

Vergleich der Effekte von Grassilage und Heu auf das Kau- und Liegeverhalten sowie die Kotkonsistenz von Milchkühen

Masterarbeit

vorgelegt von

Matthias Wenter

Betreuer

Ao. Univ. Prof. Dr. Wilhelm Knaus

Univ. Prof. Dr. med. vet. Christoph Winckler

Dipl.-Ing. Andreas Haselmann

Wien, im Oktober 2019

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fußnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Danksagung

Das Zustandekommen dieser Abschlussarbeit war nur durch den Einsatz vieler engagierter Menschen möglich, Ihnen möchte ich in den nachfolgenden Zeilen meinen Dank aussprechen.

In erster Linie möchte ich mich bei Prof. Wilhelm Friedrich Knaus für die Betrauung des Themas bedanken. Unsere zahlreichen, freundschaftlichen Gespräche waren mir eine große Hilfestellung bei der Ausarbeitung der Arbeit. Danke Willi!

Ein ebenso großes Dankeschön geht an Prof. Christoph Winckler. Ich möchte mich vor Allem für die Hilfestellung bei der Auswertung und den zahlreichen Anregungen bedanken. Vielen Dank!

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem dritten Betreuer DI Andreas Haselmann bedanken. Angefangen bei unserer gemeinsamen Zeit an der HBLA Ursprung, der statistischen Auswertung, bis hin zum Verfassen der Arbeit war er mir durch seine hilfsbereite Art ein besonders kostbarer Freund. Danke Andi!

Für die Zeit an der HBLA Ursprung möchte ich mich bei Franz Griessner für seinen täglichen Einsatz und seine erstrebenswerte Einstellung zur Tierhaltung bedanken.

Meiner Familie möchte ich für das Ermöglichen des Studiums danken. Meine besondere Wertschätzung gilt dabei meiner Mutter, durch ihren Einsatz und ihr Verständnis war sie mir während der gesamten Studienzeit ein großer Rückhalt.

Für die schönen Erinnerungen möchte ich meiner Freundin, meinen Mitbewohnern und meinen Studienfreunden danken.

Doch ist es jedem eingeboren,
Daß sein Gefühl hinauf und vorwärts dringt,
Wenn über uns, im blauen Raum verloren,
Ihr schmetternd Lied die Lerche singt;
Wenn über schroffen Fichtenhöhen
Der Adler ausgebreitet schwebt,
Und über Flächen, über Seen
Der Kranich nach der Heimat strebt.

Goethe, Faust I

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Forschungsfragen.....	5
2	Literaturübersicht.....	7
2.1	Konservierungsmethoden.....	7
2.1.1	Silieren.....	7
2.1.2	Heutrocknung.....	10
2.2	Futteraufnahmeverhalten von Milchkühen.....	11
2.2.1	Kauverhalten.....	11
2.2.2	Konservierungsmethode und Kauverhalten.....	13
2.2.3	Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens.....	13
2.3	Liegeverhalten von Milchkühen.....	14
2.3.1	Liegeposition.....	15
2.3.2	Erfassung des Liegeverhaltens.....	16
2.4	Kotkonsistenz von Milchkühen.....	17
3	Tiere, Material und Methoden.....	18
3.1	Futtermittel, Tiere, Versuchsdesign.....	18
3.2	Datenerhebung.....	20
3.3	Statistische Auswertung.....	22
4	Ergebnisse.....	25
4.1	Konservierung.....	25
4.2	Futteraufnahme.....	26
4.3	Kauverhalten.....	27
4.4	Liegeverhalten.....	28
4.5	Position beim Wiederkauen.....	29
4.6	Kotkonsistenz.....	29
5	Diskussion.....	30
5.1	Konservierungsmethode und Kauverhalten.....	30
5.2	Konservierungsmethode und Liegeverhalten.....	33
5.3	Position beim Wiederkauen.....	35
5.4	Konservierungsmethode und Kotkonsistenz.....	36
	Schlussfolgerung.....	37
	Zusammenfassung.....	38
	Abstract.....	39
	Literaturverzeichnis.....	40
	Abkürzungsverzeichnis.....	48
	Tabellenverzeichnis.....	49
	Abbildungsverzeichnis.....	49

1 Einleitung und Forschungsfragen

Die Nutzung von Wiesen und Weiden spielt für die globale Landwirtschaft eine wesentliche Rolle. Mit einem Anteil von 22% (28,0 Millionen km²) der eisfreien Oberfläche der Erde entfällt auf das Grasland knapp 2/3 der landwirtschaftlich genutzten Fläche weltweit (Ramankutty et al., 2008). Aufgrund des hohen Graslandanteils, der geringeren Nahrungskonkurrenz gegenüber dem Menschen bei dessen Nutzung sowie des positiven Effekts auf die Pansengesundheit, empfiehlt sich eine vorwiegend grünlandbasierte Fütterung von Milchkühen (Wilkinson and Lee, 2018).

Infolge der zunehmenden ganzjährigen Stallhaltung sowie zur Überbrückung der Diskrepanz zwischen Futterbedarf und Angebot an Grünfutter in den Wintermonaten oder während Trockenperioden, nimmt die Konservierung von Grundfuttermitteln eine Schlüsselfunktion in der ganzjährigen Ernährung landwirtschaftlich genutzter Wiederkäuer ein. Insbesondere in der grünlandbasierten Milchkuhfütterung stellt die Konservierung von Grundfutter in den Sommermonaten einen bedeutenden Zeit- und Kostenfaktor dar. Als gängige Verfahren für die Konservierung von Grünlandfutter haben sich das Silieren und die Trocknung etabliert.

Bedingt durch die klimatischen Gegebenheiten findet die Silagebereitung vor allem in den feuchteren, gemäßigten Teilen der Erde Anwendung. Die Heuwerbung ist hingegen auf jene Gebiete begrenzt, in denen gute Trocknungsbedingungen vorherrschen (Muck and Shinnars, 2001). Österreich kann als traditionelles Heu-Land bezeichnet werden. Noch bis Anfang der 1970er wurden beinahe 80% des Grünlandfutters für die Winterfütterung als Heu (Heu vom zweiten Schnitt wird auch als Grummet bezeichnet) konserviert. Von diesem Zeitpunkt an konnte dann ein stetiger Rückgang der Heuwerbung und ein Anstieg der Silagebereitung beobachtet werden. Innerhalb von nur 35 Jahren haben sich die Anteile der jeweiligen Konservierungsmethoden fast vollständig umgekehrt. 2005 wurden nur noch 23% des Grundfutters als Heu oder Grummet und 77% als Silage konserviert (Gruber et al., 2013). Dieser Wechsel von Heu auf Silage war vor allem auf verfahrenstechnische und betriebswirtschaftliche Überlegungen zurückzuführen (Weingartmann, 2002). Im vergangenen Jahrzehnt ist die Heuwerbung allerdings in der grünlanddominierten Milchwirtschaft wieder verstärkt praktiziert worden und hat über ihre ursprünglichen Verbreitungsgebiete hinaus an Bedeutung gewonnen. Ausschlaggebend für diesen Trend war vor allem eine marketingtechnische Differenzierung innerhalb des Milch- und Milchprodukteangebots, die von einzelnen Molkereien und dem Lebensmitteleinzelhandel forciert wurde. Eine wirtschaftliche Produktion war jedoch erst durch die Nutzung neuer technischer Möglichkeiten wie Solarenergie, Warmbelüftung, Wärmepumpen und Luftentfeuchter, in Kombination mit höheren Auszahlungspreisen, möglich.

Die zur Konservierung von Grünlandfutter angewandte Methode ist für die Milchviehfütterung auch insofern von Bedeutung, als sie die Futteraufnahme und das Kauverhalten beeinflusst. Silage kann im allgemeinen schneller aufgenommen werden als Heu, da durch ihre zumeist geringere Partikelgröße und den niedrigeren Trockenmasse(TM)-Gehalt rascher ein zum Abschlucken geeigneter Bolus gebildet werden kann (Beauchemin et al., 2008). Im Hinblick auf einen möglichen kompensatorischen Effekt der Fresszeit auf die Wiederkauzeit kann angenommen werden, dass Kühe bei vorwiegender Silagefütterung kürzer fressen und länger wiederkauen und bei vorwiegender Heufütterung länger fressen und kürzer wiederkauen (Beauchemin, 2018). Ebenso geht aus Beobachtungen von Jiang et al. (2017) hervor, dass aus

längeren Fresszeiten kürzere Liegezeiten resultieren. Die Methode der Konservierung von Grünlandfutter kann somit auch einen Effekt auf das Liegeverhalten von Milchkühen haben. Neben unterschiedlichen Partikellängen und TM-Gehalten unterscheiden sich Silage und Heu in ihrem Gasbildungsvermögen und ihrer Wasserhaltekapazität im Pansen. Diese beiden Eigenschaften führen zu unterschiedlichen Retentionszeiten der beiden Futtermittel im Pansen (Wattiaux et al., 1992). Nach Kononoff et al. (2002a) ist neben dem Rohprotein(**XP**)-Gehalt vor allem der Wassergehalt eines Futtermittels und dessen Verweildauer im Gastrointestinaltrakt ausschlaggebend für die Kotkonsistenz von Milchkühen. Ausgehend von den unterschiedlichen TM-Gehalten und Wasserhaltekapazitäten der beiden Futtermittel, bedingt durch die Silierung oder die Trocknung, kann somit von einem Effekt der Konservierungsmethode auf die Kotkonsistenz von Milchkühen ausgegangen werden.

