

# Silier- und Fütterungsversuche mit Shredlage-Maissilage im Vergleich zur Maissilage herkömmlicher Häcksellänge

*Effects of particle size distribution of maize silage on silage quality, dry matter intake and performance of dairy cows*

Martin Pries<sup>1\*</sup>, Jana Denißen<sup>2</sup> und Jan-Helge Speit<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Zur Sicherung und Aufrechterhaltung einer optimalen Pansenfunktion benötigen Wiederkäuer neben adäquaten Mengen an Energie und Nährstoffen auch eine ausreichende Versorgung mit strukturiertem Futter. Eine der weltweit bedeutsamsten Grundkomponenten in der Rationsgestaltung hochleistender Milchkühe stellt Maissilage dar. Diese enthält neben hohen Stärkegehalten auch beachtliche Mengen an strukturwirksamen Gerüstsubstanzen und dient damit nicht nur als Energiequelle, sondern auch als Strukturkomponente. Nach umfangreichen Versuchstätigkeiten in den Jahren 2005 bis 2007 wird in Deutschland eine theoretische Häcksellänge bei der Ernte von Silomais für die Wiederkäuerfütterung von 5 bis 8 mm empfohlen. Die resultierenden Partikelgrößen ermöglichen eine verlustarme Futterkonservierung sowie bei der Verwendung derartiger Maissilagen in Milchkuhrationen eine hohe Futteraufnahme und entsprechende Milchleistungen.

Seit einigen Jahren wird in den USA über eine neuartige Erntetechnik berichtet. Bei diesem Verfahren wird der Mais auf Partikelgrößen von 26 bis 30 mm geschnitten. Eine besondere Bauform gegenläufiger Zerkleinerungswalzen („corncracker“) ermöglicht eine starke Nachzerkleinerung der Maiskörner und ein Aufspießen in Längsrichtung der Restpflanzenbestandteile. Im Vergleich zu den Ergebnissen der hiesigen Versuchstätigkeiten in den Jahren 2005 bis 2007 hat der Einsatz der neuartigen Langschnitt-Maissilage keinen negativen Einfluss auf die Futteraufnahme und die Leistung der Kühe. Die neue Technologie ermöglicht eine starke Körnerzerkleinerung, zudem leisten die größeren Partikel einen Beitrag zu einer wiederkäuergerechten Ration. Somit können mit der neuen Technik zwei Ziele vereint werden, die bisher als unvereinbar galten. Die erreichte Dichte (kg TM/m<sup>3</sup>) im Silagevorrat ist im Vergleich zu kurz gehäckseltem Material um circa 10 Prozent verringert.

**Schlagwörter:** Partikelgröße, Shredlage, Maissilage, Strukturwirkung, Milchleistung

## Summary

In addition to appropriate quantities of energy and nutrients, ruminants need adequate levels of physically effective fibre to ensure and maintain an optimum rumen function. Maize silage is a major forage ingredient in rations of high-yielding dairy cows and, as it contains considerable concentrations of starch and physically effective fibre, provides both, energy and physical structure, to dairy cows. Based on systematic research between 2005 and 2007, the current recommendation in Germany is to harvest forage maize (whole plant of corn) at a theoretical length of cut of 5 to 8 mm. The resulting particle size enables low-loss forage preservation, high feed intakes of maize silage-based rations and finally, high milk yields.

During the past few years, a novel method of harvesting forage maize labeled “shredlage” was developed and applied in the United States of America. Shredlage is harvested with a commercially available self-propelled forage harvester fitted with after-market cross-grooved crop-processing rolls, and the self-propelled forage harvester set for a longer theoretical length of cut than commonly used, namely 26 to 30 mm. Contrary to the results of the German feeding trials in the years 2005 to 2007, the much greater theoretical lengths of cut of forage maize had no negative influence on feed intake and milk production of dairy cattle. Thus shredlage, providing intensively processed maize grain and long particles in the same forage, may merge two previously incompatible objectives, namely high energy density and high concentration of physically effective fibre. The density (kg DM/m<sup>3</sup>) of shredlage in a bunker silo is about 10% less than that of forage harvested at a theoretical length of cut of 5 mm.

**Keywords:** particle size, shredlage, maize silage, physical structure, milk yield

<sup>1</sup> Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Ostinghausen-Haus Düsse, D-59505 Bad Sassendorf

<sup>2</sup> Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Versuchs- und Bildungszentrum Haus Riswick, Elsenpass 5, D-47533 Kleve

\* Ansprechpartner: Dr. Martin Pries, email: [martin.pries@lwk.nrw.de](mailto:martin.pries@lwk.nrw.de)



## 1. Einleitung

Eine wiederkäuergerechte Rationsgestaltung zur Gesunderhaltung der Milchkuh ist die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Milchproduktion mit hohen Lebensleistungen. Zur Sicherung physiologischer Bedingungen im Pansen benötigen Wiederkäufer neben adäquaten Mengen an Energie und Nährstoffen auch eine ausreichende Versorgung mit strukturiertem Futter. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Grobfutterkomponenten, die in Folge ihrer physikalischen Eigenschaften einen ausreichenden Speichelfluss, stabile pH-Werte in den Vormägen und eine Schichtung des Vormageninhaltes gewährleisten (STEINGASS und ZEBELI 2008). Um den Energiebedarf hochleistender Milchkuhe decken zu können, werden in der Fütterung energiedichte Rationen mit hohen Kraftfutteranteilen erforderlich. Der Einsatz des Kraftfutters kann zu einer Reduzierung der Strukturwirksamkeit der Ration führen. Liegen diese Bedingungen über einen längeren Zeitraum vor, kann dies zu einer subakuten Pansenazidose führen (ZEBELI et al. 2008a). Der Einsatz von Mais-Ganzpflanzensilagen (Synonym Maissilagen) ist in der Wiederkäuferfütterung weit verbreitet, da Maissilage neben hohen Stärkegehalten auch beachtliche Mengen pflanzlicher Gerüstsubstanzen (Cellulose, Hemicellulose und Lignin) enthält (SÜDEKUM 2009). Somit dient Maissilage in der Wiederkäuferernährung nicht nur als Energiequelle, sondern gleichzeitig auch als Lieferant von „Struktur“. Aufgrund dieser herausragenden Bedeutung in der Wiederkäuferfütterung gibt es seit Beginn des Silomaisanbaus eine Diskussion über die optimale Aufbereitung der Maissilage vor dem Hintergrund einer bestmöglichen Verdicht- und Silierbarkeit sowie einer effizienten Nährstoffnutzung durch Milchkuhe und Mastrinder. Nach umfangreichen Versuchstätigkeiten in den Jahren 2005 bis 2007 wird in Deutschland eine theoretische Häcksellänge (tHL) bei der Maisernte für die Wiederkäuferfütterung von 5 bis 8 mm empfohlen (SPIEKERS et al. 2009). Seit einigen Jahren wird in den Vereinigten Staaten von Amerika unter dem Stichwort „Shredlage®<sup>1</sup>-Maissilage“ vermehrt über ein neuartiges Verfahren der Silomaisernäher berichtet. Shredlage ist ein eingetragenes Warenzeichen und beinhaltet ein Patent der Firma Claas, Harsewinkel, auf eine besondere Bauform des Corncrackers zur Nachzerkleinerung des Erntegutes. In dem neuen Verfahren wird die Maispflanze auf Partikelängen von 26 bis 30 mm geschnitten, um in der Ration die physikalische Struktur zu erhalten. Gleichzeitig kommt es zu einer intensiveren Zerkleinerung der Körner, so dass eine bessere Nutzung der hohen Energiekonzentrationen in den Maiskörnern ermöglicht werden soll.

