



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

DMK-Tagung Futterkonservierung und Fütterung



Schriftenreihe

**06
2010**

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: Juni 2010

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 5,00 Euro

© LfL



DMK-Tagung
Futterkonservierung und Fütterung

**Tagung des Ausschusses Futterkonservierung
und Fütterung im Deutschen Maiskomitee e.V.
am 16./17. März 2010 an der LfL in Grub**

T. Ettle, S. Kraume
(Herausgeber)

Tagungsband

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Fütterungsaspekte bei der Sortenwahl beachten.....	9
M. Pries	
Einsatz von Maisprodukten als Futtermittel in Ökobetrieben	13
P. Rauch, H. Spiekers	
Energiegehalte und Verdaulichkeiten von Maiscobts und Maissilage	19
T. Eittle, H. Spiekers, K. Rutzmoser	
Fettsäurezusammensetzung der Milch in Abhängigkeit von der Rationsgestaltung	27
K.-H. Südekum	
Verlustquelle Sickersaft bei der Maissilierung durch pflanzenbauliche und siliertechnische Maßnahmen sicher vermeiden.....	33
J. Thaysen	
Schätzung der dünn darmverdaulichen Aminosäuren (Schwein) bei Maisfuttermitteln.....	45
K. Rutzmoser, H. Lindermayer	
Die Bewertung von Mais als Substrat für die Biogasgewinnung	53
F. Weißbach	
Effizienz der Futterwirtschaft: Erträge von Silomais und Genauigkeit der Ertrags- und Trockenmasse (TM)-Messung am Feldhäcksler	63
B. Köhler, H. Spiekers, M. Demmel, M. Diepolder, S. Thurner	

Vorwort

Mais und Maisprodukte finden verstärkt Einsatz in der Fütterung. In Bayern dominiert die Rinderhaltung bei der Verwendung von Mais. Dies betrifft sowohl die Nutzung als Silomais als auch Maiscob. Weiter von Bedeutung ist der Einsatz von Körnermais in der Milchviehhaltung, vor allem als Ergänzung in grasbetonten Rationen. In der Zukunft ist durch die Förderung von Biogas eine Verschiebung der Vorzüglichkeiten der Futtermittel zu erwarten. Maisprodukte gehen verstärkt in die Biogasproduktion und in der Milchviehhaltung gewinnen Grasprodukte an relativem Wert. Weiter von Bedeutung sind das Vordringen des Maiswurzelbohrers und die dadurch bedingten Erweiterungen in der Fruchtfolge, die entsprechende Anpassungsmaßnahmen verlangen.

Aus den dargestellten Entwicklungen ergeben sich eine Reihe von Fragestellungen für die angewandte Forschung und die fachliche Ausrichtung der Beratung. Eine entscheidende Stellgröße ist die Effizienz der Futterwirtschaft. Vom Aufwuchs ist eine möglichst große Menge bis zum Trog bzw. Fermenter zu erhalten („mehr Netto vom Brutto“). Hierzu sind die entsprechenden Messstellen einzurichten, um eine möglichst gut gesteuerte Produktion zu gewährleisten. Einen wichtigen Ansatzpunkt liefern hier die Ertragserfassung am Häcksler sowie die Mengenerfassung am Futtermischwagen. Das Controlling am Silo ist ein weiterer Baustein.

Den genannten Fragestellungen widmete sich am 16. und 17. März 2010 die jährliche DMK-Tagung Futterkonservierung und Fütterung in Poing-Grub, die gemeinsam von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und dem Ausschuss für Futterkonservierung und Fütterung des Deutschen Maiskomitees veranstaltet wurde. Die Inhalte der Tagung spannten sich von der Frage Maiszüchtung und Fütterung über die Futterbewertung und Fütterung, Futterkonservierung und Futtereffizienz bis zur Bewertung von Mais als Substrat für die Biogasgewinnung. Damit sollte nachdrücklich unterstrichen werden, dass die Forschung und die Umsetzung der Ergebnisse fächerübergreifend erfolgen müssen, um erfolgreiches Wirtschaften nachhaltig zu unterstützen. Pflanzenbau, Verfahrenstechnik und Tierernährung müssen hierzu gut ineinander greifen. Es bedarf dazu auch entsprechender Foren, um die Diskussion zu fördern. Mit den nachstehend aufgeführten Beiträgen und der ergänzenden Besichtigung am Silo und im Stall der Versuchsstation Grub konnte hier ein wichtiger Beitrag geleistet werden. Der vorliegende Tagungsband soll zur weiteren Diskussion anregen und die Inhalte sollen soweit möglich in der Praxis Anwendung finden.

Poing und Bonn, Juni 2010

Hubert Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

Karl-Heinz Südekum

Vorsitzender

Ausschuss für Futterkonservierung und Fütterung

Deutsches Maiskomitee e.V., Bonn

Fütterungsaspekte bei der Sortenwahl beachten

M. Pries

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster

Zusammenfassung

Die Sortenwahl für den Silomaisanbau hat nach qualitativen und quantitativen Aspekten zu erfolgen. Betrachtet man die Ergebnisse aus dreijährigen Landessortenversuchen zeigt sich, dass die großrahmigen Sorten den höchsten Trockenmasseertrag und den höchsten Energieertrag je Flächeneinheit erbringen. Die Nährstoffkonzentration auf Basis der Trockenmasse ist in den ertragreichen Sorten allerdings in aller Regel unterdurchschnittlich. In der Fütterung führen Sorten mit hoher Nährstoffkonzentration zu einer höheren Futteraufnahme und damit zu einer besseren Energieversorgung, in deren Folge der Konzentrateinsatz verringert werden kann. Den eingesparten Kraftfutterkosten stehen aber die geringeren Flächenerträge bei Wahl der energiereichen Sorten gegenüber. Zur Versorgung eines gegebenen Viehbestandes wird deshalb eine größere Silomaisanbaufläche benötigt. Die Anbaukosten für den Silomais im Einzelbetrieb sowie die Kosten für das Konzentratfutter entscheiden darüber, ob Sorten mit höchsten Flächenerträgen oder Sorten mit höchster Energiedichte zu bevorzugen sind.

1 Einleitung

Dem Silomaisanbauer steht eine Vielzahl von Sorten zur Verfügung, aus der er den für seine Anbaubedingungen günstigsten Genotyp wählen kann. Wesentliche Informationen liefern hierzu die Ergebnisse aus den Landessortenversuchen. Die Daten beschreiben unter anderem für jede Sorte den Trockenmasse- (TM), Energie- (MJ NEL) sowie Stärkeertrag je ha. Neben diesen quantitativen Aspekten werden in den Sortenversuchen aber auch qualitative Merkmale wie TM-Gehalt, Stärke- sowie Energiegehalt je kg TM ausgewiesen.

Die Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang zwischen dem TM-Ertrag auf Hektarbasis und der Energiekonzentration für 25 dreijährig geprüfte Sorten aus der mittelfrühen Reifegruppe der Landessortenversuche in NRW. Es zeigt sich, dass bei Sortenwahl nach höchstem TM-Ertrag je ha Sorten mit geringerer Energiekonzentration bevorzugt werden. Andererseits lassen sich bei vorgegebenen TM-Ertrag Sorten mit sehr unterschiedlicher Energiedichte je kg TM ausmachen.

Eine Auswahl der fünf besten Sorten nach dem Trockenmasseertrag je ha und der fünf besten Genotypen bezogen auf den Gehalt an MJ NEL/kg TM zeigt keine Übereinstimmung im Ergebnis der Sortenwahl nach den Kriterien TM-Ertrag je ha und Energiekonzentration je kg TM, wenn die jeweils 20 % Besten gewählt werden.

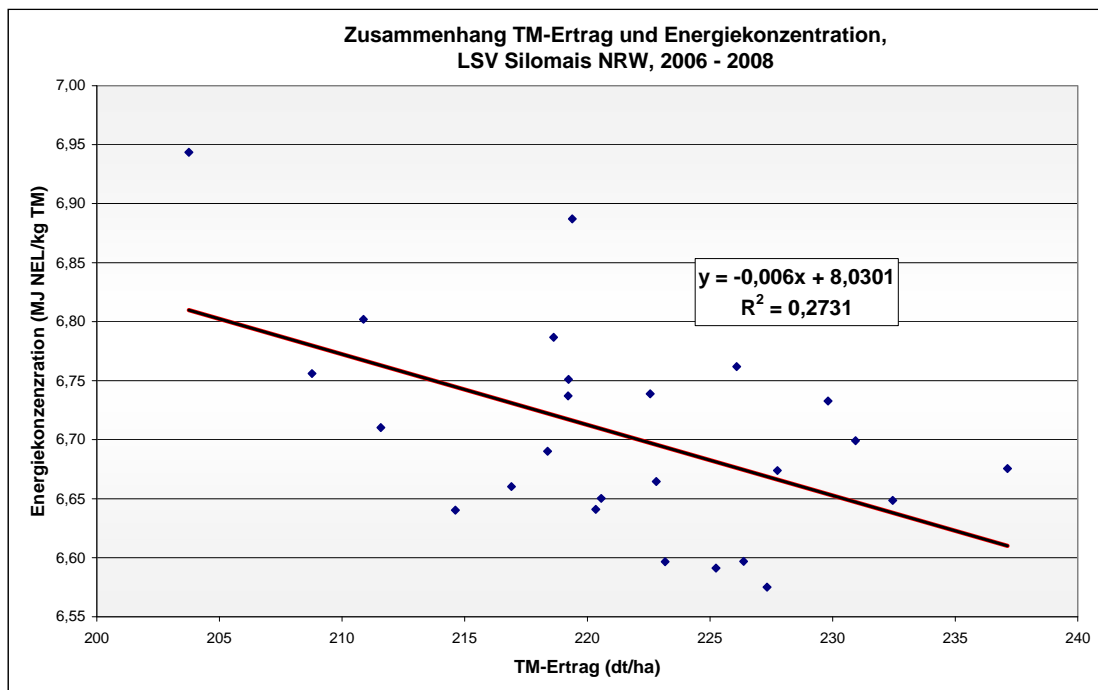


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Trockenmasseertrag und Energiekonzentration von Silomais der mittelfrühen Reifegruppe

Dieser negative Zusammenhang zwischen Trockenmasseertrag je ha und der Energiekonzentration je kg TM ist in der Tabelle 1 zahlenmäßig an Hand der Daten des Erntejahres 2007 konkret beschrieben. Sorten mit einem Energiegehalt von etwa 6,5 MJ NEL/kg TM liefern mit 232 dt TM je ha den höchsten Massenertrag. Die energiereichen Sorten mit etwa 6,9 MJ NEL/kg TM liefern dagegen mit 208 dt TM bzw. 138 GJ/ha einen geringeren Massen- und Energieertrag je ha.

Tab. 1: Zusammenhang zwischen Energiekonzentration und Massenertrag von Maissorten der mittelfrühen Reifegruppe

	Energiegehalt (NEL, MJ/kg TM)*		
	6,5	6,7	6,9
Stärke, g/kg TM	300	325	350
TM-Ertrag, dt/ha	232	220	208
Energieertrag, GJ/ha	152	145	138

* Daten aus LSV Silomais 2007, LWK NRW

2 Konsequenzen für die Rationsgestaltung

Welche Auswirkungen unterschiedliche Energiekonzentrationen der Maissilage auf die Rationsgestaltung haben, ist in der Tabelle 2 verdeutlicht.

Die Beispielsrationen sollen den Energie- und Nährstoffbedarf für eine Milchleistung von 28 kg energiekorrigierte Milch (ECM) einschließlich Erhaltung decken. Von der energiereichen Maissilage mit 6,9 MJ NEL/kg TM werden etwa 1,5 kg TM mehr gefressen, so dass weniger Kraftfutter erforderlich ist. Die weiteren Kennwerte der Rationen wie Energiedichte, Gehalt an Rohprotein, Rohfaser sowie Stärke und Zucker unterscheiden sich

nicht. Unter Berücksichtigung derzeit gültiger Preise für die verschiedenen Futtermittel ergibt sich für die Variante mit der hohen Energiekonzentration in der Maissilage eine Futterkosteneinsparung von 0,35 €/Kuh/Tag im Vergleich zur Situation mit der geringen Energiedichte in der Maissilage.

Tab. 2: Einfluss unterschiedlicher Energiekonzentration der Maissilage auf die Rationsgestaltung und die Futterkosten, Mischration für 28 kg Milch pro Kuh/Tag

		Energiegehalt (NEL, MJ/kg TM) der Maissilage		
		6,5	6,7	6,9
Futterraufnahme, kg TM/Kuh/Tag				
Maissilage	4,30 €/dt	7,8	8,7	9,3
Grassilage	8,00 €/dt	4,9	4,9	4,9
Stroh	8,00 €/dt	0,3	0,3	0,3
Rapsextraktionsschrot	20,00 €/dt	2,5	3,0	4,1
MLF (18/3)	18,00 €/dt	4,8	3,1	1,0
Aufnahme, gesamt		19,4	19,3	19,1
Kennwerte der Ration				
Milch aus Grobfutter,	kg ECM/Kuh/Tag	13,3	15,7	17,3
Energiedichte,	MJ NEL/kg TM	6,7	6,7	6,8
Rohprotein,	g/kg TM	163	160	161
Rohfaser,	g/kg TM	192	188	183
unbest. Stärke + Zucker,	g/kg TM	160	180	210
Kosten,	Euro/Tier/Tag	3,62	3,45	3,27

Da die Maissorten mit einem hohen Energiegehalt einen geringeren Flächenertrag liefern, ist eine größere Maisfläche erforderlich, um einen gegebenen Tierbestand mit Maissilage zu versorgen. Werden die bisher genannten Massenerträge versuchsbedingt um 20 % verringert und gleichzeitig 10 % Silier- und Lagerungsverluste angenommen, so sind bei einer Energiedichte von 6,5 MJ NEL/kg TM zur Versorgung von zum Beispiel 80 Milchkühen 13,1 ha Silomaisfläche erforderlich (s. Tabelle 3).

Tab. 3: Auswirkungen auf die Silomaisfläche bei unterschiedlicher Energiedichte der Maissilage

		Energiegehalt (NEL, MJ/kg TM) der Maissilage		
		6,5	6,7	6,9
Maissilageverbrauch,	dt TM/Kuh	27,3	30,5	32,6
erforderliche Maisfläche *,	ha	13,1	15,4	17,5
Futterkostensparnis gegenüber 6,5 MJ NEL				
Euro/Kuh/Tag			0,17	0,35
Euro/Betrieb			4.352	8.960
Mehrbedarf Maisfläche,			2,3	4,4
Maximale Kosten,			1.892	2.036
			Euro/ha Maisfläche	

* 80 Kühe; 320 Laktationstage; 20 % versuchsbedingter Ertragsabzug; 10 % Silier- und Lagerverluste

Von Maissorten mit einem Energiegehalt von 6,9 MJ NEL/kg TM wird mehr gefressen bei gleichzeitig verringertem Massenertrag, so dass für 80 Kühe eine Maisfläche von 17,5

ha erforderlich ist. Dem Mehranbau von 4,4 ha Silomais steht eine Futterkostensparnis von 0,35 € pro Kuh und Tag beziehungsweise von 8.960 € pro Jahr für die unterstellten 80 Kühe gegenüber. Bezogen auf ein ha Silomais macht dies einen Betrag von gut 2.000 € aus. Wenn ein ha Silomais für unter 2.000 € angebaut werden kann, empfiehlt es sich, eine größere Maisfläche mit energiereichen Sorten zu bestellen. Bei Anbaukosten von über 2.000 €/ha sind die großrahmigen Sorten mit hohen Massenerträgen im Vorteil.

3 Schlussfolgerungen

Die höchsten Trockenmasseerträge je ha liefern großrahmige Sorten, bei denen wegen des weiteren Verhältnisses von Kolben- zu Restpflanzenanteil eine geringere Energiedichte je kg TM gegeben ist. Das Auswahlkriterium TM-Ertrag führt deshalb zu gänzlich anderen Sorten wie das Kriterium Energiedichte, wenn die jeweils 20 % besten Genotypen Berücksichtigung finden. Werden Aspekte der Rationsgestaltung für Milchkühe betrachtet, so führen Sorten mit einer hohen Energiekonzentration zu einer höheren Grobfutteraufnahme, verringertem Kraftfuttereinsatz und somit zu verminderten Futterkosten. Da Maisorten mit hoher Energiedichte im Mittel weniger Ertrag je ha liefern, ist zur Versorgung eines gegebenen Tierbestandes eine größere Maisfläche erforderlich. Bei den derzeitigen Futtermittelpreisen sollten bei Anbaukosten von unter 2.000 €/ha Silomais Sorten mit hoher Energiedichte bevorzugt werden. An Grenzstandorten für den Maisanbau müssen unbedingt Sorten mit sicherer Abreife bevorzugt werden, damit eine ausreichende Energiedichte in der Silage erreicht wird. Die Ausführungen machen deutlich, dass bei der Sortenwahl von Silomais Aspekte der Fütterung zu berücksichtigen sind.

Einsatz von Maisprodukten als Futtermittel in Ökobetrieben

P. Rauch, H. Spiekers

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

Zusammenfassung

In einem interdisziplinären Projekt zur Eutergesundheit auf ökologischen Milchviehbetrieben wurden unter anderem Daten zur Futterwirtschaft erhoben. Aus diesen Daten lassen sich einige Aussagen zu Umfang und Qualität des Maisanbaus und dem Einsatz in der Fütterung treffen. Bei ca. 50 % der 106 Projektbetriebe ist Silomais Bestandteil des Futterbaus und wird im Schnitt mit einem Anteil von 27 % an der Grobfuttermittel-TM eingesetzt. Die Futterqualitäten liegen dabei auf ähnlichem Niveau wie konventionelle Silagen.

Am Beispiel des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums Kringell wird der dortige Silomaisanbau beschrieben. Die Besonderheiten im ökologischen Anbau werden dabei herausgearbeitet. Unter Beachtung dieser Besonderheiten kann Silomais aufgrund der hohen Energiedichte die Energieversorgung positiv beeinflussen.

1 Einleitung

Der Maisanbau im ökologischen Landbau spielt auf die Fläche gesehen eine untergeordnete Rolle [1]. Trotzdem ist der Einsatz von Maissilagen und anderen Maisfuttermitteln in der ökologischen Fütterung keine Seltenheit. Auch von Seiten der Züchtung gewinnt die Maisproduktion unter ökologischen Bedingungen an Bedeutung [1].

Welche Rolle Mais in der ökologischen Milchviehfütterung hat, wurde ausgehend von Daten eines Projekts des Bundesprogramms Ökolandbau näher betrachtet.

2 Material und Methoden

Aus dem Projekt „Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Milchkühen im ökologischen Landbau interdisziplinär betrachtet“ liegen umfassende Daten ökologisch wirtschaftender Milchviehbetriebe im gesamten Bundesgebiet vor. Die Daten wurden durch ein Erhebungsteam erfasst, das durch die Arbeitsgruppe Tierhaltung am Forschungszentrum für Veredelungswirtschaft der Universität Göttingen koordiniert wird. Die Datenzusammenstellung und -aufbereitung erfolgte an der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.

Ziel des Projekts ist die Risikomodellierung für Euter- und Stoffwechselerkrankungen. Ein kleines Erhebungsteam gewinnt vor Ort neben den direkt die Eutergesundheit betreffenden Daten auch Angaben zur Fütterung und zum Futterbau des jeweiligen Betriebs. Die Daten werden zur Erstellung von Handlungsempfehlungen genutzt und in einem Beratungsgespräch als Verbesserungsvorschläge an die Betriebe rückgemeldet. Als Endergeb-

nis soll ein Handlungsleitfaden zur Vermeidung von Eutererkrankungen erstellt werden [2].

Ein Aspekt der Auswertung ist auch die Energieversorgung der Milchviehherden als ein Parameter zur Stabilisierung der Stoffwechselfgesundheit. Es wurde geprüft, ob die vorhandenen Maisqualitäten und –mengen einen Beitrag zur Verbesserung der Energieversorgung leisten können.

Die 106 Betriebe wurden gemäß dem jeweiligen Anteil an Ökobetrieben in der Region ausgewählt und mussten Mindestanforderungen erbringen. Diese beinhalteten eine seit mindestens 2 Jahren abgeschlossene Umstellung zum Biobetrieb, eine Laufstallhaltung für die Milchviehherde, die Teilnahme an der Milchleistungsprüfung und einen Mindestbestand von 20 Milchkühen. Die Tierbestände beschränken sich auf die Rassen Holstein, Fleckvieh und Braunvieh.

3 Ergebnisse und Diskussion

Von den ausgewerteten 106 Betrieben bauen laut Erhebung 48 Betriebe Mais an. Zur Beurteilung der regionalen Verteilung wurden diese in die deutsche Landkarte eingezeichnet (siehe Abb. 1). Für den Maisanbau lassen sich keine Anbauschwerpunkte erkennen.

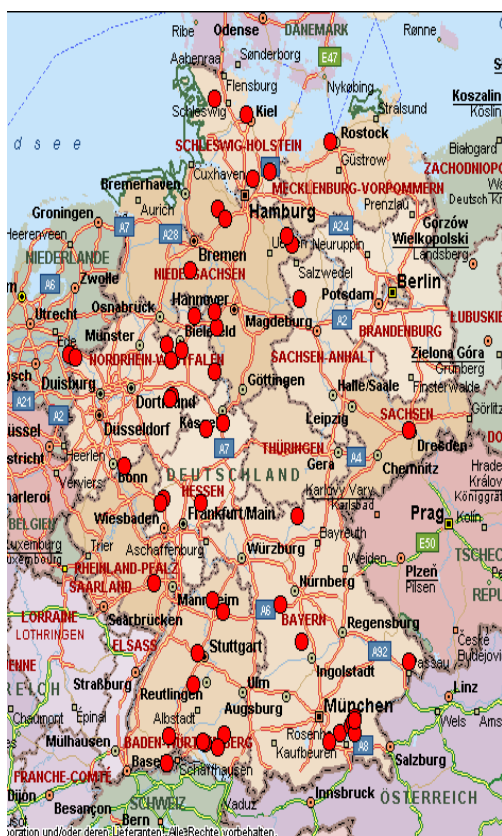


Abb. 1: Lage der Öko-Betriebe mit Maisanbau

Als meist eingesetztes Futtermittel auf den Betrieben findet sich wie erwartet Maissilage. 45 % der Betriebe bauen selbst Silomais an, wobei die Anbauflächen zwischen 1 und 54 ha schwanken. Im Mittel wird auf ca. 5 ha Mais angebaut. Dies entspricht einem Anteil

von 12 % der Ackerfläche, einzelne Betriebe nutzen ihre Ackerflächen aber auch zu sehr viel größeren Anteilen für den Maisanbau.

Die landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe ist im Vergleich zur Grundgesamtheit etwas größer, wobei der Umfang an Ackerfläche in etwa gleich ist (s. Tab. 1).

Tab. 1: Betriebsstruktur der Projektbetriebe (mittlere Flächenausstattung und Spannweite)

	Alle Betriebe (n=106)	Betriebe mit Silomais (n=48)
Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)	73 (18-450)	101 (32-450)
Ackerfläche (ha)	46 (1-405)	50 (1-405)
Fläche Silomais (ha)		5 (1-54)
Anteil Silomais an Ackerfläche (%)		12 (2-82)

Die Milchviehbestände liegen im Mittel bei ca. 50 Kühen (Tab. 2) mit einer Spannweite von 17 bis 250 Tieren, tendenziell wird auf den eher größeren Betrieben Mais eingesetzt. Diese Gruppe weist auch eine um ca. 800 kg höhere Milchleistung je Kuh und Jahr auf und liegt bei ca. 6.800 kg Milch. Diese Mehrleistung lässt sich aber nicht auf die Fütterung von Mais allein zurückführen, da bei diesen Betrieben auch das Kraftfutterniveau mit 194 g Kraftfutter/kg Milch höher ist als bei den rein grasbasiert fütternden Betrieben mit 140 g Kraftfutter/kg Milch.

