

Riswicker Ergebnisse 2/2016

Silier- und Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zur Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge

Untersuchungen

- **zur Silier- und Verdichtbarkeit**
- **zur Partikelgrößenverteilung**
- **zur Verdaulichkeit der Nährstoffe bei Hammeln und Milchkühen**
- **zur Wirkung auf Futteraufnahme und Milchleistung bei Milchkühen**
- **zur Wiederkauaktivität und Pansengesundheit**

Fachbereich Tierproduktion: Dr. Martin Pries, Bernadette Bothe

www.riswick.de und www.landwirtschaftskammer.de

Impressum:

Herausgeber: Fachbereich 71 – Tierproduktion, Bad Sassendorf

Redaktion: Dr. Martin Pries, Tel.: 02945 / 989 – 727

martin.pries@lwk.nrw.de

Bernadette Bothe, Tel.: 02945 / 989 – 734

bernadette.bothe@lwk.nrw.de

Autorenteam:

Silke Beintmann, Jana Denißen, Christoph Hoffmanns, Dr. Sebastian Hoppe, Dr. Klaus Hünting, Jan-Helge Speit, Ludger Steevens, Christa Wolzenburg

Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick, Kleve

Dr. Katrin Gerlach, Institut für Tierwissenschaften, Abt. Tierernährung

Dr. Christian Maack, Institut für Landtechnik

Universität Bonn

Druck:

Fachbereich 12, Digitaldruckcenter Münster

Inhalt	Seite
1 Einleitung.....	6
2 Aktueller Wissensstand zur Häcksellänge bei Maissilagen	6
3 Material und Methoden.....	10
3.1 Maisernte.....	10
3.2 Silierung	11
3.2.1 Messung zur Verdichtbarkeit und Lagerdichte	11
3.2.2 Bestimmung der Gärqualität des Ausgangsmaterials im Laborversuch	14
3.2.3 Messung der aeroben Stabilität im Fahrsilo	15
3.3 Fütterung.....	15
3.3.1 Untersuchungen zur Partikelgrößenverteilung	15
3.3.2 Verdaulichkeitsmessungen an Hammeln und Milchkühen.....	16
3.3.3 Messung der Pansen-pH-Werte an fistulierten Ochsen	17
3.3.4 Messung der Wiederkauaktivität und der pH-Werte im Pansen an Milchkühen.....	18
3.3.5 Fütterungsversuch mit Milchkühen	19
4 Ergebnisse	24
4.1 Silierung	24
4.1.1 Messung zur Verdichtbarkeit und Lagerdichte	24
4.1.2 Bestimmung der Gärqualität.....	25
4.1.3 Messung der aeroben Stabilität	28
4.2 Fütterung.....	29
4.2.1 Untersuchungen zur Partikelgrößenverteilung	29
4.2.2 Verdaulichkeitsmessungen an Hammeln und Milchkühen.....	32
4.2.3 Messung der Pansen-pH-Werte an fistulierten Ochsen	37
4.2.4 Messung der Wiederkauaktivität und der pH-Werte im Pansen bei Milchkühen.....	40
4.2.5 Fütterungsversuch mit Milchkühen	42
5 Diskussion	46
5.1 Aspekte der Dichtlagerung und Silierung	46
5.2 Aspekte der Fütterung.....	48
6 Zusammenfassung	52
7 Literatur	55

<u>Tabellenverzeichnis</u>	Seite
Tab. 2.1: Auswirkungen einer kurzen Häcksellänge bei Milchkühen	8
Tab. 2.2: Ergebnisse aus vergleichenden Fütterungsversuchen von Kontroll- und Shredlage-Silagen	9
Tab. 3.2.1.1: Empfehlungen für die Fraktionsanteile in einer TMR	15
Tab. 3.3.5.1: Mittlere Laktationsnummer, Laktationstag sowie Milchleistungsgrößen für die Futtergruppen zu Versuchsbeginn	20
Tab. 3.3.5.2: Zusammensetzung der Futterrationen	21
Tab. 3.3.5.3: Zusammensetzung des Kraftfutters in %	21
Tab. 3.3.5.4: Nährstoffgehalte in den Futterrationen auf Basis von Analysenbefunden in Bohrstock- und Sammelproben	22
Tab. 4.1.1.1: Verdichtung in kg TM/m ³ bei unterschiedlichen Füllständen und Verdichtungsdrücken bei den Fässern	24
Tab. 4.1.1.2: Verdichtung in kg TM/m ³ in den Fahrsilos	25
Tab. 4.1.2.1: Übersicht über die Inhaltsstoffe der Ausgangsmaterialien des Laborsiloversuchs	25
Tab. 4.2.1.1: Mittelwerte der Fraktionsanteile in der Schüttelbox von Frischmais(n=10), vorgelegter Ration (n=6 mit je 3 Wiederholungen) und Futterrest (n=6)	30
Tab. 3.2.1.2: Nährstoffgehalte, Gärqualitäten, an Hammeln ermittelte Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalte der konventionellen Maissilage und der Shredlage Maissilage	33
Tab. 3.2.1.3: Nährstoffgehalte, an Hammeln ermittelte Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalte der Mischrationen	35
Tab. 3.2.1.4: Übersicht der Kühe im Verdaulichkeitsversuch	36
Tab. 3.2.1.5: Nährstoffgehalte, an Kühen ermittelte Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalte der Mischrationen	37
Tab. 4.2.3.1: Trockenmasse-Aufnahme (kg TM/Tag) bei Vorlage der Grobfutter als Alleinfuttermittel zur freien Aufnahme an ausgewachsene Ochsen, Pansen pH-Wert als Mittelwert einer stündlichen Messung über 24 h	38
Tab. 4.2.4.1: Milchleistung, TM-Aufnahme, Wiederkaudauer und pH-Wert im Pansen von je 4 Kühen in den Futtergruppen	41
Tab. 3.2.1.6: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Futter-, Nährstoff- und Wasseraufnahme (LSQ-Mittelwerte)	43
Tab. 3.2.1.7: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe (LSQ-Mittelwerte)	44
Tab. 3.2.1.8: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Körperkondition, Lebendmasse, sowie pH-Wert im Pansen und Wiederkaudauer (LSQ-Mittelwerte)	44
Tab. 3.2.1.9: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Futter-, Nährstoff- und Wasseraufnahme bei frischlaktierenden Kühen (LSQ-Mittelwerte)	45
Tab. 3.2.1.10: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe bei frischlaktierenden Kühen (LSQ-Mittelwerte)	46

Seite

Tab. 3.2.1.11: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Körperkondition, Rückenfettdicke und Lebendmasse bei frischlaktierenden Kühen (LSQ-Mittelwerte)	46
Tab. 5.2.1: Einfluss von Shredlage-Maissilage auf Futteraufnahme, Milchleistungsparameter sowie Wiederkaudauer und Pansen-pH-Werte im Vergleich zu konventioneller Maissilage (LSQ-Mittelwerte)	49
Tab. 5.2.2: Einfluss einer Strohzulage auf Futteraufnahme, Milchleistungsparameter sowie Wiederkaudauer und Pansen-pH-Werte (LSQ-Mittelwerte)	50
Tab. 5.2.3: Rationskennzahlen zur Strukturbeschreibung und Wiederkaudauer sowie Pansen-pH-Werte in Abhängigkeit der Futtermenge	52

<u>Abbildungsverzeichnis</u>	Seite
Abb. 3.2.1: Parallele Ernte mit zwei Häckselketten	10
Abb. 1.1.2: Einlagerung des Frischmais in zwei baugleiche Fahrsilos	11
Abb. 3.2.1.1: Bestimmung der Verdichtbarkeit mittels hydraulischer Presse	12
Abb. 3.2.1.2: Bestimmung der Lagerungsdichte im Fahrsilo mittels Bohrkerndmethode	13
Abb. 3.2.1.3: Verteilung der Probenahmepunkte zur Dichtebestimmung an der Anschnittfläche	13
Abb. 3.2.2.1: Gefüllte Laborsilos	14
Abb. 4.1.2.1: pH-Werte nach 2 und 90 Tagen Lagerdauer (n=3)	26
Abb. 4.1.2.2: Gär säure-, Ethanol- und NH ₃ -N-Gehalte der 90 Tage gelagerten Silagen (n=3)	26
Abb. 4.1.2.3: Gärverluste (%) nach 90 Tagen Lagerdauer	27
Abb. 4.1.3.1: Aerobe Stabilität (Tage) der Laborsilagen nach 49 und 90 Tagen Lagerdauer	28
Abb. 4.1.3.2: Temperaturen (°C) an der Anschnittfläche in der Mitte der Silomieten etwa 1 m unterhalb der Oberfläche in 50 cm und 100 cm Tiefe	29
Abb. 4.2.1.1: Ergebnisse der Siebfractionierung im Frischmais	31
Abb. 4.2.1.2: Ergebnisse der Siebfractionierung der vorgelegten Rationen	31
Abb. 4.2.1.3: Ergebnisse der Siebfractionierung der Futterreste	32
Abb. 4.2.3.1: Verlauf der pH-Werte im Pansen über 24 h bei Einsatz der Maissilagen und Grasheu als Alleinfuttermittel bei Ochsen, vorgelegt zur <i>ad libitum</i> Aufnahme (Mittelwert von jeweils 3 Tieren)	39
Abb. 4.2.4.1: Verlauf der Pansen-pH-Werte in Abhängigkeit der Futterrationen, gemessen über 50 Tage an je vier Tieren	42
Abb. 5.2.1: Entwicklung der Lebendmasse in der Früh laktation in Abhängigkeit von konventioneller und Shredlage-Maissilage in der TMR (n=84)	51

Verzeichnis der Abkürzungen

ADFom	Säure-Detergenzien-Faser, aschefrei (acid detergent fibre)
aNDFom	Neutral-Detergenzien-Faser, amylasebehandelt, aschefrei (neutral detergent fibre)
ASta	Aerobe Stabilität
BCS	Body Condition Score
Bzw.	beziehungsweise
chem	chemisch
cm	Zentimeter
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dOM	Verdauliche organische Masse
ECM	Energiekorrigierte Milchleistung
ELOS	Enzymlöslichkeit der organischen Substanz, Cellulase-Löslichkeit
Et al.	Et alii (und andere)
FCM	Fett-korrigierte Milchleistung
Gb	Gasbildung
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
h	Stunden
heMSB	Heterofermentative Milchsäurebakterien
hoMSB	Homofermentative Milchsäurebakterien
KBE	Koloniebildende Einheiten
LKS	Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH
ME	Umsetzbare (metabolische) Energie
MJ	Mega-Joule
MLF	Milchleistungsfutter
n	Anzahl
NEL	Nettoenergie-Laktation
NFC	Nichtfaser-Kohlenhydrate (non-fibre carbohydrates) =TM-(XA+XL+XP+NDFom)
nXP	Nutzbares Rohprotein
OR	organischer Rest (TM-XA-XL-XF)
peNDFom	physikalisch-effektive neutrale Detergenzien-Faser
RNB	Ruminale Stickstoff-Bilanz
SW	Strukturwert
TM	Trockenmasse
TMR	Totale Mischration
tHL	Theoretische Häcksellänge
VBZL	Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft
XA	Rohasche
XF	Rohfaser

8

XL

Rohfett

XP

Rohprotein

Silier- und Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zur Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge

1 Einleitung

In NRW wird auf gut 292.000 ha Mais angebaut, womit mehr als 25 % des Ackerlandes mit dieser Frucht belegt sind (Landesbetrieb Information u. Technik, NRW, 2015). Von der gesamten Maisfläche werden etwa zwei Drittel (ca. 191.000 ha) zur Silomaisproduktion genutzt. Der weit überwiegende Teil der Silomaisfläche dient der Ernährung der Milchkühe und Mastrinder. Maissilage besitzt damit eine herausragende Bedeutung in der Wiederkäuerfütterung und deshalb gibt es seit dem Beginn des Silomaisanbaus eine intensive Diskussion über die optimale Aufbereitung der Maissilage vor dem Hintergrund einer optimalen Verdicht- und Silierbarkeit sowie einer effizienten Nährstoffverwertung durch Milchkühe und Mastrinder.

Derzeit werden in Deutschland bezüglich der Häcksellänge bei Maissilagen für die Wiederkäuerfütterung 5 bis 8 mm empfohlen. Diese Empfehlungen basieren auf umfangreichen Versuchstätigkeiten in den Jahren 2005 bis 2007, in denen eine kurze Häcksellänge von 6 mm mit 20 mm Häcksellänge verglichen wurde. Seit einigen Jahren wird in den Vereinigten Staaten von Amerika unter dem Stichwort „Shredlage“ vermehrt über ein neuartiges Verfahren der Silomaisbereitung berichtet. Shredlage ist ein eingetragenes Warenzeichen und beinhaltet ein Patent auf eine besondere Bauform des Crackers zur Nachzerkleinerung des Ernteguts, welches mit einer Häcksellänge von etwa 26 mm geerntet wird. Es stellt sich die Frage, ob im Hinblick auf Verdicht- und Silierbarkeit sowie den Fütterungserfolg bei der Milchkuh dieses neue Verfahren den bisherigen Empfehlungen überlegen ist.

2 Aktueller Wissensstand zur Häcksellänge bei Maissilagen

Die Ernte der Mais-Ganzpflanze erfolgt zur Gewinnung von Silomais in der Regel mit dem Feldhäcksler. Das Erntegut wird dabei mit einer theoretischen Häcksellänge (tHL) von 4 bis 40 mm gehäckselt und mit einem Cracker oder Prozessor mit einer Spaltweite von 1 bis 16 mm zur Aufbereitung der Körner nachzerkleinert. In Deutsch-

land ist eine Häcksellänge von 5 bis 10 mm bei Spaltweiten von 1 bis 2 mm üblich. Durch die Zerkleinerung entsteht ein Erntegut, das sich gut verarbeiten und verdichten lässt und eine große Oberfläche für eine rasche Silierung bietet.

Bezüglich der Verdichtbarkeit von Silomais stellt Leurs (2006) fest, dass beim Übergang von einer Häcksellänge von 5,5 mm nach 21 mm die Dichtlagerung um etwa 25 % abnimmt und damit Werte deutlich unterhalb der Empfehlungen erreicht werden. Diese geringere Dichtlagerung war in den Untersuchungen mit einer höheren Nacherwärmung und damit einhergehend mit größeren Verlusten verbunden. Auf den Gär säuregehalt und deren Zusammensetzung hatte die Häcksellänge hingegen keinen Einfluss.

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

Um die Effekte einer längeren Häcksellänge zu prüfen, wurden in den Jahren 2005 bis 2007 an verschiedenen Standorten Fütterungsversuche an Milchkühen und in Grub ergänzend an Mastbullen durchgeführt (Mahlkow et al., 2005; Pries et al., 2006; Spiekers et al., 2009). Die wesentlichen Ergebnisse sind der Tabelle 2.1 zu entnehmen. Ein einheitliches Bild zeigen die Versuche aus Hohenheim, Futterkamp und Grub an Milchkühen. Das kürzere Häckseln führt zu einer höheren Futteraufnahme und in der Tendenz zu höheren Milchleistungen. Ein negativer Einfluss auf die Pansengesundheit ist nicht ersichtlich.

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

Tab. 2.1: Auswirkungen einer kurzen Häcksellänge bei Milchkühen

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

n. b. = nicht bestimmt

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

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

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

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wird seit einigen Jahren in den Vereinigten Staaten von Amerika unter dem Stichwort „Shredlage“ vermehrt über ein neuartiges Verfahren der Silomaisbereitung berichtet. Shredlage ist ein eingetragenes Warenzeichen und beinhaltet ein Patent auf eine besondere Bauform des Crackers zur Nachzerkleinerung des Ernteguts, welches mit einer Häcksellänge von etwa 26 mm geerntet wird. Der Cracker arbeitet mit zwei gegenläufigen Wellen, deren Oberflächen als aggressives Zahnprofil ausgebildet sind. Die Wellen drehen sich mit einer etwa 50 %-igen Differenz in der Umfangsgeschwindigkeit. Im Ergebnis soll die neuartige Technologie zu Maissilagen mit einem höheren Anteil an groben Partikeln der Restpflanze bei gleichzeitig vollständiger Zerkleinerung der Maiskörner führen. Die längeren Abschnitte von Stängeln und Blättern werden hierbei zusätzlich in Längs-

richtung aufgesplissen, wodurch eine größere Oberfläche entsteht, die der mikrobiellen Fermentation besser zugänglich sein soll.

An der Universität in Wisconsin wurden bisher zwei Fütterungsversuche mit Shredlage-Maissilagen durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 2.2 dargestellt sind (Ferraretto und Shaver, 2012 a; Ferraretto und Shaver, 2012 b, Ferraretto et al., 2015; Vanderwerff et al., 2014). Shredlage-Silagen haben demnach einen höheren Anteil grober Partikel (> 19 mm) und höhere Werte im Corn-Silage-Processing Score. Die fettkorrigierte Milchmenge ist bei Rationen mit Shredlage-Silagen um 1,0 bis 1,5 kg FCM je Kuh und Tag höher. In den Versuchen gab es keine Unterschiede bezüglich selektivem Fressen und der Wiederkauaktivität. Die Futteraufnahmen waren jeweils nicht verschieden.

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

Tab. 2.2: Ergebnisse aus vergleichenden Fütterungsversuchen von Kontroll- und Shredlage-Silagen

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

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

Aus dem deutschsprachigen Raum gibt es bisher keine Studien zum Vergleich herkömmlicher Maissilagen mit einer theoretischen Häcksellänge von 5 - 8 mm und ei-

ner Shredlage-Maissilage. Zur Schließung dieser Wissenslücke wurden die nachfolgend beschriebenen Studien durchgeführt.