In der Fachliteratur gibt es bereits einige Vergleiche von Silage und Heu in Milchviehrationen. Dabei handelt es sich allerdings meist um kraftfutterbetonte Rationen wie bei Plaizier (2004) mit 63% Kraftfutter (**KF**) und 37% Grundfutter (**GF**) und bei Beauchemin et al. (2003) mit 60% KF und 40 % GF (Basis TM), die in der sehr intensiven, konventionellen Milchviehfütterung zum Einsatz kommen. In der Literatur finden sich jedoch keine Vergleiche der Effekte der beiden Konservierungsmethoden bei einer grundfutterbetonten Fütterung, die für eine ökologische und flächengebundene Milchviehfütterung von großer Relevanz ist.

Ziel dieser Masterarbeit ist es, anhand der nachfolgenden Forschungsfragen zu untersuchen, wie sich die Konservierung von Grünlandfutter mittels Silierung bzw. Trocknung bei einer grundfutterbasierten Rationsgestaltung (80% GF und 20% KF, Basis TM) auf das Fress- und Wiederkauverhalten, das Liegeverhalten in einem Liegeboxen-Laufstall und die Kotkonsistenz von Milchkühen auswirkt.

Forschungsfragen

Welchen Effekt hat die Konservierungsmethode (Silierung vs. Trocknung) von Grünlandfutter auf das Kau- und Wiederkauverhalten sowie die Kotkonsistenz von Milchkühen?

Hat die Methode zur Konservierung von Grünlandfutter Auswirkungen auf das Liegeverhalten von Milchkühen in einem Liegeboxen-Laufstall?

2 Literaturübersicht

2.1 Konservierungsmethoden

Um Tiere das ganze Jahr über mit Grundfutter versorgen zu können, müssen große Mengen an Grünlandfutter in Zeiten des Überschusses geerntet und konserviert werden. Dies setzt die einzelnen Schritte mechanischer Ernteverfahren wie Mähen, Zeten, Wenden, Schwaden, eventuell Pressen und Einfahren des Erntegutes voraus. Bereits am Feld laufen somit durch das Anwelken oder (Vor-)Trocknen Phasen der Konservierung ab, die ihren Abschluss durch eine Belüftung unter Dach oder eine anaerobe Fermentation in einem (Fahr-)Silo oder Siloballen finden kann.

Im Zusammenhang mit den genannten Schritten der Ernteverfahren und der jeweiligen Konservierungsmethode treten auch Veränderungen im Nährstoffgehalt und in der Nährstoffzusammensetzung des Grünlandfutters auf. Beispielsweise kommt es bei der Heuwerbung, bedingt durch die Bröckelverluste, zu einem relativen Anstieg des Rohfaser(XF)- und einem Absinken des XP-Gehaltes. Im Zuge des Fermentationsprozesses bei der Silagebereitung wird hingegen Zucker verbraucht und die Anteile der einzelnen Futterproteinfraktionen am Rohprotein werden verschoben (Schlegel et al., 2018). Das Ernte- und Konservierungsverfahren beeinflusst somit maßgeblich das Potenzial des Grünlandfutters in der Wiederkäuerernährung, das im Wesentlichen aus der Futteraufnahme, der Verdaulichkeit des Grundfutters und dem energetischen Wirkungsgrad der Nährstoffe im Zuge des Stoffwechsels resultiert (Waldo and Jorgensen, 1981).

In Österreich fallen jährlich schätzungsweise 6,5 Mio. t Futter-TM vom Grünland an. Diese werden aktuell als Silage (60%) oder Heu (25%) konserviert, sowie als Weide oder Grünfutter (15%) für die Ernährung landwirtschaftlicher Nutz- und Freizeittiere genutzt (Buchgraber, 2018). Der hohe Konservierungsanteil von ca. 85% unterstreicht die Bedeutung der beiden Konservierungsmethoden in der österreichischen Grünlandwirtschaft.

2.1.1 Silieren

Weltweit ist die Silagebereitung als Konservierungsmethode von enormer Bedeutung, da durch das Silieren Nährstoffverluste von der Ernte bis zur Fütterung minimiert werden können. Im Vergleich zu getrockneten Futtermitteln ist die Handhabung vereinfacht und der Zeitbedarf für die Zubereitung von Mischrationen reduziert. Das Silieren ermöglicht zudem eine rasche Konservierung großer Grundfuttermengen, wodurch der Ernte- und Lagerungsprozess wetterunabhängiger als bei der Heuwerbung wird (Grant and Ferraretto, 2018). Der TM-Gehalt von Silagen liegt üblicherweise zwischen 30 - 50% (Muck and Shinnars, 2001).

Unter Silieren versteht man grundsätzlich die Konservierung von frischen Futtermitteln in einem anaeroben System. Die in den Futtermitteln enthaltenen, leicht abbaubaren Kohlenstoff- und Stickstoffquellen werden dabei in erster Linie von Milchsäurebakterien zur Energiegewinnung (anaerobe Atmung) herangezogen, wodurch orga-

nische Säuren (vor allem Milchsäure und Essigsäure) entstehen (Van Soest, 1994). Die Stoffwechselwege der gewünschten Mikroorganismen unterstreichen die große Bedeutung der Schaffung eines anaeroben Milieus. In der Praxis kann dies durch eine ausreichende Verdichtung sowie einen luftdichten Abschluss des Erntegutes erreicht werden (Wilkinson and Davies, 2013). Seit Mitte des 20sten Jahrhunderts haben sich unterschiedliche technische Vorrichtungen und Verfahren für die Silierung entwickelt: Hoch- bzw. Tiefsilo, Flach- und Traunsteinsilo, Siloplatte und Ballensilage (Buchgraber, 2018).

Die Konservierung basiert auf einer ausreichenden Säureanreicherung durch Milchsäurebakterien, die es ermöglicht, das Puffervermögen des Futtermittels zu überwinden (Van Soest, 1994). TM-Verluste entstehen bei der Konservierung als Silage durch mechanische Einwirkung während der Ernte, pflanzliche und mikrobielle Atmung bei der Welke, Desaminierung, Proteolyse, Sickersaftverluste und aeroben Verderb nach dem Öffnen. Diese Verluste führen zu einer Reduktion des Energie- und Nährwertes der Silage (Grant and Ferraretto, 2018).

Das Ausmaß der Verluste steht in engem Zusammenhang mit dem TM-Gehalt des Ausgangsmaterials. Bei einem TM-Gehalt < 30% dominieren Sickersaftverluste und Fermentationsverluste durch Clostridien, ab einem TM-Gehalt > 50% nehmen hingegen Bröckelverluste während der Ernte und spätere Verluste aufgrund der Nacherwärmungsgefahr und Schimmelbildung zu (Muck and Shinnors, 2001). Durch Proteolyse während des Silierungsprozesses kommt es, verglichen mit dem Ausgangsmaterial, zu einem Anstieg des Gehalts an Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (**NPN**), Ammoniak und freien Aminosäuren (Tabacco et al., 2006). Dafür verantwortlich ist die Art des Grundfutters (Albrecht and Muck, 1991) und das Reifestadium des Erntegutes (Kohn and Allen, 1995). Das Futterprotein kann allgemein in drei Fraktionen unterteilt werden: NPN (Fraktion A), echtes Protein (Fraktion B) und unverfügbares Protein (Fraktion C). Echtes Protein wird basierend auf der ruminalen Abbaubarkeit weiter in drei Subfraktionen: B1 (schnell), B2 (variabel) und B3 (langsam) unterteilt (Van Soest, 1994). Für Silage kann eine Verschiebung der Anteile der Proteinfractionen B1 und B2 in Richtung der Fraktion A (NPN) und für Heu in Richtung der B3-Fraktion (zellwandgebunden) beobachtet werden (Edmunds et al., 2012; Böttger et al., 2019). Bei den Mineralstoffen kann es aufgrund der Gasverluste während der Fermentation zu einer relativen Erhöhung an Mg, Na, Mn, Zn und Se kommen (Schlegel et al., 2018).

In der Praxis ist es mittlerweile üblich, bei der Silagebereitung Zusätze zu verwenden, um eine erfolgreiche Konservierung sicherzustellen. Silagezusätze haben zwei Hauptziele: Zum einen sollen sie die Richtung der Fermentation zu Gunsten der Konservierung beeinflussen und zum anderen die Nährstoffzusammensetzung verbessern (Van Soest, 1994). Bei den Silagezusätzen wird zwischen Impfmitteln, Säuren und Enzymen unterschieden (Muck and Shinnors, 2001). Eine Unterteilung ist auch anhand der beiden Gruppen Fermentationshemmer oder Fermentationsförderer möglich, wobei zu den Fermentationsförderern auch Futtermittel wie Melasse gezählt werden (Van Soest, 1994). Milchsäurebakterien sind die meistverbreiteten Silagezusätze und werden zu den Impfmitteln gezählt. Das Ziel der Zugabe von Milchsäurebakterien ist es, eine rasche und effiziente Fermentation zu garantieren (Muck and Shinnors, 2001). Homofermentative Milchsäurebakterien erzeugen aus der Fermentation von Glukose ausschließlich Milchsäure bzw. Laktat, sodass kein TM-Verlust stattfindet. Heterofermentative Milchsäurebakterien fermentieren hingegen 1 mol

Glukose zu 1 mol Kohlendioxid, sodass es theoretisch bei einer reinen Heterofermentation zu einem TM-Verlust von 24% kommt. Die Wahl des richtigen Impfmittels hängt maßgeblich von dem am häufigsten auftretenden Schadkeim ab. Ist es das Ziel, die Aktivität von Clostridien zu unterbinden, empfiehlt sich der Einsatz homofermentativer Milchsäurebakterienstämme, da diese zu einer schnelleren und tieferen pH-Wert-Absenkung führen. Sind Schimmelbildung und Nacherwärmung die Hauptprobleme, empfiehlt sich eine Kombination aus homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterienstämmen. Diese reduzieren aufgrund des raschen pH-Abfalls durch Milchsäure und die Bildung von Essigsäure im späteren Fermentationsabschnitt die Anzahl an Hefen und unterdrücken deren Wachstum bei Anwesenheit von Sauerstoff (Borreani et al., 2018). In den letzten Jahren hat sich daher in der Praxis das heterofermentative Milchsäurebakterium *Lactobacillus Buchneri* als gängiges Impfmittel etabliert, da es neben Milchsäure auch die Fähigkeit besitzt, einen hohen Anteil an Essigsäure zu produzieren und sich diese positiv auf die aerobe Stabilität auswirkt (Filya, 2003). Säuren, vorwiegend Ameisensäure, werden hingegen dazu verwendet, einer Buttersäurefermentation durch Clostridien vorzubeugen. Enzymzusätze dienen vor allem dem Zellwandabbau und stellen somit zusätzlichen Zucker für die Fermentation bereit (Muck and Shinnors, 2001).