Tab. 2: Milchleistung und Fütterungsparameter

	Alle Betriebe (n=106)	Betriebe mit Silomais (n=48)
Anzahl Milchkühe	49 (17-250)	54 (17-250)
Milchleistung (kg/Kuh/Jahr)	6175 (3138-9606)	6814 (3248-9606)
Anteil Silomais an den Grobfuttermitteln (% der TM)		27 (6-75)
Kraftfutteraufwand (g KF/kg Milch)	158 (0-363)	194 (19-363)

Die Anteile an Maissilage in den Milchviehrationen lagen im Mittel der Betriebe bei ca. 27% der eingesetzten Grobfuttermittel. Auch hier gibt es eine große Schwankungsbreite zwischen Betrieben mit wenig Maissilage in der Ration (6% der Grobfuttermenge) und höheren Maisanteilen (bis zu 75%).

Die Qualitäten der untersuchten Maissilagen aus 2007 und 2008 sind vergleichbar mit Qualitäten konventioneller Silagen und unterschieden sich nicht in den beiden Jahren (s. Tab. 3). Damit liegen die Energiedichten deutlich über den Gehalten der Grasprodukte, die auf den Betrieben mit Maisanbau eingesetzt werden. Eine Steigerung der Energiedichte in der Ration durch Silomaisanteile ist daher gegeben.

Tab. 3: *Futtermittelqualitäten der ökologischen Maissilagen*

	n	TM (g/kg FM)	ME (MJ/kg TM)	NEL (MJ/kg TM)	Stärke (g/kg TM)	Rohasche (g/kg TM)	Rohfaser (g/kg TM)
alle	96	328 (277-369)	11,0 (10,5-11,4)	6,64 (6,25-6,92)	322 (223-386)	35 (26-43)	190 (174-223)
2007	46	317	11,0	6,66	313	35	188
2008	50	340	11,0	6,60	331	35	190

Aber auch Körnermais als Einzelfuttermittel spielt bei 22 der 106 Betriebe eine Rolle. Hier sind die Betriebe, die ein Milchleistungsfutter mit einem Anteil Körnermais zukaufen, nicht mit einbezogen, da darüber keine Daten vorliegen. Es ist aber anzunehmen, dass viele der gehandelten Leistungskraftfutter Körnermais enthalten. Der eingesetzte Körnermais stammt aus eigenem Anbau oder wird in vielen Fällen auch zugekauft. Maiscobbs dagegen werden nur vereinzelt und dann in Grünlandregionen aufgrund der Nähe zu Futtertrocknungsanlagen eingesetzt. Dies ist bei drei von 106 Betrieben der Fall.

Maisanbau am Beispiel Kringell

Auch auf dem Lehr- und Versuchszentrum Kringell der LfL wird schon seit langer Zeit Mais angebaut. Der am Rand des Bayerischen Waldes gelegene Betrieb wollte auch nach der Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweise 2001 nicht auf Maissilage in der Milchviehration verzichten. Derzeit werden je nach Jahr 13 – 18 ha Mais angebaut. Insgesamt umfasst der Betrieb 83 ha Ackerland und 70 ha Grünland. Der Maisanbau erfolgt nach 2jährigem Klee gras, das teils im Herbst schon umgebrochen wird, teils wird noch ein erster Schnitt im Anbaujahr genutzt. Durch einen frühen Schnitzeitpunkt (letzte Aprilwoche/erste Maiwoche) kann die Aussaat noch relativ frühzeitig in der zweiten bis dritten Maiwoche erfolgen. Dabei wird eine um 1 cm tiefere Ablage als im konventionellen Anbau angestrebt. Zur Unkrautbekämpfung wird nach der Saat blind gestriegelt, ein zweites Mal im 4-Blattstadium der Pflanzen. Zusätzlich erfolgt ein zweimaliges Hacken mit Gänsefußscharen.

Im Mittel der Jahre (2004 bis 2009) lag der Trockenmasseertrag in Kringell bei 9,6 t und damit deutlich unter konventionell erreichbaren Mengen [3]. Vergleicht man dazu die Erträge im Klee grasanbau als Alternative im Futterbau mit 8,6 t TM und wesentlich höheren Proteingehalten je Kilogramm Trockenmasse, ist erkennbar, dass die Differenzen im Ertrag nicht so weit auseinander liegen wie im konventionellen Anbau und die Entscheidung für oder gegen Maisanbau genau überlegt werden muss. Das Versuchsgut liegt mit einer Milchleistung der Fleckviehherde von derzeit über 8.900 kg Milch im höherleistenden Bereich. Bei solch guten Leistungen muss in der Grobfuttermittelration die Energiedichte (MJ NEL/kg TM) möglichst hoch gehalten werden. Dies wird in Kringell mit Trockenmasseanteilen von 20-50 % Maissilage bei den eingesetzten Grobfuttermitteln erreicht.

Zudem kann bei den erforderlichen hohen Kraftfuttermengen von bis zu 11 kg der Anteil der pansenstabilen Stärke durch den Einsatz von Körnermais erhöht werden, um dem Risiko einer Pansenübersäuerung entgegenzuwirken. Bei den hochleistenden Milchkühen werden bis zu 3,5 kg Körnermais je Tier und Tag eingesetzt.

4 Schlussfolgerungen

In ökologisch wirtschaftenden Betrieben wird Maissilage mit vergleichbarer Qualität zu konventionellen Betrieben erzeugt. Die Anforderungen in der Bestandesführung sind dabei bei niedrigeren Erträgen (ca. 280-360 dt FM) höher. Zur Unkrautbekämpfung ist eine regelmäßige Befahrbarkeit der Böden wichtig. Ein großes Problem ist in einigen Regionen Vogelfraß durch Tauben und Krähen. Die Energiegehalte der Rationen können über Maissilage erhöht werden, allerdings ist dann eine Ergänzung mit im Ökolandbau eher knappen Eiweißfuttermitteln notwendig.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Schmidt, W., Burger, H. (2010): Maissorten für den Ökolandbau. mais 1, 18-21
- [2] Barth, K. (2007): Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Milchkühen im ökologischen Landbau interdisziplinär betrachtet – eine (Interventions-) Studie zu Stoffwechselstörungen und Eutererkrankungen unter Berücksichtigung von Grundfuttererzeugung, Fütterungsmanagement und Tierhaltung. <http://orgprints.org/11117>
- [3] Köhler, B., Spiekers, H., Demmel, M., Diepolder, M., Thurner, S. (2010): Effizienz der Futterwirtschaft: Erträge von Silomais und Genauigkeit der Ertrags- und Trockenmasse (TM)-Messung am Feldhäcksler. DMK-Tagung Futterkonservierung und Fütterung, Tagung des Ausschusses Futterkonservierung und Fütterung im Deutschen Maiskomitee e.V. am 16./17. März 2010 an der LfL in Grub, LfL-Information, 63-70

Energiegehalte und Verdaulichkeiten von Maiscobs und Maissilage

T. Ettle, H. Spiekers, K. Rutzmoser

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

Zusammenfassung

Am Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL Bayern wurden Maiscobs in einem Langzeitversuch zur Verfütterung von GMO-Mais (event MON 810) an Milchkühe eingesetzt. Grund hierfür war, über die Maiscobs den Anteil an Maisprodukten an der Gesamtration insgesamt erhöhen zu können und eine maximale tägliche Aufnahme an Cry1Ab-Protein zu gewährleisten. Aus dieser Untersuchung stehen Verdaulichkeitsmessungen von 5 Partien Maiscobs zur Verfügung. Die Ergebnisse von drei dieser Partien können unmittelbar mit Verdaulichkeitsuntersuchungen von Maissilagen verglichen werden, die aus demselben Ausgangsmaterial hergestellt wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Beziehungen zwischen Maissilagen und Maiscobs bezüglich der Inhaltsstoffe nicht sehr eng sind, insbesondere der Rohfasergehalt variiert zwischen den entsprechenden Paaren relativ stark. Gründe könnten Inhomogenitäten innerhalb der Pflanzenbestände, aber auch Verschiebungen bei der Probennahme oder der Analytik sein. Die Verdaulichkeiten und Energiegehalte der Maiscobs liegen in einem ähnlichen Bereich, wie sie auch für die Silagen gefunden wurden. Ein gerichteter Effekt der Konservierungsart ist nicht ersichtlich. In derzeit in Deutschland verfügbaren Futterwerttabellen für Wiederkäuer sind die Verdaulichkeiten der OS, XP, XL, XF und NfE für „Maispflanzen, künstlich getrocknet“ vergleichsweise niedrig angesetzt, so dass sich auch sehr niedrige Energiegehalte errechnen. Auch unter Einbeziehung der weiteren 2 Verdaulichkeitsversuche mit Maiscobs oder der zur Futteruntersuchung in Bayern eingesandten Proben (Inhaltsstoffe) von Maiscobs lassen sich die in den Futterwerttabellen recht niedrig angesetzten Verdaulichkeiten und die daraus resultierenden niedrigen Energiegehalte nicht bestätigen. Die entsprechenden Werte sollten dementsprechend in neueren Veröffentlichungen und Tabellenwerken angepasst werden.

1 Einleitung

In Bayern werden derzeit 30 Anlagen zur Trocknung von Grüngut mit Heißluft betrieben. Im Jahr 2009 wurden in diesen Anlagen insgesamt etwa 231.000 t trockene Ware aus Grüngut erzeugt [1]. In der Mehrzahl der Futtertrocknungsanlagen werden auch Maisganzpflanzen künstlich getrocknet und zu „Cobs“ gepresst. Im Jahr 2008 wurden so etwa 18.300 t trockene Ware und im Jahr 2009 knapp 15.900 t trockene Ware als Maiscobs hergestellt. Die doch energieaufwändige Konservierung von Maisganzpflanzen als Cobs wird zum einen für Mais vorgenommen, der die betrieblichen Silokapazitäten überschreitet und für den eine Verwertung als Körnermais z.B. aufgrund von Preisverhältnissen we-

nig attraktiv erscheint. Zum anderen entsteht mit den Maiscobts ein gut handhabbares Futter und handelsfähige Ware.

In den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer [2] sind Maiscobts unter der Position „Maispflanzen, künstlich getrocknet“ einzuordnen. Es ist auffällig, dass für Maiscobts im Vergleich zu Silagen oder Grünmais bei vergleichbaren wertbestimmenden Inhaltsstoffen (z.B. Maissilage oder Grünmais, Beginn Teigreife, Kolbenanteil mittel) erheblich niedrigere Verdaulichkeiten und als Resultat auch niedrigere Energiekonzentrationen angesetzt sind. Diese Unterschiede sind das Erste nicht sachlogisch, obwohl die Anzahl der herangezogenen Verdauungsversuche für künstlich getrocknete Maispflanzen mit 32 nicht allzu niedrig erscheint. Eine Erklärung kann sein, dass die Datenbasis für künstlich getrocknete Maispflanzen relativ veraltet ist und aus einer Zeit stammt, in der Mais noch weniger züchterisch bearbeitet war. Bei einer Überprüfung der Datenbank Futtermittel der DLG [3] konnten für den Futterwert von getrockneten Maisganzpflanzen bzw. Maiscobts keine Angaben gefunden werden.

Am Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL Bayern wurden Maiscobts in einem Langzeitversuch zur Verfütterung von GMO-Mais (event MON 810) an Milchkühe eingesetzt [4]. Grund hierfür war, über die Maiscobts den Anteil an Maisprodukten an der Gesamtration insgesamt erhöhen zu können und damit eine maximale tägliche Aufnahme an Cry1Ab-Protein zu gewährleisten. Da der Abbau dieses Proteins in getrockneten Maisganzpflanzen weniger stark ist, als in Maissilagen, erscheinen Maiscobts zu diesem Zweck besonders geeignet. Aus dieser Untersuchung stehen auch Verdaulichkeitsmessungen an den Maiscobts zur Verfügung, teilweise auch Ergebnisse zu Verdaulichkeiten von Maissilagen, die aus dem gleichen Ausgangsmaterial erstellt wurden. An Hand dieser Daten soll im Folgenden dargestellt werden, welchen Einfluss die Konservierungsform (Trocknen, Silieren) auf die Verdaulichkeit bzw. Energiegehalte unter den heutzutage vorherrschenden Bedingungen hat. Weiterhin soll eine Einordnung der Daten im Vergleich zu derzeit gültigen Futterwerttabellen erfolgen.

2 Material und Methoden

In den Jahren 2004 bis 2006 wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Mais der genetisch modifizierten Sorte MON810 bzw. deren isogene Ausgangslinie unter jeweils vergleichbaren Bedingungen (Bodenbearbeitung, Aussattermin, Düngung, Pflanzenschutz, etc.) angebaut. Von 5 dieser Varietäten (Anbaujahr x Linie) wurden Maiscobts (gehäckselte, getrocknete und kompaktierte Maisganzpflanzen) erstellt. Dabei wurde auf schonende Trocknungsbedingungen (ca. 7 min, ca. 580°C am Lufteintritt und 93°C beim Luftaustritt) und geringe Presstemperaturen (83 – 85°C direkt nach der Pelletierung, ca. 90 bar, kontinuierlicher Produktstrom) geachtet. Bei 3 der Varietäten wurden von dem Ausgangsmaterial, aus dem die Maiscobts erstellt wurden, auch Maissilagen gewonnen. Diese Paarlinge können dementsprechend bezüglich des Ausgangsmaterials eindeutig zugeordnet und verglichen werden. Die Maissilagen und die Maiscobts wurden nach den Richtlinien der GfE [5] auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz (OS), der Rohfaser (XF) und des Rohfettes (XL) überprüft. Die Untersuchungen wurden jeweils mit 4 – 5 Hammeln der Rasse Merino- Landschaf durchgeführt. Die Rohnährstoffgehalte der Futtermittel und des Kotes wurden gemäß den VDLUFA- Methoden [6] analysiert. Die Berechnung der Energiegehalte der Futtermittel aus den verdaulichen Rohnährstoffen erfolgte gemäß der 1995 von der GfE dargestellten Gleichung [7].

3 Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind für die 3 direkt zuzuordnenden Paare Maiscobns und Maissilagen die Rohnährstoffgehalte angegeben. Obwohl identisches Ausgangsmaterial verwendet wurde, sind die Beziehungen zwischen den Maiscobns und den Maissilagen nicht sehr eng. Besonders deutlich sind die Unterschiede bei den XF-Gehalten, wobei diese Effekte nicht gerichtet sind. Die Rohproteingehalte sind allerdings in den Maissilagen durchgängig etwas höher, als in den Maiscobns. Als Ursachen für die Unterschiede zwischen den aus gleichem Ausgangsmaterial gewonnenen Maiscobns und Maissilagen können Inhomogenitäten innerhalb der Pflanzenbestände, aber auch Verschiebungen bei der Probennahme oder der Analytik diskutiert werden. In ähnlicher Weise lassen sich auch die eher geringen Beziehungen zwischen Grünmais und daraus erzeugten Maissilagen [8] interpretieren.

Tab. 1: *Trockenmasse- und Rohnährstoffgehalte der im Verdauungsversuch geprüften Paare Maiscobns - Maissilagen*

	TM	XA	XP	XL	XF
Versuchsfutter	%	% der TM			
Maissilage, Varietät 1	37,8	2,7	8,8	2,8	18,1
Maiscobns, Varietät 1	89,6	2,8	8,1	2,5	15,9
Maissilage, Varietät 2	41,7	2,6	7,9	2,7	16,8
Maiscobns, Varietät 2	88,0	2,8	7,1	2,2	17,5
Maissilage, Varietät 3	32,1	3,4	10,4	4,5	16,2
Maiscobns, Varietät 3	97,1	5,2	8,5	2,5	19,4

Die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und die Energiegehalte der Maiscobns und Maissilagen sind in Tabelle 2 dargestellt. Auch hier zeigt sich, dass bei den Verdaulichkeiten der einzelnen Rohnährstoffe zwischen den Maiscobns und den Maissilagen gewisse Differenzen bestehen, allerdings sind diese Effekte relativ gering und darüber hinaus auch nicht gerichtet. Insgesamt ergibt sich aus den vorliegenden Datenpaaren, dass zwischen Maissilage und Maiscobns keine Niveauunterschiede in den Rohnährstoffgehalten und den Verdaulichkeiten bestehen, was sich auch in den ermittelten Energiegehalten widerspiegelt. Für die Maissilagen lagen die Energiegehalte bei 10,7 bis 12,0 MJ ME/kg TM, für die Maiscobns bei 10,9 bis 11,4 MJ ME/kg TM. Der größte Unterschied im Energiegehalt zwischen Maissilage und Maiscobns ergibt sich für die Varietät 3, wobei hier insbesondere der erhöhte Rohfasergehalt der Maiscobns für den erniedrigten Energiegehalt ausschlaggebend sein dürfte. Ein Einfluss der Konservierungsform auf Verdaulichkeiten und Energiegehalte lässt sich aus den vorliegenden Datenpaaren jedoch nicht ableiten.

Tab. 2: Verdaulichkeiten (Mittelwert \pm Standardabweichung) und Energiegehalte der im Verdauungsversuch geprüften Paare Maiscobns - Maissilagen

Versuchsfutter	Verdaulichkeit, %				ME
	OS	XP	XL	XF	MJ/kg TM
Maissilage, Varietät 1	73,9 \pm 1,2	45,0 \pm 4,9	86,9 \pm 1,8	61,7 \pm 3,0	11,1
Maiscobns, Varietät 1	76,6 \pm 5,4	46,7 \pm 8,2	87,8 \pm 2,8	64,6 \pm 1,5	11,4
Maissilage, Varietät 2	71,9 \pm 4,2	28,3 \pm 20,2	83,9 \pm 2,2	56,3 \pm 7,5	10,7
Maiscobns, Varietät 2	74,0 \pm 4,5	41,1 \pm 7,0	87,0 \pm 3,3	60,0 \pm 11,2	10,9
Maissilage, Varietät 3	79,1 \pm 1,3	67,9 \pm 4,6	90,6 \pm 1,9	64,3 \pm 2,6	12,0
Maiscobns, Varietät 3	77,2 \pm 5,0	47,2 \pm 9,5	85,6 \pm 1,7	67,6 \pm 9,2	11,2

In Tabelle 3 sind die Rohrnährstoffgehalte aller in Grub im Verdauungsversuch untersuchten Maiscobns den Tabellenwerten der DLG [2] gegenübergestellt. Auffallend sind neben etwas geringeren XA-Gehalten die bei den Maiscobns in vorliegender Arbeit deutlich erniedrigten XF-Gehalte im Vergleich zu den Tabellenwerten. Bei in etwa vergleichbaren XP- und XL-Gehalten ergeben sich für die in Grub untersuchten Maiscobns dementsprechend auch deutlich höhere NfE-Gehalte, als nach den Tabellenwerten zu erwarten. Die Rohrnährstoffgehalte getrockneter Maisganzpflanzen aus den DLG-Tabellen lassen sich am ehesten mit den entsprechenden Werten für Maissilagen zu Beginn der Teigreife bei einem mittleren Kolbenanteil vergleichen. Die Rohrnährstoffgehalte der Maiscobns aus Grub entsprechen dagegen eher einer gut ausgereiften Maissilage mit hohem Kolbenanteil (Tabelle 3). Dieser Vergleich macht deutlich, dass die in den Tabellen dargestellten Verdaulichkeiten wohl eher von älteren, züchterisch noch nicht so stark bearbeiteten Sorten abgeleitet wurden.

Tab. 3: Nährstoffgehalte der im Verdauungsversuch geprüften Maiscobns im Vergleich zu Tabellenwerten [2] für getrocknete Maispflanzen und für Maissilagen

	TM	XA	XP	XL	XF	NfE
	g/kg	g/kg TM				
Maiscobns, Grub (n=5)	916	36	81	27	179	678
Maispflanzen, künstlich getrocknet [2]	900	56	87	27	211	619
Maissilage, Beginn der Teigreife, Kolbenanteil mittel [2]	270	52	88	33	212	615
Maissilage, Ende der Teigreife, Kolbenanteil hoch [2]	380	43	80	34	177	666

Die Verdaulichkeiten der OS, des XL und der XF der in Grub geprüften Maiscobns liegen erheblich über den in den DLG-Tabellen [2] angegebenen Verdaulichkeitswerten für getrocknete Maispflanzen, wie in Tabelle 4 ausgewiesen. Als Ergebnis der vergleichsweise

geringen XF-Gehalte und der hohen Verdaulichkeiten errechnen sich für die Maiscobns aus Grub Energiegehalte von 11,30 MJ ME/kg TM, im Vergleich zu 10,06 MJ ME/kg TM in den DLG-Tabellen. Die Gesamtverdaulichkeit (OS) der vorliegend untersuchten Maiscobns liegt mit 77 % um 2 % höher, als die Tabellenwerte [2] für gut ausgereifte Maissilage mit hohem Kolbenanteil, was sich auch in einem Unterschied im Energiegehalt von etwa 0,2 MJ ME/kg TM zeigt.

Die in den DLG-Tabellen ausgewiesenen Verdaulichkeiten für getrocknete Maispflanzen liegen bei vergleichbaren Rohnährstoffgehalten unter den für zu Beginn der Teigreife geernteten Maissilagen mit mittlerem Kolbenanteil. Dies führt zu einer Differenz im ausgewiesenen Energiegehalt von 0,45 MJ ME/kg TM. Solche Unterschiede, die bei Annahme von vergleichbarem Ausgangsmaterial (Rohnährstoffgehalte) nur auf die Konservierungsform zurück zuführen wären, werden durch die neueren Daten der in Grub untersuchten Maiscobns und Maissilagen nicht gestützt.

Tab. 4: Verdaulichkeiten und Energiegehalte der im Verdauungsversuch geprüften Maiscobns im Vergleich zu Tabellenwerten [2] für getrocknete Maispflanzen und für Maissilagen

	Verdaulichkeit, %					ME
	OS	XP	XL	XF	NEL	MJ/kg TM
Maiscobns, Grub (n=5)	77	48	87	65	6,89	11,30
Maispflanzen, künstlich getrocknet [2]	70	51	72	60	5,99	10,06
Maissilage, Beginn der Teigreife, Kolbenanteil mittel [2]	72	58	79	63	6,31	10,51
Maissilage, Ende der Teigreife, Kolbenanteil hoch [2]	75	61	74	63	6,71	11,06

Zur weiteren Einordnung der verfügbaren Daten zum Futterwert von Maiscobns wurden zur Rohnährstoffuntersuchung an das LKV-Labor in Grub eingesandte Maiscobns-Proben (auswertbare Daten: n=21) aus den Jahren 2005-2009 herangezogen. Die Energiegehalte wurden nach GfE 1995 [7] unter Zugrundelegung der in Grub ermittelten Verdaulichkeiten oder den Verdaulichkeiten nach DLG-Tabellen [2] berechnet und in Abbildung 1 gereiht nach XF-Gehalt dargestellt. Daneben wurden die Energiegehalte mit der 1998 von der GfE publizierten Rohnährstoffformel für Silomais und Maissilagen [9] berechnet und in die Abbildung mit aufgenommen. Die nach der Rohnährstoffformel berechneten Energiegehalte liefern über einen weiten und für derzeit anfallendes Probenmaterial relevanten Bereich der XF-Gehalte von etwa 16 - 22 % in der TM vergleichbare Energiegehalte wie mit den in Grub ermittelten Verdauungsquotienten. Bei höheren XF-Gehalten stimmen jedoch die mit den Verdauungsquotienten aus den DLG-Tabellen [2] berechneten Energiegehalte besser mit den nach der Rohnährstoffformel [9] berechneten Energiegehalten überein.

