

Aus dem Institut für Tierernährung

**Kathrin Höner
Thomas Ettle
Gerhard Flachowsky**

**Peter Lebzien
Frieder-Jörg Schwarz**

**Einfluss von Silagen aus unterschiedlichen
Maishybriden auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt
von Kühen**

Manuskript, zu finden in www.fal.de

Published in: Landbauforschung Völkenrode 52(2002)3,
pp. 149-156

**Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2002**

Einfluss von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt von Kühen

Kathrin Höner¹, Peter Lebzien¹, Thomas Ettle², Frieder-J. Schwarz² und Gerhard Flachowsky¹

Zusammenfassung

Aus jeweils zwei Maishybriden mit besonders hoher bzw. besonders niedriger in sacco- Abbaubarkeit ihrer Körner wurden Silagen bereitet und deren Einfluss auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt an vier ruminal und duodenal fistulierten Milchkühen untersucht. In vier Versuchsperioden erhielt jedes der Tiere einmal jede der vier Maissilagen zusammen mit einer Kraftfuttermischung. Bestimmt wurden die Pansenparameter und der Nährstofffluss am proximalen Duodenum. Hinsichtlich pH-Wert, Konzentration an Ammoniak-N und flüchtigen Fettsäuren im Pansen sowie der mikrobiellen Proteinsynthese konnte zwischen den Hybriden kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Die Silagen aus den Hybriden mit der höchsten in sacco-Abbaubarkeit ihrer Körner wiesen auch in vivo den höchsten Stärkeabbau auf. Bei der Silage mit dem geringsten Gehalt an Zellwandbestandteilen und dem höchsten Stärkegehalt war die ruminale Verdaulichkeit der organischen Substanz am geringsten. Die anderen Silagen unterschieden sich kaum. Dies deutet darauf hin, dass die ruminale Verdaulichkeit weniger durch den Gehalt an Inhaltsstoffen als durch die Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile bestimmt wird.

Schlüsselwörter: Maissilage, Pansenfermentation, Stärkeabbau

Abstract

Effects of silage prepared from different maize genotypes on metabolism in the digestive tract of dairy cows

An experiment with 4 dairy cows fitted with ruminal and duodenal cannulae was performed to study the influence of silages from 4 different maize hybrids on the metabolism in the digestive tract. Two silages were prepared from maize hybrids with an extremely high and 2 from those with an extremely low in sacco degradability of the kernels. The experiment comprized 4 periods in which the various silages were fed with the same concentrate one after another to each cow following a latin square design. Parameters on rumen fermentation and the nutrient flow at the proximal duodenum were detected.

Ammonia-N, pH-value, volatile fatty acids in the rumen and microbial protein synthesis did not show any significant differences. Correspondingly, the silage from maize highest in nylon bag degradability of the kernels had the highest in vivo starch degradability. The silage which was lowest in cell wall constituents and highest in starch content showed the lowest ruminal degradability of organic matter. The silages from the other 3 hybrids did only differ marginally. Consequently, the ruminal digestibility is less affected by the nutrient composition than by the degradability of the cell wall constituents.

Key words: Maize silage, rumen fermentation, starch degradation

¹ Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Wissenschaftszentrum für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Department für Tierwissenschaften, Bereich Tierernährung, Technische Universität München, Hochfeldweg 4, 85350 Freising

1 Einleitung

In der Milchviehnahrung ist die Bereitstellung von Energie für die durch Fortschritte in der Rinderzucht und -haltung erzielten hohen Milchleistungen von fundamentaler Bedeutung. Besonders zum Laktationsbeginn ergeben sich häufig Lücken in der Energieversorgung. Zu diesem Zeitpunkt ist das Futteraufnahmevermögen der Milchkuh begrenzt, der Energiebedarf aufgrund hoher Einsatzleistungen jedoch sehr hoch. Die Verfütterung großer Mengen an leicht abbaubaren Kohlenhydraten ermöglicht zwar eine Verbesserung der Energieversorgung, führt aber gleichzeitig zu einem pH-Wert Abfall im Pansen, der letztendlich zum Krankheitsbild der Pansenazidose führen kann. In dieser Hinsicht bietet Stärke aus Maisprodukten Vorteile, da sie ruminal langsamer fermentiert und in geringerem Umfang im Vergleich zu Stärke anderer Getreidearten im Pansen abgebaut wird. Aus dieser Eigenschaft der Maisstärke ergibt sich die Möglichkeit, die negativen Folgen einer schnellen Fermentation der Stärke trotz hoher Zufuhr zu reduzieren und mehr Stärke im Dünndarm, wo die energetische Verwertung der Stärke effizienter als bei der Fermentation im Pansen ist (Bergner und Hoffmann, 1996; Matthé, 2001), zu verdauen. Schwarz und Etle, (2000) beschrieben variierende Stärkegehalte von Maissilagen in Abhängigkeit von Reifestadium und Sorte der verwendeten Maispflanze. Die Sorte hat nach verschiedenen Autoren (Kotarski et al., 1992; Flachowsky et al., 1992; Loose, 1999) auch einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf Geschwindigkeit und Umfang des ruminalen Abbaus der Maisstärke. Am Institut für Tierernährung der FAL in Braunschweig wurden in den zurückliegenden Jahren gemeinsam mit anderen Einrichtungen Versuche zur ernährungsphysiologischen Bewertung verschiedener Maishybriden durchgeführt. Dabei konzentrierten sich die Untersuchungen vor allem auf die Maiskörner (Loose, 1999). Aus vier verschiedenen Maishybriden (Avenir(A), CGS5104(B), Byzance(C), CGS5107(D)), die in einem vorausgegangenen Screening aus 26 Hybriden (Loose, 1999) auf Grund der besonders hohen (A, C) bzw. besonders niedrigen (B, D) in sacco-Abbaubarkeit ihrer Körner ausgewählt worden waren, stellten Etle et al. (2002) Silagen her. Die grundlegende Frage der durchgeführten Versuche war, ob sich die Unterschiede in der ruminalen Abbaubarkeit der Körner der vier verschiedenen Maishybriden aus dem Anbaujahr 1996 (Loose, 1999) in der ruminalen Abbaubarkeit der vier von Etle et al. (2002) aus den gleichen Hybriden im Anbaujahr 1998 hergestellten Silagen in vivo widerspiegeln.