## 2. Aktueller Wissensstand zur Häcksellänge von Maissilage

Für die Silierung erfolgt die Ernte der Maispflanze im Regelfall mit einem Feldhäcksler. Das Erntegut wird dabei vom Mähvorsatz des Feldhäckslers geschnitten und gleichmäßig dem Häcksler zugeführt. Im Häcksler gelangt das Gut zu den Einzugs- und Presswalzen, mit Hilfe der Drehzahlverstellung dieser Walzen kann die Partikelgröße bestimmt werden. Diese ist bei Verwendung aller Häckselmesser in der Regel im Bereich von 4 bis 20 mm verstellbar. Längeres

Häckselgut lässt sich durch den Ausbau entsprechender Messer aus dem Häckselaggregat erzeugen. Die Messer fördern das Erntegut mit Unterstützung von zusätzlichen Wurfgebläsen weiter zu den gegenläufigen Zerkleinerungswalzen, auch Corncracker genannt. Diese dienen primär der Kornzerkleinerung, wobei der Grad der Zerkleinerung durch den Abstand der beiden Walzen zueinander und durch die Differenz der Umfangsgeschwindigkeiten der Walzen zu verändern ist. Die Aufbereitungsintensität wird weiterhin maßgeblich von der Maschinenauslastung (Massedurchsatz/Zeiteinheit) beeinflusst.

In Deutschland ist eine tHL von 5 bis 10 mm bei Spaltweiten zwischen den Zerkleinerungswalzen von 1 bis 2 mm üblich. Durch die Zerkleinerung entsteht ein Erntegut, das sich gut verarbeiten und verdichten lässt sowie eine große Oberfläche für eine rasche Silierung bietet. THAYSEN und JÄNICKE (2006) geben eine Empfehlung zur tHL in Abhängigkeit vom Trockenmasse-(TM)-Gehalt der Gesamtpflanze. Bei einem TM-Gehalt von bis zu 30 % kann eine tHL von bis zu 10 mm gewählt werden, oberhalb dieses TM-Gehaltes sollte das Erntegut jedoch auf eine tHL von nur 6 bis 8 mm gehäckselt werden. Hintergrund der Empfehlung ist die angestrebte hohe Verdichtung in der Silomiete. LEURS (2006) stellte fest, dass bei einem Anstieg der Häcksellänge von 5,5 mm auf 21 mm die Verdichtung in der Silomiete um etwa 25 % abnimmt und damit Werte deutlich unterhalb der Empfehlung nach HONIG (1987) zur Verdichtung von Silomais in der Silomiete erzielt werden. Die geringere Verdichtung war in den Versuchen mit einer intensiveren Nachgärung/höheren Nacherwärmung nach Öffnen des Silos und in Folge dessen mit größeren Verlusten verbunden. Auf den Gärsäuregehalt und deren Zusammensetzung hatte die Häcksellänge hingegen keinen Einfluss.

In den Jahren 2005 bis 2007 wurden an verschiedenen Standorten in Deutschland Fütterungsversuche mit Milchkuhen und Mastbullen durchgeführt, um die Effekte einer steigenden Partikelgröße in der Fütterung zu prüfen (MAHLKOW et al. 2005, PRIES et al. 2006, SPIEKERS et al. 2009). Zur Gewährleistung der Strukturwirkung sollte die tHL in der Milchkuhfütterung in Abhängigkeit vom Strukturwert der Ration gewählt werden (SPIEKERS et al. 2009):

Strukturwert der Ration > 1,2 : 5 - 8 mm tHL

Strukturwert der Ration < 1,2 : > 15 mm tHL

## 3. US-amerikanische Ergebnisse zum Einsatz von Shredlage-Maissilage

In den Jahren 2012 bis 2015 wurden in den Vereinigten Staaten von Amerika Ergebnisse von vier Fütterungsversuchen mit Shredlage-Maissilage veröffentlicht. Eine Übersicht über die Methodik und die Ergebnisse dieser Versuche gibt *Tabelle 1*.

Innerhalb jeder Untersuchung wurden die Kühe mit den gleichen Rationen gefüttert, die sich lediglich in der Aufbereitungsart der Maissilage unterschieden. VANDERWERFF et al. (2015) führten einen Versuch mit drei Fütterungsgruppen durch. Bei der dritten Versuchsgruppe wurde der Anteil an konventioneller Maissilage um 10 % verringert und

<sup>1</sup> Die Bezeichnungen „Shredlage“ und „Shredlage-Maissilage“ werden im Textverlauf synonym zu dem Begriff „Shredlage®“ verwendet

**Tabelle 1: Versuchsaufbau und Ergebnisse von Fütterungsversuchen mit Milchkühen zum Einsatz von Shredlage-Maissilage in den USA**

Autoren		I		II			III		IV	
Versuchsaufbau		KON	SHR	KON	KONH	SHR	KON	SHR	KON	SHR
tHL	mm	19	30	19	19	26	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
CSPS	%	60,3	75,0	67,6	67,6	72,4	56,2	62,2	50,7	59,5
Anteil MS TMR	% TM	50	50	45	35	45	38	38	50	50
peNDF <sub>&gt;8</sub>	%	16,0	15,1	14,4	13,7	14,5	16,5	16,8	n.b.	n.b.
Tierzahl	n	56	56	40	40	40	76	76	64*	64*
Versuchsdauer	d	56		28			84		56	
<b>Ergebnisse</b>										
TM-Aufnahme	kg/d	24,7	25,4	26,7	26,7	26,9	25,5	25,6	25,5	25,4
Milchmenge	kg/d	42,8	43,6	50,1 <sup>a</sup>	47,4 <sup>b</sup>	51,3 <sup>a</sup>	40,3	41,4	41,2	41,0
Milchfett	%	3,70	3,74	3,31 <sup>a</sup>	3,67 <sup>b</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,72	3,68	3,71	3,70
Milcheiweiß	%	3,21	3,18	3,13	3,14	3,09	3,08	3,05	3,00	3,01
ECM	kg/d	44,2	45,1	48,6	48,4	49,5				
ECM**	kg/d	40,8	41,7	45,3	44,9	46,1	38,2	39,0	38,8	38,6
(4,0 % Fett; 3,4 % Eiweiß)										

Autor I: Ferraretto und Shaver (2012b)

