

- [ 15 ] *Jouin, C.*: Grundlegende Kalkulationen für die Belüftung des Getreides. Getreide und Mehl Bd. 14 (1964) Nr. 6, S. 64/70.
- [ 16 ] • *Kleinzeller, A. et al.*: Manometrische Methoden. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 1965.
- [ 17 ] *Christensen, C.M. u. H.H. Kaufmann*: Microflora. In: Storage of cereal grains and their products. (Hrsg.: *Christensen, C.M.*) S. 158/92. Amer. Ass. Cereal Chem., St. Paul, Minn. 1974.
- [ 18 ] *Schultheiss, J. u. G. Spicher*: Die Beeinflussung des Schimmelwachstums auf Brot und Backwaren durch verfahrenstechnische und stoffliche Maßnahmen. Getreide, Mehl, Brot Bd. 28 (1974) Nr. 11, S. 288/96.
- [ 19 ] *Wallace, H.A.H.*: Fungi and other organisms associated with stored grain. In: Grain storage — part of a system; (Hrsg.: *R.H. Sinha u. W.F. Muir*). S. 71/99. The Ari Publ. Comp., Inc., Westport, Conn. 1973.
- [ 20 ] *Cotton, R.T. u. D.A. Wilburn*: Insects. In: Storage of cereal grains and their products. (Hrsg.: *C.M. Christensen*). S. 193/231. Amer. Ass. Cereal Chem., St. Paul, Minn. 1974.
- [ 21 ] *Kuppinger, H., H.-M. Müller u. W. Mühlbauer*: Die Belüftungstrocknung von erntefrischem und vorgetrocknetem Körnermais unter thermodynamischem und mikrobiologischem Aspekt. Grundl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 4, S. 119/28.
- [ 22 ] *Thaler, M., U. July, H. Kuppinger, H.-M. Müller u. R. Scherer*: Die Belüftungstrocknung von Körnermais unter mykotoxikologischem Aspekt. Getreide, Mehl, Brot Bd. 33 (1979) Nr. 1, S. 8/11.
- [ 23 ] *Müller, H.-M. u. M. Thaler*: Mikrobiologische Probleme der Futtermitteluntersuchung. Übers. Tierernähr. Bd. 7 (1979) S. 149/57.
- [ 24 ] *Lengauer, M.*: Mikrobielle Prozesse in frisch geerntetem Körnermais. In: Sitzungsbericht der Arbeitstagung der Internationalen Arbeitsgemeinschaft für Futtermitteluntersuchung, S. 54/68, 1975.
- [ 25 ] *Müller, H.-M., U. July, K. Keitel, H. Kuppinger, R. Scherer u. M. Thaler*: Die Belüftungstrocknung von Körnermais und Weizen unter mikrobiologischem Aspekt. Getreide, Mehl, Brot Bd. 33 (1979) Nr. 1, S. 3/8.
- [ 26 ] *Bewer, H.E.*: Getreidekonservierung mit kalter Nachtluft. Berichte über Landtechnik, Heft 47. Frankfurt: KTL, 1957.
- [ 27 ] *Burrell, N.J.*: Chilling. In: Storage of cereal grains and their products. (Hrsg.: *C.M. Christensen*). S. 420/53. Amer. Ass. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Minn. 1974.
- [ 28 ] *Kurtzman, C.P. u. A. Ciegler*: Mycotoxin from a blue-eye mold of corn. Appl. Microbiol. Bd. 20 (1970) Nr. 2, S. 204/207.

## Ermittlung des Futterwertes unterschiedlich konservierter Körnermaisernteformen in der Schweinemast anhand von Rattenversuchen

Von Wolfgang Klein und Dieter Albrecht,  
Stuttgart-Hohenheim\*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 — Landtechnik "Verfahrenstechnik der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim

DK 633.15:636.085.2

Zur Beurteilung des Einflusses verschiedener Konservierungsverfahren von Maiskörnern, Corn-Cob-Mix und Lieschkolbenschrot auf den Futterwert für Schweine (angegeben als Gehalt an "Gesamtnährstoff"<sup>1)</sup>) ist die Kenntnis der Verdaulichkeit der einzelnen Rohnährstoffe erforderlich. In dieser Arbeit wird gezeigt, daß der bei der Fütterung von Schweinen anzusetzende Gehalt an Gesamtnährstoff mit hoher Genauigkeit aus den Ergebnissen von Verdauungsversuchen mit Ratten abgeleitet werden kann.

Unter Berücksichtigung durchschnittlicher Ernteerträge und Verluste sind die flächenbezogenen Erträge an Gesamtnährstoff (dt/ha) bei verschiedenen Maisernteverfahren

und bei unterschiedlicher Konservierung des Erntegutes berechnet worden.

### 1. Aufgabenstellung

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Feucht- gegenüber den Trockenkonservierungsverfahren werden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 140 (Landtechnik) Vergleichsversuche durchgeführt, um den Einfluß verschiedener Konservierungsverfahren von Ährengetreide und von unterschiedlichen Ernteformen von Körnermais auf die ernährungsphysiologische Qualität für die Schweinefütterung zu ermitteln.

In thematisch benachbarten Arbeiten wurden bisher der optimale Einsatz der verschiedenen Erntematerialien für die Schweinefütterung ermittelt [1] und die Ökonomie der gesamten Verfahrensketten verglichen [2]. Der direkte Einfluß des Konservierungsverfahrens ist dagegen noch unzureichend geklärt.

Im folgenden wird eine Methode vorgeschlagen, mit deren Hilfe konservierungsbedingte Unterschiede im Futterwert verschiedener Körnermaisernteformen, die in der Schweineernährung eingesetzt werden sollen, aus Rattenversuchen abgeleitet werden können.

Damit soll sowohl ein methodischer Beitrag zur Reduzierung des Aufwands für Fütterungsversuche als auch eine praxisrelevante Einschätzung des Konservierungserfolges unterschiedlicher Futterstoffe erreicht werden.

<sup>1)</sup> Gesamtnährstoff ist ein Maß für den energetischen Wert eines Futtermittels. Ausgehend von den Gehalten an Rohnährstoffen (Rohfaser, Rohprotein, Rohfett und stickstofffreie Extraktstoffe nach der Weender Analyse) wird unter Berücksichtigung der Verdaulichkeit der einzelnen Rohnährstoffe der Gehalt an Gesamtnährstoff berechnet: Gesamtnährstoff ist die Summe der verdaulichen Nährstoffe, wobei der Anteil des verdaulichen Rohfetts mit 2,3 multipliziert wird.

