



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

DMK-Tagung Futterkonservierung und Fütterung

**Tagung des Ausschusses Futterkonservierung und
Fütterung im Deutschen Maiskomitee e.V. (DMK)
am 05./06. April 2016 an der LfL in Grub**



Schriftenreihe

6

2016

ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwächter-Platz 3, 85586 Poing
E-Mail: Tierernaehrung@LfL.bayern.de
Telefon: 089 99141-401

1. Auflage: August 2016

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 10,00 Euro

© LfL



DMK-Tagung Futterkonservierung und Fütterung

**Tagung des Ausschusses Futterkonservierung und
Fütterung im Deutschen Maiskomitee e.V. (DMK)
am 05./06. April 2016 an der LfL in Grub**

**T. Ettle, D. Straet
(Herausgeber)**

Tagungsband

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einfluss unterschiedlicher Energiekomponenten im Kraftfutter bei maisbetonter Ration auf die Leistungsparameter von Milchkühen	9
K. Mahlkow-Nerge	
Untersuchungen zum Sorteneinfluss von Silomais auf den Futterwert und auf Leistungskriterien in der Milchviehfütterung	16
T. Ettle, A. Obermaier, P. Edelmann, M. Scheidler, F. Horstmann	
Kurzschnitt, Langschnitt, SHREDLAGE – neue Trends in der Fütterung?	27
G. Döring	
Erfahrungen mit der Shredlage-Silagebereitung und Stand der Versuchsvorhaben	38
M. Pries	
Hefebesatz und aerobe Stabilität in Maissilagen in Abhängigkeit vom Lufteinfluss vor und während der Silierung	43
K. Weiß	
Behandlung von DON-belasteter Maiskornsilage mit Natriumsulfit - Auswirkungen auf den DON-Gehalt und die Futterhygiene	52
M. Schäffler	
Beifütterung von Maissilage an tragende Sauen und Ferkel – Auswirkungen auf Futteraufnahme und Leistung	57
W. Preißinger	
Untersuchungen zum Einfluss von Sorte, Erntetermin und Ernteverfahren auf den Ertrag und die Eignung von Maisstrohsilage als Substrat für die Biomethanerzeugung	65
J. Ostertag, M. Fleschhut	

Vorwort

Die Themen Futter, Fütterung und Futterkonservierung haben in Grub, dem Standort der traditionsreichen früheren Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht, eine lange und sehr erfolgreiche Tradition.

Dies trifft insbesondere für die Futterkonservierung mit der Silierung und der Heugewinnung zu. Heu erfährt aktuell in Bayern, etwa unter dem Stichwort der Heumilch, eine Renaissance. Im Forum, dem Ort der diesjährigen Tagung des Ausschusses für Futterkonservierung und Fütterung im DMK, fanden zwei große Tagungen zu dieser Thematik statt. In Achselschwang wird eine Versuchsanlage zur Heutrocknung gebaut. Die Federführung bei den geplanten Untersuchungen liegt bei dem Institut für Tierhaltung und Technik der LfL. Neben Heu wird in gut 30 Futtertrocknungen weiterhin Trockengrün als Cobs oder im Ballen in Bayern produziert. Aus Sicht der Tierernährung ein hervorragendes Futter für Rind und Schwein.

Weiterhin dominieren wird in Bayern aber auch die Silierung. Dies betrifft sowohl Gründlandaufwüchse als auch den Mais, aber auch die lange vernachlässigte Luzerne nimmt an Bedeutung zu. In Grub wurden schon vor Jahrzehnten wesentliche, weltweit beachtete Grundlagen der Futterkonservierung erarbeitet, wichtige Marksteine für die Silierung gesetzt und in die Praxis eingeführt. So ist der Einsatz biologischer Siliermittel untrennbar und unvergesslich mit den Namen Groß und Beck verbunden, die die Milchsäurebakterien zur Patentreife entwickelten. Der Bayerische Staat verkaufte dann das Patent an eine große Chemiefirma in Ludwigshafen. Diese nutzte es nicht, um stattdessen ihre chemischen Produkte weiter fördern zu können. Dies ist längst Geschichte. Es zeigt allerdings auch, dass Innovationen vielfach einen langen Weg zurücklegen müssen, bevor ihr Wert erkannt wird.

Sehr zügig waren hingegen die Innovationen beim Mais, so dass er heute die wichtigste Futterpflanze ist. Auch an der LfL haben Themen und Fragen rund um den Mais eine große Bedeutung. Dies beginnt mit agronomischen Fragen zu Anbau und Sorte und endet bei Fütterung und Produktqualität. Die Zusammenarbeit mit dem DMK ist der LfL dabei stets wichtig gewesen und wird es auch weiterhin bleiben. Dies zeigt sich auch in personellem Engagement, so in der konkreten Facharbeit mit Vertretern aus dem Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft sowie mit Herrn Präsident Jakob Opperer im Vorstand des DMK.

Auf unserer diesjährigen Tagung wurden wie immer eine Reihe aktueller Themen angesprochen, die auch – und in diesem Jahr ganz besonders – die neuen Herausforderungen in der Nutztierhaltung tangieren. Mit dem Mais wollen wir unsere Nutztiere effizient, umweltschonend und tierwohlorientiert füttern. Maissilage für tragende Sauen oder Shredlage beim Rind sind hier interessante, noch nicht umfassend bewertbare Ansätze. Wichtig ist allerdings, dass immer das gesamte System betrachtet wird. Es sind die Bedürfnisse der Nutztiere und – für manchen vielleicht überraschend – des Landwirts zu beachten.

Fütterung von Maissilage an Sauen erfordert passende Lagerungs-, Fütterungs- und Entsorgungstechniken. Shredlage mag die Strukturwirkung der Maissilage verbessern, zu beachten sind aber auch Fragen der Verdichtbarkeit und der Selektion im Trog. Diesen Herausforderungen müssen und wollen wir uns stellen. Hier hat die diesjährige Tagung erneut

wichtige Beiträge geleistet, wofür den Vortragenden unser herzlicher Dank gebührt. Wir hoffen, dass die ausführlichen schriftlichen Vortragsfassungen im Tagungsband der Vertiefung der Thematik dienlich sind, wünschen den Lesern des Heftes eine spannende Lektüre und hoffen auf eine erneut inspirierende und erfolgreiche Tagung im kommenden Jahr in Braunschweig.

Poing und Bonn, Juli 2016

H. Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

K.-H. Südekum

Vorsitzender

Ausschuss Futterkonservierung und Fütterung
Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK), Bonn

Einfluss unterschiedlicher Energiekomponenten im Kraftfutter bei maisbetonter Ration auf die Leistungsparameter von Milchkühen

K. Mahlkow-Nerge

Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Osterrönfeld

Zusammenfassung

In dem Versuch mit einer maissilage- und vor allem sehr stärkereichen, rohfaserarmeren Ration (TMR) an der Grenze einer azidotischen Belastung bewirkte der vollständige Ersatz der üblichen drei Energiekraftfutterkomponenten Trockenschnitzel, Getreide und Körnermais durch Körnermais eine Leistungssteigerung um durchschnittlich 1,1 kg ECM/Kuh und Tag. Der Leistungszuwachs war bei den Jungkühen dieser Versuchsvariante besonders stark ausgeprägt.

Die mit 4,65 kg/Kuh und Tag große Einsatzmenge an Körnermais erhöhte zudem in der Ration der Gruppe 2 auch die Menge an pansenstabiler Stärke auf ~ 2 kg/Kuh und Tag. Im Versuch gab es jedoch keine Anzeichen für eine vermehrte Ausscheidung unverdauter Stärke.

1 Einleitung

Maisstärke bietet gegenüber Stärke aus Getreide gewisse Vorteile in der Rinderfütterung. Aufgrund ihrer besonderen Struktur wird die Stärke des Körnermaises zum einen im Pansen wesentlich langsamer abgebaut als Getreidestärke, was den Stoffwechsel entlasten und größeren pH-Wert-Schwankungen im Pansen vorbeugen kann. Darüber hinaus besitzt Körnermais mit durchschnittlich 42-44 % im Vergleich zu anderen Kraftfutterkomponenten den höchsten Anteil an beständiger Stärke.

Im Dünndarm verdaute Stärke ist im Vergleich zur im Pansen fermentierten Stärke energetisch effizienter. Die Empfehlungen für die Gehalte an beständiger Stärke in Rationen für Kühe mit hoher Leistung (10.000 kg/Jahr) liegen bei 25 bis 50 g je kg TM, also bei maximal 5 % i.d.TM [1, 2]. Ein Überangebot an beständiger Stärke von mehr als 1,5-2,0 kg pro Kuh und Tag - das wären ca. 8 % i.d.TM - kann jedoch zu Verdauungsstörungen und Nährstoffverlusten führen [3], da die Verdauungskapazität beim Wiederkäuer eingeschränkt ist.

In der Praxis werden zunehmend auch sehr maissilage- und damit stärkereiche Rationen gefüttert, deren Kraftfutter auf der Seite der vordergründigen Energieträger ausschließlich auf Körnermais basiert. Damit werden dann Mengen an dünndarmverfügbarer Stärke von z.T. mehr als 2 kg/Kuh und Tag erreicht.

2 Material und Methoden

In einem 2015 durchgeführten 87tägigen Fütterungsversuch im Lehr- und Versuchszentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Futterkamp wurde eine Milchkuhration, die derart reich an pansenstabiler Stärke war, im Vergleich zu einer eher praxisüblichen Ration mit verschiedenen Energieträgern wie Trockenschnitzeln, Getreide und etwas Körnermais geprüft.

Die Tiere (Tabelle 1) beider Gruppen erhielten eine betriebsübliche maisbetonte TMR mit 42,8 % Maissilage, 16,7 % Grassilage sowie 2,4 % Stroh und 38,1 % einer Kraftfuttermischung (inkl. Mineralisierung) (auf TM bezogen). Letztere unterschied sich für beide Tiergruppen in der Zusammensetzung (Tabelle 2).

Als Eiweißkomponente kam für beide Versuchsvarianten gleichermaßen vor allem Raps-extraktionsschrot zum Einsatz.

Als Energiekomponenten wurden im Kraftfutter für die Versuchsgruppe 1 hauptsächlich Trockenschnitzel und ferner Roggen sowie Körnermais gewählt.

Im Gegensatz dazu bestand das Kraftfutter der Gruppe 2 seitens der Energiekomponenten ausschließlich aus Körnermais.

Tab. 1: Charakterisierung der ausgewerteten Versuchstiere

Merkmal	Versuchsgruppe 1		Versuchsgruppe 2	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
Tierzahl / davon Erstkalbskühe	36 / 13		36 / 13	
Laktationsnummer	2,17	1,32	2,22	1,29
Laktationstag zu Versuchsbeginn	118		127	
letzte Milchkontrolle vor Versuchsbeginn:				
Milch kg	39,2	8,37	39,0	7,60
Fett %	3,83	0,50	3,87	0,56
Eiweiß %	3,36	0,29	3,36	0,31
ECM kg	38,3	8,42	38,1	7,16
Vorlaktation: Milch kg	10.404	1.489	10.420	1.655
Fett %	3,83	0,34	3,87	0,36
Eiweiß %	3,33	0,17	3,25	0,20
ECM kg/Melktag	28,1	4,06	28,7	5,45
Gewicht, kg (Versuchsbeginn: Ø 1.-7. Versuchstag)	693	65,6	696	65,9

Tab. 2: Zusammensetzung, analysierte (nasschemische Untersuchung) Nährstoff- und berechnete Energiegehalte der während des Versuches verfütterten Kraftfuttermischungen

	Einheit	Kraftfutter VG 1	Kraftfutter VG 2, Körnermais
Rapsextraktionsschrot	% d.FM	42,6	42,4
Sojaextraktionsschrot, 42 % XP	% d.FM	5,6	5,6
Trockenschnitzel	% d.FM	23,5	
Roggen	% d.FM	12,5	
Mais	% d.FM	11,2	46,8
Melasse	% d.FM	2,0	2,0
Vitamin Vormischungen	% d.FM	0,5	0,5
Kalziumcarbonat	% d.FM	1,0	1,6
Natriumchlorid	% d.FM	0,4	0,4
Harnstoff	% d.FM	0,7	0,7
Summe	% d.FM	100	100
Nährstoffgehalte (in der Trockenmasse)			
XP	%	25,5	26,6
nXP	g/kg	206	213
RNB	g/kg	7,8	8,5
ME	MJ/kg	12,60	13,10
NEL	MJ/kg	7,91	8,16
Gb	ml/200 mg	56,8	56,7
XF	%	11,1	7,3
ADF	%	16,7	11,3
NDF	%	25,4	18,4
Zucker	%	10,4	7,3
Stärke	%	25,4	38,2
Beständigkeit der Stärke	%	25	44
XL	%	28	39

Die im Versuch gefütterte Grassilage wies eine gute Futterqualität und nahezu deckungsgleiche Nährstoffgehalte (mittels nasschemischer Futtermittelanalyse) auf, wie zu Versuchsbeginn (Futtermittelanalyse erfolgte mittels NIRS) analysiert.

Die Maissilage hingegen erwies sich in der nasschemischen Untersuchung als deutlich stärkereicher und rohfaserärmer als in der NIRS-Untersuchung zu Versuchsbeginn. Dieses bedingte dann auch den sehr hohen Stärkegehalt und niedrigen Rohfasergehalt beider Futterrationen (Tabelle 3).

Tab. 3: Eckparameter der vorgelegten Futterrationen (TMR, basierend auf den Analysen der während der Versuchsdauer regelmäßig beprobten Silagen und der Kraftfuttermischung)

Parameter	Einheit	Variante 1	Variante 2, Körnermais
Energie	MJ NEL/kg TM	7,3	7,4
XP	% der TM	16,0	16,5
nXP	g/kg TM	164	167
UDP	% des XP	27,1	29,1
RNB	g/kg TM	-0,6	-0,3
XF	% der TM	16,0	14,5
Strukturwirksame XF	% der TM	10,6	10,6
ADF	% der TM	20,5	18,4
NDF	% der TM	33,5	30,8
NFC	% der TM	40,8	42,9
Zucker + Stärke	% der TM	32,7	36,5
beständige Stärke	% der TM	5,2	9,3
Zucker + pansenabbaubare Stärke	% der TM	27,5	27,2
Fett	% der TM	3,1	3,5

Zur Datenerhebung zählten die tägliche tierindividuelle Futter-, Wasseraufnahme, Milchmenge und das Gewicht sowie wöchentlich die Milchinhaltsstoffbestimmung, darüber hinaus dreimal während des Versuchszeitraumes die Beurteilung der Körperkondition und am Versuchsende die Analyse von Stoffwechselfparametern der Versuchskühe.

Die statistische Auswertung erfolgte in der Universität Kiel mit dem Programmpaket SAS.

3 Ergebnisse und Diskussion

Während der Versuchsdauer wurden die gefütterten Rationen beider Versuchsgruppen wöchentlich beprobt und am Versuchsende hinsichtlich der wesentlichen Nährstoffe Rohprotein, Rohfaser und Stärke analysiert. Dabei zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung dieser Analyseergebnisse (mittels nasschemischer Untersuchung) mit den berechneten Gehalten in den Rationen anhand der analysierten Werte der eingesetzten Futtermittel (Tabelle 4). Das unterstrich die sehr hohe Stärkeversorgung in diesem Versuch, besonders aber der Kühe der Versuchsgruppe 2, die als Energiekomponente im Kraftfutter ausschließlich Körnermais erhielten.

Tab. 4: *Analysierte und berechnete Gehalte an Rohprotein, Rohfaser und Stärke in beiden TMR*

Merkmal und Einheit	TMR Variante 1		TMR Variante 2, Körnermais	
	Analyse der TMR-Probe	Berechnung	Analyse der TMR-Probe	Berechnung
XP, % d. TM	16,0	15,6	16,5	16,3
XF, % d. TM	16,0	14,9	14,5	14,1
Stärke, % d. TM	28,3	28,8	33,2	33,5

Trotz dieser Unterschiede im Stärkegehalt beider Rationen war der Gehalt an Zucker+pansenabbaubarer Stärke wiederum in beiden Versuchsrationen mit 27,5 (Ration Gruppe 1) bzw. 27,2 % i.d.TM (Ration Gruppe) nahezu identisch.

Futteraufnahme und Leistungen der Tiere

Die Tiere der Körnermais-Variante 2 gaben im Durchschnitt täglich signifikant 2,8 kg mehr Milch als die Tiere der Variante 1 (Tabelle 5).

Tab. 5: *Futteraufnahme und Leistungsdaten (Least square means, LSM)*

Kennwert	Einheit	Variante 1	Variante 2, Körnermais	Standardfehler	F-Test
Futteraufnahme	kg TM/Tier und Tag	22,0	22,5	0,32	0,1044
Wasseraufnahme	l/Tier und Tag	79,5	79,2	1,81	0,8713
Milchmenge	kg/Tier und Tag	34,7	37,5	1,10	0,0134
Fettgehalt	%	3,73	3,53	0,12	0,0981
Eiweißgehalt	%	3,54	3,42	0,06	0,0295
ECM	kg/Tier und Tag	33,9	35,0	0,80	0,1682

Unter Berücksichtigung der geringeren Milchhaltsstoffe Fett und Eiweiß bei den Kühen der Gruppe 2 verringerte sich dieser Unterschied bei der Menge an energiekorrigierter Milch auf 1,1 kg.

Die Laktose- und Harnstoffgehalte waren mit 4,81 % (Variante 1) bzw. 4,79 % (Variante 2) und 214 (Variante 1) bzw. 217 mg/kg Milch (Variante 2) fast identisch. Auch die Zellzahl bewegte sich mit 126.000 bzw. 93.000 Zellen/ml Milch (arithmetisches Mittel) auf einem ähnlichen Niveau. Identisch waren ebenfalls die Körperkondition mit 3,26 BCS-Noten in beiden Gruppen sowie das Gewicht mit durchschnittlich 710 kg in Gruppe 1 bzw. 706 kg in Gruppe 2.

Auffallend war die unterschiedliche Entwicklung der Milchleistung im Versuchsverlauf (Abbildung 1).

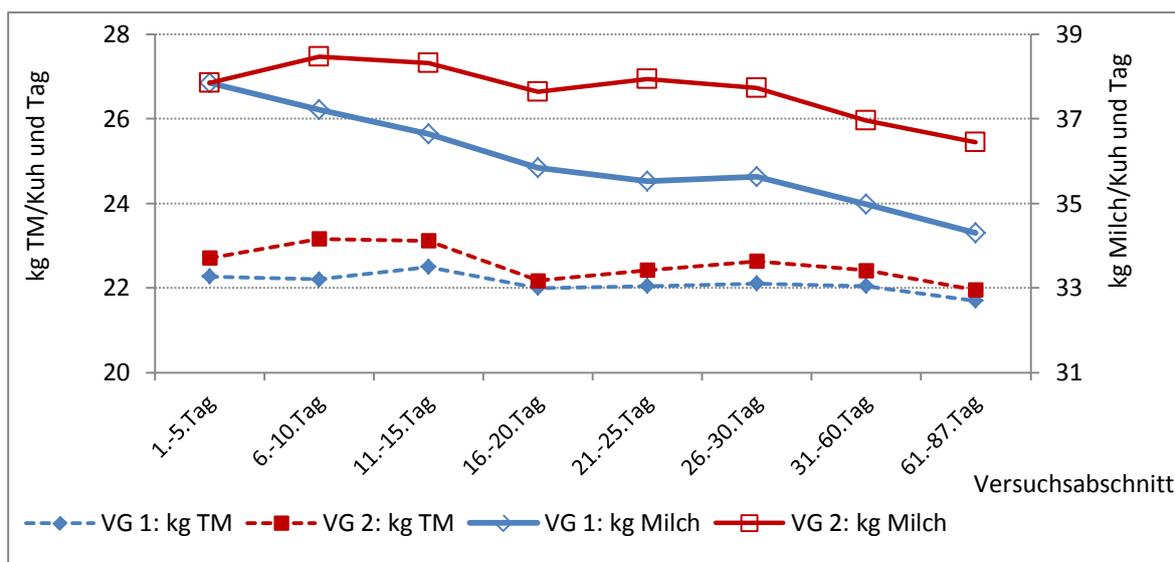


Abb. 1: Milchmenge und Futteraufnahme im Versuchsverlauf

Eine getrennte Auswertung nach Jung- und älteren Kühen zeigte bei den Kühen in der 1. Laktation deutlich größere Unterschiede zwischen beiden Versuchsvarianten. So reagierten die Jungkühe der Versuchsgruppe 2 auf die große Menge an Körnermais mit einer signifikant um 1,1 kg TM höheren Futteraufnahme und einer um 3,0 kg signifikant höheren energiekorrigierten Milchmenge. Bei den Mehrkalbskühen waren diese Unterschiede weniger deutlich ausgeprägt und nicht statistisch abzusichern.

4 Schlussfolgerungen

Im vorgestellten Fütterungsversuch wurde der Frage nachgegangen, ob sich Körnermais als alleiniges „Energiekraftfutter“ in einer maissilagereichen Grobfuttermischung für die bedarfsgerechte Versorgung von Milchkühen eignet. Im Vergleich dazu erhielten die Kühe der anderen Versuchsvariante mit Trockenschnitzeln, Getreide und etwas Körnermais drei Energieträger mit unterschiedlichen Abbaueigenschaften im Pansen und einer gewissen Menge an pansenstabiler Energie. Diese Vergleichsfütterung folgte der allgemeinen Beratungsempfehlung.

Bedingt durch die sehr stärkereiche und rohfasearme Maissilage lagen die Gehalte an Strukturkohlenhydraten und leicht verdaulichen Kohlenhydraten in dieser maissilagereichen Ration absolut im Grenzbereich der Anforderungen an eine wiederkäuergerechte Fütterung. Das zeigte sich auch anhand verschiedener Merkmale, wie einem niedrigen Milchfettgehalt, einem Fett: Eiweiß-Quotienten nahe 1,0, einem niedrigen pH-Wert im Harn der Tiere und einer niedrigen Netto-Säure-Basen-Ausscheidung. Das galt für beide Tiergruppen nahezu gleichermaßen und ist durch den ähnlich niedrigen Rohfasergehalt (16,0 bzw. 14,5 % XF i.d.TM) und den nahezu identisch hohen Gehalt an Zucker+pansenverfügbarer Stärke (27,5 bzw. 27,2 % i.d.TM) beider Rationen erklärbar.

Die mit 4,65 kg/Kuh und Tag zusätzlich große Einsatzmenge an Körnermais erhöhte zudem in der Versuchsration der Gruppe 2 auch die Menge an pansenstabiler Stärke, die mit mehr als 2 kg/Kuh und Tag oberhalb der allgemein empfohlenen Menge lag. Derartig große Mengen könnten nach Literaturangaben die Dünndarmkapazität übersteigen und zu Verdauungsstörungen und Nährstoffverlusten führen.

In diesem Versuch gab es aber keine Anzeichen dafür, dass vermehrt unverdaute Stärke von den Tieren wieder ausgeschieden wurde.

Davon abgesehen, führte der Einsatz von Körnermais als alleiniger Energiekomponente im Kraftfutter (neben den Eiweißträgern Raps- und etwas Sojaextraktionsschrot) zu einer um 1,1 kg ECM höheren Milchleistung. Diese war vor allem durch die Milchleistungssteigerung bei den Jungkühen bedingt, die im Durchschnitt des Versuches 3,0 kg mehr ECM/Kuh und Tag erreichten, als ihre Vergleichstiere der Variante 1.

Bei der Interpretation dieser Versuchsergebnisse sollte einmal mehr betont werden, dass sich diese lediglich auf die hier genannten Bedingungen, allen voran das Futtermittelsystem TMR, beziehen. Dennoch lassen diese Beobachtungen, auch im Zusammenhang mit anderen Versuchsergebnissen [4], vermuten, dass bei Kühen die Verdauungskapazität für dünn darm verfügbare Stärke umfangreicher ist als 1,5 kg am Tag. Damit ließen sich durchaus große Mengen an Körnermais in Futterrationen für hochleistende Kühe einsetzen.

5 Literaturverzeichnis

- [1] DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (2008): Stärkebeständigkeit für silierte Maisprodukte, Ergänzung zur Broschüre „Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh“, DLG-Information 2/2001
- [2] DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (2001): DLG-Information 2/2001 „Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh“, DLG, Frankfurt
- [3] Flachowsky, G., Loose, K., Lebzien, P., Matthé, A., Gollnisch, K., Daenicke, R. (2000): Zur Bereitstellung von Maisprodukten als Stärkequellen für Milchkühe; in: Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 217 „Zum Futterwert von Mais“; 71 – 85
- [4] Engelhard, T., Helm, L., Riemann, E., Andert, G., Meyer, A. (2009): Versuchsbericht: Vergleich unterschiedlicher Stärketräger – Fütterung von Totalen Mischrationen mit hohen Anteilen an getrocknetem oder feucht konserviertem Maisschrot

Untersuchungen zum Sorteneinfluss von Silomais auf den Futterwert und auf Leistungskriterien in der Milchviehfütterung

T. Ettle¹, A. Obermaier¹, P. Edelmann¹, M. Scheidler¹, F. Horstmann²

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft Grub und LVFZ Achselschwang

² Syngenta Agro GmbH

Zusammenfassung

In der BRD werden stärkereiche Silomaisorten in der Milchviehfütterung bevorzugt. Bei hoher Restpflanzenverdaulichkeit könnten restpflanzenbetonte Sorten einen vergleichbaren Energiegehalt aufweisen, mit gleichem Erfolg in der Milchviehfütterung eingesetzt werden und dabei zu einer Minderung von hohen Stärkegehalten in Milchviehrationen führen. Vor diesem Hintergrund sollte vorliegender Versuch klären, ob sich beim vergleichenden Einsatz einer stärkerbetonten Maissilage (Sorte SY Multipass) und einer Maissilage mit hoher Restpflanzenverdaulichkeit (Sorte SY Altitude) Effekte auf Futteraufnahme und Milchleistungskriterien bei hochleistenden Fleckvieh- und Brown Swiss-Kühen ergeben.

Für die Untersuchungen wurde auf einer Fläche des Lehr-, Versuch- und Fachzentrums Achselschwang der LfL Bayern Mais der Sorten SY Multipass, SY Altitude und SY Kardona unter vergleichbaren Bedingungen angesät. Die kolbenbetonte Sorte SY Multipass und die restpflanzenbetonte Sorte SY Altitude waren für den späteren Milchviehfütterungsversuch vorgesehen, im Falle einer sortenuntypischen Abreife einer dieser beiden Sorten war SY Kardona als möglicher Ersatz vorgesehen. Der Bestand entwickelte sich bei allen Sorten dem Standort gemäß typisch.

Von allen Sorten wurden im Reifeverlauf Pflanzen aus dem stehenden Bestand gezogen, in Kolben und Restpflanze aufgeteilt, getrennt verwogen, getrocknet und einer chemischen Analyse unterzogen. Die Silierung erfolgte in Schlauchsilos ohne Zusatz von Silierhilfsmitteln. Mit den Silagen der Sorten SY Multipass und SY Altitude wurde nach knapp neunwöchiger Silierdauer ein Fütterungsversuch mit 48 Fleckvieh- und Brown Swiss-Kühen über eine Zeitdauer von 12 Wochen hinweg durchgeführt. Alle Kühe wurden über Totale Mischrationen auf Basis Maissilage, Grassilage, Heu/Stroh und Kraftfutter versorgt, die bei einer unterstellten täglichen Futteraufnahme von knapp 23 kg TM/Tier auf eine Milchleistung von 35 kg Milch/Tier und Tag ausgelegt war. Die TMR unterschieden sich lediglich durch die eingesetzte Sorte Maissilage (SY Multipass/SY Altitude), der Anteil an Maissilage an der Ration wurde mit knapp 40 % der TM bewusst hoch gewählt. Die beiden TMR wurden einmal täglich mit einem Futtermischwagen erstellt und vorgelegt. Die Futteraufnahme wurde täglich tierindividuell über Wiegetröge erfasst. Milchproben wurden einmal wöchentlich von einem gesamten Tagesgemelk gezogen und auf die Inhaltsstoffe hin analysiert. Die Gewichte der Tiere sowie der BCS und die Rückenfettdicke wurden zu Versuchsbeginn, -mitte und -ende erfasst. Darüber hinaus wurde an den Maissilagen die Verdaulichkeit am Hammel überprüft.