Autor II: Vanderwerff et al. (2015)

Autor III: Flis (2015)

Autor IV: Chase (2015)

KON: TMR mit konventionell gehäckselter Maissilage

KONH: 10 % der Maissilage aus KON wurden durch gehäckselt Luzerneheu ersetzt

SHR: TMR mit Shredlage-Maissilage

tHL: theoretische Häcksellänge

CSPS: Corn Silage Processing Score

MS: Maissilage

TMR: Totale Mischration

peNDFom: physikalisch effektive NDFom

ECM: Energiekorrigierte Milchmenge

n.b.: nicht bekannt

\* Periodenwechselforschung

\*\* ECM (kg) = ((0,38 x Fett (%) + 0,21 x Eiweiß (%) + 1,05) x Milchmenge (kg)) / 3,28

<sup>a, b</sup> Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben geben signifikante Unterschiede an

stattdessen gehäckselt Luzerneheu der Ration zugemischt. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der deutschen Studien zur optimalen Häcksellänge aus den Jahren 2005 bis 2007 hatte der Einsatz von Shredlage-Maissilage mit einer tHL von bis zu 30 mm in den USA insgesamt eher positive Effekte auf die Futtermittelaufnahme und die Milchleistung der Kühe. Aus diesen Ergebnissen wird gefolgert, dass aufgrund der höheren Strukturwirksamkeit der grob gehäckselten Maissilage der Strohanteil in der Ration verringert oder sogar auf diesen verzichtet werden kann. In den vorliegenden amerikanischen Studien wurden die Kontrollvarianten mit 19 mm tHL gehäckselt und liegen damit ebenfalls *weit über* den deutschen Empfehlungen zur optimalen Häcksellänge. FERRARETTO und SHAVER (2015) stellten fest, dass die Maissorten die TM-Aufnahme, die Milchleistung und die Milchinhaltstoffe beeinflussen. In den Vereinigten Staaten von Amerika werden andere Mais-Genotypen eingesetzt als im mitteleuropäischen Raum. Aus diesen Gründen sind die Ergebnisse aus den Vereinigten Staaten von Amerika nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragbar, so dass Versuchsanstellungen unter hiesigen Produktionsbedingungen notwendig wurden.

#### 4. Ergebnisse aus Deutschland zum Einsatz von Shredlage-Maissilage

Um die Effekte des Einsatzes von Shredlage-Maissilage unter mitteleuropäischen Bedingungen zu prüfen, wurden in Deutschland in den Jahren 2016 und 2017 insgesamt

5 Fütterungsversuche mit Milchkühen durchgeführt. Das VBZL Haus Riswick sowie das LVFZ in Achselschwang führten in den Jahren 2016 und 2017 jeweils einen Fütterungsversuch durch, im Jahr 2017 wurde zudem im LVZ Futterkamp ein Fütterungsversuch mit Milchkühen abgeschlossen. In allen Versuchen wurde konventionell gehäckselte Maissilage mit einer tHL von 7 mm mit einer Shredlage-Maissilage (tHL 26 mm) verglichen. Neben den Effekten in der Milchviehfütterung wurden ebenfalls Daten zu den Siliereigenschaften und zu dem Einfluss auf die erzielte Verdichtung (kg TM/m<sup>3</sup>) erfasst.

##### 4.1 Messungen zur Verdichtbarkeit und Lagerdichte

PRIES et al. (2016) führten umfangreiche Erhebungen zur Verdichtbarkeit von Shredlage-Maissilage durch. Am Tag der Ernte wurden zur Bestimmung der Verdichtbarkeit 120 Liter Kunststofffässer unter definierten Bedingungen mit Frischmais beider Varianten (konventionelle Maissilage mit 7 mm tHL und Shredlage mit 26 mm tHL) gefüllt und mit einer hydraulischen Presse mit variierenden Drücken verdichtet. Unabhängig vom Verdichtungsdruck (0,5; 1,0 und 1,5 bar) zeigte sich eine etwa 10 % höhere Verdichtung zugunsten des mit 7 mm tHL geernteten Materials.

Zur Beschreibung der Dichtlagerung in der Silomiete wurden in drei Fütterungsversuchen während der Entnahme Dichtebestimmungen an den Anschnittflächen der Silomieten durchgeführt. Im VBZL Haus Riswick, Kleve,

Tabelle 2: Verdichtung von Maissilagen in den Fahrsilos in kg TM/m<sup>3</sup> (PRIES et al. 2016)

Konventionell (7 mm tHL)					Shredlage (26 mm tHL)					Sollwert
	L	M	R	MW		L	M	R	MW	
O	201	254	206	<b>220</b>	O	152	196	150	<b>166</b>	
M	274	281	275	<b>277</b>	M	246	264	253	<b>254</b>	
U	279	314	319	<b>304</b>	U	287	276	303	<b>289</b>	
<b>MW</b>	<b>251</b>	<b>283</b>	<b>267</b>	<b>267</b>	<b>MW</b>	<b>228</b>	<b>245</b>	<b>235</b>	<b>236</b>	<b>260</b>

O: Oben; M: Mitte; U: Unten; L: Links; R: Rechts; MW: Mittelwert

Sollwert nach HONIG (1987) bei einem TM-Gehalt der Maissilage von 34 %

wurden im Jahr 2015 zwei identisch aufgebaute Silomieten mit Shredlage-Maissilage (26 mm tHL) und konventioneller Maissilage (7 mm tHL) befüllt. Die Verdichtung der Silomieten erfolgte mit dem gleichen Walzdruck, so dass vergleichbare Bedingungen gegeben waren. Die Dichtebestimmung erfolgte mittels der Bohrkernmethode (Durchmesser 100 mm) an unterschiedlichen Lokalisationen im Silo.

Der Messung hinsichtlich der erzielten Verdichtung an den Anschnittflächen ist zu entnehmen, dass vor allem die obere Schicht der Shredlage-Maissilage deutliche Differenzen zwischen der realisierten und der zur Minimierung des Porenvolumens notwendigen Verdichtung aufweist (Tabelle 2). Während das auf 7 mm tHL gehäckselte Material mit im Mittel 220 kg TM/m<sup>3</sup> in der obersten Schicht nur etwa 15 % unterhalb der erforderlichen Dichtlagerung lag, wurden die Sollwerte bei der Shredlage-Maissilage um ca. 35 % unterschritten. Hinsichtlich der Gesamtmittelwerte bestätigt sich das Ergebnis der Dichtemessung in den Kunststofffassern. Es zeigt sich bei gleichem Druck eine um 12 % höhere Verdichtung zugunsten der konventionellen Variante (7 mm tHL).