Bei den Kalkulationen werden jeweils konstante Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe (Versuche Grub bzw. DLG-Tabellen) für die Probenwerte angesetzt. Es ist jedoch in der Regel bei höherem Rohfasergehalt eine niedrigere Verdaulichkeit der NfE anzusetzen,

weil bei solchen Proben von einem geringeren Anteil an leichtverdaulichen Kohlenhydraten aus dem Kolben auszugehen ist.

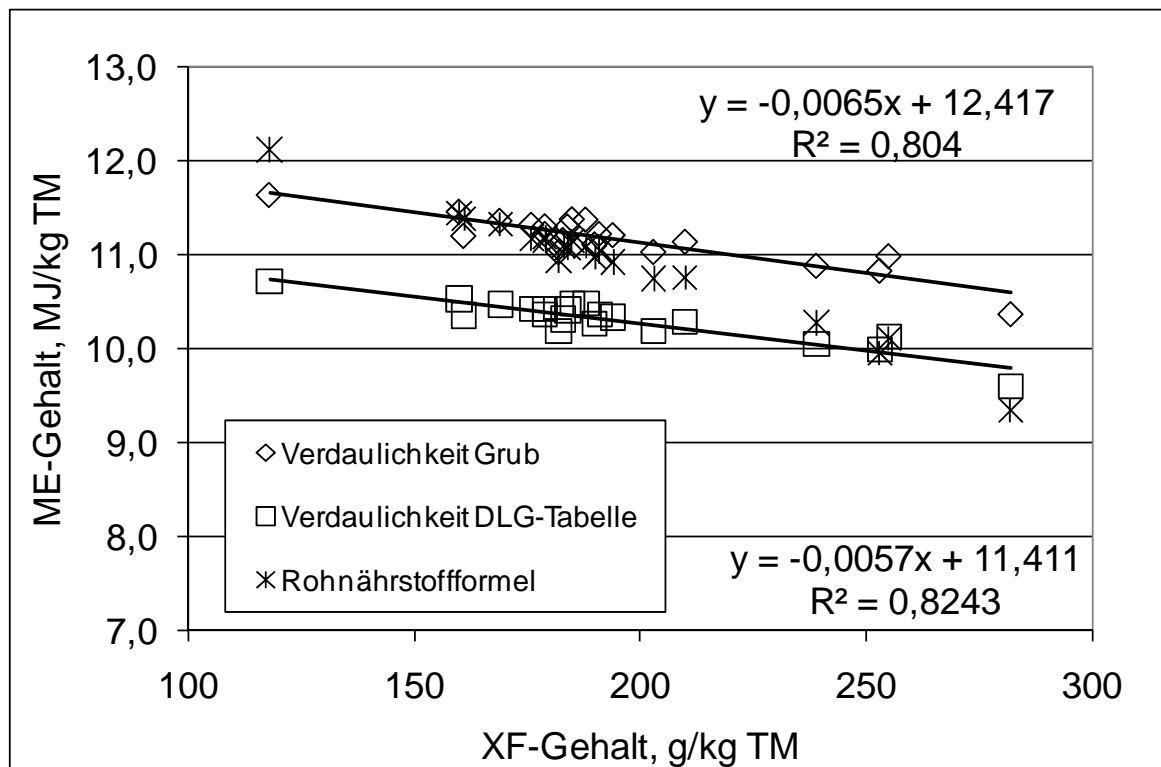


Abb. 1: Energiegehalte von Maiscobns nach Berechnung mit den in Grub ermittelten Verdauungsquotienten, den Verdauungsquotienten aus den DLG Futterwerttabellen [2] oder berechnet nach der Rohrnährstoffformel [9]

4 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Daten lässt sich ableiten, dass die Verdaulichkeiten von Maiscobns denen von Maissilage bei vergleichbaren Rohrnährstoffgehalten entsprechen. Ein gerichteter Einfluss der Konservierungsform „Heißlufttrocknung“ ist nicht zu erkennen. Die Verdaulichkeiten aus den DLG-Tabellen [2] und die daraus resultierenden Energiegehalte scheinen sich auf wenig ausgereiftes Pflanzenmaterial bei geringem bis mittlerem Kolbenanteil zu beziehen und treffen für die heute üblicherweise erzielbaren Qualitäten nicht mehr zu. Die entsprechenden Werte sollten dementsprechend in neueren Veröffentlichungen und Tabellenwerken angepasst werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] LKP (2009): Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V., Geschäftsbericht 2009
- [2] DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Erarbeitet von der Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim; 7. erweiterte und neugestaltete Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 1997

-
- [3] DLG (2010): Datenbank Futtermittel der DLG. <http://datenbank.futtermittel.net>
- [4] Steinke, K., Gürtler, P., Paul, V., Wiedemann, S., Ettle, T., Albrecht, C., Spiekers, H., Meyer, H.H.D., Schwarz, F.J. (2010): Effects of long-term of feeding genetically modified corn (event MON810) on the performance of lactating dairy cows. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.*, in press
- [5] GfE (1991): Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 65, 229-23
- [6] Naumann, C., Bassler, R. (2007): Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Auflage inklusive 1-7. Ergänzungslieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- [7] GfE (1995): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 6. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main
- [8] Rutzmoser, K., Preißinger, W., Horstmann, F. (2008): Beziehungen von Inhaltswerten, Verdaulichkeiten und Energie bei Maissilagen aus verschiedenen Sorten. In: Tagung des Ausschusses Futtermittelkonservierung und Fütterung im Deutschen Maiskomitee e.V., Futterkamp, 12.-13.03.2008. Tagungsband, 14-15
- [9] GfE (1998): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 7, 141-150

Fettsäurezusammensetzung der Milch in Abhängigkeit von der Rationsgestaltung

K.-H. Südekum

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

Zusammenfassung

Anders als das Aminosäuremuster des Milchproteins ist das Fettsäuremuster des Milchfetts durch Fütterungsmaßnahmen stark zu beeinflussen. Dies kann zum einen durch die Auswahl von fetthaltigen Futtermitteln oder Futterfetten mit unterschiedlichen Fettsäuremustern geschehen, wobei das Fett in nativer oder pansenstabiler Form vorliegen kann. Diese Art der Beeinflussung der Milchfettzusammensetzung ist intensiv untersucht worden, in Übersichtsarbeiten hervorragend dokumentiert und deshalb nicht Inhalt des vorliegenden Beitrags, der sich auf ausgewählte Aspekte der Auswirkungen unterschiedlicher Grobfutterarten und -formen auf die Milchfettzusammensetzung konzentriert. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob die Fütterung von Maisfuttermitteln, vor allem Maissilage – wie häufig postuliert – zu einer ernährungsphysiologisch ungünstigeren Milchfettzusammensetzung führt als Rationen, die vor allem Grünlandaufwüchse in frischer oder konservierter Form enthalten. Die vorliegende Literatur erlaubt den Schluss, dass generell Weidegang oder Fütterung von Grünfütter im Stall gegenüber allen anderen Rationstypen zu einem Milchfett mit weniger gesättigten Fettsäuren und höheren Anteilen einfach und mehrfach ungesättigter Fettsäuren einschließlich der konjugierten Linolsäuren (conjugated linoleic acids, CLA) führt. Demgegenüber ist bei Fütterung von konservierten Grünlandaufwüchsen (Heu, Silage) kein grundsätzlicher Unterschied in der Fettsäurezusammensetzung der Milch gegenüber Mais(silage)-basierten Rationen zu erkennen.

1 Einleitung

Die gezielte Veränderung der Milchfettzusammensetzung durch Fütterungsmaßnahmen ist über Jahrzehnte intensiv untersucht worden, wobei nicht außer Acht gelassen werden darf, dass es – bei identischer Rationszusammensetzung – auch zwischen Rinderrassen Unterschiede in der Milchfettzusammensetzung gibt [1]. Hintergrund und Aufhänger vieler Arbeiten war – vereinfacht ausgedrückt – die Auffassung, dass typisches Milchfett (Tab. 1) im Hinblick auf eine günstige (human)ernährungsphysiologische Bewertung zu hohe Anteile an gesättigten Fettsäuren enthält, vor allem Myristin- (C14:0) und Palmitinsäure (C16:0) [2]. Demgegenüber seien die Gehalte an (einfach und mehrfach) ungesättigten Fettsäuren zu gering. Die Stearinsäure als gesättigte C18-Fettsäure wird seit einiger Zeit neutral oder sogar leicht positiv eingestuft, weil sie sich als genauso effektiv in der Absenkung von Plasma-Cholesterinwerten beim Menschen erwiesen hat, wie die einfach ungesättigte Ölsäure (C18:1) [3].

Um eine Modifikation der Zusammensetzung des Milchfetts zu erreichen, werden vor allem Futterfette oder Futtermittel mit höheren Gehalten an nativem Fett eingesetzt. Je nach

Intensität der Veränderungen der Futterfettsäuren durch mikrobielle Aktivität im Pansen (siehe Abb. 1) erreicht ein variabler Anteil der überwiegend langkettigen Fettsäuren aus dem Futter unverändert den Dünndarm, wird dort absorbiert, zum Euter transportiert und kann direkt in das Milchfett eingebaut werden.

Tab. 1: Typische Fettsäurezusammensetzung der Kuhmilch (nach verschiedenen Autoren)

Fettsäure	Zahl der C-Atome	% der Gesamtfettsäuren
<i>Gesättigt</i>		
Buttersäure	4	3
Capronsäure	6	2
Caprylsäure	8	1
Caprinsäure	10	2
Laurinsäure	12	3
Myristinsäure	14	10
Palmitinsäure	16	27
Stearinsäure	18	13
<i>Ungesättigt</i>		
Ölsäure	18 (1 Doppelbindung)	28
Linolsäure	18 (2 Doppelbindungen)	3
Linolensäure	18 (3 Doppelbindungen)	1

Im Zuge der mikrobiellen Umwandlungen im Pansen entstehen aber auch eine Reihe von Fettsäuren, die gesundheitsfördernde Eigenschaften (*cis*-9, *trans*-11 konjugierte Linolsäure, CLA) oder aber negative Auswirkungen auf das Stoffwechselgeschehen (*trans* C18:1) ausüben können.

Bei größeren Fettmengen ist jedoch darauf zu achten, dass zur Vermeidung verdauungsphysiologisch negativer Auswirkungen das Fett zumindest partiell vor dem Abbau im Pansen geschützt ist. Zur Vertiefung der Thematik seien dem Leser an dieser Stelle einige exemplarische Übersichtsarbeiten empfohlen [4-9], die umfangreiche Literaturhinweise zum vertieften Studium enthalten.

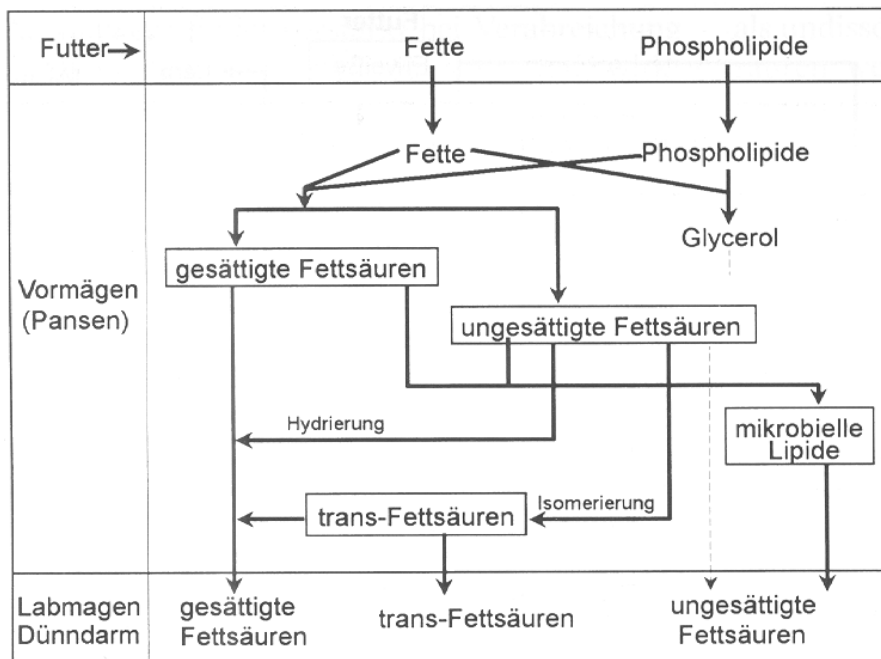


Abb. 1: Vereinfachte schematische Darstellung der mikrobiell bedingten Modifikation von Futterfettsäuren im Pansen (nach verschiedenen Autoren)

2 Mais versus Gras - Einfluss auf das Fettsäuremuster der Kuhmilch

Es finden sich in der landwirtschaftlichen Literatur immer wieder Hinweise, dass „Maismilch“ ein ernährungsphysiologisch wesentlich ungünstigeres Fettsäuremuster aufweist als „Grasmilch“, wobei eine differenzierte Betrachtung der Maisfuttermittel – Maissilage mit geringen Rohfettgehalten, Körnermais mit relativ hohen Gehalten an Rohfett und darin viel ungesättigten Fettsäuren – häufig ebenso wenig vorgenommen wird wie eine Unterscheidung der Grünlandaufwüchse in Grünfutter und Konserven (Heu, Silage). Deshalb wird nachfolgend in knapper Form versucht, aus der wissenschaftlichen Literatur verlässliche Aussagen zu den Auswirkungen unterschiedlicher Grobfutterarten und -formen auf die Milchfettzusammensetzung abzuleiten. Für den interessierten Leser sei bezüglich weiterführender Literatur erneut auf eine Reihe sehr guter (Übersichts-)Arbeiten verwiesen, in denen neben dem Einfluss von Grobfutterarten und -formen auf die Milchfettzusammensetzung auch mögliche Effekte des Entwicklungsstadiums von Gräsern, der Grobfutteranteile in der Trockenmasse der Gesamtration und weitere Einflussgrößen dargestellt und ausgewertet wurden [10-15].

In Tab. 2 sind aus einer neuen Übersichtsarbeit [16] einige Datensätze zusammengefasst, die einen Überblick über Größenordnungen und Variationsbreiten einiger wichtiger Fettsäuren im Milchfett geben. Die zwischen zwei horizontalen Linien liegenden Datensätze stammen jeweils aus derselben Studie. Es fällt auf, dass im Allgemeinen für nahezu alle dargestellten Fettsäuren die Unterschiede zwischen Studien deutlicher ausfallen als zwischen verschiedenen Rationsvarianten innerhalb eines Experiments. Dies deutet darauf hin, dass die untersuchten Hauptfaktoren, nämlich Grobfutterart und -form (Grünfutter oder Konserve) zwar häufig einen Effekt auf das Milchfettsäuremuster ausübten, die

durch andere Einflussgrößen wie futter-, tier- oder methodenbedingte Variationen aber modifiziert oder sogar übertroffen wurden. Dies wird besonders deutlich an der eingangs als ungünstig eingestuften Palmitinsäure (C16:0) und der insgesamt günstig zu bewertenden Ölsäure (*cis*-9 C18:1).

Dennoch können aus den Daten einige Beobachtungen und Schlussfolgerungen abgeleitet werden zu den Gehalten an mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Milchfett. Die Gehalte an Linolensäure (C18:3 *n*-3), einer essentiellen Fettsäure, liegen bei Maissilage-Rationen im unteren Bereich der Werte, allerdings wurden solche Werte in anderen Versuchen auch für Grassilage-Rationen gemessen. Überraschend ist das Bild bei der *cis*-9, *trans*-11 CLA, der eine Reihe positiver gesundheitlicher Wirkungen beim Menschen zugeordnet werden. Zwar lagen die Werte – erwartungsgemäß – bei Weidegang am höchsten (2,07 % der Gesamtfettsäuren), aber der zweithöchste Wert wurde mit einer Ration auf Basis Maissilage erzielt und dieser lag wesentlich höher als bei allen Rationen mit Grassilage oder Heu.

Tab. 2: Einfluss der Grobfutterart und des Konservierungsverfahrens auf das Fettsäurenmuster des Milchfetts bei Rindern (verschiedene Quellen; Auszug aus Literaturübersicht [16])

Grobfutterart	Fettsäurezusammensetzung (g/100 g Fettsäuren)						
	14:0	16:0	18:0	<i>cis</i> -9 18:1	18:2 <i>n</i> -6	18:3 <i>n</i> -3	CLA ¹
Deutsches Weidelgras (Silage)	11,7	32,5	11,0	20,7	1,05	0,40	0,36
Rotklee (Silage)	11,3	30,6	11,6	20,2	1,58	1,28	0,41
Weißklee (Silage)	12,7	32,9	9,7	17,9	1,54	0,96	0,34
Grassilage (G:K ² 73:27)	9,7	22,1	13,7	25,5	1,17	0,63	0,89
Maissilage (G:K 69:31)	8,7	19,1	11,9	27,5	1,59	0,36	1,61
Grassilage (G:K 53:47)	9,8	21,8	13,0	25,3	1,56	0,64	0,92
Maissilage (G:K 52:48)	8,6	18,6	11,0	27,2	1,93	0,41	1,17
Grassilage	11,4	35,3	8,1	17,4	1,41	0,57	0,48
Maissilage	12,3	32,9	7,8	16,3	2,30	0,24	0,54
Weidelgras (Weide)	9,8	23,7	10,1	18,4	1,08	0,68	2,07
Weidelgras (Stallfütterung)	10,4	26,3	10,6	16,5	1,03	0,82	1,38
Grassilage	11,2	37,9	7,3	13,2	0,82	0,34	0,54
Grasheu	13,3	34,5	9,2	15,2	1,21	0,50	0,45
Grassilage (ohne Silierzusatz)	12,9	34,7	9,8	15,1	0,96	0,35	0,41
Grassilage (Impfmittel)	13,1	33,8	10,0	15,3	0,96	0,43	0,41
Grassilage (Ameisensäure)	13,2	34,2	10,0	14,5	0,93	0,29	0,49

¹ CLA, *cis*-9, *trans*-11 konjugierte Linolsäure

² G:K, Grobfutter:Konzentratfutter-Verhältnis in der Trockenmasse der Ration

Eine Erhöhung des CLA-Anteils am Milchfett ließ sich auch durch die Ergänzung einer Gesamtmischung mit Grünfütter erzielen [17], was die besondere Stellung von Grünfütter, insbesondere jungem Weidegras, hinsichtlich der ernährungsphysiologisch günstigen Beeinflussung des Milchfetts unterstreicht. Allerdings gehen erhöhte Gehalte an *cis*-9, *trans*-11 CLA regelmäßig mit erhöhten Gehalten an der aus den Fettsäureveränderungen

im Pansen stammenden, als ungünstig zu beurteilenden *trans* C18:1 Fettsäure einher, weil diese im Euter durch eine Desaturase partiell, jedoch nie vollständig, in *cis*-9, *trans*-11 CLA überführt wird.

3 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Literatur erlaubt den Schluss, dass generell Weidegang oder Fütterung von Grünfütter im Stall gegenüber allen anderen Rationstypen zu einem Milchfett mit weniger gesättigten Fettsäuren und höheren Anteilen einfach und mehrfach ungesättigter Fettsäuren einschließlich der *cis*-9, *trans*-11 konjugierten Linolsäure führt. Demgegenüber ist bei Fütterung von konservierten Grünlandaufwüchsen (Heu, Silage) kein grundsätzlicher Unterschied in der Fettsäurezusammensetzung der Milch gegenüber Mais(silage)-basierten Rationen zu erkennen. Eine bessere Charakterisierung der konservierungsbedingten Veränderungen im Futterfettsäurenmuster ist erforderlich, um den Einfluss unterschiedlicher Grobfutterarten und -formen auf die Milchfettzusammensetzung besser vorhersagen zu können.