SY Multipass zeichnete sich gegenüber SY Altitude durch einen höheren Kolbenanteil und leicht erhöhte Stärkegehalte aus. SY Altitude ist durch höhere Fasergehalte bei höhe-

rer Verdaulichkeit der Restpflanze (ELOS-Gehalte der Restpflanze) charakterisiert. In der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Rohfaser beim Hammel zeigten sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Maissilagen, was in vergleichbaren Energiegehalten resultierte. Im Milchviehfütterungsversuch ergaben sich bei höherer Aufnahme an Faser (XF, aNDFom) in der Gruppe Altitude keine Effekte auf die Futtermittelaufnahme und Leistungskriterien. Daraus lässt sich schließen, dass mögliche negative Effekte von erhöhten Rohfasergehalten auf den Energiegehalt von Maissilage durch eine verbesserte Verdaulichkeit der Restpflanze kompensiert werden können.

1 Einleitung

In der BRD werden stärkereiche Silomaissorten in der Milchviehfütterung bevorzugt. Bei hoher Restpflanzenverdaulichkeit könnten restpflanzenbetonte Sorten einen vergleichbaren Energiegehalt aufweisen, mit gleichem Erfolg in der Milchviehfütterung eingesetzt werden und dabei zu einer Minderung von hohen Stärkegehalten in Milchviehrationen führen. Vor diesem Hintergrund sollte vorliegender Versuch klären, ob sich beim vergleichenden Einsatz einer stärkebetonten Maissilage (Sorte SY Multipass) und einer Maissilage mit hoher Restpflanzenverdaulichkeit (Sorte SY Altitude) Effekte auf Futtermittelaufnahme und Milchleistungskriterien bei hochleistenden Fleckvieh- und Brown Swiss-Kühen ergeben.

2 Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurde am 22.04.2014 auf einer Fläche des Lehr-, Versuch- und Fachzentrums Achselschwang der LfL Bayern Mais der Sorten SY Multipass, SY Altitude und SY Kardona unter vergleichbaren Bedingungen angesät. Die kolbenbetonte Sorte SY Multipass und die restpflanzenbetonte Sorte SY Altitude waren für den späteren Milchviehfütterungsversuch vorgesehen, im Falle einer sortenuntypischen Abreife dieser beiden Sorten war SY Kardona als möglicher Ersatz vorgesehen.

Am 09.09., 17.09., 24.09., und 06.10.2014 wurden von allen Sorten Proben für die Ermittlung der TM-Gehalte der Fraktionen Kolben und Restpflanze sowie zur Berechnung des Kolbenanteils gezogen. Dazu wurden je Sorte an 3 definierten, gleichmäßig über das Feld verteilten Stellen insgesamt 10 Pflanzen je Sorte entnommen (3 Pflanzen an den Entnahmestellen 1 und 2, 4 Pflanzen an Entnahmestelle 3). Die Probenahmestellen wurden über alle Probenahmezeitpunkte beibehalten (anschließende Stelle in der entsprechenden Reihe). Die Proben wurden separat nach Entnahmestelle und Sorte in die Fraktionen Kolben und Restpflanze (inkl. Lieschblätter) getrennt, im Anschluss wurden die einzelnen Fraktionen verwogen. Die Restpflanzen wurden im Probenhäcksler gehäckselt, die Kolben wurden mit einem Messer grob zerkleinert. Anschließend wurden die Fraktionen bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und rückverwogen. Aus den Gewichten der Fraktionen vor und nach der Trocknung wurden die TM-Gehalte der Einzelfraktionen und der jeweilige Kolbenanteil an der TM errechnet. Zur näheren Charakterisierung der später im Milchviehfütterungsversuch eingesetzten Sorten Multipass und SY Altitude wurden an Kolben und Restpflanze der Einzelproben (n=3/Sorte) vom 17.09., 24.09., und 06.10.2014 die Nährstoffgehalte nach VDLUFA-Methoden [1] bestimmt. Darüber hinaus wurden am Tag der Ernte (08.10.2014) von allen 3 Sorten an den definierten Probenahmepunkten jeweils 10 Kolben entnommen. Diese wurden verwogen, in die Fraktionen Korn und Spindel aufge-

teilt und nochmals fraktioniert verwogen. Nach Trocknung und Rückverwiegung wurden aus den Gewichten und den TM-Gehalten die Kornanteile am Kolben errechnet.

Die Ernte und Silierung erfolgte am 08.10.2014. Die eingestellte Schnitthöhe betrug 25 cm, die theoretische Häcksellänge 8 mm. Mais der Sorten SY Multipass, SY Altitude und SY Kardona wurde in Schlauchsilos von etwa 15 m Länge einsiliert, es erfolgte keine Zugabe von Silierhilfsmitteln. Vom gehäckselten Grünmais wurden je Sorte 3 repräsentative Mischproben entnommen, an denen der TM-Gehalt und die Rohnährstoffgehalte [1] bestimmt wurden.

Mit den Silagen der Sorten SY Multipass und SY Altitude wurde nach knapp neunwöchiger Silierdauer ein Fütterungsversuch mit 48 Fleckvieh- und Brown Swiss-Kühen über eine Zeitdauer von 12 Wochen hinweg durchgeführt. Auf Basis von Daten (Rasse, Laktation, Laktationsstand, Futteraufnahme, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe) aus einem 2-wöchigen Vorversuch wurden die Kühe gleichmäßig auf die Gruppen „Multipass“ und „Altitude“ aufgeteilt. In jeder Gruppe waren 6 Brown Swiss- und 18 Fleckviehkühe vertreten. In jeder Gruppe befanden sich 3 Erstlingskühe, im Mittel befanden sich die Tiere zu Versuchsbeginn am 110. Laktationstag der 3. Laktation.

Beide Versuchsgruppen wurden über Totale Mischrationen auf Basis Maissilage, Grassilage, Heu/Stroh und Kraftfutter versorgt (Tabelle 1), die bei einer unterstellten täglichen Futteraufnahme von knapp 23 kg TM/Tier auf eine Milchleistung von 35 kg Milch/Tier und Tag ausgelegt war. Die TMR unterschieden sich lediglich durch die eingesetzte Sorte Maissilage (SY Multipass/SY Altitude), der Anteil an Maissilage an der Ration wurde mit knapp 40 % der TM bewusst hoch gewählt. Die beiden TMR wurden einmal täglich mit einem Futtermischwagen erstellt und vorgelegt.

Tab. 1: Zusammensetzung der TMR und kalkulierte Nährstoff- und Energiegehalte

Futtermittel	kg TM/Tier, Tag	% der TM
Grassilage	5,75	25,4
Maissilage (SY Multipass oder SY Altitude)	9,00	39,7
Heu	0,50	2,21
Gerstenstroh	0,65	2,87
Kraftfutter*	6,75	29,8
Gesamt:	22,7	100
Inhaltsstoff		
NEL, MJ/kg TM		6,9
XP, g/kg TM		154
nXP, g/kg TM		154
RNB, g/kg TM		0,0
XF, g/kg TM		183
Stärke+Zucker g/kg TM		299
Pansenabbaubare KH, g/kg TM		254
Pansenstabile Stärke, g/kg TM		45
XL, g/kg TM		35
pe NDF (Grundfutter), g/kg TM		319
Strukturindex NDF		47

* 7,6 MJ NEL und 199 g nXP/kg TM

Die Kühe wurden am Lehr-, Versuch- und Fachzentrum Achselschwang der LfL Bayern in einem Laufstall (Offenfrontstall) mit Liegeboxen gehalten. Die Melkung erfolgte 2 mal täglich in einem konventionellen Melkstand.

Von den Kraft- und Grobfuttermitteln wurden monatliche Mischproben erstellt, an denen die Roh Nährstoffgehalte nach VDLUFA-Methoden [1] bestimmt wurden. Die Roh Nährstoff- und Energiegehalte der TMR wurden aus den Analysenwerten der Einzelkomponenten und den über den Mischwagen erfassten tatsächlich täglich eingewogenen Mengen errechnet. Die Futterraufnahme wurde täglich tierindividuell über Wiegetröge erfasst. Milchproben wurden einmal wöchentlich von einem gesamten Tagesgemelk gezogen und beim Milchprüfing auf die Inhaltsstoffe hin analysiert. Zu Versuchsbeginn, -mitte und -ende wurden die Gewichte der Tiere, der BCS nach einer 5-stufigen Skala [2] und die Rücken fettdicke mit einem Ultraschallgerät [3] erfasst.

Die im Fütterungsversuch eingesetzten Maissilagen und ergänzend die Maissilage SY Kardona wurden am Hammel auf die Verdaulichkeiten geprüft. Die Vorgehensweise orientierte sich an den Vorgaben der GfE [4], je Sorte wurden 5 Hammel eingesetzt. Die Energiekonzentration der Silagen wurde aus der Nährstoffkonzentration und den Verdaulichkeiten [5] errechnet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS (Varianzanalyse, Mittelwertsvergleich). Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) sind in den Tabellen mit unterschiedlichen Hochbuchstaben gekennzeichnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren TM-Gehalte von Kolben und Restpflanze sowie der Kolbenanteil stiegen im Reifeverlauf bei allen Sorten erwartungsgemäß an (Tabelle 2).

Tab. 2: *TM-Gehalte von Kolben und Restpflanze und Kolbenanteile in der TM der Sorten SY Multipass, SY Altitude und SY Kardona im Reifeverlauf (n=3 je Sorte und Erntezeitpunkt)*

Datum/Sorte	TM des Kolbens, %	TM der Restpflanze, %	Kolbenanteil, % der TM
09.09.2014			
SY Multipass	49,9	20,4 ^a	47,6
SY Altitude	46,7	19,5 ^a	47,4
SY Kardona	47,9	17,6 ^b	49,5
17.09.2014			
SY Multipass	51,5 ^b	17,3	56,1
SY Altitude	51,2 ^b	19,5	50,4
SY Kardona	54,4 ^a	18,2	53,3
24.09.2014			
SY Multipass	56,1 ^{ab}	21,6	57,9
SY Altitude	54,0 ^b	23,1	54,7
SY Kardona	57,0 ^a	21,6	52,8
06.10.2014			
SY Multipass	59,5 ^{ab}	27,2	60,1
SY Altitude	57,4 ^b	24,1	56,7
SY Kardona	60,5 ^a	23,8	57,8

SY Kardona wies zu den Ernteterminen 2 bis 4 jeweils den höchsten TM-Gehalt des Kolbens auf, wobei die Unterschiede zu SY Multipass vor allem bei den letzten Ernteterminen gering waren. Deutlich niedrigere TM-Gehalte des Kolbens ergeben sich bei SY Altitude. Die Abstufung im TM-Gehalt der Restpflanze ist zu den unterschiedlichen Ernteterminen zwischen den Sorten nicht einheitlich. Zur Ernte (bzw. 2 Tage davor) ergibt sich für SY Multipass der höchste Restpflanzen-TM-Gehalt. Der Kolbenanteil lag zu den Ernteterminen 2 bis 4 bei der Sorte SY Multipass am höchsten, zur Ernte lag er um über 3 % höher als bei SY Altitude, was allerdings nicht statistisch abzusichern ist.

Bei den am Tag der Ernte entnommenen Kolben ergab sich für SY Multipass ein höherer Kolben-TM- und Körner-TM-Gehalt als für SY Altitude und SY Kardona (Tabelle 3), was sich im Falle von SY Multipass und SY Kardona nicht ganz mit den 2 Tage vorher geernteten Kolben deckt. Der TM-Gehalt der Körner lag 3-4 % über dem TM-Gehalt des Kolbens, was den Erwartungen [6] entspricht. Der Körneranteil am entlieschten Kolben lag mit rund 87 % der TM in einem üblichen Bereich.

Tab. 3: TM-Gehalte von Kolben, Spindel und Korn am Erntetag ($n=3$ je Sorte)

	SY Multipass	SY Altitude	SY Kardona
TM-Gehalt des Kolbens, %	61,9 \pm 1,1 ^a	59,2 \pm 1,2 ^b	60,3 \pm 0,6
TM-Gehalt der Körner, %	64,9 \pm 1,3	63,6 \pm 1,2	63,3 \pm 0,5
TM-Gehalt der Spindel, %	47,6 \pm 0,8 ^a	40,7 \pm 1,9 ^c	44,7 ^b \pm 2,3
Körneranteil, % d. TM	86,7 \pm 0,6	86,7 \pm 1,0	87,9 \pm 0,7

Tab. 4: Wertbestimmende Inhaltsstoffe in Kolben und Restpflanze der Sorten SY Multipass und SY Altitude im Reifeverlauf ($n=3$ je Sorte und Erntezeitpunkt)

Sorte:	SY Mul- tipass	SY Al- titude	SY Mul- tipass	SY Alti- tude	SY Mul- tipass	SY Alti- tude
Datum:	17.09.2014		24.09.2014		06.10.2014	
Kolben+Spindel						
TM, g/kg	515	512	561	540	595	574
XF, g/kg TM	80	79	74	66	68	69
ADFom, g/kg TM	108	106	101	87	99	108
aNDFom, g/kg TM	256	255	231	203	272	444
XS, g/kg TM	551	583	590	593	602	610
XZ, g/kg TM	71	82	60	78	45	37
GB, mg/200 mg TM	66	67	65	69	61	63
ELOS, g/kg TM	798	851	786	878	823	774
Restpflanze						
TM, g/kg	173	195	216	231	272	241
XF, g/kg TM	344	329	346	336	355	327
ADFom, g/kg TM	392	373	407	394	420	407
aNDFom, g/kg TM	718	662	727	659	737	690
XS, g/kg TM	0	0	0	0	0	0
XZ, g/kg TM	94	144	79	136	67	98
GB, mg/200 mg TM	42	46	41	45	34	38
ELOS, g/kg TM	440	503	437	501	422	483

Bei den Kolben der im Fütterungsversuch eingesetzten Sorten SY Multipass und SY Altitude sanken die Faserfraktionen (XF, aNDFom, ADFom) im Reifeverlauf grundsätzlich ab (Tabelle 4), die hohen Werte bei der Sorte SY Altitude zum Erntezeitpunkt sind trotz hoher Varianz nicht erklärbar. Gut erkennbar ist die im Reifeverlauf steigende Stärkeeinlagerung bei abnehmenden Zuckergehalten. Die Stärkegehalte im Kolben lagen bei SY Altitude eher höher als bei SY Multipass. Die Gasbildung und ELOS geben die Verschiebungen der Faserfraktion und der Stärkegehalte im Reifeverlauf nur bedingt wider. In der Restpflanze stiegen die Fasergehalte im Reifeverlauf an, was sich auch in absinkenden ELOS- und Gasbildungswerten widerspiegelt. Die Fasergehalte der Restpflanze lagen bei SY Altitude niedriger als bei SY Multipass. Die höheren Gasbildungs- und ELOS-Werte bei SY Altitude spiegeln eine verbesserte Restpflanzenverdaulichkeit wider.

Im Grünmais ergaben sich für die Sorte SY Multipass etwa 3 % höhere TM-Gehalte als für die Vergleichssorten (Tabelle 5). Die XF- und ADFom-Gehalte lagen bei SY Multipass etwas niedriger als bei SY Altitude, die aNDFom unterschied sich zwischen den Gruppen kaum. Die Stärkegehalte lagen bei SY Multipass etwa 3 % höher als bei SY Altitude, die Sorte SY Kardona ordnete sich in der Mitte ein. Die Reihung und Größenordnung der Stärkegehalte bei SY Multipass und SY Altitude deckt sich weitgehend mit den aus den Kolbenanteilen und Stärkegehalten der Kolben errechenbaren Werten (362 und 346 g/kg TM).

Tab. 5: *Inhaltsstoffe im Grünmais (gehäckselt) der Sorten SY Multipass, SY Altitude und SY Kardona am Tag der Ernte und Silierung (08.10.2014; n=3 je Sorte)*

	SY Multipass	SY Altitude	SY Kardona
TM, g/kg	397	366	370
ME, MJ/kg TM	11,0	10,8	10,8
NEL, MJ/kg TM	6,7	6,5	6,5
nXP, g/kg TM	132	128	128
XP, g/kg TM	75	68	71
XF, g/kg TM	180	195	192
ADFom, g/kg TM	229	251	231
aNDFom, g/kg TM	407	398	402
XS, g/kg TM	363	330	348
XZ, g/kg TM	46	84	63
XA, g/kg TM	34	33	35
XL, g/kg TM	32	23	26
ELOS, % TM	673	682	662

Die Reihung der XF- und ADFom-Gehalt der Silagen ist dem Grünmais vergleichbar (Tabelle 6). Bei den aNDFom-Gehalten ergaben sich in der Silage bei insgesamt niedrigerem Niveau für SY Multipass niedrigere Werte als für SY Altitude, was sich nicht mit den Analysen im Grünmais deckt.

Der Stärkegehalt der Silage SY Multipass lag etwa 1 % über dem der Silage SY Altitude. Die Streuung der Einzelwerte zeigt die Unsicherheiten bei Probenahme und Analytik, die auch erklären, warum die Inhaltsstoffe im Grünmais und den Silagen nicht immer deckungsgleich sind. Ein im Vergleich zum Ausgangsmaterial verringerter Stärkegehalt in Maissilagen wird jedoch wiederholt beobachtet. Die ELOS lag in der Silage SY Altitude etwas höher als bei den Vergleichssilagen. Aus den Analysenwerten errechnet sich für SY Multipass ein etwas höherer Energiegehalt als für die Vergleichssorten.

Tab. 6: Rohnährstoff- und Energiegehalte der im Versuch eingesetzten Maissilagen (SY Multipass und SY Altitude) und der Maissilage SY Kardona

Futter	Maissilage SY	Maissilage SY	Maissilage SY
	Multipass (n=3)	Altitude (n=3)	Kardona (n=3)
TM, g/kg	384	362	354
ME, MJ/kg TM	11,2	11,0	11,0
NEL, MJ/kg TM	6,78	6,70	6,65
nXP, g/kg TM	134	133	128
XP, g/kg TM	78	76	74
XF, g/kg TM	174	185	187
ADFom, g/kg TM	244	265	232
aNDFom, g/kg TM	361	375	384
XS, g/kg TM	387	375	357
XZ, g/kg TM	0	0	-
XA, g/kg TM	33	33	36
XL, g/kg TM	31	27	27
ELOS, % TM	678	692	679

Der hohe Milchsäuregehalt und der niedrige pH-Wert weisen in allen Silagen auf einen günstigen Silierverlauf hin (Tabelle 7), der sich auch im Erreichen der vollen DLG-Punktzahl äußert. Die Essigsäuregehalte liegen im Vergleich zu üblichen unbehandelten Maissilagen [7] DLG (2011) relativ hoch. Der Nitratgehalt bei den Sorten SY Altitude und SY Kardona erscheint relativ hoch, entspricht aber dem Mittelwert der 2014 im LKV-Labor Bayern untersuchten Proben (252 mg/kg TM, n=55 [8]).

Tab. 7: Gärparameter der im Versuch eingesetzten Maissilagen (SY Multipass und SY Altitude) und der Maissilage SY Kardona

Gärparameter	SY Multipass (n=3)	SY Altitude (n=3)	SY Kardona (n=1)
Milchsäure, g/kg TM	40,5	37,8	48,0
Essigsäure, g/kg TM	5,2	5,0	6,2
Buttersäure, g/kg TM	1,1	1,1	0,0
pH-Wert	3,9	3,9	3,7
DLG Punkte	100	100	100
<u>Weitere Parameter:</u>			
Nitrat (NO ₃), mg/kg TM	52,0	276	205
Ammoniak-N an Gesamt-N, %	5,7	5,3	6,0
Ethanol, g/kg TM	8,2	16,5	7,0

Tab. 8: Rohnährstoff- und Energiegehalte der im Versuch eingesetzten weiteren Futtermittel

Futter	Grassilage (n=3)	Heu (n=1)	Stroh (n=1)	Krafftutter (n=5)
TM, g/kg	249	868	881	877
ME, MJ/kg TM	10,4	7,7	6,8	12,8
NEL, MJ/kg TM	6,22	4,37	3,75	7,94
nXP, g/kg TM	140	95	79	198
XP, g/kg TM	169	67	41	263
XF, g/kg TM	236	308	427	96
ADFom, g/kg TM	285	490	-	141
aNDFom, g/kg TM	469	635	810	213
XS, g/kg TM	-	-	-	292
XZ, g/kg TM	39	-	-	63
XA, g/kg TM	99	63	35	77
XL, g/kg TM	43	13	15	58
GB, ml/200 mg FM	47	47	-	52

- Nicht analysiert

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz und des organischen Restes lagen bei der Silage SY Altitude deutlich ($p < 0,05$) höher als bei der Sorte SY Kardona (Tabelle 9). Die Sorte SY Multipass ordnete sich zwischen den Vergleichssorten ein. Die Verdaulichkeit der Rohfaser lag bei SY Multipass und SY Altitude tendenziell höher als bei SY Kardona. Die an der Restpflanze ermittelten höheren ELOS-Werte bei SY Altitude resultieren im Vergleich zu SY Multipass zu keiner gesteigerten Faserverdaulichkeit. Aus den Verdaulichkeiten und den Inhaltsstoffen ergeben sich für SY Multipass und SY Altitude Energiegehalte von 11,3 MJ ME, für SY Kardona leicht niedrigere Gehalte von 10,9 MJ ME/kg TM. Für die Sorten SY Multipass und SY Altitude ergeben sich damit Werte, die die Orientierungswerte für gute Maissilagen von $\geq 11,0$ MJ ME/kg TM [7] übertreffen, SY Kardona ordnet sich im Normbereich ein. Berechnet man den Energiegehalt der Silagen aus dem Verdauungsversuch nach der derzeit gültigen Schätzgleichung [9], ergeben sich für SY Multipass, SY Altitude und SY Kardona Energiegehalte von 11,1; 10,9 und 11,0 MJ ME/kg TM, was die Reihung und Größenordnung der Werte aus dem Verdauungsversuch nicht ganz wiedergibt.

Tab. 9: Verdaulichkeiten der Maissilagen (5 Hammel je Maissilage) und daraus errechnete Energiegehalte

Verdaulichkeit	SY Multipass	SY Altitude	SY Kardona
OS, %	75,9 \pm 1,5 ^{ab}	76,7 \pm 0,8 ^a	74,1 \pm 1,8 ^b
XP, %	50,0 \pm 7,4	51,2 \pm 2,4	42,6 \pm 6,2
XL, %	89,0 \pm 2,8	87,7 \pm 1,7	83,8 \pm 4,4
XF, %	62,0 \pm 1,8	61,9 \pm 1,8	59,4 \pm 4,7
NfE, %	82,1 \pm 1,3	83,2 \pm 0,5	81,3 \pm 1,7
OR, %	78,6 \pm 1,6 ^{ab}	80,0 \pm 0,6 ^a	77,5 \pm 1,5 ^b
ME, MJ/kg TM	11,3	11,3	10,9
NEL, MJ/kg TM	6,89	6,89	6,61

Im Milchviehfütterungsversuch lag die tägliche TM-Aufnahme in den Gruppen Multipass und Altitude mit 22,0 und 22,3 kg/Tag auf einem vergleichbaren Niveau (Tabelle 10). Die in der Rationsplanung unterstellten TM-Aufnahmen, die in einem vergleichbaren Bereich wie in früheren Untersuchungen lagen [10, 11, 12], wurden annähernd erreicht, so dass auch die Aufnahme an Maissilage mit täglich knapp 9 kg TM im angestrebten hohen Bereich lag.

Tab. 10: Tägliche Futter- Energie- und Nährstoffaufnahme im Milchviehfütterungsversuch

	Versuchsgruppe	
	Multipass	Altitude
TM-Aufnahme, kg/Tag	22,0± 2,6	22,3± 2,6
Maissilageaufnahme, kg TM/Tag	8,6± 1,0	8,8± 1,0
Grassilageaufnahme, kg TM/Tag	5,3± 0,6	5,3± 0,6
Heuaufnahme, kg TM/Tag	0,8± 0,1	0,7± 0,1
Stroaufnahme, kg TM/Tag	0,9± 0,1	0,8± 0,1
Kraftfutteraufnahme, kg TM/Tag	6,5± 0,8	6,6± 0,8
NEL-Aufnahme, MJ/Tag	150± 18	151± 18
XP-Aufnahme, g/Tag	3367± 397	3381± 397
nXP-Aufnahme, g/Tag	3319± 391	3335± 392
XF-Aufnahme, g/Tag	3968± 468	4099± 482
aNDFom-Aufnahme, g/Tag	8150± 961	8331± 978
ADFom-Aufnahme	5076± 599	5183± 609
XS-Aufnahme, g/Tag	5226± 616	5229± 616
XS+XZ-Aufnahme, g/Tag	5899± 694	5900± 695
Pansenstabile XS, g/Tag	1040	1038

Die Aufnahme an Energie und nXP unterschied sich zwischen den Versuchsgruppen nicht. Auf Grund der eher geringen Differenzierung zwischen den Silagen ergibt sich auch bei der täglichen Stärkeaufnahme keine Differenzierung zwischen den Fütterungsgruppen. Lediglich die Aufnahme an Faser (XF, aNDFom) lag in der Gruppe Altitude etwas höher als in der Gruppe Multipass. Für beide Fütterungsgruppen ergibt sich, dass trotz der hohen Maisanteile der Ration die Versorgung mit leicht löslichen Kohlenhydraten im Bereich der Empfehlungen [13] lag. Die tägliche Milchleistung lag im Durchschnitt des Versuches in der Gruppe Multipass nur leicht über der Gruppe Altitude (Tabelle 11). Vor allem wegen der höheren Milchfettgehalte egalieren sich diese Unterschiede bei der energiekorrigierten Milchleistung. Ein erniedrigter Milchfettgehalt ist allgemein mit einer verminderten Faserversorgung in Verbindung zu bringen, was sich mit den Daten zur Nährstoffversorgung deckt. Allerdings kann auch in der Gruppe Multipass bei einem Milchfettgehalt von 4,1 % nicht von einer Milchfettdepression gesprochen werden. Der Milcheiweißgehalt liegt vergleichsweise hoch, unterscheidet sich aber zwischen den Gruppen nicht. Der Milchnährstoffgehalt weist ebenfalls nur geringe Gruppenunterschiede auf und liegt im Normbereich. Zusammenfassend ergibt sich, dass die zwischen den Gruppen vergleichbaren Milchleistungskriterien der einheitlichen Futter- und Nährstoffversorgung entspricht. Die etwas höheren Gehalte an Faser bei der Sorte SY Altitude führten zu keiner negativen Beeinflussung der Leistungskriterien, was sich durch eine günstige Verdaulichkeit der Restpflanze erklären lässt.

Tab. 11: Milchleistungskriterien im Mittel des Milchviehfütterungsversuches (n=24/Gruppe)

	Versuchsgruppe	
	Multipass	Altitude
Milchleistung, kg/Tag	30,4± 3,7	29,7± 4,9
Milchfett, %	4,08± 0,36 ^b	4,31± 0,30 ^a
Milcheiweiß, %	3,64± 0,22	3,70± 0,25
Milchlaktose, %	4,63± 0,18	4,66± 0,20
Harnstoff, mg/l	214± 37	209± 31
ECM, kg/Tag	31,1± 3,4	31,3± 4,9
Milchfett, kg/Tag	1,24± 0,16	1,28± 0,22
Milcheiweiß, kg/Tag	1,10± 0,11	1,09± 0,13

Der Body Condition Score (BCS), die Rückenfettdicke und die Lebendmasse steigen bei den Kühen beider Versuchsgruppen von Versuchsbeginn bis Versuchsende an (Tabelle 12). Dies ist im Laktationsverlauf nach Überschreiten des Laktationsgipfels zu erwarten, kann aber auch als Hinweis gesehen werden, dass die Energieversorgung ausreichend war, um die Bildung von Körperreserven zu erlauben. Das höhere Niveau der RFD und der Lebendmasse in der Gruppe Multipass im Vergleich zur Gruppe Altitude hat keine Aussagekraft, da die Unterschiede schon zu Versuchsbeginn bestanden.