Silierungsprozess

Der Silierungsprozess kann allgemein in 4 Phasen unterteilt werden: 1.) die aerobe Phase direkt nach der Ernte, 2.) die Fermentationsphase, 3.) die stabile Lagerungsphase, und 4.) die Vorschubphase nach dem Öffnen der Silage, vor, während und nach der Entnahme (Wilkinson and Davies, 2013).

In der aeroben Phase erfolgt ein Nährstoff- und Energieverbrauch aufgrund des Restsauerstoffs im verdichteten Futtermittel, der biologische und chemische Prozesse ermöglicht. Die Produkte dieser anfänglichen aeroben Phase sind Wasser, Kohlendioxid, Ammoniak und Hitze. Die dabei erzeugte Wärme wirkt sich nachteilig auf die TM und die Qualität der Silage aus (Borreani et al., 2018).

Nach Verbrauch des Restsauerstoffs wird die Silage anaerob, wodurch verschiedene anaerobe und fakultativ anaerobe Mikroorganismen zunehmen. Diese fermentieren vorwiegend Zucker und organische Säuren der Pflanzenbestandteile. Hauptverantwortlich für die Fermentation sind Milchsäurebakterien, Enterobakterien, Clostridien und Hefen. Die Verluste während der Fermentationsphase können vorwiegend auf die Bildung von Kohlendioxid zurückgeführt werden. Diese Verluste liegen üblicherweise zwischen 2% und 4%. Die TM-Verluste aus der Fermentation sind maßgeblich von den dominanten Spezies der Mikroorganismen und dem fermentierten Futtermittel beeinflusst.

Der Endpunkt der Fermentation ist erreicht, sobald das Angebot an verfügbarem Substrat erschöpft ist, der pH-Wert des Siliergutes den kritischen Punkt unterschreitet, ab dem mikrobielles Wachstum unterbunden wird, oder jenes verfügbare Wasser verbraucht ist, das bakterielles Wachstum in einem größeren Ausmaß limitiert als das Wachstum von Hefen und Schimmelpilzen (Wilkinson and Davies, 2013).

Während der Lagerungsphase ist vor allem eine wirksame Abdichtung notwendig, um TM-Verluste zu minimieren (Borreani et al., 2018). Zum Zeitpunkt des Öffnens der Silage sollte eine Dichte von mindestens 210 kg TM/m³ angestrebt werden, um

eine möglichst lange aerobe Stabilität zu gewährleisten (Wilkinson and Davies, 2013).

Die Nacherwärmung ist ein wesentliches Problem nach der Öffnung des Silos. Im Vergleich zu Oberflächenverlusten während der Lagerungsphase sind die Verluste durch Luft in der Vorschubphase weitaus bedeutender, da Sauerstoff durch den Anschnitt bis zu 4 m tief ins Siloinnere vordringen kann (Borreani et al., 2018). Da Fermentationsprodukte, wie Milchsäure, selbst als Substrat für mikrobielles Wachstum dienen können, kann eine Nacherwärmung erfolgen, sobald die Silage für die Fütterung geöffnet wird (Wilkinson and Davies, 2013).

2.1.2 Heutrocknung

Als Heu bezeichnet man luftgetrocknetes Grünlandfutter mit einem TM-Gehalt von über 85%, wodurch eine stabile Lagerung ermöglicht wird (Van Soest, 1994). Der hohe TM-Gehalt ermöglicht weiters einen leichteren Transport durch die Reduktion des Gewichtes pro Einheit der TM (Muck and Shinnors, 2001). Zur Bereitung von Heu wurden nachfolgend genannte Verfahren entwickelt: Boden- und Gerüsttrocknung, Kaltbelüftung ohne dichte Seitenwände, Kaltbelüftung mit Flachrost und Box, Belüftung mit Lufterwärmung und Belüftung mit Luftentfeuchter-Wärmepumpe (Buchgraber, 2018).

Die Konservierung als Heu erfolgt durch ein Unterbinden mikrobiologischer und enzymatischer Prozesse (z.B. Verschimmeln, Fermentieren und Proteolyse) durch Wasserentzug. Eine effiziente Konservierung hängt im Wesentlichen von einer raschen Trocknung ab, da so die pflanzliche Atmung unterbunden werden kann. Niederschlag oder hohe Luftfeuchtigkeit verlangsamen den Trocknungsprozess und verursachen ein häufigeres Bearbeiten des Ausgangsmaterials. Nährstoffverluste entstehen bei der Heuwerbung während der Mahd, der Welke und der Feldtrocknung durch Atmung, mikrobielle Aktivität und mechanische Bearbeitung (Van Soest, 1994), wie Zetten, Wenden und Schwaden (Buchgraber, 2018), welche zu Bröckelverlusten führt. Schlegel et al. (2018) zeigen den Effekt der Bröckelverluste auf den XP-Gehalt anhand eines Vergleiches von Bodenheu mit Belüftungsheu sehr deutlich. Das Bodenheu wies dabei einen relativen Verlust von 12,5% des XP-Gehaltes auf, im Vergleich zu 4,5% für das Belüftungsheu. Durch den Trocknungsprozess kommt es allgemein zu einer Reduktion an XP, Ca, Mg, Zn und Cu und einer Erhöhung der TM, der Neutralen Detergenzfaser (**NDF**), der Rohasche (**XA**), des Fe und Co. Schlegel et al. (2018) begründen die genannten Reduktionen mit den Bröckelverlusten von Klee und Blättern, welche in weiterer Folge zu einer relativen Erhöhung des NDF-Gehaltes führen. Die Erhöhungen der Fe-, Co- und XA-Anteile lassen sich hingegen auf erdige Verschmutzungen des Erntegutes zurückführen. Weitere Verluste an Carotinoiden entstehen aufgrund chemischer Oxidation, induziert durch Sonnenlicht (Van Soest, 1994).

Neben Atmungs-, Bröckel- und Schlechtwetterverlusten treten bei der Heuwerbung auch Fermentationsverluste durch die Erwärmung am Heustock auf. Diese Fermentationsverluste sind auf die Restfeuchte des Erntegutes zurückzuführen, welche eine mikrobielle Aktivität ermöglicht, die zu der genannten Erwärmung führt. Eine Erwärmung bis 35°C gilt meist als unvermeidbar. Über 60°C kommt es zu einer sogenann-

ten heißen Fermentation, die eine Reduktion der Nährstoff-Gehalte und Toxinbildung zur Folge hat. Erfolgt ein weiterer Temperaturanstieg, kann es zu einer spontanen Selbstentzündung kommen (Buchgraber, 2018).

2.2 Futteraufnahmeverhalten von Milchkühen

2.2.1 Kauverhalten

Die Futteraufnahme erfolgt bei Milchkühen durch die Lippen, die Zähne und die Zunge. Bei Grundfuttermitteln mit langen Stängeln spielt die Zunge eine entscheidende Rolle. Kraftfutter oder eine Totale Mischration (**TMR**) werden hingegen über die Lippen aufgenommen (Beauchemin, 2018). Milchkühe nehmen täglich ca. 12 Mahlzeiten zu sich, wobei eine Fressphase ca. 21 Minuten dauert (Vasilatos and Wangness, 1980). Dabei kauen sie ihr Futter nur grob vor, bevor sie dieses schlucken (Van Soest, 1994). Mit seitlichen Kaubewegungen des Unterkiefers wird das Futter mehr zerrieben als geschnitten und gleichzeitig mit einer großen Menge Speichel vermischt, um einen abschluckbaren Bolus zu bilden (Beauchemin, 2018).