Im Jahr 2017 wurde im VBZL Haus Riswick die Dichtemessung im Fahrsilo wiederholt. Die Shredlage-Maissilage war aufgrund der Erfahrungen aus dem Vorjahr mit einem deutlich höheren Druck verdichtet worden als die konventionell gehäckselte Maissilage. In beiden Varianten wurde in der oberen Schicht eine geringere Verdichtung als im Vorjahr erzielt (Shredlage: 145 kg TM/m<sup>3</sup>; Konventionell: 175 kg TM/m<sup>3</sup>). Das durchschnittliche Massevolumen war trotz eines deutlich höheren Walzdrucks bei der Shredlage-Maissilage mit 218 kg TM/m<sup>3</sup> um etwa 5 % geringer als bei der konventionellen Maissilage (227 kg TM/m<sup>3</sup>) und lag damit in beiden Varianten deutlich unterhalb der Empfehlungen von HONIG (1987). Im LFVZ Achselschwang wurden im Jahr 2017 ebenfalls Dichtemessungen an der Anschnittfläche durchgeführt, bei der Ernte war auch hier die Shredlage-Maissilage intensiver, das heißt mit erhöhtem Druck, festgefahren worden. Im oberen und seitlichen Silobereich konnten die Zielwerte bei beiden Varianten nicht erreicht werden (-10 bis -15 %), die konventionelle Maissilage zeigte eine geringfügig verbesserte Verdichtung (ETTLE et al. 2017).

In einem Exaktversuch verglichen THAYSEN et al. (2017) die Verdichtbarkeit von Erntegut unterschiedlicher Partikelgröße in Abhängigkeit vom Walzdesign des Corncrackers im Feldhäcksler. Zusätzlich wurden unterschiedliche Trockenmassegehalte im Siliergut und verschiedene Drehzahldifferenzen der Corncrackerwalzen berücksichtigt. Dabei ergaben sich hinsichtlich des Walzdesigns keine signifikanten Unterschiede in der Verdichtbarkeit. Es konnte

jedoch beobachtet werden, dass das erzielte Massevolumen (kg TM/m<sup>3</sup>) des Frischmaises mit steigender Partikelgröße abnahm.

Somit kann gefolgert werden, dass Shredlage-Mais aufgrund seiner größeren Struktur weniger gut zu verdichten ist, was vor allem durch das ausgeprägtere Nachfederverhalten erklärt werden kann. LEURS (2006) beschrieb einen Rückgang der Verdichtbarkeit von 25 % bei einer Erhöhung der tHL von 5,5 mm auf 21 mm. Bei Shredlage-Maissilage mit einer tHL von 26 mm lag der Rückgang in der Verdichtbarkeit lediglich bei 12 %. Aufgrund der größeren Drehzahldifferenz der Crackerwalzen und der aggressiven Bezahnung entsteht eine große Reibwirkung, die zu einem Aufspießen des Häckselgutes in Längsrichtung der Stängel- und Blattteile führt. Dieses aufgesplissene Material lässt sich besser verdichten als solches, das lediglich auf eine tHL von 21 mm tHL gehäckselt wurde und keiner intensiven Aufbereitung unterzogen wurde.

#### 4.2 Partikelgrößenverteilung im Erntegut und in Milchviehrationen

PRIES et al. (2016) überprüften beim Erntegut und bei den vorgelegten Mischrationen die Partikelgrößenverteilung der Varianten konventionell und Shredlage mit Hilfe der Schüttelbox. Die Rationen wurden mit einem selbstfahrenden Futtermischwagen mit Fräsrolle gemischt. Die Ergebnisse werden in *Abbildung 1* dargestellt.

Beim Erntegut ist eine deutliche Verschiebung zwischen den beiden Varianten im Ober- und Mittelsieb festzustellen. Shredlage-Mais hat mit 36 % einen deutlich größeren Partikelanteil auf dem Obersieb. Bei konventionell gehäckseltem Mais befindet sich dort lediglich ein Anteil von 2 %. Diese Verschiebung zwischen Ober- und Mittelsieb ist in den Mischrationen ebenfalls festzustellen. Der Anteil an groben Partikeln auf dem Obersieb ist bei den Shredlage-Varianten mit 25 % etwa doppelt so hoch wie bei Rationen mit konventioneller Maissilage. Die gleichmäßige Verschiebung der Anteile zwischen dem Erntegut und den Mischrationen zeigt, dass die Entnahme mittels Fräse und das Mischen der Ration nur einen geringen Einfluss auf die Partikelgrößenverteilung in der Maissilage haben.

#### 4.3 Verdaulichkeitsmessungen

Die konventionell geerntete Maissilage und die Shredlage-Maissilage aus der Untersuchung von PRIES et al. (2016) wurden einer Verdaulichkeitsmessung an je vier Hammeln unterzogen. Auf Basis der verdaulichen Rohrnährstoffe wurden die Gehalte an ME und NEL nach Maßgabe der GfE (2001) kalkuliert. Die Verdaulichkeit der organischen Masse betrug für die konventionell gehäckselte Maissilage

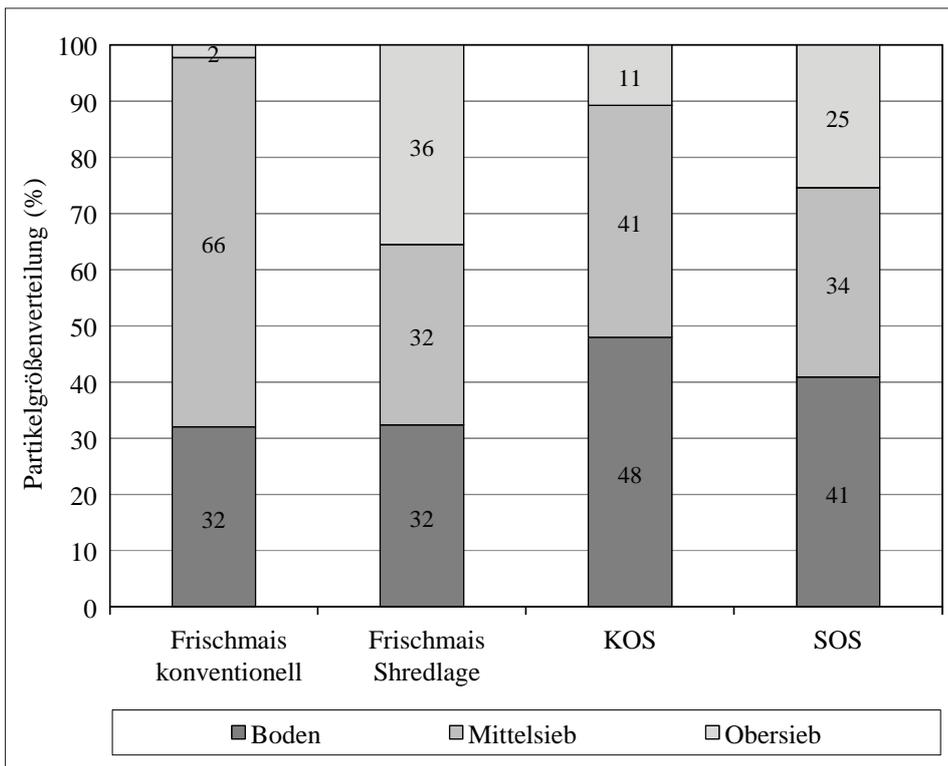


Abbildung 1: Partikelgrößenverteilung von Siliergut aus konventioneller und Shredlage-Ernte sowie von totalen Mischrationen mit von konventioneller und Shredlage-Maissilage