4 Literaturverzeichnis

- [1] Carroll, S.M., DePeters, E.J., Talor, S.J., Rosenberg, M., Perez-Monti, H., Capps, V.A. (2006): Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 451-473
- [2] Kennelly, J.J., Glimm, R.R. (1998): The biological potential to alter the composition of milk. *Can. J. Anim. Sci.* 78(Suppl.), 23-56
- [3] Jensen, R.G., Ferris, A.M., Lammi-Keefe, C.J. (1991): Symposium: Milk fat – composition, function, and potential for change. The composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74, 3228-3243
- [4] Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D., Barbano, D.M. (1993): ADSA Foundation Symposium: Milk fat synthesis and modification. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76, 1753-1771
- [5] Kennelly, J.J. (1996): The fatty acid composition of milk fat is influenced by feeding oilseeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60, 137-152
- [6] Mansbridge, R.J., Blake, J.S. (1997): Nutritional factors affecting the fatty acid composition of bovine milk. *Br. J. Nutr.* 78(Suppl. 1), S37-S47
- [7] Chilliard, Y., Ferly, A., Doreau, M. (2001): Effect of different, types of forages, animal fat or marine oils in cow's diets on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70, 31-48
- [8] Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau, M. (2007): Die, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 828-855
- [9] Glasser, F., Ferlay, A., Doreau, M., Schmidely, P., Sauvant, D., Chilliard, Y. (2008): Long-chain fatty acid metabolism in dairy cows: A meta-analysis of milk fatty acid yield in relation to duodenal flows and de novo synthesis. *J. Dairy Sci.* 91, 2771-2785

- [11] Rego, O.A., Portugal, P.V., Sousa, M.B., Rosa, H.J.D., Vouzela, C.M., Borba, A.E.S., Bessa, R.J.B. (2004): Effect of diet on the fatty acid pattern of milk from dairy cows. *Anim. Res.* 53, 213-220
- [12] Dewhurst, R.J., Shingfield, K.J., Lee, M.R.F., Scollan, N.D. (2006): Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 168-206
- [13] Elgersam, A., Tamminga, S., Ellen, G. (2006): Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 207-225
- [14] Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Toivonen, V., Shingfield, K.J. (2007): Effects of forage species and stage of maturity on bovine milk fatty acid composition. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 856-867
- [15] Butler, G., Collomb, M., Rehberger, B., Sanderson, R., Eyre, M., Leifert, C. (2009): Conjugated linoleic acid isomer concentrations in milk from high- and low-input management dairy systems. *J. Sci. Food Agric.* 89, 697-705
- [16] Huhtanen, P., Südekum, K.-H., Nousiainen, J., Shingfield, K.J. (2010): Forage conservation, feeding value and milk quality. In: *Grassland in a Changing World 2010. Grassland Science in Europe* (in press)
- [17] Bargo, F., Delahoy, J.E., Schroeder, G.F., Baumgard, L.H., Muller, L.D. (2006): Supplementing total mixed rations with pasture increase the content of conjugated linoleic acid in milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 226-240

Verlustquelle Sickersaft bei der Maissilierung durch pflanzenbauliche und siliertechnische Maßnahmen sicher vermeiden

J. Thaysen

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

Zusammenfassung

Die Entstehung von Silagesickersäften stellt immer eine vermeidbare Verlustquelle dar. Silagesickersäfte können sich belastend auf die Umwelt und Baumaterialien auswirken und müssen daher aufgefangen und landwirtschaftlich verwertet werden. Insbesondere Gärssaft ist organisch hoch belastet und kann Gewässer und Beton aufgrund des pH-Wertes von 5 bis 6 erheblich schädigen. Die Errichtung und der Betrieb von ortsfesten Silos sowie von Feldmieten unterliegen diversen rechtlichen Regelungen, die mögliche Umweltbelastungen durch Einträge von Silagesickersäften in Oberflächengewässer, Grundwasser und Boden verhindern sollen. Bereits bei der Sortenwahl gilt es neben einer hohen Ertragsleistung und Energiedichte das Abreifeverhalten des Sortentyps bzw. der Sorte mindestens gleichwertig mit zu berücksichtigen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Saatzeitpunkt. Da Silomais eine Kurztagspflanze ist und der Impuls für den Übergang in die generative Phase auch von der Tageslänge abhängt, ist ein höherer Kolbenansatz bei entsprechender Ausbildung bei früheren Saatzeitpunkten ab 6-8° C Bodentemperatur ein Garant für eine gute Abreife. Kritisch sind daher alle Vornutzungen mit anschließender Maissaat (Gras 1. Aufwuchs, Grünroggen) zu sehen, die immer eine relativ späte Aussaat mit möglichen Abreifeproblemen zur Folge haben können. Auch Spät- oder Überdüngungen mit Gärresten, Gülle oder mineralischen N-Düngern ohne Nitrifikationshemmer können in Abhängigkeit von der Höhe, dem Zeitpunkt und danach herrschenden Witterungsverhältnissen die Abreife verlangsamen. Die richtige Wahl der Häcksellänge in der Rinderfütterung muss sowohl aus der Sicht der Futteraufnahme, Wiederkaugerechtigkeit (Strukturwirkung), Maissilageanteil in der Ration, Verdichtbarkeit, möglicher Gärssaftbildung und der Stapelhöhe der Siloanlage gesehen werden. Bei üblichen Rationsanteilen von maximal 70 % sollte Silomais bei entsprechender Abreife und Silohöhen bis maximal 6 m eine theoretische Häcksellänge von 6-8 mm aufweisen. Diese kann bei höheren Maisanteilen in der Ration bis auf 20 mm erweitert werden, um eine bessere Strukturversorgung der Hochleistungskuh zu gewährleisten. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass eine intensive Zerkleinerung von Silagen bei sonst gleichen Fermentationsbedingungen höhere Biogasausbeuten bringen kann. Daher ist bei der Festlegung der Häcksellänge zwischen dieser Anforderung, der Verdichtbarkeit des Materials in Abhängigkeit von der Siloform, dem Anlagentyp und dem Dieselverbrauch ein Kompromiss zu verwirklichen. Die Intensität der Körneraufbereitung (Körner müssen von Crackern und Reibeböden zerschlagen sein!) muss dabei umso intensiver sein, je weiter die Körner abgereift sind. Gleiches gilt auch für die Häcksellänge: Je höher der Gesamt-TM-Gehalt des Silomaisbestandes bei der Ernte ist, umso wichtiger ist die Einhaltung der oben genannten Empfehlungen, da mit zunehmender Abreife auch eine Zunahme des Fasergehaltes einhergeht. Damit ist ein weiterer Faktor für eine geringere Verdichtbarkeit (Rückfederung beim Walzen)

und eine geringe Gasausbeute zu verzeichnen. Für die Biogaserzeugung liegt daher die optimale Häcksellänge bei 4-9 mm. Mit längerer Stoppel und damit zunehmendem Kolbenanteil in der Maissilage lassen sich Energiekonzentration, Verdaulichkeit und die Abreife positiv beeinflussen. Überschlägig nimmt mit jeweils 10 cm längerer Stoppel der Trockenmassegehalt um rund 1 %, die Energiekonzentration um etwa 0,1 MJ NEL/kg TM zu, wobei die unteren Stoppelteile stärker zu diesem Effekt beitragen. Gleichzeitig nehmen der Ertrag um rund 5 % und der Strukturwert um 0,15 ab. Ähnliche Effekte sind durch Pflück-Häckselverfahren möglich. Dabei ist zu beachten, dass zunehmende Energie- und Trockenmassegehalte auch höheres Nacherwärmungsrisiko bedeuten und somit die Anforderungen an die Verdichtung und den Entnahmevorschub ebenfalls steigen. Soll das Ziel, eine sichere Vermeidung von Silagesickersäften, eine dem aktuellen TM-Gehalt angepasste Häcksellänge in Abhängigkeit von der Verwertung und Stapelhöhe sein, so wird ersichtlich, dass angesichts schwankender TM-Gehalte im Siliergut eine möglichst kontinuierliche Anpassung der Häcksellänge an das aktuell vorliegende Material gegeben sein müsste. Folglich ist eine kontinuierliche Überwachung der Kenngrößen beim Häckseln erforderlich, um angepasst reagieren zu können. Einfacher ist es, Techniken wie die TM-Messung am Häcklser und die kontinuierliche Häcksellängen Anpassung zu nutzen.

1 Einleitung

Ziel der Einsilierung von Mais für die Fütterung und Substrateinspeisung muss es sein, einen möglichst hohen Anteil des Bruttoertrages vom Feld mit einer hohen Energiedichte mit geringsten Gär- und Nacherwärmungsverlusten vorzulegen bzw. einzuspeisen. Da die Siloeinheiten insbesondere bei Anlagen ohne Seitenwände hinsichtlich der Stapelhöhen gewachsen sind und der Silomais für die Biogasermentation oft kürzer als in der Fütterung gehäckselt wird, ist zunehmend eine Gärstoffbildung auch bei höheren Abreifegraden der Gesamtpflanze > 33 % festzustellen. Diese vermeidbaren Verlustquellen (Abbildung 1) gilt es mittels pflanzenbaulicher und siliertechnischer Maßnahmen vorbeugend zu vermeiden. Die wesentlichen Einflussgrößen auf diesen Prozess sind die standortangepasste Sortenwahl, der Saattermin, die N-Düngung, der Erntetermin und die gemäß des Einlageortes innerhalb einer Siloanlage sowie des TM-Gehaltes angepasste Häcksellänge.


Monetäre Verluste bei der Maissilierung 132 dt TM/ha, 91080 MJ NEL/ha, 1260 €Kosten 			
Ursache	Bewertung	TM €/ha	NEL €/ha
Restatmung	unvermeidbar	-	1 ... 2
Vergärung	unvermeidbar	58 ... 116	5 ... 12
Gärstoff	verf.-abhängig	0 ... 81	0 ... 9
Feldverluste	verf.-abhängig	12 .. 58	1 ... 6
Fehlgärungen	vermeidbar	0 .. 174	0 ... 12
Nacherwärmung	vermeidbar	0 .. 174	0 ... 12
Summe	Silomais	70 ... 604	7... 54

Abb. 1: Monetäre Verluste bei der Maissilierung [1]

2 Praxisbeobachtungen

Die Silomaisernte in Schleswig-Holstein und Silomaissortenversuche in Norddeutschland des Jahres 2009 bildeten die Grundlage für die im Folgenden abzuleitenden Beratungsempfehlungen zur Optimierung der Produktionstechnik der Maissilierung.

Aufgrund relativ hoher Temperaturen im Zeitraum August bis Oktober 2009 konnte noch eine erhebliche N-Mobilisation und damit eine Verzögerung der Abreife der Silomaisbestände stattfinden. Besonders betroffen waren davon Spätsaatbestände nach einer Vornutzung oder Bestände, die eine N-Nachdüngung erfahren hatten, sowie Bestände, die eine nicht fachgerechte Sortenwahl (späte Sorten auf schweren Standorten) aufwiesen. Alle diese Faktoren führten zudem noch zu der Schwierigkeit der Findung eines optimalen Erntetermins (58-60 % TM im Korn, 30-35 % TM Gesamtpflanze, > 25 % TM Restpflanze), da zwar die Abreife der Sorten im Kolben, aber nicht in der Restpflanze gegeben war. So wurde zwar Mitte bis Ende September mit der Ernte begonnen, aber teilweise trat bereits bei der Ernte Gärtsaft aus den Silierwagen so intensiv aus, dass in einigen Betrieben ein Abbruch der Ernte vonnöten war. Wie die Auswertung von 22 Betrieben (Abbildung 2) zeigte, fand auch in diesem Kernzeitfenster der Ernte eine nur geringe Steigerung der Abreife der Gesamtpflanze statt. Erst zum Ende der Periode konnten höhere TM-Gehalte der Gesamtpflanze (steigende Minimumwerte) festgestellt werden.

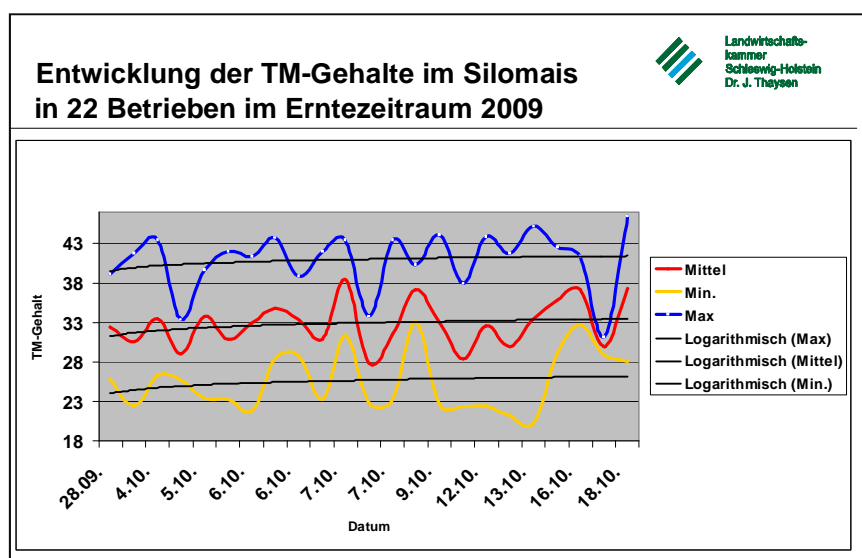


Abb. 2: Entwicklung der Abreife des Silomaises im Erntezeitfenster in SH 2009

Die überwiegend hohen Erträge haben viele Landwirte überrascht. Es fehlte an ausreichend Siloraum. Die Folgen waren neben der Überfüllung vorhandener Siloanlagen die Befüllung von Feldmieten, oft auf nicht befestigtem Untergrund ohne Ableitungsmöglichkeiten von Silagesickersäften oder auf Restflächen von Siloplaten. Auch hier waren Biogassilageanlagen stärker betroffen als Futterbaubetriebe, da diese Betriebe auf einen möglichst hohen Ertrag mit einem hohen Anteil oTS orientiert sind. Folgende weitere Beobachtungen in der Praxis im November 2009 waren zu konstatieren:

- Trotz nachgewiesener hoher TM-Gehalte (30 bis 34 %) hoher Anfall von Gärtsaft bei der Maissilierung

- Gärtsaft trat teilweise sogar direkt über die Seitenwände aus
- Durch die höheren Erträge reichten die vorhandenen Lagerkapazitäten im Flachsilo vielfach nicht aus. Folge: Überfüllung mit anschließendem Gärtsaftaustritt in unbefestigte Nebenflächen
- Probleme bei Siloplaten ohne Seitenwände: Seitliche Rinnen bzw. das gewählte V-Profil hielten die Sickersäfte in den meisten Anlagen nicht zurück
- Silagelagerung auf unbefestigter Fläche: Auch hier traten oftmals Sickersäfte in größeren Mengen aus, vereinzelt dann sogar direkte Ableitung ins Gewässer!

3 Sickersaft: Entstehung und dessen Management

Die Entstehung von Silagesickersäften stellt immer eine vermeidbare Verlustquelle dar. Weiterhin können sie sich belastend auf die Umwelt und Baumaterialien auswirken und müssen daher aufgefangen und landwirtschaftlich verwertet werden. Die Errichtung und der Betrieb von ortsfesten Silos sowie von Feldmieten unterliegen diversen rechtlichen Regelungen, die mögliche Umweltbelastungen durch Einträge von Silagesickersäften in Oberflächengewässer, Grundwasser und Boden verhindern sollen. Die bisherigen länderspezifischen Regelungen werden zukünftig von einem bundeseinheitlichen Merkblatt zur Lagerung von Gülle, Jauche und Sickersaft (GJS) abgelöst. Es ist zwischen folgenden Silagesickersäften zu unterscheiden:

- a) Gärtsaft: Pflanzenwasser, das durch Zellaufschluss und Pressdruck als säurehaltige Flüssigkeit bei Trockenmassegehalten des Siliergutes unter 30 % entsteht.
- b) Sickersaft: Niederschlagswasser als wässrige Lösung, das mit Silage oder Silageresten während der Lager- und Entnahmepériode durch den Futterstock diffundiert ist und daher mit organischen Stoffen angereichert ist.
- c) Verunreinigtes Niederschlagswasser ist das Regenwasser, das mit Silage auf Siloflächen oder von Anschnittflächen in Berührung gekommen ist.

Gärtsaft ist organisch hoch belastet und kann Gewässer und Beton aufgrund des pH-Wertes von 5 bis 6 erheblich schädigen. Das Einleiten von Silagesickersäften in Kanalisationen, Gewässer sowie das Versickern in den Boden sind deshalb verboten. Daher ist bei Siloanlagen die Installation eines Sammelbehälters vorzusehen. Wird der Silagesickersaft über eine Leitung zu einer Güllegrube geführt, kann auf den Sammelbehälter verzichtet werden. Saubere Niederschlagswasser aus Siloanlagen können hingegen örtlich flächig versickert werden. Bei ortsfesten Siloanlagen und Feldsilos sollte das Ziel bestehen, die Menge an Silagesickersäften, die gelagert und ausgebracht werden muss, möglichst gering zu halten. Hierzu sollten Zeit und Fläche, die Verschmutzung von Regenwasser durch Silagereste zulassen, möglichst niedrig gehalten werden. Ferner sollte die Siloplatte sauber gehalten werden. Eine weitere Maßnahme sind Doppelabläufe, mit denen das Regenwasser von dieser Fläche in Zeiten, in denen es sauber ist, in den Vorfluter geleitet werden kann und nur, wenn das Silo geöffnet und die Fläche mit Silageresten verschmutzt ist, die Silagesickersäfte in die Sammelgrube geleitet werden. Doppelabläufe weisen je eine Leitung zum Vorfluter und eine zur Sammelgrube auf. Durch Umstöpseln eines Verschlusspfropfens wird jeweils eine Leitung freigegeben.

4 Pflanzenbauliche Ansatzpunkte zur Silagesickersaft-Vermeidung

Bereits bei der **Sortenwahl** gilt es neben einer hohen Ertragsleistung und Energiedichte das Abreifeverhalten des Sortentyps bzw. der Sorte mindestens gleichwertig mit zu berücksichtigen. Insbesondere vor dem Hintergrund von Sortenempfehlungen speziell für den Biogasbereich mit Siloreifezahlen > 250 ist zumindestens in den Regionen diese Empfehlung kritisch zu sehen, in denen die Abreife erwartungsgemäß unsicher ist. Wie Abbildung 3 ausweist, reifen Silomaisorten mit niedrigerer Siloreifezahl sicherer ab und sind daher hier einzusetzen.

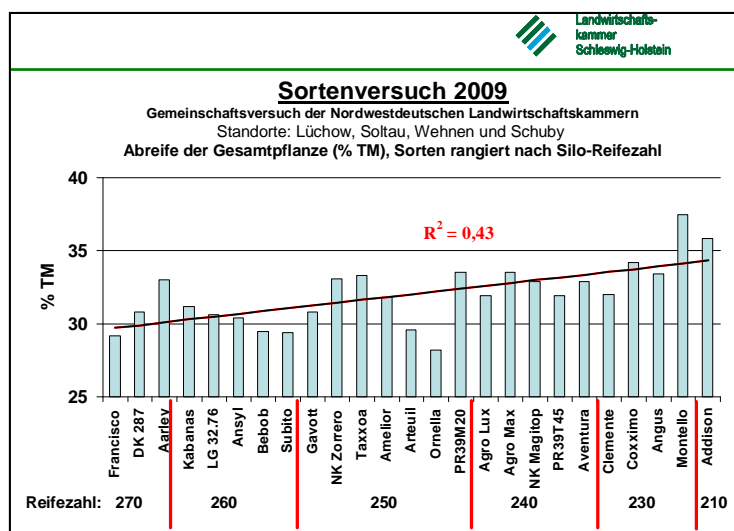


Abb. 3: Abreife des Silomaises in Abhängigkeit von der Reifezahl, Standorte: NDS und SH 2009

Bei den ‚Staygreen-Sortentypen‘ ist zudem nicht auf die Abreife der Restpflanze zu warten, wie Abbildung 4 aufzeigt. Die Trockenmassebildung resultiert in erster Linie aus einem hohen Trockenkolbenanteil. Liegt dieser nicht vor, bedeutet die Realisierung des Abreifeziels über die Restpflanze gegebenenfalls eine zu späte Ernte mit etwaigen Nachteilen in der Verdaulichkeit der OM und der Silierbarkeit bzw. Verdichtbarkeit des Silomaises.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der **Saatzeitpunkt**. Da Silomais eine Kurztagspflanze ist und der Impuls für den Übergang in die generative Phase auch von der Tageslänge abhängt, ist ein höherer Kolbenansatz bei entsprechender Ausbildung bei früheren Saatzeitpunkten ab 6-8° C Bodentemperatur ein Garant für eine gute Abreife. Kritisch sind alle Vornutzungen mit anschließender Maissaat (Gras 1. Aufwuchs, Grünroggen) zu sehen, die immer eine relativ späte Aussaat mit möglichen Abreifproblemen zur Folge haben können [2].

Auch Spätdüngungen mit Gärresten, Gülle oder mineralischen N-Düngern ohne Nitrifikationshemmer können in Abhängigkeit von der Höhe, dem Zeitpunkt und danach herrschenden Witterungsverhältnissen die Abreife verlangsamen. Anzuwenden ist bei der Bemessung der **N-Düngung** das Prinzip der Sollwert-Methode.

Auswertung von Silomaisartenversuchen 2009		Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein								
Beitrag der Restpflanzenabreife in Abhängigkeit vom Trockenkolbenanteil und Erntezeitpunkt										
Korn TM %	Konsistenz des Korns	Trockenkolbenanteil niedrig 40%			Trockenkolbenanteil mittel 50%			Trockenkolbenanteil hoch 60%		
		Trockenmasse der Restpflanze								
		18 grün	22 mittel	26 strohig	18 grün	22 mittel	26 strohig	18 grün	22 mittel	26 strohig
35	Milchig - wässrig	21,4	24,6	27,5	22,5	25,4	27,9	23,7	26,2	28,3
40	Milchig - teigförmig	22,3	25,8	29,0	23,8	27,0	29,8	25,4	28,3	30,7
45	Teigartig ohne Saftaustritt	23,1	26,8	<u>30,2</u>	24,8	28,4	<u>31,5</u>	26,9	<u>30,1</u>	32,9
50	Korn teilweise fest	23,7	27,7	<u>31,3</u>	25,7	29,6	<u>33,0</u>	28,1	<u>31,7</u>	34,8
55	Korn überwiegend fest	24,2	28,4	<u>32,2</u>	26,5	<u>30,6</u>	34,2	29,2	33,1	36,5
60	Korn ist hart	24,6	28,9	<u>32,9</u>	27,1	<u>31,4</u>	35,3	<u>30,2</u>	34,4	38,0

Abb. 4: Abreife des Silomaises in Abhängigkeit vom Trockenkolbenanteil und Abreifestadium

Die angemessene Höhe der Stickstoffdüngung richtet sich nach dem Ertrag und dem Proteingehalt in der Pflanze. Der durch die Maisernte abgefahrene Stickstoff ist nach der Düngeverordnung die maßgebliche Ausgangsgröße. Aufgrund von Versuchsergebnissen [3] ist davon auszugehen, dass bei einem Rohproteingehalt in der Maissilage von 7 % in der TM eine ausreichende Stickstoffversorgung vorgelegen hat. Höhere Gehalte sind ein Hinweis auf eine N-Düngung über das optimale Maß hinaus und erhöhen das Risiko von Nitratverlagerungen, welche das Grundwasser erreichen können. Insofern ist die Untersuchung der Silagen auf RP-Gehalt eine gute Möglichkeit für den Landwirt, die N-Düngung im Mais im Nachhinein zu überprüfen.

Bei der N-Düngeplanung zum Mais nach den „Richtwerten für die Düngung“ ist zunächst von einem N-Sollwert auszugehen [4]. Dieser richtet sich nach dem standorttypischen und betriebsindividuellen nachhaltig erzielbaren Ertrag. In Tabelle 1 sind die Sollwerte für die drei definierten Ertragsstufen dargelegt. Bei einem Ertrag von 130 dt TM/ha ist ein N-Sollwert von 150 kg N/ha angemessen. Weichen die Erträge von den Ertragsstufen ab, so ist der N-Sollwert zu interpolieren.

Tab. 1: Beispiel N-Bedarfsermittlung nach Richtwerten für die Düngung 2009 [5]

	kg N/ha
N-Sollwert	150
N-min-Gehalt in 0-60 cm Bodentiefe	-24
Mais nach Mais	20
Erforderliche N-Düngung gesamt:	146
Unterfußdüngung	40
Erforderliche N-Düngung aus Gülle	106

Um zur N-Düngemenge zu kommen, ist der bereits im Boden verfügbare Nitrat- und Ammoniumstickstoff in der Bodenzone 0-60 cm (N-min Gehalt) vom Sollwert abzuziehen. Der verbleibende kalkulierte Düngbedarf in Höhe von 106 kg N/ha kann im Beispiel durch Rindergülle erfolgen. Die Düngung kann auch über Biogassubstratrest erfolgen. Für die Beurteilung der N-Wirkungsgeschwindigkeit ist der Ammoniumgehalt entscheidend. Mit zunehmender Verweildauer im Fermenter und abnehmender Raumbelastung steigt der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil am Gesamt-N-Gehalt im Substratrest. Abgesicherte Ertragseffekte zwischen Rindergülle und Biogassubstratrest konnten in einem mehrjährigen Mais Düngungsversuch in Futterkamp nicht festgestellt werden.

Die Wirkung von organischen Nährstoffträgern ist weitaus schwieriger zu beurteilen, als dies bei mineralischen Düngemitteln der Fall ist. Der Grund ist in der Bindungsform der Nährstoffe zu suchen. So liegt der Stickstoff in der Rindergülle zu 50-60 %, in der Schweinegülle zu 70-80 % und im Biogassubstratrest (BSR) zu 55-70 % in Ammoniumform vor. Der verbleibende Anteil ist organisch gebunden und muss durch das Bodenleben nach und nach zu Ammonium umgesetzt werden, um von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden zu können. In dieser Form ist der Stickstoff zwar aufnehmbar und wird auch in dieser Form aufgenommen, eine N-Aufnahme in Nitratform erfolgt jedoch zügiger. Sobald der Umsetzungsprozess zu Nitrat erfolgt ist, kann dieser Stickstoff bei starken Niederschlägen jedoch auch in tiefere Bodenschichten verlagert werden und in das Grundwasser versickern.