\*) *Dipl. agr. biol. W. Klein und Dipl. agr. oec. D. Albrecht sind wissenschaftliche Angestellte im Sonderforschungsbereich 140 (Landtechnik) an der Universität Hohenheim.*

## 2. Methodik und Ergebnisse der Fütterungsversuche mit Ratten

### 2.1 Versuchsmaterial

Körnermais der Sorte Blizzard 230 wurde mit einem Lieschkolbenschrot sowie einem Mährescher mit abgeänderter Drescheinrichtung geerntet. Es standen folgende drei Ausgangsmaterialien zur Verfügung: Körner, Corn-Cob-Mix und Lieschkolbenschrot.

Sofort nach der Ernte wurden dann gleiche Mengen der jeweiligen Ausgangsmaterialien getrocknet (Trocknungstemperatur 25 °C), gasdicht siliert bzw. mit Propionsäure behandelt. Die benötigten Dosierungen an Propionsäure wurden mit Hilfe einer Regression [3] bestimmt: 1,4 % für Körner, 1,6 % für Corn-Cob-Mix und 1,8 % für Lieschkolbenschrot. In einer zweiten Versuchsreihe wurde zusätzlich Körnermais der Sorte Anjou getrocknet und siliert. Als Vergleichsmaterial wurde erntefrisches Gut (Erntegut) verwendet.

Nach der Auslagerung wurden jeweils Probenmengen von etwa 10 kg getrocknet und auf Analysenfeinheit (0,5 mm) gemahlen. Der Gehalt der Proben an Rohnährstoffen wurde nach dem Weender-Verfahren bestimmt, Tafel 1. Bei Silagen wurde zusätzlich eine Trockensubstanzkorrektur nach Zimmer [4] durchgeführt.

Probe	TS-Gehalt %	Org. Sub.	Rohprot.	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt.
Körner, ganz	erntefrisch	982,0	102,4	38,4	28,9	812,0
	getrocknet	981,1	105,1	39,9	27,5	808,6
	siliert	981,7	106,7	46,9	27,3	800,8
	propionsäure-konserviert	982,1	102,7	38,2	26,9	814,3
Corn-Cob-Mix	erntefrisch	982,3	99,1	37,4	47,4	798,4
	getrocknet	981,8	101,5	38,0	39,1	803,2
	siliert	981,2	100,8	46,1	46,1	788,2
	propionsäure-konserviert	981,9	97,3	37,5	54,4	792,7
Lieschkolbenschrot	erntefrisch	978,1	90,1	24,9	110,3	752,8
	getrocknet	978,1	87,5	27,0	124,4	739,2
	siliert	977,2	84,9	44,9	142,0	705,4
	propionsäure-konserviert	965,8	84,4	28,9	104,8	747,7
Körner (Versuch 2)	getrocknet	982,0	109,5	43,6	23,8	805,1
	siliert	981,9	113,8	44,6	25,7	797,8

Tafel 1. Nährstoffgehalte (g/kg, bezogen auf Trockensubstanz) der Versuchsmaterialien von Körnermais (1978) nach der Weender Analyse.

### 2.2 Durchführung der Rattenversuche

Für die Tierversuche wurden männliche Albino-Wistar-Ratten mit einem Anfangsgewicht von 150 g verwendet. Die Herstellung der Futtermischungen und die Haltung der Tiere erfolgte nach Müller [5]. Futter und Wasser standen ad libitum zur Verfügung. Die Tiere wurden nach Gewicht auf 6 Gruppen aufgeteilt, so daß die Durchschnittsgewichte der Gruppen in etwa gleich waren. Der Versuch gliederte sich in einen Vorversuch von 4 Tagen und einen Hauptversuch von 21 Tagen. Der täglich gesammelte Kot wurde eingefroren und sein Gehalt an Rohnährstoffen ebenfalls nach dem Weender-Verfahren bestimmt.

Im Tierversuch wurden dann folgende Kriterien untersucht: Gesamtfuttermittelaufnahme, Gewichtszunahme der Tiere und scheinbare Verdaulichkeit der einzelnen Rohnährstoffe. Daraus wurde der jeweilige Gesamtnährstoff berechnet. Wegen der großen Varianz der Rohfasergehalte bei dem gesamten zur Verfügung stehenden Material und der teilweise geringen Unterschiede der Rohfasergehalte innerhalb der Materialgruppen konnte bei den Tierversuchen sowohl der Einfluß der Konservierung als auch der Einfluß des Rohfasergehalts auf die oben genannten Kriterien untersucht werden.

### 2.3 Ergebnisse

#### 2.3.1 Futtermittelaufnahme und Gewichtszunahme

Bei allen verschiedenen Ausgangsmaterialien nahmen die Tiere bei getrocknetem Gut am meisten und bei propionsäurebehandeltem Gut am wenigsten auf, Tafel 2.

Die sehr niedrige Futtermittelaufnahme bei letzterem ist entweder auf einen geschmacklichen Einfluß durch die Propionsäure selbst oder auf Nährstoffveränderungen während der Lagerung zurückzuführen. Aufgrund anderer Versuche [6] wird vermutet, daß eine Verschlechterung der Fettqualität vorlag.

Der Zuwachs der Tiere spiegelt die Futtermittelaufnahme wider: höchste Zunahme beim getrockneten Material, geringste beim säurebehandelten.

Es zeigte sich aber, daß sowohl für die tägliche Futtermittelaufnahme als auch für die Gewichtszunahme bei Rohfasergehalten über 10 % (Lieschkolbenschrot) die Konservierungsart eine untergeordnete Rolle spielt und der Einfluß des Rohfasergehaltes überwiegt.

	Futtermittelaufnahme	Gewichtszunahme
Körner	erntefrisch	2,7 ± 0,7 <sup>a</sup>
	getrocknet	3,3 ± 0,5 <sup>a</sup>
	siliert	3,2 ± 0,4 <sup>a</sup>
	säurekonserviert	1,6 ± 0,9 <sup>b</sup>
Corn-Cob-Mix	erntefrisch	2,5 ± 0,3 <sup>a</sup>
	getrocknet	2,7 ± 0,5 <sup>a</sup>
	siliert	1,0 ± 0,4 <sup>b</sup>
	säurekonserviert	0,5 ± 0,2 <sup>c</sup>
Lieschkolbenschrot	erntefrisch	1,7 ± 0,9 <sup>a</sup>
	getrocknet	1,0 ± 0,4 <sup>a</sup>
	siliert	-0,6 ± 0,1 <sup>b</sup>
	säurekonserviert	-0,2 ± 0,3 <sup>c</sup>
Körner (Versuch 2)	getrocknet	3,7 ± 0,9 <sup>a</sup>
	siliert	2,9 ± 0,6 <sup>a</sup>

Standardabweichung ist als ± Wert angegeben. Signifikant unterschiedliche Werte ( $p < 0,05$ ) sind mit unterschiedlichen Indizes gekennzeichnet.

