

Verdaulichkeit der Silomais-Restpflanze – Einfluss auf Futteraufnahme und Leistung von Rindern

Digestibility of maize stover – Effect on feed intake and performance of cattle

Georg Terler^{1*} und Leonhard Gruber¹

Zusammenfassung

Der Energiegehalt und damit der Futterwert von Silomais wird wesentlich vom Stärkegehalt des Kolbens und der Verdaulichkeit der Restpflanze bestimmt. In den letzten Jahrzehnten wurde in der züchterischen Arbeit vermehrt Augenmerk auf die Erhöhung der Restpflanzenverdaulichkeit, genauer gesagt auf die Erhöhung der Pansenabbaubarkeit der Neutral-Detergenzien-Faser (NDF), gelegt. Daraus haben sich neue Sortentypen entwickelt, die in mehreren Untersuchungen eine deutlich höhere NDF-Abbaubarkeit bzw. -Verdaulichkeit als konventionelle Sorten aufwiesen. Die Zucht auf hohe Restpflanzenverdaulichkeit führte jedoch zum Teil zu Rückgängen im Ertrag oder im Stärkegehalt dieser Sorten. Weiters wurden auch Sorten gezüchtet, welche durch eine verlangsamte Abreife der Restpflanze charakterisiert sind. Mehrere Versuche zeigten, dass sich diese Sorten im Futterwert der Maissilage nicht von konventionellen Sorten unterscheiden. Der Vorteil dieser Sorten liegt darin, dass der Futterwert über einen längeren Zeitraum während der Ernteperiode auf einem hohen Niveau bleibt.

In mehreren wissenschaftlichen Untersuchungen wurde festgestellt, dass eine hohe NDF-Abbaubarkeit der Maissilage positive Auswirkungen auf die Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen hat. Der Grund dafür ist, dass eine hohe NDF-Abbaubarkeit zu einer hohen Abbaurrate bzw. Passagerate des Futters im Pansen führt und somit die Pansenfüllung rasch wieder abnimmt. Eine rasche Abnahme der Pansenfüllung ist die Voraussetzung dafür, dass Rinder wieder frisches Futter aufnehmen können. Zur Erreichung einer hohen Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen sollte daher auf eine hohe Pansenabbaubarkeit der Maissilage geachtet werden. Daher empfiehlt sich der Einsatz von Sorten mit hoher Restpflanzenverdaulichkeit. Weiters wird jedoch die Pansenabbaubarkeit der Maissilage auch durch die Wahl des Erntezeitpunkts und die Witterung während der Ernteperiode beeinflusst.

Schlagwörter: Nährstoffzusammensetzung, Pansenabbaubarkeit, Gesamtverdaulichkeit, Futteraufnahme, Milchleistung

Summary

The energy content and the nutritive value of forage maize is mainly influenced by the starch content of the ear and the digestibility of the stover. In recent decades, maize breeding focused on increasing stover digestibility by increasing ruminal degradability of neutral detergent fibre (NDF). This led to the introduction of new maize varieties, which had higher NDF degradability and digestibility compared to conventional varieties in various experiments. However, breeding for higher stover digestibility resulted in lower yield and starch content of these varieties. A further development in maize breeding was the introduction of maize varieties with slower senescence of stover. Results of several studies showed that these varieties do not differ from conventional varieties regarding nutritive value of maize silage. The advantage of these varieties is that nutritive value remains at a high level for a longer period during ripening of the maize plant.

Feed intake and milk production of cows were positively correlated with ruminal NDF degradability of maize silage in several experiments. This positive relationship can be explained by the regulation of feed intake. A high ruminal NDF degradability leads to a high degradation rate or passage rate of feed in the rumen and therefore to a quick decline in rumen fill. A quick decline in rumen fill is a prerequisite for the ingestion of fresh feed. Thus, varieties with high stover digestibility should be used to produce maize silage with high ruminal degradability and to reach a high feed intake and milk production of cows. However, ruminal degradability of maize silage is also influenced by the choice of the harvest date or the weather conditions during the harvesting period.

Keywords: nutrient composition, ruminal degradability, whole tract digestibility, feed intake, milk production

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Georg Terler, email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

1. Einleitung

Silomais stellt vor allem in Gunstlagen eine wichtige Komponente in Rationen von Rindern dar. Deshalb ist bei der Produktion von Maissilage ein hoher Futterwert anzustreben, da dieser einen wesentlichen Einfluss auf die Futteraufnahme und Leistung der Tiere hat. Der Futterwert von Maissilage kann vor allem über den Kolbenanteil (Stärkegehalt) und die Verdaulichkeit der Restpflanze beeinflusst werden. Ein hoher Stärkegehalt wirkt sich günstig auf den Gehalt an metabolischer Energie (ME) und Nettoenergie Laktation (NEL) der Maissilage aus, da Stärke leicht verdaulich ist und somit von den Tieren nahezu zur Gänze verwertet werden kann.