3 Material und Methoden

3.1 Maisernte

Am 29.09.2015 wurden 32,67 ha Silomais, verteilt auf neun verschiedene Schläge, parallel mit zwei Häckselketten geerntet. Zum Einsatz kamen ein fabrikneuer Claas Jaguar 950 Feldhäcksler mit dem „Claas MCC Shredlage“ Korn-Aufbereiter (26 mm tHL) und ein Claas Jaguar 960 Feldhäcksler mit dem „Claas-Intensiv-Aufbereiter“ (7 mm tHL), der unmittelbar vor der Ernte mit neuen Aufbereiterwalzen ausgestattet wurde. Jedem Feldhäcksler waren dabei vier Abfuhrgespanne zugeordnet. In jeder Kette kam ein Ladewagen, ein „Kaweco“ Häckselwagen, ein „Joskin“ Häckselwagen und ein „Joskin“ Kipper zum Einsatz, so dass zum Transport entsprechend vergleichbare Transportvolumina zur Verfügung standen. Auf dem Gelände des Versuchs- und Bildungszentrums Landwirtschaft Haus Riswick in Kleve wurde das geerntete Material parallel in zwei Silokammern eingelagert. Die jeweiligen Kammern sind 55 m lang, 8,50 m breit und haben zwei Meter hohe Seitenwände. Zum Verteilen und Verdichten des Erntegutes wurden je Silokammer ein Radlader und ein aufballastierter Schlepper eingesetzt mit in Summe etwa jeweils 25 t Walzgewicht.



Abb. 3.2.1: Parallele Ernte mit zwei Häckselketten

Das Erntegut wurde jeweils schichtweise auf kompletter Länge der Silokammer verteilt und verdichtet. Der erste Frischmais wurde morgens gegen 9:00 Uhr eingelagert. Der letzte Frischmais wurde gegen 20:15 Uhr an der Siloanlage angeliefert. Während der Ernte fiel kein Niederschlag. Das Gewicht jeder angelieferten Fuhre wurde mittels Fuhrwerkswage erfasst und dem jeweils aktuell geernteten Schlag zugeordnet. In Summe wurden 1572 t Frischmais eingelagert, die sich auf 813 t Mais mit 7 mm theoretischer Häcksellänge und 759 t Shredlage-Mais verteilten. Von jeder angelieferten Fuhre wurde eine Teilprobe entnommen um den Trockenmassegehalt (TM) des Erntegutes der jeweiligen Fläche zu bestimmen.

Unmittelbar nach Beendigung der Walzarbeit wurden beide Silomieten unter Verwendung einer Unterziehfolie und einer Silofolie verschlossen und mit Sandsäcken abgedichtet und beschwert. Anschließend wurden beide Silomieten noch zum Schutz vor mechanischer Beschädigung mit Siloschutzgitter abgedeckt.



Abb. 3.1.2: Einlagerung des Frischmais in zwei baugleiche Fahrsilos

3.2 Silierung

3.2.1 Messung zur Verdichtbarkeit und Lagerdichte

Die Messungen zur Verdichtbarkeit und die Bestimmung der Lagerdichte wurden durch das Institut für Landtechnik der Universität Bonn durchgeführt.

Zur Bestimmung der Verdichtbarkeit wurden 120 Liter Kunststoffässer unter definierten Bedingungen gefüllt und mit einer hydraulischen Presse mit variierendem Drü-

cken verdichtet. Bei diesem Verfahren wurden von beiden Ausgangsmaterialien vier Mal jeweils 10 kg Frischmasse abgewogen und in das Fass eingefüllt. Nach jeder 10 kg Füllung wurde das Material mit 0,5; 1,0 und 1,5 bar Druck mittels der Presse verdichtet. Gleichzeitig wurde der Abstand zur Oberkante des Fasses gemessen und danach das Volumen des bisher eingelagerten Materials berechnet. Nach diesen 40 kg Frischmasse wurden die Fässer jeweils komplett gefüllt und mit dem entsprechenden Druck verdichtet. Aus dem Fassvolumen und der eingelagerten Materialmenge wurde die Dichte je m^3 berechnet.



Abb. 3.2.1.1: Bestimmung der Verdichtbarkeit mittels hydraulischer Presse

Um aber nicht nur die Differenzen im Verdichtungspotential der unterschiedlichen Ausgangsmaterialien beschreiben zu können, sondern auch den tatsächlichen Einfluss auf die im Fahrsilo erreichte Verdichtung überprüfen zu können, wurden während der Entnahme Dichtebestimmungen an der Anschnittfläche durchgeführt. Hierzu wurden mit einem elektrisch betriebenen Bohrer Bohrkerne von 10 cm Durchmesser und 50 cm Tiefe entnommen. Über die Anschnittfläche verteilt erfolgte die Dichtbestimmung an neun unterschiedlichen Stellen. In einer Höhe von etwa 40 cm vom Boden wurden links, in der Mitte und rechts Bohrkerne entnommen. In gleicher Weise

wurden Proben auf halber Höhe und etwa 30 cm unterhalb der Oberkante der Silomiete entnommen.



Abb. 3.2.1.2: Bestimmung der Lagerungsdichte im Fahrsilo mittels Bohrkernmethode



Abb. 3.2.1.3: Verteilung der Probenahmepunkte zur Dichtebestimmung an der Anschnittfläche

3.2.2 Bestimmung der Gärqualität des Ausgangsmaterials im Laborversuch

Um den Einfluss des Ernteverfahrens auf die Siliereignung zu überprüfen, wurde entsprechend der Prüfvorschrift der DLG zur Durchführung von Laborsiloversuchen (2013) ein Versuch durchgeführt. Hierbei wurden in jeweils dreifacher Wiederholung Laborsilos gefüllt, in denen nach zwei Tagen Lagerdauer der pH-Wert Abfall (0,5 l-Gläser), nach 49 Tagen Lagerdauer die aerobe Stabilität (1,5 l-Gläser) und nach 90 Tagen Lagerdauer die Gärqualität und wiederum die Lagerstabilität (1,5 l-Gläser) bestimmt wurden.



Abb. 3.2.2.1: Gefüllte Laborsilos

Zur Durchführung dieses Versuches wurde Frischmais der Sorte Messago von der Fläche „Eichelkamp“ von zwei aufeinanderfolgenden Fahrzeugen der parallelen Ernte genommen. Die Inhaltsstoffe der Ausgangsmaterialien sowie die Besätze mit laktatabbauenden Hefen und Schimmelpilzen vor dem Test auf aerobe Stabilität nach 49 Tagen Lagerdauer wurden an der Lufa NRW bestimmt. Die Analyse der Nährstoff- und der Gärsäuregehalte nach 90-tägiger Lagerdauer wurden bei der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH (LKS) in Lichtenwalde durchgeführt.

3.2.3 Messung der aeroben Stabilität im Fahrsilo

Einmal wöchentlich wurde an den Anschnittflächen beider Silomieten die Temperatur erfasst. Gemessen wurde an drei Stellen in jeweils 50 und 100 cm Tiefe. Messpunkt 1: links etwa 1 m vom Boden. Messpunkt 2: Mitte 1 m von oben. Messpunkt 3: rechts etwa 1 m vom Boden.

3.3 Fütterung

3.3.1 Untersuchungen zur Partikelgrößenverteilung

Die Untersuchung der Partikelgrößenverteilung erfolgte sowohl während der Maisernte als auch mehrfach im laufenden Versuch mit Hilfe einer Schüttelbox. Die Schüttelbox ist ein dreiteiliges Siebkastensystem, welches das gesiebte Futter durch die verschiedenen Sieblochgrößen in drei Fraktionen teilt. Eingesetzt wurde eine Schüttelbox, die von der PennState University in den USA entwickelt wurde. Dazu wird etwa 350 g Material in das obere Sieb des zusammengestellten Siebkastens gegeben. Anschließend wird in jede Richtung 5-mal geschüttelt, bevor die Siebbox im Uhrzeigersinn um ein Viertel gedreht wird. Dieser Durchgang wird einmal wiederholt, so dass bei einem Schüttelvorgang 40 Schüttelbewegungen nötig sind.

Anschließend werden mit einer Waage die Gewichtsanteile in den verschiedenen Siebkästen festgestellt. In der Tabelle 3.3.1.1 sind die Empfehlungen für die Fraktionsanteile in einer TMR gemäß DLG-Information 1/2001 aufgeführt.

Tab. 3.3.1.1: Empfehlungen für die Fraktionsanteile in einer TMR

	Empfohlene Gewichtsanteile in einer TMR
Obersieb (> 1,9 cm)	6-10%
Mittelsieb (< 1,9 cm - > 0,8 cm)	30-50%
Untersieb (< 0,8 cm)	40-60%

Am Erntetag wurde der Frischmais, der am Silo angeliefert wurde, stündlich beprobt, sodass jeweils zehn Durchgänge mit der Schüttelbox gemacht wurden. Im Versuchsverlauf wurde an sechs Terminen (17.02.; 25.02.; 22.03.; 06.04.; 28.04.; 19.05.2016) die frisch gemischte Ration aus den Wiegetrögen entnommen und mit der Schüttelbox überprüft. Dabei wurden aus jeder Fütterungsgruppe drei Proben entnommen,

geschüttelt und aus den Ergebnissen Mittelwerte gebildet. Ebenso wurden die Futterreste vor der morgendlichen Fütterung auf Partikelgrößenverteilung untersucht.

Mit Hilfe des aNDFom-Gehalts der Maissilagen bzw. der Futterrationen sowie den ermittelten Siebfraktionen konnte der peNDFom-Gehalt gemäß den Vorgaben der GfE (2014) errechnet werden.

3.3.2 Verdaulichkeitsmessungen an Hammeln und Milchkühen

Die Verdaulichkeitsmessungen wurden gemäß den Vorgaben der GfE (1991) durchgeführt. Auf Basis der verdaulichen Rohnährstoffe wurden die Gehalte an ME und NEL nach Maßgabe der GfE (2001) kalkuliert. Unter Berücksichtigung der Gärsäuregehalte in der TMR erfolgte eine Korrektur der Trockenmasse nach den Vorgaben von Weißbach (1998). Zusätzlich wurde eine Energieschätzung aus den Rohnährstoffen der Futtration nach Maßgabe der GfE (2004) vorgenommen.

Milchkühe

Kotsammelphase: 18.04.2016 bis 22.04.2016

Die Messung der Verdaulichkeit der Totalen Mischrationen (TMR) der Gruppen konventionell gehäckselter Mais ohne Stroh (KOS) und Shredlage-Verfahren ohne Stroh erfolgte im Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick, Kleve. Die Fütterung der Rationen erfolgte aus zwei am gleichen Tag angelegten TMR Mieten. Die komponentenmäßige Zusammensetzung ist analog zu der beschriebenen Fütterung in Kapitel 3.3.5. Zur Messung der Verdaulichkeit wurden je Versuch vier hochleistende Kühe in Einzelhaltung in einem Boxenlaufstall mit planbefestigter Lauffläche aufgestellt. Die Versuchstiere spiegeln das durchschnittliche Leistungsniveau und Laktationsstadium der jeweiligen gesamten Versuchsherde wieder. Jeder Kuh standen etwa 12 m² und hoch verlegte Liegeboxen mit Gummimatten zur Verfügung. Mit Ketten waren die einzelnen Abteile getrennt. Die Kühe konnten sich während der gesamten Verdaulichkeitsmessung in ihrem Abteil frei bewegen. Die Mischrationen wurden zur freien Aufnahme vorgelegt, Futterreste quantitativ erfasst und aus der Differenz zur Vorlage die tägliche Futteraufnahme ermittelt. Zur visuellen Rationskontrolle wurden mittels manure scoring System über den Versuchszeitraum Kotbonituren vorgenommen.

Nach einer dreitägigen Gewöhnung wurde über fünf Tage der Kot tierindividuell nach jeder Absetzung gesammelt. Von der täglichen Kotmenge wurde nach Homogenisie-

rung mittels Rührquirl eine Teilprobe von 2 % entnommen und eingefroren. Nach der Sammelperiode wurden diese Teilproben zusammengefügt, homogenisiert und eine Probe je Tier für die Untersuchung erstellt. Außerdem wurden am dritten Tag des Verdaulichkeitsversuches aus den homogenisierten Kotsammlungen der Tiere 100 ml Kot je Kuh mittels Küchensieb gesiebt und vorhandene Körner und Kornbruchstücke erfasst.

Die Adaptionsfütterung für die TMR erfolgte über den Start der Versuchsphase am 20. Januar bis zum Start der Verdaulichkeitsmessung Ende April. Während dieser Zeit wurde die tierindividuelle Futteraufnahme über Einzeltrogverwiegung ermittelt. Während der Kotsammelphase wurde von der TMR-Vorlage täglich eine Probe entnommen und am Ende der Sammelphase gepoolt und analysiert. Trockenmasseaufnahmen sowie die Milchmengen der Kühe wurden täglich tierindividuell erfasst. Zudem wurden pro Kuh und Tag zwei Milchproben und eine Harnprobe analysiert. Zur Berechnung der ECM-Mengen wurden die gemittelten Milchinhaltsstoffe der Milchuntersuchung verwendet, die während der Kotsammelphase durchgeführt wurden.

Hammel

Versuchszeitraum: 20.04.2016 bis 12.05.2016

Für die Prüfung am Hammel wurde am 20.04.2016 mit der Anfütterung der TMR KoS, TMR KmS, TMR SoS und TMR SmS begonnen. Die Rationen wurden vorab in Fässern einsiliert. Bei TMR KoS und TMR SoS wurde das gleiche Material wie im Verdaulichkeitsversuch mit den Kühen eingesetzt. Somit ist eine vergleichbare Futtergrundlage sichergestellt. Nach einer zweiwöchigen Anfütterung wurden Futter und Kot über sieben Tage quantitativ erfasst. Die Futterportionen waren so bemessen, dass eine TM-Aufnahme von etwa 1000 g pro Hammel und Tag gewährleistet ist und eine Versorgung etwas oberhalb des Erhaltungsbedarfs erreicht wird. Es wurden vier Hammel je TMR eingesetzt.

Die Proben von Futter und Kot aus den Hammel- und Kuhversuchen wurden in der LUFA NRW, Münster und der LKS, Lichtenwalde analysiert.

3.3.3 Messung der Pansen-pH-Werte an fistulierten Ochsen

Die konventionell gehäckselte Maissilage und die Shredlage-Maissilage sowie ein Grasheu wurden genutzt, um die Auswirkungen der verschiedenen Komponenten bei

Einsatz als Alleinfuttermittel auf den Pansen-pH-Wert zu untersuchen. Hierzu wurden die aus den Riswicker Fahrsilos stammenden Silagen (Shredlage-Maissilage und konventionell gehäckselte Maissilage, jeweils ca. 2 t) verwendet und für den Versuchszeitraum von ca. sechs Wochen auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn in Königswinter-Vinzel in Kleinsilos zwischengelagert. Im Versuch wurden drei ausgewachsene pansenfistulierte Ochsena (Deutsche Holstein, schwarzbunt) in Einzelaufstallung eingesetzt. Im 3 x 3 lateinischen Quadrat wurde jedem Tier jede Grobfuttermittelform (Shredlage-Maissilage, konventionell gehäckselte Maissilage, Grasheu) für jeweils zwei Wochen zur *ad libitum*-Aufnahme vorgelegt, wobei die täglich aufgenommene Futtermittelform tierindividuell erfasst wurde. Am jeweils letzten Tag jeder Versuchsphase wurde über einen Zeitraum von 24 h stündlich der pH-Wert in der Pansenflüssigkeit gemessen sowie der Pansensaft beprobt. Die Messung erfolgte mit einer vor jedem Messstag kalibrierten pH-Sonde (PolyLite Lab Temp, Hamilton Germany, Höchst), welche an der Spitze eines ca. 1,5 m langen Metallstabs befestigt war, der durch die Fistel senkrecht hinab in den Pansen eingeführt wurde. Die Umstellung von einer auf die nächste Futtermittelform erfolgte schrittweise über mehrere Tage, in denen Gemische beider Varianten vorgelegt wurden.

3.3.4 Messung der Wiederkauaktivität und der pH-Werte im Pansen an Milchkühen

Zur Überprüfung der Wiederkauaktivität der einzelnen Tiergruppen wurde das Heatime Ruminact HR System der Firma SCR Dairy, Netanya, Israel genutzt. Vier frühlaktierenden Tieren pro Fütterungsgruppe wurde ein SCR HR Sensor an der linken, oberen Halsseite angebracht. Der Sensor am Hals der Kuh misst das Wiederkauen des einzelnen Tieres über akustische Signale minutengenau. Die Datenerfassung pro Tier erfolgte stündlich in Kauschlägen pro Stunde.

Zusätzlich wurden ab Mitte März 50 Tage lang von denselben vier Tieren jeder Fütterungsgruppe die Pansen-pH-Werte mit einem Messbolus (smaxtec pH & Temp Sensor) der Firma Smaxtec Animal Care GmbH, Graz, Österreich gemessen. Der zylindrische Bolus hat eine Länge von 132 mm und einen Durchmesser von 35 mm. Er wird per os eingegeben. In zehnminütigen Intervallen misst der Bolus den pH-Wert und die Temperatur im Vormagensystem der Kuh. Die ermittelten Daten werden im Bolus abgespeichert und mit einem mobilen Empfangsgerät über Funk ausgelesen.

Die Daten der Wiederkau- und pH-Wert-Messungen wurden für die statistischen Analysen zu Tagesmittelwerten zusammengefasst.