2 Material und Methoden

2.1 Probenmaterial und Versuchsaufbau

Die vier Maishybriden (Avenir, CGS5104, Byzance, CGS5107 bzw. A, B, C, D) wurden auf der Versuchstation Hirschau in Weihenstephan im Jahr 1998 angebaut. Die Schläge von 4,6 ha je Hybride wurden mit einer Saattiefe von 10 Körnern/m² bei einer Saattiefe von 4 cm eingesät, der Reihenabstand betrug 75 cm. Der Termin der Ernte wurde durch den Trockensubstanzgehalt bestimmt, der bei ca. 35 % liegen sollte. Daraus resultierten vier verschiedene Erntezeitpunkte: A (am 10.09.98 mit 36,5 % T; 59,4 % Kolbenanteil), B (am 30.09.98 mit 35,9 % T; 52,9 % Kolbenanteil), C (am 28.09.98 mit 35,1 % T; 57,3 % Kolbenanteil) und D (am 23.09.98 mit 35,7 %; 54,8 % Kolbenanteil). Die mittlere Häcksellänge des Siliergutes betrug 5,5 mm. Die Silierung erfolgte in luftdichten Big Bags, die 3-4 Monate gelagert und anschließend nach Braunschweig transportiert wurden.

Um die Einflüsse der vier verschiedenen Maissilagen auf den Pansenstoffwechsel zu messen, wurde am Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig ein Versuch an vier mit Pansen- und Duodenalkanülen ausgestatteten Milchkuhen in Form eines unvollständigen 4 x 4 Lateinischen Quadrates durchgeführt. In insgesamt vier Versuchsperioden erhielt jede Kuh einmal jede der vier Maissilagen. Jede Versuchsperiode umfasste drei Wochen, in denen sich an eine 14tägige Futteradaptation eine 5tägige Duodenalchymussammelperiode anschloss, während der alle zwei Stunden Stichproben aus dem Duodenum entnommen und zu Tagesproben zusammengefasst wurden. In jeder der vier Perioden wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen in der Woche vor der Chymussammelperiode bei allen Versuchstieren Pansensaftproben zur Charakterisierung des Pansenmilieus gewonnen. Dabei wurden an dem jeweils ersten Tag die Pansenproben um 5.30, 6.00, 6.30, 7.00, 7.30, 8.30 und 10.30 Uhr entnommen, an den beiden darauffolgenden Tagen lediglich drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung (8.30 Uhr). Die im Versuch eingesetzten Tiere befanden sich zwischen der zweiten und siebten Laktationsperiode, die mittlere Milchleistung lag bei 28,0 kg ±6,6 kg. Die täglich vorgelegte Ration blieb während des gesamten Versuchs konstant und setzte sich aus 6,3 kg T jeweils einer der zu untersuchenden Maissilagen (A, B, C, D) und 7,9 kg T Kraftfutter zusammen, sodass sich ein Grundfutter- : Kraftfutterverhältnis von 44 : 56 (auf T-Basis) ergab. Das Kraftfutter bestand aus 24 % Maisschrot, 25 % Weizenschrot, 40 % Sojaextraktionsschrot; 9 % Trockenschnitzel, 2 % Sojaöl und hatte einen Energiegehalt von 8,6 MJ NEL/kg T sowie einen Gehalt an nXP von 205 g /kg T.

2.2 Analytik

In den Pansensaftproben wurden der pH-Wert mittels Glaselektrode, der Ammoniak-N-Gehalt nach Voigt und Steeger (1967) und der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren nach Geissler et al. (1976) bestimmt. Die das Duodenum erreichenden Nährstoffmengen wurden anhand eines den Versuchstieren 4 x täglich ruminal applizierten Cr₂O₃-Markers ermittelt. Die Herstellung, Verabreichung und Bestimmung des Chrommarkers erfolgten nach Rohr et al. (1979). Der Trockensubstanzfluss am Duodenum ließ sich nach folgender Formel berechnen:

$$T \text{ am Duodenum (kg/d)} = \frac{(\text{mg Chrom/Kuh/d}) \cdot (\text{mg Chrom/g Darmsafttrockensubstanz})}{1000}$$

Während der Chymussammelperiode wurden von jedem Versuchstier alle zwei Stunden 4x100 ml Chymus über die Duodenalfistel entnommen, die Probe mit dem geringsten pH-Wert in die Tagessammelprobe überführt, die dann gefriergetrocknet wurde um anschließend für die Weender Analysen (Methodenbuch III der Lufa, Vorschriften 4.1.1., 5.1.2., 6.1.4., 8.1., 1976), NDF-/ ADF-/ ADL- Analytik (Goering und van Soest 1970) bzw. Stärkebestimmung nach Salomonsson et al. (1984) vermahlen zu werden. Die Bestimmung des mikrobiellen Rohproteinanteils im Duodenalchymus erfolgte mittels NIRS nach der von Lebzien und Paul (1997) beschriebenen Methode.

Der Mittelwertvergleich wurde mit Hilfe des Statistikprogrammepakets SAS 6.12., PROC GLM unter Anwendung des t-Tests (LSD) vollzogen. Die Korrektur der Werte um tierindividuelle Effekte erfolgte mit Hilfe der PROC MIXED. Als Signifikanzniveau wurde bei der Berechnung eine Irrtumswahrscheinlichkeit von maximal 5 % ($p < 0,05$) zugrundegelegt.