Der Gehalt an Bruttoenergie (Energie, die beim Verbrennen frei wird) ist jedoch in Kolben und Restpflanze ähnlich hoch. Der niedrigere ME- bzw. NEL-Gehalt der Restpflanze ergibt sich aus der geringeren Verdaulichkeit im Vergleich zum Kolben, welche auf den hohen Fasergehalt zurückzuführen ist. Die Erhöhung der Restpflanzenverdaulichkeit kann somit ebenso zu einem zunehmenden ME- bzw. NEL-Gehalt der Maissilage führen wie der Anstieg des Kolbenanteils. In den letzten Jahrzehnten wurden daher vermehrt Sorten mit erhöhter Restpflanzenverdaulichkeit (z.B. Stay Green- oder Brown midrib-Sorten) gezüchtet und auf den Markt gebracht. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über wissenschaftliche Versuche der letzten 25 Jahre, in welchen der Futterwert solcher Sorten mit jenem von konventionellen Sorten verglichen wurde. Weiters wird beschrieben, wie sich der Einsatz von Sorten mit erhöhter

Restpflanzenverdaulichkeit auf die Futteraufnahme und Leistung von Rindern auswirkt.

2. Futterwert von Maissorten mit speziellen Restpflanzeigenschaften

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wurden in den letzten Jahrzehnten, mit dem Ziel der Erhöhung der Restpflanzenverdaulichkeit, neue Mais-Sortentypen gezüchtet. In diesem Kapitel werden diese Sortentypen hinsichtlich ihres Futterwerts charakterisiert und mit konventionellen Sorten verglichen.

2.1 Brown-Midrib-3-Sorten

Brown-midrib stellt eine Mutation im Genom von Mais-Sorten dar, welche entweder spontan ausgelöst oder im Labor chemisch induziert wird (SATTLER et al. 2010). Die wesentlichste Eigenschaft von Brown midrib-3 (bm3)-Sorten ist der, im Vergleich zu konventionellen Sorten, deutlich niedrigere Lignin (ADL)-Gehalt (Tabelle 1). Im Gehalt an Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) und Säure-Detergenzien-Faser (ADF) unterscheiden sich dagegen bm3-Sorten kaum von konventionellen Sorten. Der niedrigere ADL-Gehalt hat jedoch einen wesentlichen Einfluss auf die NDF-Abbaubarkeit der Maissilage. In mehreren Studien wurde die NDF-Abbaubarkeit von bm3-Sorten und konventionellen Sorten bei einer Inkubationsdauer von 24 bis 30 Stunden untersucht. Dabei wurde bei bm3-Sorten eine um rund 5 bis 15 %-Punkte höhere NDF-Abbaubarkeit als

Tabelle 1: Unterschiede zwischen Brown-Midrib-3-Sorten (bm3) und konventionellen Sorten (konv.) hinsichtlich Gehalt an Gerüstsubstanzen, Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit der Maissilage

Studie	Sortentyp	Gehalt an Gerüstsubstanzen			Pansenabbaubarkeit		Gesamtverdaulichkeit		Anmerkung
		NDF	ADF	ADL	TM	NDF	OM	NDF	
		g/kg TM			%		%		
OBA und ALLEN (1999)	bm3	402	205	17		47,2	63,2	33,1	<i>In vitro</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 30 h Inkubation; <i>in vivo</i> -Verdaulichkeit (Kühe)
	konv.	403	211	25		38,1	62,6	30,9	
BAL et al. (2000a)	bm3	381	230	16					
	konv.	416	240	25					
BAL et al. (2000b)	bm3	381	230		60,2	32,6			<i>In situ</i> -Pansenabbaubarkeit (Kühe) nach 24 h Inkubation
	konv.	416	240		56,1	22,0			
BALLARD et al. (2001)	bm3	417	253	20	74,8	45,7			<i>In vitro</i> -Pansenabbaubarkeit nach 30 h Inkubation
	konv.	419	259	29	68,9	30,2			
AKINS und SHAVER (2014)	bm3	428				54,9			<i>In vitro</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 30 h Inkubation
	konv.	422				41,9			
FERRARETTO und SHAVER (2015)	bm3	430	246	20		58,1			<i>In vitro</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 30 oder 48 h Inkubation
	konv.	428	249	29		46,7			
LIM et al. (2015)	bm3	406	260	22		62,8			<i>In vitro</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 30 h Inkubation
	konv.	403	247	31		52,2			
HASSANAT et al. (2017)	bm3	344	201	21	64,0	23,8			Effektive <i>in situ</i> -TM-Abbaubarkeit (Passagerate: 5 %/h, Kühe); <i>in situ</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 24 h Inkubation (Kühe)
	konv.	343	201	27	60,8	18,1			

NDF, Neutral-Detergenzien-Faser; ADF, Säure-Detergenzien-Faser; ADL, Säure-Detergenzien-Lignin; TM, Trockenmasse; OM, Organische Masse

bei konventionellen Sorten festgestellt (OBA und ALLEN 1999, BAL et al. 2000b, BALLARD et al. 2001, AKINS und SHAVER 2014, FERRARETTO und SHAVER 2015, LIM et al. 2015, HASSANAT et al. 2017). Die höhere NDF-Abbaubarkeit hatte zur Folge, dass auch die TM-Abbaubarkeit der bm3-Sorten um rund 4 bis 6 %-Punkte höher war (BAL et al. 2000b, BALLARD et al. 2001, HASSANAT et al. 2017). Im Versuch von OBA und ALLEN (1999) wiesen bm3-Sorten darüber hinaus auch eine 2,2 %-Punkte höhere NDF-Gesamtverdaulichkeit auf als konventionelle Sorten. Die Verdaulichkeit der Organischen Masse (OM) unterschied sich jedoch nicht zwischen den Sortentypen.