3.3.5 Fütterungsversuch mit Milchkühen

Im Zeitraum vom 19.01.2016 bis zum 07.06.2016 wurde im VBZL Haus Riswick ein Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zur Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge durchgeführt. Dazu wurden zu Versuchsbeginn im Anschluss an eine Gleichfütterungsphase 96 hochleistende Kühe der Rasse Deutsche Holstein gleichmäßig auf vier Gruppen mit jeweils 24 Tieren verteilt. Während des gesamten Versuchs wurden in alle Versuchsgruppen frischlaktierende Tiere mit etwa sieben Laktationstagen zugestellt. Um die jeweilige Gruppengröße mit 24 Tieren konstant zu halten, wurden im Austausch Kühe mit höheren Laktationstagen aus dem Versuch genommen. Die Einteilung der abgekalbten Tiere erfolgte anhand der Vorlaktationsleistung sowie der Lebendmasse. Der Färsenanteil betrug in allen Versuchsgruppen 30 %. Die Kühe wurden in den Stallabteilen 1, 2, 5, und 6 des Versuchsstalls R6 gehalten. Es wurden folgende Bezeichnungen zur Kennzeichnung der Versuchsgruppen vergeben:

Maissilage konventionell (7 mm tHL) ohne Strohergänzung:	KoS
Maissilage konventionell (7 mm tHL) mit Strohergänzung:	KmS
Maissilage Shredlage (26 mm tHL) ohne Strohergänzung:	SoS
Maissilage Shredlage (26 mm tHL) mit Strohergänzung:	SmS

Die Gruppeneinteilung erfolgte am 18.01.2016. In Tabelle 3.3.5.1 sind die Gruppenmittelwerte bezüglich Laktationsnummer, Laktationsstadium und der Milchleistungsdaten dargestellt.

Tab. 3.3.5.1: Mittlere Laktationsnummer, Laktationstag sowie Milchleistungsgrößen für die Futtergruppen zu Versuchsbeginn

	KoS	KmS	SoS	SmS
Laktationsnummer	3,00	2,92	2,79	2,83
Laktationstag	59	63	66	61
Milch, kg	34,0	34,3	33,5	32,5
Fett, %	3,84	3,96	3,74	3,96
Eiweiß, %	3,31	3,33	3,20	3,28
Zellzahl	84	73	267	103
Harnstoff, mg/kg	206	185	188	200
ECM, kg	33,5	34,0	32,2	32,1

Die Futterrationen wurden auf Grundlage von Bohrstockanalysen mit dem Rationskalkulationsprogramm Rind 97 der LWK NRW nach DLG-Empfehlungen (2001) berechnet. Neben der Maissilage, konventionell gehäckselt bzw. Shredlage wurden Gras- und Pressschnitzelsilagen verfüttert. Die Zulage des Strohs erfolgte gemäß Tabelle 3.3.5.2 "on Top". Die Maissilage betonten Rationen waren bei einer unterstellten Futteraufnahme von etwa 23 kg TM auf eine Leistung von 38 kg Milch (ECM) ausgelegt.

Tab. 3.3.5.2: Zusammensetzung der Futterrationen

	KoS	KmS	SoS	SmS
	kg TM/Kuh/Tag			
Grassilage (33,9 % TM, 6,5 MJ NEL/kg TM)	3,4	3,4	3,4	3,4
Maissilage, konventionell (34,4 % TM, 6,9 MJ NEL/kg TM)	10,5	10,5		
Maissilage, Shredlage (35,5 % TM, 7,0 MJ NEL/kg TM)			10,8	10,8
Pressschnitzelsilage (27,1 % TM, 7,8 MJ NEL/kg TM)	2,2	2,2	2,2	2,2
Stroh		0,4		0,4
Krafftutter	7,2	7,2	7,2	7,2
Propylenglykol + Glycerin	0,3	0,3	0,3	0,3
	23,5	23,9	23,8	24,2
	in % der TM			
Grassilage (33,9 % TM, 6,5 MJ NEL/kg TM)	14,3	14,1	14,1	13,9
Maissilage, konventionell (34,4 % TM, 6,9 MJ NEL/kg TM)	44,7	43,9		
Maissilage, Shredlage (35,5 % TM, 7,0 MJ NEL/kg TM)			45,5	44,7
Pressschnitzelsilage (27,1 % TM, 7,8 MJ NEL/kg TM)	9,2	9,1	9,1	9,0
Stroh		1,8		1,8
Krafftutter	30,5	30,0	30,1	29,6
Propylenglykol + Glycerin	1,2	1,2	1,2	1,2
	100	100	100	100

Zur Deckung des Proteinbedarfs bestand das mineralisierte Krafftutter zum größten Teil aus Rapsextraktionsschrot (71,4 %), daneben waren zu etwa gleichen Anteilen Mais, Weizen und Trockenschnitzel eingemischt (Tab. 3.3.5.3).

Tab. 3.3.5.3: Zusammensetzung des Krafftutters in %

Rapsextraktionsschrot	71,4
Trockenschnitzel	7,0
Weizen	6,9
Mais	6,9
Pansengeschütztes Futterfett	3,6
Calciumcarbonat	1,1
Natriumchlorid	0,9
Spurenelemente, Vitamine, Futterfett	2,2

Während des Fütterungsversuches wurden wöchentlich Proben von der Anschnittfläche der Silomieten genommen, zu einer Sammelprobe zusammengefasst und nach

Versuchsende zur Analyse der Nährstoffgehalte an die LKS Lichtenwalde geschickt. Das Ausgleichsfutter wurde zu jeder Lieferung beprobt, je drei Lieferungen wurden zu einer Sammelprobe zusammengefasst und ebenfalls bei der LKS Lichtenwalde analysiert.

Mit den Befunden der Futtermittelanalytik wurden die Rationen bezüglich des Energie- und Nährstoffgehaltes kalkuliert (Tab. 3.3.5.4). Die Gehalte der gefütterten Rationen an Energie, Protein und Kohlenhydraten unterschieden sich so gut wie nicht und entsprachen den Empfehlungen der DLG zur Versorgung von frischmelkenden, hochleistenden Milchkühen. Der Strukturwert, der unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Häcksellängen der Maissilagen kalkuliert wurde, unterschied sich in den Varianten mit konventionell gehäckseltem Mais und Shredlage-Mais um 0,25.

Tab. 3.3.5.4: Nährstoffgehalte in den Futterrationen auf Basis von Analysenbefunden in Bohrstock- und Sammelproben

	KoS	KmS	SoS	SmS
Rohasche, g/kg TM	60	60	59	59
Rohprotein, g/kg TM	164	161	163	160
Rohfett, g/kg TM	42	41	41	41
Rohfaser, g/kg TM	169	174	167	171
Strukturwert	1,32	1,37	1,56	1,61
Stärke, g/kg TM	180	177	174	170
Zucker, g/kg TM	34	34	38	38
Zucker + Stärke - beständige Stärke, g/kg TM	184	181	183	180
aNDFom, g/kg TM	341	349	332	340
ADFom, g/kg TM	203	208	203	208
nXP, g/kg TM	171	169	171	169
RNB, g/kg TM	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4
Calcium, g/kg TM	7,1	7,0	7,1	7,0
Phosphor, g/kg TM	4,1	4,0	4,1	4,1
Natrium, g/kg TM	1,6	1,6	1,6	1,6
Magnesium, g/kg TM	4,6	4,5	4,6	4,5
Kalium, g/kg TM	9,7	9,8	9,8	9,9
NEL, MJ/kg TM	7,25	7,19	7,29	7,23

Die Messung der Frischmasseaufnahme erfolgte täglich tierindividuell über Wiegetröge der Firma Waagen Döhrn, Wesel, Deutschland. Zur tierindividuellen Bestimmung der TM-Aufnahme wurden werktäglich Trockenmassebestimmungen der vorgelegten Rationen durchgeführt. Die Trockenmassegehalte wurden nach Weißbach (1998) um die Verluste an flüchtigen Fettsäuren korrigiert.

Die ermittelten Trockenmasseaufnahmen wurden anschließend mit den nachkalkulierten Rationen zur täglichen, tierindividuellen Aufnahme der einzelnen Nährstoffe verrechnet.

Auswertungsmodell

Bei der statistischen Auswertung durch die Tier und Daten GmbH, Kiel, kam ein lineares, gemischtes Wiederholbarkeitsmodell für die Merkmale der Futter-, Nährstoff- und Wasseraufnahme sowie der Milchleistung, Lebendmasse, Body Condition Score (BCS), Rückenfettdicke, pH-Werte im Pansen und Wiederkaudauer mit folgenden Einflussfaktoren zur Anwendung:

$$y = \mu + \text{TAG} + \text{LNO} + f(\text{ltg})(\text{LNO}) + \text{GRP} + \text{Kuh} + e$$

mit:

y = Beobachtungswert des jeweiligen Merkmals

μ = allgemeines Mittel

TAG = fixer Effekt des Beobachtungstages

LNO = fixer Effekt der Laktationsnummer (1, 2, 3, \geq 4)

f(ltg)(LNO) = Laktationskurve innerhalb Laktation (1, 2, 3, \geq 4)

$$\text{Laktationskurve: } \text{ltg}/205 + (\text{ltg}/205)^2 + \ln(205/\text{ltg}) + (\ln(205/\text{ltg}))^2$$

GRP = fixer Effekt der Behandlungsgruppe (KoS, KmS, SoS, SmS)

Kuh = zufälliger Effekt der Kuh

e = zufälliger Restfehler

In dem Wiederholbarkeitsmodell für die Merkmale pH-Werte im Pansen und Wiederkaudauer wird anstatt der Laktationskurve der fixe Effekt des Laktationsabschnittes (30.-70., 71.-100., 101.-130., 131.-165. Laktationstag) innerhalb der Laktationsnummer berücksichtigt.

4 Ergebnisse

4.1 Silierung

4.1.1 Messung zur Verdichtbarkeit und Lagerdichte

Die Ergebnisse der Messung des Verdichtungspotentials der unterschiedlich lang gehäckselten Materialien sind der nachfolgenden Tab. 4.1.1.1 zu entnehmen. Sowohl nach Befüllung der Fässer mit 4x10 kg Frischmais als auch nach dem kompletten Befüllen des Fasses zeigt sich, unabhängig vom jeweils gewählten Verdichtungsdruck, eine etwa 10 % höhere Verdichtung zugunsten des mit 7 mm theoretischer Häcksellänge geernteten Materials gegenüber Shredlage-Mais.

Tab. 4.1.1.1: Verdichtung in kg TM/m³ bei unterschiedlichen Füllständen und Verdichtungsdrücken bei den Fässern

Verdichtungsdruck in bar	konventionell (7 mm)		Shredlage (26 mm)	
	40 kg	voll	40 kg	voll
0,5	171	209	158	187
1,0	185	225	169	203
1,5	195	239	175	212

Die Ergebnisse der Verdichtungsmessung an den Anschnittflächen der beiden Fahr-silos sind in Tab. 4.1.1.2 dargestellt. Deutlich wird dabei, dass vor allem die obere Schicht der Shredlage-Maissilage deutliche Differenzen zwischen der erreichten und der zur Minimierung des Porenvolumens notwendigen Verdichtung (34 % TM → 280 kg TM/m³; Nußbaum, 2011) aufweist. Während das auf 7 mm gehäckselte Material mit im Mittel 220 kg TM/m³ der obersten Schicht nur etwa 22% unterhalb der erforderlichen Dichtlagerung liegt, ist die Verdichtung bei der Shredlage-Maissilage mit nur 166 kg TM/m³ um 41 % unterhalb des Sollwertes. In der mittleren Schicht wird beim kurz gehäckselten Material die geforderte Dichtlagerung erreicht, bei der Shredlage-Maissilage reduziert sich die Differenz auf etwa 10 % zum Zielwert. In beiden Silomieten liegt die Dichtlagerung der untersten Schicht oberhalb des Sollwertes.

Tab. 4.1.1.2: Verdichtung in kg TM/m³ in den Fahrsilos

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

(O = Oben; M = Mitte; U = Unten; L = Links; R = Rechts; MW = Mittelwert)

4.1.2 Bestimmung der Gärqualität

Die Nährstoffgehalte des Ausgangsmaterials sind der Tab. 4.1.2.1 zu entnehmen. Die Daten zeigen, dass in beiden Ausgangsmaterialien produkttypische Gehalte vorliegen und vergleichbares Material vorhanden ist. Auffallend ist lediglich der sehr niedrige, eher produktuntypische Besatz mit natürlichen Milchsäurebakterien, der in beiden Ausgangsmaterialien ermittelt wurde.

Tab. 4.1.2.1: Übersicht über die Inhaltsstoffe der Ausgangsmaterialien des Laborsiloversuchs

		Konventionell (7 mm)	Shredlage (26 mm)
Trockenmasse	g/kg	34,3	33,6
Rohasche	g/kg TM	3,2	3,2
Rohprotein	g/kg TM	7,7	7,9
Rohfett	g/kg TM	2,8	3,0
Rohfaser	g/kg TM	16,3	15,8
Stärke	g/kg TM	35,8	37,8
Nitrat	mg/kg TM	1169	1155
NEL	MJ/ kg TM	6,76	6,78
Pufferkapazität	g Milchsäure / kg TM	28	30
wasserlösliche Kohlenhydrate	g/kg TM	71	60
Milchsäurebakterien	KBE/g FM	110.000	40.500

Die pH-Werte nach zweitägiger und nach 90-tägiger Lagerdauer sind der Abbildung 4.1.2.1 zu entnehmen. Es ergeben sich etwas niedrigere Werte in den kurz gehäckselten Varianten.

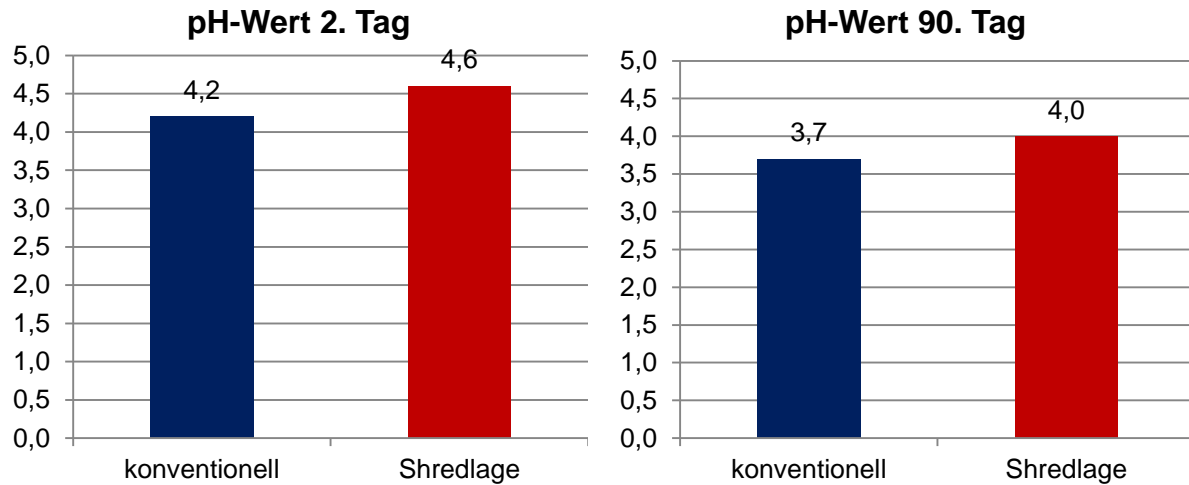


Abb. 4.1.2.1: pH-Werte nach 2 und 90 Tagen Lagerdauer (n=3)

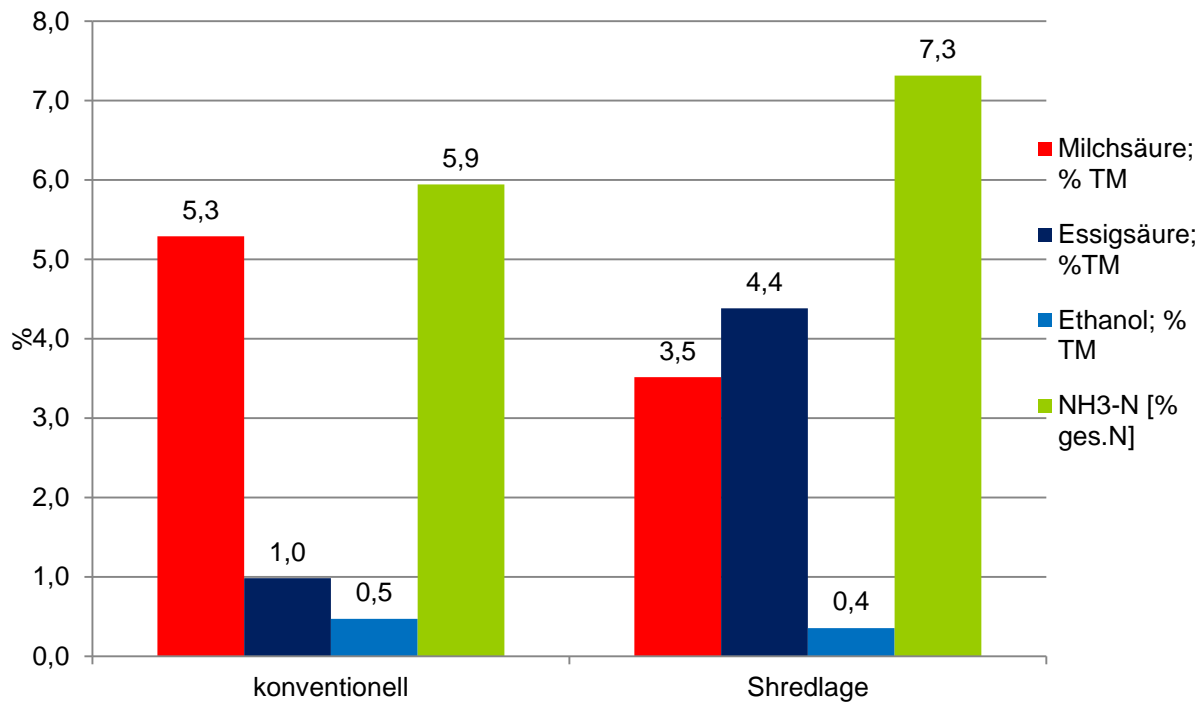


Abb. 4.1.2.2: Gär säure-, Ethanol- und NH₃-N-Gehalte der 90 Tage gelagerten Silagen (n=3)

Aus der Abb. 4.1.2.2 ist deutlich die Verschiebung zu einer Essigsäure dominierten Vergärung beim gröber gehäckseltem Material zu erkennen. Der dort bestimmte Essigsäuregehalt von 4,4 % in der TM ist deutlich oberhalb des Grenzwertes von 3 % in der TM gemäß DLG-Empfehlung (DLG, 2006). Einhergehend mit dem höheren Gehalt an Essigsäure wurden ein niedrigerer Gehalt an Milchsäure und ein deutlicher Anstieg des NH₃-N Gehaltes am Gesamt-Stickstoff ermittelt. Höhere NH₃-N Gehalte

sind nicht untypisch für Silagen mit höheren Gehalten an Essigsäure (Kristensen et al., 2010).