Milchkühe beginnen ca. 30 - 90 Minuten nach der Futteraufnahme mit dem Wiederkauen (Constable et al., 2016). Der Prozess des Wiederkauens ist zyklisch und eng an die Bewegungen des Pansens und des Netzmagens gebunden (Van Soest, 1994). Die Motorik dieser beiden Vormägen ist durch regelmäßige, stereotype Kontraktionssequenzen gekennzeichnet, die als A-Zyklen und B-Zyklen bezeichnet werden. Sie ermöglichen eine intensive Durchmischung des Panseninhalts, die Abgabe der Pansengase (Ructus) und den Weitertransport der Ingesta in den Blättermagen. Die A-Zyklen bestehen aus einer zweifachen Kontraktion des Netzmagens, die von einer Kontraktion des dorsalen Pansensacks von kranial nach kaudal weitergeführt wird. Im Anschluss daran kontrahiert der ventrale Pansensack. Die Kontraktion des B-Zyklus beginnt beim ventralen Blindsack und läuft von kaudal nach kranial ohne Beteiligung des Netzmagens und des Pansenvorhofes ab. Dabei öffnet sich durch Rezeptoren der Pansenwand der Ösophagus und das Gas der dorsalen Gasblase kann entweichen. Die Induktion eines Wiederkauzyklus erfolgt durch die Stimulation der epithelialen Rezeptoren der Mucosa von Netzmagen und Pansenvorhof. Für das Regurgitieren eines Bolus geht der zweifachen Netzmagenkontraktion des A-Zyklus eine weitere Kontraktion voraus (von Engelhardt et al., 2015). Diese zusätzliche Kontraktion erhöht den Druck am unteren Ende des Ösophagus. Durch gleichzeitiges Einatmen bei geschlossener Glottis wird ein Unterdruck im Thorax erzeugt, wodurch sich der Ösophagus vergrößert. Durch das so entstehende Druckgefälle wird bei der reflektorischen Öffnung des Ostium cardiacum der Bolus in den Ösophagus angesaugt. Durch das Schließen der Epiglottis wird verhindert, dass Ingesta in die Trachea gelangen, wenn der Bolus durch eine antiperistaltische Kontraktion von der Mitte des Ösophagus ausgehend in die Maulhöhle befördert wird (Salomon et al., 2005; von Engelhardt et al., 2015). Dort wird das bereits verzehrte Futter durch erneutes Kauen weiter zerkleinert. Zusätzlich wird wiederholt Speichel sezerniert, welcher ein erneutes Schlucken des neu geformten Bolus erleichtert (Beauchemin, 2018) und lösliche Bestandteile des Futters extrahiert (Van Soest, 1994). Die zusätzliche, physikalische Zerkleinerung des Futters durch das Wiederkauen erleichtert einen weiteren mikrobiellen Aufschluss. Dies beinhaltet die Zerstörung des bestehenden Biofilms, eine Konzentrationsverdünnung der Fermentationsprodukte und die

Schaffung neuer Oberflächen (Mason and Stuckey, 2016), wodurch die Passage von kleineren Futterpartikeln vom Pansen in die folgenden Abschnitte des Magen-Darm-Traktes ermöglicht wird. Der abgegebene alkalische Speichel spielt weiters eine bedeutende Rolle bei der Pufferung der entstehenden flüchtigen Fettsäuren im Pansen und garantiert somit einen idealen pH-Wert für die mikrobielle Fermentation. Ein optimales Fress- und Wiederkauverhalten minimiert daher die Gefahr einer Pansenazidose, verbessert die Faserverdauung und fördert hohe Futteraufnahmen (Chibisa et al., 2016; Beauchemin, 2018). Zusammenfassend spielt das Wiederkauverhalten die Schlüsselrolle bei der Aufrechterhaltung eines stabilen Pansen-Milieus für die mikrobielle Verdauung. (Beauchemin, 2018).

Nach Van Soest (1994) ist die Wiederkaudauer allgemein länger als die Fressdauer und die einzelnen Kauschläge erfolgen langsamer und rhythmischer. Laktierende Milchkühe verbringen täglich ca. 4,5 h mit Fressen und ca. 7 h mit Wiederkauen (Beauchemin, 2018). Die Anzahl der einzelnen Fressphasen und deren Gesamtdauer beeinflussen dabei die darauffolgende Anzahl der Wiederkauphasen und deren Dauer. Die Wiederkauzeit kann in ca. 13 - 15 einzelne Wiederkauphasen (Beauchemin et al., 1994) unterteilt werden, wobei eine Wiederkauphase ca. 10 - 60 Minuten anhält (Constable et al., 2016). Im Zuge des Fress- und Wiederkauvorganges vollziehen Milchkühe täglich ca. 30.000 - 50.000 Kauschläge (Beauchemin, 1991). Braun et al. (2013) erhoben durchschnittlich 24.750 Kieferschläge/24 h für das Wiederkauen mit einer tierindividuellen Variation von ca. 15.000 - 31.000.

Die Fress- und die Wiederkaudauer werden von mehreren Faktoren beeinflusst. Die relevantesten sind der Zugang zu Futter (Fütterungsmanagement), die benötigte Zeit für die Aufnahme und das Formen von schluckbaren Boli, die Aufnahme von NDF, die durchschnittliche Partikellänge des Futters (Soita et al., 2000; Kononoff and Heinrichs, 2003; Kononoff et al., 2003; Beauchemin, 2018) und das Alter des Tieres (Gregorini et al., 2013). White et al. (2017) erhoben in einer Auswertung von 175 Publikationen eine Gesamtkauzeit (Fresszeit + Wiederkauzeit) von durchschnittlich 12 h/24 h. Dies deckt sich mit den Ergebnissen einer Übersichtsarbeit von Zebeli et al. (2006) mit durchschnittlich 11,5 h/24 h. Für grundfutterbetonte Rationen kann hingegen eine längere Gesamtkauzeit angenommen werden. Ertl et al. (2015) ermittelten für eine Ration, bestehend zu 75% aus Heu und Grassilage (Basis TM), eine Gesamtkauzeit von durchschnittlich über 16 h/24 h. Nach Beauchemin et al. (1994) ist eine erhöhte Wiederkauaktivität, bedingt durch einen höheren Faseranteil in Milchviehrationen, vorwiegend auf eine steigende Anzahl der Wiederkauperioden und nicht auf deren Verlängerung zurückzuführen. Eine verlängerte Wiederkauzeit entspricht daher allgemein einer höheren Anzahl an Wiederkauboli.

Milchkühe zeigen für gewisse Parameter der Futteraufnahme eine hohe Variabilität. Die aufgenommene Futtermenge sowie die Futteraufnahme als % der Lebendmasse können als solche Parameter angesehen werden. Die Anzahl der einzelnen Fressphasen (n/24 h) sowie die gesamte Fresszeit (h/24 h) gelten hingegen als relativ konstante Parameter (Vasilatos and Wangsness, 1980). Schneider et al. (2002) stellten bei Milchkühen fest, dass es einen tierindividuellen Effekt bei der Wiederkaudauer/Tag, der Dauer einzelner Wiederkauphasen und der Dauer/Bolus gab. Byskov et al. (2015) begründeten sogar 48% der Abweichungen in der Wiederkaudauer zwischen Milchkühen mit dem tierindividuellen Effekt; die geschätzten Heritabilitäten für die Wiederkaudauer bewegten sich im Bereich von 0,14 - 0,44 und 0,28 - 0,32 (Byskov et al., 2017).

2.2.2 Konservierungsmethode und Kauverhalten

Die Konservierungsmethode des Grundfuttermittels kann einen Einfluss auf das Fut-
teraufnahmeverhalten und im speziellen auf das Fress- und Wiederkauverhalten von
Milchkühen haben. Silage kann allgemein schneller aufgenommen werden als Heu,
da durch ihre kürzere Partikellänge und den niedrigeren Trockenmassegehalt ra-
scher ein zum Abschlucken geeigneter Bolus gebildet werden kann (Beauchemin et
al., 2008). Komplementär dazu beschrieben Grandl et al. (2016) einen signifikanten
Anstieg der absoluten Fresszeit bei einem höheren Anteil an Heu im Grundfutter.

Heu wird aufgrund seines höheren TM-Gehaltes und der üblicherweise größeren
Partikellänge ausgiebiger gekaut, was dazu führt, dass die mittlere Partikelgröße des
abgeschluckten Heubolus kleiner ist als die mittlere Partikelgröße des abgeschluck-
ten Feuchtfutterbolus (Gill et al., 1966). Die Futterpartikelgröße entspricht daher also
nicht der Partikelgröße des geschluckten Futterbolus (Schadt et al., 2013).

Daraus lässt sich ableiten, dass Futtermittel, die kürzer gekaut und schneller ge-
schluckt werden können, im Gegenzug länger wiedergekaut werden, um eine ausrei-
chende Zerkleinerung für die Passage zu den Folgeabschnitten des Pansens zu ga-
rantieren. Dies deckt sich auch mit umfassenden Analysen von Beauchemin (2018)
und Nasrollahi et al. (2016).

2.2.3 Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens

Das Fress- und Wiederkauverhalten von Milchkühen kann sowohl durch Beobach-
tung, direkt oder anhand von Videoaufzeichnungen, als auch mittels elektronischer
Sensoren erhoben werden. Beobachtungen sind allerdings sehr zeit- und arbeitsin-
tensiv und erfordern geschultes Personal. Weiters ist die visuelle Erfassung des
Fress- und Wiederkauverhaltens auf Einzeltierbasis in Laufstallsystemen bei höheren
Tierzahlen erschwert (Beauchemin, 2018).

Mit elektronischen Sensoren können Kieferbewegungen hingegen zuverlässig ge-
messen und im Weiteren dem Fress- oder Wiederkauverhalten zugeschrieben wer-
den (Kononoff et al., 2002b). Eine weitere Methode, das Wiederkauverhalten mit
technischen Hilfsmitteln zu bestimmen ist das Anbringen von Mikrofonen am Hals-
band der Tiere (Beauchemin, 2018). Die Sensortechnik hielt vor allem im vergange-
nen Jahrzehnt durch die zunehmende Bedeutung des Herdenmanagements Einzug
in den Ställen und wurde dementsprechend von Technologieunternehmen vorange-
trieben.

Für die wissenschaftliche Erhebung des Fress- und Wiederkauverhaltens haben sich
das Produkt Smartbow der gleichnamigen Firma (Borchers et al., 2016) und die
RumiWatch Nasenbandsensoren der Firma ITIN + HOCH GmbH aufgrund ihrer ho-
hen Korrelation zu Beobachtungsergebnissen etabliert (Rombach et al., 2017).