Diesen Vorteilen im Hinblick auf den Futterwert stehen jedoch pflanzenbauliche Nachteile gegenüber. In den Versuchen von BALLARD et al. (2001) und KURTZ et al. (2004) wiesen bm3-Sorten deutlich niedrigere TM-Erträge auf als konventionelle Sorten. Weiters wird der geringere Lignin-Gehalt von bm3-Sorten auch mit geringerer Standfestigkeit und höherer Krankheitsanfälligkeit der Maispflanzen in Verbindung gebracht. Allerdings stellten SATTLER et al. (2010) in ihrer Übersichtsarbeit fest, dass es sehr unterschiedliche Versuchsergebnisse hinsichtlich der Lager- und Krankheitsanfälligkeit von bm3-Sorten gibt.

2.2 Stay Green-Sorten

Stay Green (SG)-Sorten sind durch eine langsamere Abreife der Maisblätter charakterisiert, wodurch die Restpflanze länger grün bleibt. Je nach Pflanzenart oder Sorte können jedoch unterschiedliche genetische Hintergründe für die langsamere Restpflanzenabreife verantwortlich sein (THOMAS und HOWARTH 2000). In wissenschaftlichen Untersuchungen wurde festgestellt, dass sich SG-Sorten hinsichtlich ihrer Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit nicht wesentlich von konventionellen Sorten und Dry down (DD)-Sorten (Sorten mit rasch abreifender

Restpflanze) unterscheiden (ETTLER und SCHWARZ 2003, CONE et al. 2008, LOUČKA et al. 2015) (Tabelle 2). SG-Sorten unterscheiden sich also hinsichtlich des Futterwerts kaum von konventionellen Sorten.

In den oben genannten Versuchen wurden die Sorten bei ähnlichen TM-Gehalten der Gesamtpflanze und nicht am selben Datum geerntet. Laut dem DMK (2019) hat die verlangsamte Restpflanzenabreife von SG-Sorten zur Folge, dass die Restpflanzenverdaulichkeit mit fortschreitender Reife langsamer abnimmt als bei DD-Sorten. Das bedeutet, dass für die Ernte von SG-Sorten ein längeres, optimales Erntefenster zur Verfügung steht als bei DD-Sorten. Speziell in Jahren mit sehr trockenen (rasche Abreife der Restpflanze) oder sehr feuchten (erschwerter Erntebedingungen) Witterungsbedingungen im Erntezeitraum kann daher der Einsatz von SG-Sorten von Vorteil sein.

2.3 Sorten mit erhöhter NDF-Verdaulichkeit

In der Literatur finden sich auch einige Studien, in welchen Sorten, die auf hohe NDF-Verdaulichkeit gezüchtet wurden, mit konventionellen Sorten oder Sorten mit niedriger NDF-Verdaulichkeit verglichen wurden (Tabelle 3). Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen, dass sich die Sorten hinsichtlich des ADF- und ADL-Gehalts kaum unterschieden. Der NDF-Gehalt der Sorten mit hoher NDF-Verdaulichkeit war jedoch zum Teil höher und zum Teil niedriger als bei den Vergleichssorten. Die hoch-verdaulichen Sorten wiesen eine um rund 4 bis 8 %-Punkte höhere NDF-Abbaubarkeit auf als die konventionellen Sorten bzw. die Sorten mit niedriger NDF-Verdaulichkeit (THOMAS et al. 2001, FERNANDEZ et al. 2004, IVAN et al. 2005, FERRARETTO und SHAVER 2015, DE BOEVER et al. 2017). Die höhere NDF-Abbaubarkeit wirkte sich auch positiv auf die TM- (THOMAS et al. 2001, FERNANDEZ et al. 2004) und OM-Abbaubarkeit (DE BOEVER et al. 2017) dieser Sorten aus.

Tabelle 2: Gehalt an Gerüstsubstanzen, Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit der Maissilage von Stay Green-Sorten (SG) im Vergleich zu konventionellen Sorten (konv.) bzw. Dry Down (DD)-Sorten

Studie	Sortentyp	Gehalt an Gerüstsubstanzen			Pansenabbaubarkeit		Gesamtverdaulichkeit		Anmerkung
		NDF	ADF	ADL	OM	NDF	OM	NDF	
		g/kg TM			%		%		
ETTLER und SCHWARZ (2003)	SG	217 (XF)					77,3	66,1 (XF)	Statt NDF-Gehalt und -Verdaulichkeit wurde Rohfaser (XF)-Gehalt und -Verdaulichkeit untersucht; <i>in vivo</i> -Verdaulichkeit (Hammeln)
	DD	195 (XF)					79,0	68,3 (XF)	
CONE et al. (2008)	SG	402	211	19		52,7	76,0	Mittelwert von 2 Sorten und 3 Erntezeitpunkten; <i>in vitro</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 48 h Inkubation; Gehalt an Gerüstsubstanzen und OM-Verdaulichkeit mit NIRS bestimmt	
	DD	425	227	20		53,9	75,5		
LOUČKA et al. (2015)	SG	451			69,0	53,2		Untersuchung von frischen Maisproben; <i>in situ</i> -Pansenabbaubarkeit nach 24 h Inkubation	
	konv.	434			68,0	51,8			