Bei der Fermentation von Zucker zu Essigsäure wird CO₂ freigesetzt (Wilkinson et al., 2003) was zum Anstieg der Trockenmasseverluste während der Silierung führt und die höheren Gärverluste der Shredlage-Maissilage gegenüber dem konventionell gehäckseltem Material erklärt. Die entstandenen Gärverluste sind der Abb. 4.1.2.3 zu entnehmen.

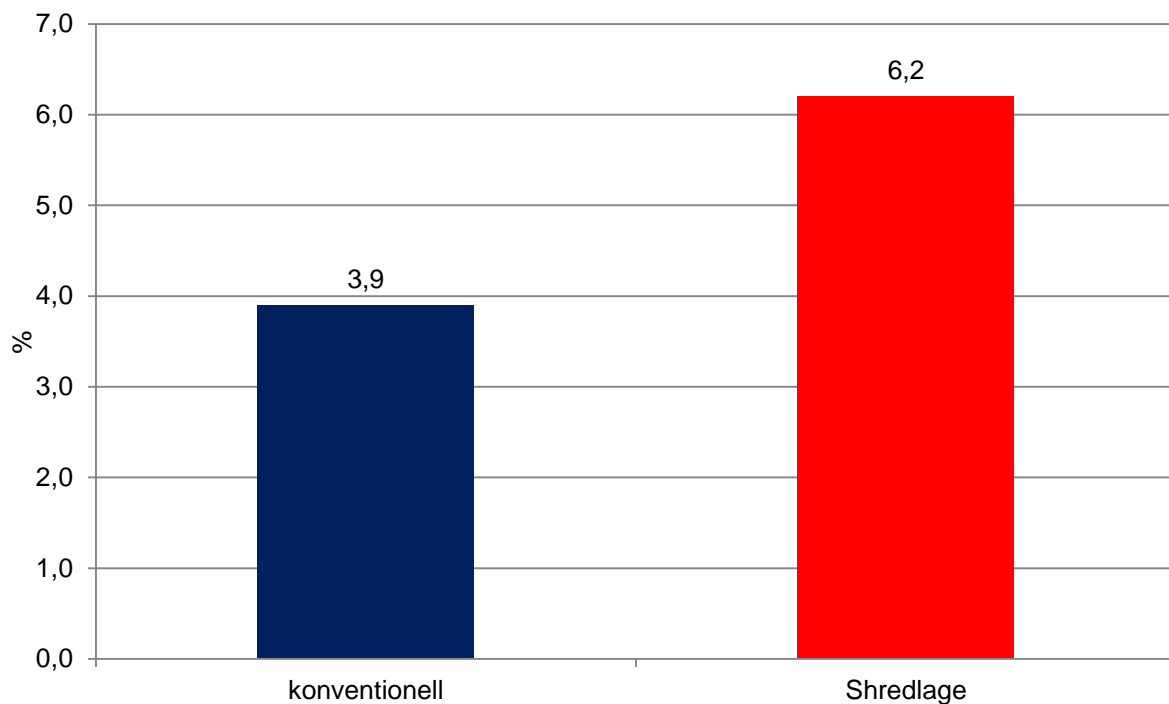


Abb. 4.1.2.3: Gärverluste (%) nach 90 Tagen Lagerdauer

Die Ursache für die deutliche Differenzierung der unterschiedlich aufbereiteten Silagen hinsichtlich der Fermentation sollte weniger dem Ernteverfahren zugeschrieben werden, sondern kann eher in den sehr geringen Besätzen an Milchsäurebakterien begründet liegen. Im Fall der Shredlage-Maissilage kann ein heterofermentativ dominierter Bakterienbesatz vorgelegen haben, der in diesem Versuch zu den beschriebenen Ergebnissen geführt hat.

4.1.3 Messung der aeroben Stabilität

Im Laborsiloversuch wurde entsprechend der Prüfvorschrift zwei Mal die aerobe Stabilität (ASta) bestimmt. Im ersten Test wurde Material getestet, was in der 49-tägigen Lagerung nach 28 und 42 Tagen Lagerdauer für jeweils 24 Stunden mit Sauerstoff zusätzlich gestresst wurde. Die nach 90 Tagen getesteten Silagen waren durchgängig anaerob gelagert. Die Ergebnisse der beiden Prüfungen sind in Abb. 4.1.3.1 dargestellt. Die Shredlage-Maissilagen sind in beiden Fällen deutlich aerob stabiler, was weniger dem Ernteverfahren als vielmehr den deutlich höheren Gehalten an Essigsäure zuzuschreiben ist, die die aerobe Stabilität fördern soll. (Danner et al., 2003).

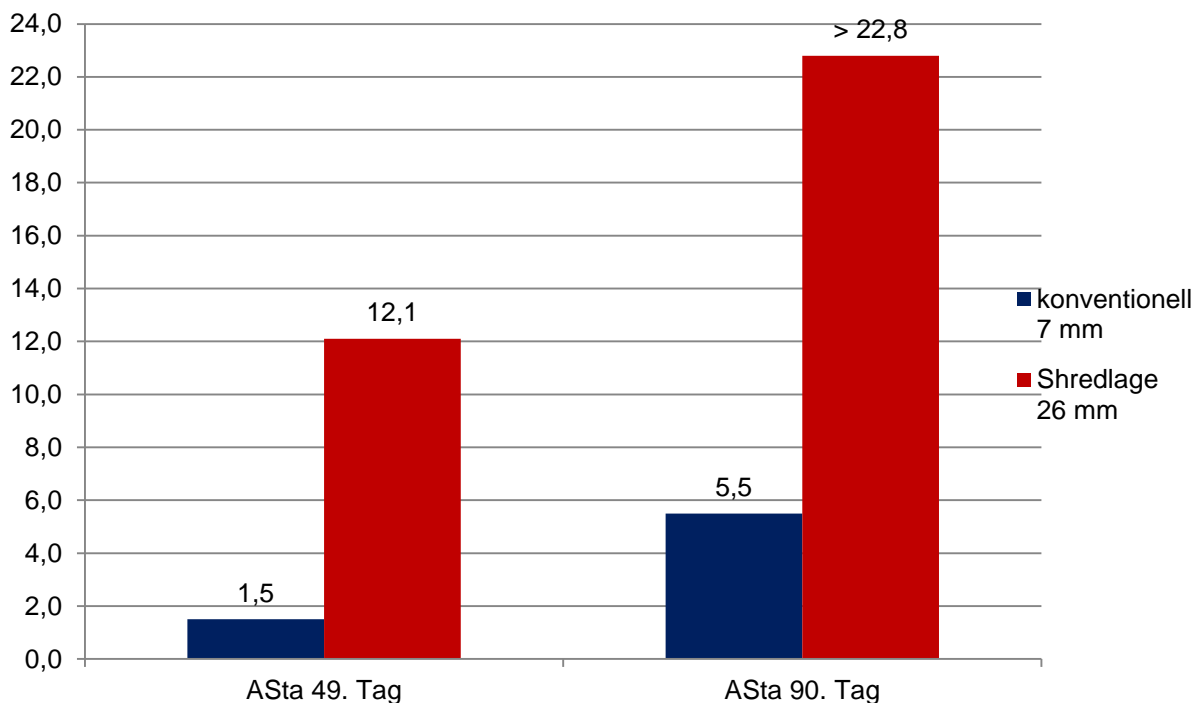


Abb. 4.1.3.1: Aerobe Stabilität (Tage) der Laborsilagen nach 49 und 90 Tagen Lagerdauer

Während der Verfütterung der beiden Maissilagen wurden die Temperaturen jeweils 50 cm und 100 cm hinter den Anschnittflächen einmal wöchentlich mit einem Thermometer gemessen. Exemplarisch für den so ermittelten Temperaturverlauf werden in Abb. 4.1.3.2 die Daten von den Messungen in der Mitte der jeweiligen Silomiete etwa 1 m unterhalb der Oberfläche dargestellt. Die Temperaturkurven verlaufen weitgehend parallel, so dass keine Differenzierung aufgrund des Erntesystems gegeben ist. Temperaturanstiege treten parallel oder nur mit kurzer zeitlicher Verzögerung

zung auf, was eher auf äußere Effekte als auf unterschiedlich zur Nacherwärmung neigende Silagen hindeutet. Lediglich bei deutlich reduziertem Vorschub am Ende des Fütterungsversuchs wurde beim kurz gehäckselten Material ein Temperaturanstieg festgestellt.

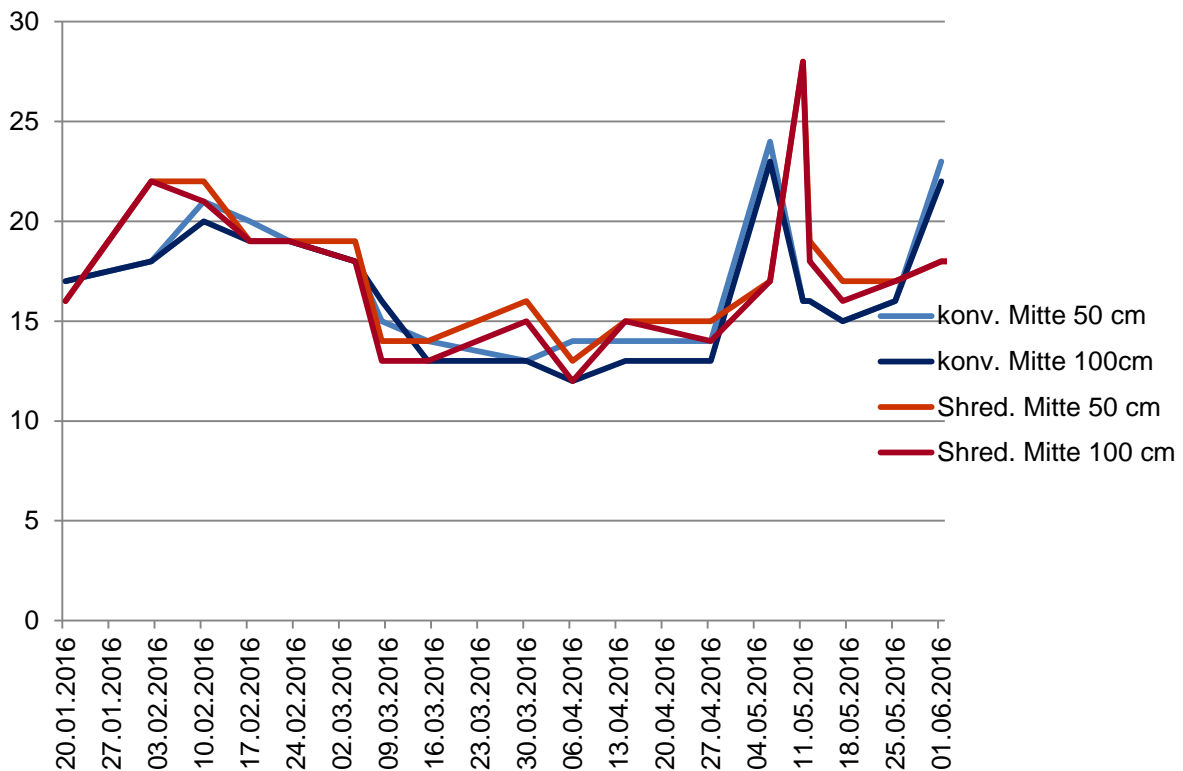


Abb. 4.1.3.2: Temperaturen (°C) an der Anschnittfläche in der Mitte der Silomieten etwa 1 m unterhalb der Oberfläche in 50 cm und 100 cm Tiefe

4.2 Fütterung

4.2.1 Untersuchungen zur Partikelgrößenverteilung

Sowohl Frischmais als auch die gefütterten TMRen und die Futterreste wurden hinsichtlich ihrer Partikelgrößenverteilung mit der Schüttelbox überprüft. Die Ergebnisse wurden zu Mittelwerten zusammengefasst und sind in Tabelle 4.2.1.1 und in den Abbildungen 4.2.1.1 bis 4.2.1.3 grafisch dargestellt.

Beim Frischmais findet eine deutliche Verschiebung zwischen den beiden Varianten im Ober- und Mittelsieb statt. Shredlage-Mais hat mit 36 % einen deutlich größeren

Partikelanteil im Obersieb. Bei der kürzer gehäckselten Variante finden sich dort nur 2 %. Der Anteil an sehr feinen Partikeln (<0,8 cm) ist in beiden Varianten gleich.

Diese Verschiebung im Ober- und Mittelsieb ist in den gefütterten TMRen ebenfalls zu erkennen. Der Anteil an groben Partikeln im Obersieb ist bei den Shredlage-Varianten mit 25 % etwa doppelt so hoch im Vergleich zu den Rationen mit konventioneller Maissilage.

Bei den Futterresten liegt eine ähnliche Aufteilung der Fraktionen im Vergleich zu den vorgelegten Rationen vor. Tendenziell befindet sich in den Futterresten ein etwas größerer Anteil im Obersieb im Vergleich zur vorgelegten Ration. Diese Verschiebung tritt bei den Varianten mit Strohzugabe (KmS und SmS) noch deutlicher auf.

Tab. 4.2.1.1: Mittelwerte der Fraktionsanteile in der Schüttelbox von Frischmais(n=10), vorgelegter Ration (n=6 mit je 3 Wiederholungen) und Futterrest (n=6)

Futterart	Gruppe	Obersieb (%)	Stabw	Mittelsieb (%)	Stabw	Boden (%)	Stabw	peNDFom (% TM)
Frischmais	Mais kurz	2	0,8	66	2,3	32	2,6	24,1
Frischmais	Shredlage	36	5,3	32	3,8	32	2,8	22,7
vorgelegte Ration	KoS	11	4,0	41	4,1	48	4,4	17,8
vorgelegte Ration	KmS	12	2,9	39	2,7	49	2,8	17,8
vorgelegte Ration	SoS	25	4,1	34	2,0	41	3,0	19,6
vorgelegte Ration	SmS	25	4,1	32	1,7	43	2,9	19,3
Futterrest	KoS	15	9,6	45	6,3	40	4,8	
Futterrest	KmS	20	2,3	44	1,5	37	2,4	
Futterrest	SoS	31	6,1	34	2,7	35	4,7	
Futterrest	SmS	36	5,5	32	6,4	31	1,9	

Die errechneten peNDFom-Gehalte liegen in den Rationen mit Shredlage mit 19,3 bzw. 19,6 % um 1,5-1,8 %-Punkte höher als in den Rationen mit kurz gehäckseltem Mais.