3 Ergebnisse

Die Gehalte an T, Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen und Stärke der an die fistulierten Kühe verfütterten Maissilagen und des eingesetzten Kraftfutters sind in Tabelle 1 aufgeführt.

In Tabelle 2 sind die mittleren täglichen Aufnahmen der fistulierten Milchkuhe an Trockenmasse, organischer Substanz, Rohprotein, Stärke und Zellwandbestandteilen dargestellt.

Die tägliche Trockensubstanzaufnahme lag bei den Versuchstieren zwischen 13,6 kg und 14,2 kg, davon entfielen etwa 44 % auf die jeweilige Maissilage. Der NDF-Anteil in der Ration betrug 28 % - 29 % der T-Aufnahme. Die Stärkeaufnahmen von 5,0 kg bis 5,2 kg unterschieden sich zwischen den Silagegruppen nicht wesentlich. Aus den Rohnährstoffgehalten der Maissilagen und des Kraftfutters (Tabelle 1), den Verdaulichkeiten der Maissilagen

(Ettle et al., 2002) und den UDP-Anteilen der Kraftfutterkomponenten und der Silagen (DLG-Futterwerttabelle, 1997) wurden die mit den Rationen aufgenommenen Mengen an umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie (NEL), das nutzbare Rohprotein (nXP) und die ruminale

Tabelle 1

Gehalte (in % der T) an Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen und Stärke der verfütterten Maissilagen (n=4, Erntejahr 1998) und des Kraftfutters (n=4)

Hybride	T	XP	XS	NDF	ADF	ADL
	%			% der T		
A	34,8 ±0,1	7,7 ±0,1	37,5 ±0,2	41,6 ±2,3	23,7 ±2,8	2,11 ±0,32
B	35,5 ±1,0	7,9 ±0,4	35,8 ±1,2	41,1 ±0,8	21,9 ±0,3	1,99 ±0,05
C	36,1 ±1,0	7,6 ±0,4	36,5 ±0,8	40,4 ±0,7	22,2 ±0,6	1,98 ±0,17
D	36,2 ±1,7	8,2 ±0,1	38,7 ±0,5	36,7 ±0,9	19,5 ±0,2	1,80 ±0,14
Kraftfutter	87,5 ±0,5	24,0 ±1,4	37,6 ±0,5	16,3 ±1,2	6,7 ±0,6	0,1 ±0,02

Tabelle 2

Mittlere tägliche Aufnahme an Trockensubstanz (T), organischer Substanz (OS), Rohprotein (XP), Stärke (XS) und Zellwandbestandteilen (NDF, ADF, ADL) der fistulierten Milchkuhe (n=4) im Stoffwechsellerversuch (kg)

Hybride	T	OS	XP	XS	NDF	ADF	ADL
A	13,76 ±0,61	13,11 ±0,58	2,24 ±0,05	5,18 ±0,21	3,85 ±0,33	1,92 ±0,16	0,22 ±0,02
B	14,16 ±0,00	13,50 ±0,01	2,29 ±0,02	5,19 ±0,02	4,17 ±0,09	2,18 ±0,08	0,28 ±0,00
C	13,59 ±1,01	12,97 ±0,95	2,21 ±0,13	5,04 ±0,38	3,79 ±0,39	2,02 ±0,17	0,25 ±0,01
D	13,62 ±0,48	12,99 ±0,46	2,24 ±0,07	5,20 ±0,16	3,98 ±0,23	2,04 ±0,17	0,25 ±0,03

Tabelle 3

Tägliche Energie- und nXP-Aufnahmen sowie ruminale N-Bilanz (RNB) der fistulierten Milchkuhe (n=4)

	A	B	C	D
Energie (MJ ME/d)	175,5±9,8	177,9±0,1	172,3±8,0	166,2±12,6
(MJ NEL/d)	109,0±6,1	109,8±0,8	106,5±4,9	102,8± 2,7
nXP (g/d)	2450±117	2483± 5	2394±101	2339±174
(% aus MS*)	(35,6 %)	(36,4 %)	(35,6 %)	(34,7 %)
RNB (g/d)	-18,5±8,3	-16,5±0,5	-14,2±0,4	-7,3±5,4
*Maissilage				

Tabelle 4

Zeitlicher Verlauf des pH-Wertes, der $\text{NH}_3\text{-N}$ -Konzentration (mg/100ml) und der Fettsäurenkonzentration im Pansensaft von fistulierten Milchkühen (n=4) beim Einsatz von Silagen aus verschiedenen Maishybriden

Minuten nach Fütterungsbeginn	Maissilagehybriden							
	A		B		C		D	
	pH	$\text{NH}_3\text{-N}$	pH	$\text{NH}_3\text{-N}$	pH	$\text{NH}_3\text{-N}$	pH	$\text{NH}_3\text{-N}$
0	7,08 ±0,10	6,72 ±0,35	6,99 ±0,13	6,04 ±0,60	7,11 ±0,35	7,94 ±2,62	7,19 ±0,22	6,38 ±1,86
30	6,53 ±0,06	11,59 ±1,75	6,47 ±0,07	14,38 ±1,17	6,84 ±0,49	14,65 ±7,46	6,78 ±0,64	9,96 ±4,64
60	6,24 ±0,06	12,65 ±2,46	6,33 ±0,10	14,69 ±3,33	6,28 ±0,36	18,64 ±3,28	6,37 ±0,41	14,66 ±2,54
90	6,29 ±0,19	10,95 ±3,76	6,23 ±0,12	14,75 ±2,13	6,14 ±0,35	18,22 ±3,35	6,23 ±0,41	14,43 ±2,85
120	5,96 ±0,19	10,08 ±5,34	5,81 ±0,28	12,86 ±2,69	6,14 ±0,37	15,38 ±1,22	6,08 ±0,50	15,49 ±2,23
180	5,60 ±0,21	7,94 ±3,95	5,84 ±0,15	9,11 ±4,82	6,07 ±0,57	13,79 ±3,19	5,98 ±0,52	10,84 ±2,09
300	5,98 ±0,55	2,64 ±0,64	5,98 ±0,38	5,87 ±3,93	6,05 ±0,18	8,41 ±4,56	6,26 ±0,17	4,36 ±2,59
Flüchtige Fettsäuren* (mmol/l)	112,1 ±23,2		115,2 ±7,7		108,0 ±15,2		109,6 ±5,4	