NDF, Neutral-Detergenzien-Faser; ADF, Säure-Detergenzien-Faser; ADL, Säure-Detergenzien-Lignin; TM, Trockenmasse; OM, Organische Masse; NIRS, Nah-Infrarot-Spektroskopie

Tabelle 3: Gehalt an Gerüstsubstanzen, Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit der Maissilage von Sorten mit hoher NDF-Verdaulichkeit (H NDF-VK) im Vergleich zu konventionellen Sorten (konv.) bzw. Sorten mit niedriger NDF-Verdaulichkeit (N NDF-VK)

Studie	Sortentyp	Gehalt an Gerüstsubstanzen			Pansenabbaubarkeit		Gesamtverdaulichkeit	Anmerkung
		NDF	ADF	ADL	TM	NDF	OM	
		g/kg TM			%		%	
THOMAS et al. (2001)	H NDF-VK	424	231	32	80,4	54,7		<i>In vitro</i> -Pansenabbaubarkeit nach 30 h Inkubation
	konv.	429	235	32	76,9	47,6		
FERNANDEZ et al. (2004)	H NDF-VK	405	216		60,6	38,3		Mittelwert von zwei Ernte-techniken; effektive <i>in situ</i> -Pansenabbaubarkeit (Passagerate: 3,5 %/h, Kühe)
	konv.	431	237		54,0	30,9		
IVAN et al. (2005)	H NDF-VK	528	318	38		54,8 (30 h)		<i>In vitro</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 30 und 48 h Inkubation
	N NDF-VK	492	313	40		66,7 (48 h)		
						50,7 (30 h) 58,2 (48 h)		
FERRARETTO und SHAVER (2015)	H NDF-VK	447	252	30		50,9		<i>In vitro</i> -NDF-Abbaubarkeit nach 30 oder 48 h Inkubation
	konv.	428	249	29		46,7		
DE BOEVER et al. (2017)	H NDF-VK	372	205	20	59,7 (OM)	44,0	75,0	Effektive OM- und NDF-Pansenabbaubarkeit (Passagerate: 8 %/h für lösliche Fraktion und 6 %/h für potentiell abbaubare Fraktion, Kühe); <i>in vitro</i> -Verdaulichkeit
	N NDF-VK	395	217	26	52,9 (OM)	39,7	73,5	

NDF, Neutral-Detergenzien-Faser; ADF, Säure-Detergenzien-Faser; ADL, Säure-Detergenzien-Lignin; TM, Trockenmasse; OM, Organische Masse

Die Sorten mit höherer NDF-Verdaulichkeit wiesen jedoch einen niedrigeren Kolben- und Kornanteil (THOMAS et al. 2001) sowie Stärkegehalt auf (IVAN et al. 2005, FERRARETTO und SHAVER 2015). Das bedeutet, dass die höhere NDF-Verdaulichkeit mit einem geringeren Gehalt an leicht verdaulichen Nährstoffen einhergeht und somit ein eher geringer Effekt auf die OM-Verdaulichkeit zu erwarten ist. Die OM-Verdaulichkeit der hoch-verdaulichen Sorten war in der Untersuchung von DE BOEVER et al. (2017) nur um 1,5 %-Punkte höher als bei den Sorten mit niedriger NDF-Verdaulichkeit, obwohl die NDF-Abbaubarkeit um 4,3 % höher war. IVAN et al. (2005) kamen zudem zum Schluss, dass auch Witterungsbedingungen einen Einfluss auf die NDF-Verdaulichkeit dieser Sorten haben können und somit der positive Effekt der höheren NDF-Verdaulichkeit in verschiedenen Jahren unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann.

3. Weitere Einflussfaktoren der Restpflanzenverdaulichkeit

Neben der Sorte haben auch weitere Faktoren, wie zum Beispiel der Erntezeitpunkt und das Erntejahr, einen Einfluss auf die Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit der Restpflanze. In mehreren Studien wurde festgestellt, dass die Trockenmasse (TM)-Abbaubarkeit der Restpflanze mit fortschreitender Reife deutlich abnimmt (BAL et al. 2000b, AKBAR et al. 2002, LYNCH et al. 2012). Im Versuch von TERLER et al. (2019a) zeigte sich ein signifikanter Rückgang der effektiven OM-Abbaubarkeit bei einer Zunahme des TM-Gehalts der Maissilage von 36,6 auf 41,2 %. Die Abnahme der effektiven OM-Abbaubarkeit der Restpflanze war jedoch nur zum Teil auf einen Rückgang der effektiven

NDF-Abbaubarkeit zurückzuführen. BAL et al. (2000b) stellten sogar fest, dass die NDF-Abbaubarkeit der Restpflanze nicht vom Erntezeitpunkt beeinflusst wird. Das deutet darauf hin, dass der Rückgang der TM- bzw. OM-Abbaubarkeit der Restpflanze nicht nur durch eine geringere NDF-Abbaubarkeit sondern auch durch eine geringere Abbaubarkeit der weiteren Nährstoffe bedingt ist.