Tafel 2. Futtermittelaufnahme an Trockensubstanz (g/Tag) und Gewichtszunahme (g/Tag) der Tiere.

### 2.3.2 Einfluß der Konservierung und der unterschiedlichen Materialien auf die Verdaulichkeit

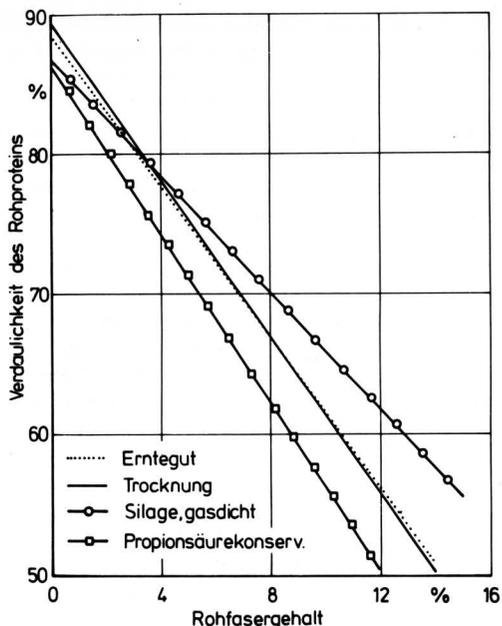
Die verschiedenen Konservierungsarten bewirken bei der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der stickstofffreien Extraktstoffe nur geringe Unterschiede, **Tafel 3**.

Für die Verdaulichkeit der Rohproteinfraktion ergeben sich für Erntegut und getrocknetes Gut nur unwesentliche Differenzen, **Bild 1**.

Im Schrifttum wurde in mehreren Arbeiten eine Zunahme der Rohproteinverdaulichkeit bei Propionsäurekonservierung gefunden [7, 8]. Die im eigenen Versuch ermittelte geringere Verdaulichkeit (untere Kurve in Bild 1) kann daher nur mit einer Qualitätsbeeinflussung aufgrund der Lagerung erklärt werden.

Die für höhere Rohfasergehalte zunehmend festzustellende Verbesserung der Rohproteinverdaulichkeit bei der Silagebereitung (obere Kurve in Bild 1) kann bisher noch nicht eindeutig begründet werden. Sie kann sowohl auf einer tatsächlichen Verbesserung der Verdaulichkeit aufgrund dieser Konservierungsform beruhen als auch darauf, daß durch den sehr hohen Rohfasergehalt der Lieschkolbenschrotsilage eine nicht vollständige Homogenität des Futters erreicht wurde, die den Tieren geringfügiges Aus-sortieren ermöglichte. Dadurch kann die tatsächlich aufgenommene Futtermenge einen geringeren Rohfasergehalt aufweisen als der mittels Analyse gefundene und in die Regression eingehende Gehalt. Inwieweit dies zutrifft, wird zur Zeit in weitergehenden Versuchen geprüft.

Die Rohfettfraktion war bei Ratten im silierten und im säurebehandelten Material am besten verdaulich. *Roth-Maier u. Kirchgessner* [1] begründen dies mit dem Einfluß der leicht absorbierbaren Siliersäuren. Einschränkend muß hierzu gesagt werden, daß durch die niedrigen Rohfettgehalte in den Rationen auch ein Einfluß der Bestimmungsgenauigkeit der Rohfettverdaulichkeit nicht ganz auszuschließen ist.



**Bild 1.** Verdaulichkeit des Rohproteins unterschiedlich konservierter Körnermaisernteformen in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt (Fütterungsversuche mit Ratten).

Bei der Rohfaser zeigte sich eine hohe Schwankungsbreite der Verdaulichkeitswerte für alle Materialien. Ein Einfluß der Konservierungsart konnte nicht nachgewiesen werden.

In Bezug auf die verschiedenen Ernteverfahren wurden bei Maiskörnern die höchsten Verdaulichkeiten ermittelt. Lieschkolbenschrot wurde am schlechtesten verdaut, während Corn-Cob-Mix eine Mittelstellung einnahm.

Bei der Verdaulichkeit des Rohfetts und der Rohfaser kann kein Einfluß des Rohfasergehalts nachgewiesen werden. Auf die Verdaulichkeit des Rohproteins, der N-freien Extraktstoffe und der org. Substanz ist ein deutlicher Einfluß vorhanden: mit steigendem Rohfasergehalt ( $x$  in %) sinkt die Verdaulichkeit ( $y$  in %) nach den folgenden Beziehungen:

	org. Substanz	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt.	Gesamtnährstoff
<b>Körner</b>						
erntefrisch	87,3 ± 0,8 <sup>a</sup>	79,4 ± 2,5 <sup>ac</sup>	81,1 ± 1,3 <sup>a</sup>	21,3 ± 1,7 <sup>a</sup>	90,9 ± 0,5 <sup>a</sup>	850 ± 8 <sup>ac</sup>
getrocknet	87,6 ± 0,3 <sup>a</sup>	81,4 ± 1,0 <sup>ab</sup>	76,7 ± 0,8 <sup>b</sup>	21,0 ± 2,0 <sup>a</sup>	91,1 ± 0,3 <sup>a</sup>	853 ± 4 <sup>a</sup>
siliert	88,3 ± 0,4 <sup>b</sup>	82,4 ± 2,1 <sup>b</sup>	83,4 ± 2,9 <sup>ac</sup>	20,7 ± 4,1 <sup>a</sup>	91,6 ± 0,2 <sup>b</sup>	873 ± 5 <sup>b</sup>
säurekonserv.	87,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	78,3 ± 1,8 <sup>c</sup>	83,3 ± 1,7 <sup>c</sup>	17,2 ± 7,1 <sup>a</sup>	91,3 ± 0,3 <sup>ab</sup>	858 ± 3 <sup>c</sup>
<b>Corn-Cob-Mix</b>						
erntefrisch	83,0 ± 0,6 <sup>a</sup>	77,4 ± 1,3 <sup>ab</sup>	77,0 ± 1,8 <sup>a</sup>	17,6 ± 4,9 <sup>ac</sup>	87,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	807 ± 6 <sup>a</sup>
getrocknet	85,2 ± 0,2 <sup>b</sup>	78,7 ± 0,8 <sup>a</sup>	74,7 ± 2,8 <sup>a</sup>	20,2 ± 2,1 <sup>c</sup>	89,5 ± 0,2 <sup>b</sup>	831 ± 2 <sup>b</sup>
siliert	82,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	75,9 ± 1,4 <sup>b</sup>	86,5 ± 2,0 <sup>b</sup>	2,9 ± 2,1 <sup>b</sup>	87,9 ± 0,6 <sup>a</sup>	821 ± 6 <sup>c</sup>
säurekonserv.	81,1 ± 0,6 <sup>c</sup>	69,5 ± 2,5 <sup>c</sup>	85,2 ± 1,8 <sup>b</sup>	12,2 ± 3,4 <sup>a</sup>	86,9 ± 0,4 <sup>c</sup>	797 ± 5 <sup>d</sup>
<b>Lieschkolbenschrot</b>						
erntefrisch	62,6 ± 1,2 <sup>ac</sup>	58,5 ± 1,5 <sup>a</sup>	74,1 ± 6,5 <sup>a</sup>	0,0	72,7 ± 1,1 <sup>a</sup>	602 ± 13 <sup>a</sup>
getrocknet	62,2 ± 0,9 <sup>ab</sup>	54,5 ± 1,5 <sup>b</sup>	66,8 ± 3,4 <sup>b</sup>	6,2 ± 3,2 <sup>a</sup>	72,3 ± 0,7 <sup>a</sup>	602 ± 8 <sup>a</sup>
siliert	64,2 ± 1,4 <sup>c</sup>	57,7 ± 2,1 <sup>a</sup>	84,8 ± 0,4 <sup>c</sup>	16,5 ± 4,6 <sup>b</sup>	72,9 ± 1,2 <sup>a</sup>	645 ± 13 <sup>b</sup>
säurekonserv.	66,1 ± 1,0 <sup>d</sup>	55,0 ± 1,2 <sup>b</sup>	72,4 ± 7,2 <sup>ab</sup>	3,7 ± 1,7 <sup>a</sup>	75,9 ± 1,0 <sup>b</sup>	633 ± 11 <sup>b</sup>
<b>Körner (Versuch 2)</b>						
getrocknet	89,0 ± 1,0 <sup>a</sup>	83,6 ± 2,2 <sup>a</sup>	83,7 ± 1,9 <sup>a</sup>	23,7 ± 7,6 <sup>a</sup>	91,8 ± 1,0 <sup>a</sup>	872 ± 12 <sup>a</sup>
siliert	88,9 ± 0,7 <sup>a</sup>	85,3 ± 1,2 <sup>a</sup>	82,3 ± 3,7 <sup>a</sup>	26,4 ± 5,7 <sup>a</sup>	91,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	875 ± 8 <sup>a</sup>

Standardabweichung ist als ± Wert angegeben. Signifikant unterschiedliche Werte ( $p < 0,05$ ) sind mit unterschiedlichen Indizes gekennzeichnet.

**Tafel 3.** Verdaulichkeit (%) der Rohnährstoffe bei der Ratte und daraus berechneter Gehalt an Gesamtnährstoff (g/kg).

Rohprotein  $y_R = 87,03 - 2,52 x$ ;  $r^2 = 0,90$ ;  $n = 70$   
 N-freie Extraktstoffe  $y_N = 96,51 - 1,90 x$ ;  $r^2 = 0,97$ ;  $n = 70$   
 Org. Substanz  $y_O = 94,51 - 2,53 x$ ;  $r^2 = 0,96$ ;  $n = 70$ .

Somit kann die von *Nehring u.a.* [9] gefundene Beziehung für die Verdaulichkeit der org. Substanz

$$y_O = 93,9 - 1,97 \cdot (\text{Rohfaseranteil der Trockensubstanz in \%})$$

annähernd bestätigt werden. Die geringe Abweichung erklärt sich daraus, daß von *Nehring u.a.* [9] Werte verschiedener Futtermittel zur Berechnung herangezogen wurden. Berechnet man aus den bei Ratten erhaltenen Verdaulichkeiten die Gehalte an Gesamtnährstoff (G in g pro kg) und stellt diese in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt (x in %) dar. so ergibt sich folgende Beziehung:

$$G = 926 - 25,02 x$$
;  $r^2 = 0,93$ .

Demnach kann die Varianz der Gesamtnährstoffe zu 93 % durch die Unterschiede im Rohfasergehalt erklärt werden.

### 3. Übertragung von Rattenfütterungsergebnissen auf die Ermittlung von Futterwerten für Schweine

#### 3.1 Übertragbarkeit von Ratten- auf Schweinefütterungswerte

Aufgrund der guten Übereinstimmung von Futteraufnahme und -verwertung zwischen Ratte und Schwein, **Tafel 4**, werden bis zum Vorliegen von direkt vergleichbaren Parallelversuchen korrelative Beziehungen zwischen den eigenen Ergebnissen bei Ratten und den nach Regressionen von *Roth-Maier u. Kirchgessner* [1] ermittelten Verdaulichkeiten für Schweine aufgestellt, **Tafel 5**.

	Ratte (eigene Untersuchungen)	Schwein (Angaben im Schrifttum)
Futteraufnahme	getrocknetes Gut wird gegenüber propionsäurebehandeltem Material bevorzugt	getrocknetes Gut wird gegenüber propionsäurebehandeltem Material bevorzugt [7]
<b>Einfluß der Konservierung auf die Verdaulichkeit</b>		
Org. Substanz	kein Einfluß	kein Einfluß [1]
N-freie Extraktst.	kein Einfluß	kein Einfluß [1]
Rohprotein	im Trockengut am besten verdaulich	im Trockengut am besten verdaulich [10] in der Silage am besten verdaulich [1, 7, 8]
Rohfett	in der Silage am besten verdaulich kein Einfluß in Versuchsreihe 2	in der Silage am besten verdaulich [1] kein Einfluß [10]
Rohfaser	kein Einfluß	Verbesserung durch Trocknung [1]
<b>Einfluß steigender Rohfasergehalte auf die Verdaulichkeit VQ</b>		
Org. Substanz	VQ abnehmend	VQ abnehmend [1]
N-freie Extraktst.	VQ abnehmend	VQ abnehmend [1]
Rohprotein	VQ abnehmend	VQ abnehmend [11 bis 15]
Rohfett	VQ unbeeinflusst	VQ unbeeinflusst [1, 13]
Rohfaser	VQ unbeeinflusst	VQ unbeeinflusst [11]
<b>Einfluß steigender Rohproteingehalte auf die Verdaulichkeit VQ</b>		
Rohprotein	VQ zunehmend	VQ zunehmend [11, 14]

**Tafel 4.** Vergleich der eigenen Ergebnisse bei Untersuchungen an Ratten mit Ergebnissen bei der Schweinefütterung (Schrifttum).