Nitrat ist im Boden nur vorhanden, wenn es durch Mineraldünger zugeführt oder aus Ammonium durch Bodenbakterien in diese Bindungsform umgebaut wird. An dieser Stelle setzt die Wirkung von Nitrifikationshemmern ein. Ob der Wirkstoff dem Wirtschaftsdünger beigemischt wird, im Handelsdünger enthalten ist oder direkt auf die Fläche gespritzt wird, ist dabei nach bisheriger Kenntnis ohne Belang. In jedem Fall wird die Umsetzung von Ammonium zu Nitrat im Umfeld des Wirkstoffes im Boden dadurch verzögert. Diese Verzögerung ist bei der Maisdüngung durchaus von Vorteil, um die Nährstoffverfügbarkeit dem Nährstoffbedarf anzupassen. Genau wie der Umbau der Nährstoffformen im Boden von organisch gebundenen Düngemitteln oder Harnstoff zu Ammonium und weiter zu Nitrat durch Bodenwärme und Feuchtigkeit zunimmt, werden Nitrifikationshemmer durch diese Einflüsse abgebaut und verlieren damit an Wirkung.

Um gasförmige Verluste zu vermeiden, wird Gülle vor der Mais-Saat - also Anfang April - eingearbeitet. Den Anfangsbedarf an Stickstoff erhält die junge Maispflanze wurzelnah über die Unterfußdüngung. Der wesentliche Stickstoffbedarf setzt jedoch erst mit dem Massenwachstum im Juni ein und endet bereits Mitte August. Ziel der N-Düngung muss es also sein, in diesem Zeitfenster den Stickstoff pflanzenverfügbar zu platzieren. Ob der Einsatz von Nitrifikationshemmern auch zu wirtschaftlich absicherbaren Mehrerträgen führt, kann derzeit noch nicht abgesichert festgestellt werden.

Bei der Festlegung des **Erntezeitpunktes** gibt es letztlich zwischen den Verwertungen Tier oder Biogas keine Unterschiede: Der optimale Zeitpunkt ist dann gegeben, wenn die Pflanze in gehäckselter Form keinen Gärsaft abgibt, sowie die Stärkeeinlagerung und damit der Ertragszuwachs abgeschlossen ist. Ab diesem Punkt sinkt die Verdaulichkeit langsam ab, die Verdichtbarkeit wird zudem mit zunehmender Restpflanzenabreife schlechter. Nach gegenwärtigem Erkenntnisstand besteht der einzige Unterschied zwischen der Verwertung Tier oder Biogas in der Aufbereitung des Häckselgutes und folglich auch dadurch

in der Verwertung durch das Tier (Strukturwirkung) bzw. in der Angriffsfläche der Bakterien bei der Methanausbeute (Biogas).

5 Siliertechnische Ansatzpunkte zur Silagesickersaft-Vermeidung

Mit längerer Stoppel und damit zunehmendem Kolbenanteil in der Maissilage lassen sich Energiekonzentration, Verdaulichkeit und die Abreife positiv beeinflussen. Überschlägig nimmt mit jeweils 10 cm längerer Stoppel der Trockenmassegehalt um rund 1 %, die Energiekonzentration um etwa 0,1 MJ NEL/kg TM zu (Abbildung 5), wobei natürlich die unteren Stoppelteile stärker zu diesem Effekt beitragen. Gleichzeitig nehmen der Ertrag um rund 5 % und der Strukturwert um 0,15 ab. Ähnliche Effekte sind durch Pflück-Häckselverfahren möglich. Dabei ist zu beachten, dass zunehmende Energie- und Trockenmassegehalte auch höheres Erwärmungsrisiko bedeuten und somit die Anforderungen an die Verdichtung und Entnahmevorschub ebenfalls steigen.

Energiegehalt von Silomais und Ertragsauswirkungen bei variierender Schnitthöhe						
Schnitt- höhe cm	MJ NEL	Masseertrag			Energieertrag	
		dt/ha	dt TM/ha	rel.%	MJ NEL	rel.%
20	6,4	344	114	100	71.568	100
35	6,6	323	107	94	68.352	96
50	6,8	280	92	81	61.908	87

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

Je + 10 cm Schnitthöhe = + 0,1 MJ NEL / kg TM

Abb. 5: Energiegehalt von Silomais und Ertragsauswirkungen bei variierender Schnitthöhe

Die richtige Wahl der **Häcksellänge** in der Rinderfütterung [6] muss sowohl aus der Sicht der Futteraufnahme, Wiederkaugerechtigkeit (Strukturwirkung), Maissilageanteil in der Ration, Verdichtbarkeit, möglicher Gärstoffbildung und der Stapelhöhe der Siloanlage gesehen werden. Bei üblichen Rationsanteilen von maximal 70 % sollte Silomais bei entsprechender Abreife und Silohöhen bis maximal 6 m eine theoretische Häcksellänge von 6-8 mm aufweisen. Diese kann bei höheren Maisanteilen in der Ration bis auf 20 mm erweitert werden, um eine bessere Strukturversorgung der Hochleistungskuh zu garantieren. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass eine intensive Zerkleinerung von Silagen bei sonst gleichen Fermentationsbedingungen höhere Biogasausbeuten bringen. Daher ist bei der Festlegung der Häcksellänge zwischen dieser Anforderung, der Verdichtbarkeit des Materials in Abhängigkeit von der Siloform, dem Anlagentyp und dem Dieserverbrauch ein Kompromiss zu verwirklichen. Die Intensität der Körneraufbereitung (Körner müssen von Crackern und Reibeböden zerschlagen sein!) muss dabei umso intensiver sein, je weiter die Körner abgereift sind. Gleiches gilt auch für die Häcksel-

länge: Je höher der Gesamt-TM-Gehalt des Silomaisbestandes bei der Ernte ist, umso wichtiger ist die Einhaltung der oben genannten Empfehlungen, da mit zunehmender Abreife auch eine Zunahme des Fasergehaltes einhergeht. Damit ist ein weiterer Faktor für eine geringere Verdichtbarkeit (Rückfederung beim Walzen) und eine geringe Gasausbeute zu verzeichnen. Für die Biogaserzeugung liegt daher die optimale Häcksellänge bei 4-6 mm. Überlängen z. B durch lange Lieschblätter können bei höheren Abreifegraden in Kombination mit der Auslastung des Häckslers auftreten. Übersteigt ihr Anteil 5 % in der Silage, so können in Abhängigkeit von der Pump- und Rührtechnik Probleme in diesem Bereich entstehen. Weiterhin kann es die Ursache für eine erhöhte Gefahr der Schwimmdeckenbildung darstellen. Die in der Abbildung 6 dargestellten Empfehlungen sind unter Berücksichtigung der Anforderungen der Futterkonservierung für Silomais und GPS zusammengefasst [7].

Soll das Ziel, eine sichere Vermeidung von Silagesickersäften, durch eine dem aktuellen TM-Gehalt angepasste Häcksellänge in Abhängigkeit von der Verwertung und Stapelhöhe erreicht werden, so wird deutlich, dass angesichts schwankender TM-Gehalte im Siliergut eine möglichst kontinuierliche Anpassung von Häcksellänge an das aktuell vorliegende Material gegeben sein müsste. Folglich ist eine kontinuierliche Überwachung der Kenngrößen beim Häckseln erforderlich, um angepasst reagieren zu können. Einfacher ist es, Techniken wie die TM-Messung am Häckslers und die kontinuierliche Häcksellängen-anpassung zu nutzen. Die Investition in diese Technik amortisiert sich über eine entsprechende Verlustvermeidung sowie Dieseldkosteneinsparung innerhalb kürzester Zeit.

Optimale TM-Gehalte und Häcksellängen bei Silomais und GPS für Biogas bei unterschiedlichen Stapelhöhen			
Stapelhöhe	Einheit	Silomais	GPS
bis 3 m	%TM	ab 28-30	ab 35 - 40
	mm	9 - 6	6
3 - 6 m	%TM	30-35	40 - 45
	mm	7 - 5	5
über 6 - 10 m	%TM	35-38	45
	mm	5 - 4	4

Abb. 6: Optimale TM-Gehalte und Häcksellängen bei Silomais und GPS für Biogas bei unterschiedlichen Stapelhöhen

Die Industrie bietet die Erfassung des TM-Gehaltes und eine Ertragsmessung während des Häckselvorganges an. Das System der Ertragsmessung erkennt über die Auslenkung der Vorpresswalzen sowie deren Geschwindigkeit das Volumen des Erntegutstromes, welcher in die Maschine gelangt. Die Erntegutfeuchte wurde bis dato immer auf Basis eines vom Fahrer eingegebenen fiktiven Feuchtwertes berechnet, was zwangsläufig die Genauigkeit eines solchen Systems beschränkt hat. Um die Genauigkeit der Ertragsmessung deutlich zu verbessern, wurde das System durch die Nahinfrarotmessung (NIRS) zur

Ermittlung der Erntegutfeuchte erweitert. Dieses System misst am Auswurfkrümmer den aktuellen TM-Gehalt für Gras, GPS, Luzerne oder Mais und optimiert dadurch die Ertragsmessung. Pro Sekunde nimmt der N-I-R-Sensor 17 Messungen vor, aus denen ein Durchschnittswert mit bis zu 3.600 Messungen pro Stunde gebildet wird. Diese hohe Anzahl von Messungen wird erforderlich, weil das Material den Sensor im laufenden Gutstrom mit Geschwindigkeiten von bis zu 200 km/h passiert. Die Bestimmung des TM-Gehaltes ermöglicht es, permanent einen Überblick über die aktuelle Erntegutfeuchte zu erhalten. Die Daten werden im Bordcomputer gespeichert und können entweder nachher oder während des Häcksels via GPS ausgelesen werden. Es können Ertrags-, Feuchte-, TM-Ertrags-, Diesel- und Siliermittelkarten erstellt werden. Das System beinhaltet in der Grundversion eine Technik, die die Leistung und Effizienz der Maschine und der Ernte optimieren kann, z.B. durch die werkzeuglose Verstellung der Schnittlänge in einem Bereich von 4-38 mm gemäß der Information TM-Gehalt. Diese Daten werden genutzt, um die Schnittlänge automatisch dem TM-Gehalt anzupassen. Das System kann dabei völlig im Hintergrund arbeiten und je nach Vorgabe die Schnittlänge variabel im Sekundentakt ohne ein Eingreifen des Fahrers angepasst werden. Dieses ermöglicht es, Kraftstoff zu sparen und gleichzeitig die Leistung der Maschine zu erhöhen.

In der Ernte 2009 hat die DLG die Messgenauigkeit des Systems in drei Maissorten überprüft. Dabei wurden jeweils 10 Anhänger pro Sorte gehäckselt und aus jedem Anhänger 10 Mischproben mit Hilfe von jeweils 50 Einstichen gezogen. Der Durchschnittswert dieser 10 Mischproben wurde dann im Trockenschrank gemessen und dem Ergebnis aus dem Feldhäcksler je Anhänger gegenübergestellt.

Anforderungen der DLG für eine Zertifizierung:

- Abweichungen dürfen 3 % nicht überschreiten
- Durchschnittliche Abweichung pro Sorte < 2 %

Dem Ergebnis entsprechend hat der mit HarvestLab ausgerüstete Feldhäcksler im DLG-Fokustest die Anforderungen für die Zertifizierung erfüllt [8]. Damit eliminiert diese Technik durch vollautomatische Messung die Probenahme von Hand als bisher größte Fehlerquelle.

Gleichzeitig eignet sich diese Technik als verlässliche und geprüfte Abrechnungsmethode, um exakte Informationen über den Energiegehalt, die Sortenwahl und –qualität bzw. den Energieertrag pro Hektar zu gewinnen. Außerdem dienen diese Werte als Abrechnungsgrundlage für den Einkauf von Rohstoffen. Wenn mehrere Lieferanten einer Biogasanlage Substrate andienen, so ist eine schlagbezogene Erfassung des TM-Ertrages die einzig genaue Abrechnungsbasis. Zu- oder Abschläge können somit bei Vereinbarungen eines Basispreises gemäß des jeweiligen TM-Gehaltes vorgenommen werden. Allerdings: Eine Fahrzeugwaage erübrigt sich nicht, da für die Kalibration eine solche dennoch vorhanden sein muss. Anhand der gewonnenen Daten lassen sich Trockenmasseerträge exakt erfassen und je nach Kundenwunsch pro Feld, pro Anhänger oder pro Kunde auswerten. Die schlaggenaue Information zum TM-Gehalt und Ertrag bildet die Basis für ein „precision-farming“ im Futterbau, welches im Marktfruchtbau schon lange Realität ist. Düngerkarten, betriebswirtschaftliche Auswertungen, Sortenvergleiche, Effizienz von produktionstechnischen Maßnahmen, Schlagkarteiauswertungen: alles Beispiele einer möglichen Verwendung. Somit können sich die Kosten dieser Informationsbereitstellung in Höhe von 5-7 €/ha schnell amortisieren.

6 Schlussfolgerungen

Eine ertraglich gute Silomaisernte hat in einigen Milchviehbetrieben und an etlichen Biogasanlagen zu Problemen der Unterbringung der Erntemassen und Silagesickersaftentstehung geführt. Nicht nur aus der Warte von Umwelt, Vorschriften und Cross Compliance, sondern auch aus der Sicht der monetären Verluste ist ein geordnetes Sickersaftsystem gefordert. Aber da Vorbeugen stets günstiger ist als Heilen, sollten alle pflanzenbaulichen und technologischen Maßnahmen der Vermeidung dieser Verlustquelle konsequent genutzt werden. Die standortangepasste Sortenwahl, der richtige Saattermin, die ertragsabhängige N-Düngung und der richtige Erntezeitpunkt bei angepasster Stoppellänge und Häcksellänge sind Steuerungsansätze. Dabei helfen Futter- und Siloplanungen genauso wie Online-Verfahren am Häcksler mit TM-Gehalts-Messungen zur siliergutangepassten Häcksellängeneinstellung.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Zimmer, E. (1987): Futterwerbung und Futterkonservierung. In: Voigtländer und Jacob, Grünlandwirtschaft und Futterbau, Ulmer Verlag
- [2] Peyker, W. (1989): Empfehlungen und Entscheidungshilfen zur Produktion von kolbenreichem Silomais in Thüringen Dissertation, Paulinenaue, S. 31 - 34
- [3] Herrmann, A., Taube, F. (2005): Nitrogen Concentration at Maturity—An Indicator of Nitrogen Status in Forage Maize. *Agron. J.* 97, 201–210
- [4] Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2009): Richtwerte für die Düngung. 20. Auflage, Rendsburg, www.lwk-sh.de
- [5] Lausen, P. (2010): Bedarfsgerechte Maisdüngung, *Bauernblatt* (14), 28-31
- [6] Spiekers, H., Ettle, T., Preißinger, W., Pries, M. (2009): Häcksellänge und Strukturwert von Maissilage. *Übersichten Tierernährung*, 37, 2 und 3, 91-102
- [7] Auerbach, H., Weißbach, F. (1999): Quality of forage maize and maize silage- effects of growth stage on feeding value, fermentability, fermentation characteristics and effluent production potential, *Landbauforschung Völkenrode (FAL)*, Sonderheft 206, 159-180
- [8] DLG (2009): Harvestlab-Feuchtemessung in Mais im mobilen Einsatz auf John Deere Feldhäcksler 7550i. DLG Prüfbericht 5913 F, www.dlg-test.de

Schätzung der dünn darmverdaulichen Aminosäuren (Schwein) bei Maisfuttermitteln

K. Rutzmoser, H. Lindermayer

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

Zusammenfassung

Die Versorgung mit Aminosäuren wird beim Schwein in Form der dünn darmverdaulichen Aminosäuren bewertet. Für eine Anzahl von Futtermitteln sind Dünn darmverdaulichkeiten veröffentlicht. Um für alle Futtermittel die Bewertung nach dünn darmverdaulichen Aminosäuren anwenden zu können, wurden Schätzgleichungen auf der Grundlage der Rohproteinverdaulichkeiten (aus Verdauungsversuchen) abgeleitet. Diese Gleichungen wurden auf Körnermais, Maiskornsilage und Korn-Spindel-Gemisch (CCM) angewendet, von denen in letzter Zeit Proben in Grub in Verdauungsversuchen geprüft worden sind.

Die gefundenen Gleichungen sind in das Verfahren der „Futteroptimierung nach Zielwerten“ (ZIFOWin) eingearbeitet. Damit können für alle in den Tabellen enthaltenen Futtermittel und damit auch für die Maisfuttermittel die dünn darmverdaulichen Aminosäuren dargestellt werden. Anhand eines Berechnungsbeispiels einer Mischung für Mastschweine wird gezeigt, wie die Versorgung mit Brutto- und dünn darmverdaulichen Aminosäuren mit den Richtwerten (Zielwerten) überein stimmt und welche Folgerungen sich beispielsweise für die Formulierung der Aminosäureergänzung im Mineralfutter ergeben.

Die Anwendung der Schätzgleichungen ermöglicht eine breite Anwendung der Futterbewertung mit dünn darmverdaulichen Aminosäuren in der Beratung und praktischen Fütterung.

1 Einleitung und Fragestellung

Die Bewertung der Versorgung mit Aminosäuren auf der Ebene der Dünn darmverdaulichkeit wird als genaueres Verfahren in der Schweinefütterung angesehen. Die veröffentlichten Empfehlungen für Schweine beruhen auf dünn darmverdaulichen Aminosäuren [1].

Für die Anwendung sind die Gehalte an dünn darmverdaulichen Aminosäuren in den Futtermitteln erforderlich. In den veröffentlichten Tabellen sind als Maisfuttermittel die Dünn darmverdaulichkeiten nur von Körnermais und Maiskleber (unvollständig) aufgeführt [1]. Auch wenn Maisfuttermittel in der Regel nicht als Proteinträger eingesetzt werden, sollte doch die Bewertung auch nach dünn darmverdaulichen Aminosäuren korrekt erfolgen. Der Umfang der Verfütterung an Schweine ist bei getrocknetem Körnermais beachtlich, der größere Teil von feucht konserviertem Mais, sei es als Feuchhmaissilage oder siliertem Korn-Spindel-Gemisch (CCM) wird überwiegend durch Schweine verwertet. In begrenztem Umfang kann auch Maissilage (von Ganzpflanzen) in der Zuchtsauenfütterung Verwendung finden.

2 Vorgehensweise und Datengrundlage der Schätzgleichungen

Zur Ableitung der Gleichungen zur Schätzung der Dünndarmverdaulichkeit wurden die bisher veröffentlichten Werte heran gezogen. Von 23 Futtermitteln sind Dünndarmverdaulichkeiten von Rohprotein und Aminosäuren aufgeführt. Die Futtermittel mit einer größeren Zahl an Versuchen (über 12) und entsprechend besser gesicherten Werten wurden getrennt bearbeitet. Zu den betreffenden Futtermitteln wurden die Daten der scheinbaren Rohproteinverdaulichkeit aus den DLG-Futterwerttabellen für Schweine [2] hinzu gefügt. Die reinen Aminosäuren wurden mit Verdaulichkeiten von 100 % wie ein Futtermittel behandelt. Die Gehalte der Futtermittel an Bruttoaminosäuren wurden den in der Beratung verwendeten Dateien entnommen.

Für jede Aminosäure wurde approximativ eine Schätzgleichung der Dünndarmverdaulichkeit (dVQ AS) in Abhängigkeit von der scheinbaren Rohproteinverdaulichkeit (sVQ RP) abgeleitet [3]. Die Gleichung kann in der allgemeinen Form wie folgt beschrieben werden:

$$dVQ AS = a + b * (100 - sVQ RP) **c (exp)$$

Bei der Ableitung der Formel wurde nach diesen Grundsätzen vorgegangen:

Die scheinbare Rohproteinverdaulichkeit wird mit dem Abzugsglied (100 - sVQ RP) in den unverdaulichen Teil umgewandelt.

Das Absolutglied a wird 100 gesetzt, was bei einem sVQ RP von 100 einen dVQ AS von 100 ergibt, wie dies für reine Aminosäuren zutrifft.

Das Steigungsmaß b wird so eingestellt, dass die gemitteten Abweichungen klein werden.

Mit dem Exponentfaktor (hoch **c) wird das X-Glied (100 - sVQ RP) potenziert und damit die X-Werte so umgeformt, dass die Funktionslinie in der passenden Krümmung an den Werteverlauf angepasst werden kann.

In der Abbildung 1 ist beispielhaft die Schätzgleichung für die Dünndarmverdaulichkeit des Lysins abgeleitet. Von den umfangreich untersuchten Futtermitteln (und Rein-Lysin) sind die dVQ Lysin nach GfE [1] gegen die scheinbare RP-Verdaulichkeit [2] aufgetragen. In die Grafik sind auch die Schätzwerte des dVQ Lysin mit der Funktionslinie eingefügt. Die Gleichung lässt sich wie folgt beschreiben:

$$dVQ Lysin = 100 - 0,8 * (100 - sVQ RP) **1,1$$

Werden die Bruttogehalte an Lysin in den Futtermitteln mit den nach GfE vorgegebenen und den geschätzten Dünndarmverdaulichkeiten verrechnet, ergeben sich die Gehalte an dünndarmverdaulichem Lysin. Die Werte von beiden Berechnungswegen (GfE, Schätzung) sind in der Abbildung 2 gegenübergestellt. In dieser Form zeigt sich das sehr hohe Bestimmtheitsmaß von 0,998. Hier kommt zum Ausdruck, dass der Fehler der dVQ-Schätzung für die Berechnung der dv Aminosäuren nahezu unerheblich wird.

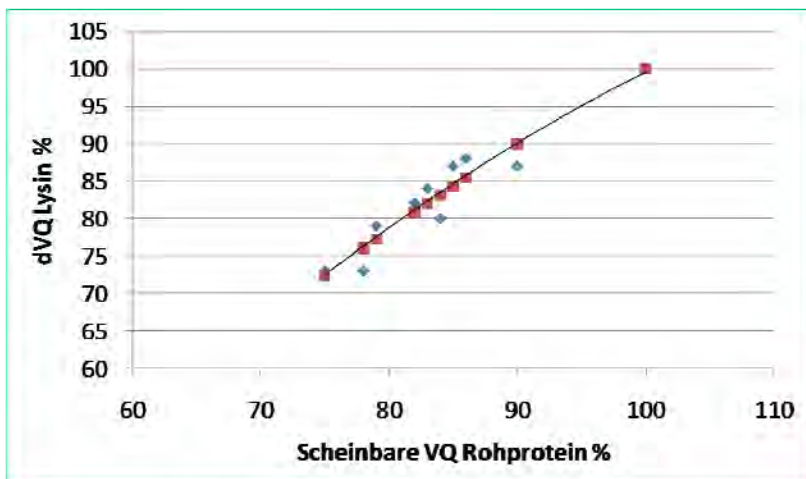


Abb. 1: Schätzung des dVQ von Lysin (%) aus sVQ RP (%)

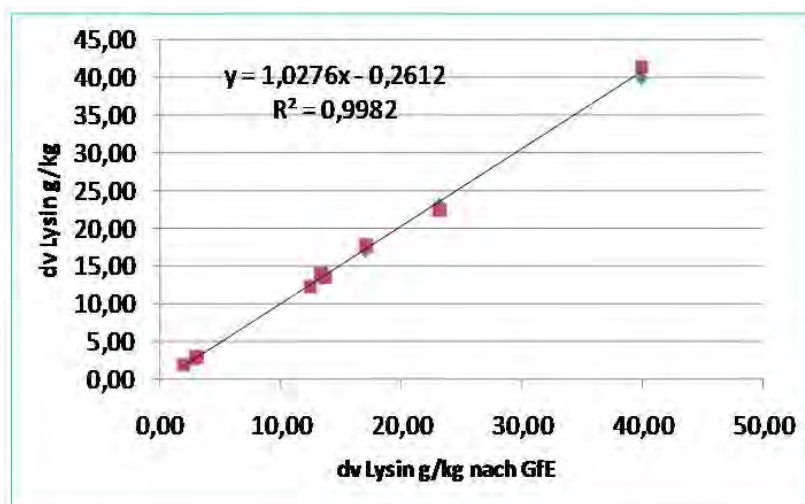


Abb. 2: dv Lysin (g/kg) nach GfE und Schätzung

Vergleichbar der bisher für Lysin aufgezeigten Vorgehensweise wurden die Dünndarmverdaulichkeiten für weitere Aminosäuren abgeleitet. Die gefundenen Gleichungen sind nachfolgend aufgeführt:

dVQ Lysin	=	100 - 0,8 * (100 - sVQ RP) **1,1
dVQ Methionin	=	100 - 2,8 * (100 - sVQ RP) **0,6
dVQ Cystin	=	100 - 5,0 * (100 - sVQ RP) **0,5
dVQ Threonin	=	100 - 3,8 * (100 - sVQ RP) **0,6
dVQ Tryptophan	=	100 - 7,0 * (100 - sVQ RP) **0,4
dVQ Isoleucin	=	100 - 5,8 * (100 - sVQ RP) **0,4
dVQ Leucin	=	100 - 3,0 * (100 - sVQ RP) **0,6
dVQ Valin	=	100 - 6,4 * (100 - sVQ RP) **0,4

3 Anwendung auf Maisfuttermittel

Bei Körnermais können die dünn darmverdaulichen Aminosäuren nach GfE und Schätzung verglichen werden. In Tabelle 1 sind ausgehend von Bruttogehalten die dVQ nach GfE [1] und Schätzung sowie die daraus berechneten dünn darmverdaulichen Aminosäuren für die in der Schweinefütterung bedeutsamen Aminosäuren aufgeführt. Zur Ableitung der Schätzung wurde die Verdaulichkeit des Rohproteins von 79 % für Körnermais aus den DLG-Tabellen [2] verwendet.