Im Versuch von TERLER et al. (2019a) wurde zudem ein signifikanter Einfluss des Jahres auf die OM- und NDF-Abbaubarkeit der Restpflanze festgestellt, obwohl die Witterung in den drei Erntejahren ähnlich war. Laut den Ergebnissen von JOHNSON et al. (2003) ist jedoch in warmen und trockenen Jahren mit einer verringerten TM- und NDF-Abbaubarkeit der Maissilage zu rechnen. Weiters können auch niedrige Temperaturen und im speziellen Frühfröste zu einer verringerten OM-Gesamtverdaulichkeit der Maissilage führen (DACCORD et al. 1995). Die Restpflanzenabbaubarkeit und -verdaulichkeit wird daher auch maßgeblich von der Witterung im jeweiligen Erntejahr beeinflusst.

In mehreren wissenschaftlichen Studien wurde eine Korrelation zwischen dem NDF-Gehalt und der TM- und NDF-Abbaubarkeit bzw. -Verdaulichkeit der Maissilage festgestellt. Mit zunehmendem NDF-Gehalt nahm die NDF-Gesamtverdaulichkeit (FERRET et al. 1997, TERLER et al. 2019b) und die NDF-Abbaubarkeit zu (BAL et al. 2000b, ALI et al. 2012). Das deutet darauf hin, dass ein höherer NDF-Gehalt auf einen höheren Gehalt an potentiell abbaubaren Faser-Fraktionen zurückzuführen ist. Weitere Studien zeigten jedoch, dass sich ein steigender NDF-Gehalt negativ auf die TM-Abbaubarkeit und OM-Verdaulichkeit der Restpflanze (ZELLER et al. 2014) und Gesamtpflanze (HERTER et al. 1996, BAL et al. 2000b, JOHNSON

et al. 2003) auswirkt. Die potentielle Abbaubarkeit und die Gesamtverdaulichkeit der Restpflanze wird darüber hinaus auch vom ADL-Gehalt negativ beeinflusst (VERBIČ et al. 1995, ZELLER et al. 2014). Der Grund dafür liegt darin, dass Lignin mit anderen Zellwandbestandteilen Komplexe bildet. Allerdings hat auch die Zusammensetzung des Lignins einen Einfluss darauf, wie hoch der Anteil der potentiell abbaubaren Zellwandbestandteile ist (GRABBER 2005).

4. Einfluss der Restpflanzenverdaulichkeit auf Futteraufnahme und Leistung von Rindern

4.1 Futteraufnahme und Leistung bei Verfütterung von Maissorten mit speziellen Restpflanzeigenschaften

In mehreren wissenschaftlichen Studien wurde festgestellt, dass die Futteraufnahme und die Energie-korrigierte Milch (ECM)-Leistung von Kühen bei Verfütterung von bm3-Sorten höher ist als bei der Vorlage von konventionellen Sorten (OBA und ALLEN 1999, BALLARD et al. 2001, FERRARETTO und SHAVER 2015, HASSANAT et al. 2017). Die höhere Futteraufnahme und ECM-Leistung wurde auf den rascheren ruminalen Abbau der NDF (OBA und ALLEN 1999) bzw. auf die höhere NDF-Verdaulichkeit von bm3-Sorten zurückgeführt (FERRARETTO und SHAVER 2015). Die Effizienz der Milchproduktion (kg produzierte ECM/kg Futteraufnahme) unterschied sich allerdings nicht zwischen bm3- und konventionellen Sorten (FERRARETTO und SHAVER 2015, LIM et al. 2015, HASSANAT et al. 2017). Ein Grund dafür könnte in der geringeren Stärkeverdaulichkeit von bm3-Sorten liegen, welche durch die höhere Futteraufnahme und die daraus resultierende höhere Passagerate bedingt war (FERRARETTO und SHAVER 2015).

Zum Einfluss von Stay Green-Sorten auf Futteraufnahme und ECM-Leistung von Milchkühen liegen bis dato kaum Untersuchungen vor. ETTLE und SCHWARZ (2003) stellten in ihrem Versuch zwischen SG- und DD-Sorten keine Unterschiede hinsichtlich der TM- und Stärfaufnahme sowie der ECM-Leistung fest. Die Rohfaseraufnahme war jedoch bei der Verfütterung von SG-Sorten signifikant höher als bei der Vorlage von DD-Sorten (ETTLE und SCHWARZ 2003). Die Verfütterung von Sorten mit erhöhter NDF-Verdaulichkeit bewirkte im Vergleich zu konventionellen Sorten einen Anstieg der Futteraufnahme (FERNANDEZ et al. 2004, IVAN et al. 2005, FERRARETTO und SHAVER 2015) und der ECM-Leistung (IVAN et al. 2005, DE BOEVER et al. 2017). Ähnlich wie bei den bm3-Sorten konnte jedoch die Effizienz der Milchproduktion durch die Verfütterung von Sorten mit erhöhter NDF-Verdaulichkeit nicht gesteigert werden (IVAN et al. 2005, FERRARETTO und SHAVER 2015).

In weiteren Versuchen wurden keine Unterschiede hinsichtlich Futteraufnahme und ECM-Leistung zwischen Restpflanzen- und Kornotypen (KUEHN et al. 1999), zwischen Blatt- und konventionellen Typen (NENNICH et al. 2003) sowie zwischen Maissorten unterschiedlicher Reifezahl (TERLER et al. 2019b) festgestellt. In diesen Versuchen

wurden die verschiedenen Maissorten jeweils in einem ähnlichen Reifestadium (TM-Gehalt des Kolbens bzw. der Gesamtpflanze) geerntet. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen, dass sich konventionelle Sorten hinsichtlich Futteraufnahme und ECM-Leistung kaum unterscheiden. Vorteile hinsichtlich Futteraufnahme und ECM-Leistung bringt vor allem der Einsatz von Sorten mit erhöhter Restpflanzenverdaulichkeit.