Das RumiWatch-Halfter ist ein sensorbasiertes System, das es ermöglicht, Fressen,
Wiederkauen, Trinken, Bewegung und Kopfposition von Rindern zu bestimmen. Das
RumiWatch System setzt sich aus einem Halfter mit Nasenbandsensor, einem Da-
tenlogger mit Speicherkarte auf der rechten Seite des Halfters, einer Batterie auf der

linken Seite und einer Auswertungssoftware zusammen. Der Nasenbandsensor besteht aus einem mit Glykol gefüllten Druckschlauch, der auf dem Nasenrücken der Tiere aufliegt, indem er im Riemen des Halfters eingearbeitet ist. Im Datenlogger werden die Druckunterschiede im Schlauch, die durch die Kaubewegungen des Tieres entstehen, mit einer Frequenz von 10 Hertz registriert und auf einer Speicherkarte gesichert. Anhand dieser Daten erfolgt eine Klassifizierung und Quantifizierung der Kauaktivität, welche auf dem verwendeten Algorithmus basiert. Eine Klassifizierung als Wiederkauen erfolgt, wenn mehr als 30 Kieferbewegungen pro Minute mit einer Mindestdauer von 3 Minuten bei konstanter Frequenz aufgezeichnet werden. Diese Klassifizierung wird weiter unterschieden in Wiederkauzeit, Wiederkauboli und Wiederkauschläge, wobei weiter in Wiederkauschläge pro Bolus und Wiederkauschläge pro Minute unterteilt wird. Fressen wird mit mehr als 30 Kieferbewegungen pro Minute bei unregelmäßiger Frequenz definiert. Als Merkmale für Fressen werden die Fresszeit in h und die Anzahl der Kauschläge für das Fressen ausgegeben (Zehner et al., 2017). RumiWatch- Nasenbandsensoren sind validiert für die Fresszeit, die Anzahl der Kauschläge, die Wiederkauzeit, die Anzahl der Wiederkauboli und die Anzahl der Wiederkauschläge pro Bolus und pro Minute (Ruuska et al., 2016; Rombach et al., 2017; Zehner et al., 2017). Genauere Informationen sowie eine detaillierte Beschreibung der Handhabung finden sich bei Kröger et al. (2016).

2.3 Liegeverhalten von Milchkühen

Aus Sicht der Nutztierwissenschaften versteht man unter dem Begriff Liegeverhalten von Milchkühen die Gesamtliegezeit, die Anzahl einzelner Liegephasen, deren durchschnittliche Länge und die Liegeseite (Ledgerwood et al., 2010). Das Liegeverhalten von Milchkühen umfasst somit eine Summe verschiedener Parameter, die auch für die Tierwohlbeurteilung herangezogen werden. Die Liegezeit per se kann allerdings nicht als Tierwohllindikator verwendet werden, da Faktoren, die das Tierwohl beeinträchtigen, sowohl zu einer Verringerung als auch einer Erhöhung der Liegezeit führen können (Phillips, 2002). Beispielsweise konnte ein Zusammenhang zwischen akuter Mastitis und reduzierten Liegezeiten (Medrano-Galarza et al., 2012) sowie Lahmheit und erhöhten Liegezeiten hergestellt werden (Ito et al., 2010).

Milchkühe verbringen täglich ca. 8 bis 15 h im Liegen (Tucker et al., 2009) und haben eine hohe Motivation, dieses Verhalten für mindestens 12 h/24 h auszuüben (Jensen et al., 2005). Liegen hat für Milchkühe einen höheren Stellenwert als Fressen oder Sozialkontakt, wenn die Möglichkeit diese Verhaltensformen auszuleben begrenzt ist (Metz, 1985; Munksgaard et al., 2005). Die Liegezeit kann in ca. 8 - 10 Liegephasen unterteilt werden, wobei üblicherweise nach jeder Liegephase die Liegeseite gewechselt wird, falls die Möglichkeit dazu besteht (Albright, 1987). Tucker et al. (2009) ermittelten bei der Auswertung von Daten aus 6 verschiedenen Versuchen mit 186 Milchkühen eine durchschnittliche Dauer von $72 \pm 42,6$ min/Liegephase. Ein ähnliches Ergebnis veröffentlichten Ito et al. (2009) anhand der Auswertung von Daten des Liegeverhaltens von 2.033 Kühen auf 43 Betrieben mit 88 ± 30 min/Liegephase.

Das Liegeverhalten von Milchkühen ist im Hinblick auf verschiedene Aufstallungsformen, den Bodenbelag und das Einstreumanagement gut beschrieben (Ito et al., 2014). Milchkühe verbringen in frisch eingestreuten Liegeboxen mehr Zeit mit Liegen als in Liegeboxen mit wenig Einstreu ($+1,15$ h/24 h bis $+2,33$ h/24 h) (Drissler et al.,

2005). Dasselbe gilt für Liegeboxen mit trockener Einstreu im Vergleich zu nasser Einstreu (+ 5,0 h/24 h) (Fregonesi et al., 2007b). Bei einer höheren Anzahl an Kühen als Liegeboxen (150%) wird weniger Zeit mit Liegen verbracht (-1,7 h/24 h), die Kühe legen sich dann schneller nach dem Melken hin, die Anzahl an Verdrängungen aus den Liegeboxen steigt und die übrige Zeit wird durch Stehen kompensiert (Fregonesi et al., 2007a).

Ferner steht das Liegeverhalten von Milchkühen auch im Zusammenhang mit dem Fress- und Wiederkauverhalten (Beauchemin, 1991), da Liegeperioden und Wiederkauperioden sich häufig überschneiden (Schirmann et al., 2012) und verlängerte Fresszeiten zu einer Reduktion der Liegezeiten führen können. Jiang et al. (2017) beobachteten durch eine Erhöhung des Grundfutteranteils in der Ration von 40 auf 70%, durch die Reduktion des Kraffutteranteils und einer Erhöhung des Maissilage- und Heuanteils, eine um 107 min/24 h längere Fresszeit und eine um 35 min/24 h längere Wiederkauzeit. Die Liegezeit verkürzte sich hingegen um 141 min/24 h, was auf eine Kompensation der gestiegenen Fress- und Wiederkauzeiten (in Summe 142 min/24 h) zurückzuführen ist. Es kann somit zu einem Zielkonflikt zwischen der Stehzeit am Futtertisch und der Liegezeit von Milchkühen kommen (Grant and Ferraretto, 2018).

2.3.1 Liegeposition

Erwachsene Rinder liegen vorwiegend in Brustbeinlage. Die Hauptlast liegt dabei auf dem Brustbein und je nach Beckenneigung ragen die Hinterläufe links oder rechts heraus. Seitliches Liegen mit ausgestreckten Gliedmaßen ist eher selten und in Liegeboxen allgemein durch das begrenzte Platzangebot selten möglich. Darüber hinaus kann diese Liegeposition bei adulten Rindern nur kurzzeitig eingenommen werden, da sonst eine regelmäßiger Ructus behindert wird (siehe Kapitel 2.2.1 Kauverhalten). Bei Kälbern, die die vollständige Pansenentwicklung noch nicht abgeschlossen haben, ist diese Position allerdings häufig zu beobachten (Phillips, 2002). Als Grund für die Brustbeinlage erwachsener Rinder kann allgemein die Gravitation gesehen werden, da nur bei einer aufrechten Liegeposition die entstehenden Fermentationsgase der dorsalen Gasblase über den Ösophagus entweichen können (Balch, 1955).

Im Hinblick auf die Wahl der Liegeseite wurde das Liegeverhalten von Milchkühen bisher nur in wenigen Studien untersucht. Eine eindeutige Bevorzugung einer Liegeseite konnte nicht festgestellt werden. Arave und Walters (1979) fanden eine Präferenz für die linke Seite im Ausmaß von 62% für erstlaktierende Kühe und 64% für Kühe ab der zweiten Laktation bezogen auf die gesamte Liegezeit. Forsberg et al. (2008) und Tucker et al. (2009) konnten hingegen keine Präferenz für eine der beiden Liegeseiten nachweisen. Phillips et al. (2010) haben für extensiv gehaltene Milchkühe keine Präferenz für eine Liegeseite beobachtet, hingegen aber für intensiv gehaltene Milchkühe. Mit zunehmenden Alter scheint die Präferenz für eine der beiden Liegeseiten abzunehmen (Arave and Walters, 1979). Ein Zusammenhang zwischen der Liegeseite und dem Wiederkauen wurde bisher nur in einer einzigen Studie angeführt. Grant et al. (1990) beobachteten eine höhere Wiederkauzeit auf der linken Liegeseite.

Kühe mit Pansenfisteln liegen häufiger auf der rechten Seite, vermutlich bedingt durch von der sich auf der linken Körperseite befindlichen Pansenfistel ausgehenden Beeinträchtigungen (Grant et al., 1990; Tucker et al., 2009). Für das Trächtigkeitsstadium wurde von Arave and Walters (1979) für die letzten beiden Trächtigkeitsmonate und von Forsberg et al. (2008) nur für den letzten Trächtigkeitsmonat eine Präferenz für die linke Liegeseite ermittelt. Besonders bei einer Trächtigkeit mit Zwillingen scheint dieser Effekt ausgeprägter zu sein. Die Bevorzugung der linken Liegeseite wird dabei mit dem zunehmenden Platzanspruch des Fötus in der rechten Bauchhöhle gegen Ende der Trächtigkeit erklärt. Für das Liegen neben einer besetzten Liegebox wurde eine Präferenz der Kühe beobachtet, mit dem Rücken Richtung benachbarter Kuh zu liegen, da diese Position das Euter und die Beine schützt (Arave and Walters, 1979). Bezüglich der Ausrichtung der Liegebox bevorzugen Kühe es, mit der Bauchseite Richtung Aktivitätsbereich zu liegen (Forsberg et al., 2008). Weiters wurde beobachtet, dass Kühe auf Flächen mit einer Steigung von mehr als 2% mit der Rückenseite hangaufwärts liegen (Arave and Walters, 1979). Grubmüller (2008) fand in seiner Diplomarbeit zum Einfluss von Datenloggern auf das Liegeverhalten von Milchkühen einen signifikanten Einfluss der Anbringungsseite des Onset HOBOPendant G Datenlogger (Onset Computer Corporation, USA) auf die Wahl der Liegeseite. Das Gewicht der Logger betrug 17 g bei einer Größe von 5,8x3,3x2,3 cm.