KOS: Konventionelle Maissilage ohne Strohzulage in der Mischration  
 SOS: Shredlage-Maissilage ohne Strohzulage in der Mischration  
 Obersieb: Sieblochweite: 19 mm  
 Mittelsieb: Sieblochweite: 8 mm

81,0 % und für die Shredlage-Maissilage 80,5 %. Auch bei den übrigen Größen ergaben sich ähnliche Werte der Verdaulichkeit. In keinem einzigen Merkmal wurden statistisch abgesicherte Differenzen festgestellt. Die aus den verdaulichen Rohrnährstoffen berechneten Energiegehalte betragen 7,24 bzw. 7,23 MJ NEL/kg TM für die konventionelle Maissilage bzw. die Shredlage-Maissilage. Sowohl die Werte hinsichtlich der Verdaulichkeit der organischen Masse als auch die berechneten Energiegehalte liegen deutlich oberhalb bisher genutzter Tabellenwerte (UNIVERSITÄT HOHENHEIM 1997).

In den Untersuchungen von ETTLE et al. (2017a, 2017b) wurden ebenfalls Verdaulichkeitsmessungen der Maissilagen an jeweils vier Hammeln durchgeführt. Von ETTLE et al. (2017b) wurden Gesamtverdaulichkeiten von 74,4 % (Konventionell) und 74,6 % (Shredlage) festgestellt, sie bewegten sich auf gleichem Niveau und im Bereich von Tabellenwerten (UNIVERSITÄT HOHENHEIM 1997), jedoch etwa 6 Prozentpunkte unterhalb der Ergebnisse von PRIES et al. (2016). Hinsichtlich der Verdaulichkeit der übrigen Nährstoffe konnten zwischen den Varianten ebenfalls keine signifikanten Differenzen ausgemacht werden. Die aus den Rohrnährstoffen errechneten Energiegehalte betragen 6,81 MJ NEL/kg TM (Konventionell) und 6,79 MJ NEL/kg TM (Shredlage). Diese Befunde stimmen sehr gut mit den Ergebnissen von ETTLE et al. (2017a) aus dem Vorjahr überein. Hier konnten ebenfalls keine signifikanten Differenzen hinsichtlich der Gesamtverdaulichkeit und der errechneten Energiegehalte festgestellt werden.

Aus den Befunden der beiden Verdaulichkeitsmessungen an den Standorten Riswick (PRIES et al. 2016, SPEIT et al. 2017) und Grub (ETTLE et al. 2017a, ETTLE et al. 2017b) kann gefolgert werden, dass unabhängig von der Ernte-/Häckseltechnik hoch verdauliche und energiereiche Maissilagen erzeugt werden können.

Neben den Maissilagen wurden auch die Versuchsrationen aus den Untersuchungen von PRIES et al. (2016) in Verdaulichkeitsversuchen an Hammeln geprüft. Die Verdaulichkeit der organischen Masse betrug 80,7 % für die Ration mit kurz gehäckselter Maissilage ohne Strohergänzung (KOS), 81,0 % für die Ration mit kurz gehäckselter Maissilage mit Strohergänzung (KMS), 81,8 % für die Ration mit Shredlage-Maissilage ohne Strohergänzung (SOS) und 81,7 % für die Ration mit Shredlage-Maissilage mit Strohergänzung (SMS). Hinsichtlich der Verdaulich-

keit der übrigen Rohrnährstoffe waren ebenfalls keine signifikanten Differenzen festzustellen. Die aus den verdaulichen Nährstoffen berechneten Energiewerte betragen 7,38 MJ NEL/kg TM bei KOS, 7,39 MJ NEL/kg TM bei KMS, 7,49 MJ NEL/kg TM bei SOS und 7,48 MJ NEL/kg TM bei SMS. Die Unterschiede sind gering und waren nicht signifikant. Die Berechnung der Energiegehalte mit Hilfe der TMR-Schätzgleichung (GfE 2004) führte zu übereinstimmenden Ergebnissen.

#### 4.4 Fütterungsversuche

Die wesentlichen Daten zur Methodik sowie die entscheidenden Ergebnisse der in Deutschland durchgeführten Untersuchungen an Milchkühen sind *Tabelle 3* zu entnehmen.

Hinsichtlich der TM-Aufnahme ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe SMS (25,0 kg TM) und den Gruppen KOS und SOS mit jeweils 23,2 kg TM-Aufnahme pro Tier und Tag (PRIES et al. 2016). Die Unterschiede in der TM-Aufnahme spiegeln sich auch in den Nährstoffaufnahmen wider. Sowohl in der Ration mit konventioneller Maissilage als auch in den Fütterungsgruppen mit Shredlage-Maissilage bewirkte eine Strohzulage von 500 g je Tier und Tag eine Veränderung der Futteraufnahme. Es konnte kein verstärktes Selektionsverhalten bei den Gruppen mit höheren Anteilen an groben Futterpartikeln festgestellt werden. Die Milchleistungsmerkmale zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) variierte auf

**Tabelle 3: Versuchsaufbau und Ergebnisse der Fütterungsversuche mit Milchkühen zum Einsatz von Shredlage-Maissilage in Deutschland** (PRIES et al. (2016), SPEIT et al. (2017), ETTLE et al. (2017a), ETTLE et al. (2017b), KAMPF et al. (2017))

Autoren	Pries et al. (2016)				Speit et al. (2017)		Ettle et al. (2017a)		Ettle et al. (2017b)		Kampf (2017)	
	KOS	KMS	SOS	SMS	KMS	SMS	KMS	SMS	KOS	SOS	KMS	LMS
<b>Versuchsaufbau</b>												
tHL (mm)	7	7	26	26	7	26	7	26	7	26	7	26
Rationsgestaltung	TMR	TMR	TMR	TMR	TMR	TMR	PMR	PMR	PMR*	PMR*	TMR	TMR
CSPS (%)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	55	79	87	93	82	79	n.b.	n.b.
Anteil MS MR (% TM)	45	44	46	45	40	40	39	39	47	47	46	46
NEL (MJ/kg TM)	7,3	7,2	7,3	7,2	7,1	7,1	6,8**	6,9**	7,1**	7,1**	n.b.	n.b.
peNDF <sub>58 mm</sub> (%)	17,8	17,8	19,6	19,3	18,1	21,1	15,1**	17,5**	14,3**	15,8**	n.b.	n.b.
Tierzahl (n)	39	44	41	40	24	24	24	24	24	24	36	36
Dauer (d)			140			188		84		84		100
<b>Ergebnisse</b>												
TM-Aufnahme (kg/d)	23,2 <sup>a</sup>	24,1 <sup>ab</sup>	23,2 <sup>a</sup>	25,0 <sup>b</sup>	21,9	22,3	24,4 <sup>a</sup>	22,7 <sup>b</sup>	24,9	24,7	22,2	21,8
Milchmenge (kg/d)	38,5	38,2	38,4	39,1	35,2	36,1	35,9	34,6	38,9	39,0	38,9	38,0
Milchfett (%)	3,7	3,73	3,61	3,67	3,77	3,81	3,82	3,83	3,69	3,72	3,62	3,67
Milcheiweiß (%)	3,26	3,26	3,24	3,25	3,07	3,01	3,66	3,61	3,68	3,64	3,21	3,26
ECM*** (kg/d)	37,2	36,6	36,2	37	33,8	34,6	35,7	34,3	38,2	38,2	36,9	36,4
Wiederkauen (min/d)	544 <sup>a</sup>	623 <sup>ab</sup>	653 <sup>b</sup>	678 <sup>b</sup>	606	602	485	502	591	557	n.b.	n.b.