*Messzeitpunkt: Drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung

Stickstoffbilanz (RNB) ermittelt. Die tägliche Energieaufnahme aus den vier Rationen betrug im Mittel 107,0 ±3,2 MJ NEL und die nXP-Aufnahme 2417 ±63 g (Tabelle 3).

Hinsichtlich der pansenphysiologischen Parameter (pH-Wert, Ammoniak-N, flüchtige Fettsäuren) konnten zwischen den vier Maishybriden keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Bei den Tieren, die die Silagen aus den Hybriden A bzw. B verzehrten, wurde tendenziell ($p > 0,05$) eine höhere Konzentration an flüchtigen

Fettsäuren ermittelt als nach Verabreichung der anderen beiden Maissilagen (Tabelle 4). Gleichzeitig ergab sich etwa 120 Minuten nach Fütterungsbeginn bei diesen beiden Rationen ein tendenziell niedriger pH-Wert als bei den Rationen C und D.

Die Fütterung von Maissilage aus der Hybride A führte zur niedrigsten $\text{NH}_3\text{-N}$ -Konzentration im Pansensaft (Tabelle 4). Dabei lag der Messwert nur beim Einsatz dieser Hybride gegen Ende des Probenentnahmezeitraums

Tabelle 5

Nährstofffluss am proximalen Duodenum von fistulierten Milchkühen (n=4) bei Fütterung von Rationen mit Silagen aus vier verschiedenen Maishybriden

Parameter	A	B	C	D	\bar{x}
Fluss in % der Aufnahme					
T	66,1ab ±4,0	64,9b ±2,7	66,0ab ±1,8	70,2a ±6,8	66,8
(korr. Wert)*	(67,5)	(66,4)	(67,4)	(71,7)	(68,3)
OS	58,7ab ±3,2	57,7b ±3,9	58,6ab ±2,6	62,9a ±7,6	59,5
XP	136,8a ±6,7	131,1a ±12,0	126,0a ±12,1	125,0a ±16,6	129,7
Stärke	18,9a ±4,8	22,5a ±5,4	19,7a ±2,9	23,2a ±7,1	21,1
(korr. Wert)*	(20,8)	(24,5)	(21,6)	(25,1)	(23,0)
NDF	57,4a ±13,2	53,3a ±12,8	60,2a ±10,6	68,4a ±22,6	59,8
ADF	59,2ab ±15,0	53,5b ±17,7	61,3ab ±11,4	71,0a ±19,7	61,3
ADL	82,2ab ±13,6	68,0b ±12,9	83,6a ±9,32	86,2a ±14,0	80,0
"Ruminale Verdaulichkeit" in % der Aufnahme					
T	33,9 ±4,0	35,1 ±2,7	34,0 ±1,8	29,8 ±6,8	33,2
OS	41,3 ±3,2	42,3 ±3,9	41,4 ±2,6	37,1 ±7,6	40,5
XP	-36,8 ±6,7	-31,1 ±12,0	-26,0 ±12,14	-25,0 ±16,6	-29,7
Stärke	81,1 ±4,8	77,5 ±5,4	80,3 ±2,9	76,8 ±7,1	78,9
NDF	42,6 ±13,2	46,7 ±12,8	39,8 ±10,6	31,6 ±22,6	40,2
ADF	40,8 ±15,0	46,5 ±17,7	38,7 ±11,4	29,0 ±19,7	38,8
ADL	17,8 ±13,6	32,0 ±12,9	16,4 ±9,32	13,8 ±14,0	20,0

(a/b) unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte = ($P < 0,05$)
*um tierindividuelle Effekte korrigiert (PROC MIXED)

unter dem von Satter und Roffler (1975) sowie Sylter et al. (1979) für eine optimale mikrobielle Proteinsynthese angegebenen Minimalbedarf von 5mg NH₃-N/100 ml Pansensaft.

Der gemessene Nährstofffluss am proximalen Duodenum der Versuchstiere ist in Tabelle 5 aufgeführt.

Der Fluss an organischer Substanz betrug im Mittel der vier Gruppen 59 % der aufgenommenen Menge an organischer Substanz. Die Spannen für den Fluss an Trockensubstanz und organischer Substanz, bezogen auf die Aufnahme, bewegten sich zwischen 64,9 % - 70,2 % bzw. 57,7 % - 62,9 %. Allerdings bestanden bei den Parametern Fluss an Trockensubstanz, organischer Substanz und ADF bei der Anwendung der PROC GLM, die den Faktor Tier berücksichtigte, signifikante tierindividuelle Unterschiede, die zum Teil ausgeprägter waren als die Einflüsse der Hybriden. Mittels PROC MIXED (SAS-Institute Inc. 1988) wurde versucht, die Ergebnisse um die tierindividuellen Effekte zu korrigieren, um die Effekte der einzelnen Maissilagen besser nachweisen zu können. Anhand dieses Modells konnte der Tiereffekt jedoch nur für die Parameter „Trockensubstanz“ und „Stärke“ eliminiert und somit korrigiert werden, was aber auch zu keinen signifikanten Unterschieden zwischen den Maissilagen führte. Der T- bzw. OS-Fluss am Duodenum, bezogen auf die Zufuhr, lag bei der Gruppe, die Maissilage aus der Hybride B verzehrte, mit 65 % bzw. 58 % tendenziell am niedrigsten und bei der Verfütterung von Silage D mit 70 % bzw. 63 % am höchsten (Tabelle 5). Vergleicht man die ruminale Abbaubarkeit für die Rationen mit den vier verschiedenen Silagen (Tabelle 5) mit den entsprechenden pH-Werten (Tabelle 4), so zeigt sich, dass Silage B mit dem höchsten Abbau der organischen Substanz auch zu einer höheren Fettsäurekonzentration und niedrigerem pH-Wert führte.