2.3.2 Erfassung des Liegeverhaltens

Dieselben Schlussfolgerungen, die für die Beobachtung des Fress- und Wiederkauverhaltens von Milchkühen gelten, treffen auch für die visuelle Erfassung des Liegeverhaltens von Milchkühen in größeren Einheiten zu.

Für die sensorbasierte Erfassung des Liegeverhaltens von Milchkühen haben sich für wissenschaftliche Zwecke das AfiAct Pedometer Plus (Afimilk, Kibbutz Afikim, Israel), der CowAlert IceQube (IceRobotics Ltd., Edinburgh, Scotland), der Track A Cow (ENGS, Rosh Pina, Israel) und der HOBOPendant G Acceleration Data Logger (Onset Computer Corporation, USA) als praktikabel erwiesen. Eine Validierung erfolgte für alle vier Sensortechniken durch Borchers et al. (2016), wobei für das AfiAct Pedometer Plus, den CowAlert IceQube und den Track A Cow ein enger Zusammenhang ($r > 0,99$) und für den HOBOPendant G Acceleration Data Logger eine moderate Korrelation ($r = 0,83$) mit der visuellen Beobachtung festgestellt wurde. Weitere Validierungen des HOBOPendant G Data Logger für die Liegezeit, die Anzahl der Liegephasen und die Liegeseite erfolgten durch Ledgerwood et al. (2010) und Ito et al. (2009). Ledgerwood et al. (2010) stellten eine hohe Übereinstimmung zwischen den Aufzeichnungen des Liegeloggers und Videobeobachtungen bei einem Erfassungsintervall des Loggers von 6 bzw. 30 Sekunden ($r = 0,99$ und $r = 0,98$) fest.

Der HOBOPendant G Data Logger besteht aus einem Plastikgehäuse und einer Platine mit Batterie im Inneren. Das Herzstück des Loggers ist ein Mikroprozessor mit Beschleunigungsmesser, der Bewegungen anhand der Beschleunigung entlang der x-, y- und z-Achse des Loggers misst. Als Output erhält man die G-Kräfte, die auf den einzelnen Achsen wirken, welche auf einer Skala von - 3,2 bis 3,2 angegeben werden. Alternativ werden auch die jeweiligen Neigungen der Achsen in Winkelgraden angegeben. Der HOBOPendant G Data Logger wird bei Rindern üblicherweise am linken oder rechten Metatarsus mit Stretchband fixiert. Steht das Tier, dann wirkt

nur die Erdanziehungskraft ($9,81 \text{ m/s}^2$ bzw. $1G$) senkrecht zum Untergrund. Ändert das Tier seine Position, werden die Veränderungen entlang der Achsen des Loggers aufgezeichnet und gespeichert (Onset Computer Corporation, 2013).

2.4 Kotkonsistenz von Milchkühen

Der Zusammenhang zwischen Fütterung und Kotkonsistenz von Milchkühen wurde bislang wenig erforscht. Ebenso gibt es nur wenig Berichte über Vergleiche verschiedener Rationen mit unterschiedlichen Faser- und Proteingehalten und deren Effekt auf die Kotkonsistenz. Von Milchviehhaltern wird der Zusammenhang von Fütterung und Kotkonsistenz vor allem bei einem Rationswechsel beobachtet (Ireland-Perry and Stallings, 1993).

Eine Möglichkeit, die Kotkonsistenz von Milchkühen zu bewerten, ist das Kot-Scoring. Dabei erfolgt eine visuelle Beurteilung des frisch abgesetzten Kotes unter Berücksichtigung der auftretenden Geräusche während des Absetzens und des Stiefeltests. Letzteres bedeutet ein Hineintreten in den Kotfladen und Beurteilen der Konsistenz anhand des Festklebens an der Stiefelsohle beim Herausziehen. Die Beurteilung erfolgt anhand einer Skala von 1 – 5. Die Note 1 steht für wässrigen, krankheitsbedingten Kot, die Note 3 ist optimal und Note 5 entspricht Pferdeapfelähnlichem Kot (Zaaijer and Noordhuizen, 2003). Eine genauere Beschreibung der jeweiligen Noten ist in Tab.1 ersichtlich.

Die Kotkonsistenz hängt, neben dem Gesundheitszustand des Gastrointestinaltrakts, maßgeblich vom Wassergehalt des Kotes ab und ist somit eine Funktion des Wassergehaltes des Futters und dessen Verweildauer im Tier. Normaler Kot hat eine harschleimartige Konsistenz und bildet einen kuppelähnlichen Fladen (Kononoff et al., 2002a). Hochleistende Milchkühe weisen bedingt durch die Futtermenge eine flüssigere Kotkonsistenz auf. Vom Erscheinungsbild des Kotfladens kann allerdings nicht auf den TM-Gehalt des Kotes geschlossen werden, wie Ireland-Perry and Stallings (1993) zeigten. Kühe, denen eine Ration mit einem Gehalt von 17% ADF (Saure Detergenzienfaser; Basis TM) gefüttert wurde, hatten im Vergleich zu Kühen, denen eine Ration mit einem ADF-Gehalt von 25% gefüttert wurde, zwar eine weichere Kotkonsistenz (niedrigeren Kot-Score), aber einen höheren TM-Gehalt des Kotes. Die beiden Autoren führen den höheren TM-Gehalt des Kotes der faserärmeren Ration auf den höheren Stärkegehalt des Kotes zurück. So enthielt der Kot der Tiere, die mit einer faserärmeren Ration gefüttert wurden noch immer 16,2% Stärke, im Vergleich zu 8,9% Stärke (Basis TM) im Kot der Tiere, die mit der faserreicheren Ration gefüttert wurden. Die Ergebnisse von Ireland-Perry und Stallings (1993) decken sich mit denen von Mgbeahuruike (2007), der ebenfalls bei höheren Stärkegehalten eine weichere Kotkonsistenz beobachtete, der Kot aber einen höheren TM-Gehalt hatte als bei faserreicherer Ration. Ein höherer Faser-Gehalt in der Ration erhöht folglich die Kotkonsistenz (Mgbeahuruike, 2007). Weicherer Kot kann auch aus einer exzessiven Proteinaufnahme und einem hohen Anteil an im Pansen abbaubaren Protein resultieren. Als Grund dafür führt Kononoff et al. (2002) eine erhöhte Wasseraufnahme an, um überschüssigen Stickstoff über den Urin auszuscheiden. Eine festere Kotkonsistenz resultiert im Umkehrschluss aus einer restriktiven Wasser- oder Proteinaufnahme.

3 Tiere, Material und Methoden

Die Datenerhebung zur Beantwortung der Forschungsfragen fand im Rahmen eines Milchvieh-Fütterungsversuches (07.01.2019 - 04.03.2019) am biologisch wirtschaftenden Lehrbetrieb der HBLA Ursprung (Elixhausen, Österreich, 570 m Seehöhe, 1.250 mm jährlicher Niederschlag und 8,5 °C jährliche Durchschnittstemperatur) statt. Dabei wurde zwei Gruppen von Milchkühen eine Grundfutterbetonte Ration (Grundfutteranteil in der Rationstrockenmasse von 80%) vorgelegt. In der einen Gruppe bestand das Grundfutter ausschließlich aus Silage und in der anderen Gruppe ausschließlich aus Heu. Dieser Fütterungsversuch ist Teil des Forschungsprojektes „Verbesserung der Grundfüttereffizienz in der grünlandbasierten, biologischen Milcherzeugung“, unter der Leitung von Ao. Prof. Dr. Wilhelm Knaus und der wissenschaftlichen Mitarbeit von DI Andreas Haselmann. Die Aspekte Kauverhalten, Liegeverhalten und Kotkonsistenz werden im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit behandelt.

Das Forschungsprojekt „Verbesserung der Grundfüttereffizienz in der grünlandbasierten, biologischen Milcherzeugung“ wurde von der Ethik- und Tierschutzkommission der Veterinärmedizinischen Universität Wien im Hinblick auf seine Übereinstimmung mit der Good Scientific Practice und den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften geprüft und befürwortet (Protokoll Nr.: ETK-19/11/2018).