	Regressionsgleichung	r <sup>2</sup>	N
<b>Verdaulichkeitsquotient y (%)</b>			
Trockensubstanz	$(y_T)_S = 36,88 + 0,59 (y_T)_R$	0,966	13
Org. Substanz	$(y_O)_S = 42,74 + 0,53 (y_O)_R$	0,976	13
Rohprotein	$(y_R)_S = 29,15 + 0,71 (y_R)_R$	0,960	13
Rohfett	$(y_F)_S = 37,96 + 0,16 (y_F)_R$	0,017	13
Rohfaser	$(y_Z)_S = 35,63 + 0,14 (y_Z)_R$	0,078	13
N-freie Extraktst.	$(y_N)_S = 41,48 + 0,57 (y_N)_R$	0,962	13
<b>Gehalt an verd. Rohprotein</b>			
R (% bezogen auf TS)	$R_S = 25,35 + 0,78 R_R$	0,982	13
<b>Gehalt an Gesamtnährstoff</b>			
G (g/kg)	$G_S = 450,01 + 0,51 G_R$	0,98	13

**Tafel 5.** Gleichungen zur Ermittlung von Werten für die Schweinefütterung (S) aus Daten von Fütterungsversuchen mit Ratten (R).

Dabei wird deutlich, daß sich lediglich die Verdaulichkeitswerte von Rohfett und Rohfaser rechnerisch nicht übertragen lassen. Bei Rohfaser spielt einerseits die schlechte Korrelation der Regression zur Berechnung der Daten für das Schwein, andererseits eine mögliche unterschiedliche Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen in den beiden Versuchen eine Rolle. Bei Rohfett wirkt sich die Ungenauigkeit der Verdaulichkeitsermittlung bei geringen Rohfettgehalten in der Ration aus.

Für die Trockensubstanz, die org. Substanz, die N-freien Extraktstoffe und das Rohprotein ergeben sich sehr gute Übereinstimmungen zwischen den Werten der Verdaulichkeit, den Verdaulichkeitsquotienten, bei der Ratte mit den für das Schwein berechneten Werten.

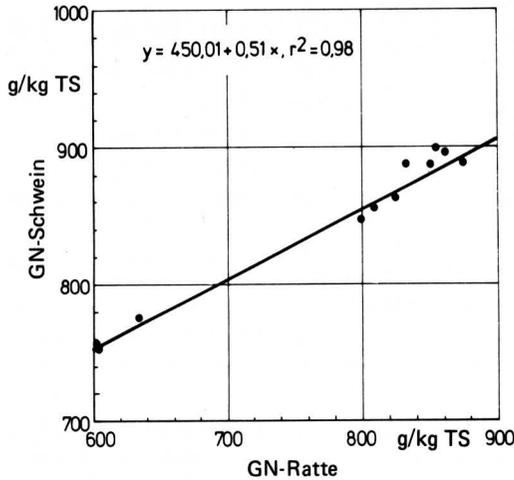
Ebenfalls wird die gegenüber der Ratte höhere Verdaulichkeit dieser Rohnährstoffe beim Schwein deutlich. Auch kann die von *Münchow* [16] aufgestellte Beziehung zwischen der wahren Verdaulichkeit des Rohproteins ( $y_R$  in %) bei Ratten und bei Schweinen

$$(y_R)_{\text{Schwein}} = 26,66 + 0,75 (y_R)_{\text{Ratte}}$$

bestätigt werden. Aufgrund der gesicherten funktionalen Zusammenhänge bei den Verdaulichkeitsquotienten einzelner Rohnährstoffe werden in den zwei letzten Zeilen der **Tafel 5** Beziehungen zwischen den Werten des Gehalts an verdaulichem Rohprotein bzw. Gesamtnährstoff für Ratten und Schweine angegeben. Insgesamt lassen sich mit Hilfe dieser Regressionen die für Schweine zutreffenden Werte mit einem Bestimmtheitsmaß von 98 % bzw. 97 % aus den Daten für Ratten ermitteln.

Demnach ergibt sich für den Gehalt an Gesamtnährstoff, als der wesentlichen ökonomischen Größe, die in **Bild 2** dargestellte, für das weitere Vorgehen maßgebliche Transformationsgleichung.

GN-Schwein: nach Literaturangaben  
 GN-Ratte: aus eigenen Fütterungsversuchen

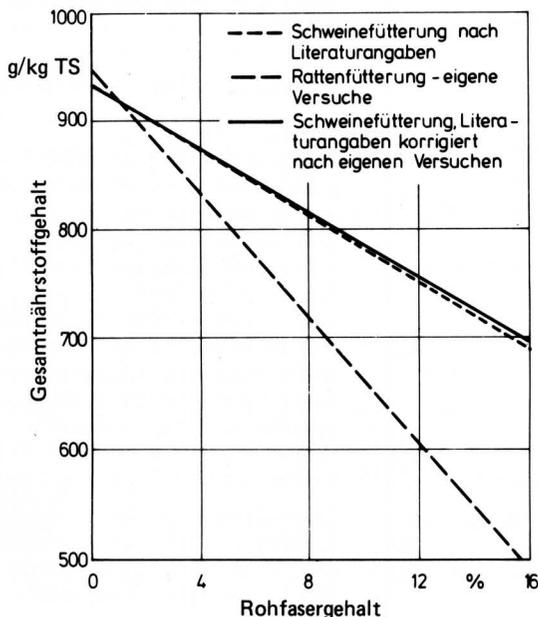


**Bild 2.** Beziehung zwischen den Gehalten an Gesamtnährstoff (GN) nach Ergebnissen von Rattenversuchen und den aus den Rohnährstoffgehalten errechneten Werten für Schweine.