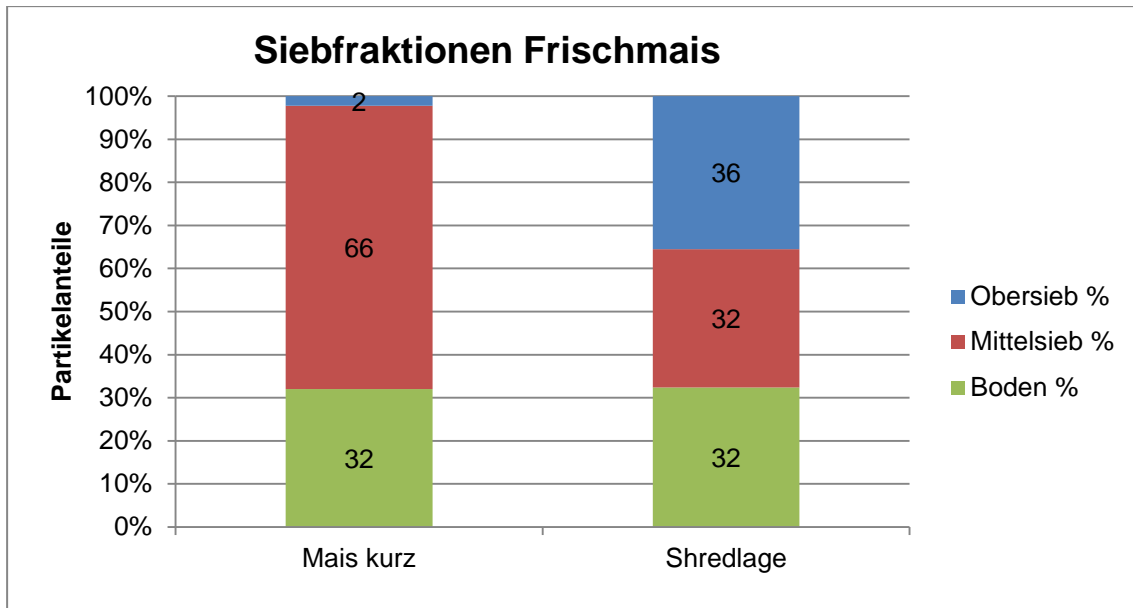


Abb. 4.2.1.1: Ergebnisse der Siebfractionierung im Frischmais

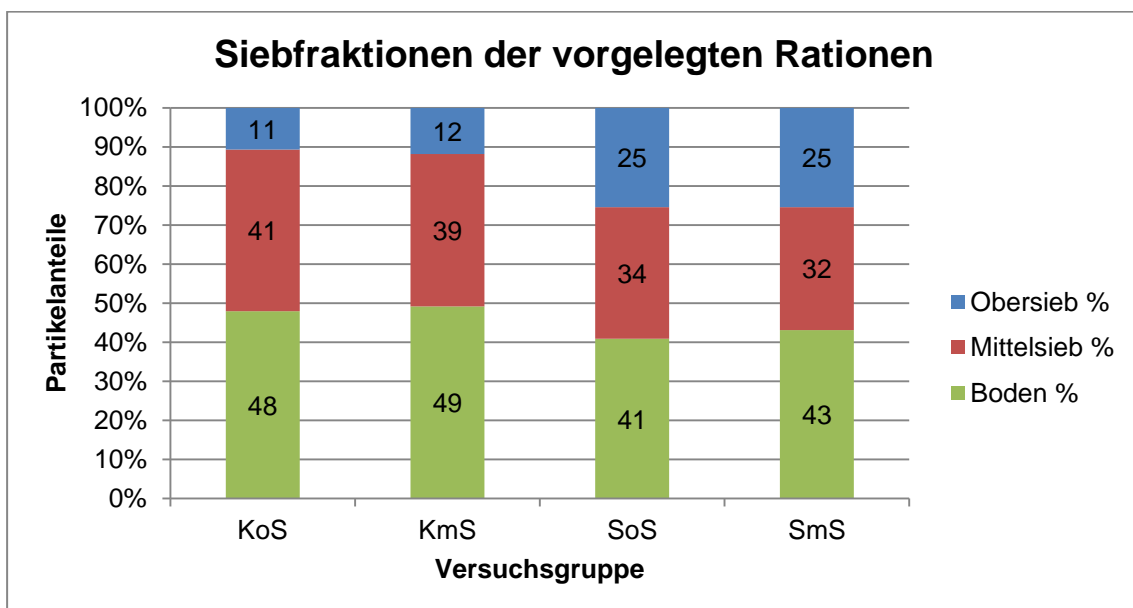


Abb. 4.2.1.2: Ergebnisse der Siebfractionierung der vorgelegten Rationen

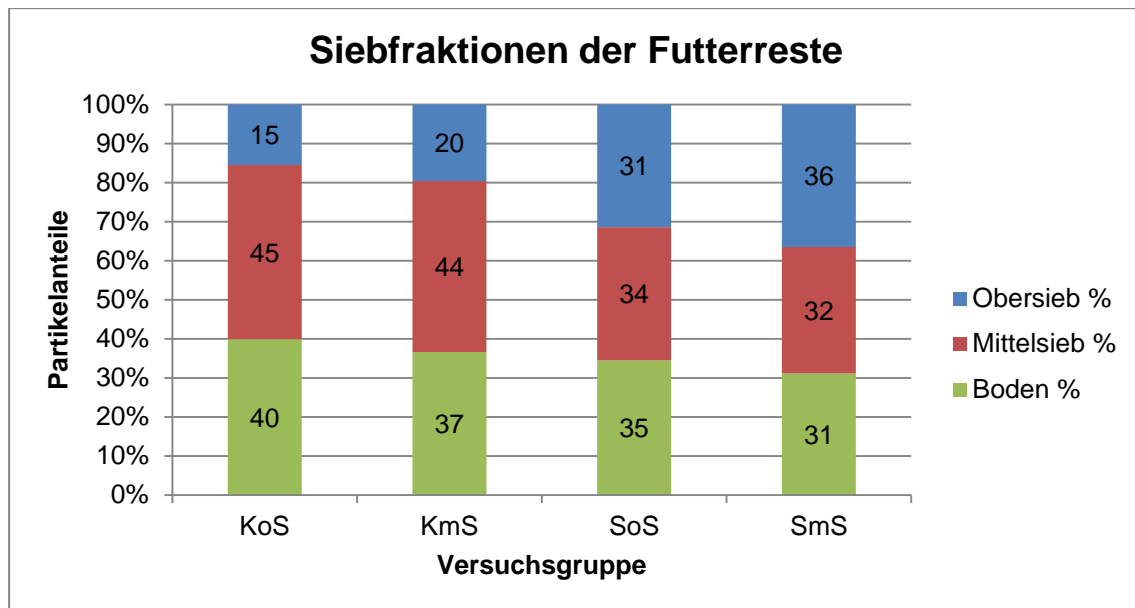


Abb. 4.2.1.3: Ergebnisse der Siebfractionierung der Futterreste

4.2.2 Verdaulichkeitsmessungen an Hammeln und Milchkühen

Sowohl im Kuh- wie auch im Hammelversuch konnten die Silagen und die TMRen wie vorgesehen geprüft werden. Probleme in der Akzeptanz und der Futteraufnahme traten nicht auf. Es wurden keine Auffälligkeiten oder Veränderungen im Kuh- und Hammelkot festgestellt.

Die konventionell geerntete Maissilage und die Shredlage-Maissilage wurden einer Verdaulichkeitsmessung an je vier Hammeln unterzogen. Über die Nährstoffgehalte der Silagen, die Verdaulichkeit der Nährstoffe sowie die berechneten Energiegehalte informiert die Tabelle 4.2.2.1. Die Nährstoffgehalte der beiden Silagen sind sehr vergleichbar. Die Silagen sind als rohfasernarm und stärkehaltig zu charakterisieren. Dies hat insgesamt eine hohe Gasbildung bzw. hohe ELOS-Werte zur Folge. Die CSPS-Werte unterscheiden sich um gut 7%-Punkte, worin eine bessere Kornzerkleinerung in dem Shredlage-Material zum Ausdruck kommt. Die Befunde für die Parameter der Gärqualität lassen den Schluss zu, dass die Silagen gut fermentiert wurden und keine Fehlgärungen vorliegen. Die Verdaulichkeit der organischen Masse beträgt für die konventionell gehäckselte Silage 81,0 % und für die Shredlage-Silage 80,5 %. Auch bei den übrigen Nährstoffen ergeben sich vergleichbare Größen der Verdaulichkeit. Eine Prüfung mittels T-Test ergibt in keinem Merkmal eine Signifikanz der Differenzen. Die aus den verdaulichen Nährstoffen berechneten Energiegehalte betragen

7,24 bzw. 7,23 MJ NEL/kg TM für die konventionelle Maissilage bzw. die Shredlage-Maissilage. Aus den Befunden kann gefolgert werden, dass gut vergorene, hoch verdauliche und energiereiche Maissilagen unabhängig von der Häckseltechnik vorliegen.

Tab. 4.2.2.1: Nährstoffgehalte, Gärqualitäten, an Hammeln ermittelte Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalte der konventionellen Maissilage und der Shredlage-Maissilage

	Konventionelle Maissilage	Shredlage-Maissilage
Nährstoffgehalte		
Trockenmasse, %	35,1	36,3
Rohasche, g/kg TM	37	36
Rohprotein, g/kg TM	74	77
Rohfett, g/kg TM	28	28
Rohfaser, g/kg TM	142	140
Stärke, g/kg TM	373	366
CSPS, %	52,6	59,9
Zucker, g/kg TM	3	8
aNDFom, g/kg TM	311	322
ADFom, g/kg TM	182	185
Gasbildung, ml/200 mg	59,4	59,7
ELOS, g/kg TM	770	779
Calcium, g/kg TM	2,0	2,2
Phosphor, g/kg TM	2,6	2,8
Magnesium, g/kg TM	1,1	1,4
Kalium, g/kg TM	12,8	11,3
pH-Wert	3,70	3,90
Gärqualität		
Buttersäure, %	< 0,01	< 0,01
Essigsäure, %	1,20	1,07
Ethanol, %	0,84	0,51
L-Milchsäure, %	6,01	3,91
Verdaulichkeit, n = 4 Hammel pro Gruppe		
OM, %	81,0 ± 2,48	80,5 ± 1,18
XP, %	46,6 ± 11,52	48,2 ± 3,82
XL, %	73,4 ± 3,68	75,8 ± 1,45
XF, %	67,5 ± 4,05	65,4 ± 3,87
NDFom, %	64,0 ± 4,67	64,2 ± 2,48
ADFom, %	67,3 ± 3,55	67,7 ± 2,64
OR, %	83,7 ± 2,17	83,3 ± 0,93
Energiegehalte		
ME, MJ/kg TM	11,88	11,83
NEL, MJ/kg TM	7,35	7,31
ME, GfE'08, MJ/kg TM	11,74	11,73
NEL, GfE'08, MJ/kg TM	7,24	7,23

Die Tabelle 4.2.2.2 zeigt die Nährstoffgehalte, die in der Hammelprüfung ermittelten Verdaulichkeit der Nährstoffe sowie die daraus kalkulierten Energiegehalte für die vier im Fütterungsversuch eingesetzten Rationen. Die chemischen Analysen ergeben vergleichbare Werte bei den Nährstoffgehalten. Vorhandene Differenzen zwischen den Rationen bewegen sich bei allen Nährstoffen innerhalb der Analysenspielräume. Die Werte stimmen des Weiteren gut mit den Angaben zum Nährstoffgehalt der im Kuhversuch eingesetzten Rationen überein (s. Kapitel 3.3.5). Insofern kann davon ausgegangen werden, dass im Hammeltest repräsentative Rationen geprüft wurden. Die Verdaulichkeit der organischen Masse beträgt 80,7 % für KoS, 81,0 % für KmS, 81,8 % für SoS und 81,7 % für SmS. Auch die Verdaulichkeit der übrigen Nährstoffe variiert zwischen den Rationen nur in geringem Maße. Im T-Test ergeben sich wiederum keine signifikanten Differenzen. 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 schließlich 7,48 MJ NEL/kg TM bei SmS. Die Unterschiede sind gering und nicht signifikant. Die Berechnung der Energiegehalte mit Hilfe der TMR-Schätzgleichung führt zu vergleichbaren Ergebnissen.

Tab. 4.2.2.2: Nährstoffgehalte, an Hammeln ermittelte Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalte der Mischrationen

	Mischrationen			
	KoS	KmS	SoS	SmS
Nährstoffgehalte				
Anzahl Analysen	2	1	2	1
Trockenmasse, %	39,5	40,9	39,1	39,4
Rohasche, g/kg TM	64	64	60	61
Rohprotein, g/kg TM	170	166	153	156
Rohfett, g/kg TM	45	44	45	46
Rohfaser, g/kg TM	163	147	153	152
Stärke, g/kg TM	135	154	152	168
aNDFom, g/kg TM	344	342	334	322
ADFom, g/kg TM	202	213	201	198
Calcium, g/kg TM	7,9	8,3	7,1	7,4
Phosphor, g/kg TM	4,4	4,4	4,1	4,1
Natrium, g/kg TM	1,9	2,0	1,7	1,8
Magnesium, g/kg TM	2,3	2,2	2,0	2,0
Kalium, g/kg TM	13,7	13,7	13,0	13,5
Verdaulichkeit, n = 4 Hammel pro Gruppe				
OM, %	80,7 ± 1,3	81,0 ± 0,6	81,8 ± 0,7	81,7 ± 1,0
XP, %	73,7 ± 3,3	75,6 ± 0,9	74,1 ± 1,1	73,4 ± 1,5
XL, %	79,8 ± 1,9	77,8 ± 2,0	79,8 ± 1,7	77,9 ± 1,8
XF, %	67,4 ± 2,3	64,3 ± 1,1	68,6 ± 0,8	68,2 ± 1,6
NDFom, %	66,9 ± 2,7	66,3 ± 1,5	67,3 ± 0,8	67,1 ± 1,7
ADFom, %	61,0 ± 2,5	61,7 ± 1,6	63,2 ± 0,7	63,9 ± 2,1
XS, %	99,5 ± 0,3	98,7 ± 0,4	98,6 ± 0,5	99,0 ± 0,7
OR, %	83,7 ± 1,1	84,5 ± 0,5	84,6 ± 0,7	84,7 ± 0,9
Energiegehalte				
ME, MJ/kg TM	11,99	12,00	12,13	12,11
NEL, MJ/kg TM	7,38	7,39	7,49	7,48
ME, TMR'04, MJ/kg TM	11,79	11,96	11,82	11,84
NEL, TMR'04, MJ/kg TM	7,26	7,39	7,28	7,30

Die Rationen KoS und SoS wurden an jeweils vier Kühen auf ihre Verdaulichkeit geprüft. Es wurden die gleichen Rationen wie in der Hammelprüfung gefüttert und demzufolge auch mit den gleichen Nährstoffgehalten gerechnet. Während der Verdaulichkeitsmessung haben die Kühe in der Variante KoS eine Lebendmasse von 697 kg bzw. von 611 kg in der Variante SoS (siehe Tabelle 4.2.2.3). Die mittlere Futteraufnahme in der Messperiode beträgt 23,1 bzw. 21,6 kg TM je Kuh und Tag bei einer Milchmenge von 39,3 kg bzw. 36,6 kg ECM je Kuh und Tag. Es errechnet sich ein Ernährungsniveau (EN) von 4,2 in KoS und 4,4 in SoS.

Tab. 4.2.2.3: Übersicht der Kühe im Verdaulichkeitsversuch

Kuh-Nr.	42	949	918	858	Mittel	54	960	955	826	Mittel
Vor Versuchsbeginn										
Lakt.-Nr.	1	2	2	3	2	1	2	2	3	2
Lakt. Tag	123	84	115	95	104	132	83	113	141	117
Lebendmasse, kg	641	655	745	748	697	598	537	624	685	611
Milchmenge, kg	33,2	44,8	41,7	45,5	41,3	33,0	44,6	37,2	47,4	40,6
ECM, kg	31,0	42,4	35,8	38,2	36,9	32,5	38,2	30,6	44,9	36,6
Versuchsphase										
TM-Aufnahme, kg	19,2	23,4	23,4	26,5	23,1	21,2	21,3	20,1	23,8	21,6
Kotmenge, kg TM	5,0	6,5	5,9	6,8	6,1	5,5	5,8	6,0	6,5	6,0
Milchmenge, kg	31,2	45,2	42,6	44,6	40,9	34,6	43,4	38,7	42,8	39,9
ECM, kg	29,5	46,0	40,1	41,4	39,3	34,4	38,3	33,3	40,3	36,6

Die Ergebnisse der Verdaulichkeitsmessung mit Milchkühen sind in der Tabelle 4.2.2.4 zusammengestellt. Die Verdaulichkeit der organischen Masse beträgt in KoS 75,3 % und in SoS 74,0 %. Bei der Verdaulichkeit der Faser beschreibenden Größen (Rohfaser, aNDFom, ADFom) bestehen signifikante Unterschiede zwischen den getesteten Rationen zugunsten der Variante KoS. Hingegen ist die Verdaulichkeit der Stärke in der Ration SoS um 1,1 %-Punkte höher als in KoS, wobei in beiden Varianten die Stärkeverdaulichkeit mit einer Größenordnung von über 98 % auf einem sehr hohen Niveau liegt. Insofern ist die gemessene Differenz nicht über zu bewerten. Aus den verdaulichen Nährstoffen errechnet sich ein Energiegehalt von 6,78 MJ NEL/kg TM für KoS und 6,66 MJ NEL/kg TM für SoS. Die statistische Prüfung der Differenz ergibt keine Signifikanz.

Die Verdaulichkeit der organischen Masse in den Rationen KoS und SoS ist in der Prüfung am Hammel deutlich höher als in der Prüfung an den Milchkühen. Dies erklärt sich in erster Linie durch das höhere Futteraufnahmeniveau und der damit einhergehenden erhöhten Passagerate bei den Milchkühen. Die Differenz in der Verdaulichkeit der organischen Masse zwischen Hammel- und Kuhversuch beträgt 5,3 %-Punkte bei KoS und 7,8 %-Punkte bei SoS. Bezogen auf eine Einheit EN beträgt die Differenz 1,3 %-Punkte bei KoS und 1,8 %-Punkte bei SoS. Bei hoher Passagerate unterliegen demzufolge Rationen mit Shredlage-Maissilage einer stärkeren Verdaulichkeitsdepression als Rationen mit konventioneller Maissilage. Dies kann mit der gröberen Futterstruktur begründet werden.