Tab. 12: BCS, Rückenfettdicke (mm) und Gewicht (kg) der Kühe

	Multipass	Altitude
BCS, Versuchsbeginn	4,00 ± 0,51	4,01 ± 0,45
BCS, Versuchsmitte	4,00 ± 0,49	3,98 ± 0,46
BCS, Versuchsende	4,23 ± 0,46	4,16 ± 0,50
RFD, mm, Versuchsbeginn	2,31 ± 0,72	2,11 ± 0,47
RFD, mm, Versuchsmitte	2,35 ± 0,65	2,19 ± 0,56
RFD, mm, Versuchsende	2,68 ± 0,75	2,38 ± 0,58
Gewicht, kg, Versuchsbeginn	787 ± 81	768 ± 63
Gewicht, kg, Versuchsmitte	768 ± 80	757 ± 74
Gewicht, kg, Versuchsende	799 ± 72	782 ± 69

4 Schlussfolgerungen

In einem Milchviehfütterungsversuch wurden die Effekte der Fütterung von TMR mit Maissilagen der Sorten SY Multipass und SY Altitude vergleichend untersucht. SY Multipass zeichnete sich durch einen höheren Kolbenanteil und leicht erhöhte Stärkegehalte aus. SY Altitude ist durch höhere Fasergehalte bei höherer Verdaulichkeit der Restpflanze (ELOS-Gehalteder Restpflanze) charakterisiert. In der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Rohfaser (Hammelversuch) ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Maissilagen, woraus sich vergleichbare Energiegehalte ergeben. Im Milchviehfütterungsversuch ergaben sich bei höherer Aufnahme an Faser (XF, aNDFom) in der Gruppe Altitude keine Effekte auf die Futteraufnahme und Leistungskriterien. Auch dies ist ein Hinweis darauf, dass mögliche negative Effekte von erhöhten Rohfasergehalten durch eine verbesserte Verdaulichkeit der Restpflanze kompensiert wer-

den können. Für zukünftige Verdaulichkeitsbestimmungen zur Frage der Restpflanzenverdaulichkeit empfiehlt sich die Ermittlung der Verdaulichkeit bei aNDFom und ADFom.

5 Literaturverzeichnis

- [1] VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Auflage inklusive 1-7. Ergänzungslieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- [2] Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., Webster, U.G. (1989): A body condition scoring chart of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78.
- [3] Staufenberg, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. *Mh. Vet.-Med.* 47, 467-474
- [5] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main, Germany.
- [4] GfE (1991): Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern, *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 65, 229 – 234
- [6] DLG (2008): Stärkebeständigkeit für silierte Maisprodukte. Ergänzung zur Broschüre „Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh, DLG-Information 2/2001, Kapitel 4, Vorgaben zur Rationsplanung. www.futtermittel.net
- [7] DLG (2011): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main
- [8] ITE (2015): Jahresbericht des Institutes für Tierernährung und Futterwirtschaft 2014. <http://www.lfl.bayern.de/ite/index.php>
- [9] GfE (2008): New equation for predicting Metabolisable Energy of grass and maize products for ruminants. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 191-197
- [10] Ettle, T., Pitzner, L., Delord, B., Obermaier, A. (2015): Influence of fermented wheat and wheat bran malt containing different exogenous enzymes on the performance of dairy cows. Tagungsband 14. BOKU-Symposium Tierernährung, 52 – 55
- [11] Ettle, T., Obermaier, A., Spiekens, H. (2014): Einsatz von Grascobs in Rationen hochleistender Milchkühe. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, Hrsg.: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 98 - 101
- [12] Ettle, T., Obermaier, A. (2016): Untersuchungen zum Einsatz von Lebendhefe in der Milchviehfütterung. Tagungsband 15. BOKU-Symposium Tierernährung, 134-137
- [13] LfL (2015): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchttrinder, Schafe, Ziegen. LfL-Information. Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. 39. Auflage.

Kurzschnitt, Langschnitt, SHREDLAGE – neue Trends in der Fütterung?

G. Döring

CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH, Harsewinkel

Durch den Wegfall der Milchquote gerät der Milchpreis stark unter Druck (Abb. 1). Und die Prognose im Vergleich der letzten Jahre zeigt in Richtung Sinkflug. Es stellt sich die Frage, ob es gerade jetzt umso wichtiger ist, an der Kostenschraube zu drehen. So kann die Diskussion um Häckselqualität und Schnittlängen eine Chance für die Milchvieh- oder Mastbetriebe sein, künftig wirtschaftlicher zu produzieren.

Die Talfahrt des Kieler Rohstoffwert Milch hält an.

Milchpreisentwicklung (Kieler Rohstoffwert) – Januar 2012 bis März 2016

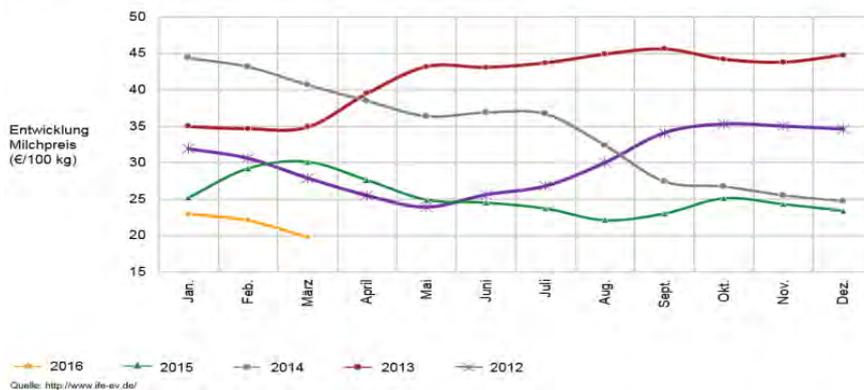


Abb. 1: Entwicklung der Milchpreise (gelbe Linie zeigt die Preisentwicklung Jan-März 2016)

Dass der Anteil der Futterkosten an den Produktionskosten in den letzten Jahren zwar nach wie vor gestiegen ist, zeigt die Grafik des Tierreport Schleswig Holstein aus 2014 (Abb. 2). Dabei zeigt sich mittlerweile ein Abflachen der Kurve. Ein Anstieg der Futter- bzw. Grundfutterkosten ist zu vermeiden.

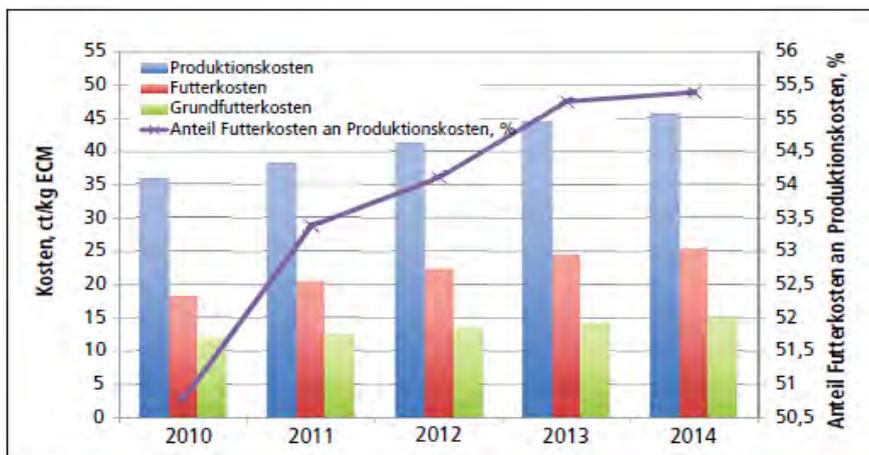


Abb. 2: Entwicklung der Produktions-, Futter- und Grundfutterkosten sowie Anteil der Futterkosten an den Produktionskosten von 2010 bis 2014 (Tierreport SH)

Weltweite Anforderungen an Häckselqualität bzw. Schnittlänge

Die weltweiten Anforderungen an die Häckselqualitäten von Maissilage sind sehr unterschiedlich. Seit Jahren wird in vielen Regionen außerhalb Deutschlands Silomais bereits als Langschnitt mit 15-25 mm für die Fütterung gehäckselt. Während Biogasanlagen sehr kurz gehäckselte Maissilage als Kurzschnitt mit 4-10 mm Häcksellänge fordern, die mit größtmöglicher Oberfläche aber ein sehr gut pump- und rührfähiges Substrat darstellen, besteht hier keine Notwendigkeit der Strukturwirkung in der Silage.

Aufgrund der Fütterungserfolge, Futtermischbarkeit, notwendiger Siloverdichtung und möglicher Nacherwärmungsgefahr haben sich bisher unter deutschen Fütterungsbetrieben kurze Schnittlängen im Mais etabliert.

In den USA hat sich Langschnitt bzw. SHREDLAGE als Fütterungsstrategie bei vielen Fütterungsbetrieben mit Schnittlängen von 25-30 mm und je nach TS-Gehalt auch ab 21 mm erfolgreich durchgesetzt.

Zielsetzung der neuen Entwicklungen in der Rinderfütterung

Aufgrund der notwendigen Kostenoptimierung in der Rinderfütterung versuchen die Betriebe hierzulande durch Umstellungen in den Futtrationen mit mehr Strukturwirkung eine bessere Tiergesundheit zu erreichen. Zuckerhaltige Gräser mit wenig Struktur, kombiniert mit energiereichem Kraftfutter können zu Acidosen führen. Ziel ist es, die Futterkosten weiterhin zu senken und die Leistung in puncto Milchmenge und –inhaltsstoffe bzw. Fleischproduktion möglichst zu erhöhen. Rückmeldungen aus der Praxis sind sehr vielversprechend. Dennoch muss jeder Betrieb individuell prüfen, ob die aktuelle Rationsgestaltung eine Umstellung zulässt und wie die generelle Grundfuttermittelverfügbarkeit aussieht. Mehr Struktur in der Ration empfiehlt sich insbesondere bei maisbetonten Rationen, so die Erkenntnisse aus den USA. Für den Maisanbau sprechen neben dem hohen Energiegehalt auch der züchterische Fortschritt sowie die deutlich „witterungsunabhängigere“ Ernte.

Fütterungstrend oder Umdenken?

In der Futtration wird die notwendige Strukturwirkung im Futter vielfach durch den Strohannteil erreicht. Da der Energiegehalt im Stroh minimal ist, kann durch eine Erhöhung des Rationsanteils einer strukturierten Maissilage die Energie für Milch- und/oder Fleischleistung erhöht werden. Durch diese Umstellung lässt sich auch ein positiver Effekt bei der Tiergesundheit erkennen. Eine Strohrefizierung in der Ration führt zudem zur Senkung der Futterkosten.

Schnittlänge und Häckselgutaufbereitung.

Je nach Schnittlängenanforderungen werden unterschiedliche Messertrommeln im Gutfluss des Feldhäckslers (Abb. 3, Abb. 4) angeboten, um ein gewünschtes Schnittlängenspektrum zu erreichen. Die Möglichkeiten umfassen Trommeln mit 36, 28, 24 oder 20 Messern.



Abb. 3: Aufbau des Gutflusses im Feldhäcksler: Vorpresswalzen, Messertrommel, Corn Cracker, Auswurfbeschleuniger

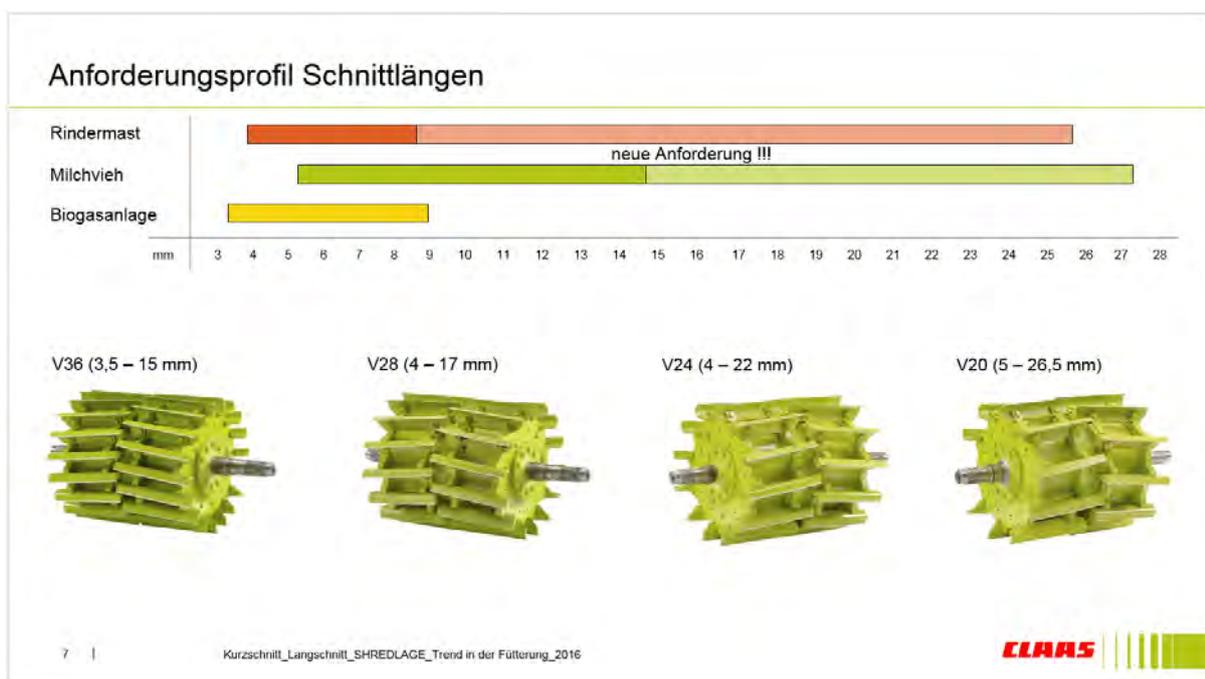


Abb. 4: Anforderungsprofil Schnittlängen

Grundsätzlich hat die Messertrommel im Feldhäcksler die Aufgabe, das Erntegut auf die gewünschte Häcksellänge zu schneiden.

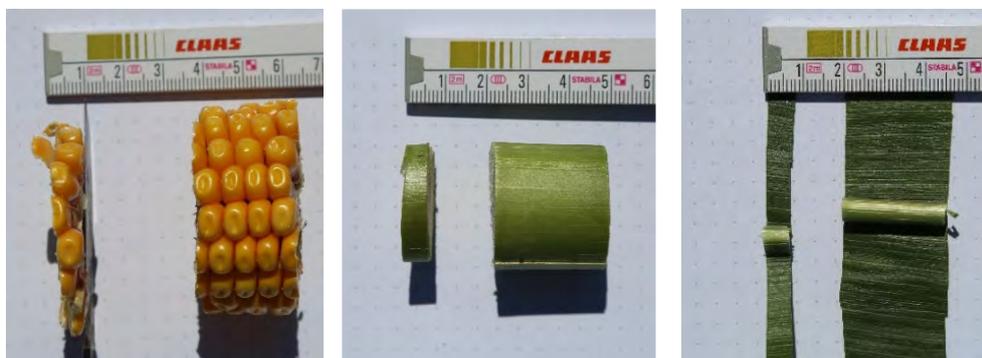


Abb. 5: 7 mm und 25mm lange Kolbenstücke, Stengel- und Blattteil, die von der Trommel abgeschnitten werden

Während bei 4-7 mm fast jedes Korn angeschnitten oder beschädigt ist, sind beispielsweise bei 25 mm Schnittlänge viele Körner unbeschädigt und vollständig auf der Spindel. Auch Pflanzenteile bzw. Stängelstücke werden dann bei langen Schnittlängen durch die Trommel nicht weiter aufbereitet (Abb. 5).

Damit kein „Hackschnitzel-Effekt“ - einfach nur lang gehäckseltes Erntegut - entsteht, ist die Aufgabe und Anforderung an den nachgelagerten Corn Cracker mit seinen gegenläufigen Walzen umso höher. Für unterschiedliche Häckselgutaufbereitung und Einsatzbereiche (Fütterung oder Biogas) werden verschiedene Corn Cracker Varianten angeboten. Durch Austausch von Walzen in dem MULTI CROP CRACKER (MCC) -Konzept (Abb. 6) beim CLAAS JAGUAR kann so sehr flexibel auf die gewünschten Häckselgutanforderungen reagiert werden.

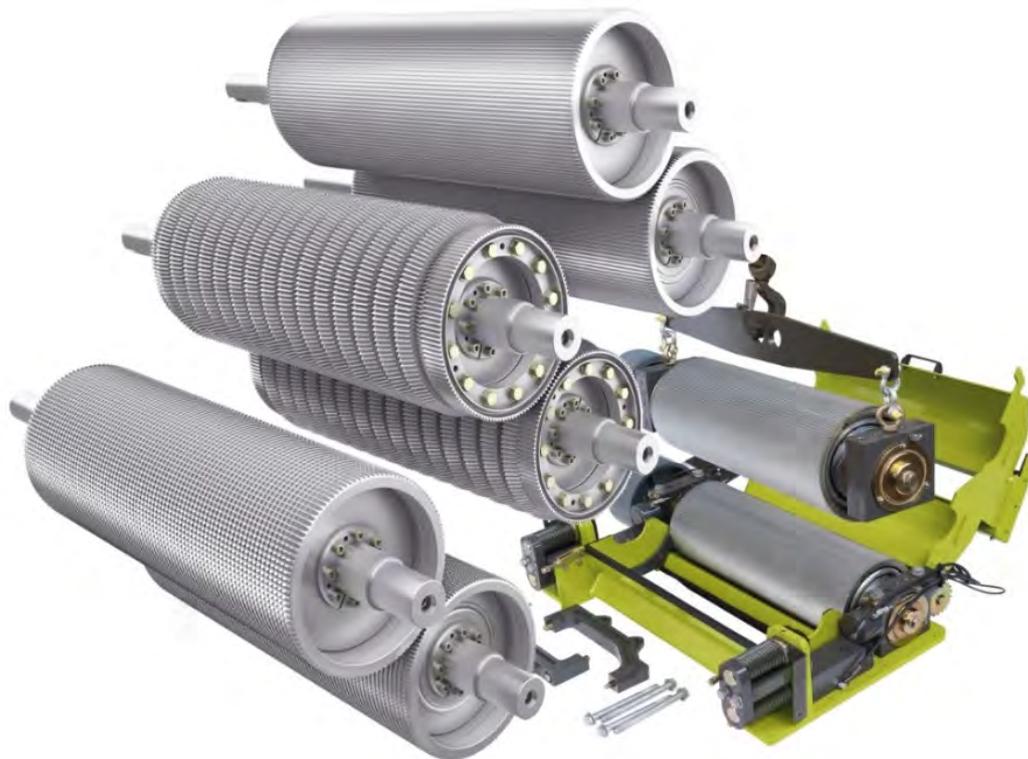


Abb. 6: Multi Crop Cracker Konzept (MCC)

Der neue MULTI CROP CRACKER kann mit drei unterschiedlichen Walzenformen ausgestattet werden.

- Kurzschnittanforderung mit MCC CLASSIC (Sägezahn-Walzenprofil) für 4 – 9 mm ggf. bis 12 mm Schnittlänge
- Kombinationslösung mit MCC MAX (einzelne Ringsegmente mit Sägezähnen) für 7 – 22 mm Schnittlänge
- SHREDLAGE mit MCC SHREDLAGE (Sägezahnwalzen mit Spiralnut) für 26 – 30 mm ggf. je nach TS-Gehalt bis 21 mm Schnittlänge

Kurzschnittlösung

Der bekannte und etablierte Kurzschnitt im Silomais wird mit dem heutigen Corn Cracker MCC CLASSIC mit Sägezahnprofil (Abb. 7) erzielt. Für lange Schnittlängen über 15 mm werden hiermit nicht die gewünschten Aufbereitungsgrade erreicht.

Über Corn Cracker Walzen (je nach Modell 196 oder 250 mm Ø) mit einem Sägezahnprofil wird bei Standardausstattung mit 30% Drehzahldifferenz eine sehr gute Pflanzen- und Kornaufbereitung von 3,5-9 mm (ggf. bis 12 mm) Schnittlänge erreicht. Der Walzenabstand wird je nach Reifegrad und Sorte bzw. Korngröße von 1-3 mm Abstand eingestellt.

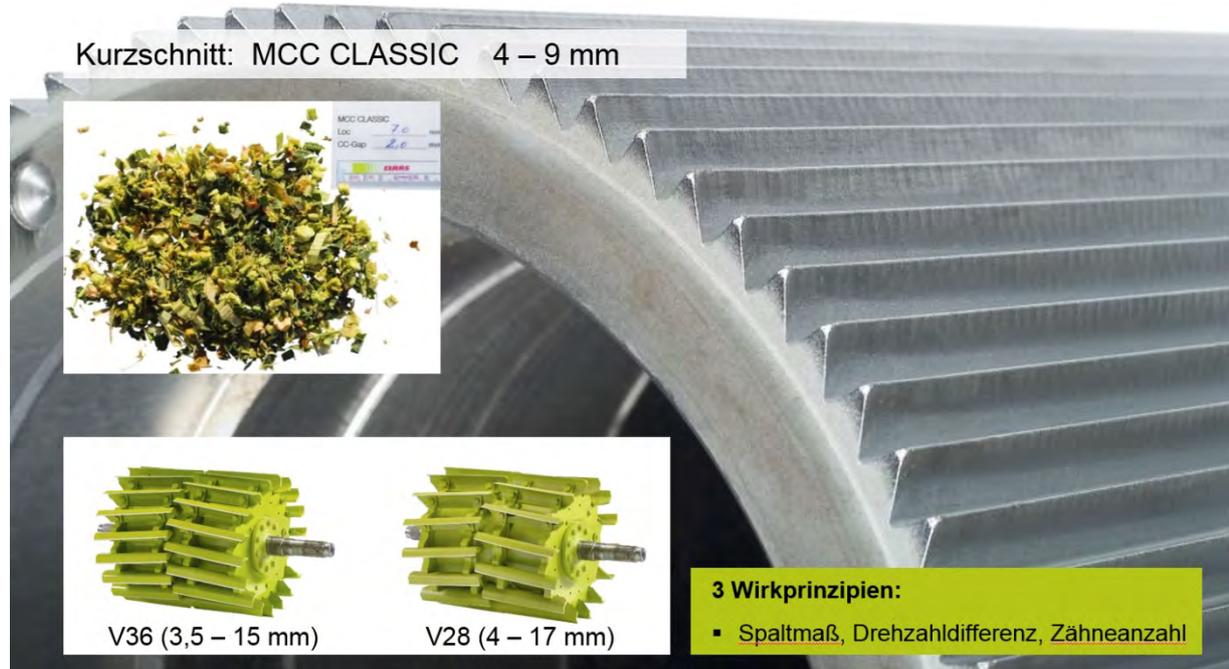


Abb. 7: Corn Cracker MCC Classic mit Sägezahnprofil

Kombinationslösung Lang- und Kurzschnitt

Durch die Anforderung, insbesondere bei Lohnunternehmern, künftig neben dem Kurzschnitt für Biogas auch in der Rinderfütterung jetzt den Langschnitt im Mais anzubieten, kann das neue Crackerkonzept MCC-MAX (Abb. 8) eine sinnvolle Lösung sein. Hohe Flexibilität ... heute kurz, morgen lang, übermorgen wieder kurz ... zeichnet dieses Konzept aus. Die 60 Ringsegmente mit 265 und 245 mm Durchmesser greifen mit 20 mm Breite passgenau ineinander. Mit 30 % Drehzahldifferenz der Walzen zueinander wird neben den Wirkprinzipien der klassischen Crackerform zusätzlich eine Schneid- und eine Schwerwirkung erreicht. Kombiniert mit einer V24 Trommel wird hier ein sehr großes Schnittlängenspektrum von 7 – 22 mm abgedeckt. Dieses neue Aufbereitungskonzept beim Corn Cracker MCC MAX wurde entwickelt, damit auch im Langschnitt eine sehr hohe Korn- und Pflanzenaufbereitung erreicht wird. Die Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein hat in der Saison 2014 bereits Vergleiche zur Stärkeaufbereitung durchgeführt. Nachweislich konnte im Vergleich der CLASSIC-Walzen zum MCC MAX Konzept eine um 3,5 % höhere Stärkeverfügbarkeit im Mittel aller Schnittlängen (7, 12, 17, 22 mm) gemessen und errechnet werden (Abb. 9).

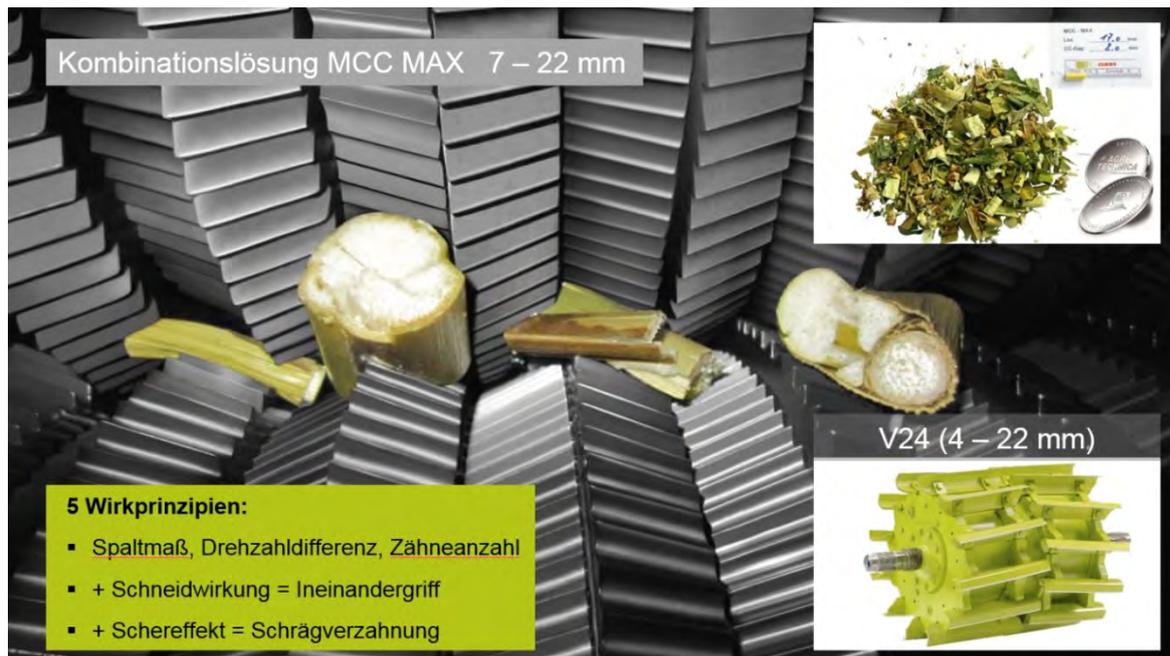


Abb. 8: Crackerkonzept MCC-MAX

Zugrunde gelegt wurde ein Frischmasseertrag von 45 t/ha bzw. ein Stärkeertrag von 5 t/ha. Damit entspricht ein 1 % höherer Stärkeaufschluss 50 kg/ha. Somit konnte bei 3,5 % besserer Stärkeverfügbarkeit und einem Körnermaispreis von 180 €/t (trocken) dann ein Vorteil von durchschnittlich 31,50 €/ha ermittelt werden.