Der Stärkefluss am proximalen Duodenum zeigte bei den vier Hybriden eine Spanne von 0,98 kg bei Silage A bis 1,21 kg/Tag bei Silage D, was 18,9 % bzw. 23,2 % der täglich aufgenommenen Stärkemenge entspricht. Die Stärkeaufnahme mit dem Kraftfutter war bei allen Fütterungsvarianten gleich, so dass die allerdings nicht signifikanten geringen Unterschiede in der duodenalen Stärkeanflutung auf die jeweilige Maishybride zurückgeführt werden können. Bei Annahme von Mittelwerten aus der Literatur für die Abbaubarkeit der aus den Kraftfutter-

komponenten stammenden Stärke, lassen sich für die Stärke aus den Maissilagen Abbauwerte von 99 %, 90 %, 98 % und 88 % (Hybride A, B, C und D) errechnen. Auch wenn sich diese Werte als Differenz zwischen Ration und Kraftfutter errechnen und damit in ihrer absoluten Höhe von der Konstanz der ruminale Stärkeabbaubarkeit des Kraftfutters abhängen, so läßt sich doch erkennen, dass die Stärke aus den Hybriden A und C deutlich besser abgebaut wurde als die aus Silage D (-11 %-Punkte bzw. -9 %-Punkte) und Silage B (-10 %-Punkte bzw. -8 %-Punkte), da in allen Varianten das gleiche Kraftfutter eingesetzt wurde und somit Unterschiede zwischen den Behandlungen nur auf Unterschieden zwischen den Maishybriden beruhen können. Dies entspricht den Ergebnissen der in sacco-Untersuchungen mit den unsilierten Körnern der gleichen Hybriden von Loose (1999) in denen A und C eine höhere Abbaubarkeit aufwiesen als B und D. In den in sacco-Versuchen von Ettle et al. (2001) mit den silierten Körnern dieser Hybriden war dagegen nach Korrektur auf gleichen T-Gehalt der Körner zum Erntezeitpunkt, kein Unterschied zwischen den Maissilagen vorhanden (s. Diskussion, Tabelle 8). Außerdem ist in Tabelle 5 die ruminale Verdaulichkeit der Zellwandkomponenten aufgeführt. NDF, ADF, und ADL sind bei Silage B mit 47 %, 47 % und 32 % am stärksten im Pansen verdaut worden. Der mit Abstand geringste ruminale Abbau der Faseranteile bestand bei Silage der Hybride D mit 32 % (NDF), 29 % (ADF) und 14 % (ADL). Der relativ größte Unterschied zwischen den Hybriden bestand somit in der Veränderung der ADL-Fraktion.

Die Tabelle 6 zeigt eine Übersicht über die Stickstoffaufnahme und den Fluss an Stickstoff und Nichtammoniakstickstoff (NAN) am Duodenum.

Der Rohproteinfluss am proximalen Duodenum überstieg in allen vier Varianten die aufgenommene XP-Menge um 25 % - 37 % (Tabellen 5 u. 6). Die Ration mit Silage A wies dabei mit 137 % der Aufnahme an Rohprotein den höchsten Wert auf, gefolgt von Hybride B mit 131 % der XP-Aufnahme. Bei den Rationen mit Maissilage aus den Hybriden D und C überstiegen die XP-Flüsse am Duodenum die aufgenommene Rohproteinmenge dagegen nur um 26 % und um 25 %. In Versuchen wie den vorliegenden, in denen keine extrem zusammengesetzten Rationen verfüttert wurden, kann für die Anteile an NH₃-N am Gesamt-N im Duodenalchymus ein relativ konstanter

Tabelle 6
Angaben über den Fluss an Gesamt-N und Nichtammoniak-N (NAN) am Dünndarm

Parameter	A	B	C	D
N-Aufnahme (g/d)	358,2 ± 8,6	366,6 ± 3,0	353,3 ± 21,4	359,0 ± 11,8
N am Duodenum (g/d)	489,8 ± 24,0	480,5 ± 41,8	446,2 ± 59,7	447,7 ± 52,0
N (% der Aufnahme)	136,8 ± 6,7	131,1 ± 12,0	126,0 ± 12,1	125,0 ± 16,6
NAN am Duodenum (g/d)	464,3 ± 22,8	455,4 ± 39,7	423,0 ± 56,6	424,4 ± 49,3
NAN/ME (g/MJ)	2,64 ± 0,16	2,56 ± 0,22	2,42 ± 0,25	2,37 ± 0,30

Tabelle 7

Anteil des mikrobiellen Stickstoffs (MN) am Nicht-Ammoniak-Stickstoff (NAN) und Effizienz der mikrobiellen Protein-N-Synthese bei den fistulierten Milchkühen (n=4)

