werden, wie bei den einfachen Verdauungsversuchen. Die hohen Streuungen für den Versuch mit Weizenkleie sind offenbar dem Tierversuch und nicht den Analysenmethoden zuzuordnen. Die absoluten Differenzen zwischen den mittleren  $VQ$  der Mischungen bestimmt nach der  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ -Methode und nach Kolostomie ergeben, gemittelt über die in Tab. 3 eingegangenen Futtermischungen, 2,1 VE. Nach Ausrechnung der Differenzversuche nach Formel (1) ist die analoge mittlere Differenz für die Einzelfuttermittel 3,0 VE. Wenn man die Differenzen für die einzelnen Futtermittel nicht absolut erfaßt, sondern die Vorzeichen der Abweichungen mit berücksichtigt und analog mittelt, ergibt sich für die Futtermischungen, die den einfachen Verdauungsversuch repräsentieren, eine Abweichung von 1,5 VE. Um diese Größe werden im Durchschnitt die  $VQ$  nach Kolostomie durch die  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ -Methode überschätzt. Für die über den Differenzversuch errechneten  $VQ$ -Werte wäre die entsprechende durchschnittliche Differenz 0,76 VE groß. Besonderen Einfluß haben hier die  $VQ$  der Grundfuttermittel, die wiederholt in die Berechnung der  $VQ$  der zugelegten Futtermittel eingehen.

Aus dem Vergleich der über Kolostomie und  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ -Methode gewonnenen Rohproteinverdaulichkeitswerte aus 59 Einzelversuchen an kolostomierten Hennen unter Berücksichtigung der auftretenden Differenzen und Streuungen kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß die  $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ -Methode die wahren Rohproteinverdaulichkeitswerte erfaßt.

lichkeiten recht gut widerspiegelt. Sie kann für Routineuntersuchungen auch aus dem Grund empfohlen werden, daß beim Arbeiten mit nichtkolostomierten Tieren durchaus höhere Tierzahlen pro Futtermittel bzw. -mischung realisiert werden können, als dies bei Untersuchungen mit kolostomierten Tieren möglich ist. Die wesentlichen Schritte der Kot-Harn-N-Trennung auf der Basis des  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N, mit denen nach den bisher vorliegenden Erfahrungen die günstigsten Ergebnisse erzielt wurden, seien hier noch einmal aufgeführt.

Tabelle 3

Rohproteinverdaulichkeiten der im Differenzversuch getesteten Futtermittel

Versuchs-futtermittel	Grund-futtermittel	$\alpha$ -NH <sub>2</sub> -N-Methode		Kolostomie	
		$\bar{V}Q_x$	$s_{\bar{V}Q_x}$	$\bar{V}Q_x$	$s_{\bar{V}Q_x}$
Mais	Weizen	84,8	3,8	83,8	2,3
Roggen	Weizen	75,4	2,8	82,7	1,9
Weizenkleie	Weizen	67,0	9,4	68,7	8,6
Roggenkleie	Weizen	76,2	2,0	72,8	3,1
Sojaextraktionschrot	Sommer-gerste	85,3	2,1	82,2	2,6
Rapsextraktionschrot	Weizen	87,6	2,6	82,7	1,4
Ackerbohne					
„Alfred“	Weizen	79,0	1,6	76,3	1,7
Fischmehl	Sommergerste	84,3	2,7	84,3	1,2

Eine Menge, die den 60. bis 100. Teil der in der Versuchsperiode gesammelten Exkremeute darstellt, wird mit 40 ml 6 n HCl bei 134 °C und 196,1 kPa (2 atü) 2 h lang im Autoklaven hydrolysiert.

In der gleichen Weise wird eine Futtermenge, die ca. 100 mg N enthält hydrolysiert. 10 ml des filtrierten und mit aqua dest. auf 250 ml aufgefüllten Hydrolysates werden mit 20 ml 20 %iger NaOH versetzt. Anschließend wird durch eine 10minütige H<sub>2</sub>O-Dampfdestillation der NH<sub>3</sub> ausgetrieben. Mit 5 ml 2 n HCl wird die Probe wieder angesäuert und daraufhin auf 100 ml mit aqua dest. aufgefüllt. Diese verdünnte Probe ist nicht länger als einen Tag haltbar.

Die Reaktion mit dem Ninhydrin-Reagens (400 ml Na-Azetatpuffer, 1500 ml Methylglykol, 1,2 g SnCl<sub>2</sub>, 30 g Ninhydrin, 190 ml konz. Essigsäure; 1 l Na-Azetatpuffer enthält 544 g Na-Azetat und 100 ml konz. Essigsäure, Wasser) findet ca. 15 min im kochenden Wasserbad statt. Die Reaktionsdauer muß für Futtermittel und dazugehörige Exkremeute exakt gleich sein.

An einem Aminosäureanalysator mit automatischem Proben speicher läßt sich diese Reaktion mit anschließender kolorimetrischer Messung bei 440 nm sehr gut durchführen. Die Trennsäule müßte durch eine ca. 3 m lange Mischkapillare mit Innendurchmesser 1,5 mm ersetzt werden. Als Probenpülmittel ist Wasser geeignet, das im Verhältnis zum Ninhydrinreagens 1:1 fließen muß. Ein relatives Maß für die Extinktionen sind hier die entstehenden Peakflächen. Ein Aminosäureanalysator ist aber nicht unbedingt notwendig. Die kolorimetrische Messung läßt sich auch an einem Spektralkolorimeter durchführen, das bei 440 nm mit Photozellen und einem Zusatzverstärker ausgerüstet sein müßte. Hier müssen teilweise die Proben vor der Ninhydrinreaktion verdünnt werden. Das Verdünnungsverhältnis ist dann in die folgende Formel, die den  $VQ$  des Rohproteins angibt, einzubeziehen.

$$VQ (\%) = \frac{\frac{\text{aufgenommene Futtermenge (g)}}{\text{Einwaage (g)}} \cdot \text{Extinktion Futter} - \frac{\text{Exkrementmenge (g)}}{\text{Einwaage (g)}} \cdot \text{Extinktion Exkrement}}{\frac{\text{aufgenommene Futtermenge (g)}}{\text{Einwaage Futter (g)}} \cdot \text{Extinktion Futter}} \cdot 100$$

## Zusammenfassung

In Untersuchungen an 59 kolostomierten Legehennen wurde eine chemische Methode zur Ermittlung der Rohproteinverdaulichkeit auf der Basis des  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N getestet. Die für 12 Futtermittel mittels  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N bestimmten Verdauungsquotienten für Rohprotein wurden im Mittel im Vergleich zur Kolostomie um 1,5 Verdauungs-einheiten überschätzt. Es konnte nachgewiesen werden, daß die  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N-Methode bei Routineuntersuchungen auch für Differenzversuche geeignet ist.

## Резюме

Т. ПАЛЕ, РОЗЕМАРИ КЁЛЕР, ИНГРИД ХАЛЛЕ, Х. ЕРОХ И Г. ГЕВХАРДТ

Определение переваримости сырого протеина у птиц с помощью  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N-методы

При исследованиях на 59 колостомированных курах-несушках изучался метод для определения переваримости сырого протеина, базирующий на  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N. Переваримость сырого протеина от 12 кормов, определяющая с помощью  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N была в среднем слишком высока на 1,5 единиц в сравнении с колостомизацией. Обнаружили, что метод  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N годится при обычных исследованиях и для дифференциальных опытов.

## Summary

T. PAHLE, ROSEMARIE KÖHLER, INGRID HALLE, H. JEROCH and G. GEBHARDT

Determination of crude protein digestibility in chickens with the  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N method

A chemical method of ascertaining crude protein digestibility on the basis of  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N was tested in investigations with 59 colostomized laying hens. The digestibility quotients for crude protein determined of 12 feedstuffs by means of  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N were overestimated by 1.5 digestibility units in comparison with colostomy. It could be proved that the  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>-N method in routine investigations is also adequate in difference experiments.

## Literaturverzeichnis

- [1] EKMAN, P.: Eighth World's Poultry Congress, Copenhagen, 1, 220 (1948)
- [2] HARTFIEL, W.: Chemische Untersuchungen bei Stoffwechselversuchen mit Hühnern. Diss. Verlag Bonn (1963)
- [3] PAHLE, T., ROSEMARIE KÖHLER, INGRID HALLE, H. JEROCH und G. GEBHARDT: Arch. Tierernähr., 33, 363 (1983)

[4] STOTZ, H.: Wissensch. Arch. f. Ldw., Abt. B 7, 29 (1934)

[5] TERPSTRA, K. und N. DE HART: Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. 32, 306 (1974)

Eingegangen: 23. März 1984

Anschrift der Autoren:

Dipl. Phys. T. PAHLE, Dr. ROSEMARIE KÖHLER, Dr. INGRID HALLE,

Dr. sc. H. JEROCH und Prof. Dr. sc. G. GEBHARDT

Karl-Marx-Universität

Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin,

WB Tierernährungsphysiologie und Futtermittelkunde

DDR - 7022 Leipzig, Gustav-Kühn-Str. 8

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR  
Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock  
Bereich Tierernährung „Oskar Kellner“

RENATE SCHNEIDER und G. BOLDUAN

## Zum Ammoniakgehalt der Digesta des Schweines

### 1. Einleitung

Es ist bekannt, daß – bis auf Gehalte in Geweben – das im Körper und den Ausscheidungen vorhandene Ammoniak fast ausschließlich durch die Wirkung von Darmbakterien entsteht (FOLIN u. a., 1912). Durch die enterale Mikroflora können Aminosäuren zunächst rasch unter Bildung von  $\text{NH}_3$  und organischen Säuren desaminiert werden, weniger schnell verläuft die Dekarboxylierung unter Bildung von  $\text{CO}_2$  und Aminen (CRANWELL, 1968; VISEK, 1978; MASON, 1980; HENNIG, 1982). Der mikrobielle Aminosäurenabbau ist von MICHEL (1966) untersucht worden. Er stellte fest, daß *in vitro* die  $\text{NH}_3$ -Bildung mit der mikrobiellen Aktivität, mit der zugeführten Aminosäure und bei der Autolyse der Mikroben ansteigt. *In vivo*-Bestimmungen von  $\text{NH}_3$ , Harnstoff und vier Aminen beim Schwein erfolgten von DIERICK u. a. (1981), wobei die Konzentrationen durch Antibiotika gesenkt wurden; der mikrobielle N-Abbau stelle eine substantielle Verlustquelle für die verfügbaren Aminosäuren dar.

$\text{NH}_3$  ist für Warmblüter giftig (PHILLIPS u. a., 1952). Mit dem Übergang größerer Mengen an  $\text{NH}_3$  und Aminen in die Blutbahn treten depressive Erscheinungen auf. Bekannt sind aus der  $\text{NH}_3$ -Belastung Leberschäden (VINCE u. a., 1978) und über die Stalluft Lähmungen des bronchialen Flimmerepithels (CURTIS u. a., 1975; RUCKEBUSCH u. a., 1975). Tyramin und Tryptamin können über das Sättigungszentrum die Futteraufnahme reduzieren (BERGNER, 1982). Damit kann man diese N-Abbauprodukte im weiteren Sinne als Enterotoxine einstufen, und ihre genauere Untersuchung ist angezeigt.

Mitteilungen über  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen in der Digesta des Schweines sind selten. Sie können offenbar über die Höhe der Proteinfütterung (MICHEL, 1966) und über die Hemmung der mikrobiellen Aktivität im Trakt (VISEK, 1978) variiert werden. Da eine bestimmte N-Zufuhr zur Deckung des Bedarfes der Tiere notwendig ist, kann erstere Möglichkeit für die Praxis weniger in Betracht kommen. Wir wählten daher  $\text{NH}_3$ -Bestimmungen aus Versuchen aus, in denen die Mikroflora durch Futterantibiotika gehemmt war und teilen nachstehend die ermittelten Werte, ihre Beziehungen zu anderen Metaboliten der Traktflora sowie den pH-Wert mit. Die ergotropen Substanzen *Nitrovin* und *Salocin* werden nachstehend als *Antibiotika* bezeichnet.

## 2. Versuchsmethodik

Als Versuchstiere standen 33 Ferkel mit einer durchschnittlichen Lebendmasse von 10 kg zur Verfügung, die nach Anpassung an die Versuchsrationen 1 Stunde postprandial geschlachtet wurden. Des weiteren wurden Daten von zwei Jungsaufen mit 120 kg Lebendmasse herangezogen, die nach Futteradaptation in der gleichen Weise geschlachtet worden waren.

Die Fütterung erfolgte bedarfsdeckend nach den Normen für Absetzferkel und tragende Sauen. Das Futter enthielt bei den Ferkeln 34–38 g N und bei den Sauen 25 g N/kg Trockensubstanz (TS). Die Ferkeldaten stammten aus 3 Versuchen, wovon 2 Antibiotika-Zulageversuche waren und einer ein Versuch mit höherem Hefeeinsatz. In allen Versuchen war charakteristisch, daß sie auf die Hemmung der gastralen Mikroflora abzielten und sie auch erreichten. Die verwendeten Antibiotika und ihre Dosierung gehen aus Tab. 2 hervor. Das Sauenfutter war antibiotikafrei und enthielt einen höheren Rohfasergehalt von 10,6 % in der TS durch Zulagen von Luzernegrünmehl.

Die Schlachtungen, Erhebungen der Digesta und die Analytik der flüchtigen Fettsäuren (FFS, Feststellung gesamt), der Milchsäure (MS, Feststellung nur im Magen) und des pH-Wertes erfolgten wie von SCHNABEL u. a. (1983, 1984) beschrieben.

Die Bestimmung des Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) im wässrigen Extrakt des Inhalts des jeweiligen Traktabschnittes erfolgte nach der von VOIGT und STEGER (1967) modifizierten Mikrodiffusionsmethode nach CONWAY.

Die Angaben der mikrobiellen Metaboliten sind nachstehend in mmol je 100 g Frisch- bzw. Originalsubstanz (OS) des Inhaltes der Traktabschnitte, in mmol je 100 g Trockensubstanz als Maß der Substratenergiebiegkeit und in mmol je Traktabschnitt gesamt (Pool) als Ausdruck der insgesamt vorhandenen und zu resorbierenden Mengen gemacht worden.

## 3. Ergebnisse

Da trotz der gegebenen Versuchsanstellungen die  $\text{NH}_3$ -Gehalte wenig different waren, sind in Tab. 1 zunächst die Gesamtdaten nach Ferkeln und Sauen zusammengestellt. Die Gehaltswerte je 100 g Originalsubstanz (OS) bzw. Trockensubstanz (TS) sind zwischen Ferkeln und Sauen ähnlich. Vom Magen zum hinteren Trakt steigen die  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen in der OS nur um ca. 50 % an und reflektieren die mikrobielle Aktivität weniger als die organischen Säuren, deren Konzentrationen vom Magen zum Dickdarm auf ein Mehrfaches ansteigen (vgl. Tab. 2).

Tabelle 1

Ammoniak-Gehalte im Magen-Darm-Trakt von Ferkeln und Sauen ( $\text{NH}_3$  in mmol;  $n=33$  Ferkel;  $n=2$  Sauen)

Abschnitt	$\text{NH}_3/100 \text{ g OS}$		$\text{NH}_3/100 \text{ g TS}$		$\text{NH}_3\text{-Pool}$	
	Ferkel $\bar{x} \pm s$	Sauen $\bar{x}$	Ferkel $\bar{x} \pm s$	Sauen $\bar{x}$	Ferkel $\bar{x} \pm s$	Sauen $\bar{x}$
Magen	$2,2 \pm 0,3$	3,1	$8,3 \pm 1,1$	12,1	$6,0 \pm 2,0$	81,5
Dünndarm	—	3,6	—	27,5		54,9
Zökum	$2,6 \pm 0,6$	4,3	$25,4 \pm 6,5$	24,0	$3,8 \pm 1,0$	102,9
Kolon	$3,4 \pm 1,2$		$22,0 \pm 9,8$		$6,4 \pm 2,5$	

Bezogen auf die Trockensubstanz ergibt sich eine klarere Hemmung der  $\text{NH}_3$ -Freisetzung im Magen gegenüber dem Dickdarm; zu beachten sind die höheren Werte in den Mägen der Sauen. Die rasch ansteigenden Werte im Dünndarm (Sauen) können durch den Harnstoffeinstrom über die Galle verursacht sein (DIERICK u. a., 1981).

Die Darstellung der Poolgrößen zeigt, daß das  $\text{NH}_3$  insgesamt im Magen fast die

Menge des Kolon erreichen kann. Wegen des tieferen Magen-pH liegt es als  $\text{NH}_4^+$  vor und seine Resorptionsmöglichkeiten sind gering; der Hauptort der  $\text{NH}_3$ -Resorption ist der Dickdarm, speziell das Zäkum (MASON, 1980). Beachtlich ist, daß im Dünndarm fast 25 % des gesamten  $\text{NH}_3$  (Sauen) vorhanden sind.

Zur Darstellung des Einflusses der Antibiotika sind in Tab. 2 Durchschnittswerte der drei wesentlichsten mikrobiellen Metaboliten (FFS, MS,  $\text{NH}_3$ ) der Versuchsgruppen des im vorliegenden Material größten Versuches angegeben. Sie zeigen, daß vor allem die organischen Säuren bis in den Dickdarm hinein auf Futterantibiotika reagieren, kaum aber die  $\text{NH}_3$ -Gehalte.

Tabelle 2

Flüchtige Fettsäuren, Milchsäure und  $\text{NH}_3$  in den Traktinhalten von Ferkeln unter Einfluß von Antibiotika (Angaben in mmol/100 g Originalsubstanz;  $n=3$ )

Traktabschnitt	Antibiotikazulagen (mg/kg Futter)	FFS	MS	$\text{NH}_3$	$\text{NH}_3$ -Pool mmol gesamt
Magen	ohne	5,47	2,53	2,0	4,98
	34 Nitrovin	2,72	1,91	2,3	6,29
	68 Nitrovin	1,23	0,54	2,0	3,66
	30 Salocin 60	1,35	0,77	2,2	5,39
	60 Salocin 60	4,80	0,59	2,1	5,72
Zäkum	ohne	13,05	n. b.	2,1	3,68
	34 Nitrovin	11,74	n. b.	2,9	5,51
	68 Nitrovin	10,87	n. b.	2,2	3,74
	30 Salocin 60	9,61	n. b.	2,3	2,76
	60 Salocin 60	12,53	n. b.	2,2	3,63
Kolon	ohne	12,93	n. b.	3,0	8,05
	34 Nitrovin	12,69	n. b.	2,9	7,59
	68 Nitrovin	8,50	n. b.	2,8	5,45
	30 Salocin 60	8,53	n. b.	2,8	6,58
	60 Salocin 60	11,67	n. b.	2,8	5,70

n. b. = nicht bestimmt

Erst im Kolon scheint sich eine Wirkung anzudeuten, und geringe Reaktionen sind auch zwischen den Dosierungen der einzelnen Antibiotika erkennbar.

Die in Tab. 2 aufgeführten  $\text{NH}_3$ -Pools ergeben besonders im Kolon klare Wirkungen. Da die 4 Antibiotikagruppen nur 90 % Original- und Trockensubstanz im Trakt gegenüber den Kontrolltieren aufwiesen, ergibt sich, daß in den Antibiotika-Tieren insgesamt 7 % weniger  $\text{NH}_3$  gegenüber den Kontrollgruppen vorhanden war.

In den Tab. 3 und 4 sind Korrelationen und Regressions aus dem Gesamtmaterial der Ferkelversuche errechnet worden ( $n=33$ ). Der im Gesamtmaterial bei  $5,01 \pm 0,58$  liegende Magen-pH-Wert zeigte die erwarteten engen Beziehungen zur Gesamtazidität und in verringertem Maße ebenfalls zu den organischen Säuren je 100 g Originalsubstanz. Steigen die Gesamtazidität um 3,47 bzw. die Gehalte an organischen Säuren um 5,48 mmol/100 g OS an, so fällt der pH um eine Einheit. Beziehungslos erscheint jedoch der  $\text{NH}_3$ -Gehalt, er ist unwirksam auf den pH-Wert und hat auch keinen Bezug zu den je 100 g TS vorhandenen Säuren.

Von den im Zäkum- und Koloninhalt bestimmten Metaboliten (Tab. 4) zeigten im gleichen Sinne nur die FFS im Zäkum eine erkennbare, negative Beziehung zum pH-

Tabelle 3

Korrelationen und Regressionen zwischen pH-Wert und mikrobiellen Metaboliten im Magen von Ferkeln

Beziehung	Korrelation <i>r</i>	Regression <i>y</i>	Reststreuung <i>S<sub>R</sub></i>
<i>je 100 g Originalsubst.</i>			
pH : Gesamtazidität	-0,772	$23,16 - 3,47x$	1,697
pH : org. Säuren	-0,676	$33,19 - 5,48x$	3,553
pH : NH <sub>3</sub>	0,215	$1,71 + 0,095x$	0,257
org. Säuren : NH <sub>3</sub>	0,192	$2,13 + 0,010x$	0,258
<i>je 100 g TS</i>			
org. Säuren : NH <sub>3</sub>	-0,063	$8,39 - 0,004x$	1,161

Tabelle 4

Korrelationen und Regressionen zwischen pH-Wert und mikrobiellen Metaboliten im Dickdarm von Ferkeln

	Korrelation <i>r</i>	Regression <i>y</i>	Reststreuung <i>S<sub>R</sub></i>
<b>ZÄKUM</b>			
<i>je 100 g Originalsubst.</i>			
pH : FFS	-0,532	$36,083 - 3,973x$	1,150
pH : NH <sub>3</sub>	-0,248	$7,838 - 0,856x$	0,608
FFS : NH <sub>3</sub>	0,123	$1,922 + 0,057x$	0,623
<i>je 100 g TS</i>			
FFS : NH <sub>3</sub>	0,397	$12,175 + 0,114x$	6,275
<b>KOLON</b>			
<i>je 100 g Originalsubst.</i>			
pH : FFS	-0,559	$39,670 - 4,416x$	3,449
pH : NH <sub>3</sub>	-0,284	$10,224 - 1,060x$	1,136
FFS : NH <sub>3</sub>	0,468	$0,916 + 0,221x$	1,047
<i>je 100 g TS</i>			
FFS : NH <sub>3</sub>	0,731	$- 2,103 + 0,336x$	6,793

Wert. Die Beziehungen zwischen FFS und NH<sub>3</sub> sind in Original- und Trockensubstanz positiv, und zwischen FFS- und NH<sub>3</sub>-Gehalten je 100 g TS deutet sich an, daß mit stärkerer Fermentierung beide Metaboliten ansteigen. Der zäkale pH-Wert lag bei  $6,13 \pm 0,17$ .

Im Kolon sind die Beziehungen eindeutiger (Tab. 4), die Fermentationsprodukte sind positiv korreliert und würden so den Körper verlassen. Untersuchungen des Kotes können also Beziehungen ergeben, die im Trakt gar nicht existieren. Der pH-Wert im Kolon betrug im Durchschnitt  $6,45 \pm 0,31$ .

#### 4. Diskussion

Nach den Werten in Tab. 2 enthielt der gesamte Trakt der Ferkel ca. 343 mg NH<sub>3</sub>, der der Sauen 3349, das sind 34 bzw. 28 mg/kg Lebendmasse. Die Kontrolltiere der Antibiotikaversuche enthielten im originalen Traktinhalt (ohne Dünndarm) 0,042 % NH<sub>3</sub> bzw. 416 mg/kg Originalsubstanz. Nach HENNIG (1982) beinhaltet die Digesta 140 bis 180 mg NH<sub>3</sub>/kg Originalsubstanz.

Schätzungen des durch mikrobiellen Abbau eingetretenen Verlustes an Futterprotein oder von Resorptionsraten können aus dem Datenmaterial nicht unternommen werden. Bei den Ferkeln (Kontrolltiere der Antibiotikaversuche) waren 1 Std. post-prandial 2,5 % des Mahlzeit-N im Magen als NH<sub>3</sub> vorliegend, bei den Sauen analog 4,4 %. Im Gesamttrakt befanden sich 3,25 % (Ferkel) bzw. 6,45 % (Sauen) des täglich aufgenommenen N in Form von NH<sub>3</sub>.

Postpartal steigen die Magen-NH<sub>3</sub>-Konzentrationen an und erreichen am 14. Lebenstag beim Saugferkel 0,96 mmol/100 ml (JUHASZ u. a., 1980). Bei Ferkeldurchfällen erhöht sich der NH<sub>3</sub>-Gehalt des Kotes von 3,5 mmol/100 g TS auf das 6fache (MICHEL u. a., 1965). Da nach unseren Versuchsergebnissen und nach DIERICK u. a. (1981) die NH<sub>3</sub>-Konzentration im Rektum und Kot bis auf 50 % gegenüber dem Kolon fällt, dürfte die NH<sub>3</sub>-Belastung bei Durchfallerkrankungen schwerwiegend sein. Im Kotwasser von 144 Ferkeln fand RENSMANN (1976) einen Gehalt von 6 mmol NH<sub>3</sub>/100 ml.

Bei Masttieren stellten MICHEL u. a. (1966) im Mittel von 40 Tieren pro 100 g Orig.-Substanz im Magen 1,4, im Zäkum 2,1 und im Kolon 3,6 mmol NH<sub>3</sub> fest. LY u. a. (1979) fanden im Zäkum beim Schwein ebenfalls Werte zwischen 1,5 und 2,5 mmol NH<sub>3</sub>/100 ml. DIERICK u. a. (1981) ermittelten in Kontrolltieren pro 100 g TS im Magen 2,18, im Dünndarm von 11,2 auf 17,6 ansteigende Werte, im Zäkum 30,3 und im Rektum 13,7 mmol NH<sub>3</sub>. Durch Zulagen von Virginiamycin war der Gehalt im Magen um 5 % erhöht und im Darm um etwa 10 % gesenkt, Spiramycin senkte hingegen den NH<sub>3</sub>-Gehalt bereits im Magen um 24 % und stärker auch im Darm. Die Vergleiche zeigen, daß sich unsere Ergebnisse in die anderer Autoren generell einordnen lassen.

Zu den ergänzend mitgeteilten Werten von Sauen (Tab. 1) fehlen Vergleiche in der Literatur. Tragende Sauen könnten wie Absetzferkel durch ihre geringe Futteraufnahme (2,37 kg Trockenfutter im Versuch, davon 0,5 kg Luzernegrün) und den daraus folgenden, verlangsamten Transit (SCHNABEL, 1983) Mikroben Vermehrungschancen geben; alle mitgeteilten Werte (Tab. 1) erscheinen relativ hoch.

Wesentlich ist nach den vorstehenden Ergebnissen, daß die Wirkung von Futter-Antibiotika auf NH<sub>3</sub>-Werte nicht so drastisch ist, wie es von VISEK (1978) zusammenfassend dargestellt wird; die Reduktionen übersteigen nicht 10 %. In den einzelnen Traktabschnitten zeigten sich die NH<sub>3</sub>-Daten relativ unbeeinflußt (Tab. 2), unabhängig vom pH-Wert und den organischen Säuren (Tab. 3 und 4); nur im Kolon sind sie mit den flüchtigen Fettsäuren positiv korreliert (Tab. 4). Für Mikrobenaktivitäten in der Digesta liefern die energetischen Metaboliten (FFS und MS) weitaus größere Mengen und sensiblere Meßwerte.

Von den organischen Säuren, die aus den Kohlenhydraten der Ration gebildet und vom Wirtstier resorbiert oder ausgeschieden werden, unterscheidet sich Ammoniak, das je nach dem lokalen pH-Wert (Magen, Zäkum) als NH<sub>3</sub> oder NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vorliegen kann (wobei NH<sub>4</sub><sup>+</sup> im Trakt den weitaus höheren Anteil darstellt, DEMIGNÉ u. a., 1979), weil es

– wesentlicher Nährstoff für die Darmflora selbst ist und

- im Harnstoff der Verdauungssekrete und des Blutes relativ konstante Quellen zur Neubildung hat (RERAT, 1978), sofern die mikrobielle Ureaseaktivität nicht gehemmt ist.

Ein wesentlicher Aspekt ist der mikrobielle  $\text{NH}_3$ -Verbrauch besonders im Zäkum. Er bietet zunächst die einzige praktische Möglichkeit der Senkung der  $\text{NH}_3$ -Gehalte. In Tab. 2 hatte die Kontrollgruppe die höchsten FFS- und die niedrigsten zäkalen  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen. Dieser Weg ergibt sich auch bei höheren Gaben fermentierbarer Rohfaser (BERGNER, 1982) oder Laktose; in Rattenversuchen konnten DEMIGNÈ u. a. (1979) durch Laktosezulagen die  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ -Konzentrationen im Zäkum auf 16 % senken und beim Menschen werden Leberschäden aus  $\text{NH}_3$ -Belastungen durch oral applizierte Laktose behandelt (VINCE u. a., 1978).

Im Zuge der Bearbeitung von Ernährungsregimen sollten  $\text{NH}_3$ -Untersuchungen der Digesta im Zusammenhang mit dem Blut-Harnstoff, dem möglichen Aminosäurenverlust im Magen und toxischen Wirkungen (Resorptionsraten, Leberbelastungen, Aminbildungen) fortgesetzt werden.