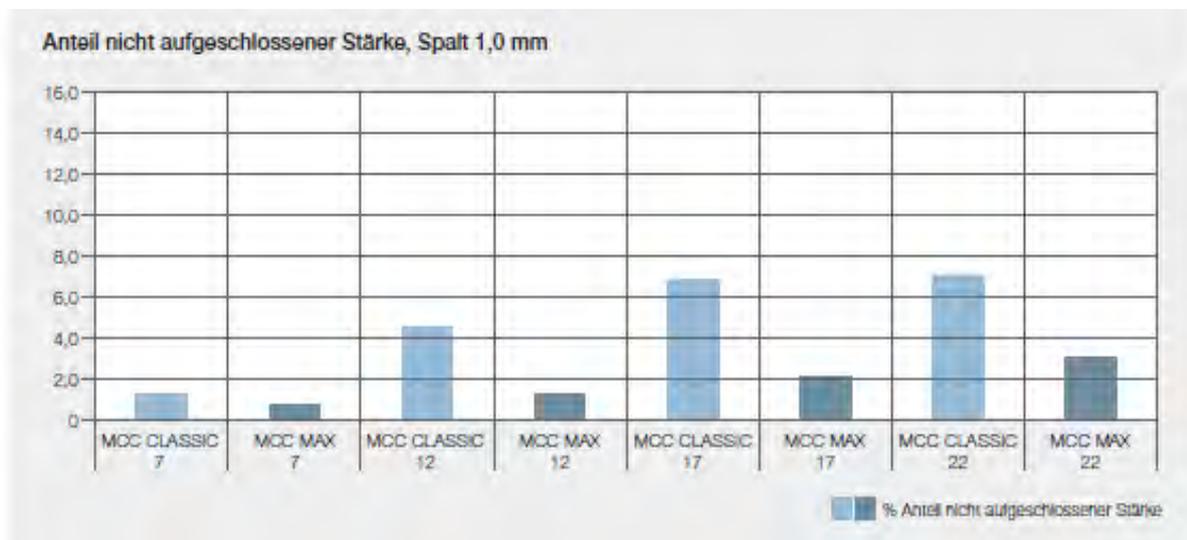


Abb. 9: Anteil nicht vollständig aufgeschlossener Stärke bei unterschiedlichen Schnittlängen

Neben dem sehr hohen Kornaufschluss des neuen MCC MAX gegenüber dem MCC CLASSIC wurde durch die Universität Kiel schon in 2013 Siloverdichtungen gemessen. Auch bei 17 mm Häcksellänge mit dem MCC MAX aufbereitet, wurden im Vergleich mit dem MCC CLASSIC bei 9 mm Schnittlänge absolute vergleichbare Verdichtungswerte erreicht. Geringere Silierverluste mit rund 2 % zu Gunsten des MCC MAX konnten von der Landwirtschaftskammer SH zudem mit rund 28 €/ha bewertet werden.

Tab. 1 Kennwerte von Häckselgut nach unterschiedlicher Aufbereitung

Aufbereitung durch	Häcksel-länge (mm)	Silage-menge (kg)	Folien-silolänge (m)	Silo-menge (t/m)	Dichte (kg TM/ m ³)
MCC CLASSIC	9	111400	≈ 30	≈ 3,7	≈ 230
MCC MAX	17	110950	≈ 28	≈ 3,9	≈ 231

SHREDLAGE

Die technische Lösung für das Häckselgut SHREDLAGE wird mit dem neuen MCC SHREDLAGE erfüllt (Abb. 10).

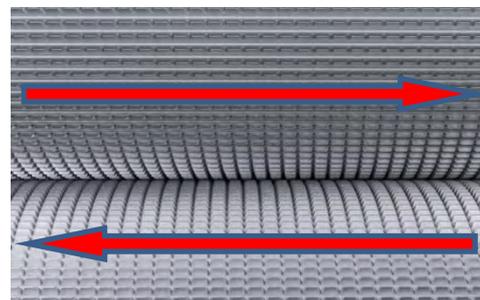


Abb. 10: Technische Lösung zur Herstellung von Shredlage (MCC SHREDLAGE)

Dabei werden Sägezahnwalzen mit 110 und 145 Zähnen auf dem Umfang und einer umlaufenden Spiralnut verwendet (Abb. 11). So werden die Pflanzenteile nicht nur in Längsrichtung, sondern auch Querrichtung, aufbereitet und die Außenhaut (Epidermis) regelrecht von den Stängelstücken abgerieben. Insbesondere die hohe Drehzahldifferenz von 50 % bewirkt eine enorm hohe Auffaserung. Diese Queraufbereitung des MCC SHREDLAGE unterscheidet sich daher maßgeblich zu den beiden anderen MCC-Konzepten.

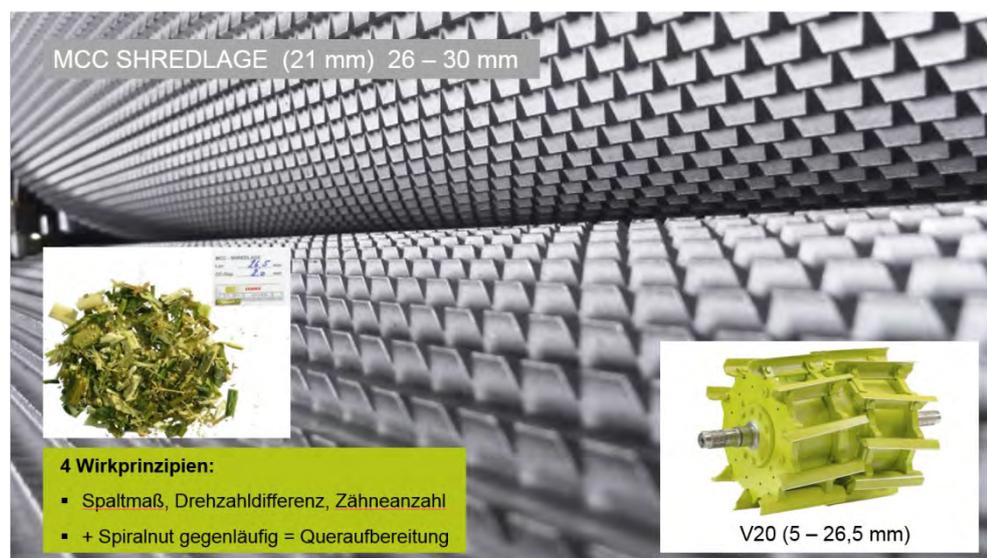


Abb. 11: Sägezahnwalzen im System MCC SHREDLAGE

SHREDLAGE ist ein klar definiertes Häckselgut (Abb. 12) in punkto Häcksellänge (26 – 30 mm bei TS-Gehalten von 30-35 %, über 35 % TS dann bis 21 mm). Charakteristisch sind die enorm hohe Pflanzenauffaserung und der sehr hohe Kornaufschluss bis hin zum völligen Zerreiben.



Abb. 12: Eigenschaften von SHREDLAGE

Auch wenn SHREDLAGE sehr lang gehäckselte Maissilage ist, müssen hier die Vorgaben des Unternehmens Shredlage L.L.C für eine lange aber konstant geschnittene Silage erfüllt werden. Überlängen oder lange Lieschblätter sind unerwünscht.

Beim genauen Prüfen, der Silage lässt sich erkennen, worauf es ankommt. Über eine vom Unternehmen Shredlage L.L.C. entwickelte Prüfkarte (in Scheckkartenformat, Abb. 13) kann das Häckselgut kontrolliert werden. Neben der Kontrolle zur Schnittlänge sollen 95 % aller Pflanzenteile durch die definierten runden und eckigen Öffnungen passen. Ist dies nicht der Fall,



müssen Veränderungen beim Corn Cracker Spaltabstand vorgenommen werden.

Abb. 13: Überprüfung des Häckselgutes mit der Prüfkarte

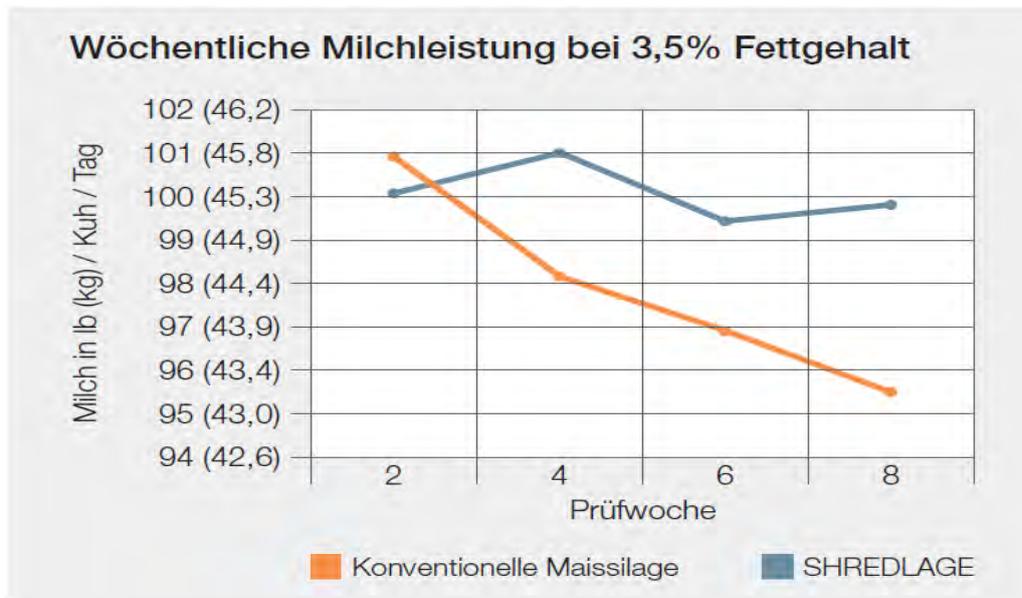


Abb. 14: Einfluss der Silageaufbereitung auf die Milchleistung (Dairy Science Department der Universität Wisconsin)

Das Unternehmen Shredlage L.L.C. aus den USA hinter dem die Fütterungsspezialisten Roger Olsen und Ross Dale als Inhaber stehen (Lizenznehmer ist CLAAS), hat in wissenschaftlichen Fütterungsversuchen Milchmehrleistungen von durchschnittlich 1 l/Kuh/Tag über die Universität Wisconsin ermittelt (Abb. 14). Eine höherer Corn Silage Processing Score (CSPS Wert, Abb. 15) führt durch höhere Stärkeverfügbarkeit zu höheren Leistungen. Auch die Siloverdichtungen haben ebenso gute Werte erreicht wie konventionelle Silagen.

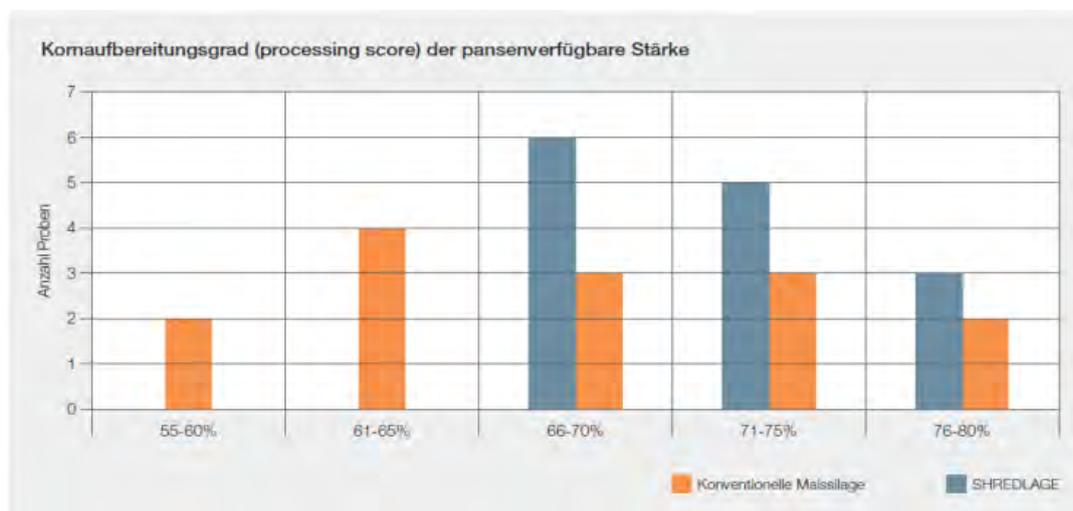


Abb. 15: Höhere CSPS Werte der Messungen aus den USA (Uni Wisconsin) zeigen die Vorteile der Stärkeverfügbarkeit zwischen SHREDLAGE und konventioneller Silage

Mittlerweile wurden in Deutschland erste SHREDLAGE Silos über die Fa. PIONEER gemessen. Hier wurden die Siebanteile der einzelnen Fraktionen, damit auch die Rohfaser (peNDF) sowie der Kornaufbereitungsgrad (Kernel Processing Score, entspricht dem CSPS-Wert) der SHREDLAGE mit dem Lang- und Kurzschnitt verglichen.

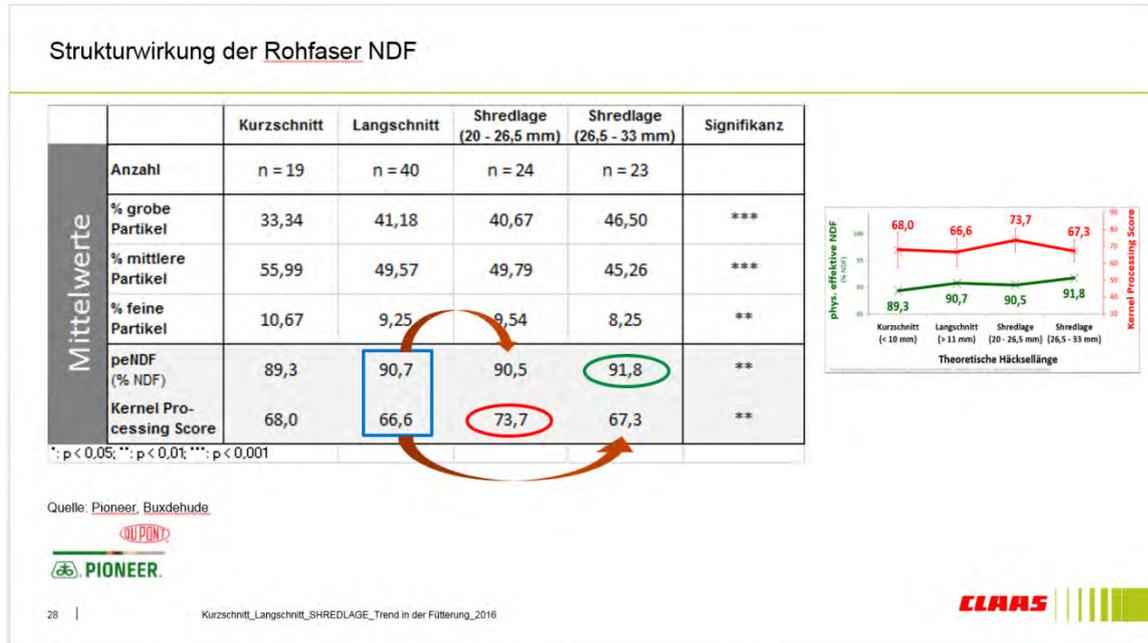


Abb. 16: Einfluss der Aufbereitung von Mais auf den Gehalt an peNDF

Klar zu sehen ist, dass bei Zunahme der Schnittlänge die Strukturwirkung erhöht wird und der Wert für peNDF ansteigt (Abb. 16). Bei der Schnittlänge 26,5-33 mm (SHREDLAGE) konnte ein Maximum von 91,8 % peNDF erreicht werden.

Der Kornaufbereitungsgrad lässt sich durch die intensive Aufbereitung der SHREDLAGE-Walzen beim Vergleich des Langschnittes mit konventionellen Corn Cracker Walzen nochmals deutlich im Vergleich zu SHREDLAGE bei 20-26,5 mm erhöhen. Wird dann nochmals länger (SHREDLAGE mit 33 mm) gehäckselt, fällt dann im Extremen der Kornaufbereitungseffekt wieder geringfügig ab. Das Häckselgut wird hier sehr lang gehäckselt und die Kornaufbereitung wird trotz SHREDLAGE Walzen schwieriger, obwohl der Wert mit 67,3 % hierbei sogar noch über dem des konventionellen Langschnittes mit 66,6 % liegt.

Fazit

Individuell je nach Region und Futtermittelverfügbarkeit muss letztlich jeder Betrieb entscheiden, welche Rationsgestaltung wirtschaftlich umsetzbar ist.

Maisbetonte Rationen können mehr Strukturwirkung über die SHREDLAGE erreichen. Möglicherweise kann dabei der Strohanteil reduziert werden. Aber auch in Regionen mit höherem Anteil an Grassilage kann, bei geringer Strukturwirkung dieser, durch den Einsatz von SHREDLAGE eine Mehrleistung durch Rationsumstellung erreicht werden.

Die Praxis zeigt, dass eine Milchleistungssteigerung und eine Futterkostensenkung durch den Einsatz von SHREDLAGE möglich sind. Neben der Wiederkautätigkeit wird die Tiergesundheit insgesamt als sehr gut bewertet und zählt bei den Betrieben schon fast als Hauptargument für diese neue Fütterungsstrategie. Zu beachten beim Langschnitt bzw. SHREDLAGE ist auf

jeden Fall eine gute Siloverdichtung. Auch wenn die Faserstücke zu einer guten Verzahnung im Silo führen, muss größtmögliche Sorgfalt beim Walzen an den Tag gelegt werden.

Die technischen Lösungen der unterschiedlichen Anforderungsprofile sind heute in den modernen CLAAS Feldhäckslern mit den unterschiedlichen Corn Cracker Varianten einsetzbar oder ggf. nach Prüfung der Maschinen auch nachrüstbar.

Erfahrungen mit der Shredlage-Silagebereitung und Stand der Versuchsvorhaben

M. Pries

Landwirtschaftskammer NRW, Bad Sassendorf

Zusammenfassung

Shredlage ist ein eingetragenes Warenzeichen und beinhaltet ein Patent auf eine besondere Bauform des Crackers im Feldhäcksler zur Nachzerkleinerung des Ernteguts von Silomais, welches mit einer Häcksellänge von etwa 26 mm geerntet wird. Im Ergebnis soll die neuartige Technologie zu Maissilagen mit einem höheren Anteil an groben Partikeln der Restpflanze bei gleichzeitig vollständiger Zerkleinerung der Maiskörner führen. Fütterungsversuche in den Vereinigten Staaten haben zu einer höheren Milchleistung bei unveränderten Fettprozenten und Wiederkauaktivität geführt, woraus eine bessere Verdaulichkeit der Shredlage-Maissilagen abgeleitet wurde. Vergleichende Studien mit herkömmlicher Häcksellänge von 6 bis 8 mm und dem Shredlage-Verfahren sind derzeit in Arbeit. Erst nach Vorliegen der Versuchsergebnisse können Beurteilungen vorgenommen und Empfehlungen formuliert werden.

1 Einleitung

Die Ernte der Mais-Ganzpflanze erfolgt zur Gewinnung von Silomais in der Regel mit dem Feldhäcksler. Das Erntegut wird dabei mit einer theoretischen Häcksellänge (tHL) von 4 bis 40 mm gehäckselt und mit einem Cracker oder Prozessor mit einer Spaltweite von 1 bis 16 mm zur Aufbereitung der Körner nachzerkleinert. In Deutschland ist eine Häcksellänge von 5 bis 10 mm bei Spaltweiten von 1 bis 2 mm üblich. Durch die Zerkleinerung entsteht ein Erntegut, das sich gut verarbeiten und verdichten lässt und eine große Oberfläche für eine rasche Silierung bietet.

2 Derzeitiger Stand der Empfehlungen zur Häcksellänge beim Silomais

Mit kürzerem Häckselgut ist allerdings eine Abnahme der physikalischen Strukturwirkung verbunden. Aus diesem Grund werden längere Partikelgrößen für energiereiche und strukturarme Futterrationen diskutiert. In der Rationsplanung lassen sich die Effekte über den Strukturwert (SW) nach De Brabander erfassen. Nach den Maßgaben der DLG-Information 2/2001 steigt der SW bei Maissilage um 28 % bei Erhöhung der tHL von 6 mm auf 20 mm. Eine weitere Möglichkeit zur Erfassung der Struktureffekte der Häcksellänge bietet das System der effektiven NDF (peNDF) aus den USA.

Um die Effekte einer längeren Häcksellänge zu prüfen, wurden in den Jahren 2005 bis 2007 an verschiedenen Standorten an Milchkühen und in Grub ergänzend an Mastbullen Fütterungsversuche durchgeführt [1, 2, 3]. Die wesentlichen Ergebnisse sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Ein einheitliches Bild zeigen die Versuche aus Hohenheim, Futterkamp und Grub an Milchkü-

hen. Das kürzere Häckseln führt zu einer höheren Futteraufnahme und in der Tendenz zu höheren Milchleistungen. Ein negativer Einfluss auf die Pansenfermentation ist nicht ersichtlich.

Tab. 1: Auswirkungen einer kurzen Häcksellänge bei Milchkühen

Versuchseinrichtung	Hohenheim	Futterkamp	Grub	Riswick
Häcksellängen, mm	5,5 / 14	7 / 22	5 / 19	5 / 21
Maissilage, % des Grobfutters	75	70	65	85
Strukturwert, kurz	> 1,2	1,27	1,35	1,08
Futteraufnahme, kg TM/Tier/Tag	↑	↑	↑	⇒
ECM, kg	↑	↑	⇒	↓
Fett, %	↑	⇒	⇒	↓
Acidoseparameter	⇒	⇒	n.b.	↑
Labmagenverlagerung	⇒	⇒	n.b.	↑

n.b.: nicht bestimmt

Gegenläufig ist das Ergebnis aus Haus Riswick. Das kürzere Häckseln bewirkte zu Beginn der Laktation bzw. des Versuchs einen starken Abfall des Fettgehaltes und erhöhte Acidoseerscheinungen sowie verstärkte Labmagenverlagerungen. Erklären lässt sich das unterschiedliche Ergebnis durch das Niveau des Strukturwerts. Nur in Haus Riswick wurde der Wert von 1,2, der einen Mangel an Strukturwirkung in der Ration für Kühe mit Milchleistungen über 40 kg Milch erwarten lässt, merklich unterschritten.

Aus den Ergebnissen leitet sich zur Gewährleistung der Strukturwirkung folgende Empfehlung für die tHL bei Milchkühen ab:

- **Strukturwert der Ration > 1,2 : 5 – 8 mm**
- **Strukturwert der Ration < 1,2 : > 15 mm**

Die längere Häcksellänge empfiehlt sich daher nur für extreme Maisrationen. Zu beachten ist die stärkere Selektion bei höheren Häcksellängen. Generell zu beachten ist die Problematik der eventuellen Nachzerkleinerung bei der Entnahme. Maßgebend für die Strukturwirkung ist die Häcksellänge im Trog. In der Bullenmast sind geringere Strukturwerte in der Ration als bei Milchkühen möglich. Die Erarbeitung entsprechender Empfehlungen für deutsche Fütterungsbedingungen steht aus.

3 Versuchsergebnisse mit Shredlage-Maissilagen

Seit einigen Jahren wird in den Vereinigten Staaten von Amerika unter dem Stichwort Shredlage vermehrt über ein neuartiges Verfahren der Silomaisbereitung berichtet. Shredlage ist ein eingetragenes Warenzeichen und beinhaltet ein Patent auf eine besondere Bauform des Crackers zur Nachzerkleinerung des Ernteguts, welches mit einer Häcksellänge von etwa 26 mm geerntet wird. Nähere Einzelheiten zu den technischen Details der Nachzerkleinerung finden sich an anderer Stelle dieser Schrift. Im Ergebnis soll die neuartige Technologie zu Maissilagen mit einem höheren Anteil an groben Partikeln der Restpflanze bei gleichzeitig vollständiger Zerkleinerung der Maiskörner führen. Die längeren Abschnitte von Stängeln und Blättern wer-

den hierbei zusätzlich in Längsrichtung aufgesplissen, wodurch eine größere Oberfläche entsteht, die der mikrobiellen Fermentation besser zugänglich sein soll.

An der Universität in Wisconsin wurden bisher zwei Fütterungsversuche mit Shredlage-Maissilagen durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 2 dargestellt sind [4, 5, 6, 7]. Shredlage-Silagen haben demnach einen höheren Anteil grober Partikel (> 19 mm) und höhere Werte im Corn-Silage-Processing Score. Die fettkorrigierte Milchmenge ist bei Rationen mit Shredlage-Silagen um 1,0 bis 1,5 kg FCM je Kuh und Tag höher. In den Versuchen gab es keine Unterschiede bezüglich des selektiven Fressens und der Wiederkauaktivität. Die Futteraufnahmen waren jeweils nicht verschieden.

Ein weiterer Versuch an der Cornell-Universität zeigte keine Unterschiede in den Leistungen der Tiere bei unterschiedlich aufbereiteten Maissilagen. In einer weiteren Praxisstudie ergab sich bei vergleichbarer Futteraufnahme eine höhere Milchmenge bei den mit Shredlage-Silage gefütterten Kühen. In allen Versuchen spiegelten sich die unterschiedlichen peNDFom-Gehalte in der Wiederkauaktivität und den Fettprozenten nicht wider.

Tab. 2 Ergebnisse aus vergleichenden Fütterungsversuchen von Kontroll- und Shredlage-Silagen

	Versuch 1*		Versuch 2*	
	Kontrolle	Shredlage	Kontrolle	Shredlage
Häcksellänge (mm)	19	30	19	26
Cornkracker (mm)	3	2,5	2,0	2,0
Δ Walzengeschw. (%)	21	32	40	32
Anzahl Kühe (n)	56	56	40	40
Anteil Maissilage (%)	50	50	45	45
Anteile > 19 mm (%)	5,6	31,5	7,1	18,3
CSPS** (%)	60,3	75,0	67,6	72,4
FCM (kg)	44,5	45,5	49,8	51,3
TM – Aufnahme (kg / Tag)	24,7	25,3		

*Quelle: Ferraretto u. a., 2015 **CSPS = Corn-Silage-Processing-Score

Aus dem deutschsprachigen Raum gibt es bisher keine Studien zum Vergleich herkömmlicher Maissilagen mit einer theoretischen Häcksellänge von 5-8 mm, gemäß DLG-Empfehlung, und einer Shredlage-Maissilage. Im Herbst 2015 wurden auf drei Versuchsbetrieben vergleichbare Maissilagen mit unterschiedlicher Erntetechnik einsiliert. Die entsprechenden Fütterungsversuche sind für 2016 geplant (Tabelle 3). Die Nährstoffgehalte und die im Hammelversuch ermittelten Verdaulichkeiten der in Riswick eingesetzten Maissilagen können den Tabellen 4 und 5 entnommen werden. Die Daten zeigen, dass vergleichbares Material von konventioneller und Shredlage-Silage eingelagert wurde.

Tab. 3: Übersicht über geplante Fütterungsversuche mit Shredlage-Maissilage

Einrichtung	Landwirtschaftszentrum Eichhof	LVFZ Achselschwang	VBZL Haus Riswick
Ansprechpartner	Thomas Bonsels	Dr. Thomas Ettle	Dr. Martin Pries
Erntemenge (m ³)	400	360	860
Anzahl Tiere	ca. 100	2 x 24	2 x 48
Versuchsdauer	120 Tage	100 Tage	120 Tage
Versuchsbeginn	Frühjahr 2016	Juni 2016	Januar 2016

Tab. 4: Nährstoffgehalte der im Riswicker Versuch eingesetzten Maissilagen

	Kontrolle	Shredlage
	TM	TM
TM (%)	35,1	36,3
Rohasche	37	36
Rohprotein	74	77
Rohfett	28	28
Rohfaser	142	140
Rohstärke	373	366
aNDFom	311	322
ADFom	182	185
ELOS	770	779

Tab. 5: Ergebnisse der Verdaulichkeitsmessungen für die Maissilagen

	Kontrolle n = 4		Shredlage n = 4	
	Mittelwert	s	Mittelwert	s
dOS (%)	81,0	2,48	80,5	1,18
dXP (%)	46,6	11,52	48,2	3,82
dXL (%)	73,4	3,68	75,8	1,45
dXF (%)	67,5	4,05	65,4	3,87
dNDFom (%)	64,0	4,67	64,2	2,48
ME (MJ/kg TM)	11,88	0,36	11,83	0,17
NEL (MJ/kg TM)	7,35	0,28	7,31	0,13
ME, GfE '08 (MJ/kg TM)	11,74		11,73	
NEL, GfE '08 (MJ/kg TM)	7,24		7,23	

4 Schlussfolgerungen

Erst nach dem Vorliegen der Ergebnisse aus den Milchkuhfütterungsversuchen kann ein Vergleich der Wirkung von herkömmlicher Häckseltechnik mit der Shredlage-Silagebereitung vorgenommen und Empfehlungen für das zukünftige Vorgehen gegeben werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Mahlkow, K.; J. Thaysen; J. Thomsen (2005): Auswirkungen unterschiedlicher Häcksel-längen beim Silomais auf die Strukturversorgung der Milchkuh; in: Forum angewandte For-schung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2005, Herausgeber: Verband der Land-wirtschaftskammern, Bonn, 70 – 74
- [2] Pries, M.; S. Bandilla; H. van de Sand; A. Menke; R. Staufienbiel (2006): Einfluss der Häcksellänge auf Leistung und Acidoseparameter bei Milchkühen, 118. VDLUFA-Kongress, Bonn, Kurzfassung, 99
- [3] Spiekers, H., Ettle, T., Preisinger, W., Pries, M. (2009): Häcksellänge und Strukturwert von Silomais; Tagungsband der DMK-Fachkommission Futterkonservierung und Fütterung, März 2009 in Braunschweig
- [4] Ferraretto, L. F., and R. D. Shaver. (2012 a): Effect of Corn Shredlage on lactation per-formance and total tract starch digestibility by dairy cows. Prof. Anim. Sci. 28:639-647.
- [5] Ferraretto, L. F., and R. D. Shaver. (2012 b): Meta-analysis: Impact of corn silage har-vest practice on intake, digestion and milk production by dairy cows. Prof. Anim. Sci. 28:141-149.
- [6] Ferraretto, L. F., R. D. Shaver, S. Massie, R. Singo, D. M. Taysom, and J. P. Brouil-lette. (2015): Effect of ensiling time and hybrid type on fermentation, nitrogen Fractions and ruminal in vitro starch and NDF digestibility in whole-plant corn silage. Prof. Anim. Sci. 31:146-152.
- [7] Vanderwerff, L.M., L.F. Ferraretto, and R.D. Shaver. (2014): Impact of brown midrib Corn Shredlage on lactation performance by dairy cows selected for late-breaking. abstract presentation at ADSA/ASAS Annual Meeting. Kansas City, MO. J. Dairy Sci. 97 (E-Suppl. 1).