Maissilagen aus	A	B	C	D
MN(in % d NAN)	75,2 ± 10,1	75,5 ± 9,9	79,1 ± 9,0	79,1 ± 9,6
MN (g/d)	350,5 ± 60,7	346,1 ± 74,3	333,8 ± 53,3	336,2 ± 59,9
FOS (kg/d) ¹⁾	9,56 ± 0,94	9,79 ± 1,40	9,29 ± 0,69	8,77 ± 1,24
FOS in % der OS-Aufnahme	72,8 ± 4,4	72,5 ± 10,3	71,9 ± 6,8	67,8 ± 12,2
DOS (kg/d)	11,53 ± 1,00	11,50 ± 0,12	11,31 ± 0,80	11,10 ± 0,61
MN / ME (g/MJ) ²⁾	1,99 ± 0,31	1,95 ± 0,43	1,92 ± 0,31	2,02 ± 0,52
MN / FOS (g/kg)	36,5 ± 4,0	35,1 ± 2,3	35,8 ± 3,1	38,4 ± 4,7
MN / DOS (g/kg)	30,4 ± 4,0	30,1 ± 6,3	29,5 ± 4,5	30,6 ± 6,9
Endogener N (g/d) ³⁾	32,7 ± 2,6	33,1 ± 1,4	32,3 ± 3,0	34,5 ± 4,1
nXP (g/d) ⁴⁾	2697 ± 13	2639 ± 26	2442 ± 34	2437 ± 31

1) FOS (in den Vormägen fermentierte OS) = OS-Aufnahme - (OS am Dünndarm-Mikroben OS), wobei Mikroben OS = 11,8 * Mikroben N
 2) ME (MJ/kg T) ist Tabelle 3 zu entnehmen
 3) Endogener N = 3,6 g/kg T am Duodenum
 4) nXP = XP am Dünndarm - endogenes XP

Wert von 5,2 ± 1,8 % angenommen werden (Schafft, 1983; Engling, 1988 und Krastanova, 1993). Aus der Differenz zwischen Gesamt-N und NH₃-N konnte der Fluss an Nichtammoniak-N ermittelt werden. Der am proximalen Duodenum ermittelte Anteil an Mikrobenstickstoff am Nicht-Ammoniak-Stickstoff ist in Tabelle 7 dargestellt und liegt mit Werten zwischen 75 % und 79 % im oberen Bereich der von Lebzién und Paul (1997) für eine Vielzahl von Rationen bestimmten Werte.

Wird die mikrobielle Proteinsynthese auf die Zufuhr an verdaulicher oder an fermentierbarer organischer Substanz bezogen, so ist kein Unterschied zwischen den Rationen mit den verschiedenen Maissilagen statistisch abzuschließen. Lediglich tendenziell scheint die Ration mit der geringsten Menge an fermentierbarer organischer Substanz (Silage D) zur höchsten Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese geführt zu haben. Sie betrug, bezogen auf die FOS, bei der Silage D 38,4 g MN/kg und bei den Silagen B, A und C 35,1 g – 36,5 g MN/kg. Bei dem Parameter FOS in % der OS-Aufnahme (Tabelle 7) ließen sich zwischen den vier Maishybriden keine Differenzen statistisch absichern, jedoch war ein hochsignifikanter Tierfekt auszumachen ($p < 0,001$), der den Einfluss der Hybride deutlich überstieg.

Die am proximalen Duodenum gemessene Rohproteinmenge setzt sich aus der Summe des nutzbaren Rohproteins und des endogenen Proteins zusammen. Vergleicht man die nXP-Werte, die aus der DLG-Futterwerttabelle (1997) für die Rationen kalkuliert worden sind (Tabelle 3) mit den nXP-Werten, die im Versuch ermittelt wurden (Tabelle 7), so zeigt sich eine um 140 g (von 48 g bis 247 g) höhere nXP-Menge in vivo als zuvor eingeschätzt. Dies entspricht einer geringfügigen Unterschätzung des nutzbaren Rohproteins um durchschnittlich 5,5 %.

4 Diskussion

Die Ausgangsfrage der vorliegenden Arbeit war, ob die in sacco-Abbaubarkeit der Körner von vier verschiedenen Maishybriden, die als besonders niedrig (B und D) und als besonders hoch (A und C) einzustufen waren (Loose, 1999), auch eine Bewertung der aus diesen Hybriden hergestellten Maissilagen zulässt und ob Unterschiede bezüglich ihrer ernährungsphysiologischen Wirkung bestehen. Bei dem Vergleich zwischen der ruminalen Abbaubarkeit der Stärke aus den Silagerationen während des vorliegenden in vivo-Versuchs und dem Trockensubstanz- bzw. Stärkeabbau der frischen Körner (in sacco-Versuch, Loose, 1999) zeigte sich die gleiche Reihung der vier Maishybriden (Tabelle 8).

Die Stärke der im Versuch von Loose (1999) als besonders hoch abbaubar eingestuften Maiskörner der Hybriden A und C (64 % und 69 %, Tabelle 8) wurde im in vivo-Versuch mit Maissilagen ebenfalls ruminal höher abgebaut (81 % bzw. 80 %) als die der Hybriden B und D (78 % bzw. 77 %), deren Körner im Versuch von Loose (1999) ebenfalls geringer abgebaut wurde (58 % und 60 %, Tabelle 8). Allerdings ist bei dem vorliegenden Versuch zu berücksichtigen, dass der Mais der verschiedenen Genotypen zur Silierung an unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet wurde, um eine vergleichbare Abreife zu gewährleisten. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Korntrockenmasse ergaben sich in der Untersuchung von Etle (2001) mit silierten Körnern fast gleiche in sacco-Abbauwerte für alle vier Genotypen (88 bis 90 %) bei einer Passagerate von $k = 8$ %/h. Die in sacco ermittelten Stärke-Abbauwerte der frischen Körner (Loose, 1999, Tabelle 8) zeigten mit einer Korrelation von $r = 0,82$ einen engen Zusammenhang zum in vivo Abbau der Stärke, während der T-Abbau der silierten Körner

Tabelle 8

Vergleich von in sacco Abbau der Körner (Loose 1999, Ettle 2001) und in vivo-Abbau von Stärke aus den vier Maishybriden (in %)