Tab. 4.2.2.4: Nährstoffgehalte, an Kühen ermittelte Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiegehalte der Mischrationen

	Mischrationen	
	koS	SoS
Nährstoffgehalte		
Anzahl Analysen	2	2
Trockenmasse, %	39,5	39,1
Rohasche, g/kg TM	64	60
Rohprotein, g/kg TM	170	153
Rohfett, g/kg TM	45	45
Rohfaser, g/kg TM	163	153
Stärke, g/kg TM	135	152
aNDFom, g/kg TM	344	334
ADFom, g/kg TM	202	201
Calcium, g/kg TM	7,9	7,1
Phosphor, g/kg TM	4,4	4,1
Natrium, g/kg TM	1,9	1,7
Magnesium, g/kg TM	2,3	2,0
Kalium, g/kg TM	13,7	13,0
Verdaulichkeit, n = 4 Kühe pro Gruppe		
OM, %	75,3 ± 1,3	74,0 ± 1,6
XP, %	68,5 ± 2,8	65,9 ± 2,6
XL, %	72,9 ± 2,5	72,0 ± 1,5
XF, %	58,5* ± 1,7	52,1* ± 3,9
NDFom, %	58,6* ± 1,1	51,9* ± 3,1
ADFom, %	55,6* ± 1,4	50,4* ± 3,1
XS, %	98,3* ± 0,6	99,4* ± 0,1
OR, %	79,1 ± 1,3	78,7 ± 1,3
Energiegehalte		
ME, MJ/kg TM	11,20	11,03
NEL, MJ/kg TM	6,78	6,66
ME, TMR'04, MJ/kg TM	11,79	11,82
NEL, TMR'04, MJ/kg TM	7,26	7,28

*Signifikante Unterschiede mit $p \leq 0,05$

4.2.3 Messung der Pansen-pH-Werte an fistulierten Ochsen

Die Ergebnisse zur TM-Aufnahme und Pansen-pH-Werten in den verschiedenen Versuchsphasen sind in Tab. 4.2.3.1 dargestellt.

Tab. 4.2.3.1: Trockenmasse-Aufnahme (kg TM/Tag) bei Vorlage der Grobfutter als Alleinfuttermittel zur freien Aufnahme an ausgewachsene Ochsen, Pansen pH-Wert als Mittelwert einer stündlichen Messung über 24 h

	Shredlage- Maisilage	Konventionelle Maissilage	Grasheu
Phase 1			
Tier	1	2	3
TM-Aufnahme	9,9	13,2	18,3
SD TM-Aufnahme	2,18	1,15	1,20
Mittelwert pH-Wert	6,5	6,7	6,4
SD pH-Wert	0,22	0,20	0,10
Phase 2			
Tier	2	3	1
TM-Aufnahme	17,4	14,5	11,9
SD TM-Aufnahme	1,39	2,18	1,09
Mittelwert pH-Wert	6,6	6,6	6,5
SD pH-Wert	0,20	0,16	0,19
Phase 3			
Tier	3	1	2
TM-Aufnahme	14,0	7,0	13,0
SD TM-Aufnahme	3,48	3,18	1,23
Mittelwert pH-Wert	7,0	6,6	6,6
SD pH-Wert	0,101	0,141	0,081
Mittelwert TM-Aufnahme	13,7	11,6	14,4
SD TM-Aufnahme	3,92	4,04	3,07
Mittelwert pH-Wert	6,7	6,7	6,5
SD pH-Wert	0,29	0,17	0,14

SD = Standardabweichung

Über den gesamten Versuchsverlauf liegen die Futteraufnahmen der Ochsen auf einem hohen Niveau, wobei tierindividuelle Unterschiede auftreten (Mittelwert pro Tier 9,6 kg vs. 14,5 kg vs. 15,6 kg TM-Aufnahme). Es sind zwischen den Silagevarianten keine Unterschiede bezüglich der Akzeptanz durch die Ochsen bei erstmaliger Vorlage festzustellen.

Bei den pH-Messungen zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den Grobfuttervarianten und ein recht großer tierindividueller Effekt, der vornehmlich auf Unterschiede in der TM-Aufnahme und damit der im Pansen zur Verfügung stehenden Menge an fermentierbarer Substanz zurückzuführen sein sollte. Der mittlere pH-Wert bei alleiniger Fütterung mit Maissilage liegt bei pH 6,7 ($\pm 0,17$), für Shredlage bei pH 6,7 ($\pm 0,29$) und für Grasheu bei pH 6,5 ($\pm 0,14$).

Der Verlauf der pH-Werte im Pansen bei stündlicher Messung über 24 h ist graphisch in Abb. 4.2.3.1 dargestellt. Im Tagesverlauf führt die Fütterung mit den beiden Maissilage-Varianten zu etwas größeren Schwankungen in den Pansen-pH-Werten

als das Grasheu, bei welchem aufgrund einer recht langen Schnittlänge die Fut-
teraufnahmezeit am längsten und auch die aufgenommene Menge sehr hoch ist,
so dass kontinuierlich fermentierbares Substrat im Pansen anflutet. Bei insgesamt
hohen TM-Aufnahmen (Mittelwert 13,23 kg) sanken die pH-Werte nie in einen kriti-
schen Bereich (Minimum Maissilage pH 6,32, Shredlage 6,10, Grasheu 6,08).

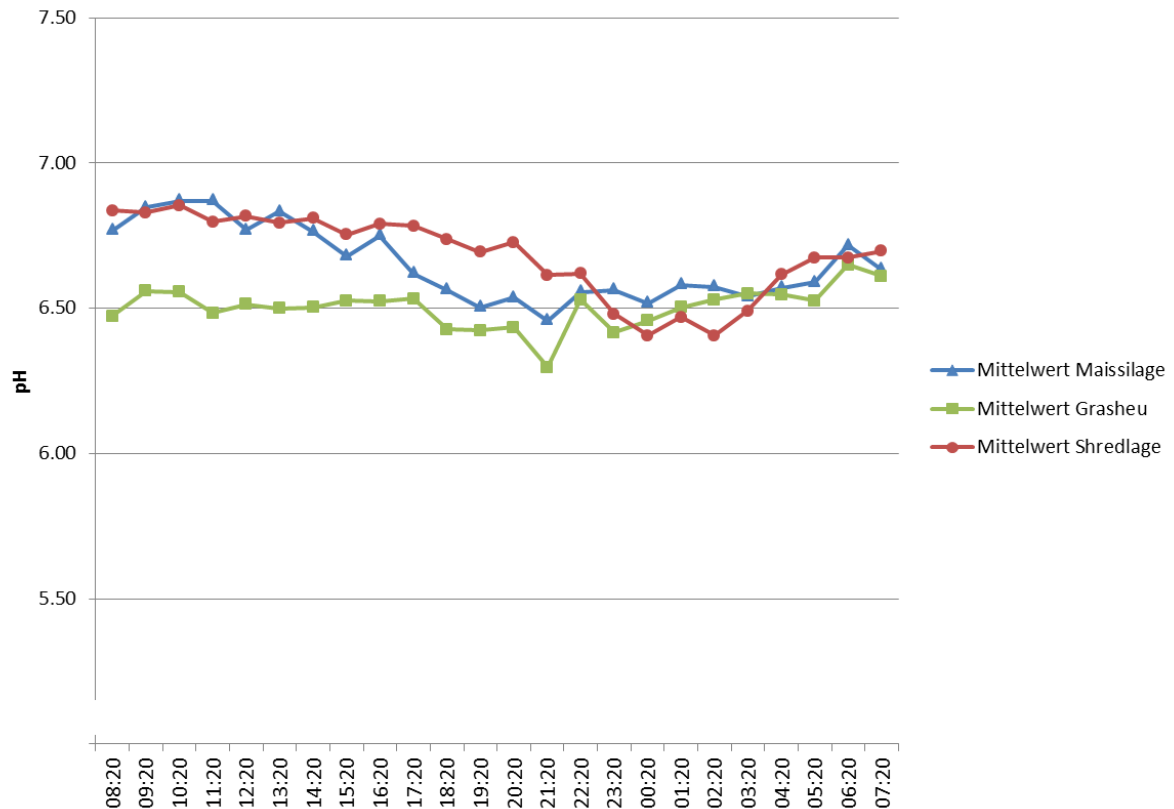


Abb. 4.2.3.1: Verlauf der pH-Werte im Pansen über 24 h bei Einsatz der Maissilagen und Grasheu als Alleinfuttermittel bei Ochs, vorgelegt zur *ad libitum* Aufnahme (Mittelwert von jeweils 3 Tieren)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bei Vorlage der unterschiedlich gehäckselten Maissilagen als Alleinfuttermittel zur freien Aufnahme kein Einfluss der Aufbereitungsform auf den Pansen-pH nachzuweisen war. Bei allen drei Grobfuttervarianten führte vor allem die Höhe der Futteraufnahme und damit die Menge an im Pansen zur Verfügung stehender fermentierbarer Substanz zu gewissen Unterschieden und leichten Schwankungen im Pansen-pH.

4.2.4 Messung der Wiederkauaktivität und der pH-Werte im Pansen bei Milchkühen

Neben der kontinuierlichen Messung der Wiederkauaktivität bei einigen Kühen wurden zur Mitte des Versuches über 50 Tage Sensoren zur Messung der pH-Werte im Pansen eingesetzt. Dazu wurden in allen Versuchsgruppen vergleichbare Tiere bezüglich der Laktationsnummer, des Laktationsstandes, der Milchleistung und der TM-Aufnahme ausgewählt. In Tabelle 4.2.4.1 sind die Kühe sowie das Wiederkauverhalten in min/Tag und der mittlere Tages-pH-Wert im Pansen dargestellt. Das Wiederkauverhalten spiegelt deutlich die Strukturanteile der vorgelegten Rationen wieder. So haben die Kühe der Versuchsgruppe KoS mit im Durchschnitt 555 min/Tag die geringste Wiederkaudauer, die Kühe der Gruppe SmS kauten mit 678 min/Tag über zwei Stunden täglich mehr wieder. Die Ergebnisse der pH-Wert-Messung im Pansen geben ein entsprechendes Bild ab. Der durchschnittliche Tages-pH-Wert ist bei den Kühen der KoS-Gruppe mit 5,9 deutlich geringer als in den übrigen Versuchsgruppen. Der Tabelle kann auch entnommen werden, dass bezüglich der Milchleistung und Trockenmasseaufnahme in dieser Teilstichprobe eine vergleichbare Rangierung zwischen den Futtergruppen wie in der Gesamtstichprobe vorhanden ist. Insofern kann die Auswahl der Tiere als repräsentativ angesehen werden.

Tab. 4.2.4.1: Milchleistung, TM-Aufnahme, Wiederkaudauer und pH-Wert im Pansen von je 4 Kühen in den Futtergruppen

Stall-Nr.	Versuchsgruppe	Lak. Nr.	LT	ECM, kg	TM-Aufnahme, kg	Wiederkauen, Min/Tag	Pansen-pH-Werte
53	KoS	1	130	28,6	22,4	524 ± 43,1	5,7 ± 0,05
952	KoS	2	84	37,4	24,9	564 ± 60,9	5,8 ± 0,13
858	KoS	3	94	40,3	19,9	579 ± 41,5	6,0 ± 0,04
611	KoS	5	132	40,0	24,2	552 ± 56,6	6,0 ± 0,07
		2,75	110	36,6	22,9	555 ± 50,5	5,9 ± 0,07
60	KmS	1	116	34,0	18,8	626 ± 38,2	6,3 ± 0,03
964	KmS	2	81	40,4	29,8	637 ± 39,5	6,3 ± 0,06
876	KmS	3	63	48,9	25,6	655 ± 27,2	6,2 ± 0,04
718	KmS	4	124	46,2	24,6	587 ± 85,2	6,0 ± 0,08
		2,50	96	42,4	24,7	626 ± 47,5	6,2 ± 0,05
59	SoS	1	126	35,6	20,7	714 ± 46,2	6,0 ± 0,04
917	SoS	2	63	38,8	26,3	661 ± 44,2	6,4 ± 0,03
826	SoS	3	141	43,4	27,9	617 ± 47,9	6,1 ± 0,04
605	SoS	5	86	39,3	26,4	603 ± 47,2	6,2 ± 0,16
		2,75	104	39,3	25,3	649 ± 46,4	6,2 ± 0,07
52	SmS	1	134	27,6	22,0	595 ± 33,3	6,2 ± 0,06
958	SmS	2	77	41,3	26,4	731 ± 41,8	5,9 ± 0,05
883	SmS	3	83	38,2	27,0	703 ± 50,0	6,5 ± 0,06
764	SmS	4	80	46,0	33,9	683 ± 53,0	6,2 ± 0,06
		2,50	94	38,3	27,3	678 ± 44,5	6,2 ± 0,06

In der Abbildung 4.2.4.1 ist der Tagesverlauf der Pansen-pH-Werte auf Basis von 50 Messtagen an jeweils vier Tieren jeder Futterration dargestellt. Auffallend ist die große Differenzierung der Werte zwischen der Variante KoS und den drei übrigen Rationen, die sich untereinander so gut wie nicht unterscheiden. Bei KoS ist der Pansen-pH-Wert für mehr als 10 Stunden im Verlauf des Tages unterhalb des als kritisch angesehenen pH-Wertes von 5,8. In den anderen Futtergruppen wird dieser Grenzwert nicht unterschritten. Die Werte bewegen sich immer deutlich oberhalb von 6,0.

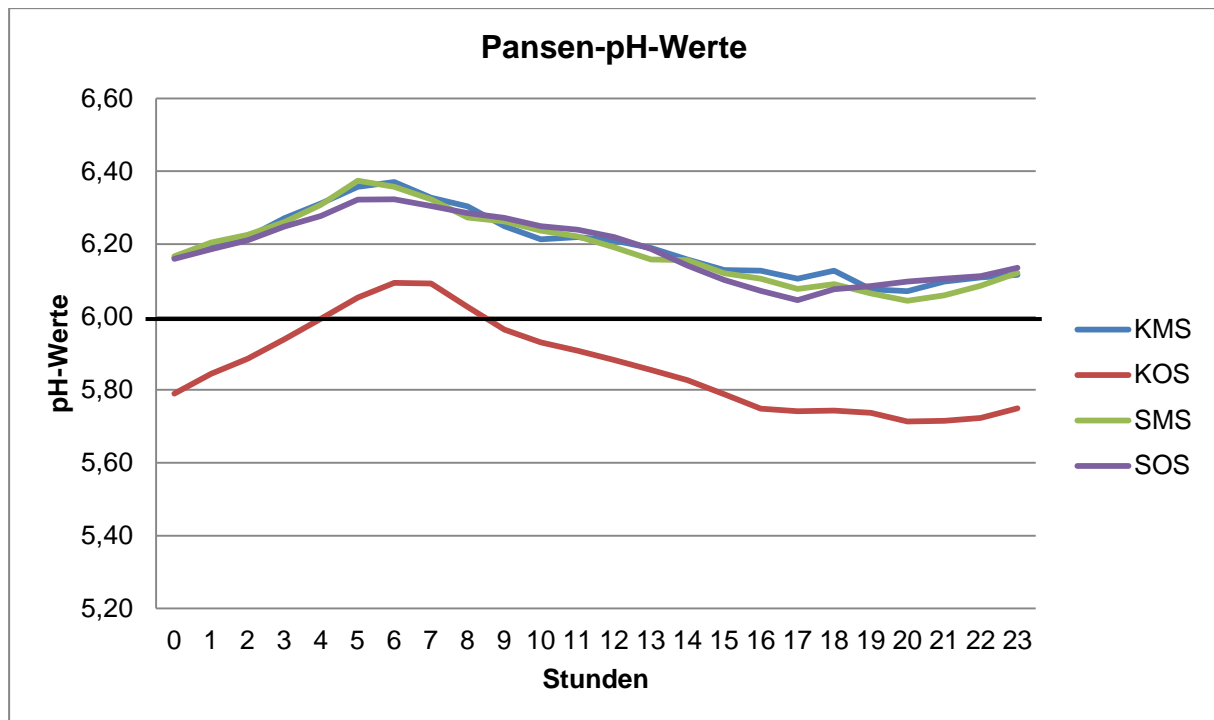


Abb. 4.2.4.1: Verlauf der Pansen-pH-Werte in Abhängigkeit der Futterrationen, gemessen über 50 Tage an je vier Tieren

4.2.5 Fütterungsversuch mit Milchkühen

Für jede Fütterungsgruppe standen 24 Versuchsplätze zur Verfügung. Aufgrund des gewählten Versuchsdesigns mit Nachställen von Frischmelkern in alle vier Versuchsgruppen als Ersatz für Kühe mit fortgeschrittener Laktation kommen letztendlich mehr Kühe als Versuchsplätze zur Auswertung. In KoS werden 39 Kühe mit einem durchschnittlichen Laktationstag von 90 Tagen ausgewertet. In KmS sind es 44 Tiere mit 86 Laktationstagen, in SoS 41 Kühe mit 87 Tagen und schließlich in SmS 40 Kühe mit 84 Laktationstagen. Die mittlere Anzahl an Versuchstagen je Kuh beträgt 83 (13 – 140) in KoS, 74 (2 – 140) in KmS, 79 (20 – 140) in SoS und 79 (7 – 140) in SmS.

In der Tabelle 4.2.5.1 ist der Einfluss der Futtergruppe auf die Trockenmasse-, Nährstoff- und Wasseraufnahme dargestellt. Die Kühe der Futtergruppe KoS verzehren im Mittel 23,2 kg TM je Tag. Die Werte für KmS sind 24,1 kg TM, für SoS 23,2 kg TM und für SmS 25,0 kg TM. Die Unterschiede zwischen den Futtergruppen sind zum Teil signifikant. So frisst die Gruppe SmS signifikant mehr als KoS und SoS. Die Unterschiede in den Nährstoffaufnahmen korrespondieren mit den Differenzen in den

TM-Aufnahmen. Insbesondere gegenüber KoS und SoS zeigt die Gruppe SmS statistisch gesichert höhere Energie- und Nährstoffaufnahmen. In der Wasseraufnahme sind die Gruppen KoS und SmS der Gruppe SoS gesichert überlegen.