**Bild 3** enthält eine Anwendung der ermittelten Beziehung. Für sämtliche Versuchsproben wird der Gehalt an Gesamtnährstoff (GN-Gehalt) auf 3 Wegen berechnet und dem jeweiligen Rohfasergehalt gegenübergestellt:

1. GN-Gehalt bei der Schweinefütterung nach Schrifttumangaben berechnet aus den Rohnährstoffgehalten [1];
2. GN-Gehalt bei der Rattenfütterung berechnet aus den Rohnährstoffgehalten und deren Verdaulichkeit bei Ratten;
3. GN-Gehalt bei der Schweinefütterung berechnet mittels der Transformationsgleichung nach Bild 2.

Die aus den Einzelwerten sich ergebenden Ausgleichsgeraden sind in Bild 3 dargestellt. Dabei wird deutlich, daß die Geraden nach den Berechnungswegen 1 und 3 eine sehr gute Übereinstimmung



**Bild 3.** Auf die Trockensubstanz bezogenen Gehalt an Gesamtnährstoff in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt (ebenfalls bezogen auf die Trockensubstanz); Vergleich von Werten für Schweine aus dem Schrifttum mit Ergebnissen bei der Fütterung von Ratten.

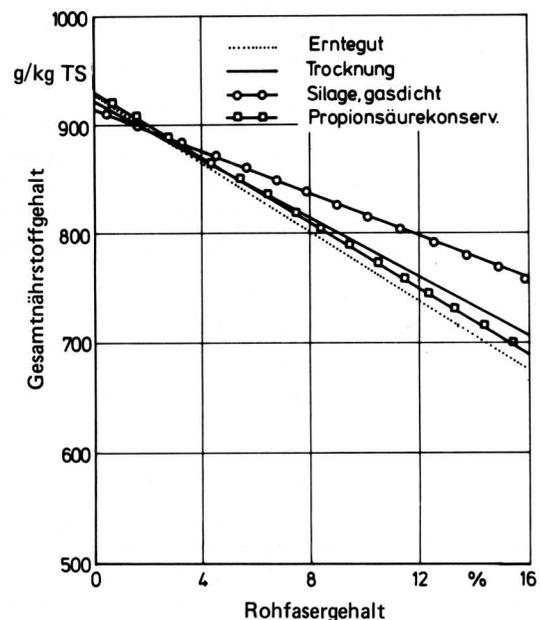
zeigen. Somit entsprechen die mittels der Transformationsgleichung aus Rattenversuchen gewonnenen GN-Gehalte den bislang vorhandenen Ergebnissen aus Schweineversuchen. Im folgenden wird die zunächst auf die Gesamtheit der Versuchsergebnisse begründete Methode auf die Ergebnisse für die verschiedenen Konservierungsverfahren getrennt angewendet. So kann bis zum Vorliegen von direkt vergleichbaren Fütterungsversuchen (z.B. rohfasergebündelter GN-Gehalt von siliertem Gut bei Schweinefütterung im Vergleich zum GN-Gehalt dieses Gutes in der Rattenfütterung) mittels dieses Vorgehens aus Unterschieden, die in Rattenversuchen ermittelt wurden, auf Unterschiede in der Schweinefütterung geschlossen werden. Die Berechtigung dieses Vorgehens wird derzeit durch Parallelversuche mit Ratten und Schweinen untersucht. Erste Ergebnisse befürworten derartige Übertragungen.

### 3.2 Einfluß unterschiedlicher Konservierungsarten

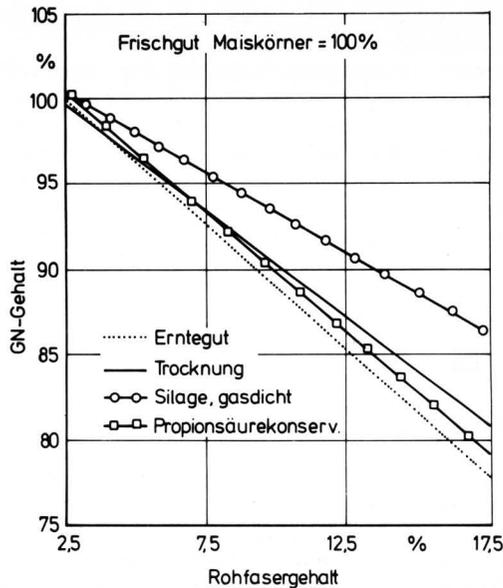
Wird das beschriebene Verfahren nach Konservierungsart getrennt angewendet, ergeben sich die in Tafel 6 dargestellten Beziehungen. Deren graphische Darstellung, Bild 4, weist die bekannte Abnahme des GN-Gehalts mit steigendem Rohfaseranteil aus. Während für Erntegut, getrocknetes und säurekonserviertes Gut im Bereich bis ca. 8 % Rohfaser kaum Unterschiede zu finden sind, ergibt sich bei der gasdichten Silierung insbesondere bei rohfaserreicherem Material eine Erhöhung des GN-Gehaltes, die rein rechnerisch bei 5 % Rohfaser eine Zunahme des GN-Gehalts gegenüber dem Erntegut um ca. 2–3 % und bei 14 % Rohfaser bereits um 8–9 % ausmacht, Bild 5.

Konservierungsart	Regressionsgleichung
Erntegut	$G_E = 930,74 - 15,70 \times x$
getrocknetes Gut	$G_T = 922,62 - 13,38 \times x$
Silage, gasdicht	$G_S = 917,55 - 9,83 \times x$
Propionsäurekonservierung	$G_P = 930,36 - 14,93 \times x$
alle Konservierungsarten	$G = 928,49 - 14,21 \times x$

**Tafel 6.** Gleichungen zur Berechnung des Gehalts an Gesamtnährstoff G bezogen auf Trockensubstanz (g/kg) bei unterschiedlicher Konservierung und unterschiedlichem Rohfasergehalt x (%).



**Bild 4.** Gehalt an Gesamtnährstoff in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt bei verschiedenen Konservierungsarten von Körnermais.



**Bild 5.** Gehalt an Gesamtnährstoff als Funktion des Rohfasergehalts; Vergleich des Ernteguts (ganze Maiskörner) mit unterschiedlich konserviertem Körnermais.

Diese Ergebnisse von der Verfütterung des silierten Gutes bedürfen einer weiteren Bestätigung, da noch nicht geklärt ist, ob die höheren GN-Gehalte auf einer tatsächlichen Erhöhung der Verdaulichkeit beruhen oder ob die Verbesserung der Verdauungsquotienten die Folge einer teilweise selektiven Futteraufnahme durch die Ratten ist. Mit Ausnahme der Silage bestätigen diese Untersuchungen das Ergebnis von *Roth-Maier u. Kirchgessner* [1], die keinen konservierungsbedingten Einfluß auf den Gehalt an Gesamtnährstoff feststellen konnten.