Hybride	In sacco-Abbau der frischen Körner (Loose 1999)		In sacco-Abbau der silierten Körner*** (Ettle 2001)		In vivo-Stärkeabbau* in (%)	
	Effektiver Abbau k=8%/h (in %)					
	T	Stärke	T	Stärke	Ration	Maissilage
A	65	64	89	-	81	99**
B	55	58	88	-	76	90**
C	78	69	89	-	80	98**
D	60	60	90	-	77	88**

* (Grundfutter:-Kraftfuttermittelverhältnis von 44 : 56, Milchleistung >15 kg/d entspricht einer Passagerate k=8%/h (AFRC 1993))
 ** geschätzt unter der Annahme von Literaturwerten für die Kraftfuttermittelkomponenten
 *** korrigiert auf gleichen T-Gehalt der Maiskörner bei der Ernte

(Ettle et al., 2001) zwar hinsichtlich der absoluten Höhe des ruminalen Stärkeabbaus vergleichbar mit dem in vivo Abbau war, jedoch keine stärkere Differenzierung zwischen den Genotypen erkennen liess. Die Erwartung, dass die in sacco-Abbauwerte für die silierten Körner mit dem in vivo-Abbau vollständig übereinstimmen, wurde somit nicht erfüllt, während sich die Reihung des in sacco-Abbaus der frischen Körner (Loose, 1999) mit der bei den Maissilagen im in vivo-Versuch besser vergleichen liess. Baron et al. (1986) und Phillipeau und Michalet-Doreau (1998) beobachteten, dass die Silierung zu einer teilweisen Auflösung der Proteinmatrix des Endosperms im Mais Korn führt, wodurch die Stärke für die Mikroorganismen besser angreifbar wird, was den höheren Abbauwerten bei Ettle et al. (2001) gegenüber denen bei Loose (1999) entspricht. Allerdings könnte auch die Stärke der einzelnen Hybriden unterschiedlich durch die Silierung beeinflusst werden, wodurch die Reihung bezüglich ihrer Abbaubarkeit beeinflusst wird. Zudem wurde bei Ettle et al. (2001) nur die Körnerfraktion modellhaft in Weckgläsern einsiliert, während für den vorliegenden Versuch eine Silierung gehäckselter Ganzpflanzen in Big Bags erfolgte. Die Hybriden A und C mit dem höchsten Stärkeabbau wiesen mit 59,4 % und 57,3 % auch den gegenüber Hybride B mit 52,9 % und Hybride D mit 54,8 % höheren Kolbenanteil auf.

Greife et al. (1984), Krastanova (1993), Stern und Bach (1997), Jochmann (1998) und Loose (1999) zeigten, dass aus der in sacco-Abbaubarkeit der einzelnen Nährstoffe nur eingeschränkt Aussagen über den ernährungsphysiologischen Wert der Futtermittel abgeleitet werden können. Die Ursachen liegen in einer fehlenden ruminalen Durchmischung bzw. unberücksichtigten Kau- und Wiederkauaktivität bei der in sacco-Methode oder bei einer mangelhaften Adaptation der Mikrobenpopulation an die inkubierten Futtermittel, da die Mikroben vor allem an die ver-

fütterten Rationen angepasst sind. Aus diesen Gründen kann die in sacco ermittelte ruminale Abbaubarkeit je nach Versuchsbedingungen nur begrenzte Informationen über den Futterwert von Futtermitteln liefern.

In den vorliegenden Versuchen deutet lediglich die geringere ruminale Verdaulichkeit der T und der Gerüstsubstanzen (Tabelle 5) bei Hybride D auf einen geringeren Energiegehalt hin und läßt geringere Futteraufnahmen erwarten. In den vergleichenden Fütterungsversuchen mit Milchkühen konnte dieser Zusammenhang bestätigt werden (Ettle et al., 2002). In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen beschrieben auch Sutton et al. (2000) unter vergleichbaren Versuchsbedingungen wie in vorliegender Arbeit einen sinkenden ruminalen NDF-Abbau bei steigendem Stärkegehalt in der verfütterten Maissilage. Die Silage B mit dem höchsten NDF-Abbau (47 % - Tabelle 5) enthielt mit 36 % in der T die geringste Menge an Stärke (Tabelle 1), wohingegen Silage D mit einem NDF-Abbau von nur 32 % mit 39 % in der T den höchsten Stärkegehalt aufwies. Dies kann vor allem durch die mit zunehmender Ausreifung abnehmende NDF-Abbaubarkeit bei gleichzeitig zunehmendem Stärkegehalt erklärt werden und weniger durch den Einfluss der Stärkemenge auf die Pansenfermentation, da die zugeführte Stärkemenge in allen vier Varianten nahezu identisch war (Tabelle 2). Auch bezüglich des ruminalen Abbaus von Trockensubstanz, organischer Substanz und ADL bestanden zwischen den Silagen B und D statistisch zu sichernde Unterschiede, während die Unterschiede zwischen den übrigen Hybriden statistisch nicht abgesichert werden konnten (Tabelle 5).

Hinsichtlich des Nichtammoniak-N und des Mikrobenproteins am Duodenum konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Maishybriden ermittelt werden. Ebenso differierten die pansenphysiologischen Parametern (flüchtige Fettsäuren, pH-Wert und NH₃-N-

Konzentrationen) zwischen den vier Maissilagehybriden nicht deutlich.

Zusammenfassend lässt sich herausstellen, dass die Maissilage D mit den geringsten Gehalten an Zellwandbestandteilen und dem höchsten Stärkegehalt in vivo die geringste ruminale Verdaulichkeit der organischen Substanz aufwies, während die anderen Silagen sich kaum unterschieden. Dies deutet darauf hin, dass die ruminale Verdaulichkeit der organischen Substanz weniger durch den Gehalt an Inhaltsstoffen als durch die Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile bestimmt wird. Letzteres konnte jedoch weder mit dem Erntezeitpunkt oder dem T-Gehalt während der Ernte noch mit dem Kolbenanteil an der Gesamtpflanze in Beziehung gebracht werden.