KOS: Konventionelle Maissilage ohne Strohzulage in der Mischration

KMS: Konventionelle Maissilage mit Strohzulage in der Mischration

SOS: Shredlage-Maissilage ohne Strohzulage in der Mischration

SMS: Shredlage-Maissilage mit Strohzulage in der Mischration

LMS: Langschnitt (26 mm tHL; Scherer Spezialwalzen) mit Stroh

tHL: theoretische Häcksellänge

CSPS: Corn Silage Processing Score

MS: Maissilage

MR: Mischration

NEL: Netto-Energie-Laktation

peNDFom: physikalisch-effektive aNDF nach Veraschung; Korrigiert um mineralische Bestandteile, deshalb „nach Veraschung“; das „a“ steht für „nach Amylasebehandlung“. Amylase wird zur Verflüssigung von Stärke eingesetzt, damit es keine falschen Analyseergebnisse durch ungelöste Stärke in der Faserfraktion gibt

ECM: Energiekorrigierte Milchmenge

TMR: Totale Mischration

PMR: Teilaufgewertete Mischration

n.b.: nicht bekannt

\*Neben den Mischrationen stand den Kühen separat Stroh zur Verfügung, dieses wurde in geringen Mengen aufgenommen

\*\*Angaben inklusive Leistungskraftfutter

\*\*\*ECM (kg) = ((0,38 x Fett (%) + 0,21 x Eiweiß (%) + 1,05) x Milchmenge (kg)) / 3,28

<sup>a, b</sup> Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben geben signifikante Unterschiede an

hohem Niveau zwischen 36,2 kg/d (SOS) und 37,2 kg/d (KOS). Die differenzierte Strukturversorgung spiegelte sich im Wiederkauverhalten der Kühe wider: Die Kühe der Shredlage-Varianten zeigten mit 653 min/d (SOS) bzw. 678 min/d (SMS) eine signifikant längere Wiederkaudauer als die Gruppe KOS mit 544 min/d. Der Unterschied hinsichtlich der Wiederkaudauer von 17 % zwischen den Gruppen KOS und SOS zugunsten der Shredlage-Maissilage – bei gleicher TM-Aufnahme – ist erheblich. Bei vier Tieren je Fütterungsgruppe wurden mit Messboli der Firma Smaxtec über einen Zeitraum von 50 Tagen die pH-Werte im Pansen gemessen. Der durchschnittliche Tages-pH-Wert war bei den Kühen der Gruppe KOS mit 5,9 deutlich geringer als in der Gruppe SOS (6,2). Trotz gewisser Unsicherheiten bei der Messung des Pansen-pH-Wertes mit den Messboli scheinen die Daten in Verbindung mit der längeren Wiederkaudauer in der Gruppe SOS plausibel. Diesen Ergebnissen ist zu entnehmen, dass bei den Kühen der Gruppe KOS eine subakute Pansenazidose vorlag und die Shredlage-Maissilage die ruminale Umsetzungen eher stabilisiert, insbesondere was den pH-Wert angeht. Die Fütterungsvarianten hatten aber keinen signifikanten Einfluss auf die Lebendmasseentwicklung und die Körperkondition

der Tiere. Bei der Betrachtung der Lebendmasseentwicklung der Tiere, die nach der Kalbung in den Versuch eingestellt wurden, wird jedoch deutlich, dass ausgehend von einer nahezu identischen Lebendmasse direkt nach der Kalbung der Abbau von Körpersubstanz in den mit Shredlage-Maissilage versorgten Gruppen um etwa 20 kg geringer ausfiel als bei den Gruppen, die mit konventioneller Maissilage gefüttert wurden. Die höhere Energieversorgung, die aus der höheren Futteraufnahme resultierte, führte aber nicht zu einer höheren Milchleistung, sondern nur zu einem geringeren Körpermasseabbau. Damit wurde das Ausmaß der negativen Energiebilanz zum Laktationsbeginn in den Shredlage-Varianten vermindert (PRIES et al. 2016).

Im Jahr 2017 fand im VBZL Haus Riswick ein weiterer Fütterungsversuch statt, bei dem die Erntetechnik aus dem Vorjahr wiederholt wurde (SPEIT et al. 2017). Bereits in der Trockenstehphase wurden die Kühe mit den verschiedenen Maissilagen (konventionell mit 7 mm tHL und Shredlage mit 26 mm tHL) gefüttert, um möglicherweise unterschiedliche Anpassungseffekte nach der Kalbung auszuschließen. Während der Trockenstehphase waren die Körperkondition sowie die Lebendmassen mit 753 kg (KMS) und 756 kg (SMS) in beiden Fütterungsvarianten sehr ähnlich. Nach

der Kalbung verlief der Abbau der Körpermasse nahezu parallel, so dass die durchschnittlichen Lebendmassen in den ersten 100 Laktationstagen Werte von 644 kg (KMS) und 629 kg (SMS) ergab. Die leicht höhere Futteraufnahme zugunsten der Shredlage-Variante in der Trockenstehphase und der Früh-laktation führte zu leicht höheren Energie- und Nährstoffaufnahmen. Daraus ergab sich über den gesamten Versuchszeitraum eine positivere Energiebilanz in der SMS-Gruppe.

In den Versuchen auf der Versuchsstation in Achselschwang (ETTLE et al. 2017a, ETTLE et al. 2017b) wurde der Mais in den Jahren 2015 und 2016 auf 7 mm (konventionelle Maissilage) und 26 mm (Shredlage-Maissilage) gehäckselt. Auch hier erfolgte die Ernte mit parallel fahrenden Häckselketten. Im Fütterungsversuch 2016 erhielten die Kühe zusätzlich zur Teilmischung (PMR), die sich lediglich hinsichtlich der Maissilage unterschied, leistungsabhängig unterschiedliche Mengen Milchleistungsfutter am Kraftfut-terautomaten. Die eingesetzte Maissilage war aufgrund der Witterungsbedingungen im Anbaujahr sehr kolben- bzw. stärkearm. Die Kühe aus der Gruppe SMS nahmen signifikant weniger Futter auf (22,7 kg TM/d) als die Gruppe KMS (24,4 kg TM/d). In der Shredlage-Variante wurde zusätzlich eine stärkere Futterselektion festgestellt. Bezüglich der Milchmenge und -inhaltsstoffe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die ECM-Leistung betrug im Mittel 34,3 kg/d (SMS) bzw. 35,7 kg/d (KMS). Keine Unterschiede ergaben sich bei der täglichen Wiederkaudauer, die Kühe kauten täglich 485 min/d (KMS) und 502 min/d (SMS) wieder.