### 3.3 Futtererträge unterschiedlich konservierter Maisernteformen

Um aus den bisherigen Verdauungswerten auf die nach der Konservierung tatsächlich für die Fütterung zur Verfügung stehenden Mengen an Gesamtnährstoff zu schließen, sind mittlere Ernteerträge und praxisübliche Konservierungsverluste heranzuziehen. Nach *Steinhauser u. Kraxner* [2] kann bei den verschiedenen Körnermaisernteformen mit den in der ersten Zeile von **Tafel 7** angegebenen Ernteerträgen gerechnet werden. Nach Abzug von Verlusten (Werte aus dem Schrifttum) errechnen sich mit Hilfe der ermittelten Beziehungen nach **Tafel 6** die in **Tafel 7** und **Bild 6** dargestellten Mengen an Gesamtnährstoff. Demnach sind bei Corn-Cob-Mix gegenüber ganzen Maiskörnern ca. 7–9 % größere, bei Lieschkolbenschrot ca. 17 % größere Mengen an Gesamtnährstoff zu ernten. Durch Absieben der Lieschen bei Lieschkolbenschrot verringert sich rechnerisch die Menge an Gesamtnährstoff um ca. 5–6 %. Bei Vergleich der Ernteverfahren Corn-Cob-Mix und Lieschkolbenschrot besteht aber bezüglich der Verwertung in der Schweinemast, bei der die Lieschen abgesiebt werden, nur ein Unterschied von 2–3 %. Bei alternativer Verwertung der Lieschen ergibt sich jedoch, ausschließlich bezogen auf die eingebrachten Nährstoffe, ein Vorteil gegenüber Corn-Cob-Mix-Ernte.

Bezüglich der Auswirkungen unterschiedlicher Konservierungsarten, **Bild 7**, ergeben sich für Trocknung und Propionsäurekonservierung nur unwesentliche Unterschiede gegenüber dem Frischmaterial. Bei der Silierung wird der höhere Trockensubstanzverlust dieses Verfahrens durch die – eventuell nur methodisch bedingte – höhere Bewertung im GN-Gehalt wieder ausgeglichen. Insofern sind zu dessen Bestätigung noch weitere Untersuchungen notwendig.

		Körner ganz	Corn-Cob-Mix	Lieschkolbenschrot ungesiebt	Lieschkolbenschrot gesiebt
<b>Erntegut</b>					
Ertrag <sup>1)</sup>	dt/ha	78	95	125	107
TS-Gehalt <sup>1)</sup>	%	60	56,5	52	54
TS-Ertrag	dt/ha	46,8	53,7	65,0	57,7
Rohfasergehalt in TS <sup>1)</sup>	%	2,7	6,5	12,5	8,5
GN-Gehalt nach Regression <sup>2)</sup>	g/kg	888	829	735	797
Ertrag an Gesamtnährstoff	dt/ha	41,6	44,5	47,7	46,0
<b>Trocknung</b>					
TS-Verlust nach Konserv. <sup>3)</sup>	%	0,5	1,5	1,5	1,5
GN-Gehalt nach Regression <sup>2)</sup>	g/kg	886	836	755	809
Ertrag an Gesamtnährstoff	dt/ha	41,3	44,2	48,4	46,0
<b>Propionsäurekonservierung</b>					
TS-Verluste nach Konserv. <sup>4)</sup>	%	0	0	0	0
GN-Gehalt nach Regression <sup>2)</sup>	g/kg	890	833	744	803
Ertrag an Gesamtnährstoff	dt/ha	41,6	44,7	48,3	46,4
<b>Silage, gasdicht</b>					
TS-Verluste nach Konserv. <sup>5)</sup>	%	4,0	5,0	6,0	5,5
GN-Gehalt nach Regression <sup>2)</sup>	g/kg	891	854	795	834
Ertrag an Gesamtnährstoff	dt/ha	40,0	43,5	48,5	45,6

1) nach *Steinhauser und Kraxner* [2]

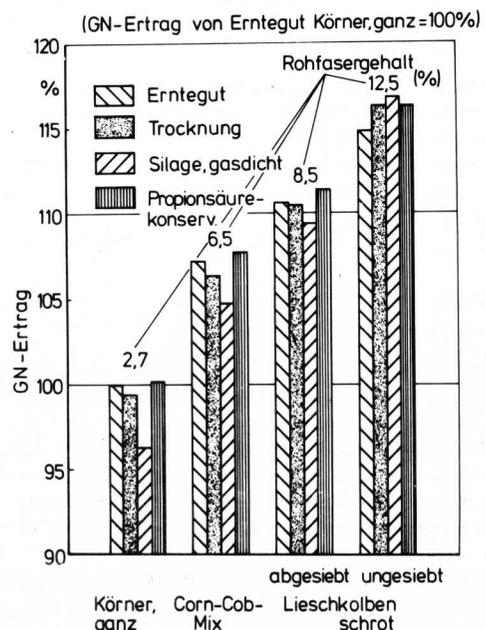
2) errechnet nach eigenen Regressionen (**Tafel 6**)

3) nach *Scherer* [17]

4) nach *Hieb* [18] treten bei ausreichender Säuredosierung keine TS-Verluste auf

5) nach *Zimmer u.a.* [19]

**Tafel 7.** Einfluß von Ernte- und Konservierungsverfahren auf den Futterwert von Körnermais (Berechnung mittels durchschnittlicher Ernteerträge und Konservierungsverluste).



**Bild 6.** Relative Erträge an Gesamtnährstoff für unterschiedlich konservierte Körnermaisernteformen bei mittlerem Ertragsniveau.

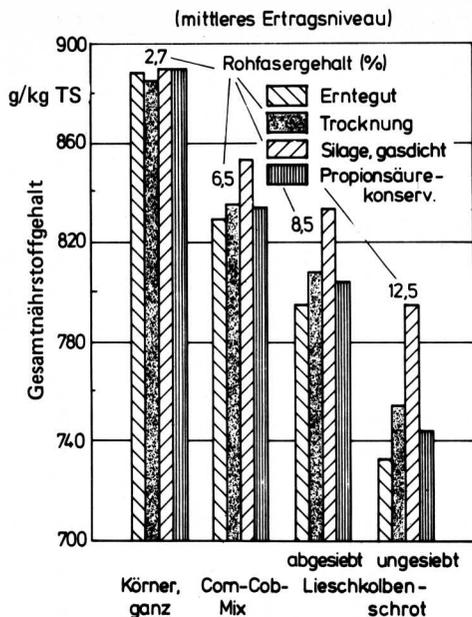


Bild 7. Erträge an Gesamtnährstoff für unterschiedlich konservierte Körnermaisernteformen.