Tab. 1: Aminosäuren und Dünn darmverdaulichkeit bei Körnermais (g/kg)

Aminosäure	Brutto AS	dVQ % GfE	dVQ % Schätzung	dv AS GfE	dv AS Schätzung
Lysin	2,46	79	77	1,95	1,90
Methionin	1,87	85	83	1,59	1,54
Cystin	1,98	86	77	1,70	1,53
Threonin	3,23	83	76	2,68	2,47
Tryptophan	0,63	82	76	0,52	0,48
Isoleucin	3,10	86	80	2,66	2,49
Leucin	11,09	89	81	9,87	9,02
Valin	4,31	87	78	3,75	3,38

Als bedeutsame Maisfuttermittel wurden in Grub Körnermais, Maiskornsilage und CCM untersucht [4]. Neben einem Verdauungsversuch mit Schweinen wurden auch die Aminosäuren analysiert. Daraus konnten auch die dv Aminosäuren ermittelt werden. In Tabelle 2 sind neben den Untersuchungswerten auch die entsprechenden Tabellenwerte aufgeführt.

Tab. 2: Maiskornfuttermittel Untersuchung Grub und Tabelle (g/kg Trockenfutter; MJ; %)

Aminosäure	Kö.-mais Grub	Kö.-mais Tab.	M.ko.sil. Grub	M.ko.sil. Tab.	CCM Grub	CCM Tab.
Rohprotein	104	90	102	88	101	88
Lysin	1,90	2,46	2,30	2,43	1,70	2,32
Methionin	2,40	1,87	2,10	1,83	2,40	1,79
Met + Cys	5,00	3,84	4,10	3,78	4,60	3,56
Threonin	4,00	3,23	3,30	3,17	3,30	3,10
Tryptophan	0,60	0,63	0,80	0,62	0,80	0,58
dv Lysin	1,58	1,90	2,11	2,02	1,54	1,87
dv Met + Cys	3,76	3,06	3,70	3,12	3,75	2,90
dv Threonin	3,20	2,47	2,85	2,53	2,82	2,43
dv Tryptophan	0,47	0,48	0,67	0,49	0,66	0,45
Rohfaser	19	23	21	22	21	31
ME Schwein	14,90	14,13	15,12	13,74	15,28	13,47
VQ Rohpro- tein	84,2	79,0	91,7	84,0	90,7	82,0

Die Unterschiede der analysierten zu den tabellierten Gehalten an Aminosäuren sind teilweise erheblich. Demgegenüber relativieren sich die Abweichungen durch die dVQ-Schätzung, welche beim Körnermais aufgezeigt wurden.

Die Schätzung der dünn darmverdaulichen Aminosäuren ist in das Verfahren der „Futteroptimierung nach Zielwerten“ (ZIFOWin) eingearbeitet. Damit werden für alle in den Dateien enthaltenen Maisfuttermittel (u. a. CCM mit verschiedenen Rohfasergehalten, Lieschkolbensilage, Maisschlempe trocken und flüssig, Maissilagen, Maiskobs) die dünn darmverdaulichen Aminosäuren ausgewiesen.

4 Anwendung auf Beispielsberechnung

Anhand einer Beispielsberechnung für eine Mischung für Mastschweine wird gezeigt, wie weit die Versorgung mit Brutto- und dünn darmverdaulichen Aminosäuren mit den Richtwerten (Zielwerten) überein stimmt. Im Folgenden sind die Anteile der eingesetzten Futtermittel in Prozent Trockenmasse aufgeführt:

Gerste	10 %
Maiskornsilage	58,9 %

Rapskuchen (15 % Rohfett)	5 %
Sojaextraktionsschrot (44 % RP)	23,4 %
Mineralfutter (7 Lys, 2 Met, 2 Thr)	2,7 %

Die bedeutsamen Ergebnisse der Mischungsberechnung sind in Tabelle 3 zusammen gestellt.

Tab. 3: Mischungsberechnung Kraftfutter für Mastschweine (g/kg Trockenfutter; MJ)

Aminosäure	Zielwert	Gehalt	Diff. Teilmisch.
ME Schwein MJ	13,00	13,13	
Rohprotein	175	183	
Lysin	10,50	10,57	67,1
Methionin	3,26	3,46	12,0
Met + Cys	6,30	6,76	1,3
Threonin	6,83	7,40	
Tryptophan	1,89	2,09	
dv Lysin	9,20	9,03	77,1
dv Met + Cys	5,52	5,63	15,7
dv Threonin	5,98	5,99	19,6
dv Tryptophan	1,66	1,64	0,9
Rohfaser	30	37	

Aus dem Vergleich von angestrebtem Zielwert und erreichtem Gehalt kann heraus gelesen werden, bei welchen Nährstoffen ein Defizit besteht. In der Spalte Diff. Teilmisch. sind für das eingesetzte Mineralfutter die zur Deckung des Zielwertes erforderlichen Gehalte ausgewiesen. Beispielsweise ergibt sich beim Brutto-Threonin kein zusätzlicher Bedarf aus dem Mineralfutter. Wird jedoch die Bewertung des dünn darmverdaulichen Threonins heran gezogen, sind 19,6 g Threonin je kg Mineralfutter erforderlich, um den Zielwert zu erfüllen. Da im Mineralfutter bereits 2 % (20 g) Threonin enthalten sind, wird damit der Zielwert von 5,98 g/kg Mischung nahezu exakt erreicht.

5 Schlussfolgerungen

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren kann die Dünn darmverdaulichkeit der Aminosäuren für alle in der Schweinefütterung bedeutsamen Futtermittel auf der Grundlage der Verdaulichkeit des Rohproteins geschätzt werden. In Verbindung mit den in entsprechenden Tabellenwerken verfügbaren Bruttogehalten an Aminosäuren sind dann die dünn darmverdaulichen Aminosäuren zu berechnen.

Die in der Beratung in Bayern angewendete „Zielwert-Futteroptimierung ZIFOWin“ enthält die entsprechenden Rechenabläufe. Darin können die Gehaltsdaten von Futtermitteln und Mischungen mit Empfehlungen zur Versorgung mit dünn darmverdaulichen Aminosäuren verknüpft werden. Es steht hiermit ein gangbarer Weg zur Verfügung, die neuen Erkenntnisse zur Aminosäureversorgung der Schweine in der Fütterung der Schweine umzusetzen.

Damit kann ein Betrag dazu geleistet werden, sowohl kosten- und umweltbelastende Überversorgungen wie auch leistungsmindernde Unterversorgungen einzuschränken.

6 Literaturverzeichnis

- [1] GfE (2006): Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Frankfurt a. Main
- [2] DLG (1991): DLG-Futterwerttabellen – Schweine. 6. Auflage, Frankfurt a. Main
- [3] Rutzmoser, K., Lindermayer H., Propstmeier, G. (2009): Ein Verfahren zur Schätzung der Dünn darmverdaulichkeit von Aminosäuren beim Schwein. 121. VDLUFA-Kongress Karlsruhe, Kurzfassung der Referate, 76
- [4] Lindermayer H., Propstmeier, G., Preißinger, W. (2009): Grundsätze der Schweinefütterung, Unterrichts- und Beratungshilfe. Maisprodukte in der Schweinefütterung, Datenblatt Maisprodukte. LfL-Information, 1. Auflage

Die Bewertung von Mais als Substrat für die Biogasgewinnung

F. Weißbach

D-18107 Elmenhorst

Zusammenfassung

Zur Bewertung nachwachsender Rohstoffe als Substrate für die Biogasgewinnung wird ein zuverlässiges und leicht bestimmbares Kriterium benötigt. Die Biogasausbeute hängt vom Gasbildungspotenzial des eingesetzten Substrats *und* vom Ausschöpfungsgrad dieses Potenzials im Fermentationsprozess ab. Gegenstand der Bewertung eines Substrats kann deshalb nur das von der Gestaltung des Fermentationsprozesses unabhängige stoffliche Gasbildungspotenzial sein. Für die Bewertung dieses Gasbildungspotenzials von pflanzlichen Ernteprodukten und von den daraus hergestellten Silagen ist ein neuer Parameter, nämlich der Gehalt an „Fermentierbarer organischer Trockensubstanz“ (FoTS) vorgeschlagen worden. Die FoTS ist identisch mit der *wahr verdaulichen organischen Substanz*, wie sie in strikt standardisierten Verdauungsversuchen am Schaf gemessen werden kann. Der Gehalt an FoTS lässt sich mittels der Ergebnisse relativ einfacher Laboranalysen schätzen und problemlos in das Gasbildungspotenzial umrechnen. Für die Biomasse von Halm- und Körnerfrüchten kann generell mit einem Gasbildungspotenzial von 420 Litern Methan in 800 Litern Biogas je kg FoTS gerechnet werden.

1 Einleitung

Bei der Kennzeichnung von Substraten zur Biogasgewinnung ist es seit langem üblich, den Einfluss unterschiedlicher Gehalte an Rohasche (XA) auf die Gasausbeute dadurch auszuschalten, dass man die XA von der Trockensubstanz abzieht und die substratspezifische Gasausbeute je kg organischer Trockensubstanz (oTS) angibt. Diese auf oTS bezogene Gasausbeute ist jedoch eine äußerst variable Größe. Hauptursache dieser Variation ist bei pflanzlicher Biomasse verschiedener Art in der Regel aber nicht so sehr der unterschiedliche Anteil an den drei organischen Nährstofffraktionen: Kohlenhydrate, Fette und Proteine, denen jeweils eine unterschiedliche Gasbildung zugesprochen wird [1, 2]. Entscheidender ist vielmehr der sehr unterschiedliche Anteil von biologisch nutzbarer organischer Substanz. Zwischen der „Verdaulichkeit der oTS“ im Fermenter und dem Methanertrag je kg oTS ist eine sehr enge Beziehung nachgewiesen worden [3].

Es erscheint deshalb sinnvoll, zur Kennzeichnung des substratspezifischen Gasbildungspotenzials nicht nur die XA von der TS zu subtrahieren, sondern auch den Anteil an biologisch nicht nutzbarer oTS. Das Ergebnis ist dann der Gehalt an „Fermentierbarer organischer Trockensubstanz“, abgekürzt FoTS (englisch: *fermentable organic matter* = FOM). Ziel der Untersuchungen, über die hier berichtet wird, war es, die Möglichkeiten einer solchen Bewertung von nachwachsenden Rohstoffen zu prüfen.

2 Material und Methoden

Eine bisher vielfach genutzte Methode zur Berechnung der zu erwartenden Gasausbeute beruht auf der Untersuchung der Substrate nach der kompletten Weender Futtermittelanalyse und der Verwendung von Verdauungsquotienten, die aus der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer entnommen werden. Mit diesen Verdauungsquotienten werden die Gehalte an den einzelnen verdaulichen Nährstoffen berechnet und diese schließlich mit Werten für die spezifische Gasbildung der Nährstoffe multipliziert, die auf Angaben von Baserga [1] zurückgehen. Die hierbei als allgemeingültig vorausgesetzten Biogasbildungswerte betragen 790, 1250 und 700 Liter je kg Kohlenhydraten, Fetten bzw. Proteinen, die entsprechenden Methangehalte 50, 68 bzw. 71 %. Das Zustandekommen dieser Werte ist jedoch nirgends offen gelegt und erklärt worden. Ihre Allgemeingültigkeit wird deshalb oft bezweifelt und stattdessen die Angabe von Spannen für den Gasbildungswert bevorzugt [2]. Neben dieser und anderen Schwächen der Berechnungsmethode ist festzustellen, dass mit ihr wesentlich zu niedrige Gasausbeuten im Vergleich zu den Ergebnissen kalkuliert werden, die bei zahlreichen Fermentationsversuchen im Labor und in der Praxis gefunden worden sind.

Ursache dafür ist, dass hier fälschlich die am Tier gemessene *scheinbare Verdaulichkeit* mit der biologischen Abbaubarkeit der Nährstoffe gleichgesetzt wird. Die Differenz zwischen der von Schafen mit dem Futter aufgenommenen und der mit dem Kot ausgeschiedenen Nährstoffmenge gilt bekanntlich als verdaulich. Der Kot der Tiere besteht aber nicht nur aus den unverdaulichen Stoffen des verzehrten Futters, sondern auch aus metabolischen Nährstoffausscheidungen endogenen Ursprungs [4]. Die tatsächlich biologisch nicht nutzbaren Anteile der Nährstoffe lassen sich errechnen, wenn man die metabolische Nährstoffausscheidung der Tiere kennt und diese von der insgesamt ausgeschiedenen Nährstoffmenge abzieht. Das ist jedoch nur dann möglich, wenn die Versuche zur Messung der Verdaulichkeit in einem so weitgehenden Maße standardisiert sind, dass annähernd konstante metabolische Nährstoffausscheidungen erwartet werden können. Bei Angaben aus Futtermitteltabellen kann dieses hohe Maß an Standardisierung nicht generell vorausgesetzt werden.

Es wurden deshalb Berechnungen zur potenziellen Gasausbeute auf der Basis der Gehalte an *wahr verdaulichen Nährstoffen* vorgenommen. Für diese Auswertung standen die Ergebnisse einer großen Zahl von Verdauungsversuchen zur Verfügung [5, 6], die der genannten Voraussetzung entsprachen. Insgesamt wurde u. a. folgende Anzahl von Versuchen, die in der Regel mit je 4 Schafen durchgeführt worden waren, ausgewertet: 44 mit Getreidekorn und Mühlennachprodukten, 63 mit Silomais und verschiedenen Maisernteerzeugnissen, 72 mit Getreideganzpflanzen, 75 mit Luzerne, 52 mit Grünroggen, 41 mit Grünhafer sowie 135 mit Acker- und Wiesen gras.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Gasausbeute der FoTS

Zunächst ist geprüft worden, wie groß der Einfluss der unterschiedlichen Nährstoffgehalte einerseits und der Einfluss der biologischen Abbaubarkeit der oTS andererseits auf die potenzielle Gasausbeute ist. Dazu sind für ein weites Spektrum von Futterarten anhand von Beispielen für deren jeweils typische chemische Zusammensetzung und bei Unterstellung der Gültigkeit der Gasbildungswerte nach Baserga [1] aus den Gehalten an *wahr verdauli-*

chen Nährstoffen die potenziellen Gasausbeuten berechnet worden. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 1. Die Futterarten sind nach der Größe ihres Gehaltes an FoTS aufgelistet. Außerdem ist der Fermentationsquotient (FQ) als Maß für die biologische Abbaubarkeit der oTS (und als Analogon zum Verdauungsquotienten VQ) angegeben.

Tab. 1: Berechnung der potenziellen Biogausausbeute aus dem Gehalt an fermentierbarer organischer Trockensubstanz (FoTS)

Substrate	Gehalt in g je kg TS		FQ (FoTS/oTS)	Biogas		Methan	
	oTS	FoTS		l _N je kg oTS	l _N je kg FoTS	l _N je kg oTS	l _N je kg FoTS
Konzentrate:							
Maiskorn	980	950	0,97	756	780	402	415
Weizenkorn	981	933	0,95	749	788	399	419
Zuckerrüben, frisch	953	908	0,95	750	787	384	403
Ganzpflanzen:							
Maisganzpflanzen, gut	950	763	0,80	638	794	335	417
Maisganzpflanzen, mäßig	950	744	0,78	622	794	327	418
Weizenganzpflanzen, gut	940	671	0,71	567	794	299	419
Weizenganzpflanzen, mäßig	923	632	0,68	543	793	288	421
Grünschnittpflanzen:							
Grünroggen	894	766	0,86	670	782	364	424
Intensivgras	889	762	0,86	672	783	368	429
Luzerne	882	642	0,73	567	779	319	438
Extensivgras	913	507	0,56	437	787	240	432
Getreidestroh:							
Gerstenstroh	941	530	0,56	448	796	231	409
Weizenstroh	922	493	0,53	425	795	220	412
Mittelwert							
	932	715	0,77	603	789	321	420
Standardabweichung	32	155	0,15	118	6	63	9
Variationskoeffizient [%]				20	1	20	2

Wie sich zeigt, sind die berechneten Erwartungswerte für die Biogausausbeute, wenn man sie auf die FoTS bezieht, bei allen hier betrachteten Arten von pflanzlicher Biomasse praktisch gleich. Ursache dafür ist, dass der bei weitem überwiegende Teil der fermentierbaren Stoffe stets aus Kohlenhydraten besteht und die Unterschiede in den Gehalten an den anderen Nährstoffen nur wenig ausmachen. Im Mittel kann hiernach mit etwa 800 Litern Biogas bzw. 420 Litern Methan je kg FoTS gerechnet werden, unabhängig davon, ob es sich um so extrem unterschiedlich zusammengesetzte Biomassen wie z. B. Getreidekorn, Luzernesilage oder Stroh handelt. Der Schätzfehler, den man bei einer so getroffenen Vorhersage des substratspezifischen potenziellen Biogausausbeute zu erwarten hat, ist – gemessen an den verfahrenstypischen Messfehlern von Batch-Versuchen [7] – offenbar nur sehr gering.

3.2 Schätzung von FoTS

Es wurde dann untersucht, auf welche Weise sich der biologisch nicht nutzbare Anteil der oTS anhand von Laboranalysen schätzen lässt. Frühere Auswertungen [5] hatten bereits gezeigt, dass die auf die verzehrte Futtertrockensubstanz bezogenen tierischen Ausscheidungen – gewissermaßen der „Gehalt an unverdaulichen Nährstoffen“ – bei Rohprotein (XP) und Rohfett (XL) innerhalb der jeweiligen Futterart nur geringen Schwankungen unterliegt. Dadurch ist es möglich, für diese beiden Nährstoffe mit Mittelwerten der tierischen Ausscheidung je kg TS bei der jeweiligen Futterart zu rechnen.

Die Ausscheidung der Tiere an Kohlenhydraten (Summe aus Rohfaser und N-freien Extraktstoffen) ist dagegen außerordentlich variabel und muss anhand eines geeigneten Laborparameters geschätzt werden. Dabei wurde von dem in der folgenden Grafik dargestellten Modell ausgegangen (Abb. 1). Der von bestimmten Labormethoden gelieferte organische Hydrolyserückstand (x) – z. B. der Gehalt an Rohfaser (XF) in der TS – ist der tierischen Ausscheidung an Kohlenhydraten (y) analog, wenn diese auf die verzehrte Menge an Futterrockensubstanz bezogen wird.

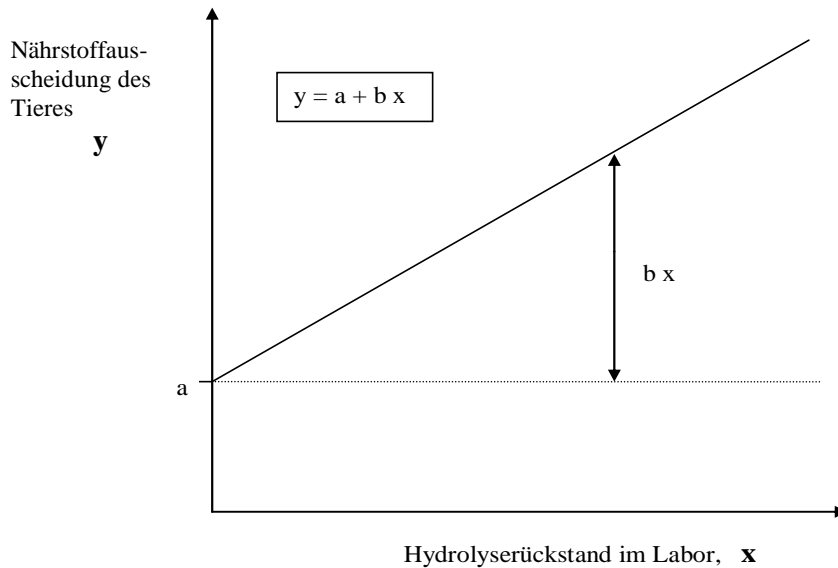


Abb. 1: Modell zur Schätzung der Nährstoffausscheidung, die in standardisierten Verdauungsversuchen an Schafen gemessen wurde, anhand des Hydrolyserückstandes von Labormethoden

Der Zusammenhang zwischen beiden Größen lässt sich durch eine einfache Regressionsfunktion beschreiben. Das Intercept „a“ dieser Funktion repräsentiert die metabolische Ausscheidung, der Regressionskoeffizient „b“ den Anstieg der Ausscheidung – z. B. mit wachsendem Rohfasergehalt – und das Produkt „ $b \cdot x$ “ die biologisch tatsächlich nicht nutzbare Menge an Kohlenhydraten. Die pflanzenartenspezifischen Funktionen sind in der Regel nicht linear, sondern verlangen die Anpassung einer Polynomialgleichung zweiten Grades, und zwar steigen die Regressionskurven für die nicht nutzbare Substanz – z. B. mit wachsendem XF-Gehalt – progressiv an.

Für die Bedingungen der hier ausgewerteten Verdauungsversuche wurde eine metabolische Ausscheidung je kg Futterrockensubstanz von durchschnittlich 35 g Kohlenhydraten, 20 g Rohprotein und 5 g Rohfett – zusammen somit 60 g oTS – ermittelt und in Rechnung gestellt.