### Zusammenfassung

In der Originalsubstanz der Digesta von Ferkeln und Sauen konnten im Magen 2,2 bis 3,1 mmol  $\text{NH}_3$ , im Dickdarm 2,6 bis 4,3 mmol pro 100 g nachgewiesen werden. Je 100 g Trockensubstanz der Digesta lagen die Gehalte bei 8,3 bis 12,1 mmol im Magen und bei 22,0 bis 25,4 im Dickdarm. Insgesamt waren im Trakt 28 bzw. 34 mg  $\text{NH}_3$ /kg Lebendmasse vorhanden, das sind 6,45 bzw. 3,25 % des täglich aufgenommenen N (Sauen bzw. Ferkel). Antibiotikagaben hatten nur im Kolon einen senkenden Einfluß auf die  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen und Poolgrößen. Korrelationen und Regressionszeigen, daß  $\text{NH}_3$  keine gesicherte Beziehung zum pH-Wert hat, zu den flüchtigen Fettäuren gibt es nur je 100 g Trockensubstanz im Kolon engere, positive Beziehungen.

### Резюме

РЕНАТЕ ШНАЙДЕР и Г. БОЛЬДУАН

О содержании аммиака в содержимом кишечника у свиней

Оригинальное вещество содержимого желудочно-кишечного тракта поросят и свиноматок содержало в желудке 2,2 до 3,1 ммоль  $\text{NH}_3$ /100 г и в толстом кишечнике 2,6 до 4,3 ммоль. На 100 г сухого вещества содержимого определены следующие содержания: 8,3 до 12,1 ммоль в желудке и 22,0 до 25,4 ммоль в толстом кишечнике. Вообще находились 28 или 34 мг  $\text{NH}_3$ /кг живой массы в желудочно-кишечном тракте, т.е. 6,45 или, соответственно, 3,25 % в сутки потребленного азота (свиноматки или поросята). Добавки действующих веществ имели только в колоне тормозительное влияние на концентрации  $\text{NH}_3$  и величины пула. Корреляции и регрессии показали, что  $\text{NH}_3$  не имеет не достоверного соотношения с pH, а относительно летучих жирных кислот найдены только в колоне более тесные положительные отношения.

## Summary

RENATE SCHNEIDER and G. BOLDUAN

## On the ammonia content of the digesta of pigs

Piglets and sows contained per 100 g original substance digesta in the stomach between 2.2 and 3.1 mmol NH<sub>3</sub> and in the large intestine between 2.6 and 4.3 mmol. Per 100 g dry matter of the digesta the content was between 8.3 and 12.1 mmol in the stomach and between 22.0 and 25.4 in the large intestine. A total of 28 and 34 mg NH<sub>3</sub>/kg live weight resp. were to be found in the digestive tract, which is 6.45 and 3.25 % resp. of the N consumed daily (sows resp. piglets). Dosages of antibiotics had a decreasing influence on NH<sub>3</sub>-concentrations and pool values in the colon only. Correlations and regressions show that there is no significant relation between NH<sub>3</sub> and pH-value, with volatile fatty acids there are only closer positive relations per 100 g dry matter in the colon.

## Literaturverzeichnis

- [1] BERGNER, H.: Monatsh. Vet.-Med. **37**, 58 (1982)
- [2] CRANWELL, P. D.: Nutrit. Abstr. Rev. **38**, 721 (1968)
- [3] DEMIGNÉ, C. und C. RÉMÉSY: Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **19**, 929 (1979)
- [4] DIERICK, N. A.; I. J. VERVAEKE; J. A. DECUYPERE und H. K. HENDERICKX: Int. Konf. Futterzusätze, Budapest, Proceedings **1**, 41 (1981)
- [5] FOLIN, D. und W. DENIS: J. Biol. Chem. **11**, 161 (1912) zit. bei VISEK, W. J.
- [6] HENNIG, A.: Ergotropika, VEB Dtsch. Landwirtschaftsverlag (1982)
- [7] JUHASZ, B.; B. SZEGEDI; A. NEMET und MARIA TELEKI: Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin **176**, 87 (1980)
- [8] LX, J.; A. PEREZ und M. MUNIZ: Cienc. Tec. Agric., Ganado Porcino, **2**, 53 (1979)
- [9] MASON, V. C.: Current concepts of digestion and absorption in pigs. Proceedings, Techn. Bull. **3**, NIRD, 112 (1980)
- [10] MICHEL, M. C. u. a. (1965), zit. bei AUMAITRE, A.: Les industr. aliment. anim., Nr. 11, 9 (1974)
- [11] MICHEL, M. C.: Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **6**, 33 (1966)
- [12] PHILLIPS, G. B.; R. SCHWARTZ; G. J. GABUDA und C. S. DAVIDSON: N. Engl. J. Med. **247**, 239 (1952), zit. bei VISEK, W. J.
- [13] RENSMANN, Fr.-W.: Zur Bedeutung wechselnder Rohfaser- und Stärkemengen im Futter für den Gehalt an Trockensubstanz, flüchtigen Fettsäuren, Milchsäure und Ammoniak im Kot von Ferkeln. Diss. A. Tierärztl. Hochsch. Hannover (1976)
- [14] RERAT, A.: J. Anim. Sci. **46**, 1808 (1978)
- [15] RUCKEBUSCH, Y. und P. L. TOUTAIN: Revue Méd. vét. **126**, 995 (1975)
- [16] SCHNABEL, ELVIRA: Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Absetzferkeln. Diss. (Prom. A) Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, Berlin (1983)
- [17] SCHNABEL, ELVIRA; G. BOLDUAN und ANNEGRET GÜLDENPENNING: Arch. Tierernähr. **33**, 371 (1983)
- [18] SCHNABEL, ELVIRA; RENATE SCHNEIDER; CHRISTINE SCHUBERT; ELLEN BORCHERT und INGRID THIELE: Arch. Tierernähr. **34**, 689 (1984)
- [19] VINCE, A.; B. KILLINGLEY und O. M. WRONG: Gastroenterology **74**, 544 (1978)
- [20] VISEK, W. J.: J. Anim. Sci. **46**, 1447 (1978)
- [21] VOIGT, J. und H. STEGER: Arch. Tierernähr. **17**, 289 (1967)

Eingegangen: 21. August 1983

## Anschrift der Autoren:

Dr. rer. nat. RENATE SCHNEIDER und Prof. Dr. sc. agr. G. BOLDUAN

Forschungszentrum für Tierproduktion der AdL,

Bereich Tierernährung „Oskar Kellner“

DDR - 2551 Dummerstorf



Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig,  
Wissenschaftsbereich Tierernährungsschemie  
6900 Jena (Leiter: Prof. Dr. sc. A. HENNIG)  
Wissenschaftsbereich Pathologie (Leiter: Doz. Dr. sc. U. JOHANNSEN)  
Institut für bakterielle Tierseuchenforschung der  
Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR  
(Leiter: Dr. sc. W. ERLER, amt. Direktor)

H. LÜDKE, F. SCHÖNE, A. HENNIG, W. SEFFNER und G. STEINBACH

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

### 3. Mitteilung

Der Einfluß der Vitamin-A-Versorgung auf den Gesundheitszustand von  
Ferkeln und Mastschweinen

#### 1. Einleitung

Vitamin A wurde vielfach die Eigenschaft „antiinfektiös“ zugeschrieben und daraus ein erhöhter Bedarfsanspruch abgeleitet (HORN, 1934; SZECSENYI u. a., 1971). Bereits MOORE (1957) macht aber auf die widersprüchlichen Befunde im Blutbild und retikuloendothelialen System bei Vitamin-A-Mangel aufmerksam.

Die Messung der Antikörperbildung nach Antigenverabreichung läßt Rückschlüsse auf den Ernährungs- bzw. Gesundheitsstatus zu. Dabei konzentriert sich das Interesse auf zwei Punkte:

- Hat ein bedarfsdeckend oder im Überfluß angebotener Nahrungsfaktor Adjuvanzwirkung?
- Ist im Mangel die Antikörperbildung eingeschränkt?

Für das Vitamin A sind bisherige Befunde an verschiedenen Spezies sehr widersprüchlich (HERLYN und GLASER, 1976), so daß sich weitere Versuche erforderlich machen (HENNIG, 1979). Ziel unserer Untersuchungen an wachsenden Schweinen war es, Vitamin-A-Mangel auszulösen, den Einfluß des Vitamins auf Krankheiten und Verluste zu ermitteln und durch Bestimmung der Albumin- und Globulinfraktion des Serums sowie der Antikörpertiter nach Verabreichung verschiedener Antigene weitere Aussagen zu treffen.

#### 2. Material und Methoden

Versuchsanordnung, Tiermaterial, Rationen und Zusätze sind bei SCHÖNE und LÜDKE (1984) mitgeteilt. Krankheiten, Verluste und Mangelsymptome wurden unter Angabe von Tier- bzw. Buchtnummer, Körpermasse, Datum und Ursache registriert. Die Anzahl der Durchfalltage entsprach der Anzahl der Behandlungen. Das Medikament war in den Versuchen 1 bis 4, 8 und 9 nach der Rezeptur des „Amfuridon“ (ohne Vitamin A) hergestellt, im Versuch 5 behandelten wir einzelne Tiere mit „Agriean“. Waren im Käfig mehr als drei Ferkel erkrankt, wurde außerdem „Agramin“ verabreicht.

Zur histologischen Untersuchung nach den in der 1. Mitteilung (SCHÖNE und LÜDKE, 1984) beschriebenen Schlachtungen kamen Auge, Gehirn, Gelenkknorpel, Harnleiter, Leber, Niere, Schilddrüse und Speicheldrüse, wobei die H.E.-Färbung, die Sudan-Färbung zum Nachweis von Fett und die PAS-Reaktion zum Nachweis von Polysacchariden angewendet wurden.

Die Bestimmung des Gehaltes des Blutserums an Eiweiß und den Haupteiweißfraktionen Albumin sowie  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Globulin erfolgte nach der Biuretmethode bzw. der Papierelektrophorese. Das Antikörperbildungsvermögen der Schweine wurde gegen die in Tab. 1 aufgeführten Antigene ermittelt.

Tabelle 1

Verabreichte Antigene und Nachweismethode der Antikörper im Schweineserum

Impfstoff, Menge und Applikation	Antigene Antikörper gegen	Nachweismethode
Salmovac „Dessau“ (Adsorbatvakzine): 2×2 ml <sup>1</sup> s. c. am Hals	H- oder Geißelantigene von <i>Salmonella dublin</i> Lipopolysaccharid von <i>Salmonella dublin</i> (LPS)	Widalmethode (HALLMANN und BURKHARDT, 1974) passive Hämagglutination im Mikrotitrierer nach TAKATSU unter Verwendung einer 0,2-%igen Schaferythrozyten-suspension (ZISKA, 1976)
Human-Gamma-Globulin „Dessau“: 2×10 mg <sup>1</sup> , s.c. am Hals	Human-Gamma-Globulin (HGG)	

<sup>1</sup> im Versuch 3 primäre Vakzination 21 Tage und sekundäre Vakzination 10 Tage vor der Blutentnahme, im Versuch 9 primäre Vakzination nach 120 Versuchstagen, sekundäre Vakzination nach 174 Versuchstagen.

Die Antikörperkonzentration im Serum wird semiquantitativ angegeben. Maßzahl ist der  $\log_2$  der gerade noch positiv reagierenden Serumverdünnung. Für Seren, die bereits bei der Ausgangsverdünnung von 1:2 keine Reaktion zeigten, wurde der Wert 0 eingesetzt.

In Versuch 3 wurden 57 Mastläufer mit einer mittleren Lebendmasse von 35 kg, im Versuch 9 47 Mastschweine mit einer mittleren Lebendmasse von 73 kg und 69 Schweine (im Mittel 114 kg Körpermasse) in die Untersuchungen einbezogen. Ein nicht vakzinierter Tier je Behandlung diente als Kontrolle, um zu ermitteln, ob eine Immunantwort erfolgte. Versuch 3 trug den Charakter einer Voruntersuchung: die Gruppen waren nicht gleichmäßig besetzt, zusätzlich wurden Vitamin-A-freie ernährte Tiere aus einem Verdauungsversuch sowie untermassige Ferkel (<5 kg Absatzmasse) einbezogen. Pair-fed-Gruppen stellten wir nicht auf. HERLYN und GLASER (1976) zitieren 15 Autoren, nach denen das Antikörperbildungsvermögen bei Pair-fed- und Ad-libitum-Fütterung gleich ist.

Für den Mittelwertvergleich des Gehaltes der Serumeiweißfraktionen wendeten wir den t-Test an. Die Mittelwerte der Antikörpertiter wurden nichtparametrisch nach MANN und WHITNEY getestet (WEBER, 1972).

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Mangelsymptome

Die Verfütterung der Vitamin-A-freien Kasein-Stärke- und Weizen-Sojaextraktions-Mischung führte in den Versuchen 3 a, 4, 8 und 9 zu klinischen Vitamin-A-Mangelsymptomen in Form nervöser Störungen. Ataxie, Paresen und Paralyse (MOLLGARD, 1938) traten in den Versuchen mit Absetzferkeln  $\approx 2$  Wochen und in den Versuchen 8 und 9 bei Mastschweinen  $\approx 4$  Wochen nach Beginn der Verzehrs- und Wachstumsdepression auf (Tab. 2 und 3). In der Leber konnte bereits acht bis 10 Wochen nach dem Absetzen kein Vitamin A (<1 IE/g) mehr gefunden werden und auch der Plasmaspiegel war zu diesem Zeitpunkt deutlich erniedrigt (<20 IE/100 ml). Im Gegensatz zu MOLLARD (1938) und HENTGES u. a. (1952) wiesen wir nach, daß der eingeschränkte Verzehr nicht eine Folge der Inkoordinationen ist.

Ein weiteres charakteristisches Symptom des fortgeschrittenen Vitamin-A-Mangels sind die als „Stimmaffektionen“ beschriebenen Kreischlaute. Etwa ein Drittel der Mangeltiere war davon betroffen. Hinweise in der Literatur fehlen fast völlig; lediglich FRAPE u. a. (1959) beschreiben Vitamin-A-Mangel-bedingte „changes in guttural tone“.

Von den 19 in den Versuchen 8 und 9 an der Avitaminose erkrankten Mastschweinen überlebten ohne weitere Behandlung zehn Tiere bis zum Ende der Mast. Als zweifels-

Tabelle 2

(Vitamin-A-Mangel) bei Abszesskerkeln nach Verfütterung verschiedener Iationen (6,5–35 kg Lebendmasse)

Tabelle 3  
Vitamin-A-Mangel bei Mastschweinen nach Verfütterung einer Weizen-Gerste-Soja-Mischung; Vergleich der Mangelgruppe mit den niedrigstdosierten Kontrollgruppen (Versuch 8: 107 Tage/6,5-104 kg Lebendmasse; Versuch 9: 188 Tage/6,5-114 kg Lebendmasse)

Versuch/Zusatz IE Vitamin A, Nitrit je kg Mischfutter	Tierzahl/ Versuchs- ende <sup>1</sup>	Lebend- masse, kg nach 16 Versuchs- wochen <sup>2</sup>	IE Vitamin A zu Versuchsende je dg Leber	Auftreten nach Wochen	Vorzeichen- depression	Anzahl Fälle Mangelsymptome
<i>Versuch 8</i>						
0	4	57 ± 7	<7	nicht erfaßt	10	16
125 IE	5	64 ± 7	<7	nicht erfaßt	14	—
250 IE	5	68 ± 7	<7	nicht erfaßt	—	—
<i>Versuch 9</i>						
0	7	58 ± 7	<7	2 ± 2	16	19
0 + 1000 mg NO <sub>2</sub>	7	49 ± 8	<7	2 ± 2	14	17
250 IE	7	63 ± 9	<7	* 8 ± 7	—	—
250 IE + 1000 mg NO <sub>2</sub>	7	59 ± 6	<7	12 ± 8	18	25
						1 × leichte Ataxie

<sup>1</sup> zu Versuchsbeginn 5 bzw. 8 Tiere/Gruppe

<sup>2</sup> kurz vor oder bei Auftreten der Mangelsymptome

<sup>3</sup> absolute Bewegungsunfähigkeit über 48 Stunden trotz Injektion von 20 ml URSOVIT A wäßrig (1 Mio. IE Vitamin A) und Infusion von 100 ml 0,9%ige NaCl-Lösung

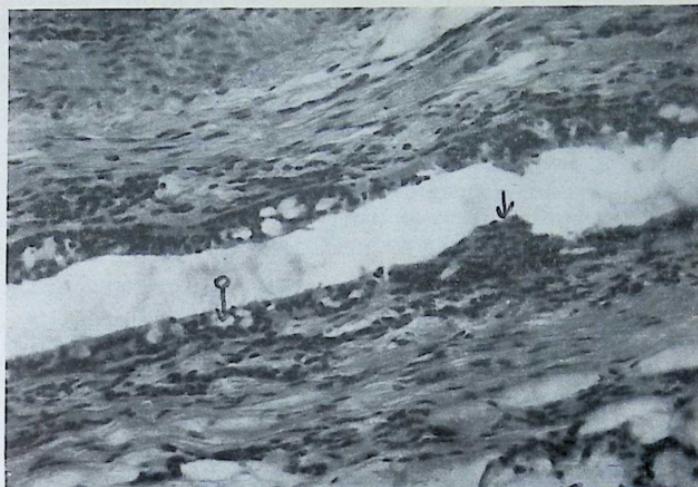


Abb. 1. Großer Speichelgang: In dem normalerweise zweischichtigen Epithelbelag finden sich als pathologische Befunde Vakuolen (↑) sowie herdförmige Hyperplasien bzw. Metaplasien in ein vielschichtiges Plattenepithel (↓) – Aufnahme W. SEFFNER (1979)

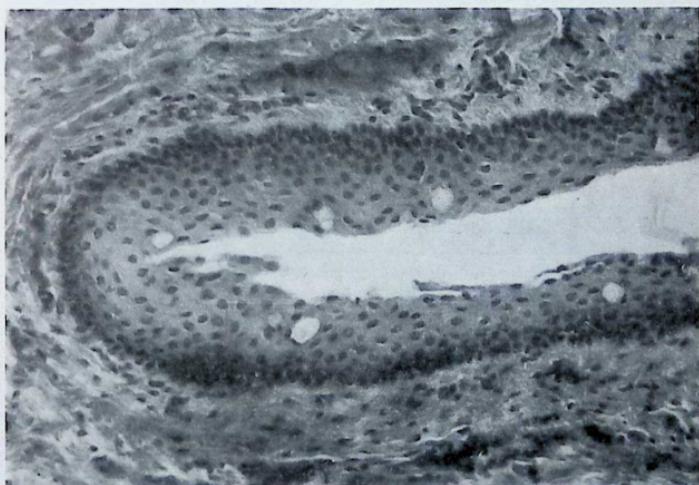


Abb. 2. Großer Speichelgang: Hochgradige Metaplasie des zweischichtigen Gang-epithels in ein vielschichtiges Plattenepithel – Aufnahme W. SEFFNER (1979)

freier Beleg für das Vorliegen eines Vitamin-A-Mangels gelang in zwei bzw. vier Fällen die Repletion nach Umstellung auf mit 500 IE Vitamin A/kg ergänztes Futter bzw. durch i. m. Applikation von 10 bis 20 ml URSOVIT A-wässrig (50000 IE Vitamin A/ml). Drei Mastschweine waren jedoch so geschädigt, daß sie verendeten bzw. getötet werden mußten.

Hyperkeratinisierung und Blindheit wurden nur vereinzelt registriert. Diese Symptome können daher nicht in dem Grade als typisch für den Vitamin-A-Mangel des Schweines gelten wie die nervösen Störungen und Stimmaffektationen.

Die histologische Untersuchung von Auge, Harnleiter, Leber, Niere und Schilddrüse sowie Gelenkknorpel ergab keinerlei Hinweis auf Veränderungen infolge Vitamin-A-Mangels.

Demgegenüber reagierten die Speicheldrüsen meist sehr deutlich. In den größeren Speichelgängen fanden sich Epithelveränderungen in Form von Vakuolenbildung (Abb. 1) oder eine Metaplasie des normalerweise ein- bis zweischichtigen Zylinderepithels in ein vielschichtiges Plattenepithel (Abb. 2). Unsere Befunde stimmen mit den in der Literatur für Ratte und Rind angegebenen überein (ANZANO u. a., 1979; MOORE, 1957). FRAPE u. a. (1958) beschreiben in ihren Untersuchungen bei einem Schwein die Veränderung des Speicheldrüsenepithels im Vitamin-A-Mangel und weisen auf den seltenen, für diese Spezies nicht typischen Befund hin. Nach unseren Ergebnissen wird das Epithel der Speicheldrüse noch vor dem Auftreten der nervösen Störungen verändert. Analog der Sequenz der Mangelsymptome bei der Ratte (ANZANO u. a., 1979) sind Veränderungen des Speicheldrüsenepithels ein sehr sensibles Kriterium des Vitamin-A-Mangels.

### 3.2. Krankheiten und Tierabgänge

Abgesehen von den Verlusten im klinischen Vitamin-A-Mangel wurden in sämtlichen Versuchen Krankheiten und Abgänge (Verluste und Selektion) durch die unterschiedliche Ergänzung des Futters mit Vitamin A nicht beeinflußt. Das gilt besonders für die in der Aufzucht unter industriemäßigen Bedingungen auftretenden Gastroenteritiden (Tab. 4).

Tabelle 4

Durchfallbehandlungen, Verluste und Selektion im Versuch 5  
(117 Tiere/Gruppe; 8,5 bis 27 kg Leibendmasse, Weizen-Soja-Ration)

		IE Vitamin A/kg Mischfutter			
		0	250	500	4000
Durchfall- behandlungen	0-28 d	17	22	17	15
	29-65 d	8	13	11	18
Verluste		3	6	6	2
Selektion*		6	13	11	12

Umsetzungen in Krankenbucht bzw. „Rückstufung“ wegen unzureichender Körpermasse/Schwäche

Die in der 5. und 6. Woche eine Leistungsdepression bewirkende Virusinfektion (GAREISS und STAHL, 1981) wurde bereits in der ersten Mitteilung (SCHÖNE und LÜDKE, 1984) besprochen. Das nach dem Absetzen auftretende Kolienterotoxämiesyndrom

wurde als Todesursache bei 13 von insgesamt 17 verendeten Ferkeln diagnostiziert. Die Kolienterotoxämie ist als Hauptursache für die Umsetzung im Wachstum zurückbleibender Tiere anzusehen (LUTTER, 1979). Obwohl in der Praxis zusätzliche Vitamin-A-Gaben das Mittel der Wahl bei Durchfall sind, hat Vitamin A auf die Häufigkeit der Gastroenteritiden keinen Einfluß. Andere Autoren ziehen ähnliche Schlußfolgerungen (SCHMIDT, 1973; SOLON u. a., 1979), wobei ihr Stichprobenumfang für diese Aussage nicht immer ausreicht (DANNENBERG, 1970; FRIEND u. a., 1961; McDONALD u. a., 1966; NELSON u. a., 1962).

### 3.3. Serumeiweißfraktion und humorale Immunantwort

Die Vitamin-A-Versorgung beeinflußte den Gehalt des Serums an Gesamteiweiß sowie an den Globulinfraktionen  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  nicht (Tab. 5). Die Werte sind in dem bei KOLB (1974) angegebenen Bereich.

Tabelle 5

Gehalt des Serums bei Mastschweinen an Eiweiß, Albumin und  $\gamma$ -Globulin (g/dl) nach 134 Versuchstagen (Versuch 9, Getreide-Sojaextraktionsschrot-Ration)

Zusatz IE Vitamin A/ Nitrit je kg Mischfutter	Tier- zahl <sup>1</sup>	mittlere Lebend- masse (kg)	Serum- eiweiß	Albumin	$\gamma$ -Globulin <sup>2</sup>
0	6	69	7,04 ± 0,72	3,09 ± 0,44	1,32 ± 0,22
0 + Nitrit	6	58*	7,19 ± 0,35	2,91 ± 0,37	1,53 ± 0,29
1000 IE	6	80	7,45 ± 0,29	3,42 ± 0,27	1,34 ± 0,16
1000 IE + Nitrit	7	74	8,03 ± 0,84	3,52 ± 0,40	1,44 ± 0,34
4000 IE	7	77	7,63 ± 0,41	3,17 ± 0,50	1,63 ± 0,37
4000 IE + Nitrit	7	78	7,33 ± 0,42	3,10 ± 0,38	1,46 ± 0,25

\* p 0,05

> > > >

<sup>1</sup> nur vakzinierter Tiere

<sup>2</sup>  $\alpha$ - und  $\beta$ -Globulin wegen der besseren Übersichtlichkeit nicht angegeben

Unsere Ergebnisse bestätigen die Befunde an Mensch (PALMER, 1978) und Pute (PRINZ, 1980) bei Unterversorgung mit Vitamin A. Sie stützen nicht die Hypothese einer Vitamin-A-Mangel-bedingten Hypo- $\gamma$ -Globulinämie (APPLETON u. a., 1964; VÖLKER u. a., 1976).

Der Albumingehalt war bei Vitamin-A-armen Ernährung analog den Ergebnissen von FRIEND u. a. (1961) sowie HARMON u. a. (1963) erniedrigt. Aufgrund der Unspezifität der Albuminfraktion ist dieser Befund schwer zu deuten. In der klinischen Diagnostik charakterisiert er eine Einschränkung der Proteinsyntheseleistung der Leber (GITTER und HEILMEYER, 1978).

Die Vakzinierung hatte keinen Einfluß auf den Gehalt an  $\gamma$ -Globulin. Das H-Antigen und das Human-Gamma-Globulin führten jedoch zu einer deutlichen und signifikanten Antikörperfördigung (Tab. 6). Gegenüber dem Lipopolysaccharidantigen konnte kein statistisch gesicherter Anstieg nachgewiesen werden.

Tabelle 6

$\gamma$ -Globulingeinhalt (g/dl Serum) und Antikörpertiter (-log<sub>2</sub>) der unbehandelten und der vakzinisierten Tiere im Versuch 9 nach 134 Versuchstagen (13 Tage nach der ersten Antigengabe)

Vakzinierung	n	Antikörper gegen $\gamma$ -Globulin g/dl Serum	H-Antigen	LPS	HGG
unbehandelte Tiere	6	1,6 $\pm 0,2$	3,2 $\pm 0,8$	3,8 $\pm 2,6$	3,5 $\pm 1,2$
behandelte Tiere	39	1,6 $\pm 0,2$	5,6 $\pm 1,2$	4,7 $\pm 2,1$	4,7 $\pm 1,4$
<i>p</i> 0,05		>	<	>	>

Die Vitamin-A-Dosierung beeinflußte die gemessenen Antikörpertiter in der Mehrheit der Bestimmungen nicht. In beiden Versuchen war aber die Immunantwort gegen das bakterielle Lipopolysaccharid bei den ohne Vitamin A ernährten Schweinen deutlich schwächer ausgeprägt (Tab. 7 und 8). Die Vitamin-A-Dosierung  $\geq 125$  IE und

Tabelle 7

Antikörpertiter (-log<sub>2</sub>) gegen Lipopolysaccharid von *Salmonella dublin* (LPS) im Versuch 3 nach 70 Versuchstagen

Ration	IE Vitamin A je kg Futter		$\Sigma$ Rationen
	0	125-4000	
Weizen-Soja	5,3 <sup>a</sup> (12) <sup>1</sup> $\pm 1,2$	6,3 <sup>b</sup> (27) $\pm 1,2$	6,0 <sup>a,b</sup> (30) $\pm 1,2$
Kasein-Stärke	5,5 <sup>a</sup> (7) $\pm 0,8$	6,7 <sup>a,b</sup> (3) $\pm 3,1$	5,8 <sup>a,b</sup> (10) $\pm 1,7$
$\Sigma$ Vitamin-A- Versorgung	5,4 <sup>a</sup> (19) $\pm 1,0$	6,3 <sup>b</sup> (30) $\pm 1,4$	

<sup>1</sup> Tierzahl in Klammern

unterschiedliche Buchstaben zeigen Signifikanz an (*p* < 0,05)

Tabelle 8

Antikörpertiter (-log<sub>2</sub>) gegen Lipopolysaccharid<sup>1</sup> von *Salmonella dublin* (LPS) im Versuch 9 nach 134 Versuchstagen<sup>2</sup>

Nitritzusatz je kg Futter	IE Vitamin A je kg Futter		
	0	1000	4000
ohne	1,7 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	5,2 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>	6,8 $\pm$ 0,7 <sup>c</sup>
mit 1000 mg NO <sub>2</sub>	2,6 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	5,6 $\pm$ 1,6 <sup>b</sup>	5,7 $\pm$ 1,4 <sup>bc</sup>
$\Sigma$ Vitamin-A-Stufen	2,2 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	5,4 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>	6,3 $\pm$ 1,2 <sup>bc</sup>

<sup>1</sup> an sensibilisierte Erythrozyten gebunden

<sup>2</sup> Tierzahl in Tab. 5, unterschiedliche Buchstaben zeigen Signifikanz an (*p* < 0,05)

die Ration zeigten keinen Einfluß (Tab. 7). Der im Versuch 9 bei 4000 IE Vitamin A im Vergleich zu 1000 IE/kg Futter erhöhte Titer (Tab. 8) berechtigt nicht zu einer

Extrapolation auf höhere Vitamin-A-Gaben, zumal dieser Effekt bei der mit Nitrit belasteten Parallele ausblieb. In Untersuchungen an wachsendem Geflügel wirkte ein höheres gegenüber einem mittleren Vitamin-A-Versorgungsniveau sogar depressiv auf die Antikörperbildung (HERLYN u. a., 1975; PRINZ, 1980).