3.1 Futtermittel, Tiere, Versuchsdesign

Futtermittel

Die Ausgangsbasis für das als Heu oder Silage konservierte Grünlandfutter bildeten 9 ha Dauergrünland und 4 ha mehrjähriges Klee gras (65% Gras, vorwiegend *Lolium multiflorum* und *L. perenne*, und 35% Leguminosen, größtenteils *Trifolium pratense* und *T. repens*) des Lehrbetriebes der HBLA Ursprung. Das Dauergrünland bestand aus ca. 75% Gräsern (vorwiegend *Dactylis glomerata*, *L. perenne*, *L. multiflorum*, *Trisetum flavescens*, *Alopecurus pratensis* und *Anthoxanthum odoratum*), 20% Leguminosen (größtenteils *T. repens* und *T. pratense*) und 5% Kräutern (vorwiegend *Taraxacum officinalis* und *Plantago lanceolata*). Für den Fütterungsversuch wurde der erste Schnitt der genannten Flächen verwendet. Die gesamte Fläche wurde zum selben Zeitpunkt (8. Mai 2018, Start 12:00) mit einer Front- und Heckscheibenmäherwerk-Kombination (Alpha Motion, Pöttinger, Grieskirchen, Österreich; Disco 3200c, Claas, Harsewinkel, Deutschland) mit Zinkenaufbereiter gemäht. Das Schnittgut wurde zwei Mal gezettet (HIT 8.9 T, Pöttinger, Grieskirchen, Österreich), das erste Mal 2 h und das zweite Mal 20 h nach dem Schnitt, und nach 24 h geschwadet (Swadro TC 1000, Krone, Splee, Deutschland). Die Schwaden wurden im Anschluss mit einem Lade-wagen (5510 Combiline Europrofi, Pöttinger, Grieskirchen, Österreich) bei einer theoretischen Schnittlänge von 8 cm abwechselnd zum Fahrsilo oder der Unterdach-trocknung transportiert. Das Erntegut wurde für das Silieren mit Bon Silage Plus (Wilhelm Schaumann GmbH, An der Mühlenau, Deutschland) beimpft und mit einem 14-Tonner Radlader in einem Fahrsilo (80 m² Grundfläche, 1 m Befüllhöhe nach dem Komprimieren) verdichtet und sofort mit zwei Schichten Plastikfolie abgedeckt. Für die Heutrocknung wurde das Erntegut in eine Trocknungsbox (120 m², 1,5 m Befüllhöhe) mit Gitterrost am Boden gegeben und so lange belüftet (ca. 192 h), bis ein TM-

Gehalt von 88% erreicht wurde. Der Belüftung war ein Luftentfeuchter (Heutrocknung SR GmbH, Lengau, Österreich) vorangeschaltet, wodurch die Temperatur der Luft, die in die Trocknungsbox gelangte, leicht unter der Umgebungstemperatur lag. Die durchschnittliche Temperatur betrug in der Periode vom 8. auf den 9. Mai 17,4 °C und die Windgeschwindigkeit 39 km/h. Die chemische Zusammensetzung des angewelkten Erntegutes vor der Konservierung ist in Tab. 2 ersichtlich.

Tiere

Die Milchkühe der Rasse Holstein wurden im vorliegenden Versuch entsprechend den EU-Vorschriften für biologische Landwirtschaft in einem Liegeboxenlaufstall mit Auslauf gehalten (Europäische Kommission, VO (EG) Nr. 889/2008). Die Liegeboxen wurden zwei Mal täglich nach den Melkvorgängen aufbereitet. Im Fressbereich des Stalles waren CALAN-Fressplatztürchen (American Calan Inc., Northwood, NH) angebracht, die eine Erhebung der tierindividuellen Futteraufnahme ermöglichten. Am Beginn des Versuches wurden 18 Milchkühe (3 erstlaktierende und 15 Kühe in der 2-9 Laktation) in zwei homogene Gruppen aufgeteilt: Kontrollgruppe (**Silage**) und Versuchsgruppe (**Heu**). Bei der Gruppeneinteilung wurde am Halsgurt jeder Kuh ein Transponder montiert, der es jeder Kuh ermöglichte, ein einziges Fressplatztürchen zu öffnen. Die Einteilung der Kühe erfolgte auf Basis der durchschnittlichen (\pm SD) Lebendmasse (**LM**) (717 ± 53 kg), der vorher erhobenen Milchmenge ($30,0 \pm 5,91$), der Laktationstage (171 ± 104) und der Laktationszahl ($3,8 \pm 2,1$). Nach der Aktivierung der Fressplatztürchen folgte eine 14-tägige Angewöhnungsphase an diese Fütterungseinrichtung.

Basiserhebung

Daran anschließend fand die 9-tägige Basiserhebung statt. Während dieser Zeit wurden Daten erhoben, die im statistischen Modell als Korrekturgrößen (Kovariablen) für die jeweils abhängige Variable dienten. Zwei Wochen vor Versuchsbeginn bis zum Ende der Basiserhebung erhielten alle Milchkühe dieselbe TMR, bestehend aus 28% Grassilage (4. Schnitt), 28% Maissilage, 19% Luzerneheu und 25% einer Krafftuttermischung inklusive Mineralstoff- und Vitaminergänzung (Basis TM). Die chemische Analyse der Ration ($n = 3$, jede Probe wurde über 2 aufeinanderfolgende Tage gepoolt) ergab 160 g XP/kg TM, 370 g NDF/kg TM, 248 g ADF/kg TM und 178 g Stärke/kg TM. Der Energie- und Nährstoffgehalt der TMR wurde berechnet, um den Bedarf für eine 700kg schwere Kuh mit einer Milchleistung von 30 kg zu decken (GfE, 2001). Für die Silage- und die Heu-Gruppe wurden in der Basiserhebung folgende Werte für die TM-Aufnahme, die Milchleistung und die Lebendmasse erhoben: $23,4 \pm 2,20$ und $23,3 \pm 1,74$ kg, $29,8 \pm 6,75$ und $30,5 \pm 5,83$ kg, und 705 ± 53 und 702 ± 57 kg. Die Laktationszahl bzw. die Laktationstage der Silage- und der Heu-Gruppe betrugen $3,8 \pm 2,84$ und $3,9 \pm 1,83$ bzw. 221 ± 106 und 194 ± 112 . Der t-Test ergab für diese Kennzahlen keine statistisch abgesicherte Differenz zwischen den beiden Gruppen (alle $P \geq 0,597$).

Fütterungsversuch

Im Anschluss an die Basiserhebung fand die Umstellung der Gruppen auf die reine Silage- bzw. Heufütterung statt. Die Fütterung mit den beiden Grundfuttermitteln fand ca. 9 Monate nach der Ernte statt und hielt 34 Tage an. Zusätzlich erhielten alle Kühe ab dieser Zeit 3,6 kg pelletiertes Krafftutter (TM) pro Tag, welches auf drei Gaben (06:30, 11:30 und 17:00) aufgeteilt wurde. Die Inhaltsstoffe der gefütterten Grundfuttermittel sind in Tab. 2 ersichtlich. Vor jeder Krafftutternorm wurde das Grundfutter am Fressplatz zur Seite geschoben und erst nach vollständiger Aufnahme der Kraft-

futtergabe erneut vorgelegt. Blieben kleinere Mengen (0,05 – 0,20 kg) übrig, wurden diese entweder in den für die jeweilige Kuh vorgesehenen Kraftfutter-Kübel gegeben und bei der nächsten Gabe erneut vorgelegt oder in den Aufzeichnungen vermerkt, falls dies bei der letzten Vorlage am jeweiligen Versuchstag auftrat. Das Kraftfutter bestand aus Sojapresskuchen, Zuckerrübenschnitzel, Weizenkleie, Molasse, Mineralien und einer Vitaminmischung mit einem jeweiligen Anteil von 510, 230, 180, 30, 48 und 2 g/kg TM. Die chemische Zusammensetzung des Kraftfutters ist in Tab 2 ersichtlich. Das Grundfutter wurde täglich zwischen 06:00 und 22:00 mehrmals frisch vorgelegt, wobei bereits 10% Futterreste (Basis Trockenmasse) einkalkuliert wurden, um eine ad libitum-Fütterung zu garantieren. Die Entfernung der Futterreste erfolgte täglich um 16:30. Nach einer 14-tägigen Angewöhnungsphase an diese geänderten Fütterungsbedingungen wurde mit der eigentlichen, drei-wöchigen Erhebungsphase begonnen.

3.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte während der Periode zur Ermittlung der Korrekturgrößen (9 Tage), nach Angewöhnung an die Calan-Fressplatztürchen (14 Tage) und während der Fütterungsperiode des Versuchs (34 Tage), nach Angewöhnung an die jeweilige Ration (14 Tage).

Futtermittel

Die chemische Zusammensetzung der angewelkten Futtermittel wurde anhand Proben ermittelt, die an verschiedenen Stellen jedes Ernteladewagens gezogen wurden, der den Fahrsilo ($n = 5$) oder die Heutrocknungsanlage ($n = 4$) belieferte. Für die konservierten Futtermittel ($n = 10$) und die Futterreste ($n = 8$) wurden Mischproben aller Tiere einer Behandlungsgruppe gezogen. Während des Fütterungsversuch wurden 4 Sammelproben für das Kraftfutter erstellt. Nach der Probennahme wurden diese sofort vakuumiert und bei -20°C gelagert. Heu-Proben wurden hingegen bis zur Analyse im Futtermittellabor Rosenau bei Raumtemperatur in einem Papiersack gelagert. Die Analysen erfolgten anhand der Richtlinien des VDLUFA (1976) mit Berücksichtigung der Verfahren für (Parameter in Klammer): 8.1 (Asche), 4.1.2 (XP), 5.1.1 (Ether-Extrakt), 6.5.1 (aNDFom), 6.5.2 (ADFom), 6.5.3 (Lignin, sa), und 7.1.1 (Zucker). Der Energie-Gehalt wurde basierend auf den Ergebnissen der Pepsin-Cellulase-Löslichkeit der organischen Masse (**OM**) (Verfahren 6.6.1) und folgenden Analysen errechnet. Die Silage-Qualität ($n = 5$) wurde mittels Gaschromatographie für die Analyse von Gärssäuren bestimmt. Die Verdichtung der Silage wurde drei Mal während des Fütterungsversuch erhoben indem das Gewicht (Basis TM) sowie das Volumen eines mit der Silozange entnommenen Blockes bestimmt wurde. Die Mittelwerte der analysierten Proben wurden für die Berechnung der Nährstoff- und Energieaufnahme herangezogen.