Für das Erreichen einer hohen Futteraufnahme und Milchleistung spielen neben der Sortenwahl auch weitere Managementfaktoren, wie z.B. optimaler Erntezeitpunkt oder optimale Häcksellänge der Maissilage, eine wichtige Rolle. KHAN et al. (2015) kamen in ihrer Übersichtsarbeit zum Schluss, dass die höchste Futteraufnahme und Milchleistung bei 30 bis 35 % TM-Gehalt der Maissilage erreicht wird. Bei niedrigeren TM-Gehalten ist mit einem deutlichen und bei höheren TM-Gehalten mit einem leichten Rückgang von Futteraufnahme und Milchleistung zu rechnen.

4.2 Beziehungen zwischen Verdaulichkeit der Maissilage und Futteraufnahme sowie Leistung von Milchkühen

In den Untersuchungen von IVAN et al. (2005) und TERLER et al. (2019b) wurden Korrelationen zwischen der Verdaulichkeit der Maissilage und der Futteraufnahme bzw. Milchleistung berechnet. IVAN et al. (2005) stellten fest, dass die TM-Aufnahme und die Fett-korrigierte Milchleistung um 0,29 bzw. 0,63 kg/Tag zunahmen, wenn die ruminale NDF-Abbaubarkeit (nach 30 h Inkubation) um 1 % anstieg. Im Versuch von TERLER et al. (2019b) nahmen die Maissilage-Aufnahme (in kg TM) um 0,35 kg/Tag und die ECM-Leistung um 0,67 kg/Tag zu, wenn sich die effektive OM-Abbaubarkeit im Pansen um 1 % erhöhte. Zudem wurde in der Untersuchung von TERLER et al. (2016) ein positiver Zusammenhang zwischen der NDF-Abbaurrate der Restpflanze im Pansen und der Futteraufnahme bzw. ECM-Leistung festgestellt (*Abbildung 1*).

Der Grund für die höhere Futteraufnahme bei Verfütterung von Maissilagen mit hoher Pansenabbaubarkeit ist in der Regulation der Futteraufnahme zu finden. Die Pansenfüllung spielt in der Regulation der Futteraufnahme eine wichtige Rolle. Ist die maximale Pansenfüllung erreicht, wird die Futteraufnahme eingestellt. Je höher die Abbaurrate bzw. Passagerate des Futters im Pansen ist, umso rascher nimmt die Pansenfüllung wieder ab. Durch die abnehmende Pansenfüllung wird die Futteraufnahme wieder angeregt (GRUBER et al. 2001, FERNANDEZ et al. 2004). Speziell hochleistende Kühe profitieren von einer höheren Pansenabbaubarkeit der Maissilage. Da sie für die Erbringung ihrer Leistung mehr Futter fressen müssen, hat die Pansenfüllung einen stärkeren Einfluss auf die Futteraufnahme als bei Kühen mit niedriger Leistung (OBA und ALLEN 1999).

Die Gesamtverdaulichkeit der OM und der NDF der Maissilage stand dagegen im Versuch von TERLER et al. (2019b) in keinem Zusammenhang mit der Futteraufnahme und ECM-Leistung der Milchkühe. Laut OBA und ALLEN (1999) ist das darauf zurückzuführen, dass eine höhere NDF-Abbaubarkeit auch zu einer höheren Passagerate und zu einer kürzeren Verweildauer des Futters im Pansen führt. Bei der Untersuchung der Pansenabbaubarkeit wird zudem