Hefebesatz und aerobe Stabilität in Maissilagen in Abhängigkeit vom Lufteinfluss vor und während der Silierung

K. Weiß

Humboldt Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät

Zusammenfassung

Maissilagen weisen in der Praxis häufig eine unzureichende aerobe Stabilität (ASTA) mit ausgeprägter Nacherwärmung auf. Unter Luft- bzw. Sauerstoffeinfluss wird eine rasante Vermehrung der Hefezahlen erreicht. Hefen können bereits zu Gärbeginn in ausreichender Zahl überleben und unter Luftabschluss im Silo ihren Stoffwechsel auf anaerobe Gärung mit Ethanol- bzw. Propanolbildung umstellen. Nach Siloöffnung besteht ein hohes Risiko für aeroben Verderb. In der vorliegenden Arbeit wurde ein systematischer Maissilierungsversuch zur Prüfung der Auswirkungen des Lufteinflusses auf den Silierprozess durchgeführt. Dabei wurden folgende Fragestellungen untersucht: Welchen Einfluss hat ein verzögertes Einsilieren? Wie wirkt sich Luftzufuhr während des Silierprozesses nach Öffnung auf Hefebesatz, Ethanol-Gehalte, TM-Verluste und die aerobe Stabilität (ASTA) aus? Wie können Hefegehalte reduziert und die ASTA verbessert werden? Hierzu wurde Silomais mit einem Trockenmassegehalt (TM)-Gehalt von 35 % in Laborsilierungsgefäße sowohl unter Luftabschluss, sofort und verzögert, als auch unter Lufteinfluss während der Silierung nach 28, 42 und 90 Tagen (d) einsiliert und der Effekt von einem biologischen (MSB_{homo}) und zwei chemischen Siliermitteln (1x ameisensäurehaltig, 1x benzoathaltig) geprüft. Es wurden zum Gärproduktmuster an Gärsäuren und Alkoholen auch WLKH-Gehalte, Hefen, und TM-Verluste im Silierverlauf, sowie die ASTA nach 49 und 90 Tagen bestimmt. Eine 24h-Zwischenlagerung vor Silierung, noch nicht in Silierungsgefäßen, war ohne Effekt auf den Hefebesatz im Gärverlauf und die ASTA am 49. und 90. Siliertag. TM-Verluste sind für die Zwischenlagerung nicht bestimmt worden. Bei strikt anaerober Lagerung wurde der Hefebesatz in allen Varianten im Gärverlauf deutlich reduziert. Die Silagen waren jedoch nur mit dem benzoathaltigen Siliermittel mehr als 7 Tage aerob stabil. Lufteinfluss während der Silierung führte zum starken Anstieg des Hefebesatzes, verbunden mit hohen TM-Verlusten und Ethanolgehalten, der nur mit einem benzoathaltigen Siliermittel sicher unterdrückt werden konnte.

Fazit: Lufteinwirkung ist in allen Phasen der Silierung deutlich und nachhaltig zu minimieren. Eine wirksame Unterbindung von Hefeaktivität und die Gewährleistung einer hohen ASTA bei minimalen TM-Verlusten ist darüber hinaus durch den Einsatz von Siliermitteln der WR 2 zu sichern.

1 Einleitung

Maissilagen weisen in der Praxis häufig eine unzureichende aerobe Stabilität (ASTA) mit ausgeprägter Nacherwärmung auf, welche insbesondere durch Hefen verursacht wird. Unter Luft- bzw. Sauerstoffeinfluss werden nicht nur Kohlenhydrate und Milchsäure unter Freisetzung von Energie (Wärme) abgebaut, sondern es wird auch eine rasante Vermeh-

rung der Hefezahlen erreicht [1, 2]. Findet diese Vermehrung bereits zu Gärbeginn statt, können Hefen in ausreichender Zahl überleben, die dann unter Luftabschluss im Silo ihren Stoffwechsel auf anaerobe Gärung umstellen und in dessen Folge Ethanol, aber auch Propanol [3] produzieren können. Nach Siloöffnung besteht ein hohes Risiko für aeroben Verderb.

Bereits 2006 wurden Untersuchungen zu den Ursachen der Nacherwärmung innerhalb eines Projektes an der Humboldt Universität zu Berlin durchgeführt, indem ein Praxissilo im Rand- und Kernbereich hinsichtlich Gärproduktmuster, Hefen, ASTA, Verdichtung und Silo-Temperatur untersucht wurde. Parallel zur Praxissilierung sind Laborsilierungsversuche mit gleichem Siliergut angelegt worden [4]. Im Laborsilierungsversuch konnte gezeigt werden, dass Luftabschluss während der Silierung eine Reduzierung des Hefebesatzes, insbesondere der laktatabauenden Hefen, bewirkte und die aerobe Stabilität deutlich verbessert wurde. Weiterhin war die Silage-Haltbarkeit an den verschiedenen Beprobungspunkten im Rand- und Kernbereich des Praxissilos umso geringer, je höher der Hefebesatz war. Temperaturmessungen mittels Datenloggern im Futterstock zeigten, dass während der Einlagerungsphase die Temperatur stark anstieg, der Temperaturanstieg jedoch nach kompletter Silozudeckung beendet war. Die Maximaltemperatur am Ende der Einlagerungsphase lag zwischen 25 und 30°C. Diese Temperatur blieb im Kernbereich über die gesamte Lagerdauer von ca. 4 Monaten mit geringen Schwankungen konstant, während sich der Randbereich im Verlauf der mehrmonatigen Lagerung im Herbst- bzw. Winterhalbjahr durch die Umgebungstemperatur deutlich abkühlte. Die Intensität der Nacherwärmung in der Praxissilage war in Abhängigkeit der Beprobungsstellen deutlich unterschiedlich. Der Randbereich und besonders die oberen Schichten waren weniger aerob stabil als der Kernbereich. Tendenziell war ein Zusammenhang zwischen Verdichtung und aerober Stabilität bei den Praxissilagen zu beobachten. In einer umfangreichen Praxiserhebung 2013 in 52 Betrieben in Schleswig- Holstein konnten diese Ergebnisse bestätigt und gezeigt werden, dass eine unzureichende Verdichtung, insbesondere in Rand- und Oberflächenschichten, in direktem Zusammenhang mit erhöhten Hefegehalten und verringerter ASTA nach Auslagerung steht [5].

Ausgehend von diesen umfangreichen Praxisuntersuchungen wurde ein systematischer Maissilierungsversuch zur Prüfung der Auswirkungen des Lufteinflusses in den einzelnen Phasen des Silierprozesses durchgeführt. Folgende Fragestellungen wurden untersucht: Welchen Einfluss hat ein verzögertes Einsilieren? Wie wirkt sich Luftzufuhr während des Silierprozesses nach Öffnung auf Hefebesatz, TM-Verluste und ASTA aus? Wie können Hefegehalte reduziert und die ASTA verbessert werden?

2 Material und Methoden

Zur Prüfung des Effektes Lufteinfluss wurde ein Laborsilierungsversuch mit Mais (35% TM) angelegt. Für die Fragestellung Lufteinfluss vor Silierung wurde ein Teil des Ausgangsmaterials sofort siliert („sofort“), ein weiterer Teil erst nach 24 Stunden Zwischenlagerung („verzögert“) in die Laborsilierungsgefäße eingefüllt. Um Effekte des Lufteinflusses (LE) während der Silierung zu untersuchen, wurden spezielle Laborgläser nach 28, 42 und 90 Tagen Lagerungsdauer für 24 h über ein Loch am Glasboden, bei gleichzeitig geöffnetem Deckel, belüftet. Weiterhin wurden Silierzusätze sowohl bei sofort, sofort mit Lufteinfluss (LE) während der Lagerdauer als auch bei verzögert einsiliertem Material im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle in jeweils dreifacher Wiederholung geprüft. Zur Anwendung kamen homofermentative Milchsäurebakterien (MSB_{homo}) (5 g/t, mindestens 10^5 KBE/g FM), ein chemisches Siliermittel (Chem.SM A) mit einer abgepufferten Säuremi-

scheidung aus Ameisen-, Propion- sowie Benzoesäure (4 l/t), ein chemisches Siliermittel (Chem.SM B) bestehend aus einer flüssigen Mischung Natriumbenzoat (250 g/l) und Kaliumsorbat (150 g/l). Die Laborgläser wurden in allen Varianten nach jeweils 2, 14, 28, 49 und 90 Tagen geöffnet, Trockenmasseverluste bestimmt und Proben zur chemischen Analyse und Hefebestimmung gezogen. Es wurde der Gehalt an laktatabbauenden Hefen bestimmt [6]. Die aerobe Stabilität wurde nach 49 und 90 Tagen nach Honig [7] ermittelt. Die ausführliche Versuchsbeschreibung ist in einer Graduierungsarbeit an der Humboldt Universität zu Berlin niedergelegt [8].

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Lufteinfluss vor der Silierung

Wie aus Abbildung 1a hervorgeht, ist die aerobe Stabilität in verzögert einsilierten Silagen sowohl nach 49 als auch nach 90 Tagen anaerober Lagerung in allen Varianten nahezu vergleichbar hoch gewesen.

24 h verzögert einsiliert; anaerobe Lagerung (1a) sofort einsiliert; anaerobe Lagerung (1b)

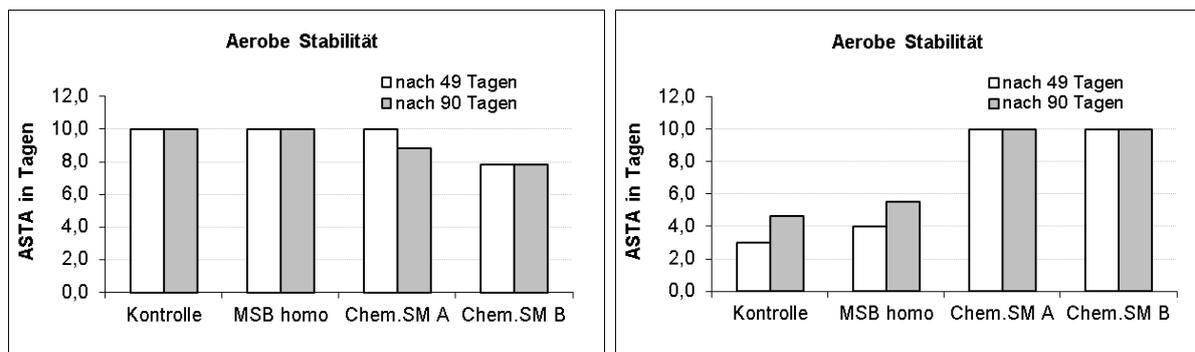


Abb. 1: Aerobe Stabilität nach 49 und 90 Tagen bei strikt anaerober Lagerung in Abhängigkeit vom Silierzeitpunkt; 1a 24 h verzögert einsiliert, 1b sofort einsiliert

Die sofort einsilierten Silagen (Abb.1b) wiesen dagegen in den unbehandelten Kontrollvarianten bzw. in denen mit homofermentativem Milchsäurebakterienzusatz nach 49 und 90 Tagen Lagerdauer eine deutlich geringere aerobe Stabilität auf. Laktatabbauende Hefen wurden sowohl bei verzögert einsiliertem Gut als auch bei sofortigem Einsilieren bereits nach 14 Tagen anaerober Lagerung im Gärverlauf drastisch reduziert (Abb.2 a und b).

Die deutlich verringerte ASTA bei unbehandelten bzw. mit MSB_{homo} behandelten Silagen weist jedoch darauf hin, dass einige Hefezellen die anaerobe Lagerungsphase unbeschadet überlebt haben [2]. Auch die im Verlauf der anaeroben Gärung stark angestiegenen Ethanolgehalte (siehe Tabelle 1) können mit anaerober Hefeaktivität erklärt werden [2]. Ist ein Hefe-Hemmstoff in ausreichender Konzentration nicht vorhanden, können nach Auslagerung Hefen wieder aerob stoffwechselaktiv werden und eine Reduzierung der ASTA bewirken.

Die verzögert einsilierten Varianten wiesen dagegen am 49. und 90. Tag in Kontroll- und MSB-Varianten (siehe Abb.1a) eine deutlich höhere ASTA auf. Zum einen können hier die höheren Essigsäuregehalte (s. Tab.1) aus der Stoffwechselaktivität von Enterobakterien [9] bei verzögert einsilierten Varianten inhibitorisch auf Hefen gewirkt haben.

24 h verzögert einsiliert; anaerobe Lagerung (2a) sofort einsiliert; anaerobe Lagerung (2b)

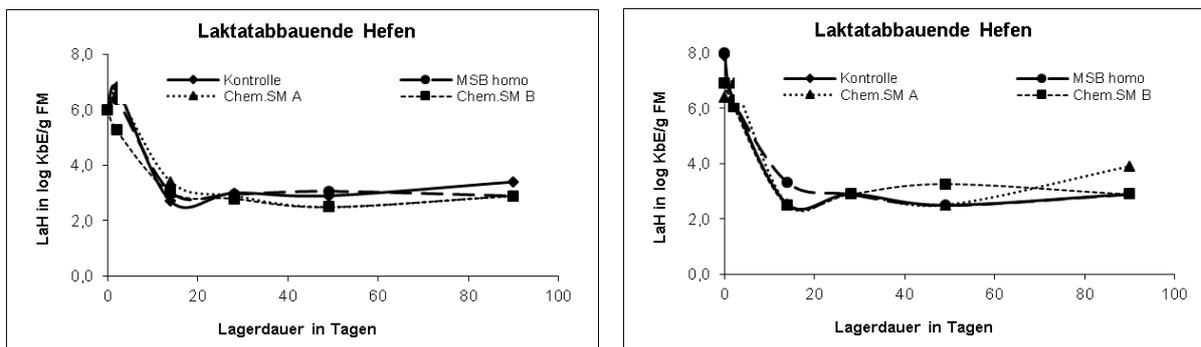


Abb. 2: Gehalt an laktatabbauenden Hefen im Gärverlauf bei strikt anaerober Lagerung in Abhängigkeit vom Silierzeitpunkt (1a 24 h verzögert einsiliert, 1b sofort einsiliert) und Zusatz unterschiedlicher Siliermittel

Strenge Korrelationen zwischen der Konzentration an antimykotisch wirkender Essigsäure und Hefezahlen wurden auch in anderen Maisversuchen beobachtet [10], ebenso wie zwischen Essigsäure und ASTA [11, 12]. Zum anderen waren die WLKH-Gehalte im vorliegenden Versuch am 49. und 90. Tag strikt anaerober Lagerung (s. Tab.1) deutlich höher als bei verzögert einsilierten unbehandelten bzw. mit MSB_{homo} behandelten Silagen. Somit stand den Hefen mehr Substrat zur Verfügung. TM-Verluste sind für die Zwischenlagerung nicht bestimmt worden. Es ist jedoch nach McDonald [3] davon auszugehen, dass eine verlängerte Restatmung dazu führt, dass im Siliergut enthaltene Einfachzucker enzymatisch zu Wasser und CO_2 umgesetzt werden. Weiterhin war im vorliegenden Versuch ein rasanter Anstieg der Hefezahlen von 10^6 KbE/g FM bei sofort siliertem Material auf 10^8 KbE/g FM durch die 24h-Verzögerung eingetreten, womit ein umfangreicher TM-Abbau verbunden ist [1,2].

Im Unterschied zur beschriebenen Versuchsanlage wurde bei einem Maissilageversuch in 120-l-Fässern (28% TM im Ausgangsmaterial) das gesamte Siliergut sofort in die Versuchssilos eingefüllt und in zwei Stufen, hoch und niedrig verdichtet [13]. Hierbei wurde der Einfluss eines verzögerten Verschlusses untersucht, indem die Fässer sofort, nach 2 bzw. 4 Tagen verzögert verschlossen wurden. Es zeigte sich, dass mit Verzögerung der luftdichten, strikt anaeroben Lagerung in den Fässern steigende TM-Verluste bei deutlich erhöhten Hefezahlen festzustellen waren. In den Fässern wurde mittels Datenloggern ein Temperaturanstieg bis zum Verschluss gemessen, vergleichbar mit den oben beschriebenen Ergebnissen aus dem Praxissilo [4]. Nach Auslagerung war die ASTA umso geringer, je länger die Fässer offen waren.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine Zwischenlagerung vor dem Einsilieren zu ausgeprägten Stoffumsetzungen und Trockenmasseverlusten führt, ein verzögerter Verschluss bereits verdichteter Silage darüber hinaus das Risiko aerober Instabilität erhöht.

3.2 Lufteinfluss während der Silierung

Bei den Varianten mit Luftzufuhr, beginnend am 28. Tag der Lagerphase, war in allen geprüften Zusatzvarianten ein Anstieg der Hefegehalte (Abb.3) festzustellen. Dieser Anstieg war am größten in der Kontroll-Variante und bei MSB_{homo}.

Es ist davon auszugehen, dass der kritische Besatz an Hefen von 10^5 bis 10^6 KbE/g FM nach Woolford [14] zum Zeitpunkt der Öffnung am 49. und 90. Tag in diesen Varianten überschritten war. Hinzu kommt, dass insbesondere bei Zusatz eines homofermentativen Milchsäurebakterienpräparates nach einer kurzen intensiven Hauptgärphase erhöhte Milchsäure- und Restzuckeranteile vorliegen, die dann bei Silo-Öffnung den laktatabbauenden Hefen zur Verfügung stehen [15].

sofort einsiliert; Lufteinfluss während Lagerung

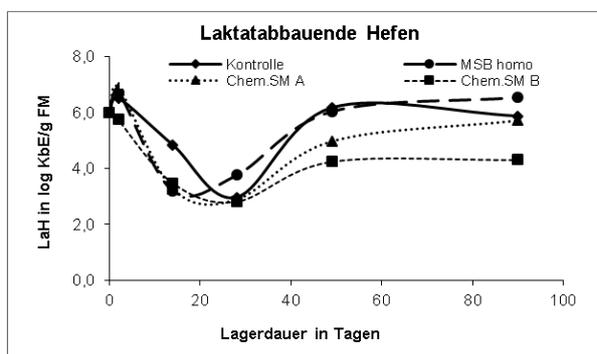


Abb. 3: Gehalt an laktatabbauenden Hefen im Gärverlauf bei „sofort siliert“, mit Lufteinfluss während der Lagerung und Zusatz unterschiedlicher Siliermittel

Das benzoathaltige Siliermittel (Chem. SM B) konnte die Hefegehalte deutlich reduzieren (Abb. 3) und führte sicher zu aerob stabilen Silagen, sowohl nach 49 als auch nach 90 Tagen (Abb.4). Die inhibitorische Wirkung dieses Zusatzes war auch an den reduzierten Ethanolgehalten (s.Tab.1) erkennbar und wird durch vergleichbare Ergebnisse in der Literatur gestützt [11, 12, 16].

sofort einsiliert; Lufteinfluss während Lagerung

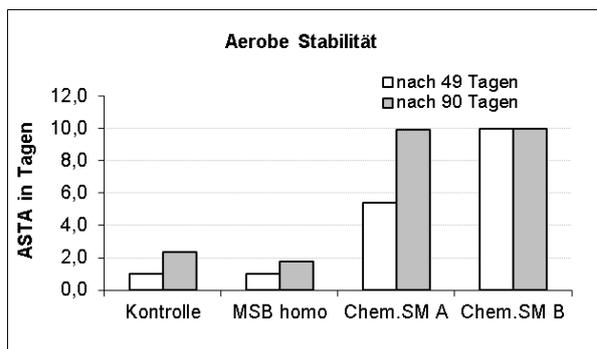


Abb. 4: Aerobe Stabilität nach 49 und 90 Tagen bei „sofort siliert“, mit Lufteinfluss während der Lagerung und Zusatz unterschiedlicher Siliermittel

Die mit Ameisensäurehaltigem Siliermittel behandelten Silagen wiesen am Ende der Lagerungsdauer von 90 Tagen vergleichbar hohe Hefegehalte wie die Kontrollvariante auf (Abb.3). Das Ameisensäurehaltige Siliermittel konnte jedoch die ASTA nach 49 Tagen etwas verbessern bzw. nach 90 Tagen stabilisieren (Abb.4).

Dieser Zusatz bewirkte jedoch eine ausgedehnte Ethanolbildung (Tab.1) weit über 3% in der TM und bereits in den ersten 14 Gärungstagen, unabhängig vom Lufteinfluss vor und während der Silierung. Damit verbunden war ein enormer Trockenmasseverlust (Abb.5a und 5b). Diese ausgeprägte anaerobe Hefeaktivität während der ersten Gärungstage und eine Reduzierung von Hefekeimzahlen bei anschließender ausreichend langer Lagerung mit Verbesserung der ASTA, wie hier im Versuch vom 49. zum 90. Tag (s. Abb.4), wurde bereits von Middelhoven und van Baalen beschrieben [17].

Bei Luftzufuhr während der Lagerdauer stiegen die TM-Verluste in allen Varianten bereits nach dem 28. Lagerungstag, dem Zeitpunkt der ersten Lufteinwirkung, an, am stärksten jedoch mit dem ameisensäurehaltige Siliermittel (Abb.5b).

sofort einsiliert; anaerobe Lagerung (5a) sofort einsiliert; Lufteinfluss während Lagerung (5b)

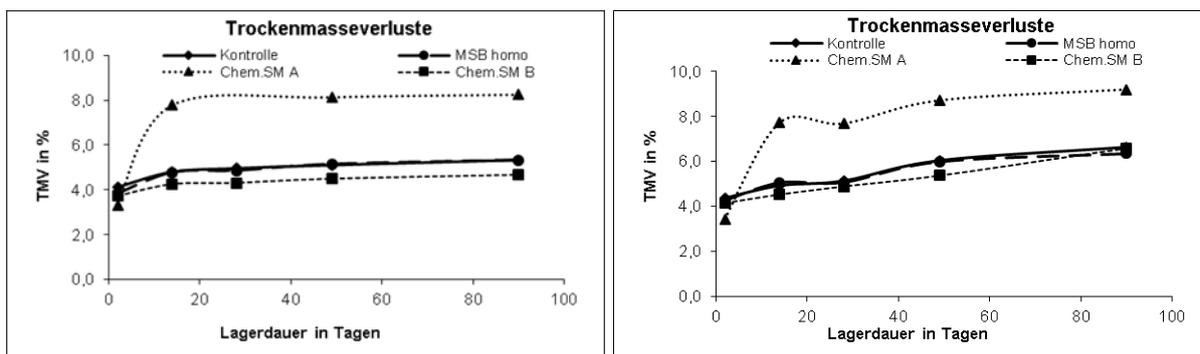


Abb. 5: Trockenmasseverluste bei „sofort siliert“, ohne (Abb.5a) und mit Lufteinfluss (Abb.5b) während der Lagerung und Zusatz unterschiedlicher Siliermittel

4 Schlussfolgerungen

Eine Zwischenlagerung von Siliergut sollte in jedem Falle vermieden werden. Weiterhin ist Lufteinwirkung in allen Phasen der Silierung deutlich und nachhaltig zu minimieren, beginnend mit einer zügigen Einsilierung und einer schnellstmöglichen Abdeckung. Während einer ausreichend langen Lagerdauer ist für eine strikt anaerobe Lagerung zu sorgen. Eine wirksame Unterbindung von Hefeaktivität und die Gewährleistung einer hohen aeroben Stabilität bei minimalen Trockenmasseverlusten ist darüber hinaus durch den Einsatz von Siliermitteln der WR 2 zu sichern.

Danksagung

Hiermit möchte ich mich recht herzlich bei Frau Dr. Christine Kalzendorf, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, für die Durchführung des Versuches bedanken und bei der Firma ADDCON GmbH, Bonn, für die partielle Finanzierung des Versuches.