Auch die Verabreichung des Human-Gamma-Globulins führte zu einer verringerten Antikörpersynthese (Tab. 9).

Tabelle 9

Antikörpertiter ( $-\log_2$ ) gegen Human-Gamma-Globulin<sup>1</sup> im Versuch 9  
nach 134 Versuchstagen<sup>2</sup>

Nitritzusatz je kg Futter	IE Vitamin A je kg Futter		
	0	1000	4000
ohne	3,0 ± 0,6 <sup>a</sup>	5,2 ± 1,3 <sup>b</sup>	5,4 ± 1,1 <sup>b</sup>
mit 1000 mg NO <sub>2</sub>	4,3 ± 1,4 <sup>ab</sup>	4,8 ± 1,5 <sup>ab</sup>	5,4 ± 1,3 <sup>b</sup>
Σ Vitamin-A-Stufen	3,7 ± 1,2 <sup>a</sup>	5,0 ± 1,4 <sup>b</sup>	5,4 ± 1,2 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> an sensibilisierte Erythrozyten gebunden

<sup>2</sup> Tierzahl in Tabelle 5, unterschiedliche Buchstaben zeigen Signifikanz an ( $p < 0,05$ )

Der in der Mangelgruppe unter Nitriteinfluß nachgewiesene höhere Titer ( $p > 0,05$ ) kann nicht erklärt werden, zumal das Nitrit in den anderen Gruppen nicht in gleicher Weise wirkte.

Die Fragen des Zusammenhangs zwischen Ernährung und Immunstatus befinden sich noch im Anfangsstadium der Aufklärung. Der gegenwärtige Kenntnisstand ist bei CHANDRA (1980), DREIZEN (1979), GOOD u. a. (1980), MILLER (1979), PARRATT (1980) sowie STIEHM (1980) referiert.

In neueren Arbeiten wurde nach Behandlung von B-Lymphozytenkulturen mit Mitogenen eine Vitamin-A-Mangel-bedingte Proliferationshemmung nachgewiesen (MARK u. a., 1980; NAUSS u. a., 1979).

GANGULY (1980) fand bei Vitamin-A-Mangel in verschiedenen sich schnell regenerierenden Geweben (Keimepithel !) verzögerte Zellteilung. Befunde von MARK u. a. (1980) belegen im Vitamin-A-Mangel einen veränderten <sup>14</sup>C-Glukosamineinbau in den Glykoproteinmantel der Lymphozyten. Die diese Verbindung enthaltenden membranständigen Rezeptoren steuern die Synthesen im Kern und Plasma der Zelle. An dieser Stelle setzt auch DELUCAS Theorie zur biochemischen Rolle des Vitamin A an (DELUCA, 1977, 1978). Vermutet wird die Beteiligung des Retinols und der Retinsäure an der Synthese der Membranglykoproteide. Bisher konnten allerdings erst Zwischenstufen des Vitamin-A-Metabolismus (Galaktosyl- und Mannosylretinylphosphat) experimentell nachgewiesen werden (DELUCA u. a., 1979).

### Zusammenfassung

Bei 2035 Schweinen (6,5 bis 114 kg Lebendmasse) wurden in Abhängigkeit von der Vitamin-A-Versorgung Krankheiten und Verluste registriert. Die histologischen Untersuchungen umfaßten bei 72 Tieren verschiedene Organe. Im Serum von 104 Tieren wurde der Gehalt der Haupteiweißfraktionen sowie die Antikörpertiter nach Verabreichung verschiedener Antigene bestimmt.

Die Fütterung einer Vitamin-A- und karotinfreien Kasein-Stärke-Ration führte nach 7 bis 8 Versuchswochen, die einer Vitamin-A-freien Getreide-Sojaextraktions-schrot-Ration ( $\approx 2$  mg Karotin) nach 16 bis 19 Versuchswochen zu Mangelsymptomen, besonders in Form nervöser Störungen und Stimmaffektationen. Histologisch konnte in der Speicheldrüse eine Hyperplasie und Metaplasie des Epithels großer Gänge nachgewiesen werden. Die Repletion eines Teiles der avitaminotischen Tiere durch orale (500 IE/kg Futter) und parenterale (500000–1000000 IE i. m.) Vitamin-A-Verab-reichung ist Beleg für das Vorliegen des Mangels an Vitamin A. Die Vitamin-A- bzw. Provitamindosierung beeinflußte, bis auf das Auftreten von Mangelerscheinungen, die Krankheiten und Verluste nicht. Der Gehalt des Serums an Eiweiß, sowie den Globulinfraktionen  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  veränderte sich nicht, der Albumingehalt war bei den Gruppen ohne Vitamin A erniedrigt ( $p > 0,05$ ). Die Antikörpertiter gegen das Lipopolysaccharid von *Salmonella dublin* und das Human-Gamma-Globulin waren bei Vitamin-A-frei ernährten Ferkeln und Mastschweinen erniedrigt ( $p < 0,05$ ). Gemessen am Kriterium Tiergesundheit läßt sich kein höherer Bedarf als für das Wachstum (250 IE Vitamin A/kg Futter) ableiten.

#### Резюме

Х. Людке, Ф. Шёне, А. Хенниг, В. Зеффнер и Г. Штайнбах

Исследование по потребности растущих свиней в витамине А. З-ье сообщ.: Влияние снабжения витамином А на здоровье поросят и откармливаемых свиней

У 2035 свиней (6,5–114 кг живой массы) регистрировались в зависимости от снабжения витамином А заболевания и потери. Проводились у 72 животных гистологические исследования различных органов. В сыворотке крови от 104 животных определились содержание главных фракций белка и титр антител после введения различных антигенов.

Кормление рациона из казеина и крахмала без всяких витамина А и каротина вызвало через 7–8 опытных недель болезнь, связанная с недостаточностью витамина А, особенно первоначальные дисфункции и аффекции голоса. Тоже самое наблюдали при кормлении рациона из зерновых злаковых и соевого шрота без витамина А и с около 2 мг каротина, но теперь только через 16 до 19 недель. В слюнной железе определились гистологическим путём гиперплазия и метаплазия эпителия больших дугор. Репликация части авитаминозных животных оральным (500 МЕ/кг корма) и парентеральным (500 000–1 000 000 МЕ интрамышечно) введением витамина А является доказом для существования недостатка в витамине А. Дозировка витамина А или провитаминов не влияла на заболевания и потери с исключением проявления болезни, связанной с недостаточностью витамина А. Содержания белка и  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке не изменились, только содержание альбумина было пониженное у групп без витамина А ( $p > 0,05$ ). Титр антител против липополисахара у *Salmonella dublin* и гуман-гамма-глобулинов были пониженные у поросят и откармливаемых свиней, кормившихся без витамина А ( $p < 0,05$ ). Если здоровье животных является параметром для потребности в витамине А, то требования не выше, чем для роста, т. е. 250 МЕ витамина А/кг корма.

## Summary

H. LÜDKE, F. SCHÖNE, A. HENNIG, W. SEFFNER and G. STEINBACH

Investigations into the vitamin A requirement of growing pigs. 3. Influence of vitamin A supply on the state of health of piglets and fattening pigs

Diseases and losses were registered in dependence on vitamin A supply with 2,035 pigs (6.5–114 kg live weight). The histologic examinations comprised various organs of 72 animals. The content of the main protein fractions as well as antibody titre after supplementing antigenes were determined in the serum of 104 animals. The feeding of a vitamin-A- and carotinefree casein-starch-respectively a Vitamin-A-free cereal-soybeanmeal-diet led to deficiency symptoms after 7–8 respectively 16–19 weeks of experiment particularly in the shape of nervous disturbances and voice affectations. Histologically a hyperplasia and a metaplasia of the epithelium of the big ducts in the salivary gland could be proved. The repletion of a part of the avitaminotic animals by means of oral (500 I.U./kg feed) and parenteral (500,000 to 1,000,000 I.U. i. m.) vitamin A administration is proof of a lack of vitamin A. Vitamin A and provitamin dosage did not influence diseases and losses with the exception of the occurrence of deficiency symptoms. The protein content of the serum as well as that of the globulin fractions  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  did not change, the albumin content was lower in the groups without vitamin A ( $p > 0.05$ ). Antibody titre against the lipopolysaccharide of salmonella dublin and human gamma globulin were diminished in piglets and fattening pigs fed vitamin A free ( $p < 0.05$ ). Taking the criterion of animal health, a vitamin A requirement higher than for growth (250 I.U./kg feed) cannot be derived.

## Literaturverzeichnis

- [1] ANZANO, M. A., A. J. LAMB und J. A. OLSON: *J. Nutrit.* **109** 1419 (1979)
- [2] APPLETON, M. D., W. HAAB, P. J. CASEY, P. J. CASTELLINO, J. M. SCARR und P. J. MIRAGLIA: *Amer. J. Ment. Defic.* **69**, 324 (1964), zit. b. PALMER 1978
- [3] CHANDRA, R. K.: *Fed. Proc.* **39**, 3088 (1980)
- [4] DANNENBERG, H. D.: Untersuchungen zur Vitamin-A- und E-Versorgung der Schweine, insbesondere hinsichtlich ihrer Herdendiagnostik und der Auswirkungen zusätzlicher Vitaminverabreichungen bei Ferkeln und Maatschweinen. *Habilitationsschrift*, Berlin (1970)
- [5] DELUCA, L. M.: *Vit. Horm.*, New York **34**, 1 (1977)
- [6] DELUCA, L. M.: *Handbook of lipid research*. Plenum Publishing Corporation Bd. **2**, 1 (1978)
- [7] DELUCA, L. M., P. V. BHAT, W. SASAK und S. ADAMO: *Symp. Dallas* 4. April *Fed. Proc.* **38**, 2535 (1979)
- [8] DREIZEN, S.: *J. Vit. Nutrit. Res.* **49**, 220 (1979)
- [9] FRAPE, D. L., R. S. ALLEN, V. C. SPEER, V. W. HAYS und D. V. CARTON: *J. Nutrit.* **67**, 189 (1958)
- [10] FRAPE, D. L., V. C. SPEER, V. W. HAYS und D. V. CARTON: *J. Nutrit.* **68**, 173 (1959)
- [11] FRIEND, C. J., C. R. C. HEARD, B. S. PLATT, R. J. C. STEWART und M. R. TURNER: *Brit. J. Nutrit.* **15**, 231 (1961)
- [12] GANGULY, J., U. R. S. RAO, S. K. MURTHY und K. SARADA: *Vit. and Horm.* **38**, 1 (1980)
- [13] GAREISS, G. und U. STAHL: *Mh. Vet. Med.* **36**, 415 (1981)
- [14] GITTER, A. und L. HEILMEYER: *Taschenbuch klinischer Funktionsprüfungen*. 10. Auflage. VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1978)

- [15] GOOD, R. A., A. WEST und G. FERNANDES: Fed. Proc. **39**, 3098 (1980)
- [16] HALLMANN, L. und S. BURKHARDT: Klinische Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart, 4. Auflage (1974)
- [17] HARMON, B. G., E. R. MILLER, J. A. HOEFER, D. E. ULLREY und R. W. LUECKE: J. Nutrit. **79**, 263 (1963)
- [18] HENNIG, A.: Festvortrag zum 100. Geburtstag von A. SCHEUNERT (unveröffentlicht), 1979
- [19] HENTGES, J. F., R. H. GRUMMER, P. H. PHILLIPS, G. BOHSTEDT und D. K. SORENSEN: J. Amer. Vet. med. Assoc. **120**, 213 (1952)
- [20] HERLYN, D., E. BECK und J. TIEWS: Z. Tierphysiol., Tierernähr. Futtermittelkde. **35**, 27 (1975)
- [21] HERLYN, D. und H. GLASER: Übers. Tierernähr. **4**, 235 (1976)
- [22] HORN, V.: Biedermanns Zentralblatt Tierernähr. **10**, 214 (1934)
- [23] LUTTER, K.: Mh. Vet. Med. **34**, 16 (1979)
- [24] MARK, D. A., B. S. BALIGA und R. M. SUSKIND: Fed. Proc. **39**, 341 (Abstract — 1980)
- [25] McDONALD, T. A., W. H. SMETH, R. A. PICKETT und W. M. BEESON: J. Animal Sci. **25**, 1024 (1966)
- [26] MILLER, R. F.: Nutrition and the immune systems. Proc. Georgia Nutrit. Conf. for the Feed Industry **1** (1979)
- [27] MØLLGAARD, H.: Tierernähr. **10**, 214 (1938)
- [28] MOORE, T.: Vitamin A, Elsevier, Amsterdam, London, New York (1957)
- [29] NAUSS, K. M., D. A. MARK und R. M. SUSKIND: J. Nutrit. **109**, 1815 (1979)
- [30] NELSON, E. C., B. A. DEHORITY, H. S. TEAGUE, V. L. SANGER und W. D. POUNDEN: J. Nutrit. **76**, 325 (1962)
- [31] PARRATT, D.: Proc. Nutrit. Soc. **39**, 133 (1980)
- [32] PRINZ, M.: Untersuchungen zum Vitamin-A-Bedarf der wachsenden Pute. Diss. A, Karl-Marx-Universität Leipzig (1980)
- [33] SCHMIDT, R.: Vitamin-A-Bestimmungen bei Schweinen. Auswertung der im Tiergesundheitsamt Hannover durchgeführten Untersuchungen. Diss., Hannover (1973)
- [34] SCHÖNE, F. und H. LÜDKE: Arch. Tierernähr. **34**, 205 (1984)
- [35] SOLON, F., T. L. FERNANDEZ, M. C. LATHAM und B. M. POPKIN: Amer. J. Clin. Nutrit. **32**, 1445 (1979)
- [36] STEINBACH, G.: Grundlagen der Immunologie. Vortrag am 11. Dezember in Remderoda (1980)
- [37] STIEHM, E. R.: Fed. Proc. **39**, 3093 (1980)
- [38] SZÉCSENYI, A., J. LIPTAK und M. LEVAY: Allatteny Észtés **20**, 77 (1971)
- [39] URBANEK, D. und F. ROTHE: Mh. Vet. Med. **34**, 138 (1979)
- [40] VÖLKER, H., G. FURCHT und R. POLANN: Mh. Vet. Med. **31**, 161 (1976)
- [41] WEBER, E.: Grundbegriffe der biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1972)
- [42] ZISKA, P.: Nachweis von Antikörpern gegen O- und K-Antigene von Escherichia coli mittels passiver Hämagglutination. In: FRIEMEL, H.: Immunologische Arbeitsmethoden. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 127 (1976)

Eingegangen: 26. November 1982

Anschrift der Autoren:

Dr. agr. H. LÜDKE, Dr. agr. F. SCHÖNE und Prof. Dr. sc. agr. A. HENNIG  
 DDR - 6900 Jena, Dornburger Str. 24  
 Doz. Dr. sc. W. SEFFNER  
 DDR - 9933 Bad Elster, Heinrich-Heine-Str. 12  
 Dr. habil G. STEINBACH  
 DDR - 6900 Jena, Naumburger Str. 96a

GH. BURLACU, M. ILIESCU, P. CĂRĂMIDĂ and L. COSMESCU

## The nutritive value of the corn grains and of the high moisture corn fed to pigs

### 1. Introduction

The more productive belated kinds of corn, raised in our country, were preserved by drying until the world energy crises started. This kind of preservation lately became very expensive due to the high costs of the fuel used when drying and therefore was risen the problem of preservation by ensiling either whole or flaked corn grain, or the fully hacked or grinded corn cobs (corn-cob-mix) with moisture content between 30–40 %.

It became thus necessary to determine the nutritive value of the corn preserved in this manner and fed to monogastrics, first of all to pigs.

From the consulted literature we would like to mention the works of GROSS and PESCHKE (1981) and RUPP (1982) for both corn grains and corn-cob-mix and the works of COLUMBUS et al. (1957), ROTH-MAIER and KIRCHGESSNER (1975), ZSCHEISCHLER et al. (1979) (quoted by JEROCH et al. 1982) JEROCH et al. (1982) and from our country the works of PĂLĂMARU et al. (1961) on digestibility of corn cobs ensiled with or without corn husk.

We shall now present our researches on the nutritive value of the corn grains and corn cobs with different moisture content fed to pigs.

### 2. Materials and methods

It was investigated the nutritive value of the corn fed to pigs at different ages, using the following methods of preparation and preservation.

- a) naturally dried corn grain (13–14 % humidity) fed to piglets under 30 kg and to fattening pigs (50–110 kg);
- b) corn grain with high moisture between 30–50 % ensiled and fed to piglets under 30 kg and to fattening pigs (40–110 kg);
- c) ensiled flaked corn grains with 30–50 % humidity fed to fattening pigs (50–110 kg);
- d) ensiled corn-cob-mix with 35–52 % humidity fed to fattening pigs (30–110 kg);
- e) cobs fed to fattening pigs (50–110 kg).

The trials were made on Large White  $\times$  Landrace at different ages as shown before, using the technique of substituting 50 % of the natural dried corn grain given usually as feed with corn prepared and preserved by one of the methods shown at points b, c and d. The cobs were fed in a ration of 16.7 % as compared to the level of the basic diet, the mixture being fed *ad libitum*; the basic diet was fed at a level corresponding to 83.3 % DM from *ad libitum*.

In order to determine the nutritive value of dried corn in the whole diet, we considered the nutritive values from the tables of nutritive values (BURLACU, 1983) of the two feedstuffs (soya

bean meal and sunflower meal extracted) it was mixed with, the value of corn being thus determined by subtraction.

We have proceeded in this way in order to be able to research the nutritive value of the corn grains, corn cobs or corn-cob-mix, in the conditions of respecting the feeding standards adopted for the categories of age and fattening stages we have taken in study.

The digestibility experiments took place in periods of 5 days after an initial accommodation period of 7 days. The technique of digestibility determination was same with the one presented into a previous work (BURLACU et al. 1973).

The nutritive values expressed in net energy were calculated on the basis of the digestible substances, using the coefficients formulated by researches from Rostock (SCHIEMANN et al. 1976) also adopted by our system, applying a 10 % correction at the cobs as proposed for feedstuffs with high crude fibre content.

The digestibility experiments with cobs were completed by the determination of energy balance and fasting metabolism in order to see if the high crude fibre content of the diet consecutive to the supply of cobs determines changes in the efficiency of metabolisable energy utilisation as net energy.

The experiments were made in adequately digestibility cages and in an environmental temperature of 15–19 °C.

### 3. Results and discussions

#### 3.1. Nutritive value of corn grains

In Table 1 and 2 are shown the chemical composition and nutritive value of the dried corn grains and ensiled whole or flaked corn grain with different moisture content fed to growing piglets under 30 kg and to fattening pigs (50–110 kg) as obtained in our experiments compared to those determined by GROSS and PESCHKE (1981).

We remark first of all a lower value of the corn grains ensiled with humidity varying between 27–50 % than that of the natural dried corn grains at both categories of pigs, representing about 94–95 % from its value.

In fattening pigs where the variety of humidities was larger, it was not registered a significant variation of the nutritive value as reported to the DM content of the corn, the evolution of the nutritive value being given by the equation (1) (Figure 1):

$$(1) \quad y = 10.67 + 0.014 x - 0.000083 x^2 (\pm 0.025)$$
$$y = \text{M/kg DM}$$

In piglets under 30 kg it was registered a lower value of the corn, both of the natural dried corn and of the one ensiled with moisture between 51.2–41.9 % as compared to the fattening pigs i. e., with 5 % less for the dried corn and with 6.5 % less for the ensiled one, from the value of the dried corn.

We remark at the ensiled flaked corn grains an energetic nutritive value, expressed per kg DM, greater than the one of the dried corn grains. This means that in the conditions of a properly made and well pressed silo, such as we can obtain with the flaked corn grains, the anaerobic fermentative processes do not lower the energetic value of the corn grains.

In Figure 1 are incorporated also the values calc. after RUPP (1982).

Also from Table 2 we remark the similitude of our experimental data with those obtained by GROSS and PESCHKE (1981). We also mention that the nutritive value of the ensiled corn grain calculated after the experimental data of RUPP (1982) (taking into account the digestible nutritive substances of soya bean meals extracted (BUR-

Table 1  
Nutritive value of grain corn (G-growing pigs, under 30 kg)

Specification	g Nutrients and MJ GE/kg DM						g Digestible nutrients/kg DM						Energy values/kg DM		
	Ash	OM	CP	EE	CF	NFE	MJ	kg	DOM	DCP	DEE	DCF	DNFE	MJ	MJ
<i>Corn, 13-14 % moisture</i>	16	984	106	45	25	808	18.96	866	885	85	14	10	776	15.70	11.22
<i>Grain corn</i>															
<i>ensiled</i>	15	975	81	40	73	781	18.69	488	848	70	20	44	705	14.89	10.81
51.2 % moisture	20	980	77	32	61	810	18.60	531	810	68	20	702	14.58	10.45	0.738
46.9 % moisture	19	981	81	30	54	816	18.63	581	804	70	18	20	696	14.32	10.33
41.9 % moisture															0.705

\* Utilizing the equations for GE, ME and NE estimation adopted in our system (BRÜBLER, 1983)

\*\* NUP = Feed Unit (net energy) for pigs as in GDR-System (KEFs)

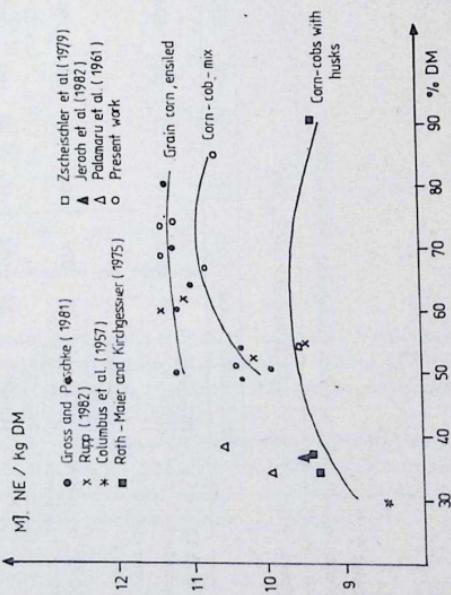


Fig. 1. The evolution of nutritive value of the corn grains and ear corns depending on the moisture content

Table 2  
Nutritive value of grain corn (Fattening pigs 30-110 kg)

Specification	g Nutrients and MJ GE/kg DM						g Digestible nutrients/kg DM						Energy values/kg DM			
	Reference	Ash	OM	CP	EE	CF	NFE	MJ	DOM	DCP	DEE	DCF	DNFE	MJ	ME*	NE*
Corn, 13-14 % moisture	BURLACU (1983)	16	984	106	45	25	808	18.96*	899	81	34	11	768	16.25	11.80	0.805
Grain corn ensiled	GROSS and PESCHKE (1981)	28	972	101	51	30	790	18.91*	846	81	32	15	719	15.37	11.17	0.762
50 % moisture	GROSS and PESCHKE (1981)	26	974	101	51	29	793	18.95*	848	81	32	14	722	15.43	11.20	0.764
40 % moisture	Pres.work	19	981	80	45	51	805	18.78	878	56	25	(55)	738	15.51	11.39	0.780
31.1 % moisture	GROSS and PESCHKE (1981)	23	977	102	51	28	796	19.01*	850	82	32	14	724	15.48	11.23	0.766
30 % moisture	Pres.work	17	983	75	54	13	841	18.87	865	65	28	7	765	15.52	11.33	0.773
27.1 % moisture	Pres.work	21	979	96	58	22	803	19.06	852	78	26	18	730	15.34	11.10	0.757
26.9 % moisture	Pres.work															
20 % moisture	GROSS and PESCHKE (1981)	20	980	102	51	27	800	18.66*	852	82	32	13	725	15.49	11.28	0.770
Plastered corn ensiled																
32.4 % moisture	Pres.work	20	980	73	42	47	818	18.64	929	69	34	40	786	16.75	12.26	0.836

\* see Table 1

\*\* see Table 1

LACU, 1983) and the coefficients of utilisation of the digestible nutrients as net energy as given by SCHIEMANN et al. (1976) agrees with what we presented (Table 1 and 2), having in average the value of 11.1 MJ NE/kg DM.

### 3.2. Nutritive value of the high moisture corn (corn-cob-mix)

Table 3 shows our experimental data, together with those obtained by GROSS and PESCHKE (1981) regarding the chemical composition and nutritive value of the high moisture corn with moisture content between 35–51 % obtained in fattening pigs.

The proportion between the grain dry matter ( $y$ ) and the dry matter of the ear corn ( $x$ ) is given by equation 2 (Figure 2) (after Moga – personal communication and personal researches):

$$(2) \quad y = 58.41 + 0.734 x - 0.00478 x^2 (\pm 0.54)$$

$$y = \% \text{ DM}$$

From Figure 2 we remark a parabolic growth of the percentage of grain DM as reported to the DM of the whole ear corn with the growth of its percentage of DM from about 75 to about 87 % in the limits of variation of the DM of the whole corn cobs from 39 to 80 % DM.

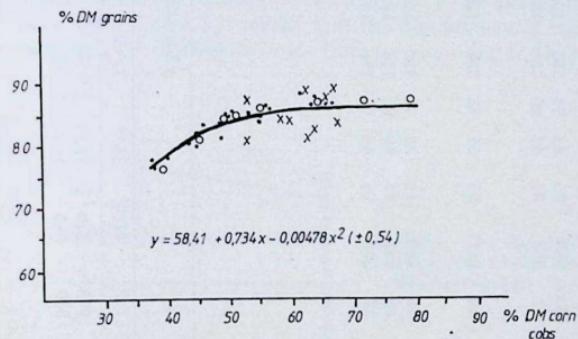


Fig. 2. The proportion between the dry matter of the ear corn and corn grains

The nutritive value of the high moisture corn (corn-cob-mix) ensiled with different moisture contents within the above mentioned limits varies from 9.85 MJ NE (at 49 % moisture) to 10.97 MJ NE/kg DM (at 36.7 % moisture). The value calculated after RUPP (1982) agrees with these limits (10.13 MJ NE/kg DM).

The mature full grown ear corn with 85 % DM has a nutritive value close to that of the high moisture corn, i. e. of 10.46 MJ NE/kg DM. The nutritive value of the high moisture corn and of the full grown ear corn has a slight curvilinear evolution, depending on the moisture content, ( $x$ ) given by the equation (3) (Figure 1):

$$(3) \quad y = 9.5 + 0.0167 x - 0.0000124 x^2 (\pm 0.013)$$

$$y = \text{MJ NE/kg DM}$$

Table 3  
Chemical composition and nutritive value of corn-cob-mix

Mois- ture	Reference %	DM*	g Nutrients and MJ GE/kg DM						g Digestible nutrients/kg DM						Energy values/kg DM			
			Grain	Cobs	Ash	OM	CP	EE	CF	NFE	MJ	DOM	DCP	DEE	DOF	DNFE	MJ	ME**
51.7	GROSS and PESCHKE (1981)	82.7	17.3	18	982	98	38	72	798	19.30**	795	74	18	29	686	14.36	10.31	0.703
49.0	GROSS and PESCHKE (1981)	83.4	16.6	20	980	95	44	74	781	19.20**	774	71	29	25	649	13.95	9.85	0.672
48.1	Pres.work	83.6	16.4	41	959	67	44	90	758	18.38	797	45	37	46	648	13.99	10.38	0.708
46.4	GROSS and PESCHKE (1981)	84.0	16.0	19	981	95	51	65	788	19.43**	775	67	35	16	657	14.17	10.32	0.704
36.7	GROSS and PESCHKE (1981)	85.7	14.3	18	982	116	57	74	735	19.35**	816	90	36	23	667	14.96	10.97	0.749
34.8	Pres.work	85.9	14.1	19	981	77	40	90	774	18.70	814	45	30	53	686	14.55	10.62	0.735
15.0	Pres.work	86.3	13.7	17	983	96	40	67	780	18.87	814	64	27	24	699	14.64	10.63	0.725

\* Grain DM was calculated in % of corn DM of following the equation (2)

\*\* See table 1

Table 4  
Nutritive value of the cobs

DM	g Nutrients and MJ GE/kg DM						g Digestible nutrients/kg DM						Energy values/kg DM			
	Ash	OM	CP	EE	CF	NFE	MJ*	DOM	DCP	DEE	DOF	DNFE	MJ	ME*	NE*	NU <sub>P</sub> *
866	19	847	25	4	302	516	15.81	174	—	—	—	26	148	2.91	1.96	0.13
1000	22	978	29	5	349	595	18.25	201	—	—	—	30	171	3.35	2.26	0.15

\* see Table 1

Taking into account the experimental data of COLUMBUS et al. (1957), ROTH - MAIER and KIRCHGESSNER (1975) and also those of ZSCHEICHLER et al. (1979) (quoted by JEROCH et al. 1982), JEROCH et al. (1982) and RUPP (1982) the nutritive value of the ground and ensiled husked ear corn varies between 8.58 MJ and 9.35 MJ NE/kg DM within the limits from 30-90 % DM husked ear corn, representing about 86 % of the nutritive value of the unhusked corn at the same variation of the moisture content.

The evolution of the nutritive value is given by equation (4) presented in Figure 1:

$$(4) \quad y = 6.690 + 0.0948 x - 0.000724 x^2 (\pm 0.009)$$

$y$  = MJ NE/kg DM

where  $x = \%$  DM husked ear corn

We mention that in the experiments previously made in our country and presented by PÄLÄMARU et al. (1961, cit. 11) the nutritive value of the husked ear corn was of 9.88 MJ NE/kg DM, a little higher than the one presented in Figure 1, the value of unhusked ear corn being in agreement with the figures shown in Table 3 (10.52 MJ NE/kg DM).