Im Fütterungsversuch von ETTLE et al. (2017b) erhielten die Tiere ebenfalls eine PMR (Teil-TMR), auf eine Strohzu-lage wurde verzichtet und der Maisanteil in der Mischung auf 47 % erhöht, um deutlichere Effekte bezüglich der Aufbereitungsart der Maissilage heraus arbeiten zu können. Auf einem insgesamt sehr hohen Niveau der täglichen Futteraufnahme ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Die Milchmenge lag mit 38,9 kg/d (KOS) bzw. 39,0 kg/d (SOS) auf fast identischem Niveau. Hinsichtlich der Milch-inhaltsstoffe und somit auch der ECM-Leistung ergaben sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die mittlere tägliche Wiederkaudauer betrug in der Gruppe KOS 591 min/d und für die Gruppe SOS 557 min/d, die Unterschiede zwischen den Gruppen waren zufällig.

In dem Versuch von KAMPF (2017) fand die Maisernte mit John Deere Feldhäckseln statt. Die Langschnitt-Maissilage wurde auf 26 mm tHL gehäckselt, eingesetzt wurde ein John Deere Körnerprozessor mit „Scherer Spezialwalzen“, die in etwa dem Shredlage-Aggregat der Firma Claas vergleichbar sind. Die konventionelle Maissilage wurde auf 7 mm tHL gehäckselt, die Kornaufbereitung erfolgte mit einem John Deere Körnerprozessor mit Standardwalzen. Die Milchkühe wurden mit einer TMR inklusive Stroh-zulage gefüttert und nahmen täglich 22,2 kg TM (KMS) und 21,8 kg TM (SMS) auf, die Unterschiede waren nicht signifikant. Auch hinsichtlich der Milchleistung ergaben sich zwischen den beiden Versuchsgruppen keine Unter-schiede, so dass das Ernteverfahren des Siliergutes in diesem Versuch keine Auswirkungen auf die Futteraufnahme und die Leistung hatte.

Den bisher in Deutschland ermittelten Ergebnissen ist zu entnehmen, dass der Einsatz von Shredlage-Maissilage ohne negative Folgen für die Futteraufnahme, das Fress-verhalten und die Milchleistung möglich ist. In keiner der vorliegenden deutschen Studien gab es signifikante Effekte auf die Milchleistung und die Milch-inhaltsstoffe. PRIES et al. (2016) beobachteten, dass der zusätzliche Einsatz von Stroh positive Effekte auf die Futteraufnahme und die Wiederkaudauer hatte. In der Fütterungsvariante KOS in der Studie von PRIES et al. (2016) wurden die Empfehlungen hinsichtlich einer optimalen Strukturversorgung leicht unterschritten, in der Folge zeigten die Tiere eine signifikant geringere Wiederkaudauer und leicht niedrigere Pansen-pH-Werte. Die Symptomatik ließ somit auf das Vorliegen einer subakuten Pansenazidose schließen. In den Studien von ETTLE et al. (2017a) und ETTLE et al. (2017b) enthielten die Rationen deutlich geringere peNDFom-Gehalte, als die Rationen in den Versuchen von PRIES et al. (2016) und SPEIT et al. (2017). Diese geringere Strukturversorgung erklärt die geringere Wiederkauaktivität der Kühe bei ETTLE et al. (2017a) und ETTLE et al. (2017b) im Vergleich zu den Studien von PRIES et al. (2016) und SPEIT et al. (2017). Die Kenngröße peNDFom<sub>8</sub> stellt somit ein geeig-netes Werkzeug zur Vorhersage der Wiederkauaktivität und Stabilität der ruminalen Fermentation bzw. Risiken für die Entwicklung einer Pansenazidose dar. Zur besseren Ver-gleichbarkeit wurde die Energiekorrektur der natürlichen Milchmenge der Kühe in den amerikanischen Studien auf 4,0 % Fett durchgeführt (Tabelle 1). In Folge der Korrektur auf 4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß kommt es zu einer deutli-chen Verringerung der ECM-Leistung. Der zuvor erhebliche Leistungsunterschied zwischen den amerikanischen und den deutschen Versuchsgruppen verliert damit an Aussagekraft. Bei kolbenarmem Mais sollte auf Grund der verstärkten Futterselektion und der geringeren Futteraufnahme auf Ernte des Siliergutes im Shredlage-Verfahren verzichtet werden (ETTLE et al. 2017b).

## 5. Fazit

Aus den angeführten Studien können folgende Schlussfol-gerungen gezogen werden:

- Im Hinblick auf die Nährstoffversorgung der Milchkuh und die in nationalen Studien ermittelten Leistungspara-meter zeigt sich kein negativer Effekt bei Einsatz einer Shredlage-Maissilage in Milchviehrationen im Vergleich zur konventionell gehäckselten Maissilage. Verglichen mit früheren Studien zur Häcksellänge, in denen bei Langschnitt-Maissilagen ohne besondere Kornaufbe-reitung überwiegend geringere Futteraufnahmen und Milchleistungen ermittelt wurden (SPIEKERS et al. 2009), ergeben sich damit neue Erkenntnisse.
- Der Einsatz von Shredlage-Maissilage ermöglicht ver-gleichbar hohe Futteraufnahmen, kann eindeutig die Versorgung mit peNDFom erhöhen und damit einen Beitrag zu einer wiederkäuergerechten Ration leisten.
- Die neue Aufbereitungstechnik ist gekennzeichnet durch eine intensive Kornaufbereitung. Bei der richtigen Ein-stellung der konventionellen Erntetechnik kann jedoch auch eine vergleichbar intensive Zerkleinerung der Maiskörner erzielt werden.

- Shredlage-Maissilage lässt sich gegenüber konventioneller Maissilage um etwa 10 % schlechter verdichten, wodurch das Risiko bezüglich einer Nacherwärmung insbesondere in den oberen Schichten des Silagevorrats wächst. Unter Berücksichtigung einer optimalen Verdichtung im Silo und somit eines ausreichenden Siliererfolges sind die Häcksellängen zum Erntetermin abgestimmt auf die Trockenmassegehalte der Gesamtpflanze zu wählen.
- Wegen der eher geringeren Verdichtung von Shredlage-Maissilage ist gerade unter diesen Bedingungen ein ausreichender Vorschub während der Entnahmephase zur Minimierung von Futterverlusten zu gewährleisten.