Tab. 1: Essigsäure-, Ethanolgehalt und Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLKH) im Gärverlauf von sofort, verzögert silierten Mais (35%) und sofort siliert mit Lufteinfluss während der Lagerung bei Zusatz unterschiedlicher Siliermittel

Tabelle 1: Essigsäure-, Ethanolgehalt und Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten (WLKH) im Gärverlauf von sofort, verzögert silierten Mais (35%) und sofort siliert mit Lufteinfluss während der Lagerung bei Zusatz unterschiedlicher Siliermittel

	Sofort siliert, anaerobe Lagerung				Lufteinfluss vor Lagerung (verzögert)				Lufteinfluss (LE) während Lagerung			
	Kontrolle	MSB _{homo}	Chem. A	Chem. B	Kontrolle	MSB _{homo}	Chem. A	Chem. B	Kontrolle	MSB _{homo}	Chem. A	Chem. B
Essigsäure (ES) in % TM												
2	0,77	0,83	0,27	0,79	0,80	0,81	0,06	0,65	0,60	0,69	0,32	0,74
14	0,90	0,89	0,42	1,00	1,19	1,18	0,46	1,01	0,87	0,91	0,35	0,85
28	1,03	1,02	0,54	0,99	1,16	1,34	0,51	1,10	1,02	1,06	0,47	0,91
49	1,17	1,10	0,69	1,23	1,65	1,48	0,78	1,29	1,07	0,85	0,60	1,04
90	1,25	1,09	0,77	1,11	1,86	1,48	0,90	1,12	1,32	0,88	0,67	0,97
Ethanol (Eth.) in % TM												
2	0,72	0,60	0,71	0,59	1,37	1,42	2,66	0,91	1,06	1,05	1,02	0,93
14	0,88	1,21	4,52	0,74	1,52	1,33	3,94	0,82	1,56	1,11	3,51	0,93
28	1,08	1,38	3,88	0,70	1,10	1,26	2,66	1,07	1,58	1,38	3,67	0,79
49	1,22	1,12	4,27	0,71	1,37	1,40	4,47	0,97	1,52	1,13	3,95	0,70
90	1,40	1,32	4,25	0,58	1,28	1,22	3,69	0,81	1,98	1,28	3,74	1,17
Wasserlösliche Kohlenhydrate (WLKH) in % TM												
2	2,73	3,40	9,31	4,50	0,67	0,69	2,13	1,34	2,44	2,24	8,23	4,74
14	0,47	0,48	0,66	0,89	0,48	0,42	0,35	0,57	0,59	0,52	0,63	0,67
28	0,56	0,49	0,69	0,93	0,38	0,40	0,50	0,64	0,59	0,56	0,77	0,67
49	0,83	0,80	1,86	1,04	0,52	0,49	1,37	0,74	0,75	0,74	1,59	0,84
90	1,14	1,03	2,73	1,34	0,44	0,50	2,30	0,88	1,07	0,94	2,50	1,12

5 Literaturverzeichnis

- [1] Rooke, J.A. and Hatfield, R.D. (2003): Biochemistry of Ensiling. In Silage science and technology. Buxton, D.R., Muck, R. E. and Harrison, J.H.. Ed. American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc., Madison, WI, USA, 95-139
- [2] Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Oude Elferink, S.J. W. H. and Spoelstra, S.F. (2003): Microbiology of Ensiling. In Silage science and technology. Buxton, D.R., Muck, R. E. and Harrison, J.H.. Ed. American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc., Madison, WI, USA, 31-93
- [3] McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S. J. E. (1991): The Biochemistry of Silage. Second Edition. Chalcombe Publications, Marlow, Great Britain.
- [4] Braun, A. (2006): Untersuchungen zu den Ursachen der Nacherwärmung und Möglichkeiten der Verbesserung der aeroben Stabilität von Maissilagen. Masterarbeit im Studiengang Nutztierwissenschaften an der Humboldt Universität zu Berlin.
- [5] Weiß, K., Olbrich, C., Thaysen, J.(2014): Maissilagequalität in Schleswig-Holstein – Ergebnisse einer Erhebung in 52 Landwirtschaftsbetrieben. VDLUFA- Schriftenreihe 70, 453-461
- [6] Jonsson, A. and G. Pahlow. (1984): Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silages inoculated with *Lactobacillus* cultures. Anim. Res. Developm. 20: 7-11.
- [7] Honig, H. (1990): Evaluation of aerobic stability. In: Lindren, S. and Petterson, K. L. (Hrsg.): Proceedings of the EUROBAC Conference, Uppsala, 1986: Grass and forage Reports, Special issue, 3, 76 – 82
- [8] Luther, D. (2013): Zum Lufteinfluss während der Maissilierung: Auswirkungen auf Gärproduktmuster, aerobe Stabilität und Hefen. Masterarbeit im Studiengang Prozess- und Qualitätsmanagement an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt Universität zu Berlin.
- [9] Kung, L., JR. (2008): The Aerobic Stability of Silages. 2nd International Symposium on Animal Production under Grazing, University of Vicosa, Brazil, 12. - 15. November, S. 233 – 248
- [10] Kleinschmit, D. H. and L. Kung, Jr. (2006): A meta-analysis on the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. J. Dairy Sci. 89: 4005-4013.
- [11] Auerbach, H. and E. Nadeau. (2013): Effects of chemical additives on whole crop maize silage traits. Pages 736-737 in Proc. 22nd Internatl. Grassl. Congr., Sydney, New South Wales, Australia. D. L. Michalk, G. D. Millar, W. B. Badgery, and K. M. Broadfoot.ed. New South Wales Department of Primary Industry, Orange, New South Wales Australia
- [12] Auerbach, H., Weiss, K, Theobald, P. and Nadeau, E. (2013): Effect of inoculant type on dry matter losses, fermentation pattern, yeast count and aerobic stability of green rye silages. Pages 179-185 in Proc. 12. BOKU Symposium Tierernährung, Vienna, Austria. C. Mair, M. Kraft, K. Schedle, ed. Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria

- [13] D. Brüning, Gerlach, K., Weiß, K. and K.-H. Südekum(2015): Effect of aerobic exposure before and after ensiling on maize silage quality. Proc.XVII International Silage Conference 1.-3.July 2015, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil, pp. 182-183
- [14] Woolford, M.K.: (1990): The detrimental effects of air on silage. Journal of Applied Bacteriology, 68, S. 101 – 116
- [15] Kaiser, E. (2010): Hilfe gegen Hefen. Neue Landwirtschaft, 07-2010, S. 71 ff.
- [16] Weiss, K. and H. Auerbach. (2012): The effect of different types of chemical silage additives on DM losses, fermentation pattern, volatile organic compounds (VOC) and aerobic stability of maize silage. Pages 360-361 in Proc. XXIth Int. Silage Conf., Hämeenlinna, Finland. K. Kuoppala, M. Rinne, and A. Vanhatalo, ed. MTT Agrifood Research Finland, University of Helsinki, Finland.
- [17] Middelhoven, W. J. and A. H. M. van Baalen. (1988): Development of the yeast flora of whole crop maize during ensiling and during subsequent aerobiosis. J. Sci. Fd. Agric. 42: 199-207

Behandlung von DON-belasteter Maiskornsilage mit Natriumsulfit - Auswirkungen auf den DON-Gehalt und die Futterhygiene

M. Schäffler

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

Zusammenfassung

Vor allem Maisfuttermittel sind immer wieder stark mit dem Mykotoxin Deoxynivalenol (DON) belastet. DON ist in Bayern aufgrund der vorherrschenden klimatischen Verhältnisse das Leittoxin und kann bei Schweinen zu einem Rückgang der Futteraufnahme führen. Am Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL wurde im Rahmen eines Silierversuches das verbreitete Schweinefutter Maiskornsilage-Schrot (MKS-S) mit dem Konservierungsstoff Natriumsulfit zur Detoxifizierung behandelt. Eine Wirksamkeit von Natriumsulfit gegenüber DON konnte bis jetzt nur bei feuchten Futtermitteln und nicht bei Trockenfutter festgestellt werden. Bei MKS-S mit einem Trockenmassegehalt von 60-70% wurde deshalb ein Effekt erwartet. Die Detoxifizierung erfolgt durch die Bildung von DON-Sulfonaten. MKS-S mit einem Trockenmassegehalt von 62% und einem DON-Gehalt von 4,1 mg/kg (im Trockenfutter 88% TM) wurde in Einmachgläser und in Fässer wiedereinsiliert. Dabei wurden zwei Dosierungen mit 0,35% und 0,55% Natriumsulfit je kg Trockenfutter getestet. 0,4% Propionsäure wurde zur Absicherung zugesetzt. Eine weitere Variante wurde nur mit Propionsäure behandelt. Keinen Konservierungsstoff hatte die Kontrollgruppe erhalten. Nach einer dreimonatigen Lagerung konnte eine DON-Reduzierung nur bei den Varianten mit Natriumsulfit festgestellt werden. Während bei der niedrigeren Dosierung mit 0,35% Natriumsulfit nur eine Reduzierung von ca. 10% gemessen wurde, konnte in der Dosierung von 0,55% eine Reduzierung von ca. 78-100% festgestellt werden. Natriumsulfit konnte in Maiskornsilage die DON-Belastung reduzieren. Die gebildeten DON-Sulfonate wurden nicht untersucht. Wie das Tier auf die gebildeten DON-Sulfonate reagiert und ob die Detoxifizierung nachhaltig ist, muss in einem Fütterungsversuch überprüft werden.

1 Einleitung

Maiskornsilage in der Form von Maiskornsilage-Schrot (MKS-S) oder Maiskornsilage-Ganzkorn (MKS-G) ist ein fester Bestandteil in Futterrationen von bayerischen Schweinemästern in Niederbayern und Schwaben. Nach der Körnermais-/Maiskornsilageernte 2014 haben sich die Meldungen über erhöhte Mykotoxingehalte in Bayern teilweise überschlagen. Regional wurden in der Schweinemast Verzehrsrückgänge bei Rationen mit hohen Maisanteilen gemeldet. Bei Futteruntersuchungen wurden in diesen Fällen immer hohe Gehalte von Deoxynivalenol (DON) festgestellt. 2014 und 2015 wurde deshalb wieder über Detoxifizierung nachgedacht. In der Praxis wurden verschiedene Futterzusätze eingesetzt, die laut Hersteller detoxifizierend wirken sollten. Die versprochene Wirkung war

aber bei den Produkten die Tonminerale, Hefezellwände oder auch Enzyme enthalten am Tier meist nicht erkennbar. Dass es Konservierungsstoffe gibt, die bei DON detoxifizierend wirken, ist fast in Vergessenheit geraten. In der Vergangenheit wurden viele Versuche mit Natriumdisulfit durchgeführt. In DON-belastetem Weizen konnte durch Zusatz von 1 % Natriumdisulfit eine DON-Reduzierung zwischen 80-99 % erreicht werden [1]. Neuere Untersuchungen mit dem in der Anwendung unproblematischeren Natriumsulfit (keine Gefahrstoffkennzeichnung) kommen zu ähnlichen Ergebnissen in der Reduktion von DON [2]. Bei angefeuchtetem Maismehl (70% TM) wurde eine DON-Reduzierung von über 90 % ab einer Lagerdauer von 10 Tagen erreicht (Dosierung 0,5%). DON wurde dabei in DON-Sulfonate umgebaut und dadurch detoxifiziert. Bei trockenem Maismehl wurde keine Reduzierung festgestellt. Vor diesem Hintergrund wurde der Einsatz von Natriumsulfit in MKS-S, die in der Praxis TM Gehalte von 60-70% aufweist, getestet. Natriumsulfit hat nur eine detoxifizierende Wirkung auf DON und nicht auf Zearalenon. Es ist aber anzumerken, dass Natriumsulfit derzeit nicht als Futtermittel zugelassen ist.

2 Material und Methoden

MKS-S mit einem DON-Gehalt von ca. 4,1 mg/kg (im Trockenfutter) wurde von einem Schweinemastbetrieb besorgt. Das Futter lagerte dort ca. 10 Monate in einem Hochsilo. Es wurde mit Natriumsulfit (NAS) in den Konzentrationsstufen 0,35% und 0,55% je kg Trockenfutter behandelt und wieder einsiliert (Tab.1). Zur Absicherung der Lagerung wurde noch 0,4% Propionsäure (PS) zugesetzt.

Tab. 1: Varianten mit Dosierung der Konservierungsstoffe in Prozent im Trockenfutter (88% TM)

Variante	Bezeichnung	Dosierung % Trockenfutter (88%TM)	
		PS	NAS
1	Kontrolle	--	--
2	0,4% PS/ 0,35 % NAS	0,4	0,35
3	0,4% PS/ 0,55% NAS	0,4	0,55
4	0,4% PS	0,4	--

Das Material wurde in Einmachgläsern (1,5L) abgefüllt und lichtgeschützt bei 25°C drei Monate gelagert. Zusätzlich wurden Fässer (ca. 100L) befüllt, um im Anschluss einen Fütterungsversuch durchführen zu können und ebenfalls 3 Monate bei Umgebungstemperatur gelagert. Bei allen Proben wurden die Rohnährstoffe, die Gärparameter und die DON-Gehalte (HPLC) bestimmt. Die DON-Sulfonate wurden nicht untersucht.

3 Ergebnisse und Diskussion

Nährstoffgehalte

Die verwendete MKS-S war aufgrund der hohen Stärke- und niedrigen Rohfasergehalte sehr energiereich. Die Nährstoffgehalte sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Nährstoffgehalte Ausgangsmaterial MKS-S (je kg 88 % TM)

	TM	Roh- asche	Roh- protein	Roh- faser	Roh- fett	Stärke	Zucker	MJ ME Schwein	MJ ME Rind
	% FM	g/kg 88% TM							
MKS-S	62,1	11	85	14	33	644	18	14,05	12,07

Gärqualität

Das Ausgangsmaterial hatte typische Kennwerte für Maiskornsilage-Schrot mit einem Trockenmassegehalt (TM) von 62,1 %, einem Milchsäuregehalt von 35 g/kg TM und einem pH-Wert von 4,0 (Tab.3).

Die pH-Werte beim Öffnen der Einmachgläser nach 90 Tagen lagen zwischen 3,9 und 3,7 (Tab.4). Bei der höheren Konzentration des alkalischen Konservierungsstoffes NAS wurde er geringfügig aber signifikant erhöht.

Tab. 3: Gärparameter Ausgangsmaterial MKS-S

	TM	pH	MS	ES	PS	BS
	% FM	g/kg TM				
MSK-S	62,1	4,0	35	3,3	0,0	0,0

Die Milchsäuregehalte waren bei der Kontrolle und den mit Konservierungsmittel behandelten Varianten auf einem ähnlichen Niveau. Die Essigsäuregehalte waren identisch. Propionsäure wurde durch die Zulage in allen Versuchsvarianten signifikant mehr gefunden.

Tab. 4: Kenngrößen zum Gärverlauf und zu den erzielten Gärqualitäten in den Einmachgläsern (Lagerdauer 90 Tage, n = 3)

Variante	TM	pH 90	MS	ES	BS	PS	Alkohol	TMV
	% FM	g/kg TM						
Kontrolle	62,1 ^b	3,8 ^b	33,6 ^a	3,1	0,0	0,0 ^c	1,2 ^a	0,2 ^a
	±1,4	±0,0	±1,7	±0,2	±0,0	±0,0	±0,2	±0,1
0,4% PS/ 0,35 % NAS	63,9 ^a	3,8 ^b	33,3 ^a	3,0	0,0	1,7 ^b	0,3 ^c	0,0 ^b
	±1,8	±0,0	±1,4	±0,1	±0,0	±0,1	±0,1	±0,0
0,4% PS/ 0,55% NAS	61,2 ^c	3,9 ^a	28,2 ^b	2,9	0,0	2,8 ^a	0,7 ^b	0,0 ^b
	±1,8	±0,0	±0,7	±0,2	±0,0	±0,1	±0,1	±0,0
0,4% PS	61,6 ^d	3,7 ^b	31,8 ^a	3,0	0,0	3,1 ^a	0,8 ^b	0,1 ^a
	±2,1	±0,5	±1,2	±0,1	±0,0	±0,3	±0,0	±0,0

TM = um flüchtige Gärprodukte korrigierte Trockenmasse nach 90 Tagen Lagerdauer; pH 90 = pH-Wert nach 90 Tagen; MS = Milchsäure; ES = Essigsäure; PS = Propionsäure; BS = Buttersäure; TMV = Trockenmasseverluste

Durch die Zulage von zwei Konservierungsstoffen in den Varianten mit PS und NAS konnten die Silierverluste absicherbar auf 0 % zurückgefahren werden. Generell war das Niveau aber sehr niedrig, weil die verwendete MKS-S schon siliert war.

Mikrobiologische Beschaffenheit

Bei der mikrobiologischen Bewertung sind die Hefen aufgrund der hohen Stärkegehalte und Umsetzbarkeit von MKS-S von besonderem Interesse. Die Ausgangsgehalte an Hefen waren durch den Transport vom Betrieb zur Versuchsstation leicht erhöht.

Tab. 5: Hefengehalte des Ausgangsmaterials und der Einmachgläser mit MKS-S nach 90 Tagen Lagerdauer

	Hefengehalt Ausgangsmaterial	Hefengehalt nach Öffnen des Versuchssilo 90 Tage logKbE/g
Kontrolle		2,9
0,4% PS / 0,35 % NAS		< 2,3
0,4% PS / 0,55% NAS	4,9	< 2,3
0,4% PS		2,9

Nach 90 Tagen waren die Gehalte der Versuchssilos um zwei Zehnerpotenzen niedriger als die Gehalte des Ausgangsmaterials (Tab. 5). Durch den Zusatz von NAS wurde der Hefengehalt unter die Bestimmungsgrenze gedrückt. Die mikrobiologische Futterqualität wurde dadurch weiter verbessert. Der Effekt konnte aber nicht abgesichert werden.

Die Wirkung der Konservierungsstoffe war optisch erkennbar (Abb. 1).



Abb. 1: Einmachgläser der verschiedenen Versuchsgruppen mit MKS-S nach 90 Tagen mit Schimmelbildung bei den Kontroll-Gläsern

In den Einmachgläsern der Kontrolle ohne NAS und PS konnte man an der Oberfläche Schimmelbildung erkennen. Für die mikrobiologische Untersuchung wurden Proben aus

der Glasmitte untersucht. Dabei konnten keine erhöhten Schimmelgehalte festgestellt werden. Der Schimmel bildete sich nur oberflächlich.

Mykotoxingehalte

Das Ausgangsmaterial hatte einen DON-Gehalt von 4,1 mg/kg Trockenfutter. Durch die Behandlung mit Natriumsulfit und dreimonatiger Lagerzeit wurde eine Reduzierung des DON-Gehaltes erreicht (Tab.6). Mit der höchsten Dosierung erreichte man die stärkste Reduzierung. In den Einmachgläsern konnte kein DON mehr nachgewiesen werden, während im Fass noch ein Restgehalt von 0,9 mg DON/kg gefunden wurde. Warum ein Unterschied besteht ist nicht geklärt. Anzumerken ist, dass die Einmachgläser bei konstant 25°C gelagert wurden, die Fässer bei Umgebungstemperatur. Bei der niedrigen Dosierung von 0,35% NAS reduzierte sich der DON-Gehalt nur um 10%.

Tab. 6: DON-Gehalt von MKS-S nach 90 Tagen Lagerung in Einmachgläsern und in Fässern (100L) und verschiedenen Behandlungen mit Konservierungsstoffen

Mittelwerte Versuchsgruppen mg/kg 88% TM; n=3	DON-Gehalt Einmachglas	DON-Gehalt Fass
Kontrolle	4,1 ±0,1	--
0,4% PS / 0,35 % NAS	3,7 ±0,1	3,7 ±0,1
0,4% PS / 0,55% NAS	0,0 ±0,0	0,9 ±0,1
0,4% PS	4,2 ±0,2	4,0 ±0,20

4 Schlussfolgerungen

Durch den Einsatz von Natriumsulfit und Propionsäure bei wiedereinsilierter MKS-S konnte nach einer dreimonatigen Lagerdauer die Futterhygiene stabilisiert werden. Natriumsulfit in der Konzentration von 0,55% im Trockenfutter reduzierte, wie beabsichtigt, DON-Gehalte in den Weckgläsern um 100% und in den Fässern um 78%. Die niedrigere Dosierung mit 0,35% Natriumsulfit war dagegen nicht ausreichend.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Richter, W.I.F., Lepschy v. Gleissenthal, J., Lindermayer, H., Holzer, A., Obst, A., Gareis, M. (1996): Behandlung von mit *Fusarium culmorum* infiziertem Winterweizen mit Konservierungsstoffen. Das wirtschaftseigene Futter Band 42 Heft 2, 143-160
- [2] Paulick, M., Rempe, I., Kersten, S., Schatzmayr, D., Schwartz-Zimmermann, H.E., Dänicke, S. (2015): Effects of Increasing Concentrations of Sodium Sulfit on Deoxynivalenol and Deoxynivalenol Sulfonate Concentrations of Maize Kernels and Maize Meal Preserved at Various Moisture Content. Toxins 7, 791-811

Beifütterung von Maissilage an tragende Sauen und Ferkel – Auswirkungen auf Futteraufnahme und Leistung

W. Preißinger

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub/Schwarzenau

Zusammenfassung

In drei Fütterungsversuchen wurde Maissilage Ferkeln und Zuchtsauen als Beifutter in separaten Trögen zusätzlich zum Ferkelaufzuchtfutter bzw. zum Futter für tragende Sauen angeboten.

Die Ferkel nahmen insgesamt nur sehr wenig an Maissilage zusätzlich zum Ferkelaufzuchtfutter auf. Der Verbrauch an Ferkelaufzuchtfutter und die täglichen Zunahmen wurden durch die Beifütterung von Maissilage nicht signifikant beeinflusst.

Zuchtsauen nahmen die vorgelegte Maissilage (ca. 2-3 kg Frischmasse pro Tier) nahezu vollständig auf. Nach Sichtung der Rohdaten – der Versuch ist noch nicht vollständig ausgewertet – scheint die Beifütterung von Maissilage während der Tragezeit von Vorteil für die Tiergesundheit zu sein. Dies steht auch in Übereinstimmung mit einer weiteren aktuellen Untersuchung [1].

1 Einleitung

Laut Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung müssen bis eine Woche vor dem erwarteten Abferkeltermin Sauen ein Alleinfutter mit mindestens 8 % Rohfaser in der Trockenmasse erhalten bzw. es muss durch die Rationsgestaltung sichergestellt werden, dass die Sauen täglich mindestens 200 g Rohfaser aufnehmen können. In der Praxis wird dies durch den Einsatz spezieller Fasermixe erreicht. Die Kosten für diese Fasermixe liegen jedoch bis zu 10 € pro dt über dem Getreidepreis. Eine Alternative dazu wäre Maissilage, die in den vergangenen Jahren aus arbeitstechnischen Gründen nur wenig Beachtung fand. Neue technische Entwicklungen wie z.B. die Spotmix-Welfare-Fütterung oder schienengebundene Fütterungsroboter machen Maissilage als Rohfaserträger für Zuchtsauen wieder interessant. Wird Maissilage bei Zuchtsauen eingesetzt, so liegt auch deren Einsatz als rohfaserreiches Futtermittel bzw. als organisches Beschäftigungsmaterial bei Ferkeln nahe. Auf zusätzliche Faserträger bzw. organische Beschäftigungsmaterialien wie Grascobs, Heu- oder Strohhäcksel könnte dann beim Ferkel verzichtet werden. Zur Prüfung von Maissilage als Rohfaserträger bzw. zusätzliches Beschäftigungsmaterial bei Schweinen wurde deshalb eine umfangreiche Versuchsreihe durchgeführt.

2 Material und Methoden

Die Versuchsreihe wurde am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum (LVFZ) für Schweinehaltung in Schwarzenau der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführt.

Sie bestand aus zwei Ferkelfütterungsversuchen (VF1, VF2) und einem Fütterungsversuch mit Sauen (VS). Für die Untersuchung wurde Maissilage in Rundballen mit ca. 900 kg einsiliert. Die Vorlage der Maissilage erfolgte in allen Versuchen von Hand.

VF1 wurde an Abrufstationen (Compident Station CID 2006- MLP-Ferkel, Schauer Agrotrotron GmbH) durchgeführt. Für den Versuch wurden 96 schwanzkupierte, frisch abgesetzte Ferkel nach Alter, Lebendmasse (LM) und Abstammung gleichmäßig auf 4 Versuchsgruppen aufgeteilt. Pro Versuchsgruppe standen zwei Buchten mit Abrufstationen zur Verfügung. Neben der Kontrollgruppe und der Gruppe mit Maissilage wurden zusätzlich gehäckseltes Luzerneheu und Grascobs in die Untersuchung mit einbezogen. Der Verbrauch an Ferkelaufzuchtfutter wurde täglich an den Abrufstationen für das Einzeltier erfasst. Die Bestimmung der LM erfolgte wöchentlich ebenfalls am Einzeltier. Die faserreichen Futtermittel wurden über zusätzlich eingebaute Tröge vorgelegt. Sie wurden täglich für jede Bucht ein- und rückgewogen.

Für VF2 wurden 192 schwanzkupierte, frisch abgesetzte Ferkel nach Alter, LM und Abstammung gleichmäßig auf 2 Versuchsgruppen aufgeteilt. Pro Versuchsgruppe standen acht Buchten mit Kurztrögfütterung zur Verfügung. Der Verbrauch an Ferkelaufzuchtfutter wurde täglich pro Bucht über eine Spotmix Waage- und Transporteinheit (Spotmix Vista 3W, Schauer Agrotrotron GmbH) erfasst. Die Maissilage wurde über zusätzlich eingebaute Tröge vorgelegt. Die Verbrauchsmessung der Maissilage und die Bestimmung der LM erfolgte analog VF1.

Für VS standen 3 von insgesamt 7 Sauengruppen der Sauenherde des LVFZ Schwarzenau, die im 3-Wochen-Rhythmus geführt wird, zur Verfügung. Aus technischen Gründen konnten die Behandlungen nicht parallel getestet werden. Jeweils eine der Sauengruppen wurde deshalb der Kontroll- und der Maissilagefütterung zugeordnet. Die Tiere der dritten Sauengruppe wurden im Verlauf des Versuchs in den einzelnen Produktionszyklen abwechselnd mit und ohne Maissilage in der Tragezeit versorgt. Die Maissilage wurde in einem separaten Trog im Auslauf vorgelegt und der Verbrauch täglich pro Gruppe bestimmt. Die Mengen an Sauenfutter wurden nach LM und Konditionsbeurteilung in allen Gruppen im Verlauf der Tragezeit angepasst. Während der Tragezeit wurden die Aufnahmen an Tragefutter (Kraftfutter) und die Lebendmassen täglich für die Einzeltiere in Abrufstationen (Compident VI, Schauer Agrotrotron GmbH) erfasst. Weitere LM-Bestimmungen fanden bei Einstellung ins Abferkelabteil, vor und nach dem Abferkeln sowie nach jeder Laktationswoche statt. Die Ermittlung des Futtermittels während der Laktation erfolgte täglich pro Sau über eine Spotmix Waage- und Transporteinheit (Spotmix Vista 3W, Schauer Agrotrotron GmbH). Im Abferkelstall wurden die Zuchtleistungen und der Gesundheitsstatus der Sauen festgehalten. VS lief über insgesamt zwei Jahre.

Für VF1 wurde pelletiertes Ferkelaufzuchtfutter (FAF) von der Firma SÜGEMI, Südthüringer Getreide und Mischfutter GmbH, Themar zugekauft (SÜGEMI FST FS 30 Standard bis 18 kg LM; SÜGEMI - F75 13,4 Standard bis 30 kg LM). Die Futtermischungen für VF2 und VS wurden in der Mahl- und Mischanlage des LVFZ Schwarzenau hergestellt. Das Ferkelfutter setzte sich in der Aufzuchtphase bis 18 kg LM aus 40 % Gerste, 36 % Weizen, 18 % Sojaextraktionsschrot mit 48 % Rohprotein (SES 48), 4 % Mineralfutter, 1 % Sojaöl und 1 % Fumarsäure zusammen. In der Aufzuchtphase ab ca. 18 kg LM wurden der SES-Anteil um 1 % und der Mineralfutteranteil um 0,5 % zu Gunsten von Weizen verringert. Das Tragefutter für Sauen bestand aus 58 % Gerste, 20 % eines kommerziellen Fasermixes, 14,5 % Weizen, 4 % SES 48, 2,5 % Mineralfutter für tragende Sauen und 1 % Sojaöl. In der Säugezeit wurde ein Futter eingesetzt, das sich aus 40 % Weizen, 31,5 % Gerste, 18 % SES 48, 5 % eines kommerziellen Fasermixes, 3,5 % Mineralfutter für säu-

gende Sauen und 2 % Sojaöl zusammensetzte. Im geburtsnahen Zeitraum wurde ein Futter aus Säugefutter und Gerste im Verhältnis 1:1 eingesetzt. Die Futteruntersuchen wurden im Labor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL) in Grub nach VDLUFA-Richtlinien durchgeführt [2].

In VF1 und VF2 wurde der Kot in den Buchten einmal pro Woche bonitiert. Dabei wurden folgende Noten vergeben: 1 für hart bis 4 für wässrig. In VS wurde nach dem letzten Durchgang der Kot der Sauen nach der Einstellung ins Abferkelabteil einer Trockenmassebestimmung unterzogen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Ferkelfütterung -VF1

In Tab. 1 sind die Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) und die wichtigsten Inhaltsstoffe der in VF1 eingesetzten Ferkelaufzuchtfutter (FAF I bis 18 kg LM; FAF II ab 18 kg LM) und der faserreichen Futtermittel zusammengestellt. Mit 13,32 bzw. 13,05 lagen die Gehalte an umsetzbarer Energie im Rahmen der Vorgaben der DLG [3]. Die Gehalte an Lysin unterschritten mit 11,7 und 10,8 g pro kg Futter die Vorgaben der DLG etwas. Bei 13,4 MJ ME (FAF I) bzw. 13,0 ME (FAF II) werden 12,3-12,7 g bzw. 11,1 g Lysin je kg Futter gefordert. Die eingesetzten Faserträger waren von guter Qualität.

Tab. 1: Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) und Inhaltsstoffe der in VF1 eingesetzten Ferkelaufzuchtfutter (FAF I, FAF II) und Faserträger (Angaben bei 88 % TM)

	FAF I	FAF II	Maissilage	Luzernheu	Grascobs
ME, MJ	13,32	13,05	9,23	5,48	6,51
Rohasche, g	53	49	27	77	102
Rohprotein, g	163	173	60	128	170
Rohfett, g	48	31	29	17	35
Rohfaser, g	44	36	154	334	176
Lysin, g	11,7	10,8	1,5	5,5	8,3
Methionin, g	4,1	3,3	1,3	1,7	3,1
Kalzium, g	7,2	7,4	1,6	9,6	6,4
Phosphor, g	5,3	5,9	1,8	2,1	4,3

In Tab. 2 sind die täglichen Zunahmen, der Futtermittelverbrauch sowie die daraus errechneten Futtereffizienzzahlen für die vier Versuchsgruppen dargestellt.