Tab. 4.2.5.1: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Futter-, Nährstoff- und Wasseraufnahme (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	KoS	KmS	SoS	SmS	F-Wert
Futteraufnahme, gesamt	kg TM	23,2 ^a	24,1 ^{ab}	23,2 ^a	25,0 ^b	0,002
NEL	MJ	168 ^a	173 ^{ab}	169 ^a	181 ^b	0,006
XA	g	1361 ^a	1421 ^{ab}	1342 ^a	1454 ^b	0,001
XP	g	3791 ^{ab}	3884 ^{ab}	3777 ^a	4015 ^b	0,025
nXP	g	3954 ^a	4066 ^{ab}	3962 ^a	4227 ^b	0,010
RNB	g	-25,8 ^a	-28,9 ^b	-29,1 ^b	-33,3 ^c	0,000
XF	g	3916 ^a	4170 ^b	3862 ^a	4272 ^b	0,000
XS	g	4149	4232	4020	4257	0,049
XZ	g	878 ^a	858 ^a	950 ^b	1006 ^c	0,000
XZ_XS_bXS	g	4411	4322	4559	4306	0,044
aNDFom	g	7879 ^{ac}	8354 ^{ab}	7711 ^c	8496 ^b	0,000
ADFom	g	4716 ^{ac}	5008 ^{ab}	4717 ^c	5197 ^b	0,000
Calcium	g	163 ^a	168 ^{ab}	163 ^a	174 ^b	0,012
Phosphor	g	94,2 ^a	96,5 ^{ab}	94,9 ^a	100,8 ^b	0,013
Natrium	g	37,9 ^a	39,1 ^{ab}	37,9 ^a	40,5 ^b	0,008
Magnesium	g	107 ^{ab}	109 ^{ab}	107 ^a	113 ^b	0,026
Kalium	g	224 ^a	233 ^{ab}	227 ^a	245 ^b	0,001
Wasseraufnahme	kg	81,5 ^a	78,8 ^{ab}	74,3 ^b	80,4 ^a	0,009

^{a,b,c} signifikante Unterschiede mit $p \leq 0,05$

Die Tabelle 4.2.5.2 informiert über die Milchleistung und die Milchinhaltstoffe der vier Futtergruppen. Die täglich ermittelte natürliche Milchmenge variiert zwischen 37,7 kg in KmS und 38,7 kg in SmS. Die Unterschiede sind nicht signifikant. Der Fettgehalt bewegt sich zwischen 3,61 % in SoS und 3,73 % in KmS. Numerisch ergeben sich höhere Fettprozentage in den Gruppen mit konventionell gehäckselter Maissilage im Vergleich zu den Gruppen, in denen Shredlage-Maissilage verabreicht wurde. Die Differenzen sind aber nicht signifikant. Der Eiweißgehalt bewegt sich zwischen 3,24 (SoS) und 3,26 % (KoS und KmS). Bei der ECM ergeben sich ebenfalls keine gesicherten Unterschiede. Die Werte liegen zwischen 36,2 und 37,2 kg je Kuh und Tag. Die Milchharnstoffgehalte sind in den mit Shredlage-Maissilage versorgten Gruppen mit je 192 mg/kg gesichert niedriger als in den Gruppen KoS und KmS (206 bzw. 211 mg/kg). Zellzahl- und Laktosewerte unterscheiden sich wiederum nicht zwischen den Futtergruppen.

Tab. 4.2.5.2: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Milchleistung und Milchinhaltsstoffe (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	KoS	KmS	SoS	SmS	F-Wert
Milchmenge, täglich	kg	38,5	37,7	37,8	38,7	0,716
Milchmenge, Kontrolle	kg	39,2	38,2	38,4	39,1	0,745
Fettgehalt	%	3,70	3,73	3,61	3,67	0,642
Fettmenge	kg	1,42	1,42	1,38	1,42	0,724
Eiweißgehalt	%	3,26	3,26	3,24	3,25	0,876
Eiweißmenge	kg	1,27	1,24	1,24	1,26	0,646
Fett:Eiweiß-Quotient		1,13	1,15	1,12	1,13	0,819
ECM	kg	37,2	36,6	36,2	37,0	0,742
Harnstoff	mg/kg	206 ^{ab}	211 ^b	192 ^a	192 ^a	0,012
log. Zellzahl		2,07	2,23	2,43	2,33	0,733
Laktosegehalt	%	4,83	4,82	4,79	4,81	0,633

^{a,b} signifikante Unterschiede mit $p \leq 0,05$

Die Tabelle 4.2.5.3 zeigt die Befunde zur Körperkondition und Lebendmasse sowie die an einer Teilstichprobe von je vier Kühen erhobenen Daten zu den Wiederkauaktivitäten und zum Pansen-pH-Wert. Bezüglich Körperkondition und Lebendmasse bestehen keine Unterschiede zwischen den Futtergruppen. Mit 5,84 wird für die Gruppe KoS ein fast signifikant geringerer Pansen-pH-Wert als in den übrigen Futtergruppen (6,15 bis 6,23) gemessen. Gleichzeitig hat die Gruppe KoS mit 544 Minuten pro Tag eine signifikant geringere Wiederkauaktivität als die Gruppen SoS und SmS, die mit 653 bzw. 678 Minuten die längsten Wiederkaudauern aufweisen.

Tab. 4.2.5.3: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Körperkondition, Lebendmasse, sowie pH-Wert im Pansen und Wiederkaudauer (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	KoS	KmS	SoS	SmS	F-Wert
BCS	Punkte	3,09	3,13	3,11	3,06	0,718
Rückenfettdicke	mm	10,6	10,8	10,9	10,8	0,980
Lebendmasse	kg	651	649	644	654	0,849
Wiederkaudauer	Min/Tag	544 ^a	623 ^{ab}	653 ^b	678 ^b	0,011
Pansen-pH-Werte		5,84	6,15	6,19	6,23	0,070

^{a,b} signifikante Unterschiede mit $p \leq 0,05$

In einer weiteren Auswertung werden nur die Tiere betrachtet, die im Laufe des Versuchs nach einer Kalbung in die Futtergruppen eingestallt wurden, nachdem Altmelker den Versuch verlassen hatten. Hierbei werden 17 Kühe mit 53 Laktationstagen in KoS, 23 mit 56 Laktationstagen in KmS, 20 mit 55 Laktationstagen in SoS und 19 Tiere mit 49 Laktationstagen in SmS berücksichtigt. Die Ergebnisse dieses Teilmate-

rials bezüglich Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Milchleistung, Milchinhaltstoffe und Körperkondition und Lebendmasse in Abhängigkeit der Futtergruppe sind in den Tabellen 4.2.5.4 bis 4.2.5.6 dargestellt. Auch bei diesem Teilmaterial gibt es einen signifikanten Einfluss der Futtergruppe auf die TM- und Nährstoffaufnahme, der zum Teil noch deutlicher als im Gesamtmaterial zum Ausdruck kommt. Die höchste Fut-
teraufnahme wird mit 24,2 kg TM in der Gruppe SmS erzielt, gefolgt von KmS (23,3 kg), SoS (22,7 kg) und KoS (22,1 kg). Eine fast gleiche Abstufung ergibt sich für die Energie- und Nährstoffaufnahmen. Die die Milchleistung und Milchinhaltstoffe beschreibenden Größen sind von der Futtergruppe nicht beeinflusst. Des Weiteren sind keine gesicherten Unterschiede in Körperkondition und Lebendmasse vorhanden.

Tab. 4.2.5.4: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Futter-, Nährstoff- und Wasseraufnahme bei frischlaktierenden Kühen (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	KoS	KmS	SoS	SmS	F-Wert
Futteraufnahme, gesamt	kg TM	22,1 ^a	23,3 ^{ab}	22,7 ^{ab}	24,2 ^b	0,049
NEL	MJ	160	168	166	175	0,078
XA	g	1297	1376	1313	1404	0,049
XP	g	3613	3765	3696	3879	0,172
nXP	g	3769	3942	3877	4083	0,107
RNB	g	-24,7 ^a	-28,0 ^b	-28,4 ^b	-32,0 ^c	0,000
XF	g	3733 ^a	4035 ^{ab}	3779 ^a	4123 ^b	0,005
XS	g	3952	4100	3934	4114	0,337
XZ	g	820 ^a	854 ^a	929 ^b	971 ^b	0,000
XZ_XS_bXS	g	4119	4277	4213	4405	0,221
aNDFom	g	7509	8084	7545	8202	0,009
ADFom	g	4497 ^a	4849 ^{ab}	4615 ^{ab}	5017 ^b	0,005
Calcium	g	155	163	160	168	0,113
Phosphor	g	89,8	93,6	92,8	97,4	0,111
Natrium	g	36,1	37,9	37,1	39,1	0,099
Magnesium	g	102	106	104	109	0,172
Kalium	g	214 ^a	226 ^{ab}	222 ^{ab}	236 ^b	0,027
Wasseraufnahme	kg	79,9	79,1	75,0	81,9	0,210

^{a,b,c} signifikante Unterschiede mit $p \leq 0,05$

Tab. 4.2.5.5: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Milchleistung und Milchinhaltsstoffe bei frischlaktierenden Kühen (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	KoS	KmS	SoS	SmS	F-Wert
Milchmenge, täglich	kg	39,5	39,0	38,9	40,6	0,718
Milchmenge, Kontrolle	kg	40,9	39,7	40,5	41,6	0,749
Fettgehalt	%	3,72	3,74	3,68	3,65	0,911
Fettmenge	kg	1,48	1,48	1,47	1,50	0,993
Eiweißgehalt	%	3,22	3,17	3,17	3,16	0,742
Eiweißmenge	kg	1,31	1,25	1,28	1,30	0,629
Fett:Eiweiß-Quotient		1,15	1,18	1,17	1,16	0,908
ECM	kg	38,6	37,9	38,3	39,0	0,905
Harnstoff	mg/kg	186	196	180	175	0,120
log. Zellzahl		2,31	2,38	2,55	2,76	0,784
Laktosegehalt	%	4,83	4,80	4,80	4,83	0,684

Tab. 4.2.5.6: Einfluss der Fütterungsgruppe auf die Körperkondition, Rückenfettdicke und Lebendmasse bei frischlaktierenden Kühen (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	KoS	KmS	SoS	SmS	F-Wert
BCS	Punkte	3,06	3,10	3,13	3,07	0,873
Rückenfettdicke	mm	11,0	11,7	11,5	12,1	0,809
Lebendmasse	kg	629	622	634	645	0,529

5 Diskussion

5.1 Aspekte der Dichtlagerung und Silierung

In den vorgestellten Untersuchungen wurde die Verdichtbarkeit der Häckselmaterialien unter kontrollierten Bedingungen mit Hilfe einer hydraulischen Presse in 120 l Fässern bei verschiedenen Druckeinstellungen gemessen. Unabhängig von den gewählten Drücken zeigte sich dabei eine um etwa 10 % bessere Dichtlagerung für das kurz gehäckselte Material. Somit wird festgestellt, dass Shredlage-Mais auf Grund seiner gröberen Struktur weniger gut verdichtbar ist, was vor allem durch das größere Nachfederverhalten erklärt werden kann. Ähnliche Befunde wurden von Leurs (2006) beim Vergleich von Silomais mit 6 mm und 21 mm tHL ermittelt. Die Verdichtungsergebnisse in den grob gehäckselten Varianten waren um etwa 25 % schlechter als bei kurzer Häcksellänge. Bei Shredlage-Mais beträgt der Rückgang in der Verdichtbarkeit lediglich 10 %. Aufgrund der größeren Differenz in den Umfangsge-

schwindigkeiten der Crackerwalzen und der aggressiven Bezaehlung entsteht eine groe Reibwirkung, die zu einem Aufsplissen des Hackselgutes in Längsrichtung der Stängels- und Blatteile führt. Dieses aufgesplissene Material lässt sich offensichtlich besser verdichten als Material, welches lediglich mit 21 mm gehackelt und keiner intensiven Aufbereitung unterzogen wird.

Die Messungen zur Dichtlagerung in den Silomieten durch Entnahme von Bohrkernen an den Anschnittflächen zeigen für beide Hackselvarianten eine den Anforderungen entsprechende Verdichtung im unteren und mittleren Bereich der Mieten. Unbefriedigende Werte werden in den oberen Bereichen ermittelt, wobei hier Shredlage-Maissilagen mit einer Abweichung von den Sollvorgaben in Höhe von 42 % einem besonderen Nacherwarmungsrisiko unterliegen. Die Verdichtung und Verhinderung von Nacherwärmung in den Randbereichen im Verfahren Shredlage stellt demnach eine groe Herausforderung dar, für die zukünftig Lösungen entwickelt werden müssen. Dies gilt aber in ähnlicher Form auch für Mieten mit kurz gehackeltem Material.

In dem durchgeführten Laborsiliverversuch ergaben sich in der Variante Shredlage deutlich höhere Essigsauregehalte als in den kurz gehackelten Varianten. Die Werte liegen mit 4,4 % Essigsäure deutlich oberhalb der empfohlenen Gehalte (3 % der TM). Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob dies wirklich ein verfahrensbedingtes Ergebnis ist. Aufgrund des in beiden Varianten sehr niedrigen epiphytischen Besatzes kann eher davon ausgegangen werden, dass das Shredlage-Ausgangsmaterial zufällig mehr bzw. konkurrenzkraftigere Essigsäurebakterien enthielt. So zeigten die Garsauremuster der Bohrstockproben aus den Mieten und der Silagen, die einer Verdaulichkeitsmessung am Hammel unterzogen wurden, keine höheren Essigsauregehalte in den Shredlage-Maissilagen.

Die bessere aerobe Stabilität der Shredlage-Varianten ist als Folge des höheren Essigsauregehaltes zu sehen, da Essigsäure eine hemmende Wirkung auf Hefewachstum besitzt und darüber eine Nacherwärmung verhindert bzw. hinauszögert.

Im Futterungszeitraum von Januar bis Anfang Mai betrug der wöchentliche Vorschub an beiden Mieten knapp 3 m. Unter diesen Bedingungen wurden an keiner Miete Temperaturerhöhungen an der Anschnittfläche festgestellt. Aus versuchstechnischen Gründen wurde im Mai der Vorschub auf unter 2 m zurückgenommen. Diese Maßnahme führte postwendend zu Nacherwarmungen der Silostocke im oberen Bereich,

was mit entsprechendem Abraum von verdorbenem Futter einherging. Hier zeigt sich wiederum, dass in den Sommermonaten ein zu geringer Vorschub zwingend vermieden werden muss. Dies gilt jedoch für beide Häcksellängen gleichermaßen.

5.2 Aspekte der Fütterung

Auf Basis von Fütterungsversuchen in den Jahren 2005 bis 2007 an vier verschiedenen Forschungseinrichtungen wurden klare Empfehlungen zur anzustrebenden Häcksellänge bei Maissilage abgeleitet (Spiekers et al., 2009). Wegen des beobachteten Rückgangs in der Futteraufnahme und damit einhergehend geringeren Milchleistungen bei gröber gehäckselten Maissilagen gilt bis heute als Vorgabe, Silomais mit 5 bis 8 mm tHL zu häckseln. Der Spaltabstand des Corncrackers soll zwischen 1 und 2 mm eingestellt werden. Lediglich bei sehr strukturarmen Rationen soll die Häcksellänge auf etwa 20 mm tHL erhöht werden.

Im vorliegenden Versuch wurde eine mit 7 mm tHL konventionell gehäckselte Maissilage mit einer Shredlage-Maissilage (26 mm tHL) verglichen. Im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen ergaben sich dabei gleiche und bzw. tendenziell höhere Futteraufnahmen in den mit Shredlage-Maissilage versorgten Gruppen. In der Tabelle 5.2.1 sind die durch Shredlage-Maissilage verursachten Effekte auf Futteraufnahme, Milchleistungsgrößen und die Kriterien der Pansenfermentation unabhängig vom Stroheinsatz dargestellt. Shredlage-Maissilage erhöht die Futteraufnahme um knapp 0,5 kg TM je Tier und Tag. Die Größen der Milchleistung unterscheiden sich kaum. Wiederkaudauer und Pansen-pH-Werte sind unter Shredlagefütterung zum Teil signifikant erhöht. Letzteres kann durch die höheren Strukturwerte (SW) und den höheren Gehalten an peNDFom in den Shredlagerationen erklärt werden. Des Weiteren ist die Verdaulichkeit der organischen Masse in der Shredlage-Maissilageration in gleicher Größenordnung wie bei der Ration mit konventioneller Silage. Ein Rückgang in der Futteraufnahme ist bei gleicher Verdaulichkeit nicht zu erwarten. Insofern sind die Befunde aus der Verdaulichkeitsmessung an den Milchkühen stimmig zu der Futteraufnahme in dem Fütterungsversuch.