Literatur

- AFRC Technical committee on Response to Nutrients (1993) Energy and Protein requirements of ruminants. Wallingford, UK : CABI
- Baron VS, Stevenson KR, Buchanan-Smith JG (1986) Proteolysis and fermentation of corn-grain ensiled at several moisture levels simulated storage methods. *Can J Anim Sci* 66: 451-461
- Bergner H, Hoffmann L (1996) Bioenergetik und Stoffproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere; Kap 3: Bioenergetik des intermediären Nährstoffumsatzes. Chur : Harwood Academic Publ, pp 51-188
- DLG- Futterwerttabellen für Wiederkäuer (1997) 7. erw und neugest Auf, Frankfurt aM : DLG
- Engling FP (1988) Überprüfung verschiedener Gärfutter unter ernährungsphysiologischen Aspekten: ein Beitrag zur Erweiterung der Basis wirtschaftseigener Futtermittel in der Milchviehfütterung. Diss, Univ Göttingen
- Ettle T (2001) Vergleichende Untersuchungen zur Protein- und Stärkebewertung in der Milchviehfütterung. Diss, Techn Univ München
- Ettle T, Lebzien P, Flachowsky G, Schwarz FJ (2001) Effect of harvest date and variety on ruminal degradability of ensiled maize grains in dairy cows. *Arch Anim Nutr* 55: 69-84
- Ettle T, Schwarz FJ, Lebzien P, Flachowsky G (2002) Futterwert von Maissilagen aus unterschiedlichen Hybriden und ihr Einfluss auf Leistungskriterien von Milchkühen. *Landbauforsch Völknerode* 3: 157-165
- Flachowsky G, Baldeweg P, Schein G (1992) A note on the in sacco dry matter degradability of variously processed maize grains and of different maize varieties in sheep. *Anim Feed Sci Technol* 39: 173-181
- Geissler C, Hoffmann M, Hickel B (1976) Ein Beitrag zur gaschromatischen Bestimmung flüchtiger Fettsäuren. *Arch Tierern* 26: 123-129
- Goering HJ, Van Soest PJ (1970) Forage fibre analysis (Apparatus, Reagents, Procedure and some Applications). *Agr Handbook* 379, Washington : Agr Res Service
- Greife HA, Rooke JA, Armstrong DG (1984) Vergleichende Untersuchungen- in vivo / in sacco - zur Abbaubarkeit des Futterproteins im Pansen. *Landwirtsch Forsch* 37: 615-623
- Jochmann K (1999) Ernährungsphysiologische Untersuchungen zum Einfluss der Maisreife und des Einsatzes von Milchsäurebakterin bei der Herstellung von Maissilage auf die Umsetzung im Verdauungstrakt sowie auf die Milchleistung bei Wiederkäuern. Diss, Univ Jena.
- Kotarski SF, Waniska RD, Thurn KK (1992) Starch hydrolysis by ruminal microflora. *J Nutr* 122: 178-190
- Krastanova M (1993) Untersuchungen zum Einsatz von "geschütztem" Rapsschrot in der Milchviehfütterung. Diss, Univ Göttingen
- Lebzien P, Paul C (1997) Use of near-infrared reflectance spectroscopy for the estimation of the microbial portion of non-ammonia-nitrogen in the duodenum of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol* 68: 225-233
- Loose K (1999) Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Körnermaishybriden auf die Stärke- und Proteinumsetzung im Verdauungstrakt von Milchkühen. Diss, Tierärztl Hochschule Hannover
- Matthé A (2001) Nährstoffumsetzungen im Verdauungstrakt des Rindes nach Einsatz unterschiedlicher Mengen an Mais- und Weizenstärke. Diss, Univ Gießen
- Methodenbuch III der Lufa (1976) Vorschriften 4.1.1., 5.1.2., 6.1.4., 8.1. Darmstadt : VDLUFA
- Philippeau C, Michalet-Doreau B (1998) Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *J Dairy Sci* 81: 2178-2184
- Rohr K, Brandt M, Castrillo O, Lebzien P, Assmus G (1979) Der Einfluss eines teilweisen Ersatzes von Futterprotein durch Harnstoff auf den Stickstoff- und Aminosäurefluss am Duodenum. *Landbauforsch Völknerode* 23: 233-236
- Salomonsson AC, Theander O, Westerlund E (1984) Chemical characterisation of some swedish cereal whole meal and bran fractions. *Swedish J Agric Res* 14: 111-117
- SAS Institute Inc (1988) SAS/STAT User's Guide Release 6.03 Edition. Cary NC : SAS Inst Inc
- Satter LD, Roffler RE (1975) Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J Dairy Sci* 58: 1219-1237
- Schaft H (1983) Untersuchung zur Quantifizierung des Abbaus von Futterprotein in den Vormägen von Milchkühen. Diss, Fachbereich Agrarwiss, Univ Göttingen
- Schwarz FJ, Ettle T (2000) Erntezeitpunkt, Sorte und deren Einfluss auf Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit und in situ-Abbaubarkeit der Stärke von Silomais. *Landbauforsch Völknerode* 217: 102-115
- Stern MD, Bach A (1997) Alternative Techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J Anim Sci* 75: 2256-2276
- Sutton JD, Cammell SB, Phipps RH, Beever DE, Humphries DJ (2000) The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows; 2. ruminal and post-ruminal digestion. *Anim Sci* 71: 391-400
- Voigt J, Steeger H (1967) Zur quantitativen Bestimmung von Ammoniak, Harnstoff und Ketonkörper in biologischem Material mit Hilfe modifizierten Mikrodifusionsgefäßen. *Arch Anim Nutr* 17: 289-293