## 6. Literatur

- CHASE, L.E., 2015: Shredlage in dairy cattle rations. Cornell Nutrition Conference, Cornell University, <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/41239> (Zugriff am 17.09.2017).
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2006: DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2013: DLG-Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichenfähigkeit. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- EISNER, I., K.-H. SÜDEKUM und S. KIRCHHOF, 2006: Beziehungen zwischen Fermentationscharakteristika von Silagen und der Futteraufnahme von Milchkühen. Übers. Tierernähr. 34, 197-221.
- ETTLE, T., M. SCHNEIDER und A. OBERMAIER, 2017a: Untersuchungen zur Bereitung und Fütterung von Shredlage. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2017, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 104-107.
- ETTLE, T., M. SCHNEIDER, A. OBERMAIER, H. RÖSSL, H. SPIEKERS, P. EDELMANN und M. SCHEIDLER, 2017b: Persönliche Mitteilung: Untersuchungen zur Siliereignung von Shredlage und zu den Auswirkungen des Einsatzes von Shredlage in der Milchviehfütterung bei hohen Anteilen von Maissilage in der Ration. Versuchsbericht.
- FERRARETTO, L.F. und R.D. SHAVER, 2012a: Meta-analysis: Effect of corn silage harvest practices on intake, digestion, and milk production by dairy cows. Prof. Anim. Sci. 28, 141-149.
- FERRARETTO, L.F. und R.D. SHAVER, 2012b: Effect of corn shredlage on lactation performance and total tract starch digestibility by dairy cows. Prof. Anim. Sci. 28, 639-647.
- FERRARETTO, L.F. und R.D. SHAVER, 2015: Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactating performance by dairy cows through a meta-analysis. J. Dairy Sci. 89, 2662-2675.
- FLIS, S., 2015: What did we learn about shredlage? Dairy One, Measurement to Management, <http://dairyone.com/wp-content/uploads/2016/07/What-did-we-learn-about-shredlage-2015.pdf> (Zugriff am: 17.09.2017).
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 2004: Prediction of Metabolisable Energy (ME) in total mixed rations (TMR) for ruminants. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 13, 195-198.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 2014: Evaluation of structural effectiveness of mixed rations for dairy cows – status and perspectives. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 23, 195-198.
- HONIG, H., 1987: Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. In: Summary of papers, 8th Silage Conference, Hurley (UK), 51-52.
- KAMPF, D., 2017: Persönliche Mitteilung: Milchkühfütterungsversuch zum „Einfluss der unterschiedlichen Aufbereitung von Maishäckselsgut – Langschnitt mit speziellem Corncracker gegenüber herkömmlichen Kurzschnitt – auf Futteraufnahme, Leistungs- und Gesundheitsparameter von Milchkühen“. Versuchsbericht.
- KHOL-PARISINI, P.J. und Q. ZEBELI, 2012: Die Milchkuh im Spannungsfeld zwischen Leistung, Gesundheit und Nährstoffeffizienz. 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg-Gumpenstein 2012, 43-50.
- KONONOFF, P.J., A.J. HEINRICHS und D.R. BUCKMASTER, 2003a: Modification of the Penn State Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. J. Dairy Sci. 86, 1858-1863.
- KONONOFF, P.J., A.J. HEINRICHS und H.A. LEHMANN, 2003b: The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86, 3343-3353.
- LEURS, 2006: Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Forschungsbericht Agrartechnik 438.
- MAHLKOW, K., J. THAYSEN und J. THOMSEN, 2005: Auswirkungen unterschiedlicher Häcksellängen beim Silomais auf die Strukturversorgung der Milchkuh. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2005. Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 70-74.
- MERTENS, D.R., 2002: Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. Proceedings of the Plains Nutrition Council Spring Conf., 40-66.
- PRIES, M., S. BANDILLA, H. VAN DE SAND, A. MENKE und R. STAUFENBIEL, 2006: Einfluss der Häcksellänge auf Leistung und Acidoseparameter bei Milchkühen. 118. VDLUFA-Kongress, Freiburg, Kurzfassungen der Referate, 99.
- PRIES, M., A. MENKE, L. STEEVENS und H. VAN DE SAND, 2007: Verdaulichkeitsbestimmung von TMR bei variierendem Ernährungsniveau. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2007. Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 101-104.
- PRIES, M., B. BOTHE, S. BEINTMANN, J. DENISSEN, C. HOFFMANN, S. HOPPE, K. HÜNTING, J.-H. SPEIT, L. STEEVENS, C. WOLZENBURG, K. GERLACH und C. MAACK, 2016: Silier- und Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zur Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge. Riswicker Ergebnisse 2/2016.
- SPEIT, J.-H., S. HOPPE, K. HÜNTING, J. DENISSEN, S. BEINTMANN und M. PRIES, 2017: Persönliche Mitteilung: Fütterung von Shredlage an Trockensteher und frischlaktierende Kühe. Versuchsbericht.
- SPIEKERS, H., T. ETTLE, W. PREISSINGER und M. PRIES, 2009: Häcksellänge und Strukturwert von Maissilage. Übers. Tierernähr. 37, 91-102.
- STEINGASS, H. und Q. ZEBELI, 2008: Strukturbewertung von Rationen für die Milchkuh. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg-Gumpenstein 2008, 19-25.
- SÜDEKUM, K.-H., 2009: Mais und Maisnebenprodukte und ihre Bedeutung für die Protein- und Aminosäuren-versorgung von Wiederkäuern und Nicht-Wiederkäuern. In: Schwarz, F. J., Meyer, U. (Hrsg.): „Optimierung des Futterwertes von Mais und Maisne-

- benprodukten“, Landbauforschung Sonderheft 331, Braunschweig, 19-27.
- THAYSEN, J. und H. JÄNICKE, 2006: Maissilierung. In: Praxishandbuch Futterkonservierung – Silagebereitung – Siliermittel – Dosiergeräte – Silofolien. 7. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt a. Main, 101-108.
- THAYSEN, J., H.-G. GERINGHAUSEN, C. MAACK und W. RICHARDT, 2017: Häcksellänge Silomais: Heute kurz – morgen lang. *Mais* 3/2017, 108-112.
- UNIVERSITÄT HOHENHEIM – DOKUMENTATIONSSTELLE (Hrsg.), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- VANDERWERFF, L.M., L.F. FERRARETTO und R.D. SHAVER, 2015: Brown midrib corn shredlage in diets for high-producing dairy cows. *J Dairy Sci.* 98, 5642-5652.
- ZEBELI, Q., J. DIJKSTRA, M. TAJAJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008a: Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.* 91, 2046-2066.
- ZEBELI, Q., M. TAJAJ, B. JUNCK, V. ÖLSCHLÄGER, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008b: Evaluation of the response of ruminal fermentation and activities of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes to particle length of corn silage in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91, 2388-2398.
- ZEBELI, Q. und E. HUMER, 2016: Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zur adäquaten Versorgung. 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Raumberg-Gumpenstein 2016, 21-27.