The nutritive value of the cobs was studied by supplying them as supplement at a basic diet, in the above mentioned proportion, fed to the fattening pigs. In Table 4 we present the chemical composition and nutritive value of the cobs.

Of course, the high content in crude fibre of the cobs introduced in the diet causes a decrease in the digestibility of the whole diet, as we can see from the Figures 3 and 4.

Thus, from Figure 3 it results that the digestibility of the organic matter ( $y$ ) decreases with the increase in crude fibre ( $x$ ) according to the equation (5) with about

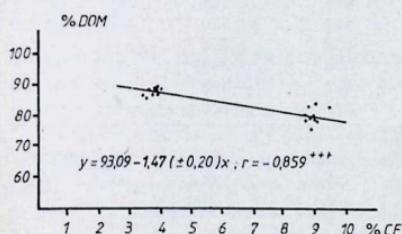


Fig. 3. The digestibility of the organic matter (% DOM) of the diets depending on the crude fibre percentage (% CF)

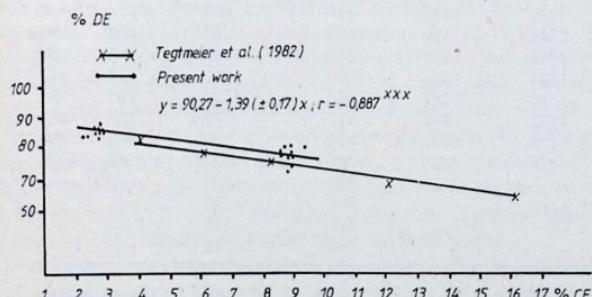


Fig. 4. The digestibility of energy (% DE) of the diets depending on the crude fibre percentage (CF)

1.47 per % CF and in digestible energy with 1.39 % per % CF according to equation (6):

$$(5) \quad y_1 = 93.09 - 1.47(\pm 0.20) x; \quad r = -0.859$$

$$(6) \quad y_2 = 90.27 - 1.39(\pm 0.17) x; \quad r = -0.887$$

This decrease in the digestibility with the content in CF of the diets with corn cobs resembles with the one found by TEGTMEIER et al. (1982) for diets with addition of HCl hydrolysed and  $\text{CaCl}_2$  neutralised straw as shown in Figure 4. The nutritive value of the cobs is intermediary between that of the HCl treated and  $\text{CaCl}_2$  neutralised straw and that of the untreated straw as determined by MÜNCHOW et al. (1980) (who have

Table 5

Energy balance in fattening pigs (kJ/kg<sup>0.75</sup>)

No.	Body weight	g DM	kJ/kg <sup>0.75</sup>	exp.	intake/day	Gross energy	Digest. energy	Metab. energy	Heat prod.	Retained energy	Ret. protein	Ret. fat
<i>Control group</i>												
1.	64	2242	1604	1373	1348	565	783	163	620			
2.	62	2242	1645	1407	1390	423	967	184	683			
3.	70	2383	1591	1356	1323	498	825	134	691			
4.	66	2383	1674	1457	1428	461	967	184	783			
5.	73	2544	1641	1411	1382	532	850	151	699			
6.	72	2544	1670	1403	1386	528	858	205	653			
7.	89	2485	1440	1193	1164	440	724	146	578			
8.	87	2485	1465	1214	1197	427	770	180	590			
9.	80	—	—	—	—	352	-352	—	—			
10.	77	—	—	—	—	343	-343	—	—			
11.	89	—	—	—	—	352	-352	—	—			
12.	87	—	—	—	—	327	-326	—	—			
Average value												
% of GE												
		2414	1590	1352	1327	484	843	168	675			
			100	85.0 ±	83.4 ±	30.0 ±	53.4 ±	19.7	80.3			
				1.0	0.9	2.1	2.2					
<i>Experimental group</i>												
1.	74	2906	1862	1432	1402	519	883	130	753			
2.	66	2769	1930	1444	1419	456	963	134	829			
3.	69	2820	1913	1524	1498	456	1042	154	888			
4.	62	2776	2059	1486	1465	498	967	142	825			
5.	64	2864	2057	1616	1587	465	1122	188	934			
6.	79	2880	1830	1373	1352	473	879	193	687			
7.	92	2799	1566	1130	1109	314	754	168	586			
8.	90	2351	1357	963	938	381	557	97	460			
9.	84	—	—	—	—	326	-326	—	—			
10.	79	—	—	—	—	306	-306	—	—			
11.	92	—	—	—	—	272	-272	—	—			
12.	90	—	—	—	—	264	-264	—	—			
Average value												
% of GE												
		2770	1821	1371	1346	446	900	152	748			
			100	75.4 ±	73.8 ±	24.4 ±	49.4 ±	16.8	83.2			
				1.2	1.1	2.2	1.9					

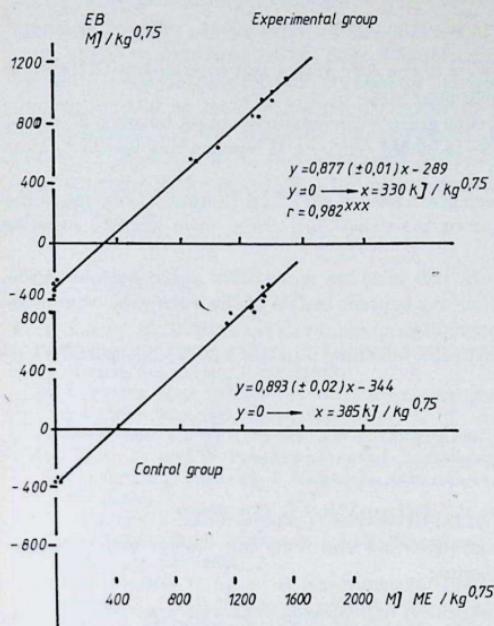


Fig. 5. The net efficiency of the metabolisable energy (energy balances = EB) in dependence of ME-intake of the diets with cobs (experimental group) and without cobs (control group)

found 0.103  $NU_p$ /kg DM for untreated straw and 0.242  $NU_p$  for treated straw) and by BETZIN et al. (1980) (0.105  $NU_p$  for untreated straw and 0.193  $NU_p$  for partially hydrolysed ones) in 30 kg piglets.

The results of the energy balances effected in fattening pigs with weights between 60–92 kg fed with cobs diets (experimental diets) and with diets without cobs (control diets), are shown in Table 5.

From Table 5 it results not only that the diets with cobs are less digested, as shown above, but also a higher value of the heat production at the control group and, as a consequence, a lower retained energy as compared to the experimental group. We may explain this by a higher state of excitement and therefore a superior metabolism of activity at this group which did not receive the diet ad libitum, fact remarked in the values of the fasting metabolism which are superior, determined on a 48 hrs period. Of course, the absolute value of the retained energy which is superior to the experimental lot is due to the plus of net energy conferred by the corn cobs.

In Figure 5 we present the net efficiency of the metabolisable energy calculated at the 2 groups by simple regression. The equations of regression show a net efficiency similar for the both groups (a little higher at the control group) but a value of the maintenance requirement significant higher at the control group.

In absolute values, the growth in protein is similar (even higher at the control group), which shows that the cobs produce only growth in fat.

### Summary

It was investigated the nutritive value of the corn grains and corn cobs with different moisture contents in growing or fattening pigs.

It was found out that the ensiled corn grain with moisture content between 27–50 % has a nutritive value between 10.33–11.39 MJ NE/kg DM representing 94–95 % from the value of dried corn grain.

We mention that at the flaked corn grain ensiled with 32.4 % humidity it was found a similar nutritive value with that of the dried corn grain, even slightly superior (by 3.8 %).

The high moisture corn cob (corn cob mix) has a nutritive value between 9.85–10.97 MJ NE/kg DM variable with the content in DM of the corn cobs, the maximum value being at about 35 % humidity.

The nutritive value of the cobs fed to the fattening pigs is of 2.26 MJ NE or 0.15 NUp/kg DM.

### Zusammenfassung

Gh. BURLACU, M. ILIESCU, P. CĂRĂMIDĂ und L. COSMESCU

Der Futterwert von Maiskörnern und von Mais mit hohem Feuchtigkeitsgehalt in der Schweinefütterung

Es wurde der Futterwert von Maiskörnern und Maisspindeln mit unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt an jungen Schweinen und an Mastschweinen untersucht. Eingesilzte Maiskörner mit einem Feuchtigkeitsgehalt zwischen 27 bis 50 % hatten einen Futterwert von 10,33 bis 11,39 MJ Nettoenergie/kg TS, das entspricht 94 bis 95 % des Futterwertes von trocknen Maiskörnern. Eingesilzte Maisflocken mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 32,4 % hatten einen ähnlichen Futterwert wie trockene Maiskörner, sogar etwas höher (etwa 3,8 %). Maiskolben (*corn cob mix*) mit hohem Feuchtigkeitsgehalt hatten einen Futterwert zwischen 9,85 und 10,97 MJ Nettoenergie/kg TS in Abhängigkeit vom TS-Gehalt der Maiskolben, der maximale Feuchtigkeitsgehalt lag bei etwa 35 %. Der Futterwert der Kolben lag bei 2,26 MJ-Nettoenergie bzw. 0,15 kEFs/kg TS (geprüft an Mastschweinen).

### Резюме

Г. Бурлаку, М. Илеску, П. Карамида и Л. Космеску

Питательность кукурузного зерна и кукурузы с высоким содержанием влажности в кормлении свиней

Определилась питательность кукурузных зернов и кукурузных початков с различным содержанием влажности в опытах на молодняке и на откармливаемых свиньях. Силосованные кукурузные зерна с 27 до 50 % воды имели питательности от 10,33 до 11,39 МДж неттоэнергии/кг сухого вещества, т. е. они имели 94–95 % питательности в сравнении с сухим кукурузным зерном. Силосованные куку-

рузные хлопья, содержащие 32 % влажности, имели почти такую питательность как сухие кукурузные зерна, даже немного выше (приблизительно 3,8 %). Кукурузные початки (*corn cob mix*) с высоким содержанием влажности имели питательности от 9,85 до 10,97 МДж неттоэнергии/кг сухого вещества в зависимости от содержания сухого вещества кукурузного початка. Максимально 35 % воды определились для него. Питательность початков находилась при 2,26 МДж неттоэнергии или 0,15 кило ЭКЕ<sub>CB</sub>/кг сухого вещества (в опытах на откармливаемых свиньях).

### Reference

- [1] BETZIN, B., H. BERGNER und O. SIMON: Arch. Tierernähr. **30**, 539 (1980)
- [2] BURLACU, Gh., Gh. BAIA, I. DUMITRA, M. DOINA, V. TAŞCENOV, I. VIŞAN and I. STOICA: J. agric. Sci. Camb., **1**, 295 (1973)
- [3] BURLACU, Gh.: Valoarea nutritivă a nutrețurilor, normele de hrana și întocmirea rațiilor. Ed. Ceres București, p 357 (1983)
- [4] COLUMBUS, A., W. HARNISCH und S. JAHN: Arch. Tierernähr. **7**, 193 (1957)
- [5] GROSS, F., und W. PESCHKE: Das wirtschaftseigene Futter **27**, 45 (1981)
- [6] JEROCH, H., C. WECKE, I. MEWES, R. ACKERMANN und G. GEBHARDT: Arch. Tierernähr., **32**, 619 (1982)
- [7] MÜNCHOW, H., H. BERGNER, B. TEGTMEIER und H. WIELAND: Arch. Tierernähr. **30**, 675 (1980)
- [8] PĂLĂMĂRU, E., C. PETRESCU und V. TASCENKO: Valoarea hrănițoare a nutrețuricol. DIN R.P.R., p. 250 (1961)
- [9] ROTH-MAIER, D. A. und M. KIRCHGESSNER: Das wirtschaftseigene Futter **21**, 211 (1975)
- [10] RUPP, J.: (1982) Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Konservierungsverfahren auf die ernährungsphysiologische Qualität von Getreidefrüchten. Diss. Univ. Hohenheim. (1982)
- [11] TEGTMEIER, B., H. BERGNER und H. MÜNCHOW: (1982) Arch. Tierernähr., **32**, 813 (1982)
- [12] Valoarea hrănițoare a nutrețurilor din RPR. Ed. Agro-Silvică. p. 250, 294 (1961)
- [13] SCHIEMANN u. a.: Das DDR-Futterbewertungssystem. VEB Deutscher Landwirtsch. Vlg., Berlin p. 14. (1976)

Received: 10 August 1983

### Adress of authors:

Dr. Gh. BURLACU, M. ILTEȘCU, P. CĂRĂMIȚĂ and L. COSMESCU  
 Institute of Biology and Animal Nutrition  
 Balotesti-Ilovo  
 Soz. Balotesti – Ploiești km 18  
 Romania



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

H. MÜNCHOW und H. BERGNER

## Untersuchungen zur Aufzucht weiblicher Rinderzwillinge bei Einsatz von Alleinfutterpellets im Vergleich zu Strohpellets plus Konzentratmischung

### *1. Mitteilung*

Zunahmeleistung und Futteraufwand sowie Pansenfermentationsverhältnisse  
vom 4.-12. Lebensmonat

#### 1. Einleitung

In zunehmendem Maße wird der Erfolg in der Aufzucht weiblicher Jungrinder nicht nur an der Zuwachsleistung gemessen, sondern er schließt ebenso Aspekte der Grobfutteraufnahme bei gleichzeitiger Einsparung von Konzentratfuttermitteln mit ein (WEISSBACH und BERGNER, 1979; BERGNER und WEISSBACH, 1983). Generell ist festzustellen, daß sowohl unter den Bedingungen einer hohen Aufzuchttintensität mit der Zielstellung der Reduzierung des Erstkalbealters unter 27 Monaten (KORIATH, 1968), als auch bei durchschnittlicher Aufzuchttintensität – bedingt durch verbreitete Mängel in der Grobfutterqualität und damit in der Grobfutteraufnahme – der Konzentrataufwand zu hoch liegt. Dieser verursacht nicht nur volks- und betriebswirtschaftliche Probleme, sondern steht mit einer Reihe von stoffwechselphysiologischen Nachteilen im Zusammenhang.

Fütterungsregime, die zu erhöhter Propionatproduktion beitragen (hoher Konzentrations Einsatz, Einsatz von Pansenfermentationsregulatoren u. a. m.), begünstigen die Körperfettsynthese, in deren Gefolge Verzehrsdepressionen, Ketoseanfälligkeit und Fruchtbarkeitsstörungen registriert werden (FARRIES, 1979; MILLS und JENNY, 1979; McCARTOR u. a., 1979). Somit kommt auch beim weiblichen Junggrind der Forderung nach erhöhter Energiebereitstellung aus dem Grobfutter über eine azetatbetonte Pansenfermentation größte Bedeutung zu.

Ausgehend von diesen Erfordernissen sollte in den vorliegenden Untersuchungen geprüft werden, inwieweit Strohmaterialien als alleinige Grobfutterquelle in der Aufzuchtpériode weiblicher Jungrinder geeignet sind. In Anlehnung an frühere Langzeitexperimente mit Milchkühen kamen gesamt- (Alleinfutterpellets) und teilstapelteierte Trockenfutterrationen (Strohpellets plus Konzentrat in loser Schüttmischung) zum Fütterungseinsatz. Neben der Beantwortung von Fragen nach der möglichen Zunahmeleistung, der Höhe des Grobfutterverzehrs aus Strohmaterialien sowie des Futter- und Nährstoffaufwands, sollten auch einige Kenndaten des Pansenstoffwechsels (Konzentration und Produktion flüchtiger Fettsäuren, Pansenflüssigkeitsvolumen u. a.) sowie ausgewählte Stoffwechselparameter (freie Fettsäuren, Cholesterin, Glycerol, Insulin, Harnstoff und Glukose) systematischen Erhebungen im Verlauf der Aufzuchtpériode unterzogen werden. In der vorliegenden Mitt. wird über Untersuchungen im Aufzuchtabchnitt 4. bis 12. Lebensmonat berichtet.

## 2. Material und Methodik

### 2.1. Tiermaterial und Haltung

Als Tiere standen insgesamt 30 weibliche Kälber (15 Zwillingspaare) der Rasse Schwarzbuntes Milchrind (SMR) im Genotyp 30 bis 35 zur Verfügung. Blutserologische Untersuchungen wiesen bei 12 Paaren Dizygotie, bei den restlichen 3 Paaren Monozygotie aus. Die aus verschiedenen Landwirtschaftsbetrieben (Bezirk Potsdam und Frankfurt) im Lebensalter von 14 Tagen bereitgestellten Tiere hatten eine durchschnittliche Geburtsmasse von  $27,1 \pm 0,9$  kg. Alle Versuchstiere wurden bis zum Lebensalter von 121 Tagen (110 kg Lebendmasse) in einer gesonderten Stallseinrichtung des VEG Birkholz (Bezirk Frankfurt) in Einzelboxen gehalten. Danach erfolgte die Umstellung in die eigene Versuchstierbasis, in der die Tiere über den gesamten Aufzuchtsabschnitt in Anbindehaltung bei rationierter Futterzuteilung standen (vgl. 2.2.). Durch das Vorhandensein separater Freßvorrichtungen konnten eine individuelle Futterzuteilung und -aufnahme gesichert werden. Die stallklimatischen Bedingungen konnten über den Versuchszeitraum (121. bis 365. Lebenstag; September 1979–Mai 1980) nicht konstant gehalten werden. Die im Mittel registrierte Stalltemperatur lag bei  $15,8$  °C ( $\pm 5$  °C), die relative Luftfeuchtigkeit bei 68 % ( $\pm 4$  %).

Die Körpermasseermittlung erfolgte bei den Tieren im 14tägigen Wägerhythmus an jeweils zwei aufeinanderfolgenden Tagen vor der Morgenfütterung.

### 2.2. Futtermittel und Fütterung

Die Fütterung wurde im ersten Lebensjahr wie folgt vorgenommen:

Alter der Tiere (Tage)	Zeitdauer (Tage)	Fütterungsregime
14.–120.	107	Tränkverfahren, TGL-Standard
121.–165.	44	Übergangsfütterung
166.–365.	199	Versuchsrationen

Zunächst wurden alle Tiere nach dem gültigen Standard für die Kälberaufzucht (TGL 22 256) gefüttert. In dieser Aufzuchtpériode wurden neben den hier üblichen Futtermitteln (Milchtränke und Kälberaufzuchtfutter; vgl. RHÖNISCH und KNAPE, 1978/79) bereits Strohpellets (mit 78 %

Tabelle 1

Futter- und Nährstoffversorgung während der Übergangsfütterung (Angaben je Tier und Tag)

Rationskomponenten/ Nährstoffangebot	Fütterungsperioden			
	1. (14 Tage)	2. (10 Tage)	3. (10 Tage)	4. (10 Tage)
Kälberaufzuchtfutter, kg	1,5	1,5	1,5	1,5
Trockengrünfutter, kg	0,5	0,5	0,5	–
Trockenschnitzel, kg	0,5	0,5	–	–
Strohpellets, (Charge 1), kg	0,5	1,0	2,0	3,0
Trockenmagermilch, kg	0,2	–	–	–
Tr.-Subst.-Aufnahme, kg	2,9	3,2	3,6	4,1
Körpermasse (KM), kg	110	124	131	137
Tr.-Subst.-Aufnahme (kg/100 kg LM*)	2,6	2,6	2,7	3,0
Energetische Futter- einheiten (EFr)	1740	1840	1970	2140
verdauliches Rohprotein (g)	370	340	340	340

\* Lebendmasse

Strohanteil; ab 40. Lebenstag) als Beifutter eingesetzt. Der Tagesverzehr lag zwischen dem 40. und 90. Lebenstag bei 250 g; zwischen dem 90. und 120. Lebenstag bei 500 g Strohpellets.

Nach Umstellung der Tiere in die eigene Versuchstierbasis schloß sich vom 121.–165. Lebenstag eine Übergangsfütterung auf die beabsichtigte maximale Strohaufnahme an (ca. 65 % der Original-Subst.), in der in zunehmendem Maße Strohpellets (Charge 1) die Grundration stellten (vgl. Tab. 1).

Das Nährstoffangebot entsprach in dieser Fütterungsperiode (44 Tage; 110–137 kg Körpermasse) den Richtwerten des DDR-Futterbewertungssystems (AUTORENKOLOTTIV, 1980) für die Kälberaufzucht bzw. für die Aufzucht weiblicher Junggrinder (HOFFMANN und NAGEL 1982).

Nach dieser Umstellungsphase auf maximalen Stroheinsatz erfolgte die Versuchsgruppenbildung und der Einsatz der zu prüfenden Versuchsrationen (166.–365. Lebenstag; 199 Fütterungstage):

Rationstyp/Versuchsgruppe I: Alleinfutterpellets

Rationstyp/Versuchsgruppe II: Strohpellets plus Konzentrat in loser Schüttmischung

Die verwendeten Alleinfutter- und Strohpelletchargen wurden in der Pelletieranlage der zwischenbetrieblichen Einrichtung Hessen (Krs. Halberstadt) unter Verwendung der Presse 63 V (Hersteller: Kombinat Fortschritt, Mühlenbau Dresden) hergestellt, wobei die Pelletiermischungen die in Tab. 2 verzeichnete Zusammensetzung aufwiesen.

Tabelle 2

Zusammensetzung der verwendeten Versuchschargen (Angaben in % der Original-Subst.)

Komponenten	Alleinfutterpellets (I)		Strohpellets (II)	
	Charge 1	Charge 2	Charge 1	Charge 2
Weizenstrohhäcksel (10 mm-Sieb)	63,4	66,3	78,2	83,9
Weizenschrot	31,4	29,7	15,3	11,5
Ammoniumhydrogenkarbonat	2,1	2,0	2,6	2,3
Harnstoff	1,0	1,0	1,3	1,2
Mineralstoffmischung für Rinder mit 13,3 % P nach RUÖNISCH und KNATE (1978/79)	2,1	1,0	2,6	1,1

Für die jeweiligen Chargen 1 bzw. 2 fanden einheitliche Weizenstrohpartien guter Ausgangsqualität Verwendung. Die Resultate der Futtermittelanalyse sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Tabelle 3

Rohnährstoffgehalt der Pelletchargen (in % der Tr.-Subst.)

Charge	Tr.-Subst.	Org.-Subst.	Roh-protein	Roh-fett	Roh-faser	N-fr. E.	Roh-ashche
I/1	87,0	91,4	11,5	0,5	25,9	53,5	8,6
I/2	84,5	91,5	10,5	1,2	28,1	51,7	8,5
II/1	86,7	87,9	10,9	1,5	28,7	46,8	12,1
II/2	85,6	90,6	12,0	0,4	31,7	46,5	9,4

Im Hauptversuchszeitraum nahmen wir die Rationsbemessung in beiden Fütterungsgruppen bei restriktivem Angebot in Anpassung an die erzielten Zuwachsleistungen vor. Beide Gruppen erhielten dabei das gleiche Futter- und Nährstoffangebot, wobei der Versuchsgruppe II gegenüber I etwa zwei Drittel des gesamten täglichen Konzentratangebotes in loser Schüttmischung verabreicht wurde, wie das am Beispiel des Futter- und Nährstoffangebotes zum Zeitpunkt der pansen- und stoffwechselphysiologischen Erhebungen zu entnehmen ist (vgl. Tab. 4).

Zur Berechnung des Nährstoffangebotes wurden hier wie auch zur Berechnung des Nährstoffaufwands (Ergebnisteil) die aus Verdaulichkeitsexperimenten an Jungbüffeln ermittelten Futterwertkennzahlen (BERGNER u. a., 1983) zugrunde gelegt (vgl. Tab. 5). Unter Berücksichtigung des Rohaschegehaltes liegen die EFr-Werte je kg Tr.-Subst. relativ günstig. Der chemische Aufschlußeffekt (aus  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) wurde etwa zur Hälfte erreicht.

Tabelle 4

Täglicher Futter- und Nährstoffeinsatz zum Zeitpunkt der pansen- und stoffwechselphysiologischen Erhebungen (Angaben je Tier und Tag)

Futtermittel/ Nährstoffversorgung	Rationstyp I Charge 1)	Rationstyp I Charge 2)	Rationstyp II Charge 1)	Rationstyp II Charge 2)
Alleinfutterpellets, kg	4,60	7,00	-	-
Strohpellets, kg	-	-	3,74	5,54
Weizenschrot, lose, kg	-	-	0,86	1,46
Stroheinsatz, kg	2,92	4,64	2,92	4,64
Weizenschroteinsatz, kg	1,44	2,08	1,44	2,08
Tr.-Subst.-Aufnahme, kg	4,00	5,90	4,00	6,00
EFr (ohne Korrekturabzug)	1750	2550	1860	2740
verdauliches Rohprotein (g)	276	346	285	415
Rohfaser (g)	1035	1665	954	1540

<sup>1)</sup> = 7. Lebensmonat; <sup>2)</sup> = 12. Lebensmonat

Tabelle 5

Kennzahlen aus der Futterwertprüfung

Rationstyp/ Charge	Verdaulichkeitswerte (%)					Futterwert (je kg Tr.-Subst.)	
	Tr.- Subst.	Org.- Subst.	Roh- protein	Roh- faser	N-freie E.	verd. RP	EFr (g)
I/1	58,0	60,7	60,0	54,2	64,3	69,0	438
I/2	55,2	58,2	55,8	55,3	60,4	58,6	432
II/1	53,5	55,2	56,9	52,0	56,4	62,0	404
II/2	51,2	53,1	60,2	54,3	51,4	73,2	380

### 2.3. Analytik

Die Entnahme des Pansensaftes (mittels Schlundsonde) und des Blutes (vena jugularis) wurden nach 30- und 190-tägiger Fütterung der Versuchsrationen (vgl. Tab. 4, 7. und 12. Lebensmonat) in bestimmten Zeitintervallen nach der Morgenfütterung vorgenommen (7<sup>00</sup>, 9<sup>00</sup>, 13<sup>00</sup> und 16<sup>00</sup> Uhr bzw. 1., 3., 6. und 9. Stunde nach Futteraufnahme).

Die Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren (FFS) erfolgte gaschromatographisch. In Abänderung unserer früheren Arbeitsweise (MÜNCHOW, 1977) wurde die Gesamtäurenkonzentration nach der von GEISSLER u. a. (1976) gegebenen Empfehlung über die Verwendung von iso-Kapronäure als inneren Standard bestimmt. Die Produktionsrate der FFS ermittelten wir mit Hilfe einer kombinierten in-vivo-in-vitro-Technik. Methodische Details sind unseren früheren Mitt. zu entnehmen (MÜNCHOW und BERGNER, 1978; BERGNER und MÜNCHOW, 1978a). Die Analytik ausgewählter Stoffwechselmetaboliten im Blutserum wurde nach folgenden Methoden durchgeführt:

Freie Fettsäuren nach DUCOMBE (1964)

Freies Glyzerol nach WAHLEFELD (1974)

Triglyceride nach alkalischer Hydrolyse über freies Glyzerol berechnet

Cholesterin nach BEUKERS u. a. (1969)

Glukose nach der Glukoseoxidasemethode (FERMAGNOST-Testbesteck, ADW Dresden)

Insulin nach dem ROTOP-Radioimmun-Test (Testbesteck, ADW Dresden)

Harnstoff nach MÜLLER und SCHÄFER (1974)

## 2.4. Statistische Auswertung

Zu den Mittelwerten wurden die mittleren Fehler berechnet, die Signifikanzprüfungen erfolgten nach dem *t*-Test.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3.1. Futteraufnahme, Lebendmassezunahme und Futteraufwand

Wie aus Tab. 6 zu entnehmen ist, wurden bei restriktivem Futterangebot im Versuchszeitraum 4.–12. Lebensmonat (243 Fütterungstage) durchschnittlich 2,57 (I) bzw. 2,56 (II) kg Tr.-Subst. je 100 kg Körpermasse aufgenommen, wovon 1,57 bzw. 1,58 kg aus dem Grobfutter Stroh und 0,89 bzw. 0,88 kg Tr.-Subst. aus dem Konzentrat (Weizenschrot) gestellt wurden.

Tabelle 6

Futteraufnahme bei restriktivem Einsatz gesamt-(I) und teilpelletierter Trockenfutterrationen (II) auf Strohbasis

Aufnahmekriterien	Rationstyp/ Vers. Gruppe I	Rationstyp/ Vers. Gruppe II
Tr.-Subst.-Aufnahme insges. (kg)	1107,4	1120,2
davon aus Stroh (kg)	675,4	677,8
davon aus Weizen (kg)	382,1	383,9
Tr.-Subst.-Aufnahme (kg, Tier u. Tag)	4,56	4,61
davon aus Stroh	2,78	2,79
davon aus Weizen	1,57	1,58
Tr.-Subst.-Aufnahme (kg/100 kg LM)	2,57	2,56
davon aus Stroh	1,57	1,55
davon aus Weizen	0,89	0,88

In beiden Gruppen lag der Gesamt-Tr.-Subst.-Verzehr mit 2,6 % der Körpermasse an der oberen Grenze der in der Literatur angegebenen Werte (DOBERSCHÜTZ u. a., 1982; JENTSCH und SCHIEMANN, 1983). Der Tr.-Subst.-Verzehr aus Grobfutter erreichte den in der konventionellen Fütterung anzustrebenden Höchstwert (PIATKOWSKI u. a., 1978). Tab. 7 beinhaltet die Zunahmeleistungen der Versuchstiere.