Die Ableitung der Gleichungen zur Schätzung der FoTS soll am Beispiel von Silomais erläutert werden. Alle Laborparameter, wie auch die Zielgröße FoTS, sollen dabei die Dimension g je kg TS haben. Im Mittel belief sich bei dieser Futterart die Ausscheidung an XP auf 36 g und die an XL auf 5 g je kg TS ($s_x = 4$ bzw. 1 g/kg TS). Die Ausscheidung an Kohlenhydraten ließ sich durch die Regression

$$(1) \quad y = 35 + 0,47 (XF) + 0,00104 (XF)^2 \quad s_R = 24 \text{ g/kg}$$

beschreiben.

Der Modellansatz zur Schätzung von FoTS lautet:

$$(2) \quad \text{FoTS} = 1000 - (XA) - 36 - 5 - [35 + 0,47 (XF) + 0,00104 (XF)^2] + 60,$$

woraus folgt:

$$(3) \quad \text{FoTS} = 984 - (XA) - 0,47 (XF) - 0,00104 (XF)^2$$

In Tabelle 2 sind solche Gleichungen für alle untersuchten Futterarten aufgeführt.

Tab. 2: Gleichungen zur Schätzung des Gehaltes an Fermentierbarer organischer Trockensubstanz (FoTS) in Substraten zur Biogasgewinnung

Substrate	Schätzgleichungen für FoTS [g je kg TS]
Getreide und Getreidekornsilagen:	
Weizen, Roggen	FoTS = 990 - (XA) - 1,89 (XF)
Gerste, Hafer	FoTS = 991 - (XA) - 1,38 (XF)
Getreide insgesamt	FoTS = 991 - (XA) - 1,53 (XF)
Maisganzpflanzen, Lieschkolben und Maiskorn sowie daraus hergestellte Silagen:	
	FoTS = 984 - (XA) - 0,47 (XF) - 0,00104 (XF) ²
Getreideganzpflanzensilagen:	
Weizen, Triticale	FoTS = 982 - (XA) - 0,53 (XF) - 0,00102 (XF) ²
Roggen	FoTS = 983 - (XA) - 0,82 (XF) - 0,00022 (XF) ²
Gerste	FoTS = 981 - (XA) - 0,81 (XF) - 0,00006 (XF) ²
Andere Grünfütterarten sowie daraus hergestellte Silagen:	
Grünroggen	FoTS = 975 - (XA) + 0,23 (XF) - 0,00230 (XF) ²
Grünhafer	FoTS = 976 - (XA) + 0,30 (XF) - 0,00297 (XF) ²
Luzerne	FoTS = 971 - (XA) - 0,41 (XF) - 0,00101 (XF) ²
Gras, intensive Nutzung (nur 1. und 2. Aufwuchs)	
	FoTS = 969 - (XA) + 0,26 (XF) - 0,00300 (XF) ²
Gras, alle Intensitätsstufen und Aufwüchse	
	FoTS = 1000 - (XA) - 0,62 (EulOS) - 0,000221 (EulOS) ²

Als Labormethode zur Schätzung der nicht nutzbaren Kohlenhydrate bzw. der nicht nutzbaren oTS erwies sich bei den meisten Pflanzenarten der Rohfasergehalt (XF) als gut geeignet. Andere Faserfraktionen, wie etwa der Gehalt ADF_{org} (organischer Anteil der *acid detergent fiber*), brachten i. d. R. keine höhere Genauigkeit. Für den Silomais soll die Gleichung auf der Basis von ADF_{org} hier dennoch angegeben. Sie lautet:

$$(4) \quad \text{FoTS} = 984 - (XA) - 0,43 (\text{ADF}_{\text{org}}) - 0,00086 (\text{ADF}_{\text{org}})^2$$

Die einzigen Ernteprodukte, bei denen weder mit XF noch mit anderen Faserfraktionen eine hinreichende Genauigkeit erreicht wurde, sind die verschiedenartigen Grasaufwüchse. Deshalb sollte bei allen Gräsern und Grassilagen die Schätzung von FoTS über den „Gehalt an enzymunlöslicher organischer Substanz“ (Eulos; englisch: *enzyme resistant organic matter* = *EROM*) bevorzugt werden [6].

Alle diese Gleichungen gelten sowohl für das jeweilige frische Erntegut wie auch für Silagen oder schonend getrocknetes Material. Voraussetzung für die Anwendung der Gleichungen auf Silagen ist allerdings, dass ihr Gehalt an flüchtigen Säuren und Alkoholen untersucht und ihr TS-Gehalt entsprechend korrigiert wurde [8, 9].

3.3 Überprüfung der Ergebnisse

Das Gasbildungspotenzial der Ernteprodukte und der daraus hergestellten Silagen kann unmittelbar anhand des FoTS-Gehaltes bewertet werden. Die Gehaltswerte an FoTS lassen sich bei allen hier betrachteten Halm- und Körnerfrüchten aber auch problemlos in die potenziellen Gasausbeuten umrechnen. Dazu können die folgenden Gleichungen dienen:

$$(5) \quad \text{Normvolumen Biogas [Liter/kg TS]} = \mathbf{0,800 \text{ FoTS}} \text{ [g/kg TS]}$$

$$(6) \quad \text{Normvolumen Methan [Liter/kg TS]} = \mathbf{0,420 \text{ FoTS}} \text{ [g/kg TS]}$$

Die Multiplikation mit dem TS-Ertrag liefert dann z. B. den potenziellen Gasertrag je ha. Ebenso lässt sich mithilfe des so ermittelten Gasbildungspotentials der Substratbedarf einer Biogasanlage je Tag konkret, d. h. bezogen auf das durch Laboruntersuchung ermittelte Gasbildungspotenzial der jeweiligen Substratpartie, berechnen. Und schließlich wird es möglich, die Effizienz des Fermentationsprozesses unabhängig von der Substratqualität zu bewerten, indem der Ausnutzungsgrad des Substrats anhand des Vergleiches von zugeführtem Gasbildungspotenzial und tatsächlich erzeugter Gas- bzw. Strommenge berechnet wird.

Alle diese Nutzungen des Gasbildungspotenzials sind jedoch an die Richtigkeit der hier unterstellten Biogas- bzw. Methanmengen je kg FoTS gebunden. Um das zu überprüfen sind Untersuchungen zum Ausnutzungsgrad der Substrate in der Praxis durchgeführt worden [10]. Dazu erfolgte ein dreimonatiges Monitoring von 3 Fermentern einer industriellen Anlage zur Biogaserzeugung, die zeitgleich und parallel nebeneinander mit einer identischen Substratration betrieben wurden. Die Substratration bestand – nach oTS-Anteilen gerechnet – zu 2 % aus Gülle, 15 % aus Getreideschrot und 83 % aus Maissilage. Als Ergebnis wurde ein Ausnutzungsgrad der zugeführten FoTS von im Durchschnitt 98 % bei einer Inkorporation von etwa 5 % der umgesetzten FoTS in neu gebildete Bakterienbiomasse festgestellt.

Zur weiteren Absicherung der vorgeschlagenen potenziellen Gasausbeuten je kg FoTS sind dann umfangreiche stöchiometrische Berechnungen über das Gasbildungspotenzial der einzelnen Nährstofffraktionen durchgeführt worden. Diese Berechnungen erfolgten mithilfe der Gleichungen nach Buswell und Mueller [11] für die N-freien organischen Verbindungen und nach Boyle [12] für die N-haltigen.

Die Anwendung der Gleichungen beschränkte sich nur auf den fermentierbaren Anteil der jeweiligen Nährstofffraktion. Außerdem wurden von den so berechneten theoretischen Gasausbeuten der Nährstoffe generell 5 % zum Ausgleich der bakteriellen Inkorporation von umgesetzter FoTS in bakterielle Biomasse subtrahiert.

In die Berechnungen einbezogen waren alle einzelnen organischen Verbindungen, von denen relevante Mengenanteile in pflanzlicher Biomasse zu erwarten sind. Anhand des in der Futtermittelkunde vorliegenden umfangreichen Wissensstandes über die chemische Zusammensetzung pflanzlicher Biomasse [13, 14] wurden schließlich die stöchiometrisch zu erwartenden Gasausbeuten berechnet, und zwar am Beispiel von Silagen aus Mais- und Getreideganzpflanzen, Grassilagen und Getreidekorn [15].

Das Gesamtergebnis dieser Studien ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Dabei sind die angegebenen Gasmengen aus dem Praxisversuch auf Normbedingungen berechnet. Im Durchschnitt ergab sich eine überraschend gute Bestätigung des auf der Basis der bisherigen Annahmen berechneten Gasbildungspotenzials je kg FoTS. Die angegebenen Spannweiten betreffen beim Praxisversuch die realisierte Gasausbeute in den einzelnen Fermentern, beim stöchiometrischen Gasbildungspotenzial betreffen sie die untersuchten Substratarten. Die Gasausbeuten sind, wenn sie das Ergebnis des Praxisversuchs betreffen, auf die tatsächlich umgesetzte FoTS bezogen, und wenn sie das stöchiometrische Gasbildungspotenzial betreffen, auf die gesamte FoTS.

Tab. 3: Vergleich der Ergebnisse von Fermenterbilanzen und stöchiometrischen Berechnungen zum Gasbildungspotential von FoTS

Methode der Ermittlung	Biogasvolumen l _N /kg FoTS*	Methanvolumen l _N /kg FoTS*	Methangehalt im Biogas %
Messung von Gasvolumen und Methangehalt	802 (789...819)	418 (402...434)	51,7 (48,9...53,2)
Berechnung aus der elektrischen Arbeit (kWh)		414 (405...421)	51,6 (50,6...52,8)
Stöchiometrische Berechnung**	809 (801...813)	420 (414...425)	51,9 (51,0...52,3)
Bei bisherigen Kalkulationen zur Substratbewertung unterstellt	800	420	52,5

* umgesetzte bzw. umsetzbare FoTS

**Annahme von 5 % Inkorporation der umgesetzten FoTS in bakterielle Biomasse

4 Schlussfolgerungen

Der Gehalt an FoTS eignet sich zur Kennzeichnung des Gasbildungspotenzials der nachwachsenden Rohstoffe. Diese Kennzahl hat den Vorteil, dass sie frei ist von den Einflüssen unterschiedlicher Durchführungsweise und von den nicht unbedeutenden Fehlern der Fermentationsversuche in den verschiedenen Laboratorien. Außerdem ist sie wesentlich schneller und kostengünstiger zu ermitteln. Der Gehalt an XA wird in jedem Fall auch jetzt schon gemessen. Allein durch die Bestimmung eines einzigen zusätzlichen Laborparameters (XF, ADF_{org} oder EulOS) und die dadurch mögliche Berechnung von FoTS entsteht ein erheblicher Informationsgewinn.

Die FoTS ist als diejenige Menge an oTS zu definieren, die unter anaeroben Bedingungen potenziell durch Mikroorganismen abgebaut werden kann und die sich deshalb unter optimalen Prozessbedingungen und bei ausreichend langer Prozessdauer in Biogasanlagen nutzen lässt. Sie ist identisch mit dem Gehalt an *wahr verdaulicher organischer Substanz*, wie dieser anhand von besonders strikt standardisierten Verdauungsversuchen an Schafen berechnet werden kann. Sie sollte weiterhin jedoch vorzugsweise durch geeignete Labor-Fermentationstechniken gemessen werden. Die Entwicklung bzw. Prüfung dafür nutzbarer Labor-Methoden wäre ein lohnendes Ziel.

Die Umrechnung des Gehaltes an FoTS in das Gasbildungspotenzial der Biomasse von Halm- und Körnerfrüchten mit den angegebenen Faktoren, nämlich 800 Liter Biogas bzw. 420 Liter Methan je kg FoTS, kann als hinreichend gesichert gelten und wird zur Anwendung empfohlen.

Literaturverzeichnis

- [1] Baserga, U. (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen – Biogas aus organischen Reststoffen und Energiegras. FAT-Berichte Nr. 512, 1-11
- [2] Weiland, P. (2001): Grundlagen der Methangärung – Biologie und Substrate. In: Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven. VDI-Berichte Nr. 1620
- [3] Kaiser, F. L. (2007): Einfluss der stofflichen Zusammensetzung auf die Verdaulichkeit nachwachsender Rohstoffe beim anaeroben Abbau in Biogasreaktoren. Dissertation, Techn. Univers. München
- [4] Van Soest, P.J. (1987): Nutritional ecology of the ruminant. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca and London, 373 Seiten
- [5] Weissbach, F., Kuhla, S., Prym, R., Block, H.-D. (1991): Estimation of nutritive value by analytical parameters. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 123, 218-234
- [6] Weissbach, F., Kuhla, S., Schmidt, L., Henkels, A. (1999): Schätzung der Verdaulichkeit und der umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 8, 72
- [7] Messner, H., Lütke Entrup, N., Wulf, S., Döhler, H., Baetzel, R., Pfitzner, C. (2009): Bewertung nachwachsender Rohstoffe zur Biogaserzeugung. Mais 36, H. 3, 96-101
- [8] Weissbach, F., Strubelt, C. (2008a): Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Maissilagen als Substrat für Biogasanlagen. Landtechnik 63, H. 2, 82-83
- [9] Weissbach, F., Strubelt, C. (2008b): Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Grassilagen als Substrat für Biogasanlagen. Landtechnik 63, H. 4, 210-211
- [10] Weissbach, F. (2009a): Ausnutzungsgrad von Nawaros bei der Biogasgewinnung. Landtechnik 64 H. 1, 18-21
- [11] Buswell, A. M., Mueller, H. F. (1952): Mechanism of methane fermentation. Industriell and Engineering Chemistry 44, No. 3, 550-552
- [12] Boyle, W. C. (1976): Energy recovery from sanitary landfills – a review. A seminar held in Göttingen, 119-138. Published in: Schlegel, H. G. and Barnea, S. (Eds.): Microbial Energy Conversion, Oxford, Pergamon Press

- [13] Butler, G. W., Bailey, R. W. (Eds.) (1973): Chemistry and biochemistry of herbage. Vol. I, Academic Press, London & New York
- [14] Kling, M., Wöhlbier, W. (Hrsg.) (1983): Handelsfuttermittel. Teil A. Futtermittel pflanzlicher Herkunft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- [15] Weissbach, F. (2009b): Das Gasbildungspotenzial von Halm- und Körnerfrüchten bei der Biogasgewinnung. Landtechnik 64, H. 5, S. 317-321

Danksagung

Der Autor dankt der NAWARO[®] BioEnergie AG für die finanzielle Förderung und die versuchstechnische Unterstützung des Projektes, dessen Ergebnisse hier dargestellt sind.

Effizienz der Futterwirtschaft: Erträge von Silomais und Genauigkeit der Ertrags- und Trockenmasse (TM)-Messung am Feldhäcksler

B. Köhler, H. Spiekers, M. Demmel, M. Diepolder, S. Thurner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Poing-Grub und Freising

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund, dass in der Praxis noch erhebliche Reserven zur Verbesserung der Futtereffizienz vorliegen, wird mit dem Forschungsvorhaben „Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben“ das Ziel verfolgt, über vollständige Analysen der Stoffströme in Futterbaubetrieben, die in der Praxis vorkommenden Schwachstellen in der Futterwirtschaft aufzudecken. Aus den gesamten Ergebnissen sollen Ableitungen für ein effizienteres Futtermanagement in Form von Handlungsempfehlungen an die Beratung und Praxis weitergegeben werden. Die im Rahmen des Projektes von den Silomais-Ernten 2008/2009 an den Lehr-, Versuchs- und Fachzentren (LVFZ) durchgeführten Ertragserhebungen zeigen, dass in der Praxis sehr unterschiedliche Ertragsstrukturen vorkommen. Die Erträge aller Betriebe liegen im Mittel der Jahre zwischen 98 - 175 dt TM/ha, auch mit deutlichen Ertragsunterschieden zwischen den Schlägen je Standort. Um eine optimale Ertragserfassung in der Praxis zu gewährleisten, müssen kontinuierliche Ertragsmessungen erfolgen. Zu den Möglichkeiten des Einsatzes neuer Messtechniken in der Ertragsfeststellung wurden Überprüfungen zur Messgenauigkeit der „Sensortechnik am Feldhäcksler“ durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Silomais-Erntemengen in der Frischmasse (FM) unter laufenden Praxisbedingungen gegenüber dem Referenzsystem sehr gute Übereinstimmungen vorlagen. Bei der Feuchteermittlung beim Silomais wurden im Vergleich zum Referenzsystem noch gewisse Abweichungen festgestellt. Jedoch stehen mit dieser Technik bei entsprechender Handhabung und im praktischen Einsatz bereits verlässliche Daten für den Landwirt zur Verfügung. Bei der Erfassung von Masseverlusten bei Maissilagen, ermittelt über die ein- und ausgelagerten Mengen im Silo, wurden mittlere Verluste im praxisüblichen Bereich festgestellt, mit Unterschieden zwischen den Silos.

Die Messung der Nährstoffströme in tierhaltenden Betrieben unter praktischen Bedingungen liefert eine wichtige Datengrundlage, mit der Ansätze für eine effiziente Futterwirtschaft verfolgt werden können. Für eine Gesamterfassung der Masse- und Nährstoffströme vom „Feld bis zum Tier“ ist ein praxistaugliches und möglichst automatisiertes Datenerfassungssystem notwendig.

1 Einleitung

Auf Grund der weltweit zunehmenden Nachfrage nach Lebensmitteln, Futtermitteln und Substrat für Energie und nachwachsende Rohstoffe, rückt bei begrenzten Ressourcen die Effizienz der Futterwirtschaft wieder in den Vordergrund. Vielfältige Untersuchungen zu Futterverlusten aus den verschiedenen Teilbereichen der Futterwirtschaft lassen erkennen,

dass in der Praxis nach wie vor ein erhebliches Potenzial zur Verbesserung der Effizienz vorhanden ist. Obwohl es zahlreiche Untersuchungen zur Optimierung in der Futterwirtschaft gibt und umfassende Kalkulationsgrundlagen speziell aus dem süddeutschen Raum [1, 2] vorliegen, zeigen sich in der Praxis weiterhin erhebliche Differenzen zwischen den Nährstoffein- und -ausfuhr [3]. Ein wichtiger Ansatz zu einer effizienten Futterwirtschaft wird in einer verbesserten Abstimmung der Teilbereiche Pflanze, Tier und Verfahrenstechnik gesehen. Dabei sind Kenntnisse über die Masse- und Nährstoffströme in der Futterproduktion von grundlegender Bedeutung. Für die Erfassung der Stoffströme sind vor allem neue Ansätze zur Prozess-Steuerung (Ertrags- und Feuchteermittlung in Erntemaschinen) für die Praxis zu nutzen [4].

Mit dem Gesamtprojekt „Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben“ sollen über eine vollständige Analyse der Futtermengen- und Nährstoffströme die Masse- und Nährstoffverluste auf einzelbetrieblichem Niveau quantitativ und qualitativ erfasst werden. Anhand einer konsequenten Verfahrensplanung und eines systematischen Controllings wird es für möglich erachtet, eine Minderung an Masse- und Nährstoffverlusten, um mindestens 10 %-Punkte zu erreichen. Die Umsetzung der Gesamtanalyse in der Futterwirtschaft erfolgt auf den Lehr-, Versuchs- und Fachzentren (LVFZ) der LfL in Bayern und soll weiterführend über ein Pilotvorhaben als Beratungsansatz in die Praxis transferiert werden.

Die Ertragserhebungen beim Grobfutter bilden u. a. einen Schwerpunkt im Projekt, in dem verstärkt neueste Messtechniken in der Futterproduktion („Online Ertrags- und Feuchteermittlung am Feldhäcksler“) auf ihre Messgenauigkeit und Einsatzfähigkeit in der Praxis getestet werden. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse aus den Erhebungen zum Silomais, zu dessen Erträgen und den technischen Möglichkeiten der Ertragserfassung sowie des Futterstroms „vom Feld bis zum Trog“ in der Praxis herausgestellt.

2 Material und Methoden

Die Gesamtanalyse der Futterwirtschaft wird über eine komplette Erfassung der Masse- und (Nähr-)Stoffströme an den beteiligten LVFZ durchgeführt. Dabei findet an definierten Messstellen innerhalb der Futterproduktionskette eine Datenerhebung statt. Die regional unterschiedlichen Produktionsbedingungen im Futterbau in Bayern werden durch die unterschiedlichen Standorte der LVFZ und deren Produktionsverfahren berücksichtigt. An den Auswertungen zu den Silomaiserträgen sind die LVFZ Achselschwang, Almesbach, Kringell und die Versuchsstation in Grub beteiligt. Zum Silomaisanbau reichen die Standorte der LVFZ von den Grenzlagen (Mittelgebirgsregion) bis zu den günstigeren Anbaugebieten des bayerischen Hügellandes. Die Erntemengen vom Silomais wurden in den Jahren 2008 und 2009 vollständig über Wiegen an den betriebseigenen Fuhrwerkswaagen festgehalten und schlag- sowie silobezogen dokumentiert. An den Messstationen werden neben den Mengenerfassungen parallellaufend TM- und weitere Qualitätsparameter erhoben und analysiert.

Zusätzlich zu den Gesamtwiegen vom Silomais wurden 2009 Versuche zur Überprüfung der Messgenauigkeit der „Onlinemessung“ mittels der „Sensortechnik am Feldhäcksler“ durchgeführt. Diese Versuche beinhalten eine Überprüfung der Messgenauigkeit einerseits zur Ertragserfassung in der FM über die Volumenstrommessung und andererseits die Feuchteermittlung zur Ertragserfassung in der TM, die anhand zweier verschie-

dener Messmethoden (dielektrische Leitfähigkeit und NIRS) getestet wird. Die NIR-Sensortechnik funktioniert auf Basis der Nahinfrarotspektroskopie und die dielektrische Leitfähigkeitsmessung ermittelt über Leitfähigkeit und Temperatur aus dem Häckselgutstrom den Feuchtwert. Als Referenzsystem zu den Messwerten aus der Volumenstrommessung gelten die Wiegungen an der Fuhrwerkswaage. Den Online-Messwerten der Feuchteermittlung werden als Referenzwert die mittleren TM-Gehalte aus der Ofentrocknung mit einer entsprechenden Probenanzahl (5 Einzelproben/Fuhre) gegenübergestellt. Die Versuche wurden unter laufenden Praxisbedingungen durchgeführt, d. h. weitere Einflussfaktoren wie unterschiedlicher Standort, Schlag, Erntezeitpunkt, Maschineneinsatz, können auf die Messergebnisse mit einwirken. In den Versuchsdurchläufen wurden zur FM-Erfassung sachgerechte Kalibrierungen anhand von Referenzwiegungen durch die geschulten Häckslerfahrer vorgenommen.