Tab. 5.2.1: Einfluss von Shredlage-Maissilage auf Futteraufnahme, Milchleistungsparameter sowie Wiederkaudauer und Pansen-pH-Werte im Vergleich zu konventioneller Maissilage (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	konventionell	Shredlage	Differenz	F-Wert
Futteraufnahme	kg TS	23,6	24,1	-0,5	0,230
Wasseraufnahme	kg	80,1	77,3	2,8	0,082
Milchmenge, täglich	kg	38,1	38,3	-0,2	0,804
Milchmenge, Kontrolle	kg	38,7	38,8	-0,1	0,914
Fettgehalt	%	3,72	3,64	0,08	0,262
Fettmenge	kg	1,42	1,40	0,02	0,422
Eiweißgehalt	%	3,26	3,24	0,02	0,443
Eiweißmenge	kg	1,25	1,25	0,00	0,861
Fett:Eiweiß-Quotient		1,14	1,13	0,01	0,521
ECM	kg	36,9	36,6	0,3	0,661
Harnstoff	mg/kg	209	192	17,0	0,001
log. Zellzahl		2,15	2,38	-0,23	0,326
Laktosegehalt	%	4,82	4,80	0,02	0,303
Wiederkaudauer	min	583	665	-82,0	0,011
Pansen-pH-Werte		6,00	6,21	-0,21	0,081

Sowohl in der Ration mit konventioneller Maissilage als auch in den Futtergruppen mit Shredlage-Maissilage bewirkte eine Strohzulage in Höhe von 500 g je Tier und Tag eine Veränderung der Futteraufnahme. In der Tabelle 5.2.2 ist der Effekt der Strohzulage auf Futteraufnahme, Milchleistung sowie Wiederkaudauer und Pansen-pH-Wert unabhängig von der verwendeten Maissilage dargestellt. Durch die Strohzulage ergibt sich eine signifikante Erhöhung der Futteraufnahme in Höhe von 1,3 kg TM je Tier und Tag, was mit einer höheren Energie- und Nährstoffaufnahme einhergeht. Die Milchleistungsgrößen sind nur tendenziell verbessert. Wiederum ergeben sich fast signifikante Verbesserungen in der Wiederkaudauer und im Pansen-pH-Wert. Auch dies korrespondiert mit den erhöhten Strukturwerten und peNDFom-Gehalten in den mit Stroh angereicherten Rationen.

Tab. 5.2.2: Einfluss einer Strohzulage auf Futteraufnahme, Milchleistungsparameter sowie Wiederkaudauer und Pansen-pH-Werte (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	Strohzulage		Differenz	F-Wert
		ohne	mit		
Futteraufnahme	kg TS	23,2	24,5	-1,3	0,001
Wasseraufnahme	kg	77,8	79,6	-1,8	0,271
Milchmenge, täglich	kg	38,2	38,2	0,0	0,993
Milchmenge, Kontrolle	kg	38,8	38,6	0,2	0,837
Fettgehalt	%	3,65	3,70	-0,05	0,514
Fettmenge	kg	1,40	1,42	-0,02	0,571
Eiweißgehalt	%	3,25	3,25	0,00	0,981
Eiweißmenge	kg	1,25	1,25	0,00	0,807
Fett:Eiweiß-Quotient		1,13	1,14	-0,01	0,469
ECM	kg	36,7	36,8	-0,1	0,907
Harnstoff	mg/kg	199	202	-3,0	0,538
log. Zellzahl		2,26	2,28	-0,02	0,927
Laktosegehalt	%	4,81	4,82	-0,01	0,821
Wiederkaudauer	min	598	651	-53,0	0,132
Pansen-pH-Werte		6,02	6,19	-0,17	0,168

Bei den Größen, die die Milchleistung beschreiben, ergab sich kein signifikanter Einfluss der Futtergruppen. Die numerisch höchste Milchleistung auf Basis der ECM wurde in der Gruppe SmS gemessen. Gegenüber den anderen Futtergruppen besteht hier ein Vorteil von etwa 0,8 kg ECM je Tier und Tag. Werden nur die nach einer Abkalbung im laufenden Versuch eingestellten Tiere betrachtet, erhöht sich der Milchleistungsvorteil der SmS-Tiere auf bis zu 1,7 kg ECM je Tier und Tag. Über ähnliche Veränderungen in der Milchmenge berichten Ferraretto und Shaver (2012 a) sowie Vanderwerff (2014).

Die Futtergruppe SoS konnte mit 25,0 kg TM je Tier und Tag die höchste Futteraufnahme erzielen, was ebenfalls zu einer höheren Energieaufnahme von etwa 10 MJ NEL je Tier und Tag gegenüber den anderen Futtergruppen geführt hat. Die deutlich bessere Energieversorgung spiegelt sich jedoch nur zum Teil in einer gesteigerten Milchleistung wieder. In der Abbildung 5.2.1 ist der Verlauf der Lebendmasse für die nach einer Kalbung in den Versuch eingestellten Tiere in Abhängigkeit der verwendeten Maissilagen dargestellt. Deutlich wird, dass ausgehend von einer vergleichbaren Lebendmasse direkt nach der Kalbung der Abbau von Körpersubstanz in den mit Shredlage-Maissilage versorgten Gruppen geringer ausfällt. Die höhere Energieversorgung hat demnach zu einem geringeren Körpersubstanzabbau geführt und damit das Ausmaß der negativen Energiebilanz zu Laktationsbeginn vermindert.

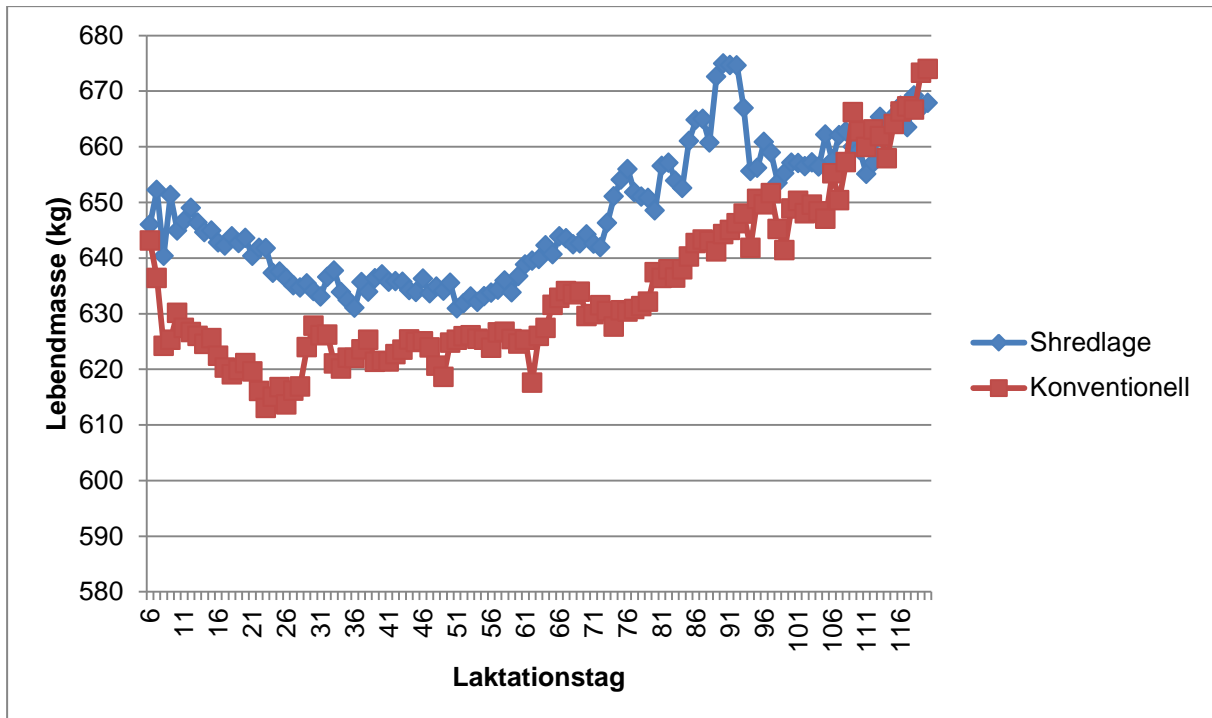


Abb. 5.2.1: Entwicklung der Lebendmasse in der Früh-laktation in Abhängigkeit von konventioneller und Shredlage-Maissilage in der TMR (n=84)

Die Tabelle 5.2.3 gibt eine Übersicht über die Struktur beschreibenden Größen für die vier Futtermischungen im Vergleich zu den Vorgaben der GfE (2014) sowie die an den Kühen beobachteten Wiederkauzeiten und die gemessenen Pansen-pH-Werte. Verglichen mit der Vorgabe liegt der Strukturwert in jeder geprüften Ration deutlich oberhalb des physiologisch Notwendigen. Bezüglich der Größe peNDFom (8mm) beträgt die Vorgabe gemäß GfE (2014) 18 % für eine tägliche TM-Aufnahme von 24 kg und einem Stärkegehalt in der Ration von 18 %. Diese Vorgabe wird von den Varianten KoS und KmS mit 17,8 % nur knapp erreicht. Die Varianten SoS und SmS liegen auf Grund der gröberen Struktur in den Rationen deutlich oberhalb der Vorgaben. Bezüglich der Reaktion an den Kühen ergeben sich folgerichtig in diesen Varianten die höchsten Wiederkauzeiten und die höchsten Pansen-pH-Werte. In den beiden Rationen mit konventioneller Maissilage zeigen die Kühe bei fast identischen Werten für den Strukturwert und den Gehalt an peNDFom (8mm) deutlich unterschiedliche Reaktionen im Hinblick auf Wiederkauen und Pansen-pH-Werte. Die stark abgesenkten Wiederkauzeiten und pH-Werte in der Variante KoS korrespondiert dabei wenig zu den Struktur beschreibenden Größen in der Futtermischung. Möglicherweise dominieren tierindividuelle Effekte die Befunde in dieser Futtergruppe.

Wegen der fehlenden Möglichkeit zur wiederholten Kalibrierung der Boli können Einflüsse seitens der Messtechnik ebenfalls eine Rolle spielen. Hier sollten zukünftig weitere Untersuchungen mit größeren Tierzahlen folgen.

Tab. 5.2.3: Rationskennzahlen zur Strukturbeschreibung und Wiederkaudauer sowie Pansen-pH-Werte in Abhängigkeit der Futterrations

	KoS	KmS	SoS	SmS	Vorgabe (GfE, 2014)
Strukturwert	1,32	1,37	1,56	1,61	> 1,2
peNDFom (8 mm), %	17,8	17,8	19,6	19,3	18*
Wiederkaudauer, min/Tag	544	623	653	678	
Pansen-pH-Werte	5,84	6,15	6,19	6,23	

*24 kg TM-Aufnahme, 18 % Stärke in der TM

6 Zusammenfassung

Im Versuchs- und Bildungszentrum Haus Riswick wurden umfangreiche Untersuchungen zum Vergleich von Massilagen mit herkömmlicher theoretischer Häcksellänge (tHI) von 7 mm und Shredlage-Maissilagen mit 26 mm tHI durchgeführt. Hierbei wurden etwa 33 ha Mais mit zwei parallel arbeitenden Häckselketten in zwei Silomieten mit gleicher Geometrie einsiliert. Aspekte der Verdicht- und Silierbarkeit, der Verdaulichkeit, der Futteraufnahme und Milchleistung sowie des Wiederkauverhaltens und der pH-Wert-Verläufe im Pansen wurden geprüft und folgende Ergebnisse erzielt:

1. Shredlage-Maissilage lässt sich um rund 10 % schlechter verdichten als Maissilage mit kurzer Häcksellänge von 7 mm.
2. In den oberen Schichten der Silomieten wurden die Vorgaben bezüglich der Lagerdichte um 21 % bei konventioneller und gut 40 % bei Shredlage-Maissilage unterschritten. Somit bleibt die Verdichtung in beiden Systemen eine große Herausforderung.

3. Bei einem wöchentlichen Vorschub von mehr als 3 Metern blieben die Silagen aerob stabil. Nach Rücknahme des Vorschubs auf weniger als 2 m pro Woche erwärmten die Silagen und Futterverderb trat ein.
4. Die Verdaulichkeit der Nährstoffe in den Silagen und in den Futterrationen, gemessen an Hammeln, unterschied sich nicht signifikant. In Verdaulichkeitsmessungen mit Kühen wurden die Faser beschriebenen Größen (XF, aND-Fom, ADF) in der Ration mit Shredlage-Maissilage schlechter, die Stärke hingegen signifikant besser verdaut. Die berechneten Energiegehalte unterschieden sich nicht.
5. Im Fütterungsversuch wurden vier Rationen mit konventioneller Maissilage und Shredlage-Maissilage, jeweils mit oder ohne Strohergänzung (KoS, KmS, SoS, SmS) von Januar bis Juni 2016 an jeweils etwa 40 DH-Kühen überdurchschnittlich 80 Tage geprüft. Die Trockenmasseaufnahmen betragen in KoS 23,2, in KmS 24,1, in SoS 23,2 und in SmS 25,0 kg pro Tier und Tag. Die Gruppe SmS unterschied sich signifikant von KoS und SoS. Die höhere Futterraufnahme bewirkte eine höhere Energieaufnahme.
6. Die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe unterschieden sich zwischen den Futtergruppen nicht. Auf Basis der ECM lag die Milchleistung zwischen 36,2 (SoS) und 37,2 kg (KoS) je Kuh und Tag.
7. Der Abbau von Körpersubstanz zu Laktationsbeginn war in den Shredlage-Varianten deutlich geringer als in den Futterrationen mit konventioneller Maissilage. Die durch Shredlage-Maissilage bedingte bessere Energieversorgung verringerte das Ausmaß der negativen Energiebilanz in der frühen Laktation.
8. Die tägliche Wiederkaudauer der Kühe betrug 544 Minuten in KoS, 623 in KmS, 653 in SoS und 678 in SmS. Die Shredlage-Varianten unterschieden sich signifikant von der Gruppe KoS.
9. In den gemessenen Pansen-pH-Werten spiegelte sich die Länge des Wiederkauens wieder. Die Gruppe KoS hatte mit durchschnittlich 5,84 den niedrigsten pH-Wert. Die übrigen Gruppen erreichten Werte zwischen 6,15 und 6,23.

Wurden in früheren Untersuchungen bei Erhöhung der Häcksellänge überwiegend geringere Futterraufnahmen und Milchleistungen gemessen, so ist auf Grund der vor-

liegenden Untersuchungen bei Shredlage-Maissilage von tendenziell höherer Fut-
teraufnahme und gleichbleibender Milchleistung auszugehen. Damit könnte Shredla-
ge-Maissilage einen Beitrag zur Verringerung der negativen Energiebilanz zu Lakta-
tionsbeginn leisten. Weitere Untersuchungen zu dieser Fragestellung sind ange-
bracht.

7 Literatur

- DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER E. AND BRAUN, R. (2003): Acetic acid increases aero-bic stability of silage under aerobic conditions; *Applied and Environmental Microbiology*; 69; S. 562 – 567
- DLG (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen; DLG-Information 1/2001 des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, DLG Frankfurt a.M.
- DLG (2001): Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh; DLG-Information 2/2001 des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, DLG Frankfurt a.M.
- DLG (2006): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung
- DLG (2013): DLG-Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichenfähigkeit, DLG Frankfurt a. M.
- GfE (1991): (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern, *J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr.* 65, 229-234
- GfE (2001): (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder
- GfE (2004): (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Mischrationen (TMR) für Wiederkäuer, *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* (2004) 13, 195-198
- GfE (2014): (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) Evaluation of structural effectiveness of mixed rations for dairy cows – status and perspectives, *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* (2014) 23, 195-198
- FERRARETTO, L. F., UND R. D. SHAVER. (2012 a): 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. (2012 b): Meta-analysis: Impact of corn silage harvest practice on intake, digestion and milk production by dairy cows. *Prof. Anim. Sci.* 28:141-149.

- FERRARETTO, L. F., R. D. SHAVER, S. MASSIE, R. SINGO, D. M. TAYSOM, UND J. P. BROUILLETTE. (2015): Effect of ensiling time and hybrid type on fermentation, nitrogen Fractions and ruminal in vitro starch and NDF digestibility in whole-plant corn silage. *Prof. Anim. Sci.* 31:146-152.
- KRISTENSEN, N. B.; SLOTH, K. H.; HØJBERG, O.; SPLIID, N. H.; JENSEN, C. AND THØGERSEN, R. (2010): Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions; *Journal of Dairy Science*; Vol. 93; No. 8; P. 3764–3774
- LEURS, CHRISTINA (2006): Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais. Dissertation agr. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Forschungsbericht Agrartechnik 438
- MAHLKOW, K; J. THAYSEN; 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
- NUSSBAUM, HANSJÖRG (2011): in *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*, 8. Auflage, S. 111; DLG-Verlag, Frankfurt a. M.
- PRIES, M.; S. BANDILLA; H. VAN DE SAND; A. MENKE; R. STAUFENBIEL (2006): Einfluss der Häcksellänge auf Leistung und Acidoseparameter bei Milchkühen, 118. VDLUFA-Kongress, Bonn, Kurzfassung, 99
- SPIEKERS, H., ETTLE, T., PREISINGER, W., PRIES, M. (2009): Häcksellänge und Strukturwert von Silomais; erschienen in: *Landbauforschung Sonderheft 331*; Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
- VANDERWERFF, L.M., L.F. FERRARETTO, UND R.D. SHAVER. (2014): Impact of brown midrib Corn Shredlage on lactation performance by dairy cows. Selected for late-breaking abstract presentation at ADSA/ASAS Annual Meeting. Kansas City, MO. *J. Dairy Sci.* 97 (E-Suppl. 1)
- WEIßBACH, F. (1998): Zur Methodik der Ermittlung der Gärverluste bei der Silierung; *Jahresbericht der FAL*; P. 26
- WILKINSON, J.M., BOLSEN, K.K. UND LIN, C.J. (2003): *Silage Science and Technology*; AgronomyNo.42; S. 16-17

Danksagung:

Der Firma Claas, Harsewinkel, sei für die Bereitstellung eines Häckslers mit eingebautem Shredlage-Aggregat gedankt.

Ein herzlicher Dank gilt dem Landwirtschaftlichen Lohnunternehmen Theo Nielsen, Kranenburg, mit seinen Mitarbeitern, welches eine zusätzliche Transportkette zur Verfügung stellte und sich sehr geduldig bei der Anlage der Silomieten zeigte.