Hinsichtlich Körpermasseentwicklung und Zunahmeleistung bestanden zwischen den Versuchsgruppen in den angeführten Versuchsperioden und im Gesamtversuchszeitraum keine statistisch gesicherten Unterschiede. Im gesamten Versuchszeitraum (4.–12. Lebensmonat, 243 Tage), in dem Stroh als alleinige Grobfutterquelle Verwendung fand, konnten durchschnittliche Tageszunahmen von 563 (I) bzw. 574 g (II) erreicht werden.

Zwischen den Versuchsabschnitten traten in beiden Gruppen erhebliche Differenzen in den Tageszunahmen auf. Während der Übergangsfütterung von der Milchernährung auf die zu prüfenden Trockenfutterrationen auf Strohbasis konnten die Tageszunahmen stabilisiert und Verdauungsstörungen (Durchfall) vollkommen ausgeschaltet werden. Die hier erzielten Zunahmen von 590 g (II) bis 640 g (I) liegen im Normbereich. Im 3. Versuchsabschnitt konnten ebenfalls durchgehend hohe Tageszunahmen regi-

Tabelle 7

Entwicklung der Körpermasse weiblicher Rinderzwillinge im Prüfzeitraum  
4.–12. Lebensmonat

	Rationstyp/ Vers. Gruppe I	Rationstyp/ Vers. Gruppe II
<b>1. Versuchsabschnitt (Übergangsfütterung; 44 Tage)</b>		
Anfangsmasse (kg)	109,3 ± 3,3	110,5 ± 2,6
Endmasse (kg)	137,5 ± 3,7	136,5 ± 4,1
Zunahme (kg/Tier)	28,2 ± 2,2	26,0 ± 2,9
Zunahme (g/Tier und Tag)	641 ± 20	591 ± 30
<b>2. Versuchsabschnitt (Versuchsrationen, Chargen 1; 121 Tage)</b>		
Anfangsmasse (kg)	137,5 ± 3,7	136,5 ± 4,1
Endmasse (kg)	198,2 ± 3,1	200,7 ± 4,8
Zunahme (kg/Tier)	60,7 ± 3,8	64,2 ± 2,9
Zunahme (g/Tier und Tag)	502 ± 35	531 ± 32
<b>3. Versuchsabschnitt (Versuchsrationen, Chargen 2; 78 Tage)</b>		
Anfangsmasse (kg)	198,2 ± 3,1	200,7 ± 4,8
Endmasse (kg)	246,0 ± 4,5	250,0 ± 6,6
Zunahme (kg/Tier)	47,8 ± 2,1	49,3 ± 1,6
Zunahme (g/Tier und Tag)	613 ± 38	632 ± 35
<b>Gesamtversuchszeitraum (243 Tage, 4.–12. Lebensmonat)</b>		
Anfangsmasse (kg)	109,3 ± 3,3	110,5 ± 2,6
Endmasse (kg)	246,0 ± 4,5	250,0 ± 6,6
Zunahme (kg/Tier)	136,7 ± 5,0	139,5 ± 4,1
Zunahme (g/Tier und Tag)	563 ± 27	574 ± 24

striert werden (I = 613; II = 632 g). Auffallend sind dagegen die durchschnittlich geringen Tageszunahmen, die im 2. Versuchsabschnitt zutage traten. Hierbei ist zu bemerken, daß die in diese Zeitspanne über mehrere Versuchstage hinweg erfolgten Pansensaftentnahmen (mittels Schlundsonde) zur erheblichen Verzehrssenkung und daraus resultierendem, etwa 4wöchigen Wachstumsstillstand beitrugen. Die Tiere erreichten mit 12 Lebensmonaten dennoch eine Endmasse, die mit der Bewertungsklasse II des DDR-Standards vergleichbar ist.

Der in den einzelnen Versuchsabschnitten (1–3) sowie im Gesamtversuchszeitraum berechnete Energie- und Proteinaufwand ist in Tab. 8 aufgeführt.

Zwischen den Versuchsgruppen ist im gesamten Prüfzeitraum eine gute Übereinstimmung im Energieaufwand (kEFr) je kg Zuwachsleistung festzustellen. Im Verlauf der Wachstumsperiode steigt der auf die Zuwachsleistung relativierte Energieaufwand ständig an. Das kommt besonders zum Ausdruck, wenn man die entsprechenden Werte beider Gruppen des 1. und 3. Versuchsabschnittes miteinander vergleicht.

Trotz gleich hoher Zunahmeleistung (vgl. Tab. 7) wurde der kEFr-Aufwand/kg Zuwachs von 3,04 (I) bzw. 3,30 (II) im 1. Versuchsabschnitt (Lebendmassebereich 110–137 kg) auf 3,94 (I) bzw. 4,05 (II) im 3. Versuchsabschnitt (Lebendmassebereich 198–250 kg) erhöht. Dieser in der Literatur bekannte Tatbestand wird mit einer anteilmäßigen Erhöhung des Energieerhaltungsbedarfs sowie einer verstärkten Fettinlagerung im Zuwachs diskutiert (JENTSCH und SCHIEMANN, 1983). Im Mittel des

Tabelle 8

Energie- und Proteinaufwand im Versuchszeitraum  
(4.-12. Lebensmonat)

Aufwandskennzahl	Rationstyp/ Vers. Gruppe I	Rationstyp/ Vers. Gruppe II
<b>1. Versuchsabschnitt (44 Tage)</b>		
Energie (kEFr):		
insgesamt	85,7	85,7
je kg Zuwachs	3,04	3,30
verd. Rohprotein:		
insgesamt (kg)	15,6	15,6
je kg Zuwachs (g)	553	600
<b>2. Versuchsabschnitt (121 Tage)</b>		
Energie (kEFr):		
insgesamt	228,5	243,1
je kg Zuwachs	3,76	3,79
verd. Rohprotein:		
insgesamt (kg)	36,0	37,2
je kg Zuwachs (g)	593	579
<b>3. Versuchsabschnitt (78 Tage)</b>		
Energie (kEFr):		
insgesamt	188,2	199,8
je kg Zuwachs	3,94	4,05
verd. Rohprotein:		
insgesamt (kg)	25,4	30,0
je kg Zuwachs (g)	531	608
<b>Gesamtversuchszeitraum (243 Tage)</b>		
Energie (kEFr):		
insgesamt	502,4	528,6
je kg Zuwachs	3,68	3,79
verd. Rohprotein:		
insgesamt (kg)	77,0	82,8
je kg Zuwachs (g)	563	593

Versuchszeitraumes (243 Tage) wurden mit 3,68 (I) bzw. 3,79 kEFr/kg Zuwachs (II) sehr günstige Werte erreicht (vgl. auch Tab. 9).

Im Proteinaufwand/kg Zuwachs zeigte sich im Versuchsablauf zwischen den Gruppen eine gewisse Differenzierung, die vorrangig den 1. und 3. Versuchsabschnitt betraf (1. : I = 553 g, II = 600 g bzw. 3. : I = 531 g, II = 608 g) und in Differenzen in der Tageszunahme sowie in der Proteinaufnahme begründet ist. Der auf die Körpermassezunahme relativierte Proteinaufwand blieb im Wachstumsverlauf weitestgehend konstant.

In Tab. 9 ist auf der Grundlage der überarbeiteten Kennziffern des DDR-Futterbewertungssystems (CHUDY, 1982) ein Vergleich von Normativ- und tatsächlichem Aufwand an Energie und Protein für den Entwicklungsabschnitt 5.-12. Lebensmonat (243 Tage) vorgenommen worden.

Danach lag der Relativaufwand an Energie (kEFr, insgesamt) bei 75 (I) bzw. 80 % (II). Bei Beachtung des im Normativaufwands enthaltenen Normzuschlags von 15 % ergibt sich dennoch eine Unterschreitung der Energielimit von 5-10 %. Dieser Befund

Tabelle 9

Vergleich von Normativ- und tatsächlichem Aufwand (Istaufwand)

Aufwandskriterien	Rationstyp/ Vers. Gruppe I	Rationstyp/ Vers. Gruppe II
Energie, insgesamt (kEFr):		
Normativaufwand	665	665
Istaufwand	502	529
Relativaufwand (%)	75	80
Energie aus K* (kEFr):		
Normativaufwand	300	300
Istaufwand	271	272
Relativaufwand (%)	90	91
Protein, insgesamt (kg vRP):		
Normativaufwand	96	96
Istaufwand	77	83
Relativaufwand (%)	80	86

\* = Konzentrat

steht in guter Übereinstimmung mit neueren Arbeiten zur Energiebedarfsbestimmung an weiblichen Junggrindern (JENTSCH und SCHIEMANN, 1983). Bei Betrachtung des Energieaufwands aus Konzentraten muß berücksichtigt werden, daß der Normativaufwand nur für Grobfutter mit einer höheren Energiekonzentration (475 EFr/kg Tr.-Subst.) als im Stroh ausgewiesen ist. Dennoch wurde der darauf bezugnehmende Energieaufwand aus Konzentraten um ca. 10 % unterschritten. Der Energieaufwand von 271 bzw. 272 kEFr wurde durch 382 (I) bzw. 384 (II) kg Tr.-Subst. aus Weizenschrot gestellt (vgl. Tab. 6). Gemessen an Praxiserfahrungen sind diese Konzentrateinsatzmengen als günstig zu bewerten (PIATKOWSKI u. a., 1978).

Der Normativaufwand aus Protein wurde in den vorliegenden Untersuchungen um 14 (II) bis 20 % (I) unterschritten.

### 3.2. Pansen- und stoffwechselphysiologische Kennwerte

Die Mittelwerte zu den Erhebungen des Pansenstoffwechsels sind in Tab. 10 zusammengestellt. Ihnen liegen die Ergebnisse von 2 Untersuchungsterminen (7. und 12. Lebensmonat) mit jeweils 4 Probeentnahmen im Tagesprofil zugrunde (vgl. 2.3.).

Im Gegensatz zu früher an Versuchsschafen gewonnenen Erkenntnissen (MÜNCHOW u. a., 1974) waren in den vorliegenden Untersuchungen in Analogie ähnlich ausgerichteter Fütterungsversuche mit Milchkühen (MÜNCHOW, 1977) keine gerichteten Unterschiede in der Pansenfermentation in Abhängigkeit von der physikalischen Form der Gesamtration nachzuweisen. Die in den vorliegenden Untersuchungen an Junggrindern vorgefundenen Zahlenangaben zum Pansen-pH-Wert sowie zur Konzentration und molaren Proportion der FFS weisen auf eine hohe zellulolytische Aktivität im Vormagensystem hin und liegen in einem Größenordnungsbereich, wie er für Rationen mit hohem Rohfasergehalt charakteristisch ist (JENTSCH und SCHIEMANN, 1983). Das Pansenflüssigkeitsvolumen blieb vom Rationstyp ebenfalls unbeeinflußt (38,4 l (I) bzw. 38,2 l (II)). Die diesbezüglich auf die Tr.-Subst. relativierten Werte (7,8 bzw. 7,6 l/kg Tr.-Subst.) liegen, gemessen an den Relativwerten oben genannter Milchkuh-

Tabelle 10  
Kriterien zum Pansenstoffwechsel

Kriterien	Rationstyp/ Vers. Gruppe I	Rationstyp/ Vers. Gruppe II
pH-Wert	7,3 ± 0,06	7,3 ± 0,07
Ges.-FFS-Konz. (mMol/l)	72,7 ± 2,78	78,9 ± 4,41
Essigsäure (Mol- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )	70,9 ± 0,53	70,2 ± 0,45
Propionsäure (Mol- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )	15,1 ± 0,28	15,8 ± 0,35
Buttersäure (Mol- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )	10,4 ± 0,28	10,2 ± 0,19
Iso-Säuren (Mol- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )	2,8 ± 0,14	2,9 ± 0,07
C <sub>2</sub> : C <sub>3</sub> -Verh.	4,7 ± 0,35	4,4 ± 0,13
C <sub>2</sub> +C <sub>4</sub> : C <sub>3</sub> -Verh.	5,4 ± 0,11	5,1 ± 0,15
Pansenflüssigkeitsvolumen (l)	38,4 ± 2,34	38,2 ± 1,71
Pansenflüssigkeitsvolumen (l/kg TS)	7,8 ± 0,47	7,6 ± 0,34
FFS-Pool (Mol)	2,8 ± 0,15	3,0 ± 0,15
FFS-Prod. Rate (mMol/l/Std.)	15,2 ± 2,62	13,4 ± 1,74
FFS-Prod. Rate (Mol/Tag)	14,0 ± 2,45	12,3 ± 1,45
FFS-Prod. Rate (Mol/kEFr)	6,5 ± 1,13	5,3 ± 0,65

versuche (5–7 l/kg Tr.-Subst.-Aufnahme), bereits beachtlich hoch. Sie lassen in Übereinstimmung mit anderen Versuchsergebnissen die Schlußfolgerung zu, daß ein hoher Grobfutter (Stroh)-Einsatz in der frühen Entwicklungsphase einen positiven Einfluß auf die Pansenkapazität ausübt. So konnten LÖHNERT (1978) bei Strohpelletzulagen sowie OSHIO u. a. (1977) bei Heuzufütterung im jeweiligen Vergleich zur Konzentratfütterung das absolute bzw. auf die Körpermasse relativierte Pansenflüssigkeitsvolumen deutlich steigern.

Die im vorliegenden Versuch ausgewiesenen Kenndaten zur FFS-Produktion unterscheiden sich zwischen den Fütterungsgruppen ebenfalls nicht signifikant. Die Relativwerte (mMol/l/Std. bzw. Mol/kEFr) liegen ebenfalls im Größenordnungsbereich früher an Milchkühen gewonnener Erkenntnisse (MÜNCHOW, 1977).

In Tab. 11 sind die Konzentrationen einiger Stoffwechselmetaboliten im Blutserum ausgewiesen (Mittelwerte o. g. Untersuchungstermine).

Alle hier aufgeführten Parameter lassen keine gruppenspezifischen Unterschiede erkennen. Die Konzentrationen liegen in einem Größenordnungsbereich, wie er für

Tabelle 11  
Konzentrationen einiger Stoffwechselmetaboliten im Blutserum

Parameter	Rationstyp/ Vers. Gr. I	Rationstyp/ Vers. Gr. II
Freie Fettsäuren (mmol/l)	26,0 ± 1,15	24,8 ± 1,30
Triglyceride (mmol/l)	0,61 ± 0,05	0,63 ± 0,05
Glycerol (mmol/l)	0,09 ± 0,01	0,14 ± 0,01
Cholesterol (mmol/l)	2,37 ± 0,10	2,55 ± 0,15
Insulin (nmol/l)	1,20 ± 0,12	1,20 ± 0,12
Glukose (mmol/l)	3,05 ± 0,07	3,02 ± 0,07
Harnstoff (mmol/l)	5,36 ± 0,15	4,76 ± 0,15

weibliche Jungrinder bei Einsatz von Rationstypen mit ausgewogenem Nährstoffangebot und relativ geringem Konzentratangebot charakteristisch ist (MILLS und JENNY, 1979).

### Zusammenfassung

In Untersuchungen mit weiblichen Jungrindern (Rinderzwillinge,  $n = 30$ ) wurde nach Beendigung der Milchernährungsperiode die Einsatzwürdigkeit von Stroh als alleinige Grobutterquelle geprüft. Zum Fütterungseinsatz kamen gesamt-(I) und teilstrohpelletierte Trockenfutterrationen (II) mit jeweils ca. 65 % Strohanteil in der Gesamtration. Gemessen wurden Futteraufnahme, Körpermasseentwicklung, Futteraufwand sowie Kennzahlen zur Pansenfermentation und zur Konzentration einiger Stoffwechselparameter im Blutserum.

Im gesamten Prüfzeitraum (4.–12. Lebensmonat, 243 Tage) ergaben sich bei allen Erhebungen keine signifikanten Gruppenunterschiede. Bei insgesamt hohem Tr.-Subst.-(2,6 kg/100 kg Lebendmasse) und Grobutter (Stroh)-Verzehr (1,6 kg Tr.-Subst./100 kg Lebendmasse) wurden durchschnittliche Tageszunahmen von 570 erreicht. Der für den Entwicklungsabschnitt vorgegebene Normativaufwand des DDR-Futterbewertungssystems an Energie und Protein wurde differenziert unterschritten. Bei unter der Norm liegendem Energieaufwand aus Konzentrataten (ca. 10 %) lag der Gesamtenergieaufwand (kEFr) um 20 (II) bis 25 % (I) unter dem Normativaufwand. Der auf die Zunahme relativierte Energieaufwand erreichte mit 3,68 (I) bzw. 3,79 kEFr/kg Zunahme (II) sehr günstige Werte. Der Proteinaufwand unterschritt die Norm für den Entwicklungsabschnitt um 14 (II) bis 20 % (I). Alle ermittelten Parameter des Pansen- und Intermediärstoffwechsels lagen im physiologischen Normalbereich, wie sie für Fütterungsregime mit relativ hohem Grobutteranteil charakteristisch sind.

### Резюме

Х. Монхов и Х. Бергнер

Исследование по выращиванию телят-двойников женского рода при применении полнорационных гранул в сравнении с соломенными гранулами плюс концентратом. 1-ое сообщ.: Прибавление живой массы и затрата кормов и ферментационные отношения в рубце от 4<sup>ого</sup> по 12<sup>ого</sup> месяца жизни

Проводились опыты на молодняке женского рода крупного рогатого скота (телята-двойники,  $n = 30$ ), где после окончания молочного периода изучалась возможность применения соломы в качестве исключительного источника грубых кормов. Скармливались полно (I) и частично (II) гранулированные сухие рационы, содержащих приблизительно 65 % соломы в общем рационе. Следующие показатели определились: потребление кормов, развитие живой массы, затрата кормов и параметры рубцовой ферментации и концентрации некоторых показателей обмена веществ в сыворотке крови.

Во время целого исследуемого периода (4<sup>ого</sup> до 12<sup>ого</sup> месяца жизни, т. е. 243 дней) нет достоверных различий между группами относительно в. у. определённых показателей. Средние суточные привесы находились при 570 г. При этом наблюдали относительно высокие потребления для сухого вещества (2,6 кг/100 кг живой массы) и для грубого корма т. е. соломы (1,6 кг сухого вещества/100 кг живой массы). Затраты энергии и протеина по норме новой системы оценки кормов в ГДР для исследуемого периода роста иногда не реализовывались, т. е. потребовалось меньше нормы. Если затраты энергии из концентратов была около 10 % ниже нормы, то находилась затраты общей энергии (кило-ЭКЕ<sub>кpc</sub>) от 20 % (II) до 25 % (I) ниже нормы. Затраты энергии относительно к привесу была благоприятна и находилась при 3,68 кило-ЭКЕ<sub>кpc</sub> на кг привеса для I и при 3,79 для II. Затраты протеина была ниже нормы для соответственного периода роста, т. е. ниже на 14 % (II) и 20 % (I). Все определённые параметры рубцового и промежуточного обменов находились в физиологически нормальных пределах, которые являются нормальными для кормовых режимов с относительно высоким содержанием грубых кормов.

### Summary

H. MÜNCHOW and H. BERGNER

Investigations into the rearing of female twin cattle using completely or partly pelleted rations of dried feed based on straw. 1. Weight gain performance and feed expenditure as well as rumen fermentation conditions in the development range between the 5<sup>th</sup> and the 12<sup>th</sup> month

The investigations with young female cattle (twin cattle,  $n=30$ ) the applicability of straw as sole roughage after the end of the suckling period was tested. Completely (I) and partly (II) pelleted rations of dried feed with a straw component of 65 % each in the total rations were used. Feed intake, development of body weight, feed expenditure as well as indexes of rumen fermentation and of the concentration of some metabolism parameters in the blood serum were measured. In the complete test period (between 5<sup>th</sup> and 12<sup>th</sup> months of life, 243 days) there were not any significant differences between the groups in all registrations. Average daily weight gains of 570 g were achieved with an overall high dry matter (2.6 kg/100 kg live weight) and roughage (straw) intake (1.6 kg dry matter/100 kg live weight). The standard expenditure of energy and protein given for the stage of development was differentially undercut. The energy expenditure being below the standard (ca. 10 %), the total energy expenditure (kEFU<sub>cattle</sub>) was by 20 (II) and 25 % (I) below standard expenditure. Energy expenditure aimed at weight gain reached very satisfactory values with 3.68 (I) and 3.79 kEFU<sub>cattle</sub>/kg weight gain (II). Protein expenditure fell short of the standard for the development stage by 14 (II) and 20 % (I) resp. All parameters ascertained of the rumen and intermediate metabolism were in the physiologic standard range, as is characteristic of feeding regimes with a relatively high quota of roughage.

## Literaturverzeichnis

- [1] AUTORENkollektiv: Berechnung von Futterrationen, VEB Landwirtschafts-Verlag Berlin, 1980
- [2] BERGNER, H., E.-Fr. KLENKE und H. MÜNCHOW: Arch. Tierernähr., **23**, 805 (1983)
- [3] BERGNER, H. und H. MÜNCHOW: Arch. Tierernähr., **28**, 355 (1978 a)
- [4] BERGNER, H. und H. MÜNCHOW: Arch. Tierernähr., **28**, 379 (1978 b)
- [5] BERGNER, E. und F. WEISSBACH: Arch. Tierernähr., **33**, 491 (1983)
- [6] BEUKERS, M., VELTKAM, W. A. und G. J. M. HOOGHWINDEL: Clin. Chim. Acta, **25**, 403 (1969)
- [7] CHUDY, A.: Tierzucht **11** (36), 512 (1982)
- [8] DOBERSCHÜTZ, K.-D., M. GABEL, H.-J. PAPSTEIN und E. OTTO: Arch. Tierernähr., **32**, 659 (1982)
- [9] DUNCOMBE, W. G.: Clin. Chim. Acta, **9**, 122 (1964)
- [10] FARRIES, E.: Landbauforschung Völkenrode **29**, 69 (1979)
- [11] GEISSLER, Ch., HOFFMANN, M. und B. HICKEL: Arch. Tierernähr., **26**, 123 (1976)
- [12] HOFFMANN, L. und S. NAGEL: Tierzucht **3**, 127 (1982)
- [13] JENTSCH, W. und R. SCHIEMANN: Untersuchungen zum Energiebedarf von weiblichen Jungrindern. Forschungsbericht (1983)
- [14] KAUFMANN, W.: Kieler Milchwirtsch. Forschungsberichte **23**, 17 (1972)
- [15] KORLATH, G.: Der Einfluß unterschiedlicher Ernährungsintensität auf das Wachstum, die Futterverwertung in der Aufzucht, den optimalen Zeitpunkt der Erstakalbung und die späteren Leistungen. Habil-Schrift, Akad. Landwirtsch. Wiss. der DDR (1968)
- [16] LÖHNERT, H.-J.: Untersuchungen zum Einfluß unterschiedlicher Trockenfuttervarianten in der Kälberaufzucht auf einige Pansenparameter, Mast- und Ausschlachtungsergebnisse sowie Ansatz und Verwertung von Energie und Protein. Diss. (Promotion A), Karl-Marx-Universität Leipzig (1978)
- [17] McCARTOR, M. M., R. D. RANDEL und H. L. CARROLL: J. Anim. Sci. **3**, 488 (1979)
- [18] MILLS, S. E. und B. F. JENNY: J. Anim. Sci. **48**, 961 (1979)
- [19] MÜLLER, K. und SCHÄFER, C.: Automatisierte Simultananalyse von Kreatinin und Harnstoff, Z. med. Labortechnik, Berlin, **6**, 332 (1974)
- [20] MÜNCHOW, H.: Untersuchungen über den Einfluß unterschiedlicher Rationstypen auf Strohbasis auf die Fermentation und die Produktionsrate flüchtiger Fettsäuren im Pansen laktierender Kühe. Diss. (Promotion B), Humboldt-Universität zu Berlin (1977)
- [21] MÜNCHOW, H. und H. BERGNER: Arch. Tierernähr., **28**, 367 (1978)
- [22] MÜNCHOW, H., H. BERGNER und H.-J. ZIMMER: Arch. Tierernähr., **25**, 21 (1974)
- [23] OSHIO, S., I. TAHATA, H. KOBAYASHI und T. AMI: Jap. J. Zootechn. Sci. **48** (10), 545 (1977)
- [24] PIATKOWSKI, B. und H. GIRSCHIEWSKI: Mh. Vet. Med. **34**, 129 (1979)
- [25] PIATKOWSKI, B., S. NAGEL und K.-O. TRAUTMANN: Empfehlungen zur Senkung des Einsatzes von Getreide in der Rinderfütterung, Agrabuch 1978 (Landw.-Ausstellung d. DDR)
- [26] RHÖNISCH, H.-G. und G. KNAPE: Qualitätsanforderungen für Mischfuttermittel, Wirk- und Mineralstoffmischungen und wiss. Empfehlungen für den Einsatz in der Tierproduktion, Agrabuch 1978/79 (Landw. Ausstellung der DDR)
- [27] WAHLEFELD, A. W. in: Methoden der enzymatischen Analyse, Verlag Chemie, Weinheim (1974)
- [28] WEISSBACH, F. und E. BERGNER: Tierzucht **3**, (33), 101 (1979)

Eingegangen: 23. Mai 1984

Frau Chem.-Ing. I. OEHME und Frau H. DÜRING danken wir für die analytische Tätigkeit.

## Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. sc. H. BERGNER

Wissenschaftsbereich Tierernährung der Sektion TPV der  
Humboldt-Universität zu Berlin

DDR - 1040 Berlin, Invalidenstraße 42

Doz. Dr. sc. H. MÜNCHOW

Wissenschaftsbereich Tierfütterung/Ernährungsschäden der Sektion TPV der  
Humboldt-Universität zu Berlin

DDR - 1040 Berlin, Reinhardtstr. 4

Zentralstelle für Futtermittelprüfung und Fütterung Halle-Lettin  
 (Direktor: Dr. G. KNAPE)  
 Amt für Standardisierung, Maßwesen und Warenprüfung Fachabteilung Nahrungsgüter  
 Fachgruppe Körnerfrüchte und Futtermittel, Halle  
 (Leiter: H. SCHLEGEL)

J. v. LENGERKEN, J. KIRMAS und D. HERING

## Zur Repräsentanz von Futtermittelprüfergebnissen

### 1. Mitteilung

#### Gras- und Maissilage

## 1. Einleitung

Futtermittelanalysenergebnisse sind Kenndaten für Entscheidungsfindungen der Futterwirtschaft zur Futterproduktion und zum Futtereinsatz, sie sind damit für die Pflanzen- und Tierproduktion von großer Relevanz. Die Aussagefähigkeit der Analysendaten, insbesondere zur Repräsentanz von Analysenergebnissen einer Futtermittelprobe für die entsprechende Futtermittelpartie ist aufgrund des gegebenen beträchtlichen Wertumfangs von besonderer Bedeutung.

Erste Schlüssefolgerungen zu diesbezüglicher Gesamtproblematik finden sich bei HERING und LENGERKEN (1981).

Weitere Ergebnisse von Untersuchungen zu Fehlern von Probenahme, Probenvorbereitung und Analytik vermittelt vorliegende Mitteilung. Neben einer objektiven Einschätzung der Zuverlässigkeit der Futtermittelprüfung werden Möglichkeiten zur Verringerung der Gesamtstreuung, das heißt des Gesamtfehlers, aufgezeigt sowie statistisch begründete Probenahmebedingungen dargelegt.

Diese I. Mitteilung befaßt sich mit Befunden aus der Prüfung von Gras- und Maissilagen; weitere Prüfergebnisse an anderen Futtermitteln folgen als II. Mitteilung.

## 2. Material und Methoden

Zur Ermittlung der Teilfehler von Probenahme ( $s_{PN}$ ), Probenvorbereitung ( $s_{PV}$ ) und Analytik im Labor ( $s_L$ ), deren Varianzen additiv den Gesamtfehler ( $s_{ges}^2 = s_L^2 + s_{PV}^2 + s_{PN}^2$ ) bilden, erfolgte die einfache Varianzanalyse nach DOERFEL [1] zweimal nacheinander – Modell II.

Aus dem Mittelwert  $\bar{x}$  und der Gesamtstandardabweichung  $s_{ges}$  errechnet, kann der Vertrauensbereich  $\Delta\bar{x} = 2 s_{ges}$ , mit einer statistischen Sicherheit von  $P = 95\%$  angegeben werden. Bei häufigen Wiederholungen sind demzufolge in diesem Bereich von 100 Werten 95 Werte zu erwarten. Zur besseren Vergleichbarkeit der Daten und unterschiedlichen Mittelwerten wird der Variationskoeffizient

$$v_{ges} = \frac{s_{ges} \cdot 100}{\bar{x}} \quad \text{angegeben.}$$

Im Teilfehleranteil Labor  $s_L$  spiegeln sich alle zufälligen Einflüsse der Analysendurchführung wider. Der Probenvorbereitungsfehler  $s_{PV}$  wird durch Probenteilung, Probentrocknung und Mahlung verursacht; er ist ein Maß für den Umfang oder die Größe der Inhomogenität der Probe.

Beide Einflüsse ergeben den Prüffehler  $s_{PF} = \sqrt{s_L^2 + s_{PV}^2}$

Der Probenahmefehler  $s_{PN}$ , unabhängig vom Prüffehler auftretend, wird von der Verteilung des Parameters in der Futtermittelpartie bestimmt.

Der maximale Gesamtfehler der Schätzung des Mittelwertes  $A_{ges}$  wurde abgeleitet aus dem Vertrauensintervall für  $P=95\%$

$$A_{ges} = \pm 2 \sqrt{\frac{s_{PN}^2}{m} + \frac{s_{PF}^2}{n_A}}$$

ermittelt (BOZYK und RUDZKI, 1972).