Tab. 2: Lebendmasseentwicklung, tägliche Zunahmen, Futterverbrauch, Futteraufwand und Kotkonsistenz in Versuch F1 (LSQ-Mittelwerte)

Gruppen	Kontrolle	Luzerne	Grascobs	Maissilage	Sign. P ¹⁾
Tiere (n)	20	20	20	20	-
Lebendmasse (kg)					
Beginn	9,3	9,3	9,3	9,3	0,979
Ende	32,7 ^{ab}	34,5 ^a	32,6 ^{ab}	31,2 ^b	0,035
Tägliche Zunahmen (g)					
Phase 1	420	438	428	381	0,061
Phase 2	693 ^b	768 ^a	688 ^{ab}	673 ^b	0,049
Gesamt	553 ^b	599 ^a	555 ^{ab}	523 ^b	0,014
Verbrauch an Ferkelaufzuchtfutter (g/Tag)					
Phase 1	600 ^a	571 ^a	550 ^{ab}	504 ^b	0,029
Phase 2	1075	1164	1090	1042	0,097
Gesamt	832	861	813	766	0,063
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)					
Phase 1	1,46 ^a	1,31 ^b	1,29 ^b	1,31 ^b	0,034
Phase 2	1,57	1,53	1,59	1,55	0,546
Gesamt	1,51	1,44	1,46	1,46	0,158
Kotkonsistenzen (1-4: hart, normal, weich, wässrig)					
Phase 1	2,0	2,0	2,0	2,3	--
Phase 2	2,0	2,0	2,5	2,7	--
Gesamt	2,0	2,0	2,3	2,4	--

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit

Im Mittel des Versuchs hatten Tiere der Luzernegruppe mit 861 g den höchsten Futterverbrauch pro Tag, gefolgt von der Kontrollgruppe mit 832 g, der Grascobsgruppe mit 813 g und der Maissilagegruppe mit 766 g. Die Unterschiede konnten jedoch statistisch bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 nicht abgesichert werden. Die angeführten Unterschiede spiegeln sich letztendlich in der Aufzuchtleistung wider. Bei den täglichen Zunahmen lag die Behandlung Luzerne mit 599 g signifikant höher als die Gruppe Maissilage mit 523 g. In der Kontroll- und der Grascobsgruppe wurden mit 553 und 555 g nahezu identische Werte erzielt.

Aus Futterverbrauch und täglichen Zunahmen errechnete sich mit 1,44 kg in der Luzernegruppe der günstigste und in der Kontrollgruppe mit 1,51 kg der ungünstigste Futterauf-

wand je kg Zuwachs. Mit jeweils 1,46 kg Futter je kg Zuwachs hatten Tiere der Grascobs- und Maissilagegruppe den gleichen Futteraufwand je kg Zuwachs.

Der Kot in den Buchten der Behandlungsgruppen Kontrolle und Luzerne wurde durchgängig mit 2,0 (normal) bewertet. Dagegen war der Kot in den Gruppen Grascobs und Maissilage mit im Mittel 2,3 und 2,4 etwas weicher. Insbesondere wurde in diesen Gruppen im 2. Versuchsabschnitt bei höherer Aufnahme an Rohfaserträgern ein weicherer Kot festgestellt.

Der Verbrauch an Rohfaserträgern in den einzelnen Versuchswochen ist in Tab. 3 dargestellt. Die Aufnahmen sind auf Trockenfutter mit 88 % TM korrigiert. Während des Versuchs wurde von den Grascobs durchgängig am meisten verbraucht. Im Verlauf des Versuchs stieg der Verbrauch in allen Zulagengruppen stark an, insbesondere in der letzten Versuchswoche wurde ein deutlicher Anstieg verzeichnet. Im Mittel wurden 34 g Grascobs, 22 g Luzerneheu und 18 g Maissilage bezogen auf 88 % TM pro Tier und Tag verbraucht. Mit Ausnahme der letzten beiden Wochen waren die Unterschiede im Verbrauch statistisch abzusichern.

Tab. 3: Verbrauch an Faserträgern (g/Tier, Tag) im Verlauf von VF1 (LSQ-Mittelwerte)

	Luzerneheu	Grascobs	Maissilage	Sign. P¹⁾
Woche 1	5,5 ^b	9,6 ^a	4,6 ^c	>0,001
Woche 2	7,8 ^b	14,3 ^a	5,7 ^b	0,020
Woche 3	20,9 ^a	29,0 ^a	8,4 ^b	0,013
Woche 4	27,9 ^{ab}	41,9 ^a	18,9 ^b	0,034
Woche 5	27,4	45,3	24,7	0,060
Woche 6	41,3	65,2	46,5	0,102

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit

Ferkelfütterung –VF2

In Tab. 4 sind die Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) und die wichtigsten Inhaltsstoffe der in VF2 eingesetzten Futtermischungen und Einzelfutter zusammengestellt. Der analysierte Lysingehalt lag im FAF I bzw. FAF II mit 11,8 bzw. 11,1 g knapp unterhalb der kalkulierten Werte von 12,0 bzw. 11,3 g und auch etwas unterhalb der Vorgaben der DLG [3].

Tab. 4: Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) und Inhaltsstoffe der in VF2 eingesetzten Ferkelaufzuchtfutter (FAF I, FAF II) und Maissilage (Angaben bei 88 % TM)

	FAF I	FAF II	Maissilage
ME, MJ	13,67	13,66	9,39
Rohasche, g	53	48	33
Rohprotein, g	173	170	66
Rohfett, g	31	29	27
Rohfaser, g	29	31	151
Lysin, g	11,8	11,1	1,5
Methionin, g	3,6	3,5	1,2
Kalzium, g	8,5	7,5	3,1
Phosphor, g	4,8	4,4	2,3

In Tab. 5 sind die täglichen Zunahmen, der Futterverbrauch, die daraus errechneten Futtereffizienzzahlen sowie die Kotkonsistenzen der beiden Behandlungsgruppen dargestellt.

Die Gewichtsentwicklung der Ferkel verlief in beiden Futtergruppen nahezu gleich. Die Tiere wurden mit ca. 10 kg Lebendgewicht in den Versuch genommen, nach drei Wochen mit ca. 18 kg auf das FAF II umgestellt und beendeten mit sechs Wochen bei 31 kg den Versuch. Die täglichen Zunahmen der Testgruppe mit Maissilageangebot lagen mit 516 g nur unwesentlich niedriger als die der Kontrolle mit 525 g. Der Futtertrog mit der separat angebotenen Maissilage wurde häufig aufgesucht und das Grobfutter sowohl als Beschäftigungsmaterial als auch als Nahrung gut angenommen. Die Aufnahme von Maissilage erreichte erst in der letzten Versuchswoche eine merkliche Steigerung bis 25 g pro Tag (vgl. Abb. 1). Insgesamt ist der Verbrauch an Maissilage im Vergleich zum FAF aber als gering zu betrachten.

Mit 525 und 516 g täglichen Zunahmen könnte bei den Aufzuchtleistungen kein Unterschied zwischen den Behandlungen festgestellt werden. Der Verbrauch von FAF war mit 953 g pro Tag in der Maissilage- und 936 g in der Kontrollgruppe zufriedenstellend. Da die Tiere der Testgruppe bei gleicher Leistung (516 gegenüber 525 g tägliche Zunahmen) einen höheren Verbrauch an FAF (953 gegenüber 936 g) aufwiesen, ergab sich dadurch ein ungünstigerer Futteraufwand (1,81 gegenüber 1,75 kg Futter pro kg Zuwachs). Der Unterschied konnte in Phase 2 und im Gesamtaufwand statistisch abgesichert werden. Eine Verdrängung von Kraftfutter durch Maissilage fand auch in VF2 nicht statt. Möglicherweise stimulierte das ständige Angebot an frischer Maissilage die Aufnahme von Ferkelfutter. Keine Unterschiede wurden in der Bewertung der Kotbeschaffenheit festgestellt. In beiden Gruppen wurde der Kot mit der Note 2 als normal bewertet.

Tab. 5: Lebendmasseentwicklung, tägliche Zunahmen, Futterverbrauch, Futteraufwand und Kotkonsistenz in Versuch F2 (LSQ-Mittelwerte)

Gruppen	Kontrolle	Maissilage	Sign. P ¹⁾
Tiere (n)	96	96	-
Lebendmasse (kg)			
Beginn	10,3	10,0	0,072
Ende	31,8	31,2	0,266
Tägliche Zunahmen (g)			
Phase 1	358	360	0,874
Phase 2	700	681	0,227
Gesamt	525	516	0,453
Verbrauch an Ferkelaufzuchtfutter (g/Tag)			
Phase 1	640	649	0,723
Phase 2	1246	1273	0,574
Gesamt	936	953	0,605
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)			
Phase 1	1,73	1,74	0,570
Phase 2	1,76	1,85	0,012
Gesamt	1,75	1,81	0,004
Kotkonsistenzen (1-4: hart, normal, weich, wässrig)			
Gesamt	2,0	2,0	--

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit

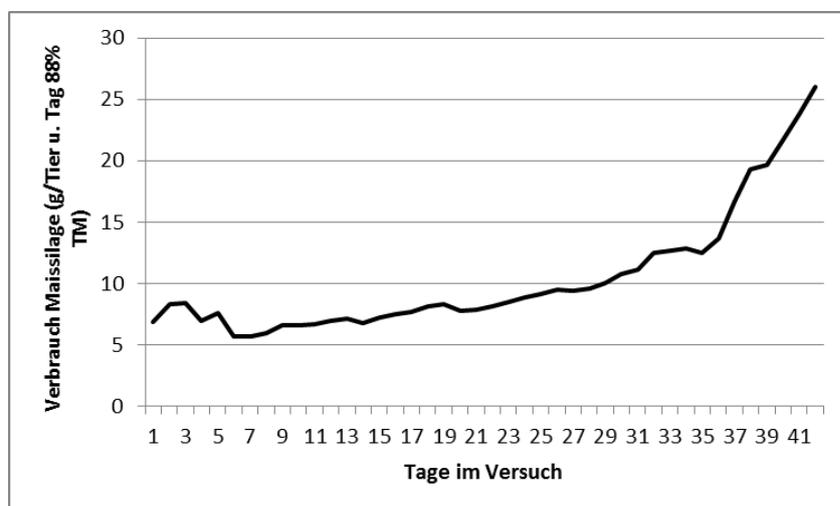


Abb. 1: Verbrauch an Maissilage im Verlauf von VF2 (88 % TM)

Sauenfütterung VS

Der Versuch mit Zuchtsauen wurde im Frühjahr 2016 abgeschlossen. Nach Sichtung der Rohdaten scheint die Vorlage von Maissilage einen positiven Effekt auf die Zuchtleistungen und den Gesundheitsstatus zu haben. Mit Ergebnissen ist Mitte bis Ende 2016 zu rechnen. Zum Zeitpunkt der Einstellung ins Abferkelabteil wies der Kot, der mit Maissilage gefütterten Sauen, einen knapp 5 % niedrigeren TM-Gehalt auf, als der Kot der Kontrolltiere. Einen positiven Einfluss des Maissilageeinsatzes bei Zuchtsauen auf die Tiergesundheit und die Kotbeschaffenheit belegt auch eine neuere Untersuchung [1].

4 Schlussfolgerungen

Die Zulage von Maissilage, aber auch anderer faserreicher Futtermittel, führte in der Ferkelaufzucht zu keinen absicherbaren negativen Auswirkungen auf Futteraufnahme und Leistung. Insgesamt ist der Verbrauch dieser Futtermittel beim Ferkel niedrig.

Aufgrund des geringen Verbrauches ist der Einsatz von Maissilage beim Ferkel dann interessant, wenn diese auch an Zuchtsauen verabreicht wird, um einen guten Vorschub bei der Entnahme aus dem Silo bzw. den Großballen zu erreichen. Bezüglich der Saugengesundheit scheint die Fütterung von Mais während der Tragezeit von Vorteil zu sein.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Wolff, P., Kleine, S., Kamphues, J. (2013): Untersuchungen zum Einsatz von Maissilage als Rohfaserquelle in der Fütterung tragender Sauen. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2013, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 139-144
- [2] VDLUFA (2012): VDLUFA-Methodenbuch Band III: Die Untersuchung von Futtermitteln 3. Aufl. 1976, 8. Ergänz.lief. 2012, VDLUFA-Verlag Darmstadt
- [3] DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (Hrsg) (2008): Empfehlungen zur Sauen und Ferkelfütterung, DLG-Information 1/2008, DLG-Verlag

Untersuchungen zum Einfluss von Sorte, Erntetermin und Ernteverfahren auf den Ertrag und die Eignung von Maisstrohsilage als Substrat für die Biomethanherzeugung

J. Ostertag, M. Fleschhut

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub und Freising

Zusammenfassung

Beim Anbau von Körnermais fallen große Mengen an Maisstroh-Trockenmasse (TM) an, die bislang ungenutzt auf dem Feld verbleiben und deshalb sinnvoll als Biogassubstrat eingesetzt werden könnten. Der Strohanfall ist dabei zumeist etwas niedriger als die Kornerträge, und lag unter Versuchsbedingungen bei knapp über 100 dt TM ha⁻¹. Davon konnten unter praxisnahen Verhältnissen mit verschiedenen Ernteverfahren rund 43 - 47 % geborgen werden. Je nach Erntebedingungen kennzeichnete sich das geborgene Substrat durch sehr variable TM-Gehalte zwischen 35 % und 70 % und auch sehr unterschiedliche Aschegehalte von 4 % - 16 % (durchschnittlich 7 %). Eine gute Siliereignung war durchwegs gegeben, so dass bei luftdichter Lagerung und sehr hohem Vorschub bei der Entnahme auch in der Praxis mit vergleichsweise geringen Konservierungsverlusten gerechnet werden muss. Die erforderlichen Lagervolumina sind aufgrund der geringen Verdichtbarkeit von Maisstroh sehr groß.

Im labortechnischen Maßstab erwies sich Körnermaisstroh als gut vergärbar und lieferte spezifische Methanausbeuten von gesamt durchschnittlich 318 NI (kg OM)⁻¹, was im Vergleich zum Standardsubstrat Silomais einem Niveau von 85 - 90 % entspricht. Wie Verdauungsversuche zeigten, eignet sich das Substrat allerdings nicht als Futtermittel und ist demnach für die Nutzung in der Biogasanlage vorbehalten. Mit verschiedenen, grundsätzlich praktikablen Verfahren kann der Substratmix einer Biogasanlage sinnvoll mit Maisstrohsilage ergänzt werden, wobei überschlägig davon auszugehen ist, dass hinsichtlich Methanertrag 1 ha Körnermaisstroh in etwa 0,2 - 0,25 ha Silomais ersetzen können.

1 Einleitung

Aufgrund des weit verbreiteten Anbaus von Körnermais bei gleichzeitig hoher Biogasanlagendichte, stellt die energetische Nutzung von Körnermaisstroh gerade für Bayern ein großes, bislang noch weitestgehend ungenutztes Potential dar. Darüber hinaus steht die Nutzung nicht in Konkurrenz zu anderen Nutzungsformen, womit die Voraussetzungen für eine klassische Win-win-Situation gegeben sind. Für den künftigen Einsatz von Maisstroh als Biogassubstrat ist jedoch zunächst eine umfangreiche Prüfung der Substrateignung notwendig. Dazu sind Fragen zur Ertragsstruktur, der Maisstrohqualität, der Siliereignung und Methanausbeute zu klären und wissenschaftliche Empfehlungen hinsichtlich Bergungs- und Konservierungsverfahren, Sorteneignung sowie optimalen Ernteterminen abzuleiten.

2 Material und Methoden

Grundlage für die Untersuchungen zur Substrateignung waren in geringem Umfang Praxisbeprobungen (2012, 2013), pflanzenbauliche Exaktversuche (2013-2016) und Erntetechnikversuche im Praxismaßstab (2014-2016), wie in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Übersicht über die Einzelversuche und die erhobenen Parameter

		Praxis- beprobungen	Pflanzenbauliche Exaktversuche	Erntetechnikversuche im Praxismaßstab
geprüfte Varianten (davon abweichende Varianten für Silierversuche)	2012	1 Betrieb	-	-
	2013	4 Betriebe	4 Sorten x 3 Erntetermine	-
	2014	-	4 Sorten x 3 Erntetermine	4 Schwadtechniken x Ladewagen und Feldhäcksler x 2 Feldliegezeiten (2 Feldliegezeiten x 2 Erntetechniken *)
	2015	-	5 Sorten x 3 Erntetermine (keine Silierversuche 2015)	4 Schwadtechniken x Ladewagen und Feldhäcksler x 3 Sorten (4 Erntetechniken)
erhobene Parameter	Stroh- und Kornerträge (verlustfrei)	-	√	√
	Stroh-Bergungsraten (geschwadet und geborgen)	(√)	-	√
	Verschmutzung im Erntegut	(√)	-	√
	Siliereigenschaften	√	√ (außer 2015)	(√)
	Weender Analyse	√	√	(√)
	Methanausbeuten	√	√	(√)

(√) Untersuchungen in reduziertem Umfang, * eines der beiden Ausgangsmaterialien wurde für den Praxisversuch im Silotunnel und später für den Verdauungsversuch am Hammel verwendet.

2.1 Pflanzenbauliche Exaktversuche

Auf Basis der pflanzenbaulichen Exaktversuche, die seit 2013 am Standort Freising durchgeführt wurden, konnten die Ertragsstruktur und Qualität von Maisstroh beim Anbau von Körnermais ermittelt werden. Durch den Anbau von vier bzw. (ab 2015) fünf Sorten und die Ernte an drei zeitlich gestaffelten Ernteterminen (im Abstand von ca. 2 Wochen,

beginnend mit der Kornreife) sollten Einflüsse der Sortenwahl und des Abreifegrades der Restpflanze untersucht werden. Für die Erfassung der Korn- und Stroherträge erfolgte eine Separation der Gesamtpflanze in Korn und Maisstroh (= Gesamtpflanze abzüglich der Körner). Nach der Ernte wurden alle Varianten futtermittelanalytisch (Weender-Analyse) untersucht und mithilfe von Batchversuchen die spezifischen Methanausbeuten im Labormaßstab gemäß der Richtlinie VDI 4630 [1] ermittelt.

2.2 Erntetechnikversuch

Um verschiedene Ernteverfahren hinsichtlich ihrer Bergungsraten und der erzeugten Maisstrohqualität zu vergleichen, wurden unter Praxisbedingungen auf einem Schlag der LfL-Versuchsstation Grub acht Ernteverfahren (vier Schwadtechniken (vgl. Abbildung 1), zwei Bergungsvarianten Feldhäcksler und Kurzschnittladewagen) auf insgesamt 64 Großparzellen in vierfacher Wiederholung getestet. Neben den Faktoren Schwadtechnik und Bergungsart wurden zudem der Effekt der Feldliegezeit (Schwaden und Bergung direkt nach dem Drusch sowie 2-3 Tage nach dem Drusch) und der Einfluss verschiedener Sorten (im Hinblick auf verschiedene Strohfeuchten und Strohmenge) geprüft. Zur Ermittlung der potenziell vorhandenen Strohmenge wurden, ähnlich wie im pflanzenbaulichen Exaktversuch, zunächst die verlustfreien Stroherträge (= Gesamtpflanze abzüglich der Körner; Schnitthöhe direkt über dem Boden) ermittelt. Zur Beurteilung der Schwadarbeit wurde von jeder Parzelle der auf Schwad gelegte Strohertrag eines laufenden Meters aufgesammelt und verwogen. Zielgröße des Versuches war der abgefahrene Strohertrag. Hierfür wurden die Schwade der jeweiligen Parzelle mit dem Häcksler bzw. Ladewagen geborgen und verwogen. Um zusätzlich auch die Maisstrohqualität in Abhängigkeit des Ernteverfahrens beurteilen zu können, wurde das geschwadete wie auch geborgene Maisstroh beprobt und anschließend der Trockenmasse- (TM-) und Rohaschegehalt (Methode 8.1, VDLUFA [2]) sowie vereinzelt spezifische Methanausbeuten und die stoffliche Zusammensetzung (Weender-Analyse) ermittelt.



Abb.1: Übersicht über die vier getesteten Schwadtechniken

2.3 Silierversuche

Das Erntegut für die Silierversuche stammte aus pflanzenbaulichen Exaktversuchen, von Praxisbeprobungen oder aus Erntetechnikversuchen der LfL (Tabelle 1). Nach der Probenahme erfolgte, sofern erforderlich, ein gekühlter Transport an das Technikum für Konservierung des Instituts für Tierernährung und Futterwirtschaft.

2.3.1 Laborsiloversuche

Das für die Laborversuche verwendete Ausgangsmaterial wird in Tabelle 2 beschrieben. Dabei unterscheidet sich frisch geerntetes Material aus den Sortenversuchen deutlich von

den Praxisproben, besonders hinsichtlich der Gehalte an Rohasche und wasserlöslichen Kohlenhydraten. Alle untersuchten Ausgangsmaterialien gelten auf Basis des Vergärbarkeitskoeffizienten [3] als leicht silierbar [4].

Das Ausgangsmaterial wurde nach dem gekühlten Transport an die LfL, Grub, entweder umgehend in Laborsilos (1,0 bzw. 1,75 l, Weck) einsiliert oder einer weitergehenden Kühlung über Nacht zugeführt und am darauffolgenden Tag einsiliert.

Tab. 2: Charakteristische Kenngrößen zur Silierbarkeit von Maisstroh

Ernteperiode	TM	PK	WLK	VK	Nitrat	MSB	XA	XP	XF	XL
	g/kg	g/100g	g/kg TM		mg/kg TM	KBE _{log} g ⁻¹	g/kg TM			
2012	404	36	47	51	3447	n.u.	122	56	333	13
2013	448	28	56	61	290	6,3	81	54	341	10
2014	343	27	63	57	832	6,7	45	59	334	13
2015	553	52	63	66	881	6,5	52	43	384	9
Ø gesamt	439	34	59	61	774	6,5	66	53	349	11
Min	259	14	18	45	116	5,0	37	39	304	7
Max	711	62	138	79	3447	8,3	155	62	400	15

TM=Trockenmasse, PK=Pufferkapazität in g Milchsäure bis pH-Wert=4, WLK=Wasserlösliche Kohlenhydrate (kolorimetrisch mit Anthron), VK=Vergärbarkeitskoeffizient nach der Formel: TM (%) + 8 * WLK / PK, MSB=Milchsäurebakterien KBE_{log}, XA=Rohasche, XP=Rohprotein, XF=Rohfaser, XL=Rohfett, ME=umsetzbare Energie beim Wiederkäuer, n.u.=nicht untersucht

Die Laborsilos wurden in Konstanttemperaturräumen bei 25 °C (+/- 1 °C) über den Versuchszeitraum hinweg gelagert. Laborsilos, welche für die Ermittlung der aeroben Stabilität vorgesehen waren, wiesen zwei verschließbare Bohrungen auf. Diese wurden nach 28 und 42 Tagen Silierdauer für 24 Stunden geöffnet. Nach 49 Tagen wurde der Inhalt dieser Behältnisse dem Test auf aerobe Stabilität unterzogen, bei einer Raumtemperatur von 20 °C (+/- 1 °C). Als Instabilität wurde eine Temperaturerhöhung der ausgelagerten Silage von mehr als drei Kelvin gegenüber der Umgebungstemperatur über einen Zeitraum von mehr als 48 Stunden hinweg definiert. Die erzeugten Silagen wurden nass-chemischen Analysen unterzogen (Methoden 3.1, 4.1.2, 6.1.1, 5.1.1, 6.5.1, 6.6.1, 6.5.2 und 8.1 des VDLUFA-Methodenbuchs, Band III [2], weiterhin validierte Hausmethoden). Teilweise wurden anstelle von Einzelbestimmungen Mischproben aus mehreren Silagen erzeugt (bei 49 Tagen Silierdauer mit Luftstress) und diese untersucht.

2.3.2 Praxisversuch

Am 30.10.2014 wurden zwischen 10 und 16 Uhr ca. 220 dt Erntegut mit einer Siliermaschine der Fa. Alka, Österreich in einen Silotunnel einsiliert. Es wurden die Ladungen von fünf Fuhrwerken (FW) verpresst, welche zwei unterschiedlichen Ernteverfahren entsprechen (Schwadhäcksler + Ladewagen (FW 1-2), bzw. modifizierter Pflücker mit Schwadablage + Häcksler (FW 3-5)). Parallel dazu wurde ein Versuch im Labormaßstab angelegt.

Der Silotunnel wurde am 27.03.2015 geöffnet und komplett entleert. Während der Entnahme wurde je einsilierter Ladung der Fuhrwerke eins bis vier ein „Controlling am Silo“ [5] durchgeführt. Hierbei wurde die Verdichtung mit einem speziellen Probenbohrer be-

stimmt und aus dem entnommenen Probenmaterial eine Mischprobe für Laboruntersuchungen erzeugt.

2.4 Verdauungsversuch am Hammel

Bei der Leerung des Silotunnels am 27.03.2015 wurden aus den Bereichen der Ladung der Fuhrwerke zwei bzw. drei je 340 kg Silage entnommen, in Plastiksäcken portioniert und bis zur weiteren Verwendung bei -18 °C tiefgefroren. Charakterisierende Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Mit diesen Silagen wurde ein Verdauungsversuch am Hammel nach Vorgaben der GfE [6] mit jeweils 5 Tieren durchgeführt. Die Sammelperiode betrug 7 Tage.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ertragsstruktur von Körnermaisstroh

In den bisherigen Versuchsergebnissen lagen die Maisstroherträge im Gesamtmittel über alle Versuchsjahre bei 104 dt TM ha⁻¹ und damit leicht unterhalb der Kornerträge von durchschnittlich 114 dt TM ha⁻¹. Demnach ist eine grobe Abschätzung des Strohanfalls über ein Korn:Stroh-Verhältnis von 1:0,9 möglich, wobei es in der Literatur meist mit 1:1 beziffert wird (z. B. [7, 8]). Abbildung 2 zeigt die Korn- und Stroherträge im Verlauf der drei Erntetermine des Versuchsjahres 2014 (pflanzenbaulicher Exaktversuch), von Mitte Oktober bis Anfang November.

Abb. 2: Korn- und Stroherträge sowie TM-Gehalte von Korn und Maisstroh im Verlauf der Erntetermine 2014 (Mittel der Sorten, n = 12; verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kornerträgen, verschiedene Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Stroherträgen (Student-Newman-Keuls-Test, α= 0,05))

Während sich die Kornerträge relativ stabil verhielten und lediglich zwischen 130 und 134 dt TM ha⁻¹ schwankten, sanken die Stroherträge signifikant von 122 auf 106 dt TM ha⁻¹ ab. Dieser Trend zeigte sich auch in den anderen Versuchsjahren. In Bezug auf die TM-Gehalte wurden Werte im Bereich von 26 - 35 % ermittelt, wobei auch hier eine klare Abhängigkeit zum Erntezeitpunkt festgestellt werden konnte. Die Höhe der Stroherträge wird

zudem von der Sortenwahl beeinflusst, variiert aber sehr stark zwischen den Versuchsjahren. Bei der Betrachtung der Stroherträge und TM-Gehalte aus den pflanzenbaulichen Exaktversuchen muss jedoch berücksichtigt werden, dass den Versuchen Idealbedingungen (nahezu keine Ernteverluste, keine „künstliche“ Nachtrocknung des Maisstrohs aufgrund der unmittelbaren Ernte der Restpflanze aus dem stehenden Bestand) zugrunde liegen, weshalb die Ergebnisse als maximale pflanzenbauliche Potenziale zu verstehen sind.

3.2 Bergungsraten und Maisstrohqualität in Abhängigkeit verschiedener Ernteverfahren

Durch den erfolgreichen Einsatz aller Schwad- und Bergungstechniken konnte die grundsätzliche Praktikabilität der Maisstrohernte gezeigt werden. Das theoretische Maisstrohpotenzial der Versuchsfläche betrug im Jahr 2014 durchschnittlich 97 dt TM ha⁻¹, wovon die vier Schwadtechniken im Mittel 52,5 dt TM ha⁻¹ auf Schwad legten (vgl. Tabelle 3). Während die beiden Schwadhäcksler 47 - 49 dt TM ha⁻¹ schwadeten, waren es beim Bandschwader und dem modifizierten Pflücker knapp 10 dt TM ha⁻¹ mehr. Aufgrund der großen Streubreite und der geringen Beobachtungszahl konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Von dem auf Schwad gelegten Strohertrag in Höhe von 52,5 dt TM ha⁻¹ konnten letztlich 45,6 dt TM ha⁻¹ mit dem Feldhäcksler und Kurzschnittladewagen geborgen werden, sodass die Verluste bei der Aufnahme mit Feldhäcksler und Kurzschnittladewagen bei rund 7 dt TM ha⁻¹ bzw. 13 % der Schwadmenge lagen. Im Hinblick auf die abgefahrenen Stroherträge gab es eine deutliche Differenzierung zwischen den einzelnen Schwadtechniken. Die höchsten Stroherträge von 53,3 dt TM ha⁻¹ wurden 2014 mit dem Bandschwader erzielt, gefolgt vom modifizierten Pflücker mit 47,5 dt TM ha⁻¹.