Die Masseverluste bei den Maissilagen im Silo werden anhand der Erfassung der Futtermengen (in FM und TM) zum Zeitpunkt des „Einsilierens“ vom Erntegut über Gesamtwiegungen und nachfolgend bei den Siloentnahmen, über die Aufzeichnung jeder Entnahme mit dem Futtermischwagen, ermittelt. Die TM-Gehalte werden durch umfangreiche Probenahmen zur TM-Bestimmung festgehalten. Diese finden zum Zeitpunkt des „Einsilierens“ vom Erntegut und bei den Siloentnahmen über eine wöchentliche am Siloanschnitt durchgeführte Beprobung statt. Zum jetzigen Zeitpunkt können von den LVFZ über die Maissilage-Mengen fünf einzelne Ergebnisse, zum Teil zusammengefasst über mehrere Silos, ausgewertet werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ertragspotenzial beim Silomais

Bei den Silomais-Erträgen aus der Praxis müssen die unterschiedlichen Standortbedingungen, mit ihren jeweiligen Anbaustrukturen und Bewirtschaftungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Dabei sind die Ertragspotenziale insgesamt über die verschiedenen Standortfaktoren, das Maissortiment und das betriebsspezifische Düngemanagement betrachtet worden. Das Ertragsniveau vom LVFZ Kringell ist entsprechend der ökologischen Bewirtschaftungsweise und dem Standort (Mittelgebirgsregion) einzustufen. Auf allen Standorten ist der Erntezeitpunkt zur optimalen Siloreife (mind. 55 % TM im Korn) vorgesehen. Die Betriebe führen in der Regel einen Hochschnitt bei 40 - 45 cm durch. Ausnahme ist der Betrieb Achselschwang mit einer Schnitthöhe von 25 cm. Die von der Bewirtschaftung vergleichbaren Betriebe Achselschwang, Almesbach und Grub liegen über die Jahre 2008 und 2009 bei einem mittleren TM-Ertragsniveau von 166 dt TM/ha, der ökologisch wirtschaftende Betrieb Kringell erzielte 98 dt TM/ha (Abb. 1). Im Erntejahr 2009 erstreckten sich die TM-Erträge der konventionell bewirtschafteten Betriebe von 159 - 190 dt TM/ha bei einer Schwankungsbreite von 36,0 % - 43,5 % in den TM-Gehalten im Erntegut. Insgesamt betrachtet, sind die Erträge von 2008 und 2009, unter den für Bayern als „gute“ Silomaisjahre bezeichneten Erntebedingungen, von den LVFZ erwirtschaftet worden.

Neben den standortspezifischen Ertragsunterschieden traten zum Teil deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Schlägen eines Standortes auf. Diese sind insgesamt anhand der Standardabweichungen im TM-Ertrag (dt TM/ha) je Standort und Jahr zu erkennen (Abb. 1). Auf einzelnen Schlägen kam es 2009 in Achselschwang wegen eines lokalen

Hagelschadens und in Kringell aufgrund eines Drahtwurmbefalls zu deutlichen Mindererträgen. Dies erklärt wiederum die 2009 deutlich höhere Standardabweichung bei den TM-Erträgen von Achselschwang und Kringell.

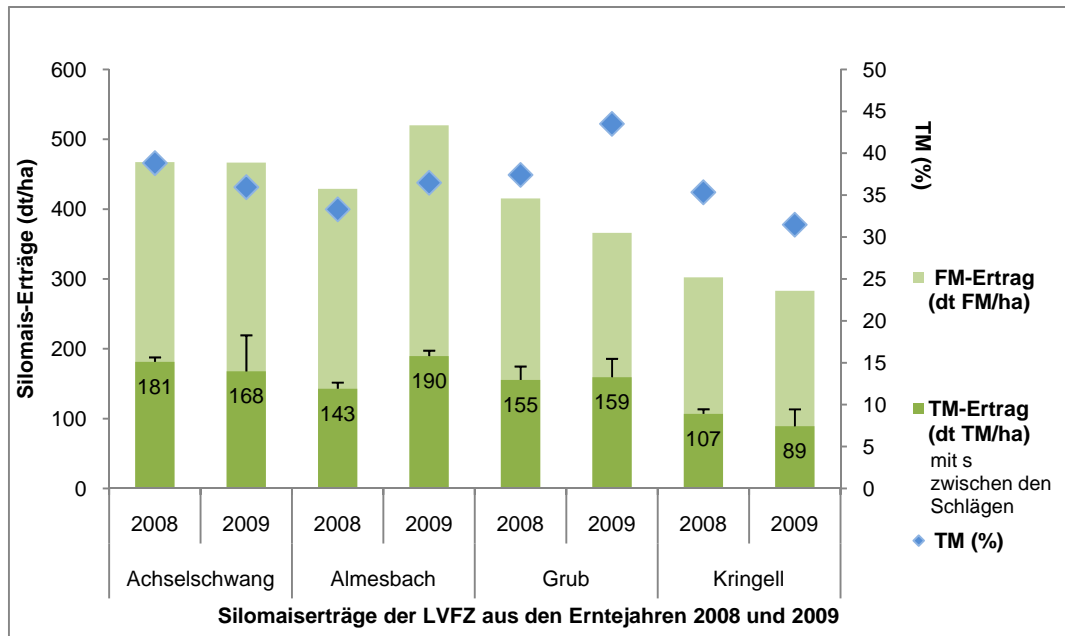


Abb. 1: Silomais-erträge von den LVFZ aus den Erntejahren 2008 und 2009

Anhand der Analysen vom einsilierten Erntegut (Grünmais zum Silieren) liegen die mittleren Energiegehalte von 2008 in einem Bereich von 6,41 - 6,68 MJ NEL/kg TM und 2009 von 6,45 - 6,96 MJ NEL/kg TM (Tab. 1). Im Vergleich zu den Ergebnissen aus den Gesamtanalysen (Grünmais zum Silieren) liegen die Energiegehalte der Betriebe 2008 leicht über und 2009 im Durchschnitt von Bayern. Die höchsten Energiegehalte (6,96 MJ NEL/kg TM) erreichte der Betrieb Almesbach bei gleichzeitig den höchsten TM-Erträgen. Auffallend sind die unterschiedlichen TM-Gehalte in der Gesamtpflanze je Betrieb und je Erntejahr zum jeweiligen Erntetermin. Insgesamt ist eine kontinuierliche Erfassung der TM-Gehalte im Korn und Restpflanze wichtig für die Steuerung optimaler Silierabläufe.

Tab. 1: Mittlere Futterqualitäten (Grünmais zum Silieren) von den Silomais-Ernten 2008 und 2009 der LVFZ

Betrieb	Ernte-jahr	TM %	g/kg TM			NEL MJ/kg TM
			XF	XP	Stärke	
Achselschwang	2008	39,3	201	73	242	6,42
	2009	37,0	196	65	316	6,45
Almesbach	2008	32,4	185	76	142	6,59
	2009	37,7	176	77	301	6,96
Grub	2008	37,5	177	66	329	6,68
	2009	43,9	198	72	283	6,74
Kringell	2008	35,0	202	68	351	6,41
	2009	30,9	198	66	263	6,72

Die auftretenden Ertragsschwankungen zwischen den Jahren und die unterschiedlichen Ertragsniveaus je Standort und je Schlag unterstreichen die Bedeutung einer praxistauglichen Ertragsermittlung. Solche schlagbezogenen Ertragsdaten können für eine Optimierung in der Anbau- und Düngeplanung sowie für die Futterwirtschaft genutzt werden.

3.2 Ertrags- und Feuchteermittlung am Feldhäcksler

Die Messwerte (n = 92) von den geernteten Frischmassen in dt pro Fuhrwerk wurden an vier Standorten mit unterschiedlichen Feldhäcksler- sowie Fahrereinsätzen erhoben. Im Vergleich zwischen den Online und manuell erfassten Daten zeigten sich in Bezug auf die Erfassung der geernteten Frischmassen sehr gute Übereinstimmungen (Abb. 2). Dies ist ebenso an weiteren auf Schlagebene festgehaltenen Messwerten zu erkennen.

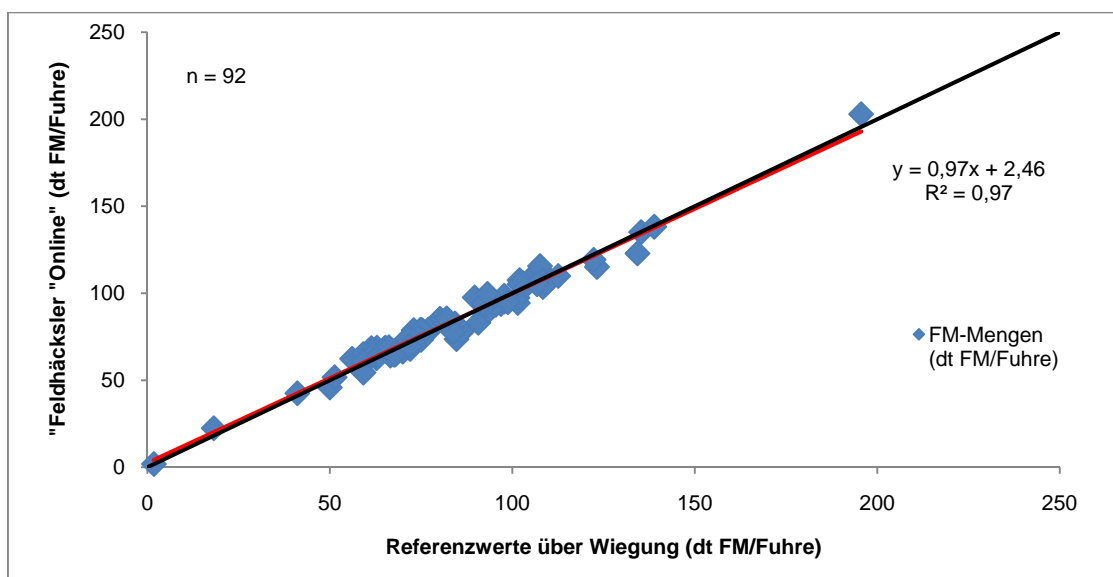


Abb. 2: Vergleich der Silomais-FM-Mengen je Fuhre mittels der „Onlinemessung“ am Feldhäcksler“ gegenüber Wiegung

Unter der Bedingung einer korrekt durchgeführten Kalibrierung, zeigen die vorliegenden Ergebnisse zur FM-Ertragserfassung beim Silomais, dass die „Sensortechnik am Feldhäcksler“ auch unter Praxisbedingungen verlässliche Ertragsdaten liefert. Mit den direkt erfassten Erntemengen je Schlag oder den Gesamtfuttermengen liegen für die Futterwirtschaft sehr wichtige Informationen in Bezug auf die Futterplanung und Fütterung vor.

Ein weiterer wichtiger Informationsschritt für den Landwirt ist die Erfassung der TM-Erntemengen. Bei den Versuchsdurchführungen zur Überprüfung der Messgenauigkeit bei der Erfassung der Trockenmassen wurden die Ergebnisse von zwei Standorten bei unterschiedlichen Feldhäckslern ausgewählt, die mit den bereits erläuterten unterschiedlichen Messmethoden zur Feuchteermittlung ausgestattet sind (Abb. 3).

Die statistischen Auswertungen über die gesamten 50 Messwerte zeigen zwischen den beiden Messsystemen zur Feuchteermittlung einen signifikanten Unterschied in der Übereinstimmung zu den Referenzwerten. Aufgrund dessen wurden die Messsysteme der „Onlinemessung“ getrennt zum Referenzsystem bewertet (Abb. 3). Die nach den beiden Messmethoden ermittelten Werte, die von jeweils unterschiedlichen Schlägen und Feldmaschinen erhoben wurden, zeigen jeweils in Relation zum Referenzwert beim „NIR-

Sensor“ eine mittlere Abweichung von 6,2 % und beim „Leitfähigkeitssensor“ von 14,9 %. Dabei liegen die ermittelten Werte in der Tendenz nach dem „NIR-Sensor“ geringfügig unter und nach dem „Leitfähigkeitssensor“ leicht über den Referenzwerten. Die Standardabweichungen beider Messmethoden („NIR-Sensor“ 6,7 %, „Leitfähigkeitssensor“ 8,9 %) lassen keine hohen Abweichungen der Messsysteme erkennen.

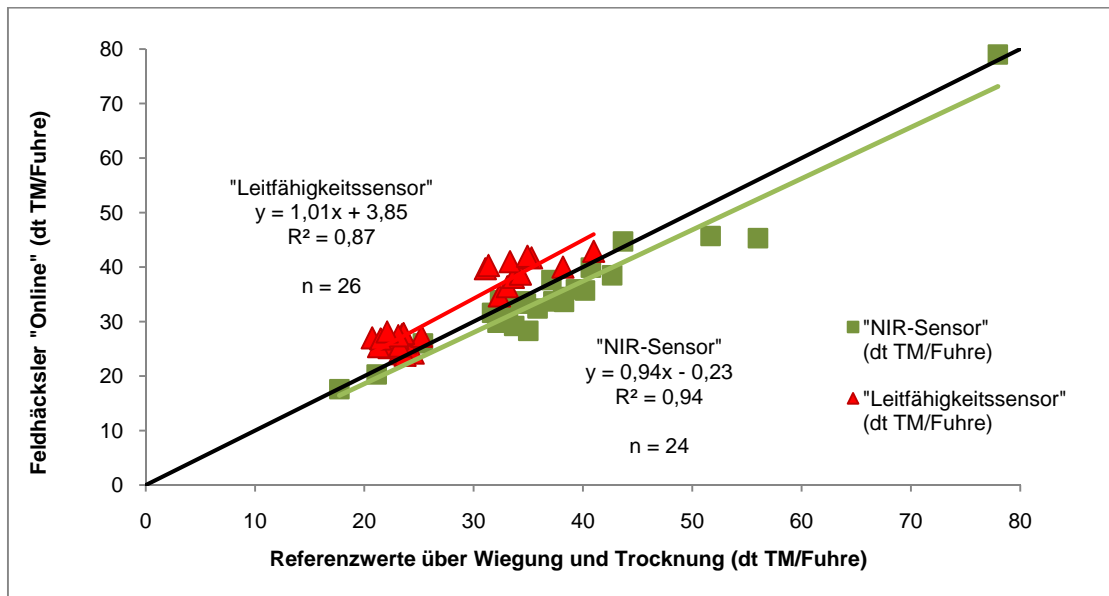


Abb. 3: Vergleich der Silomais-TM-Mengen je Fuhre mittels der „Onlinemessung“ am Feldhäcksler“ gegenüber der Referenzmethode (Wiegung und Ofentrocknung)

Im Vergleich der Messgenauigkeit beider TM-Bestimmungsmethoden „Online“ gegenüber „Referenz“ sind etwaige Fehler aufgrund der unterschiedlichen Messintensitäten (Anzahl der Messungen) noch zu berücksichtigen. Anhand von Versuchsergebnissen kommt Thaysen [5] zu der Einschätzung, dass mit der NIRS-Technologie aufgrund der Messhäufigkeit bei entsprechender Kalibrationsgüte eine genauere TM-Bestimmung als mit der Ofentrocknung erzielt werden kann. Weitere Ansätze zur Überprüfung des aufgestellten Referenzsystems, analog zu der bei Kormann [6] beschriebenen Probenahmeverfahren, sind derzeit in Bearbeitung und werden im Rahmen des laufenden Projektes durchgeführt.

Insgesamt liefert die Ertragserfassung und die TM-Bestimmung am Feldhäcksler bei einer sachgerechten Kalibrierung Daten hinreichender Genauigkeit. Die Versuchsreihe „Messgenauigkeit der Sensortechnik am Feldhäcksler“ wird im Rahmen des Projektes in den kommenden Erntejahren weiter verfolgt.

3.3 Masseverluste im Silo bei Maissilagen

Einen Schwerpunkt des Gesamtprojektes bildet die quantitative Erfassung der „Masse- und Nährstoffverluste“ innerhalb der Futterproduktionskette unter Praxisbedingungen. Dies wird anhand der definierten Messstellen innerhalb des Futterkreislaufes durchgeführt. Bei den Auswertungen zu den Masseverlusten im Silo wurden Maissilagen von den Ernten 2008 herangezogen, die je nach Betrieb in unterschiedlich großen Siloraumkapazitäten konserviert wurden (250 - 1000 m³ Silovolumen). Entsprechend der dokumentierten Silagebereitung und den Qualitätsparametern traten bei diesen Maissilagen keine Auffäl-

lichkeiten auf, so dass augenscheinlich einwandfreie Silierverläufe zugrunde lagen. Die mittleren FM-Verluste von 7,7 % liegen in einem praxisüblichen Bereich, wobei zwischen den einzelnen Silos deutliche Unterschiede in den Verlusthöhen auftraten (Abb. 4).

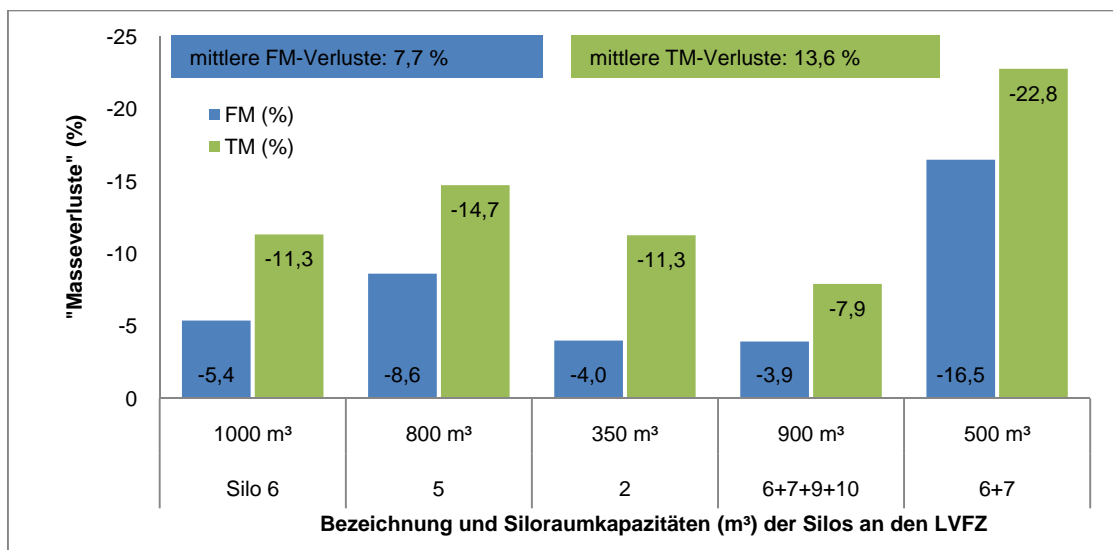


Abb. 4: Masseverluste (%) bei Maissilagen in FM und TM je Betrieb sowie die mittleren FM- und TM-Verluste (%)

Ebenso sind die Verlusthöhen in der TM zu beurteilen, obwohl es hier zu höheren mittleren Verlusten (13,6 %) als in den FM-Mengen kam. Ein Erklärungsansatz wäre, dass die wöchentliche Probenahme an der offenen Siloanschnittsfläche erfolgt, bei dem das Probenmaterial weitgehend den Witterungsbedingungen ausgesetzt ist. Eventuelle Niederschlagseinträge können die TM-Gehalte erheblich beeinflussen. Ein weiterer Einflussfaktor auf TM-Verluste kann in den erzielten Lagerungsdichten liegen. Nach Untersuchungen wurden bei Maissilagen in Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad TM-Verluste von 10 – 20 % festgestellt [7]. Bei den hier untersuchten Maissilagen wurden Dichten im Mittelwert je Silo zwischen 215 - 268 kg TM/m³ gemessen. Eine Gegenüberstellung der erhobenen Dichten zu den Orientierungswerten in Abhängigkeit der analysierten TM-Gehalte [8] zeigt, dass bei allen Silagen zu niedrige Verdichtungswerte vorlagen. Insgesamt verdeutlichen die Unterschiede in den Verlusthöhen, dass es zu nutzende Verbesserungsansätze im Silomanagement gibt.

4 Schlussfolgerungen

Nach den in der Praxis erhobenen Ertragsdaten vom Silomais, ermittelt über Gesamtwiegun-gen, treten deutliche jahres- sowie standort- bzw. schlagspezifische Ertragsunterschiede auf. Mit einer laufenden und praxistauglichen Ertragserfassung je Schlag sind diese differenzierten Ertragsstrukturen in der Praxis besser zu erfassen. Anhand der Versuche zur Überprüfung der Messgenauigkeit der „Ertrags- und Feuchteermittlung am Feldhäcksler“ können unter laufenden Praxisbedingungen auf Schlag- und Fuhrwerksebene gegenüber dem Referenzsystem (Gesamtwiegung) bereits sehr gute Übereinstimmungen bei den Ertragserfassungen in den Frischmassen beim Silomais festgestellt werden. Die Überprüfung der Messsysteme zur Feuchteermittlung, bei denen zwei unterschiedliche Messtechniken

getestet wurden, zeigen dagegen bei Praxisbedingungen noch gewisse Abweichungen zu dem Referenzsystem (Wiegung und Ofentrocknung). Insgesamt liefert die „Ertrags- und Feuchteermittlung am Feldhäcksler“ beim Silomais bei entsprechender Kalibrierung verlässliche Daten zu den Erträgen. Der Landwirt erhält mit einer schlagbezogenen Ertragserfassung gezielte Informationen, die er für sein gesamtes Pflanzenbaumanagement, insbesondere für seine Düngewirtschaft einsetzen kann. Diese Ertragsinformation dient weiterhin als Basis für die Optimierung im Bereich des Futtermanagements und zur Futterplanung. Die ersten Auswertungen zu Masseverlusten bei Maissilagen zeigen im Mittel praxisübliche Verlustpotenziale in FM und TM, wobei deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Silos bestehen. Die Verluste an TM sind höher. Der Unterschied erklärt sich durch Einträge von Niederschlägen am Anschnitt. Aufgrund der Vielzahl an möglichen Einflussfaktoren auf die Höhe der Verluste im Silo sollen weiterführende Auswertungen die am häufigsten vorkommenden Schwachstellen im Silomanagement der Praxis aufdecken. Die ersten Erfahrungen zur Quantifizierung der Masse- und Nährstoffströme der Futterwirtschaft in der Gesamtbetrachtung verdeutlichen die Komplexität der Futtermengenströme in der Praxis. Aufgrund dessen muss auf ein möglichst robustes und weitgehend automatisiertes Datenerfassungssystem in der Futterwirtschaft besonders wert gelegt werden. Eine Verbesserung der Effizienz trägt zur Nachhaltigkeit des Nährstoffkreislaufes in Futterbaubetrieben bei.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Dilger, M., Faulhaber, I. (2006): Materialsammlung Futterwirtschaft. LfL-Information, 4. Auflage 2006, München
- [2] Over, R., Köhler, M., Nussbaum, H., Wurth, W. (2009): Kalkulationsdaten Futterbau 3.4. Grünland/Ackerfutter/Kofermente 2009. LEL Schwäbisch Gmünd, LAZBW Aulendorf, 06/2009
- [3] Spiekers, H. (1997): Nährstoff-Ausscheidung und Nährstoffbilanzen in tierhaltenden Betrieben. In: DLG-Umweltgespräche `97. Ökobilanzen von der Erzeugung zum Produkt. DLG, Frankfurt a.M.
- [4] Demmel, M. (2007): Kontinuierliche Durchsatz- und Ertragsermittlung: In: Erntemaschinen. Landtechnik 62, Sonderheft, 270-271
- [5] Thaysen, J. (2009): Ergebnisse TM- und Ertragserfassung über „harvest-lab“ am Häcksler. Bundesarbeitskreis Futterkonservierung, Treffen 25.-26.02.2009, Hannover
- [6] Kormann, G. (2001): Untersuchungen zur Integration kontinuierlich arbeitender Feuchtemeßsysteme in ausgewählten Futtererntemaschinen. Institut für Landtechnik der TU München, Freising, 2001, VDI/MEG Schrift 378
- [7] Ruppel, K. A., Pitt, R. E., Chase, L. E., Galton, D. M. (1995): Bunker Silo Management and its relationship to Forage Preservation on Dairy Farms. J. Dairy Sci., 78, 141-153
- [8] Richter, W., Zimmermann, N., Abriel, M., Schuster, M., Kölln-Höllriegl, K., Osertag, J., Meyer, K., Bauer, J., Spiekers, H. (2009): Hygiene bayerischer Silagen: Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo. Endbericht. LfL-Schriftenreihe, 1. Auflage 2009, Freising