Es wurde so bei wählbarem  $A_{ges}$  die notwendige Anzahl der Proben je Partie  $m$  und die Zahl der Einzelbestimmungen an der Laborprobe  $n_A$  bestimmt (HERING, 1978).

Erste Modelluntersuchungen wurden unter Einbeziehung von Grasanwelk- und Maissilagen durchgeführt. Über auftretende Schwierigkeiten bei einer repräsentativen Probenahme bei Grasanwelksilagen berichten Autoren der Staatlichen Futtermittelprüfung – die Probenahme bei Maissilagen wird demgegenüber als problemlos eingeschätzt. Die Probenahme erfolgte manuell nach TGL 29080/01 ohne spezielle Probenahmegeräte.

G I: Grasanwelksilageproben aus einer unmittelbar zur Verfütterung vorgesehenen, vor dem Stall lagernden Partie (s. auch G III)

Die sensorische Beschaffenheit der Partie und somit auch der Einzelproben war nicht einheitlich.

G II: Grasanwelksilageproben aus einer weiteren aus einer Hängerabkippung vor dem Stall lagernden Partie (s. auch G III).

Die Probenahme erfolgte unter Beachtung einer einheitlichen sensorischen Beschaffenheit der Einzelproben.

G III: Grasanwelksilageproben von Anstichstellen eines Silos (1260 t)

Die sensorische Prüfung ergab geringe Abweichungen der sensorischen Beschaffenheit der Einzelproben untereinander.

M I: Maissilageproben von Anstichstellen eines Silos (3150 t)

Die sensorische Prüfung ergab eine geringfügige Abweichung der Merkmale der sensorischen Beschaffenheit der Einzelproben untereinander.

M II: Maissilageproben aus der Mittelschicht eines Silos (1480 t)

Die sensorische Prüfung ergab eine relativ einheitliche Beschaffenheit der Einzelproben.

Von jeweils 10 Einzelproben der Futtermittelpartie eines Modells wurden im Labor 20 Teilproben á 500 g hergestellt, diese vorgetrocknet, mittels Brabender Mühle (System Whiley) auf 1 mm Siebdurchgang gemahlen und dann durch unabhängige Doppelbestimmung (die zwei Einzelbestimmungen wurden durch 2 Laborantinnen unabhängig voneinander z. T. an verschiedenen Tagen durchgeführt) auf ihren Rohnährstoffgehalt im Rahmen der Routineanalytik analysiert.

Bei den Grassilagen und der Maissilage I erfolgten ergänzende Kalzium- und Phosphorgehaltsbestimmungen.

Zum besseren Erkennen von Problemen bei sogenannten Sonderuntersuchungen wurden folgende Bestimmungen von einer Laborkraft vorgenommen – die notwendigen beiden Einzelbestimmungen an verschiedenen Tagen mit neuen Reagenzien –:

- Bei M I und M II die Bestimmung des pepsinunlöslichen Rohproteins;
- bei G III die Bestimmung der Trockensubstanz-Verdaulichkeit im künstlichen Pansen;
- bei G II, G III, M I, M II Ammoniak und
- bei G III, M I und M II Gärssäurenbestimmung (C<sub>2</sub> ... C<sub>5</sub>);

hier wurden von den zehn Ausgangsproben je zweimal 50 g – Teilprobe mit 200 ml Wasser versetzt und Extrakte hergestellt.

*Zur Anwendung kamen folgende Methoden:*

Bestimmung der Trockensubstanz (TS):

Gravimetrische Bestimmung nach Trocknung bei 105 °C nach TGL 32692/03

Rohaschebestimmung (RA):

Gravimetrische Bestimmung nach Veraschung bei 550 °C nach TGL 32692/05

## Rohfaserbestimmung (RFa):

Gravimetrische Ermittlung des Rohfasergehaltes nach hydrolytischem Zweistadien-Aufschluß nach TGL 21875/05

## Rohproteinbestimmung (RP):

Kjeldahlschnellaufschluß und Hypobromittitration bzw. coulometrische Titration nach TGL 32692/04

## Kalziumbestimmung (Ca):

Schnellmineralisierung und flammenphotometrische Kalziumbestimmung (7)

## Phosphorbestimmung (P):

photometrische Bestimmung des P-Molybdat-Vanadat-Komplexes nach Naßaufschluß nach TGL 21875/12

## Bestimmung der Trockensubstanz-Verdaulichkeit (TSV):

Gravimetrische Bestimmung nach Inkubation mit Pansensaft/Pepsin nach v. Lengerken u. a. (1971)

## Bestimmung des pepsinunlöslichen Rohproteins (pu RP):

Bestimmung des pu RP nach Inkubation mit Pepsin/HCl-Lösung nach TGL 21875/40

## Gärsäurenbestimmung (FFS):

Gaschromatographische Analyse der wässrigen Extrakte nach v. Lengerken und Zeidler (1978)

Ammoniakbestimmung (NH<sub>3</sub>):

Titration des Ammoniak nach Abtrennung durch Mikrodiffusion nach TGL 21875/24

Wesentliche Kenndaten des Futterwertes sind: die Energiekonzentration (EK), ausgedrückt als energetische Futtereinheiten (EFr/kg TS), der Gehalt an verdaulichem Rohprotein (vRP), der Siliererfolg und die Qualitätsklasse.

Die Energiekonzentration als Funktion des Rohfasergehaltes der organischen Substanz und das verdauliche Rohprotein als Funktion des Rohproteinangehaltes werden entsprechend der für die Staatliche Futtermittelprüfung verbindlichen Attestierungstabellen bestimmt. Auf der Grundlage der Energiekonzentration und der Wertungsstufe, die die wesentlichsten Anforderungen an weitere qualitätsbestimmende Eigenschaften der Silagen beinhaltet, wird entsprechend der sogenannten Bewertungsmatrix die zutreffende Qualitätsklasse (I–V) eingestuft als Ergebnis der Gesamtbewertung der sensorischen Eigenschaften der Silagen, des Siliererfolges, der zu bestimmenden Energiekonzentration, der verdaulichen Energie und des verdaulichen Rohproteins.

Grundlage für die Ermittlung der Siliererfolgsnote sind die Parameter pH in Abhängigkeit von der TS der vom Ammoniakgehalt bezogenen auf den Rohproteinangehalt.

### 3. Ergebnisse

Bei der nachfolgenden Beurteilung der Ergebnisse wird grundsätzlich zwischen den sensorisch einheitlichen Partien bzw. Proben G II und M II und den inhomogenen Silagen – Teilproben G I, G III und M I unterschieden.

#### 3.1. Zur Fehleranalyse

Für G II und M II liegen (s. Tab. 1) die Variationskoeffizienten für die Gesamtstreuung für die Rohnährstoffwerte und für die EK zwischen 1,1 ... 5,5 %. Der höhere  $v_{ges}$  Wert von 9,2 für die Rohasche bei M II kann durch den geringen Gehalt ( $\bar{x}_{RA} = 64 \text{ g/kg}$ ) begründet sein. Die Ca- und P-Werte für G II liegen mit  $v = 6,2$  bzw. 8,4 über den entsprechenden Rohnährstoffgesamtstreuungen.

Bei den Silagen G I, G III und M I führt bei allen Qualitätsmerkmalen Inhomogenität zwischen den Teilproben innerhalb der Partie zu einer erhöhten Standard-

Tabelle 1  
Ergebnisse der Fehleranalyse bei Rohasche (RA), Rohprotein (RP), Rohfaser (RFA) und der Energiekonzentration (EK)

Parameter	RA			RP			RFA			EK		
	Futtermittel	G I	G II	G III	M I	M II	G I	G II	G III	M I	M II	
Kennzahlen												
$\bar{x}^*$	105	84	93	62	64	130	94	99	90	90	104	
$s_{ges}$	16,3	4,2	10,6	5,8	5,9	9,2	4,9	13,4	11,4	11,4	4,4	
$\bar{x} \pm \Delta x$	72 - 138	76 - 92	71 - 115	50 - 74	52 - 76	112 - 148	84 - 104	73 - 125	68 - 112	68 - 112	95 - 112	
$v_{ges} (\%)$	15,5	5,0	11,4	9,4	9,2	7,1	5,2	13,5	12,7	12,7	4,2	
$s_L$	1,9	2,5	2,2	2,1	1,4	2,0	1,9	1,4	1,6	1,6	2,1	
$s_{PV}$	7,0	1,3	0,3	2,9	5,1	1,9	3,1	3,1	2,0	3,1	2,0	
$s_{PN}$	14,6	3,1	10,4	5,4	4,9	7,4	4,1	13,3	10,9	10,9	3,3	
RFa												
$\bar{x}$	390	421	443	302	203		373	357	540	567		
$s_{ges}$	25,8	9,2	34,6	11,0	11,1		11,0	24,2	14,2	14,2	6,0	
$\bar{x} \pm \Delta x$	339 - 441	403 - 439	375 - 511	282 - 323	181 - 225		351 - 395	309 - 405	512 - 568	555 - 579		
$v_{ges} (\%)$	6,6	2,2	7,8	3,6	5,5		3,0	6,8	2,6	2,6		
$s_L$	3,9	3,8	3,7	6,5	4,9		4,5	4,0	5,5	5,5		
$s_{PV}$	5,9	4,5	34,4	5,1	6,0		4,5	10,3	10,3	0		
$s_{PN}$	24,8	7,1		7,2	8,0		23,8		8,0	8,0		

\* (gr/kg TS) für RA, RP, RFA  
(EF/kg TS) für Energiekonzentration

\*\* (gr/kg TS) für Energiekonzentration

Tabelle 2  
Ergebnisse der Fehleranalyse bei Ca, P, NH<sub>3</sub> und TS

Parameter	Ca			P							
	Futtermittel	G I	G II	G III	M I	M II	G I	G II	G III	M I	M II
Kennzahlen											
$\bar{x}^*$	5,4	3,7	4,4	2,6	—	—	3,2	3,1	3,2	2,8	—
$s_{ges.}^*$	0,93	0,23	0,69	0,42	—	—	0,31	0,26	0,51	0,29	—
$\bar{x} \pm \Delta x$	3,6 - 7,2	3,3 - 4,1	3,1 - 5,7	1,8 - 3,4	—	—	2,6 - 3,8	2,6 - 3,6	2,2 - 4,2	2,2 - 3,4	—
$v_{ges.}^* (v_0)$	17,2	6,2	15,7	16,1	—	—	9,7	8,4	15,9	10,4	—
$s_L$	0,11	0,08	0,15	0,19	—	—	0,08	0,10	0,22	0,16	—
$s_{PV}$	0,30	0,17	0,67	0,20	—	—	0,12	0,06	0,46	0,10	—
$s_{PN}$	0,87	0,13	0,32	—	—	0,27	0,23	0,23	0,22	—	—
NH <sub>3</sub>											
$\bar{x}^*$	—	1,09	2,10	0,33	0,45	177	170	—	198	271	—
$s_{ges.}^*$	—	0,25	0,50	0,14	0,08	19,4	4,0	—	8,7	9,4	—
$\bar{x} \pm \Delta x$	—	0,60 - 1,58	1,11 - 3,09	0,05 - 0,61	0,30 - 0,60	139 - 215	162 - 178	—	181 - 215	253 - 289	—
$v_{ges.}^* (v_0)$	—	22,9	23,8	42,4	17,1	11,0	2,4	—	4,4	3,5	—
$s_L$	—	0,04	0,18	0,03	0,03	6,6	2,2	—	2,3	4,7	—
$s_{PV}$	—	0,19	0,47	0,00	0,05	—	—	—	—	—	—
$s_{PN}$	—	0,16	—	0,14	0,05	18,9	3,7	—	8,5	8,7	—

\* (g/kg TS) für Ca, P  
(% in Orig. S) für NH<sub>3</sub>  
(g/kg) für TS

abweichung und damit zu einem nicht mehr akzeptablen Vertrauensbereich. Wie die Teilfehleranalysen verdeutlichen, ist dies auf den hohen Anteil des Probenahmefehlers zurückzuführen.

Wird  $s_{\text{ges.}}^2 = 100$  gesetzt, ergeben sich auf Grund des additiven Verhaltens der Varianzen  $s_{\text{ges.}}^2 = s_L^2 + s_{PV}^2 + s_{PN}^2$  die prozentualen Teilfehler.

Bei den Silagen G I, G III und M I ist, wie die Auswertung ergab, der Gesamtfehler bei den bestimmenden Parametern zu mehr als 80 % auf den Probenahmefehler zurückzuführen.

Bei den sensorisch als einheitlich beurteilten Partien der Silagen G II und M II sinkt der Anteil des Probenahmefehlers am Gesamtfehler  $s_{\text{ges.}}^2$  auf die Hälfte, bleibt jedoch immer noch dominierend. Verbunden damit ist eine wesentliche Reduzierung des Vertrauensbereiches. So verringern sich z. B.  $\Delta \bar{x}_{RA}$  von  $\approx 32$  g/kg (G I) auf  $\approx 8$  g/kg (G II) oder  $\Delta \bar{x}_{RP}$  von 22 g/kg (M I) auf 9 g/kg (M II) oder  $\Delta \bar{x}_{RFa}$  von 52 g/kg (G I) auf 18 g/kg (G II) oder  $\Delta \bar{x}_{EK}$  von 28 Einheiten (M I) auf 12 Einheiten (M II).

Bei G II, M II besteht der Prüffehler, ausgedrückt in Form der Varianzen, je zur Hälfte aus dem Laborfehler und dem Probenvorbereitungsfehler. Der eigentliche Analysenfehler liegt bei allen Silagen für die Rohnährstoffbestimmung zwischen  $v_L = 0,8 \dots 3,4\%$ . Die entsprechenden Teilfehler Analytik für die Kalziumbestimmung und Phosphorbestimmung (s. Tab. 2) liegen wahrscheinlich beeinflußt durch geringe

Tabelle 3

Ergebnisse der Fehleranalyse bei der Trockensubstanz-Verdaulichkeit (TSV), beim pepsinunlöslichen Rohprotein (puRP) und verdaulichem Rohprotein (vRP)

Parameter	TSV		puRP	
	Futtermittel			
Kennzahlen	G III	M II	M I	M II
$\bar{x}^*$	33,8	68,8	27,6	19,5
$s_{\text{ges.}}$	5,2	2,7	2,9	2,5
$\bar{x} \pm \Delta x$	23,7 - 43,9	64 - 74	21,9 - 33,3	14,5 - 24,5
$v_{\text{ges.}} (\%)$	15,4	3,9	10,6	12,8
$s_L$	2,15	2,3	1,1	1,6
$s_{PV}$	4,17	0,3	0,2	1,7
$s_{PN}$		1,3	2,7	1,0

Parameter	vRP	
	Futtermittel	
Kennzahlen	G II	G III
$\bar{x}^*$	35	44
$s_{\text{ges.}}$	3,8	10,4
$\bar{x} \pm \Delta x$	28 - 42	24 - 64
$v_{\text{ges.}} (\%)$	11	24
$s_L$	1,3	1,7
$s_{PV}$	1,2	2,3
$s_{PN}$		1,9
	3,4	10,2
		8,2
* % bei TSV g/kg bei puRP und vRP		

Tabelle 4

Ergebnisse der Fehleranalyse bei Essigsäure (ES),' iso-Buttersäure (i-B), n-Buttersäure (n-B) und iso-Valeriansäure (i-V)

Parameter	ES		ES		i-B		n-B		i-V	
	Futtermittel	G III	M I	M II	G III					
$\bar{x}$ (%) in Originalsubst.)	1,30 0,34	0,97 0,32	0,94 0,13	0,08 0,019	0,97 0,196	0,14				
$s_{ges.}$	0,64 - 1,96	0,35 - 1,59	0,69 - 1,19	0,04 - 0,12	0,39 - 1,35	0,064				
$\bar{x} \pm Ax$	26,2	33,0	13,7	23,8	20,2	0,01 - 0,27				
$v_{ges.}$ (%)	0,06	0,05	0,08	0,011	0,064	45,7				
$s_L$		0,03	0			0,016				
$s_{PV}$		0,33	0,31	0,10	0,185					
$s_{PN}$					0,062					

Gehaltswerte höher. Auch bestätigen die Ergebnisse der nicht bei allen Silagen vorgenommenen Fehleranalysen für Ammoniak, pepsinunlöslichem Rohprotein, für den errechneten Gehalt an verdaulichem Rohprotein, für die Trockensubstanzverdaulichkeit und die flüchtigen Fettsäuren (mit Ausnahme von G III enthalten die Silagen nur Essigsäure) prinzipiell, daß die hohe Gesamtstreuung der Werte durch den hohen Probenahmefehleranteil bewirkt wird (s. Tab. 3 u. 4).

Bei diesen sogenannten Sonderbestimmungen, insbesondere der mit geringen Gehaltswerten, liegt der Anteil der Analysenfehler erwartungsgemäß bei über 5 %. Beim Qualitätsmerkmal Ammoniak steigt der Prüffehleranteil auf über 50 % am relativ hohen Gesamtfehler an, wobei der hohe Probenvorbereitungsfehler auch bei G II und M II auffällt. Hierbei wird auf einen Schwerpunkt der Bemühungen zur Verbesserung der Gesamtstreuung der Ammoniakbestimmung hingewiesen.

Für die Fehleranalyse flüchtiger Fettsäuren ( $C_2 \dots C_5$ ) ergibt sich bei G II für Essigsäure  $v_{ges.} = 14 \%$ , wobei der Prüffehler bzw. Analysenfehleranteil bei 40 % liegt. Bei abhängigen Doppelbestimmungen, wie sie ausnahmsweise bei G III und M I erfolgten, verringerte sich der Laborfehler auf die Hälfte.

Die Ergebnisse der Säuren für M I und G III lassen infolge vorliegender Inhomogenität der Proben eine Beurteilung der Partie, bedingt durch die hohen Probenahmefehler (bei i-B z. B. beträgt  $s_{PN}^2 \approx 90 \%$ ) nicht zu.

### 3.2. Zu statistisch begründeten Probenahmebedingungen

Die Ergebnisse der Fehleranalysen bedingen die in Abhängigkeit von der Toleranzvorgabe in den Tab. 5 und 6 angeführten Probenzahlen.

Tabelle 5

### Probenahmefestlegungen (Varianten) für Grassisagen (G I, G II) und Maissägen (M I, M II)

Anzahl der Einzelproben  $m$  bei einer unabhängigen Doppelbestimmung bzw. bei Einzelbestimmung (Werte in der Klammer)

Tabelle 6

Probenahmefestlegungen (Varianten!) für Grassilagen (G I, G II) und Maissilagen (M I, M II)

		Anzahl der Einzelproben im bei einer unabhängigen Doppelbestimmung bzw. Einzelbestimmung (Werte in der Klammer)							
		zulässige Toleranz $\Delta$ Gehaltswerte und Toleranzangaben für Cu, P (g/kg TS) für NH <sub>3</sub> und Essigsäure							
		(% in Originalsubstanz)							
		1,5	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Kalzium		2 (2)	4 (5)	5 (8)	7 ( )				
G I				1 (1)	1 (2)	2 (3)	2 (10)	1 (1)	1 (1)
G II							10	7	
M I									
M II									
Phosphor									
G I						1 (1)	2 (2)	3 (4)	6 ( )
G II						1 (1)	2 (2)	2 (3)	5 ( )
M I						1 (1)	1 (1)	2 (2)	7 ( )
M II									
Ammoniak									
G II						1 (1)	1 (2)	2	11
M I								1 (1)	2 (2)
M II								1 (1)	8 (8)
Essigsäure									
		zulässige Toleranz $\Delta$ Gehaltswerte und Toleranzangaben (% in Orig. S.)							
		0,50	0,40	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	
									$\bar{x}$
M I		2 (2)	3 (3)	5 (5)	7 (8)	11 (6)			0,97
M II				1 (1)	1 (2)	2 (3)			0,94

Für die gemäß Probenahmestandard geforderten homogenen Partien oder Teilpartien (G II, M II) errechnen sich für die Praxis durchaus realisierbare Probenzahlen unter Berücksichtigung des jeweiligen  $\Delta$ -Wertes, der auch mit Bezug auf den Mittelwert zu bewerten ist. Im Falle inhomogener Partien werden, wie ein Vergleich G I zu G II bzw. M I zu M II zeigt, wesentlich mehr Einzelproben erforderlich.

Grundsätzlich ist festzustellen, daß mit der gewünschten Verringerung des Fehlers  $\Delta$  die Zahl der Proben ansteigt. Bei noch vertretbaren zulässigen Fehlern und hohen Anteilen des Probenahmefehlers am Gesamtfehler bestehen nur geringe Differenzen zwischen Einzel- oder Doppelbestimmungen. So wird bei dem Beispiel M II mit nur 2 Einzelproben eine maximale Differenz zwischen  $\bar{x}$  und wahren Wert  $\mu$  von 10 Energetischen Futtereinheiten unabhängig von der Durchführung einer Einzel- oder Doppelbestimmung erreicht. Dagegen würden diese beiden Einzelproben bei M I nur zu einer Richtigkeit von 20 Einheiten ausreichen, wobei in diesem Falle bereits eine Doppelbestimmung notwendig wird.

#### 4. Diskussion

Eine reale Bewertung einer Futtermittelpartie setzt die Kenntnis und damit die Berücksichtigung der objektiv gegebenen Streubreiten der Qualitätsparameter voraus und ist an die Einhaltung der resultierenden statistisch begründeten Probenahmefestlegungen gebunden. Eine effektive und sinnvolle Einflußnahme auf die Verringerung der Gesamtstreuung kann nur aufgrund der Kenntnis der Teilfehlergröße von Probenahmeverbereitung und Analyse erfolgen. Weisen Proben bzw. Teilproben einer Silage unterschiedliche Nährstoffgehalte, Futterwertkennzahlen bzw. Qualitäten auf, kann die hohe Streubreite objektiv bedingt und muß nicht eine Folge grober Fehler sein. Die Fehleranalysen bei den vorgestellten Modelluntersuchungen zeigen, daß bei richtiger und reproduzierbarer Laborarbeit die Analysenstreuung bzw. der Prüf Fehler im Vergleich zum Probenahmefehler bei den Parametern TM, RA, RP, RFA, EFr, Ca und P gering ist.

Gezielte Maßnahmen zur Verringerung der Probenahmefehleranteile sind deshalb aus heutiger Sicht absoluter Schwerpunkt der notwendigen Reduzierung hoher Gesamtfehler bei der Silageprüfung.

Unabhängig davon muß die weitere Verbesserung der Zuverlässigkeit der Analysenmethoden durch Qualitätssicherungsmaßnahmen der Analytik und durch Entwicklung neuer und auch automatisierter Methoden ausreichend Beachtung finden.

Bei der Beurteilung der Analysenfehleranteile ist allerdings zu beachten, daß diese durch unabhängige Doppelbestimmungen (Ermittlung von 2 Ergebnissen eines Parameters durch 2 unabhängig voneinander arbeitende Laborantinnen, beginnend mit der Probeneinwaage), wie sie im Rahmen von Qualitätskontrollmaßnahmen unverzichtbar sind, entstanden sind (HERING und v. LENGERKEN, 1981). Bei Durchführung der abhängigen Doppelbestimmungen wird der absolute Laborfehler und auch sein Anteil am Gesamtfehler etwa um die Hälfte geringer, das tatsächliche Fehlergeschehen wird jedoch verschleiert.

Für Ammoniak und flüchtige Fettsäuren werden nach Vorschrift der Staatlichen Futtermittelprüfung die Gehaltswerte bezogen auf die Originalsubstanz angegeben. In diesen Fällen ist zu beachten, daß insbesondere bei inhomogenen Partien, bedingt

durch den zusätzlichen Einfluß der Streuung des Wassergehaltes, der Gesamtfehler ansteigt (s. auch Tab. 7). Auch aus diesem Grund sollten Gehaltsangaben grundsätzlich auf die Trockensubstanz bezogen ausgewiesen und bewertet werden.

Tabelle 7

Vergleich der prozentualen Gesamtstandardabweichungen ( $v\%$ ) verschiedener Parameter der Silagen in Bezug der Analysergebnisse auf Trockensubstanz (1) bzw. auf Originalsubstanz (2)

Futtermittel	G I		G II		G III		M I	
	Bezugsgröße		1	2	1	2	1	2
Parameter	1	2	1	2	1	2	1	2
RA	15,5	29,1	5,0	7,3	11,4	18,4	9,4	18,9
RP	7,1	15,5	5,2	5,6	13,5	36,7	12,7	10,9
RFa	6,6	7,8	2,2	3,0	7,8	13,2	3,6	11,3
Ca	17,2	29,3	6,2	6,3	15,7	34,0	16,1	43,1
P	9,7	17,2	8,4	9,7	15,9	17,7	10,4	15,3

Sehr hohe Probenahmefehleranteile (z. B. bei G I, G III, M I) resultieren aus Inhomogenität zwischen den Einzelproben, die eigentlich nicht einer Partie zuzuordnen sind.

In Silos sind, wie diesbezügliche Erhebungen ergaben, eine Vielzahl von sensorisch zu unterscheidenden Partien enthalten; mindestens 2 bis 5 in Abhängigkeit vom Probegut, der Silobeschickung und Slierbedingungen.

Die Fehlererhebung zeigt auch, daß diese Teilpartien, soll der Gesamtfehler in vertretbaren Grenzen gehalten werden, grundsätzlich gesondert zu bemustern sind. Entscheidend ist, welche Möglichkeiten sich für die Zuordnung von Partien eines Silos ergeben. Auf Grund vorliegender Ergebnisse wird unseres Erachtens als Mindestanforderung für die Zuordnung von Partien einer Silage sensorisch einheitliche Beschaffenheit gefordert werden. Es bleibt zu prüfen, ob sensorisch einheitliche Silagen akzeptable Fehlerbereiche ergeben und auf dieser Grundlage allgemeingültige, anwendbare, statistisch begründete Probenahmebedingungen abzuleiten sind. Die Bedeutung dieser Betrachtungsweise soll durch nachfolgende Ausführungen begründet werden. Bei Entnahme von 2 Einzelproben je Partie, die durch die Praxis durchaus zu realisieren sind, ergeben sich für G II folgende maximal zu erwartende Abweichungen:

RA	8 g/kg
RP	8 g/kg
RFA	15 g/kg
vRP	6 g/kg
EFr	20 Einheiten.

Die beiden Einzelproben sollten im Labor getrennt analysiert werden. Für die Probenaufbereitung und Analyse wären Einzelbestimmungen aufgrund der dargelegten Fehlerverteilung zulässig. Aus beiden Analyse einzelergebnissen ist die Mittelwertbildung möglich, wenn die Streuung der Parameterwerte innerhalb der festzulegenden max. zu erwartenden Abweichungen für sensorisch einheitliche Silagen liegt.

Diese maximale Abweichung ergibt sich aus der gesamten Breite des Vertrauensintervalls und beträgt somit absolut 24.

So beträgt z. B. beim Parameter Rohprotein für G II  $2\Delta \approx 14$  g/kg. Im Vergleich zu der aus dem Laborfehler ( $s_L$ ) bzw. dem Prüffehler ( $s_{PF}$ ) errechneten Wiederholbarkeit von 5 g/kg bzw. 7,5 g/kg liegt diese Differenz deutlich höher. Für die Bewertung einer Futtermittelpartie auf der Basis des Mittelwertes von 2 Einzelproben-ergebnissen ist für die Fehlerschätzung eine relative Konstanz der Schätzwerte für  $s_{ges}$  eine Voraussetzung.

Rückschlüsse auf die Richtigkeit bzw. Reproduzierbarkeit der Laborarbeit sind definitionsgemäß dann aus dieser Fehlereinschätzung nicht mehr zu ziehen. In diesem Fall sind unabhängige Kontrollmaßnahmen zur Bewertung der Laborarbeit in der Futtermittelprüfung unumgänglich (5).

Bei Überschreitung der zulässigen Abweichung ( $2\Delta_{ges}$ ) sollte u. E. wie folgt verfahren werden:

Angabe beider Ergebnisse der Einzelproben (Anmerkung: keine ausreichende Repräsentanz der Proben bzw. der Ergebnisse vorhanden)

Schlußfolgernd muß festgestellt werden, daß Analysen bei einer Probe, die unterschiedliche Zusammensetzung zeigt, diese zu Fehlschlüssen bei der Beurteilung der entsprechenden Partie führen wird.

Weiterhin müssen vorliegende Ergebnisse Ausgangspunkt für eine kritische Analyse einer Sammelprobe von Silagepartien sein, die auf der Grundlage der in TGL 29080/01 geforderten Probenahme- bzw. anderen -vorschriften zusammengestellt werden.

Einerseits haben hier die Einzelproben ungewichtet Anteil, andererseits ist auch eine ausreichende Homogenisierung zur Herstellung der Sammelprobe bzw. Endprobe nicht möglich. Die Probemischung bzw. -teilung mittels Hand kann deshalb den Fehler vergrößern: z. B. bei Maissilageproben mit Kolbenanteilen nach Handvermischung kann statt einer besseren Durchmischung eine stärkere Fraktionierung in Körner (hoher Stärke- und niedriger Rohfasergehalt) und Pflanzen (hoher Rohfaser- und niedriger Stärkegehalt) auftreten; bei Grasanwelksilagen bzw. Rübenblatt-Strohmischsilage ist die Herstellung einer repräsentativen Sammelprobe in vielen Fällen nicht möglich).