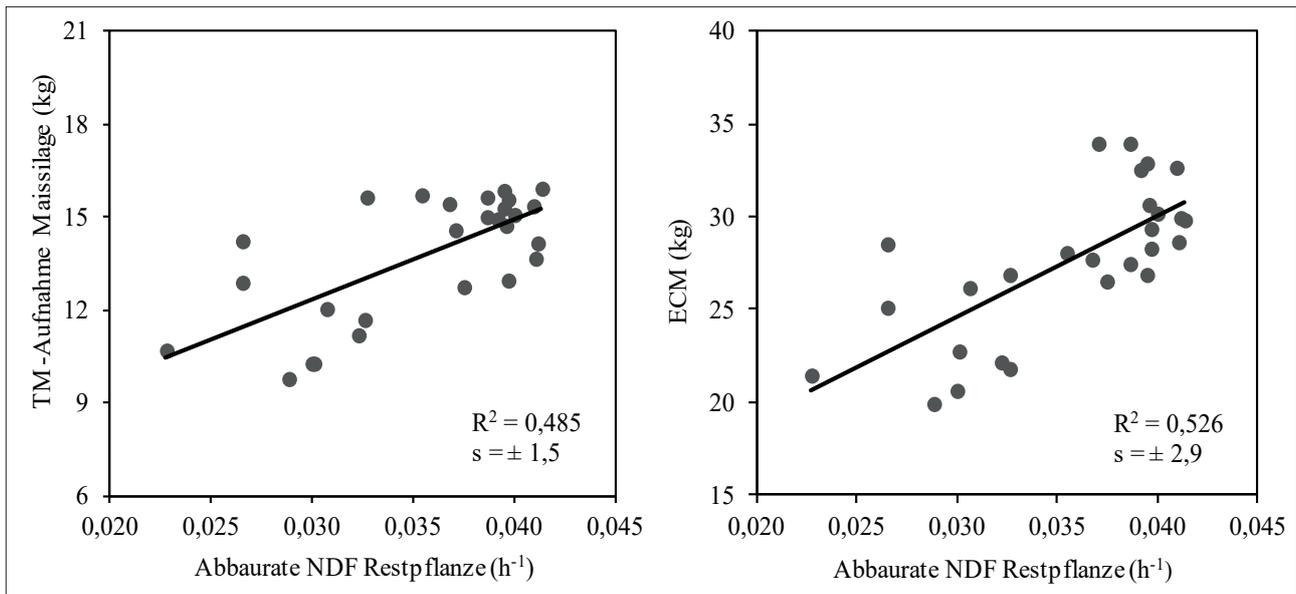


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen der NDF-Abbaurrate der Restpflanze im Pansen und der Maissilage-Aufnahme bzw. Energie-korrigierten Milchleistung von Kühen (TERLER et al. 2016)

meist eine bestimmte Inkubationsdauer oder eine bestimmte Passagerate herangezogen. Tatsächlich kann sich jedoch die Passagerate bzw. die Verweildauer des Futters im Pansen zwischen verschiedenen Maissilagen unterscheiden, was schließlich Auswirkungen auf die Gesamtverdaulichkeit haben kann. Sorten, die eine hohe NDF-Abbaubarkeit aufweisen, haben deswegen nicht automatisch eine hohe Gesamtverdaulichkeit, wenn die hohe NDF-Abbaubarkeit mit einer kurzen Verweildauer des Futters im Pansen in Zusammenhang steht (OBA und ALLEN 1999).

5. Schlussfolgerung

Verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass zwischen Silomais-Sorten zum Teil deutliche Unterschiede hinsichtlich der Restpflanzenverdaulichkeit bestehen. Sorten, die speziell auf hohe Restpflanzenverdaulichkeit gezüchtet wurden, weisen eine deutlich höhere NDF-Abbaubarkeit und -Verdaulichkeit auf als konventionelle Sorten. Eine hohe Pansenabbaubarkeit der Maissilage wirkt sich auch positiv auf die Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen aus. Verantwortlich dafür ist die hohe Abbau- bzw. Passagerate des Futters im Pansen bei Verfütterung von Maissilagen mit hoher Pansenabbaubarkeit. Dadurch wird eine rasche Abnahme der Pansenfüllung bewirkt, wodurch eine hohe Futteraufnahme ermöglicht wird. Der Anstieg der Passagerate limitiert jedoch die tatsächliche Abbaubarkeit des Futters im Pansen und somit auch die Gesamtverdaulichkeit des Futters. Deshalb hat die Verfütterung von Sorten mit hoher Restpflanzenverdaulichkeit keine Auswirkung auf die Effizienz der Milchproduktion (kg Milchleistung/kg Futteraufnahme).

6. Literatur

AKBAR, M.A., P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Measurement of yield and *in situ* dry matter degradability of maize varieties

harvested at two stages of maturity in sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 100, 53-70.

AKINS, M.S. und R.D. SHAVER, 2014: Influence of corn silage hybrid type on lactation performance by Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 97, 7811-7820.

ALI, M., M.R. WEISBJERG, J.W. CONE, G. VAN DUINKERKEN, M.C. BLOK, M. BRUINENBERG und W.H. HENDRIKS, 2012: Post-ruminal degradation of crude protein, neutral detergent fibre and starch of maize and grass silages in dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 177, 172-179.

BAL, M.A., R.D. SHAVER, H. AL-JOBEILE, J.G. COORS und J.G. LAUER, 2000a: Corn silage hybrid effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. 83, 2849-2858.

BAL, M.A., R.D. SHAVER, K.J. SHINNERS, J.G. COORS, J.G. LAUER, R.J. STRAUB und R.G. KOEGEL, 2000b: Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal *in situ* disappearance of whole-plant corn silage. Anim. Feed Sci. Technol. 86, 83-94.

BALLARD, C.S., E.D. THOMAS, D.S. TSANG, P. MANDEBVU, C.J. SNIFFEN, M.I. ENDRES und M.P. CARTER, 2001: Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, *in vitro* digestion, intake by dairy heifers, and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. 84, 442-452.

CONE, J.W., A.H. VAN GELDER, H.A. VAN SCHOOTEN und J.A.M. GROTEN, 2008: Effects of forage maize type and maturity stage on *in vitro* rumen fermentation characteristics. NJAS-Wagen. J. Life Sci. 55, 139-154.

DACCORD R., Y. ARRIGO und R. VOGEL, 1995: Nährwert von Maissilage. Agrarforschung Schweiz 2, 397-400.

DE BOEVER, J.L., K. GOOSSENS, N. PEIREN, J. SWANCKAERT, B. AMPE, D. REHEUL, D.L. DE BRABANDER, S. DE CAMPENEERE und L. VANDAELE, 2017: The effect of maize silage type on the performances and methane emission of dairy cattle. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 101, e246-e256.