#### 4. Zusammenfassung

An Ratten wurde die Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe von Maiskörnern, Corn-Cob-Mix und Lieschkolbenschrot bestimmt, um zu prüfen, ob sich diese Verdauungswerte mit den im Schrifttum vorhandenen Werten für Schweine in Beziehung bringen lassen. Darüber hinaus wurde der Einfluß verschiedener Konservierungsverfahren (Trocknung, gasdichte Silierung und Propionsäurebehandlung) untersucht.

Aus den Ergebnissen der Versuche kann geschlossen werden, daß der Futterwert der verschiedenen Erntematerialien bei der Schweineernährung mit hoher Genauigkeit aus den Ergebnissen von Rattenversuchen abgeleitet werden kann.

Bei Annahme durchschnittlicher Ernteerträge können im Vergleich zu Körnermais durch Corn-Cob-Mix um ca. 7–9 % und durch Lieschkolbenschrot um ca. 17 % größere Mengen an Gesamtnährstoff geerntet werden.

Mit Ausnahme der Silierung war kein deutlicher Effekt eines Konservierungsverfahrens auf die Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe nachzuweisen. Die im vorliegenden Versuch bei Silage ermittelte höhere Verdaulichkeit kann aufgrund methodischer Schwierigkeiten nicht abgesichert werden und bedarf daher einer weiteren Bestätigung.

#### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] Roth-Maier, Dora A. u. M. Kirchgessner: Zur Verdaulichkeit von frischem, siliertem und getrocknetem Maiskolbenschrot bei Schweinen. Das wirtschaftseigene Futter Bd. 21 (1975) Nr. 3, S. 211/24.
- [ 2 ] Steinhäuser, H. u. H. Kraxner: Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Lieschkolbenschrot in der Schweinemast. Berichte über Landwirtschaft Bd. 55 (1977) Nr. 1, S. 117/28.
- [ 3 ] Müller, H.M.: Mikrobiell bedingte Veränderungen an Körnerfrüchten bei biologischen, chemischen und thermischen Konservierungsverfahren. 3. Tätigkeitsbericht SFB 140, Bd. II, 1977.
- [ 4 ] Zimmer, E.: Bei der Trocknung von Gärfutterproben auftretende Verluste an flüchtigen Stoffen. Futterkonservierung Bd. 7 (1960/61) Nr. 2, S. 99/104.
- [ 5 ] Müller, R.: Vorschrift zur Proteinbewertung in Versuchen an wachsenden Ratten. Z. Tierphysiol., Tierernährung u. Futtermittelkunde Bd. 19 (1964) S. 305/308.
- [ 6 ] Keitel, K.: Untersuchungen zur Veränderung der Lipide und des Tokopherolmusters von Körnermais nach unterschiedlicher Konservierung und Lagerung. Diss. Univ. Hohenheim 1979.
- [ 7 ] Hale, D.M., D.M. Wilson u. E. Jay: Acceptability and digestibility of swine diets containing corn stored under different conditions. J. Anim. Sci. Bd. 47 (1978) Nr. 1, S. 46/50.
- [ 8 ] Holmes, J.H.G. u. H.S. Bayley: Digestion and absorption of dry and high-moisture maize diets in the small and large intestine of the pig. Br. J. Nutr. Bd. 30 (1973) S. 401/10.
- [ 9 ] Nehring, K., R. Schiemann, L. Hoffmann u. W. Jentsch: Die energetische Verwertung der Futterstoffe, 1. Mitt.: Die energetische Verwertung der Kraftfutterstoffe durch Ratten. Arch. Tierernährung Bd. 13 (1963) Nr. 3, S. 119/32.
- [ 10 ] Farries, E.: Zusammensetzung und Nährwert von Maiskörnern und Maiskolben. Kali-Briefe Bd. 11 (1972) Fachgebiet 13, 2. Folge.
- [ 11 ] Axelsson, J.: Das Futterverdaulichkeitsvermögen der Schweine und seine Konsequenzen für die Bewertung des Schweinefutters. Biedermanns Zentralbl. Agrikulturchemie, Abt. B, Tierernährung Bd. 13 (1941) S. 413/31.
- [ 12 ] Farrell, D.J.: Digestibility by pigs of the major chemical components of diets high in plant cell-wall constituents. Anim. Prod. Bd. 16 (1973) S. 43/47.
- [ 13 ] Kirchgessner, M., Dora A. Roth-Maier u. F.X. Roth: Zum Einfluß von Zellulose- und Spurenelementzulagen auf die Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe beim Schwein. Züchtungskunde Bd. 47 (1975) S. 96/103.
- [ 14 ] Lloyd, L.E. u. E.W. Crampton: The apparent digestibility of the crude protein of the pig ration as a function of its crude protein and crude fiber content. J. Anim. Sci. Bd. 14 (1955) S. 693/99.
- [ 15 ] Mosenthin, R. u. H. Henkel: Der Einfluß pflanzlicher Gerüstsubstanzen im Futter auf die N-Ausscheidung im Kot beim Schwein. 32. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphys. der Haustiere, Göttingen 1978.
- [ 16 ] Münchow, H.: Untersuchungen über Beziehungen zwischen der biologischen Wertigkeit von Eiweißfuttermitteln und einigen biochemischen und biologischen Kennwerten bei Ratte und Schwein. Diss. Humboldt-Univ. Berlin 1967.
- [ 17 ] Scherer, R.: Die Ermittlung thermo-physikalischer Eigenschaften von Körnerfrüchten, dargestellt am Beispiel von Mais und die Bedeutung dieser Größen für die thermische Konservierung und Lagerung. Diss. Univ. Hohenheim 1979.
- [ 18 ] Hieb, K.P.: Die Feuchtmalkonservierung mit Propionsäure – eine produktionstechnische und betriebswirtschaftliche Untersuchung. Diss. Univ. München 1972.
- [ 19 ] Zimmer, E., H. Honig, P. Daniel u. F. Weise: Umsetzungen bei Körner- und Maisschrotsilagen unter verschiedenen silier-technischen Bedingungen. Das wirtschaftseigene Futter, Bd. 19 (1973) Nr. 3, S. 204/19.