Aus der Diskussion ergibt sich die Notwendigkeit weiterer Fehleranalysen, Prüffehlerbearbeitungen und Abschätzungen statistisch begründeter Probenahmebedingungen und deren schrittweise Einarbeitung bzw. Berücksichtigung im Standardkomplex Probenahme und Prüfung von Futtermitteln. Die Intensivierung der Schulungen von Probenehmern zur Probenahme und zur sensorischen Beurteilung von Silagen mit der Vermittlung dieser Erkenntnisse ist ein weiterer Schwerpunkt zur Gewährleistung der Repräsentanz von Prüfergebnissen zur Beurteilung von Silagen.

## Zusammenfassung

Erste Ergebnisse von Fehlerzerlegungsmodellen unter Einbeziehung von Mais- und Grassilagen zeigen, daß die absolute Fehlergröße sowie der hohe Teilfehler Probenahme bei stärker inhomogenen Silagenpartien bzw. Silageproben zu Vertrauensbereichen führen, die eine repräsentative Beurteilung der entsprechenden Partien nicht mehr zulassen. Die in diesen Fällen resultierenden notwendigen hohen Probenzahlen zur Partiebeurteilung sind unter Praxisbedingungen nicht zu realisieren. Die aufgrund

sensorischer Beurteilung als einheitlich eingeschätzten Proben bzw. Teilpartien ergeben dagegen akzeptable Streubereiche und statistisch begründete Probenahmebedingungen. Der Prüffehler bzw. Fehler der Analytik beweist die Zuverlässigkeit der Prüfmethoden insbesondere für die Rohnährstoffanalytik unter Serienbedingungen.

### Резюме

И. фон ЛЕНГЕРКЕН, И. КИРМАС и Д. ХЕРИНГ

О точности результатов анализа кормов. 1-ое сообщ.: Травяный и кукурузный силосы

Первичные результаты модели разделения ошибок при силосах из травы или кукурузы показывают, что абсолютная величина ошибки и высокая частичная ошибка при взятии проб особенно негомогенных партий или проб силоса не являются достаточными для правильной оценки соответственных проб. В этих случаях необходимо большое число проб для оценки, но это в нормальной практике нельзя. Если с помощью сенсорной оценки взялись одинаковые пробы и частичные партии для анализа, то получились благоприятные колебания и статистически доказуемые условия для взятия проб. Полученная ошибка при анализе доказывает достоверность исследуемых методов особенно для зоотехнического анализа сырых питательных веществ в сериях.

### Summary

J. v. LENGERKEN, J. KIRMAS and D. HERING

On the representativeness of the results of feed checks. 1. Grass silage and maize silage

First results of error resolving models with the inclusion of silaged maize and grass show that the absolute error quantity as well as the big partial error by the sampling from less homogenous silage lots resp. silage samples lead to confidence intervals which do not permit a representative evaluation of the according lots any longer. The necessary high number of samples resulting in these cases for the evaluation of the lots cannot be managed under in-practice conditions. Samples resp. partial lots sensorily evaluated as homogenous, however, showed acceptable dispersion ranges and statistically established sampling conditions.

And the analysis error prove the reliability of the test methods in particular for crude nutrient analysis under serial conditions.

### Literaturverzeichnis

- [1] DOERFFEL, K.: Statistik in der analytischen Chemie. Dt. Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, S. 149 (1982)
- [2] BOZYK, Z. und W. RUDZKI: Qualitätskontrolle von Lebensmitteln nach mathematisch-statistischen Methoden. VEB Fachbuchverlag Leipzig, S. 286 (1972)

- [3] GEISSLER, C., M. HOFFMANN und B. HICKEL: Arch. Tierernähr., **26**, 123 (1976)
- [4] HERING, D.: Nahrung **22**, 827 (1978)
- [5] HERING, D. u. J. v. LENGERKEN: Arch. Tierernähr. **31**, 557 (1981)
- [6] LENGERKEN, J. v., H. WETTERAU u. V. MÜLLER: Arch. Tierernähr. **21**, 37 (1971)
- [7] LENGERKEN, J. v. und M. ZEIDLER: Nahrung **22**, 355 (1978)

Eingegangen: 20. Juni 1983

Anschrift der Autoren:

Dr. J. v. LENGERKEN und Dipl.-Chemiker J. KIRMAS,  
Zentralstelle für Futtermittelprüfung und Fütterung  
DDR - 4025 Halle-Lettin, Schiepziger Str. 35  
Dr. D. HERING, Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung,  
Fachabteilung Nahrungsgüter, Fachgebiete Körnerfrüchte und Futtermittel  
DDR - 4020 Halle, Philipp-Müller-Str. 52

H.-J. BLOCK und F. WEISSBACH

## Untersuchungen zum Feuchtaufschluß von Stroh mit Natronlauge

### 2. Mitteilung

Veränderungen der Alkalität bei der Lagerung von NaOH-Aufschlußstroh

#### 1. Einleitung

Der Feuchtaufschluß mit Natronlauge führt bei Weizenstroh in Abhängigkeit von der Laugendosis zu einer deutlichen Erhöhung der Verdaulichkeit und einer Verbesserung des energetischen Futterwertes (PIATKOWSKI u. a., 1974; BLOCK u. a., 1984). Bei Laugegaben über 30 g NaOH/kg Trockensubstanz (TS) Stroh ist jedoch mit einer merklichen Restalkalität zu rechnen, die sich negativ auf die Verzehrseigenschaften des NaOH-Strohs auswirken kann.

Zur Lösung dieses Problems sind verschiedene Wege beschritten worden. BOLDUAN und PIATKOWSKI (1972) entwickelten ein Verfahren zum Feuchtaufschluß von Stroh mit anschließender Neutralisation durch einen Zusatz von Essigsäure bzw. durch Vermischen mit Grünfuttersilagen. Daneben ist auch eine gemeinsame Silierung von NaOH-Stroh und zuckerreichen Produkten bzw. Grünfutter erfolgreich erprobt worden (PIATKOWSKI u. a., 1974; GUPTA und PRADHAN, 1977; WEISSBACH u. a., 1978). Erfahrungen in der Praxis zeigten außerdem, daß bei einer silageähnlichen Lagerung von Aufschlußstroh eine teilweise bzw. vollständige Selbstneutralisation des Futters möglich ist.

In Untersuchungen zur anaeroben Lagerung von NaOH-Stroh wurde festgestellt, daß diese Selbstneutralisation durch mikrobielle Bildung und wahrscheinlich auch durch chemische Freisetzung von Säuren hervorgerufen wird (SCHMIDT und WETTERAU, 1976; WEISSBACH und SCHMIDT, 1977).

In der 1. Mitt. (BLOCK u. a., 1984) wurde nachgewiesen, daß es schon bei kurzer Einwirkung von Natronlauge auf Weizenstroh in Abhängigkeit von der Laugendosis zur Bildung steigender Mengen an Essigsäure kommt. Die in dieser Mitteilung dargestellten Untersuchungen hatten das Ziel, genauere Kenntnisse über Richtung und Intensität der bei einer anaeroben Lagerung von feucht aufgeschlossenem NaOH-Stroh ablaufenden Prozesse und ihre Abhängigkeit von Trockensubstanzgehalt, Laugendosis und Lagerungsdauer zu gewinnen.

#### 2. Material und Methode

In einem Laborsilierversuch wurde feucht aufgeschlossenes und aerob zwischengelagertes Winterweizenstroh mit 5 Trockensubstanzstufen und 5 Laugestufen einsiliert und 90 bzw. 180 Tage bei 25 °C anaerob gelagert. Versuchsanlage und Kennzeichnung der Varianten gehen aus Tab. 1 hervor.

Tabelle 1

Versuchsanlage und Kennzeichnung der Varianten  
angestrebter TS-Gehalt und Laugedosis (auf TS)

TS-Gehalt des Strohes*	Laugedosis (kg NaOH/100 kg Stroh)				
	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>
45	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
50	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
55	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
60	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>

\* Eine Erhöhung des TS-Gehaltes durch den Laugezusatz ist nicht berücksichtigt worden.

Das feuchte Stroh bzw. NaOH-Stroh der Varianten A<sub>0</sub>–A<sub>4</sub> und E<sub>0</sub>–E<sub>4</sub> war mit dem in der 1. Mitt. (BLOCK u. a., 1984) beschriebenen Material für die Untersuchungen zum Feuchtaufschluß identisch. Auf genaue Angaben zur Materialgewinnung wird deshalb an dieser Stelle verzichtet. Nach Alkalisierung waren die A- und E-Varianten in 6 m<sup>3</sup>-Kamfersilos fünf Tage aerob zwischen gelagert worden. Die Varianten B, C und D wurden dann durch Mischen entsprechender Anteile der 40 %- und der 60 %-Trockensubstanzstufen hergestellt. Die anaerobe Lagerung erfolgte in 2 Liter fassenden Glasgefäßen (Weckgläser). Jede Variante wurde in 8 Parallelen einsiliert. Bei der Öffnung am 90. bzw. 180. Tag wurden je 4 Parallelen auf Geruch und Farbe des Materials bonitiert. Die chemischen Untersuchungen erfolgten in einer Mischprobe der vier Parallelen.

## 2.1. Chemische Untersuchungen

Die Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren wurde nach einem gaschromatographischen Verfahren mit iso-Kapronsäure als innerem Standard vorgenommen (BLOCK und WEISSBACH, 1982).

Zur Erfassung der Milchsäure wurde eine verbesserte kolorimetrische Methode nach BARKER-SUMMERSON verwendet (HAACKER, BLOCK und WEISSBACH; 1983). Der Natriumgehalt ist nach Veraschen und Aufnehmen in HCl flammenphotometrisch gemessen worden. Alle übrigen Untersuchungsmethoden entsprachen den jeweiligen Standardverfahren.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Trockensubstanz- und Natriumgehalt

In Tab. 2 ist der realisierte Trockensubstanz- und Natriumgehalt für die durch Alkalisierung bzw. Wasserzusatz hergestellten Varianten angegeben.

Von den gemessenen Natriumgehalten sind jeweils 0,37 g Na/kg TS als gemessener Basiswert des lufttrockenen Weizenstrohs subtrahiert und aus den Differenzen der NaOH-Gehalt der Aufschlußstrohpartien errechnet worden. Der Anstieg des TS-Gehaltes bei den Laugevarianten resultierte aus dem Laugezusatz.

Nach 5tägiger aerober Zwischenlagerung der in Tab. 2 charakterisierten Varianten wurden wie beschrieben die Ausgangsmaterialien für den Silierversuch gewonnen.

### 3.2. Gärfutteranalyse

Tab. 3 enthält die Ergebnisse der Gärssäureanalyse der Ausgangsmaterialien für die anaerobe Lagerung. Alle Angaben beziehen sich auf die unkorrigierten TS-Werte (TS<sub>n</sub>).

Die angestrebte Abstufung des TS-Gehaltes ist recht gut realisiert worden. Bei

Tabelle 2

Realisierter Trockensubstanz- und Natriumgehalt bei der Gewinnung der feuchten Stroh- bzw. NaOH-Strohpartien

Variante	TS %	Natrium g/kg TS NaOH-Stroh	NaOH-Gehalt g/kg TS NaOH-Stroh
A <sub>0</sub>	40,13	0,55	0
A <sub>1</sub>	41,07	9,1	15,2
A <sub>2</sub>	41,08	18,2	31,0
A <sub>3</sub>	41,88	25,3	43,4
A <sub>4</sub>	41,68	33,0	56,8
E <sub>0</sub>	60,00	0,54	0
E <sub>1</sub>	61,92	8,0	13,3
E <sub>2</sub>	61,92	18,3	31,2
E <sub>3</sub>	62,43	25,7	44,1
E <sub>4</sub>	62,06	30,9	53,1

Tabelle 3

Anaerobe Lagerung von feuchtem Stroh bzw. NaOH-Stroh  
Ergebnisse der Analyse der Ausgangsmaterialien\*

Variante Stroh	% TS <sub>n</sub>					
	TS <sub>n</sub> % 85	pH 7,9	A 0	M 0	E 0	n-B 0
A <sub>0</sub>	41,69	7,5	0,43	0	0,43	0
B <sub>0</sub>	47,66	7,5	0,29	0	0,38	0
C <sub>0</sub>	53,35	7,2	0,07	0,07	0,34	0
D <sub>0</sub>	58,27	7,2	0	0,07	0,38	0
E <sub>0</sub>	64,42	7,2	0,48	0,06	0,26	0
A <sub>1</sub>	41,05	9,0	0,22	0	0,56	0
B <sub>1</sub>	45,89	8,9	0,11	0	0,70	0
C <sub>1</sub>	50,58	8,3	0	0,08	0,97	0
D <sub>1</sub>	56,65	8,0	0	0,16	1,02	0
E <sub>1</sub>	62,42	8,0	0,70	0,14	0,98	0
A <sub>2</sub>	41,73	9,4	1,10	0	2,52	0
B <sub>2</sub>	44,96	9,5	0,11	0	2,62	0
C <sub>2</sub>	51,88	9,4	0,08	0,08	2,41	0
D <sub>2</sub>	55,79	9,4	0,23	0,16	2,22	0
E <sub>2</sub>	61,68	9,6	0,42	0,06	1,99	0
A <sub>3</sub>	41,42	10,2	0,12	0	3,11	0
B <sub>3</sub>	47,02	10,3	0,11	0	2,98	0
C <sub>3</sub>	52,13	10,2	0,17	0,08	2,84	0
D <sub>3</sub>	57,85	10,3	0,16	0,07	2,75	0
E <sub>3</sub>	62,90	10,3	0,27	0,06	2,43	0
A <sub>4</sub>	42,67	10,9	0,12	0	3,00	0
B <sub>4</sub>	46,28	10,9	0,11	0	2,94	0
C <sub>4</sub>	51,81	10,4	0,52	0,08	2,93	0
D <sub>4</sub>	57,57	11,0	0,07	0,07	3,14	0
E <sub>4</sub>	61,44	10,8	0,29	0,21	3,35	0

\* Erklärung der Abkürzungen s. Tabelle 4

einem Ausgangs-pH-Wert des lufttrockenen Weizenstrohs von etwa pH 8,0 wurde in Abhängigkeit von der Laugedosis ein deutlicher Anstieg der Alkalität bis auf Werte um pH 11,0 gemessen.

Bei der Einlagerung enthielt das Material praktisch keine Milchsäure und in den meisten Fällen nur geringe Mengen an flüchtigen Neutralstoffen, die mit der Alkoholbestimmung erfaßt werden.

Dagegen wurden mit zunehmender Laugedosis deutlich steigende Essigsäuregehalte gefunden, wobei eine gerichtete Abhängigkeit vom TS-Gehalt des NaOH-Strohs nicht zu erkennen war.

In den Tab. 4 und 5 sind die Ergebnisse der Analyse der am 90. bzw. 180. Tag ausgelagerten Stroh- bzw. NaOH-Strohsilagen zusammengefaßt.

Nach dreimonatiger Lagerung war bei allen Varianten ein deutlicher Rückgang des pH-Wertes zu verzeichnen. Demgegenüber kam es zwischen dem 90. und 180. Tag nur noch zu geringen pH-Wert-Änderungen.

Als Ursache für die Absenkung der Alkalität bzw. für eine Ansäuerung im Falle

Tabelle 4

## Anaerobe Lagerung von feuchtem Stroh bzw. NaOH-Stroh,

### Ergebnisse der Analyse der Silagen, Lagerungsdauer 90 Tage

Abkürzungen: A = Alkohol i-B = i-Buttersäure

P = Propionsäure      n-V = n-Valeriansäur

### n-K = n-Kapronsäure

1

Va- riante	TS <sub>n</sub> %	pH	in % der TS <sub>n</sub>								
			A	M	E	P	i-B	n-B	i-V	n-V	n-K
A <sub>0</sub>	39,75	4,9	1,03	0,13	1,96	0,13	0,23	1,86	0,13	0	0,23
B <sub>0</sub>	45,82	4,8	0	0,50	1,40	0,11	0,11	2,18	0	0,11	0,31
C <sub>0</sub>	51,59	4,7	1,12	1,12	0,95	0	0	2,17	0	0	0
D <sub>0</sub>	57,61	4,6	2,69	1,77	0,92	0	0	1,53	0	0	0
E <sub>0</sub>	63,72	4,8	2,40	1,22	0,61	0	0	1,16	0	0	0
A <sub>1</sub>	39,10	6,4	1,99	0	3,17	0,23	0,23	2,25	0,13	0	0,46
B <sub>1</sub>	45,09	6,3	0,80	0,60	2,02	0,20	0,31	3,44	0,11	0	0,20
C <sub>1</sub>	50,72	6,0	0	0,08	1,24	0,08	0,26	3,45	0	0	0,08
D <sub>1</sub>	55,51	5,5	2,72	1,77	1,21	0	0	2,00	0	0	0
E <sub>1</sub>	60,51	5,4	2,46	2,91	1,45	0	0	0,15	0	0	0
A <sub>2</sub>	39,91	8,6	1,85	0	2,31	0,23	0	3,91	0	0	0,13
B <sub>2</sub>	44,40	8,2	0,52	0,20	1,13	0,20	0	4,41	0	0	0
C <sub>2</sub>	51,56	7,3	0,35	0,95	1,30	0,17	0	3,30	0	0	0
D <sub>2</sub>	55,70	7,0	2,87	2,94	2,48	0	0	0,88	0	0	0
E <sub>2</sub>	61,00	7,4	2,30	2,80	2,52	0	0	0,15	0	0	0
A <sub>3</sub>	41,18	9,1	0	0,90	2,23	0,22	0	4,47	0	0	0
B <sub>3</sub>	45,93	9,1	0,50	0,20	1,87	0,20	0	4,35	0	0	0
C <sub>3</sub>	51,45	8,5	0,35	2,45	2,80	0	0	1,40	0	0	0
D <sub>3</sub>	57,41	8,6	2,09	3,17	3,62	0	0	0,07	0	0	0
E <sub>3</sub>	63,00	9,1	0,14	0,90	3,25	0	0	0	0	0	0
A <sub>4</sub>	41,84	9,3	0,43	1,31	4,04	0	0	0	0	0	0
B <sub>4</sub>	47,91	9,8	0,67	0,56	3,30	0	0	0,10	0	0	0
C <sub>4</sub>	52,41	9,9	0	0,42	3,34	0	0	0	0	0	0
D <sub>4</sub>	57,15	10,1	0,86	0,23	3,41	0	0	0	0	0	0
E <sub>4</sub>	62,38	10,1	0	0,21	3,16	0	0	0	0	0	0

der Laugestufen 0 und 1 müssen mikrobielle Gärungsprozesse angesehen werden, die zur Bildung der verschiedenen sauren bzw. neutralen Gärprodukte führten.

Obwohl bei der organoleptischen Beurteilung der NaOH-Strohsilagen keine Butter-säure festgestellt wurde, enthielt der größte Teil der Silagen überraschend deutliche *n*-Buttersäuremengen. Bei den Silagen mit besonders hohen *n*-Buttersäuregehalten ( $TS_n < 55\%$ ) wurden darüber hinaus sowohl Propionsäure und *i*-Buttersäure, als auch höhere flüchtige Fettsäuren gefunden.

Tabelle 5

Anaerobe Lagerung von feuchtem Stroh bzw. NaOH-Stroh,  
Ergebnisse der Analyse der Silagen, Lagerungsdauer 180 Tage\*

Va- riante	TS <sub>n</sub> %	pH	in % der TS <sub>n</sub>								
			A	M	E	P	i-B	n-B	i-V	n-V	n-K
A <sub>0</sub>	38,67	4,8	1,06	0,13	2,28	0,13	0,23	2,87	0,13	0,13	0,36
B <sub>0</sub>	45,73	4,8	0	0,39	1,09	0,11	0,20	3,67	0	0,11	0,31
C <sub>0</sub>	50,63	4,7	0,18	0,89	0,61	0,08	0	3,38	0	0	0
D <sub>0</sub>	57,27	4,4	0,23	1,78	1,08	0	0	1,69	0	0	0
E <sub>0</sub>	62,36	4,5	0,50	0,71	0,63	0	0	1,19	0	0	0
A <sub>1</sub>	38,59	5,8	1,68	0	2,62	0,13	0,23	2,88	0	0,13	1,06
B <sub>1</sub>	44,10	5,8	0,11	0,20	1,77	0,11	0,32	3,51	0,11	0,11	0,73
C <sub>1</sub>	49,84	5,6	0,28	0,10	1,44	0,28	0,46	4,33	0	0	0,18
D <sub>1</sub>	54,55	5,3	0,40	1,30	1,14	0,07	0,07	3,10	0	0	0
E <sub>1</sub>	60,42	5,1	0,22	4,07	1,31	0	0	0,58	0	0	0
A <sub>2</sub>	39,87	8,0	1,28	0	2,66	0,23	0	4,61	0	0	0,35
B <sub>2</sub>	44,25	8,4	0,11	0,20	0,81	0,20	0	6,28	0	0	0
C <sub>2</sub>	50,73	8,1	0	0,08	0,97	0,43	0	5,83	0	0	0
D <sub>2</sub>	55,01	7,7	0	1,62	1,62	0,16	0	4,13	0	0	0
E <sub>2</sub>	60,90	7,6	0,57	2,96	1,72	0	0	0,66	0	0	0
A <sub>3</sub>	40,53	9,0	0,12	0,12	1,80	0,22	0	5,90	0	0	0
B <sub>3</sub>	45,39	9,0	0,40	0	1,41	0,20	0	5,71	0	0	0
C <sub>3</sub>	50,56	9,1	0	0,61	1,78	0,08	0	4,09	0	0	0
D <sub>3</sub>	56,36	8,7	0,55	2,84	3,07	0	0	1,03	0	0	0
E <sub>3</sub>	61,79	9,0	0,36	1,70	2,91	0	0	0	0	0	0
A <sub>4</sub>	41,81	9,0	0,43	1,53	3,18	0	0	2,08	0	0	0
B <sub>4</sub>	47,43	9,2	0,95	1,14	3,73	0	0	0,11	0	0	0
C <sub>4</sub>	52,34	9,9	0,25	0,59	3,25	0	0	0	0	0	0
D <sub>4</sub>	57,05	10,2	0,32	0,23	3,03	0	0	0,07	0	0	0
E <sub>4</sub>	62,38	10,1	0,29	0,06	2,95	0	0	0	0	0	0

\* Erklärung der Abkürzungen siehe Tabelle 4

#### 4. Auswertung und Diskussion

##### 4.1. Theoretische Betrachtungen

Für die Abschätzung des bei der Silierung von NaOH-Stroh notwendigen Maßes der Säurebildung zur Neutralisation des Materials muß zunächst der anzustrebende Grenz-pH-Wert festgelegt werden. Bei welcher Alkalität keine Beeinträchtigung der Futteraufnahme mehr eintritt, ist nicht genau bekannt. Im allgemeinen wird aber eine Absenkung des pH-Wertes auf 8 für erforderlich angesehen (SCHMIDT und WETTERAU, 1976). Deshalb wurde dieser Grenzwert angenommen.

Die Festlegung des Grenz-pH-Wertes bei 8 hat außerdem den Vorteil, daß er mit dem pH-Wert des unbehandelten Strohes weitgehend übereinstimmt. Für das hier untersuchte Stroh wurden pH 7,9 gemessen. Auf diese Weise kann die dem Stroh eigene Pufferkapazität außer Betracht bleiben, und das notwendige Maß der Säurebildung wird dann im wesentlichen nur von der Laugedosis und den beim Feuchtaufschluß zwischen Lauge und Strohinhaltstoffen ablaufenden chemischen Aufschlußreaktionen abhängig sein.

Bei den Neutralisations- und Bindungsspaltungsreaktionen der Lauge im Stroh, die in der 1. Mitt. diskutiert wurden (BLOCK und WEISSBACH, 1984), entstehen in jedem Falle basisch reagierende Salze aus schwachen bzw. sehr schwachen Säuren und einer starken Base. Das betrifft sowohl das durch Azetylgruppenabspaltung entstandene Natriumazetat, als auch Uronsäuresalze und Phenolate im löslichen Lignin.

Außerdem muß auch eine bei der aeroben Lagerung des NaOH-Strohs bei hohen pH-Werten mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung aus der Luft oder aus Gärgasen berücksichtigt werden, die zur Ausbildung eines Karbonat-Hydrogenkarbonat-Puffers führen kann.

Die basische Reaktion aller dieser Natriumsalze ist sowohl von der Säurestärke der schwachen Säuren, als auch von der molaren Konzentration der Salze abhängig. So zeigen Natriumazetat-Lösungen bei Konzentrationen von 10<sup>-1</sup> bzw. 10<sup>-2</sup> Mol/l pH-Werte von 8,9 bzw. 8,4. Obwohl der K<sub>s</sub>-Wert für phenolische OH-Gruppen des Lignins unbekannt ist, kann über die Modellverbindung Phenol (K<sub>s</sub> = 1,2 · 10<sup>-10</sup> Mol/l) eine grobe Abschätzung des pH-Wertes von Natriumsalzen der löslichen Ligninbausteine vorgenommen werden. Dieser dürfte beim Stroh lignin in Abhängigkeit von der Konzentration zwischen pH 10 und pH 12 liegen. Der Wirkungsbereich des Karbonat-Puffers liegt bekanntlich zwischen pH 8 und pH 11.

Entscheidend für den Widerstand gegen eine pH-Wert-Absenkung bei der Silierung von NaOH-Stroh dürfte jedoch sein, welche Natriumsalze in dem beim NaOH-Stroh vorliegenden pH-Bereich zwischen pH 8 und pH 11 ein Puffersystem ausbilden können. Hierfür kommen hauptsächlich der Phenolat- und der Karbonat-Puffer in Frage. Die Pufferkapazität dieser Systeme dürfte mit zunehmender Laugedosis ansteigen und sich im wesentlichen aus dem Anteil des Laugezusatzes ergeben, der nicht für eine Essigsäurebildung aus Azetylgruppen verbraucht wird.

Es muß hier auch eindeutig darauf hingewiesen werden, daß es unkorrekt ist, die bei höheren Laugegaben durch Titration bis pH 8 meßbare Alkalität (Titrationsalkalität) als „freie Lauge“ zu bezeichnen. Berechnet man nämlich aus dem in den Versuchen maximal aufgetretenen pH-Wert von etwa pH 11 bei mit 60 g NaOH/kg TS aufgeschlossenen und fünf Tage gelagertem Stroh die OH-Ionenkonzentration, so ergibt sich ein Wert von 10<sup>-3</sup> Mol freier Natronlauge/l Wasserextrakt für die pH-Messung. Da bei der Extraktbereitung zur Bestimmung des pH-Wertes jeweils 100 g Originalsubstanz NaOH-Stroh mit 400 ml dest. Wasser extrahiert wurden, entspricht obige Konzentration einem Gehalt von etwa 0,4 g freier Natronlauge pro kg TS NaOH-Stroh, was noch nicht einmal 1 % des Laugezusatzes von 60 g NaOH/kg TS Stroh entspricht. Die Titrationsalkalität des Aufschlußstrohes liegt also fast gänzlich in der Form der Pufferkapazität eines komplizierten Mehrfach-Puffersystems vor.

Aus diesen Zusammenhängen läßt sich ableiten, daß für eine ausreichende Selbstneutralisation des NaOH-Aufschlußstrohes die Summe der chemisch und mikrobiologisch gebildeten Säuren mindestens der zum Aufschluß eingesetzten Lauge menge äquivalent sein muß.

#### 4.2. pH-Wert und Säuregehalt des NaOH-Strohes

Die pH-Werte der Ausgangsmaterialien für den Laborversuch zur Silierung von NaOH-Stroh sind in Tab. 6 zusammengestellt.

Tabelle 6

pH-Wert des NaOH-Strohes bei der Einlagerung

		Laugedosis [g NaOH/kg TS Stroh]				
		0	15	30	45	60
TS %	40	7,5	9,0	9,4	10,2	10,9
	45	7,5	8,9	9,5	10,3	10,9
	50	7,2	8,3	9,4	10,2	10,4
	55	7,2	8,0	9,4	10,3	11,0
	60	7,2	8,0	9,6	10,3	10,8

Vor allem bei Laugegaben über 30 g NaOH/kg TS Stroh ist mit einer hohen, sich in pH-Werten über pH 10,0 manifestierenden Alkalität des NaOH-Strohs zu rechnen. Demgegenüber liegt bei den NaOH-Strohpartien mit einer Laugedosis von 15 g NaOH/kg TS Stroh und TS-Gehalten über 50 % der geforderte pH-Wert von pH 8 schon vor.

Die im eingelagerten NaOH-Stroh gefundenen Essigsäremengen sind z. T. beträchtlich und führten in Abhängigkeit von der Laugedosis zum Verbrauch von etwa 40–70 % der zugesetzten Lauge. Eine gerichtete Abhängigkeit der Säurebildung vom TS-Gehalt war nicht zu beobachten (Abb. 1).

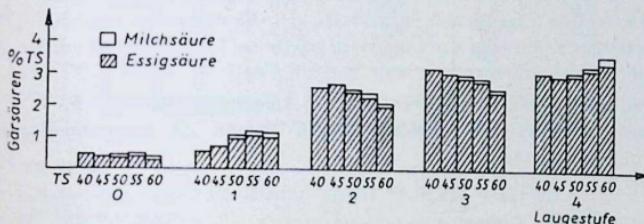


Abb. 1. Gärssäurenmuster der Ausgangsmaterialien

Die Unterschiede bei der Laugestufe 1 (15 g NaOH/kg TS Stroh) ergeben sich wahrscheinlich aus einem Abbau von Essigsäure während der 5-tägigen aeroben Lagerung des NaOH-Strohs.