2015 war das theoretische Maisstrohpotenzial mit 114 dt TM ha⁻¹ etwas höher. Auf Basis der höheren Ausgangsmenge an Maisstroh wurden auch leicht höhere Erntemengen erzielt. Dabei betrug die auf Schwad gelegte Strohmenge 56,8 dt TM ha⁻¹ und die tatsächlich abgefuhrte Strohmenge durchschnittlich 48,7 dt TM ha⁻¹, wobei die Differenzierung zwischen den Schwadtechniken insgesamt geringer ausfiel. Die höchsten Erntemengen wurden 2015 mit dem modifizierten Pflücker erreicht. Damit konnten 70,1 dt TM ha⁻¹ auf Schwad gelegt und 53,7 dt TM ha⁻¹ geborgen werden, während die anderen Schwadtechniken auf einem zu 2014 vergleichbaren Niveau lagen. Die Verluste bei der Aufnahme mit Feldhäcksler bzw. Kurzschnittladewagen waren mit 8 dt TM ha⁻¹ bzw. 14 % der Schwadmenge ähnlich wie im Vorjahr, wobei sich Feldhäcksler und Kurzschnittladewagen in beiden Versuchsjahren als völlig gleichwertig hinsichtlich der Ernteleistung erwiesen.

Im Hinblick auf die Feldliegezeit konnte dagegen ein deutlicher Effekt beobachtet werden. So sanken bei einer längeren Felgliegezeit von 2 - 3 Tagen die Erträge signifikant ab. Die Auswertungen zur Ernteleistung in Abhängigkeit von der Sorte (unterschiedlicher Strohanfall und Strohfeuchte) lagen zur Berichtserstellung noch nicht vor.

Anhand der beschriebenen Ergebnisse kann folglich die Bergungsrate für Maisstroh unter Praxisbedingungen auf durchschnittlich 43 - 47 % beziffert werden. Im Schnitt bleibt damit über die Hälfte des Maisstrohs auf dem Feld zurück.

Neben den Erntemengen spielt beim Vergleich verschiedener Ernteverfahren auch die Maisstrohqualität eine entscheidende Rolle. Ein wesentlicher Parameter, insbesondere im Hinblick auf die Silierung, ist der TM-Gehalt im Erntegut. Dieser lag 2014 bei durchschnittlich 42 %, 2015 sogar bei 60 %, wobei beim modifizierten Pflücker mit Schwadab-

lage in beiden Jahren deutlich geringere TM-Gehalte (37 % und 55 %) gemessen wurden. Dies kann sehr wahrscheinlich durch das unmittelbare Schwaden des Maisstrohs während des Dreschens erklärt werden, wodurch die Nachrocknung des Strohs auf dem Feld vermindert wird. Dieser Effekt wird auch durch die markanten Differenzen der TM-Gehalte von maschinell geborgenem Stroh und dem im pflanzenbaulichen Exaktversuch gewonnenen Stroh (TM-Gehalte von maximal 35 % im Erntejahr 2014; vgl. Abbildung 2) deutlich.

Neben dem TM-Gehalt spielt zudem der Verschmutzungsgrad im Erntegut eine wichtige Rolle, weil letztlich nur der Anteil an organischer Masse (OM = TM – Asche) für die Methanbildung zur Verfügung steht. Im Mittel über alle Erntetechniken wurden 2014 Aschegehalte von 7,9 % (Tabelle 3) und 2015 von 6,3 % ermittelt. Der physiologische Aschegehalt der Restpflanze liegt bei etwa 4 %, sodass die ermittelten Werte auf einen Erdanhang in Höhe von 2,5 - 4 % Prozentpunkten zurückzuführen sind. Die geringste Verschmutzung mit einem Aschegehalt von 6 % wurde mit dem modifizierten Pflücker mit Schwadablage erreicht, der das Maisstroh ohne weiteren Bodenkontakt im Schwad ablegt. Dagegen wurde beim Bandschwader der höchste Verschmutzungsgrad (9,8 % Rohasche) gemessen.

Da den Ergebnissen bislang nur zweijährige Daten zugrunde liegen, sind die ermittelten Werte als vorläufige Ergebnisse zu werten.

Tab. 3: Vergleich von vier Schwadtechniken anhand der geschwadeten und abgefahrenen Trockenmassen sowie der Rohaschegehalte in 2014 und 2015.

Schwadtechnik	Auf Schwad gelegter Strohertrag (dt TM ha ⁻¹)		Abgefahrener Strohertrag (dt TM ha ⁻¹)		Rohaschegehalt (%)
	2014 n = 8	2015 n = 16	2014 n = 16	2015 n = 16	2014 n = 16
Schwadhäcksler 1	46,9 ± 10,9 ^a	52,6 ± 8,5	40,5 ± 7,2 ^c	49,9 ± 6,3	7,5 ± 2,5 ^{bc}
Schwadhäcksler 2	48,8 ± 10,3 ^a	52,5 ± 13,1	41,2 ± 7,3 ^c	45,7 ± 7,8	8,3 ± 1,7 ^{ab}
Modifizierter Pflücker mit Schwadablage	57,9 ± 8,2 ^a	70,1 ± 11,4	47,5 ± 4,6 ^b	53,7 ± 7,7	6,0 ± 1,2 ^c
Bandschwader	56,4 ± 6,7 ^a	51,8 ± 12,1	53,3 ± 11,1 ^a	45,4 ± 7,4	9,8 ± 3,6 ^a
Mittelwert ± Standardabweichung	52,5 ± 9,9	56,8 ± 13,8	45,6 ± 9,3	48,7 ± 7,9	7,9 ± 2,7

TM = Trockenmasse; jeweils Mittelwerte ± s, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Spalte (Student-Newman-Keuls-Test, α = 0,05)

3.3 Silierversuche im Labormaßstab

3.3.1 Maisstroh aus pflanzenbaulichen Exaktversuchen

Die Ergebnisse der Laborsiloverversuche mit Erntegut aus den pflanzenbaulichen Exaktversuchen sind in Tabelle 4 zusammengefasst und vergleichend dargestellt. Hierbei fällt auf, dass trotz unterschiedlicher Sorten die Streuungen innerhalb der Erntetermine gering ausfallen. Während die Trockenmassegehalte in beiden Versuchsjahren sehr ähnliche Verläufe

fe nahmen, waren die weiteren Parameter deutlich vom Erntejahr beeinflusst. Die aerobe Stabilität der Silagen war im Jahr 2013 insgesamt deutlich geringer als im Jahr 2014. Eine Ursache hierfür konnte bislang nicht identifiziert werden. Auch die TM-Verluste während des Gärvorgangs wiesen Varianzen in Abhängigkeit zum Erntejahr auf und lagen generell auf einem höheren Niveau als es für konventionelle Maissilage in den gleichen Erntejahren ermittelt wurde.

Tab.4: Kenngrößen zum Siliererfolg bei Maisstrohsilagen aus pflanzenbaulichen Exaktversuchen in 2013 und 2014 (jeweils Mittelwerte \pm s aus 4 Sorten zu je 3 Laborsilagen)

Erntejahr	Erntedatum	TM-Gehalt g/kg	pH-Wert	ASTA Tage	TMV %
2013	01.10.	253 \pm 13	3,7 \pm 0,0	3,7 \pm 2,4	5,1 \pm 0,4
	14.10.	268 \pm 7	4,0 \pm 0,0	1,3 \pm 0,3	5,8 \pm 0,5
	04.11.	346 \pm 11	4,3 \pm 0,0	3,3 \pm 2,6	5,6 \pm 0,1
2014	15.10.	246 \pm 8	3,7 \pm 0,0	8,4 \pm 1,1	7,9 \pm 0,5
	28.10.	288 \pm 8	3,7 \pm 0,0	7,1 \pm 2,3	7,0 \pm 0,8
	05.11.	345 \pm 6	3,8 \pm 0,0	7,5 \pm 1,7	5,2 \pm 0,3

TM-Gehalt=Trockenmassegehalt, ASTA=Aerobe Stabilität, TMV=Trockenmasseverluste bereinigt [9]

3.3.2 Maisstroh von Praxisbetrieben

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse zu den Laborsiloversuchen mit Ausgangsmaterial von Betrieben zusammengefasst, welche bereits Maisstroh als Substrat verwenden. Die Werte für Trockenmassegehalt, pH-Wert und Trockenmasseverluste liegen in einem weiten Bereich. Dagegen lag die aerobe Stabilität fast ausnahmslos über 9 Tagen, dem Zeitpunkt des Versuchsabbruchs. Es kann somit eine insgesamt hohe aerobe Stabilität bei Maisstrohsilagen erwartet werden. Weiterhin fällt auf, dass die Gärgasverluste bei TM-Gehalten über 50 % zwar gering sind, die Silagen vom 27.09.2013 aber dennoch eine beachtliche pH-Wert-Senkung aufweisen. Silagen vom 20.11.2013 weisen bei vergleichbaren Masseverlusten während der Silierung hingegen einen wesentlich höheren pH-Wert auf.

Tab. 5: Kenngrößen zum Siliererfolg bei Maisstrohsilagen aus Praxisbetrieben der Jahre 2012 und 2013 (jeweils Mittelwerte \pm s aus drei Laborsilagen)

Erntejahr	Erntedatum	TM-Gehalt g/kg	pH-Wert	ASTA Tage	TMV %
2012	18.10.	408 \pm 15	4,3 \pm 0,0	9,0 \pm 0,0	4,8 \pm 0,5
2013	27.09.	562 \pm 3	4,2 \pm 0,0	9,0 \pm 0,0	3,8 \pm 0,1
	25.10.	354 \pm 4	4,2 \pm 0,6	8,2 \pm 1,6	5,0 \pm 0,3
	25.10.	431 \pm 8	4,8 \pm 0,4	9,0 \pm 0,0	6,0 \pm 0,1
	20.11.	705 \pm 14	5,4 \pm 0,2	9,0 \pm 0,0	3,8 \pm 0,2

TM-Gehalt=Trockenmassegehalt, ASTA=Aerobe Stabilität, TMV=Trockenmasseverluste bereinigt [9]

3.3.3 Maisstroh aus Erntetechnikversuchen

Die Kenngrößen zur Silierung von Maisstroh im Praxismaßstab sind für die Jahre 2014 und 2015 in Tabelle 6 vergleichend aufgeführt. Im zweiten Jahr war das Maisstroh auch aufgrund der Witterung zur Ernte trockener und erreichte TM-Gehalte von bis zu 57 %. Der höhere TM-Gehalt resultierte in einer insgesamt schwächeren Gärung im Versuchsjahr 2015 gegenüber 2014. Dies spiegelte sich aber nur bedingt hinsichtlich der etwas geringeren gasförmigen Verluste wider, während sich die aerobe Stabilität der Silagen durchwegs auf hohem Niveau bewegte und keine Unterscheidung zuließ. Alle eingesetzten Erntetechniken erlaubten die Produktion gut vergorener, aerob stabiler Maisstrohsilage. Unterschiede waren nur hinsichtlich der Trockenmassegehalte erkennbar.

Tab. 6: Kenngrößen zum Silier Erfolg bei Maisstrohsilagen aus Ernteverfahrensvergleichen der Jahre 2014 und 2015 (jeweils Mittelwerte $\pm s$ aus drei Laborsilagen)

Erntejahr	Erntedatum _Variante	TM-Gehalt g/kg	pH-Wert	ASTA Tage	TMV %
2014	30.10._1	434 \pm 6	4,3 \pm 0,3	9,0 \pm 0,0	4,4 \pm 0,5
	30.10._2	340 \pm 2	4,0 \pm 0,0	9,0 \pm 0,0	4,5 \pm 0,1
	31.10._1	487 \pm 4	4,2 \pm 0,0	9,0 \pm 0,0	4,6 \pm 0,2
	31.10._2	360 \pm 1	4,2 \pm 0,1	9,0 \pm 0,0	5,1 \pm 0,2
2015	01.11._1	608 \pm 72	5,0 \pm 0,1	9,0 \pm 0,0	3,8 \pm 0,5
	01.11._2	468 \pm 123	4,2 \pm 0,5	9,0 \pm 0,0	4,9 \pm 0,5
	01.11._3	581 \pm 84	4,9 \pm 0,1	9,0 \pm 0,0	4,7 \pm 1,1
	01.11._4	546 \pm 81	4,4 \pm 0,6	9,0 \pm 0,0	4,7 \pm 0,4

TM-Gehalt=Trockenmassegehalt, ASTA=Aerobe Stabilität, TMV=Trockenmasseverluste bereinigt [9], _1=Schwadhäcksler1 + Ladewagen, _2=Pflücker mit Schwadablage + Häcksler, _3=Schwadhäcksler2 + Ladewagen, _4=Bandschwader + Häcksler

3.3.4 Aerobe Stabilität nach 49 Tagen mit zweifachem Luftstress

Die aerobe Stabilität nach 49 Tagen mit Luftstress, welcher eine zusätzlich Provokation von Nacherwärmung darstellt, zeigte sich uneinheitlich. Besonders Erntegut aus den Sortenversuchen, welches - physiologisch vergleichsweise jung - zügig geerntet und einsiliert wurde, zeigte eine Neigung zur Nacherwärmung. Das Niveau der aeroben Stabilität war dabei zwischen den Versuchsjahren sehr unterschiedlich, während sich die Reihung in Abhängigkeit der verwendeten Maissorten gleichmäßiger darstellte.

Mit Großtechnik geerntetes Maisstroh war grundsätzlich länger aerob stabil. Ein Zusammenhang mit einer längeren Feldliegezeit ist nicht auszuschließen, da sich während dieser heterofermentative Milchsäurebakterien vermehren können und schnell verfügbarer Zucker schon vor dem Einsilieren durch Atmung verbraucht wird. Dieser Vorgang bedingt allerdings nicht unerhebliche Stoffverluste, welche bei der Gesamtbilanzierung unbedingt berücksichtigt werden müssen.

3.3.5 Gärparameter nach 90 Tagen

Das Ausgangsmaterial der Versuche erwies sich als ausgesprochen uneinheitlich (Tabelle 2), so dass auch bei den Silagen eine große Varianz zu erwarten war. Am deutlichsten sind die Unterschiede am TM-Gehalt der Silagen zu erkennen, welcher von 25 bis zu 71 % reichte und somit teilweise kaum noch eine erfolgreiche Silierung erwarten ließ. Dennoch

war bei allen Silagen eine Milchsäuregärung und pH-Wert-Absenkung unter anaeroben Bedingungen erkennbar (Tabellen 5 und 6). Das Ausmaß war jedoch maßgeblich von der vorhandenen Feuchtigkeit abhängig. So wurden Milchsäuregehalte zwischen 0,5 und 8,3 % der TM gemessen, und pH-Werte von 5,4 bis 3,6. Auch hinsichtlich der „Fehlgärungen“ gab es markante Unterschiede: Buttersäure, als ein Indikator für eine nicht optimale Silierung, erreichte Gehalte von bis zu 2,8 % der TM (im Durchschnitt 0,3 %). Der Anteil von Ammoniak-Stickstoff am Gesamtstickstoff, gewissermaßen das Komplement zur Buttersäure bei Fehlgärungen, war mit bis zu 14,7 % ebenfalls vereinzelt deutlich erhöht (Durchschnitt 5,7 %). Allerdings gingen hohe Buttersäuregehalte nicht zwangsläufig mit hohen Ammoniak-Anteilen einher. Alkohol war immer nachweisbar, aber mit Maximalwerten von 2,8 % und durchschnittlichen 1,0 % auf einem eher unauffälligen Niveau. Darüber hinaus war kein klarer Zusammenhang von Fehlgärung und Verschmutzungsgrad zu erkennen.

Die gasförmigen Verluste (TMV=Trockenmasseverluste) beliefen sich, bereinigt nach Weißbach et al. [9], auf 3,8 bis 8,6 %. Auffällig war, dass im Sortenversuch mit dem „saubersten“ Material gegenüber den schmutzigeren Praxisproben höhere TMV zu verzeichnen waren (6,1 vs. 4,7 %). Dieser Unterschied sollte mit den höheren TM-Gehalten des Praxismaterials (48 vs. 31 %) und einer daher geringeren mikrobiellen Aktivität weitestgehend erklärbar sein.

3.4 Siliversuche im Praxismaßstab

3.4.1 Gärparameter

Die im Silotunnel erzeugten Silagequalitäten waren sehr gut (100 DLG-Punkte). Lediglich in einer Probe fanden sich Spuren von Buttersäure, und auch der Ammoniak-Anteil am Gesamtstickstoff war mit durchschnittlich 7,2 % als gut einzustufen. Auffällig war bezüglich dieses Parameters, dass Häckslersilagen signifikant höhere Ammoniakgehalte aufwiesen als Ladewagensilagen. Auch die übrigen Gärparameter wiesen für die Häckslersilagen eine gegenüber der Ladewagensilage verstärkte Silierung aus.

3.4.2 Ergebnisse des Controllings am Silo

Grundsätzlich zeigte der Praxisversuch deutlich das Hauptproblem von Maisstroh bei der Silierung in Praxissilos auf. Zum einen lässt es sich nur schwer verdichten, zum anderen findet eindringender Sauerstoff (z. B. bei Folienverletzungen) relativ locker gepacktes Siliergut mit einem großen Kapillaranteil und wenig Barrierewirkung vor. Die Eindringtiefe für Sauerstoff ist daher hoch, direkt abhängig davon auch das mögliche Ausmaß an Verderb durch Schimmelpilzwachstum.

Die eingesetzte Siliertechnik war somit auch nur bedingt in der Lage hohe Raumgewichte zu erzeugen (Tabelle 7), was gerade dann problematisch ist, wenn die Fixierung der Silofolie auf dem Eigengewicht der Silage beruht. Grundsätzlich können mit dem Silotunnel sehr hohe Verdichtungen erreicht werden, das haben frühere Untersuchungen an der LfL Grub mit unterschiedlichen Siliergütern gezeigt, allerdings konnten die ermittelten Dichten (im Mittel der Bohrungen ca. 100 kg TM/m³, berechnet nach Erntemasse und Tunnelvolumen ca. 140 kg TM/m³) beim Maisstroh nicht zufriedenstellen. Ein zur Einordnung dieser Ergebnisse erforderlicher Vergleichsversuch zu Fahrsiloplanlagen liegt derzeit nicht vor. Es kann aus diesen ersten Ergebnissen abgeleitet werden, dass für die Maisstrohlage-

rung deutlich mehr Siloraum im Vergleich zur Maissilage (Basis TM) vorgehalten werden muss.

Tab. 7: Vergleich von Zielwerten für Grassilagen nach [5] und ermittelten Verdichtungen

Variante	Zielwert FM	oben Mitte	Kern	links	rechts
	Zielwert TM	Verdichtung kg/m ³			
Schwadhäcksler + Ladewagen	550	251	114	283	286
	245	110	50	124	126
Pflücker mit Schwadablage + Feldhäcksler	600	256	213	412	312
	210	86	72	138	104
Gesamt nach Bohrung	560	254	164	348	299
	225	98	61	131	115
Gesamt nach Erntemasse und Tunnelvolumen	560	350			
	225	140			

FM=Frishmasse, TM=Trockenmasse

3.5 Spezifische Methanausbeuten von Körnermaisstroh

Körnermaisstroh erweist sich bislang im labortechnischen Maßstab (Batchversuche) als gut vergärbar und liefert vergleichsweise hohe Methanausbeuten. In Abbildung 3 sind die spezifischen Methanausbeuten von Körnermaisstroh in Abhängigkeit der drei Erntetermine im Versuchsjahr 2013 dargestellt. Dabei wurden durchschnittlich 322 Normliter je kg organischer Masse (NI (kg OM)⁻¹) im Mittel über alle Sorten und Erntetermine gewonnen (n = 24), während der Silomais-Standard, welcher als Referenz in den Batchversuchen mitgeprüft wird, 366 NI (kg OM)⁻¹ erzielte. Ähnlich wie bei den Stroherträgen konnte ein deutlicher Effekt des Erntetermins festgestellt werden. So sanken im Verlauf der Abreife die spezifischen Methanausbeuten signifikant von 339 NI (kg OM)⁻¹ auf 306 NI (kg OM)⁻¹. Auch im Erntejahr 2014 sanken die spezifischen Methanausbeuten mit zunehmendem Abreifeegrad, allerdings nur geringfügig von anfangs 323 NI (kg OM)⁻¹ auf 319 NI (kg OM)⁻¹ und zuletzt 312 NI (kg OM)⁻¹, weshalb die Unterschiede statistisch nicht abgesichert werden konnten. Einflüsse der Sortenwahl waren hingegen nur von untergeordneter Bedeutung bzw. variierten stark in Abhängigkeit vom Jahreseffekt, sodass der Sorteneffekt noch nicht endgültig geklärt werden konnte. Im Gesamtdurchschnitt über alle aktuell geprüften Proben (n = 78, pflanzenbauliche Exaktversuche 2013 und 2014 sowie Erntetechnikversuche 2014 und 2015) konnte für Maisstroh eine beachtliche spezifische Methanausbeute von durchschnittlich 318 NI CH₄ (kg OM)⁻¹ ermittelt werden, wobei sich die Werte zwischen einem Minimum von 281 NI CH₄ (kg OM)⁻¹ und einem Maximum von 356 NI CH₄ (kg OM)⁻¹ bewegten. Insgesamt sind die Methanausbeuten von Maisstroh also vergleichsweise hoch und erreichen durchschnittlich rund 85 - 90 % der Methanausbeute von Silomais.

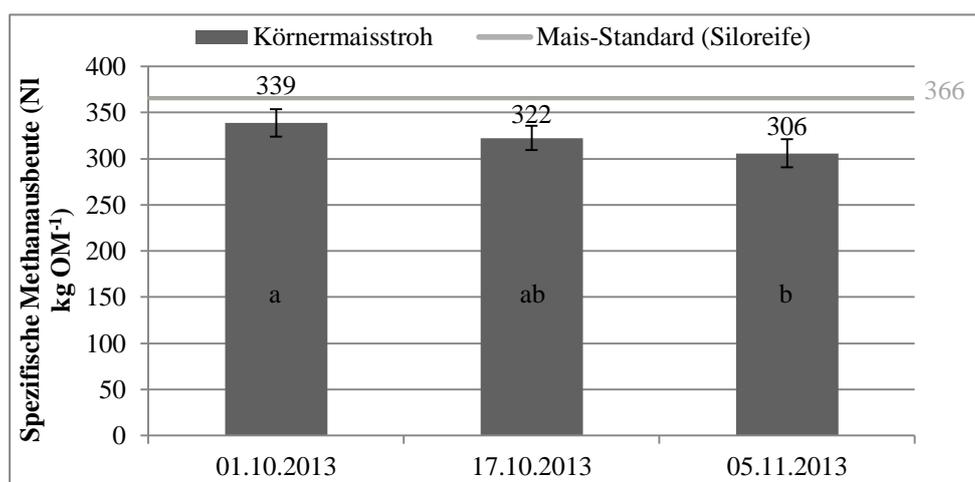


Abb. 3: Spezifische Methanausbeuten (NI CH₄ (kg OM⁻¹)) von Körnermaisstroh im Verlauf der Erntetermine 2013 (Mittel der Sorten, n = 8; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Least Significant Difference Test, α= 0,05))

3.6 Verdauungsversuch am Hammel

Der Futterwert der Maisstrohsilage präsentierte sich schlecht (Tabelle 8). Darüber hinaus kam es bei der Variante Schwadhäcksler und Ladewagen zu drastischen Problemen hinsichtlich der Futterakzeptanz und Futteraufnahme. Dieser Teil des Verdauungsversuchs war nicht auswertbar.

Tab. 8: Ergebnisse des Verdauungsversuchs am Hammel

Variante	vq OS	vq XP	vq XL	vq XF	vq NfE	nXP	RNB	ME
2014	%					g/kg	g/kg	MJ
Schwadhäcksler	59,0	12,1	79,8	65,9	58,2	95	-7	8,0
+ Ladewagen	± 4,8	± 5,3	± 6,3	± 6,0	± 4,7			
PmS	54,3	5,6	78,3	60,1	55,2	90	-6	7,5
+ Feldhäcksler	± 1,8	± 5,2	± 3,5	± 2,1	± 2,3			

vq=Verdaulichkeitsquotient, OS=organische Substanz, XP=Rohprotein, XL=Rohfett, XF=Rohfaser, NfE=N-freie Extraktstoffe, nXP=am Duodenum nutzbares Rohprotein, RNB=ruminale Stickstoffbilanz, ME=umsetzbare Energie, PmS=Pflücker mit Schwadablage

4 Schlussfolgerungen

Stroh von unterschiedlichen Maissorten wurde über einen Zeitraum von 4 Jahren hinsichtlich Ertragsleistung, Ernt- und Silierbarkeit im Labor- und Praxismaßstab untersucht. Dabei zeigten sich folgende Besonderheiten und Unterschiede:

- Korn und Stroh fallen im Verhältnis von ca. 1:0,9 an; hier ca. 100 dt TM Maisstroh ha⁻¹
- 43 - 47 % davon konnten mit der getesteten Technik geborgen werden
- Methan-Flächenerträge erreichen ca. 20-25 % bezogen auf Silomais
- Maisstroh siliert vergleichsweise sicher, Fehlgärungen sind selten
- verlängerte Feldliegezeiten bis zur Bergung beeinflussen die stoffliche Zusammensetzung von Maisstroh, lange Feldliegezeiten sind zu vermeiden
- Eine schmutzarme Bergung ist auch unter Praxisbedingungen möglich
- aerobe Stabilität von Silagen höher bei maschinell geborgenem Praxiserntegut als bei manuell geerntetem, „optimalem“ Siliergut; insgesamt als hoch zu bewerten
- Die Verdichtbarkeit im Silo ist sehr eingeschränkt
- Die Verdaulichkeit und Akzeptanz von Maisstrohsilage erwies sich beim Hammel als äußerst schlecht; sie ist auch bei geringem Fusariumbefall nicht als Futtermittel geeignet

5 Literaturverzeichnis

- [1] VDI 4630 (2006). Richtlinie VDI 4630 - Vergärung organischer Stoffe Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche. Ver. Dtsch. Ingenieure.
- [2] Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (1976): Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch) Band III, die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Auflage einschließlich Ergänzungslieferungen 1-8, VDLUFA-Verlag, ISBN 978-3-941273-14-6, 2190 Seiten.
- [3] Weißbach, F., Schmidt, L., Hein, E. (1974): Method of anticipation of the run fermentation in silage making, based on the chemical composition of the green fodder. Proc. XII. International Grassland Congress, Section 2, 663-673.
- [4] Bundesarbeitskreis Futtermittelkonservierung (2001): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. vollständig überarbeitete Auflage, ISBN 978-3-7690-0791-6.
- [5] Richter, W. (2009): Hygiene bayerischer Silagen - Controlling am Silo. Schriftenreihe LfL 09/2009, ISSN 1611-4159, 130 Seiten.
- [6] GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1991): Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern, J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 65, 229-234.
- [7] Pordesimo, L., Edens, W., Sokhansanj, S. (2004): Distribution of aboveground biomass in corn stover. Biomass and Bioenergy 26 (4), 337-343.

[8] Golub, M., Bojic, S., Djatkov, D., Mickovic, G., Martinov, M. 2012: Corn Stover Harvesting for Renewable Energy and Residual Soil Effects. *Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America* 43(4), 72-79.

[9] Weißbach, F., Pahlow, G., Tebbe, C. (1998): Methodik zur Ermittlung der Gärverluste bei der Silierung. In: *FAL Jahresbericht 1998*, S. 26.