DMK (Deutsches Maiskomitee e.V.), 2019: Sortentypen. <https://www.maiskomitee.de/Produktion/Sorten/Sortentypen>, besucht am 07.02.2019.

- ETTLER, T. und F.J. SCHWARZ, 2003: Effect of maize variety harvested at different maturity stages on feeding value and performance of dairy cows. *Anim. Res.* 52, 337-349.
- FERNANDEZ, I., C. MARTIN, M. CHAMPION und B. MICHALET-DOREAU, 2004: Effect of corn hybrid and chop length of whole-plant corn silage on digestion and intake by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1298-1309.
- FERRARETTO, L.F. und R.D. SHAVER, 2015: Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 98, 2662-2675.
- FERRET, A., J. GASA, J. PLAIXATS, F. CASAÑAS, L. BOSCH und F. NUEZ, 1997: Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silages given to sheep from morphological and chemical composition, *in vitro* digestibility or rumen degradation characteristics. *Anim. Sci.* 64, 493-501.
- GRABBER, J.H., 2005: How do lignin composition, structure, and cross-linking affect degradability? A review of cell wall model studies. *Crop. Sci.* 45, 820-831.
- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, J. HÄUSLER, A. SCHAUER, R. STEINWENDER, W. WENZL und B. STEINER, 2001: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein. 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, Irdring, 11-36.
- HASSANAT, F., R. GERVAIS und C. BENCHAAAR, 2017: Methane production, ruminal fermentation characteristics, nutrient digestibility, nitrogen excretion, and milk production of dairy cows fed conventional or brown midrib corn silage. *J. Dairy Sci.* 100, 2625-2636.
- HERTER, U., A. ARNOLD, F. SCHUBIGER und M. MENZI, 1996: Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. *Agarrforschung* 3, 535-538.
- IVAN, S.K., R.J. GRANT, D. WEAKLEY und J. BECK, 2005: Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88, 244-254.
- JOHNSON, L.M., J.H. HARRISON, D. DAVIDSON, C. HUNT, W.C. MAHANNA und K. SHINNERS, 2003: Corn silage management: Effects of hybrid, maturity, chop length, and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy Sci.* 86, 3271-3299.
- KUEHN, C.S., J.G. LINN, D.G. JOHNSON, H.G. JUNG und M.I. ENDRES, 1999: Effect of feeding silages from corn hybrids selected for leafiness or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82, 2746-2755.
- KURTZ, H., F. FLASSHOFF und F.J. SCHWARZ, 2004: Effects of brown midrib 3 mutation in silage corn on ruminal degradability, digestibility and performance of beef cattle. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 13, 82.
- LIM, J.M., K.E. NESTOR, Jr. und L. KUNG, Jr., 2015: The effect of hybrid type and dietary proportions of corn silage on the lactation performance of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 1195-1203.
- LOUČKA, R., J. NEDĚLNÍK, J. LANG, V. JAMBOR, J. TRÍNÁCTÝ und Y. TYROLOVÁ, 2015: Evaluation of maize hybrids types harvested at the similar stage of maturity. *Plant Soil Environ.* 61, 560-565.
- LYNCH, J.P., P. O'KIELY und E.M. DOYLE, 2012: Yield, quality and ensilage characteristics of whole-crop maize and of the cob and stover components: harvest date and hybrid effects. *Grass Forage Sci.* 67, 472-487.
- NENNICH, T.D., J.G. LINN, D.G. JOHNSON, M.I. ENDRES und H.G. JUNG, 2003: Comparison of feeding corn silages from leafy or conventional corn hybrids to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2932-2939.
- OBA, M. und M.S. ALLEN, 1999: Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 135-142.
- SATTLER, S.E., D.L. FUNNELL-HARRIS und J.F. PEDERSEN, 2010: Brown midrib mutations and their importance to the utilization of maize, sorghum, and pearl millet lignocellulosic tissues. *Plant Sci.* 178, 229-238.
- TERLER, G., L. GRUBER, A. SCHAUER, M. URDL und B. STEINER, 2016: Prüfung des Futterwerts aktueller Silomaisorten. Abschlussbericht zum Projekt „Silomais9“, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 56 S.
- TERLER, G., L. GRUBER und W.F. KNAUS, 2019a: Nutritive value of ensiled maize stover from nine different varieties harvested at three different stages of maturity. *Grass Forage Sci.* 74, 53-64.
- TERLER, G., L. GRUBER und W. KNAUS, 2019b: Effects of ruminal degradability of ensiled whole crop maize varieties on feed intake and milk production of dairy cows. *Animal*, doi:10.1017/S1751731119000028.
- THOMAS, E.D., P. MANDEBVU, C.S. BALLARD, C.J. SNIFFEN, M.P. CARTER und J. BECK, 2001: Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, *in vitro* digestibility, and milk yield by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2217-2226.
- THOMAS, H. und C.J. HOWARTH, 2000: Five ways to stay green. *J. Exp. Bot.* 51, 329-337.
- VERBIČ, J., J. STEKAR und M. RESNIK-ČEPON, 1995: Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54, 133-148.
- ZELLER, F.M.E., B.L. EDMUNDS und F.J. SCHWARZ, 2014: Effect of genotype on chemical composition, ruminal degradability and *in vitro* fermentation characteristics of maize residual plants. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98, 982-990.