Zwischen der Laugestufe 3 (45 g NaOH/kg TS Stroh) und der Laugestufe 4 (60 g NaOH/kg TS Stroh) wird nur noch ein geringer Zuwachs an Essigsäure erreicht, der jedoch etwas größer wird, wenn man als Bezugsbasis nicht die Trockensubstanz, sondern die organische Substanz wählt.

#### 4.3. pH-Wert und Säuregehalt der NaOH-Strohsilagen

Nach dreimonatiger Lagerung war bei allen NaOH-Strohsilagen ein deutlicher Rückgang der pH-Werte zu verzeichnen (Tab. 7).

Tabelle 7

pH-Wert des silierten NaOH-Strohes, 90 Lagerungstage

		NaOH-Dosis				
		→				
		4,9	6,4	8,6	9,1	9,3
TS	4,8	6,3	8,2	9,1	9,8	
	4,7	6,0	7,3	8,5	9,9	
	4,6	5,5	7,0	8,6	10,1	
	4,8	5,4	7,4	9,1	10,1	

Das Ergebnis dieser pH-Wert-Absenkung war jedoch ganz unterschiedlich. Während bei der Laugestufe 1 (15 g NaOH/kg TS Stroh) eine deutliche Ansäuerung der Silagen und bei Laugestufe 2 (30 g NaOH/kg TS Stroh) der geforderte Grenz-pH-Wert in etwa erreicht wurde, blieb bei Laugestufe 3 (45 g NaOH/kg TS Stroh) eine geringe und bei Laugestufe 4 (60 g NaOH/kg TS Stroh) eine merkliche Restalkalität erhalten.

Eine Lagerungsdauer von 180 Tagen bewirkte nur noch relativ geringe pH-Wert-Änderungen in den NaOH-Strohsilagen. Die Grenze in der Laugedosis und im TS-Gehalt, bei der der pH-Wert von pH 8,0 sicher erreicht wurde, verschob sich gegenüber der nach 90 Lagerungstagen praktisch nicht mehr (Tabelle 8).

Tabelle 8

pH-Wert des silierten NaOH-Strohes, 180 Lagerungstage

		NaOH-Dosis				
		→				
		4,8	5,8	8,0	9,0	9,0
TS	4,8	5,8	8,4	9,0	9,2	
	4,7	5,6	8,1	9,1	9,9	
	4,4	5,3	7,7	8,7	10,2	
	4,5	5,1	7,6	9,0	10,1	

Bei einigen Silagen war sogar ein geringer pH-Wert-Anstieg zu beobachten.

Die Gärssäurenmuster der NaOH-Strohsilagen nach 90 und 180 Lagerungstagen sind in den Abb. 2 und 3 dargestellt.

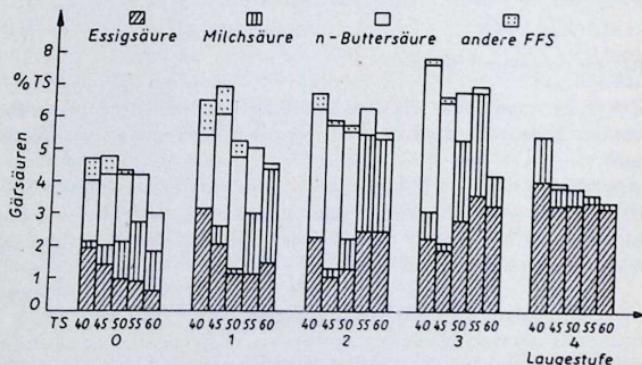


Abb. 2. Gärssäurenmuster der Roh- bzw. NaOH-Strohsilagen, 90. Tag

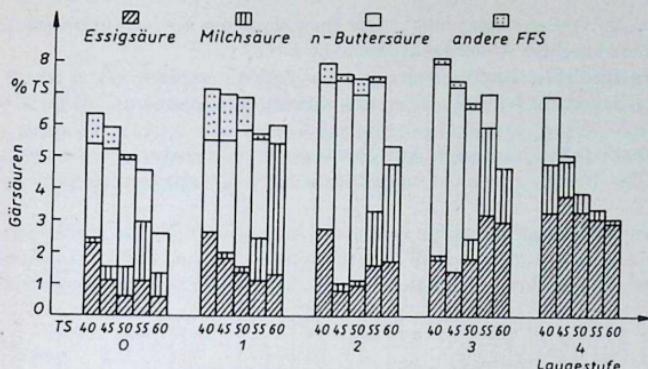


Abb. 3. Gäräurenmuster der Roh- bzw. NaOH-Strohsilagen, 180. Tag

Ausgenommen die Silagen der Laugestufe 4 (60 g NaOH/kg TS Stroh), stellte die *n*-Buttersäure bei TS-Gehalten unter 55 % bei den Silagen aller anderen Laugestufen die Hauptäure im Gäräurenmuster dar. Praktisch buttersäurefrei waren nach 90 Tagen Lagerungsdauer nur die Silagen der Laugestufe 4 (60 g NaOH/kg TS Stroh) und die 60 %-TS-Silagen der Laugestufen 1–3.

Eine Verlängerung der Lagerungsdauer auf 180 Tage führte zu einem weiteren Rückgang des Anteils der buttersäurefreien Silagen. Gleichzeitig war ein weiterer Anstieg der Buttersäure-Gehalte zu verzeichnen.

Betrachtet man den Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Buttersäure in den NaOH-Strohsilagen und den pH-Werten der Silagen, so wird deutlich, daß eine ausreichende pH-Wert-Absenkung in jedem Falle mit einer Buttersäurebildung verbunden war (Tab. 8 und 9). Das bedeutet, daß eine ausreichende Neutralisation des NaOH-Strohs und eine Gewinnung buttersäurefreier Silagen nicht gleichzeitig möglich sind. Das gilt auch für eine Lagerungsdauer von nur 3 Monaten.

Tabelle 9

*n*-Buttersäure-Gehalt des silierten NaOH-Strohes in % der TS,  
180 Lagerungstage

		NaOH-Dosis				
		2,9	2,9	4,6	5,9	2,1
TS	3,7	3,5	6,3	5,7	0,1	
	3,4	4,3	5,8	4,1	0	
	1,7	3,1	4,1	1,0	0,1	
	1,2	0,6	0,7	0	0	

Aus Tabelle 9 geht jedoch auch hervor, daß die Buttersäure-Gehalte der NaOH-Strohsilagen mit zunehmendem TS-Gehalt abnehmen und bei einem TS-Gehalt von 60 % ein Minimum erreichen, wobei zwischen 55 % und 60 % TS ein deutlicher Abfall zu beobachten ist.

Es muß zunächst offen bleiben, ob der Buttersäuregehalt derartiger Strohsilagen in gleicher Weise als negativ zu bewerten ist wie bei Grünfuttersilagen. Zumindest

ist das Auftreten von Buttersäure hier nicht im gleichen Maße ein Kriterium für einen ganzen Komplex unerwünschter Abbaureaktionen wie dort.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch, daß die in den NaOH-Stroh-silagen enthaltene Buttersäure bei der sensorischen Prüfung in keinem Fall festzustellen war.

Bei pH-Werten oberhalb des Neutralpunktes und Zimmertemperatur werden offenbar selbst Spuren der Buttersäure nicht mehr flüchtig, so daß die Geruchsprüfung versagt.

Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Laugedosis, dem zur ausreichen den pH-Wert-Absenkung notwendigen Maß der Gesamtsäurebildung und der tatsächlichen Gesamtsäurebildung durch chemische und mikrobiologische Prozesse soll Abbildung 4 dienen.

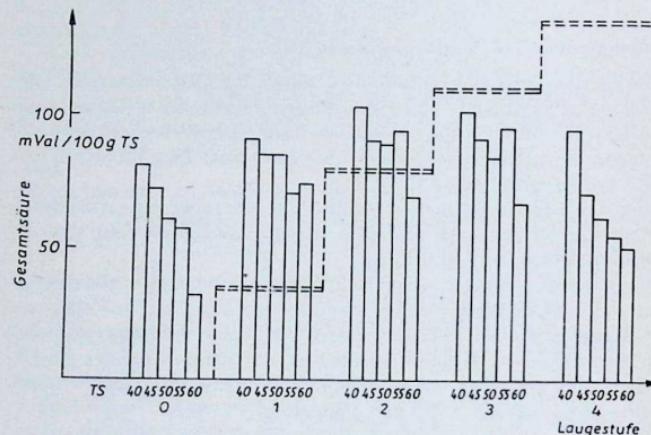


Abb. 4. Silierung von NaOH-Stroh. Gesamtsäurebildung durch chemische und mikrobiologische Prozesse, Lagerungsdauer: 180 Tage

Hier wurde die Gesamtsäure in den Silagen nach 180 Tagen Lagerung dargestellt. Die gestrichelten, horizontalen Linien stellen das aus dem jeweiligen Laugegehalt errechnete notwendige Maß der Säurebildung dar.

Während bei den Silagen der Laugestufe 1 (15 g NaOH/kg TS Stroh) die notwendigen Säureäquivalente deutlich überschritten und bei Laugestufe 2 (30 g NaOH/kg TS Stroh) sicher erreicht werden, bleibt schon bei Laugegaben von 45 g NaOH/kg TS Stroh (Laugestufe 3) die erforderliche Säurebildung unter der gesetzten Grenze.

Diese Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit den gemessenen pH-Werten der NaOH-Stroh-silagen. Bei Laugegaben von 60 g NaOH/kg TS Stroh (Laugestufe 4) reichen die gebildeten Säureäquivalente bei weitem nicht an den notwendigen Betrag heran, so daß in diesen Silagen noch eine hohe Restalkalität erhalten bleibt.

#### 4.4. Intensität der mikrobiologischen Prozesse

Da die in den NaOH-Strohsilagen nach 3 bzw. 6 Monaten Lagerungsdauer vorliegenden Säuremengen sowohl chemischen als auch mikrobiologischen Ursprungs sind, wurde zur Abschätzung der Intensität der mikrobiologischen Prozesse die Differenz zwischen Gärssäuregehalt nach 180 Tagen und den bei Einlagerung des NaOH-Strohes bestimmten Säuremengen gebildet (siehe Abb. 5).

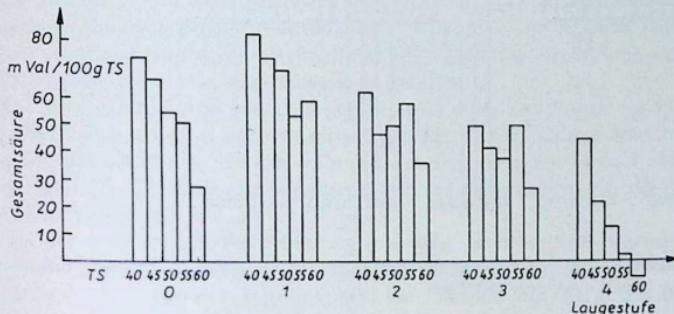


Abb. 5. Silierung von NaOH-Stroh. Gesamtsäurebildung durch mikrobiologische Prozesse, Lagerungsdauer: 180 Tage

Innerhalb der einzelnen Laugestufen sinkt die Gärungsintensität mit steigendem TS-Gehalt der Silagen ab. Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt bei der Laugestufe 4 (60 g NaOH/kg TS Stroh). Gleichzeitig ist die Intensität der Gärssäurebildung durch mikrobiologische Prozesse eindeutig von der Laugedosis abhängig. Sie hat ihr Maximum bei einer Laugedosis von 15 g NaOH/kg TS Stroh (Laugestufe 1) und fällt mit steigender NaOH-Dosis deutlich ab. Bei einer Laugedosis von 60 g NaOH/kg TS Stroh (Laugestufe 4) ist nur noch mit einer sehr geringen mikrobiologischen Aktivität zu rechnen.

Die Ursachen hierfür dürften sowohl im steigenden pH-Wert als auch in der mit zunehmender Laugedosis steigenden Osmolarität des NaOH-Strohs zu suchen sein, die zu einer zunehmenden Verschlechterung der Lebensbedingungen für die Mikroorganismen führen.

Von den bis zu 180 Lagerungstagen mikrobiell gebildeten Säuremengen lagen 70 bis 80 % bereits nach 90 Tagen vor. Die mikrobielle Aktivität ist somit in den ersten Monaten der Lagerung am höchsten und eine wesentlich länger ausgedehnte Lagerung bringt nur relativ geringe Vorteile.

#### 4.5. Richtung des Gärungsverlaufes

Für umfassende und gesicherte Ableitungen zum Gärungsverlauf bei der Silierung von NaOH-Stroh reichen die vorliegenden Ergebnisse aufgrund der geringen Anzahl der Untersuchungstermine nicht aus. Hierfür wäre die Durchführung eines gezielten Laborsilierversuches mit zeitlich gestaffeltem Untersuchungsprogramm notwendig. Es lassen sich aber auch bereits aus dem vorliegenden Material Erkenntnisse ableiten.

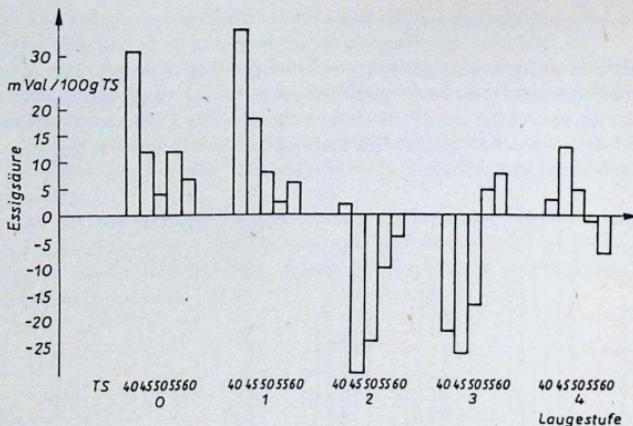


Abb. 6. Silierung von NaOH-Stroh. Änderung der Essigsäuregehalte gegenüber der Einlagerung, Lagerungsdauer: 180 Tage

Der Vergleich des Essigsäuregehaltes nach der Silierung von NaOH-Stroh mit dem während der Einlagerung zeigt deutlich, daß es hier bei verschiedenen Silagen zu einer mikrobiellen Umsetzung von Essigsäure wahrscheinlich zu *n*-Buttersäure gekommen sein muß (Abb. 6).

Während beim feuchten laufefreien Stroh (Laugestufe 0) und bei den NaOH-Strohsilagen der Laugestufe 1 (15 g NaOH/kg TS Stroh) zwischen der Einlagerung und 180 Lagerungstagen ein Zuwachs an Essigsäure zu beobachten ist, nahmen bei verschiedenen Silagen der Laugestufen 2 und 3 (30 bzw. 45 g NaOH/kg TS Stroh) die Essigsäuremengen deutlich ab.

Betrachtet man die Änderungen im Essigsäure-Gehalt der Silagen zwischen 90 und 180 Lagerungstagen, so wird bis auf wenige Ausnahmen in allen NaOH-Strohsilagen ein Verschwinden von Essigsäure beobachtet.

Da in dieser Lagerungsperiode offenbar nur noch wenig Essigsäure durch Gärung hinzukam, überwog ihre Umsetzung zu Buttersäure. In Übereinstimmung damit steht, daß zumindest in einigen Fällen während dieser Zeit der pH-Wert wieder leicht angestiegen ist. Daran wird deutlich, daß das Azetat als Substrat der mikrobiellen Butyratsynthese dient, was an sich seit langem bekannt, bei Grünfuttersilagen aber wegen des stets gleichzeitigen Verlaufes mehrerer Stoffabbauvorgänge nebeneinander kaum auf so einfachem Wege nachzuweisen ist. Ähnliche Umsetzungen zu anderen Gärprodukten konnten übrigens auch für die Milchsäure festgestellt werden, wegen ihrer insgesamt geringeren Konzentration aber nicht so eindeutig wie für die Essigsäure.

#### Zusammenfassung

Winterweizenstroh wurde mit Wasser bzw. Natronlauge unterschiedlicher Konzentration besprüht, 5 Tage unter aeroben Bedingungen und danach 90 bzw. 180 Tage unter anaeroben Bedingungen silageähnlich gelagert. Der Versuch umfaßte 25 Be-

handlungsvarianten mit je 5 Stufen des TS-Gehaltes und der Laugedosis. Vor der Silierung sowie nach 90 und 180 Tagen Lagerung im Silo wurden Alkalität und Säuregehalt des Strohes untersucht.

Es konnte nachgewiesen werden, daß durch Abspaltung von Azetylgruppen unter der Einwirkung von NaOH auf chemischem Wege Essigsäure freigesetzt wird. Die resultierende Azetatkonzentration steigt mit der Dosis an Natronlauge an und reicht aus, um 40–70 % der applizierten NaOH zu neutralisieren.

Es konnte weiter nachgewiesen werden, daß bei der anschließenden anaeroben Lagerung eine mikrobielle Säurebildung stattfindet, die zu einer weiteren Neutralisation von Lauge führt. Das Ausmaß der mikrobiellen Säurebildung war vom Trockenstoffgehalt und von der Laugedosis abhängig.

Bei TS-Gehalten zwischen 40 und 60 % und einer Laugedosis bis zu 30 g NaOH/kg TS reichte die auf chemischem und mikrobiellem Wege entstandene Säuremenge aus, um den pH-Wert des Strohes während der Lagerung auf etwa 8 abzusenken. Über 30 g NaOH/kg TS blieb dagegen eine Restalkalität erhalten, die pH-Werten zwischen 9 und 10 entsprach.

Bei der mikrobiellen Säurebildung entstand zunächst vorwiegend Essigsäure, die im weiteren Verlauf der Lagerung zur Synthese von Buttersäure diente. Alle Strohssilagen, die während der Lagerung eine im Hinblick auf die Fütterung ausreichende Selbstneutralisation erfuhren, enthielten größere Mengen an Buttersäure. Vollständige Selbstneutralisation und buttersäurefreie Endprodukte schließen sich somit aus.

#### Резюме

Х.-И. Блок и Ф. Вайссвах

Исследование по влажной химической обработки соломы с помощью NaOH. 2-ое сообщ.: Изменение щёлочи при хранении химически обработанной NaOH соломы

Солома озимой пшеницы опрыскивалась водой и соответственно раствором едкого натрия различной концентрации. После этого она сохранилась 5 дней под аэробными условиями а затем как силос 90 или 180 дней при анаэробных условиях. Учитывали 25 вариантов обработки, каждый с 5 различными содержаниями сухого вещества и дозы щёлочи. Щёлочность и кислотность соломы определились перед силосованием и потом через 90 и 180 дней хранения в силосном сооружении.

Обнаружили, что химическим путём уксусная кислота освобождается разделением ацетильных групп при воздействии NaOH. В результате полученная концентрация ацетата повышается одновременно с количеством NaOH и достаточно для нейтрализации 40–70 % введенного NaOH.

Кроме того доказалось, что при последовательном анаэробном хранении существует микробное образование кислоты, что ведёт к дальнейшей нейтрализации щёлочи. Объём микробного образования кислоты зависит от содержания сухого вещества и количества добавленной щёлочи.

pH соломы снизился до приблизительно 8 при хранении, если содержались 40–60 % сухого вещества и доза щёлочи не превышала 30 г NaOH/кг сухого вещества. Если содержались свыше 30 г, то определена остаточная щёлочность с pH между 9 и 10.

При микробном образовании кислоты получается в первой очереди укусусная кислота, которая в дальнейшем служила синтезом кислоты брожения. Все силосы из соломы, которые во время хранения достаточно для кормления сами нейтрализовались, содержали относительно большие количества кислоты брожения. Таким образом никогда не совпадает целая самонейтрализация и конечные продукты без всякой кислоты брожения.

### Summary

H.-J. BLOCK and F. WEISSBACH

Investigations into the wet treatment of straw with soda lye. 2. Changes of alkalinity during the storage of straw treated with NaOH

Winter wheat straw was sprayed with water or soda lye of various concentrations and stored for 5 days under aerobic conditions and subsequently for 90 and 180 days resp. under anaerobic conditions similar to silage. The experiment comprised 25 treatment variants with 5 levels each of dry matter content and lye quotas. Alkalinity and acid content of the straw were measured.

It could be proved that by splitting off acetyl groups under the effect of NaOH acetic acid was set free chemically. The resulting acetate concentration increases with the quota of soda lye and is sufficient to neutralize between 40 and 70 % of the applied NaOH.

It could further be proved that acid is formed microbially in the subsequent anaerobic storing, which leads to a further neutralization of lye. The extent of microbial acid formation depended on the dry matter content and the lye quota.

At a DM content between 40 and 60 % and a lye quota of up to 30 g NaOH/kg DM the acid amount formed chemically and microbially was sufficient to diminish the pH value of the straw to approximately 8 during storage. At more than 30 g NaOH/kg DM, however, a certain alkalinity remained, which corresponded to pH values between 9 and 10.

In the microbial formation of acid, mainly acetic acid was formed, which in the further course of storing served the synthesis of butyric acid. All straw silages which during storage underwent self-neutralization sufficient with regard to feeding, contained larger amounts of butyric acid. Complete self-neutralization and final products free of butyric acid thus exclude themselves.

### Literaturverzeichnis

- [1] BLOCK, H.-J. und F. WEISSBACH: Arch. Tierernähr. **32**, 693 (1982)
- [2] BLOCK, H.-J., F. WEISSBACH und R. PRYM: Arch. Tierernähr. **34**, (1984)
- [3] BOLDUAN, G. und B. PIATKOWSKI: Arch. Tierernähr. **22**, 485 (1972)
- [4] GUPTA, M. L. und K. PRADHAN: J. Dairy Sci. **60**, 1088 (1977)
- [5] HAACKER, K., H.-J. BLOCK und F. WEISSBACH: Arch. Tierernähr. **33**, 505 (1983)
- [6] SCHMIDT, W. und H. WETTERAU: Feldwirtschaft **17**, 112 (1976)
- [7] PIATKOWSKI, B., G. BOLDUAN, P. ZWIERZ und J. v. LENGERKEN: Arch. Tierernähr. **24**, 513 (1974)

- [8] PIATKOWSKI, B., L. SCHMIDT, F. WEISSBACH, J. VOIGT, G. PETERS und R. PRYM: Arch. Tierernähr. **24**, 701 (1974)  
[9] WEISSBACH, F., L. SCHMIDT und G. PETERS: Feldwirtschaft **19**, 134 (1978)

Eingegangen: 22. November 1982

Anschrift der Autoren:

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

# **Probleme der Resistenz von Pflanzen gegen Viren, bakterielle und pilzliche Krankheitserreger sowie tierische Schaderreger**

(Vorträge einer Wissenschaftlichen Tagung sozialistischer Länder, veranstaltet vom Institut für Phytopathologie Aschersleben der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR in Halle (Saale) vom 1. bis 6. November 1982)

Tagungsbericht Nr. 216 (Teil I und II), Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 1983

In Forschung und Praxis des Pflanzenschutzes gilt es heute, eine Strategie zu verfolgen, die sich auf gezielte und aufeinander abgestimmte Maßnahmen der Boden- und Pflanzenhygiene, den Einsatz resisternter und toleranter Sorten sowie den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf der Grundlage exakter Überwachungs- und Prognoseverfahren stützt. Dabei kommt der Erforschung und Nutzung der pflanzlichen Resistenz eine zentrale Stellung zu. Die Vorträge dieser Tagung, die aus Anlaß des 30jährigen Bestehens des Instituts für Phytopathologie Aschersleben stattfand, befassen sich vielgestaltig und umfassend mit diesem Problem. An Hand neuester Forschungsergebnisse aus zahlreichen sozialistischen Ländern werden, ausgehend von grundlegenden Tendenzen physiologischer und genetischer Mechanismen der Resistenz sowie spezifischer Wirt-Pathogen-Interaktionen, die Probleme der Resistenz von Pflanzen gegen Viren, Bakterien und Pilze sowie tierische Schaderreger dargelegt. Der Tagungsbericht gibt einen guten Überblick über den Erkenntniszuwachs der letzten Jahre auf dem Gebiet der pflanzlichen Resistenzforschung in den sozialistischen Ländern. Er umfaßt zwei Bände.

Erscheinungstermin: Juni 1984

Bestellungen sind unter Angabe der Bestellnummer 808 316 7 beim Buchhandel möglich.

## INHALT

T. PAHLE, ROSEMARIE KÖHLER, INGRID HALLE, H. JEROCH und G. GEBHARDT Die Bestimmung der Rohproteinverdaulichkeit beim Hühnergesflügel mit der $\alpha$ -NH <sub>2</sub> -N-Methode . . . . .	81
RENATE SCHNEIDER und G. BOLDUAN Zum Ammoniakgehalt der Digesta des Schweines . . . . .	89
H. LÜDKE, F. SCHÖNE, A. HENNIG, W. SEFFNER und G. STEINBACH Untersuchungen zum Vitamin-A-Bedarf des wachsenden Schweines. 3. Mitteilung: Der Einfluß der Vitamin-A-Versorgung auf den Gesundheitszustand von Ferkeln und Mastschweinen . . . . .	97
GH. BURLACU, M. ILIESCU, P. CĂRĂMIDĂ und L. COSMESCU Der Futterwert von Maiskörnern und von Mais mit hohem Feuchtigkeitsgehalt in der Schweinefütterung (In Englisch) . . . . .	109
H. MÜNCHOW und H. BERGNER Untersuchungen zur Aufzucht weiblicher Rinderzwillinge bei Einsatz von Alleinfutterpellets im Vergleich zu Strohpellets plus Konzentratmischung. 1. Mitteilung: Zunahmeleistung und Futteraufwand sowie Pansenfermentationsverhältnisse vom 4.-12. Lebensmonat . . . . .	121
J. v. LENGERKEN, J. KIRMAS und D. HERING Zur Repräsentanz von Futtermittelprüfergebnissen. 1. Mitteilung: Grassilage und Maisilage . . . . .	133
H.-J. BLOCK und F. WEISSBACH Untersuchungen zum Feuchtaufschluß von Stroh mit Natronlauge. 2. Mitteilung: Veränderungen der Alkalität bei der Lagerung von NaOH-Aufschlußstroh . . . . .	147

## СОДЕРЖАНИЕ

T. ПАЛЬ, Роземари Кёлер, Ингрид Халле, Х. Ерох и Г. Гебхардт Определение перепаримости сырого протеина у птицы с помощью $\alpha$ -NH <sub>2</sub> -N-методы . . . . .	81
РЕНАТЕ ШНЕЙДЕР и Г. БОЛЬДУАН О содержании аммиака в содержимом кишечника у свиней . . . . .	89
Х. Людке, Ф. Шёне, А. Хенниг, В. Сеффнер и Г. Штайнбах Исследование по потребности растущих свиней в витамине А. 3-е сообщ.: Влияние снабжения витамином А на здоровье поросят и откармливаемых свиней . . . . .	97
Г. Бурлаку, М. Илеску, П. Карамидя и Л. Космеску Питательность кукурузного зерна и кукурузы с высоким содержанием влажности в кормлении свиней . . . . .	109
Х. Монхов и Х. Бергнер Исследование по выращиванию телят-двойников женского рода при применении полнорационных гранул в сравнении с соломенными гранулами плус концентратом. 1-ое сообщ.: Прибавление живой массы и затраты кормов и ферментационные отношения в рубце от 4 <sup>го</sup> по 12 <sup>го</sup> месяца жизни . . . . .	121
И. фон Ленгеркен, И. Кирмас и Д. Херинг О точности результатов анализа кормов. 1-ое сообщ.: Травяный и кукурузный силосы . . . . .	133
Х.-И. Блок и Ф. Вайссбах Исследование по влажной химической обработки соломы с помощью NaOH. 2-ое сообщ.: Изменение щёлочи при хранении химически обработанной NaOH соломы . . . . .	147

CHU

ARCHIV FÜR TIERERNÄHRUNG  
ARCHIVES OF ANIMAL NUTRITION

VOLUME 35

1985

NUMBER 2

---

CONTENTS

T. PAHLE, ROSEMARIE KÖHLER, INGRID HALLE, H. JEROCH and G. GEBHARDT	
Determination of crude protein digestibility in chickens with the $\alpha$ -NH <sub>2</sub> -N method (In German)	81
RENATE SCHNEIDER and G. BOLDUAN	
On the ammonia content of the digesta of pigs (In German)	89
H. LÜDKE, F. SCHÖNE, A. HENNIG, W. SEFFNER and G. STEINBACH	
Investigations into the vitamin A requirement of growing pigs. 3. Influence of vitamin A supply on the state of health of piglets and fattening pigs (In German)	97
GH. BURLACU, M. ILIESCU, P. CĂRĂMIDĂ and L. COSMESCU	
The nutritive value of the corn grains and of the high moisture corn fed to pigs	109
H. MÜNCHOW and H. BERGNER	
Investigations into the rearing of female twin cattle using completely or partly pelleted rations of dried feed based on straw. 1. Weight gain performance and feed expenditure as well as rumen fermentation conditions in the development range between the 5 <sup>th</sup> and the 12 <sup>th</sup> month (In German)	121
J. v. LENGERKEN, J. KIRMAS and D. HERING	
On the representativeness of the results of feed checks. 1. Grass silage and maize silage (In German)	133
H.-J. BLOCK and F. WEISSBACH	
Investigations into the wet treatment of straw with soda lye. 2. Changes of alkalinity during the storage of straw treated with NaOH (In German)	147