Futterraufnahme

Die Daten für die tägliche Futterraufnahme wurden an 9 Tagen während der Basiserhebung und an 20 aufeinanderfolgenden Tagen während der Fütterungsperiode des Versuchs erhoben. Sie stammen aus der Differenz der tierindividuell eingewogenen Futtermenge abzüglich der tierindividuell erhobenen Futterreste. Durch die tägliche TM-Bestimmung der eingewogenen Futtermenge und der rückgewogenen Futterreste ergibt sich somit die TM-Aufnahme pro Kuh und Tag, sowohl für die Basiserhe-

bung als auch den Versuchszeitraum. Die TM-Bestimmung erfolgte täglich in einem Umluftofen bei 105 °C und einer Trocknungszeit von 24 h. Die tatsächliche Nährstoffaufnahme entspricht der Differenz zwischen der Menge an Nährstoffen in den angebotenen Futtermitteln und jener der Futterreste. Die Ergebnisse der Futteraufnahme dienen vor allem der weiteren Berechnung der Kau- und Wiederkauzeit je kg/TM und je kg/NDF und fließen in die Diskussion des Kauverhaltens, des Liegeverhaltens und der Kotkonsistenz ein.

Fress- und Wiederkauverhalten

Das Fress- und Wiederkauverhalten wurde mit 10 RumiWatch-Nasenbandsensoren der Firma ITIN + HOCH GmbH (RumiWatch System ITIN +HOCH GmbH Liestal Switzerland) während 3 bzw. 5 aufeinander folgenden Tagen der Basiserhebung und des Fütterungsversuchs erfasst. Den Kühen wurden die Halfter jeweils am Vortag der Erhebung umgeschmalt, um sie an das Tragen der RumiWatch-Halfter zu gewöhnen. Die 10 zur Verfügung stehenden RumiWatch-Halfter wurden so aufgeteilt, dass jeweils 5 (Periode I) bzw. 4 (Periode II) Kühe je Gruppe gleichzeitig beobachtet wurden. Für die Basiserhebung und für den Fütterungsversuch ergaben sich so jeweils zwei Messperioden für beide Gruppen. Nach jeder Messperiode wurden die Daten, die vom Drucksensor erhoben und auf einer externen Speicherkarte am Halfter gesichert wurden, via USB ausgelesen und auf einem Computer gespeichert. Im Anschluss erfolgte eine Konvertierung der Daten mit dem Algorithmus des RumiWatch Converters V0.7.4.13 auf Tagesbasis (RumiWatch System ITIN +HOCH GmbH Liestal Switzerland).

Liegeverhalten

Das Liegeverhalten wurde mit Hobo Pedant G Data Loggern (Liegelogger) der Firma Onset Computer Corporation für die Basiserhebung und den Fütterungsversuch bestimmt (Onset Computer Corporation, USA). Die Erhebung des Liegeverhaltens erfolgte zeitgleich mit der Beobachtung des Kauverhaltens. Die Liegelogger wurden für die Datenerhebung einzeln in eine Klarsichtfolie eingewickelt und während des Melkvorganges im Melkstand entweder am linken oder rechten Metatarsus der Kühe mit einem Stretchband fixiert. Die Liegelogger wurden dabei so angebracht, dass die Öffnung des Liegeloggers dorsal lag und die violette Seite des Liegeloggers bei Betrachtung des Tiers von hinten nach links zeigte. Bei jeder Kuh wurden somit das Liegeverhalten und das Fress- und Wiederkauverhalten zeitgleich erhoben. Nach der jeweiligen Messperiode wurden die Liegelogger wieder im Melkstand während des Melkens entfernt. Im Anschluss erfolgte das Auslesen der Daten mit der Software HOBOWare lite, mit der die Liegelogger vor den jeweiligen Erhebungen programmiert wurden. Die Positionserhebung durch den Liegelogger erfolgte in einem Zeitintervall von 30 Sekunden. Für die Auswertung wurden die Daten in SAS mit einem adaptierten Code des UBC AWP (2013) eingelesen und mit den Algorithmen nach Ledgerwood et al. (2010) für Liegen, Stehen, Liegephasen und Liegeseite korrigiert und zusammengefasst.

Position beim Wiederkauen

Die Daten zur Position beim Wiederkauen stammen aus dem RumiWatch- und HOBOWare-Datensatz und wurden mittels Excel zusammengefügt und mit SAS 9.4 aufbereitet. Die kleinstmögliche Einheit, mit der die Daten des RumiWatch-Systems durch den RumiWatch Converter ausgelesen werden können, bildet das 10 Minuten Intervall. Der HOBOWare-Datensatz wurde daher ebenfalls auf 10 Minuten Basis zusammengefasst. Falls eines der Merkmale (Stehen, Liegen links, Liegen rechts) einen

Anteil von mehr als 50% der 10 Minuten ausmachte, wurde ihm das gesamte Intervall zugeschrieben.

Kotkonsistenz

Die Beurteilung der Kotkonsistenz erfolgte immer vormittags an zwei Tagen der Basiserhebung und 1x wöchentlich während des Fütterungsversuchs ($n = 3$) von derselben Person. Es wurden nur frisch abgesetzte und eindeutig zuordenbare Kotfladen nach dem Scoring-System von Zaaijer und Noordhuizen (2003) mit einer Unterteilung in 0,5er Schritten bewertet.

Tabelle 1: Definition der Scores zur Beurteilung der Kotkonsistenz nach Zaaijer und Noordhuizen (2003).

Score	Beschreibung
1	Wässrig, dünn, nicht eindeutig als Kot erkennbar, immer krankheitsbedingt
2	Dünn, Vanillesauce, spritzt stark beim Absetzen, Kotfladenstruktur sehr schwach erkennbar, fließt, Frühjahrsweide, unbalancierte Ration, Stiefelprofil nicht erkennbar
3	Dicker, Vanillepudding, leichtes Ploppen beim Absetzen, runder Fladen, fließt etwas auseinander, kein Ansaugen beim Herausziehen des Stiefels, Stiefelprofil nicht sichtbar, ideale Konsistenz
4	Steif, schweres Plopp beim Absetzen, runder Fladen mit Ringbildung, Ansaugen des Stiefels beim Herausziehen, Stiefelprofil gut sichtbar, Trockensteher, Kalbinnen
5	Pferdeähnlicher Kot, kein Ansaugen, Stiefelprofil gut sichtbar

3.3 Statistische Auswertung

Die Rohdaten wurden mit Excel aufbereitet und mit der Prozedur „Mixed“ der SAS Software Version 9.4 ausgewertet (SAS Institute Inc., © 2013). Als Signifikanzniveau wurde für alle Effekte ein $\alpha < 0,05$ angenommen; bis zu einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P \leq 0,10$ wird von einem Trend ausgegangen. Die Daten wurden auf Normalverteilung und das Vorhandensein von Ausreißern überprüft.

Das allgemeine Modell für die statistische Auswertung besteht aus dem jeweiligen Basiswert (B) als Korrekturvariable, der Gruppe (Gr) als fixen Effekt und der Kuh (K) als zufälligen Effekt genested innerhalb der Gruppe. Das Datum, die Kuh und die Gruppe repräsentieren die Klassifizierungsvariablen des allgemeinen Modells. Die jeweiligen Korrekturvariablen (Kovariablen) der einzelnen Modelle entsprechen den Mittelwerten des jeweiligen Parameters aus der Basiserhebung der einzelnen Kühe. Die Gruppe kann in die beiden Faktorstufen Heu oder Silage unterschieden werden. Da die verschiedenen Parameter an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen an den Kühen erhoben wurden, wurde eine autoregressive Kovarianzstruktur erster Ordnung für den zufälligen Effekt angenommen. Alle nachfolgenden Modelle wurden unter Berücksichtigung des Akaike Informationskriteriums erstellt (je kleiner, desto besser).

Die angegebenen Mittelwerte entsprechen den jeweiligen Least Square Means. Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Futtermittel und der Futteraufnahmen wurden mittels t-Tests überprüft.

Kauverhalten

Für das Kauverhalten wurde das allgemeine Modell um die jeweilige Trageperiode des RumiWatch-Halfters (Pr) erweitert, indem die Kuh als zufälliger Effekt innerhalb der Trageperiode und der Gruppe genestet wurde.

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + Gr_j + K_k(Pr_l * Gr_j) + E_{ijklm}$$

Legende:

Y_{ijklm} = abhängige Variable

μ = Intercept

B_i (Wert der Basiserhebung) = Korrekturvariable aus der Basiserhebung je Kuh (i=Kuh 1, Kuh 2, ... , Kuh 18)

Gr_j (Gruppe) = Fixer Effekt der Gruppe (j = 1,2 → 1 = Silage, 2 = Heu)

$K_k(Pr_l * Gr_j)$ (Kuh (Trageperiode*Gruppe)) = zufälliger Effekt der Kuh (k= 1,2, ... , 18) genestet innerhalb der Trageperiode (l = 1, 2) und der Gruppe (j = Silage, Heu)

Pr_l (Trageperiode) = Fixer Effekt der Trageperiode (l = 1,2 → 1 = Trageperiode 1, 2 = Trageperiode 2)

E_{ijklm} = Residuen

Liegeverhalten

Für das Liegeverhalten wurden als zusätzliche fixe Effekte die Anbringungsseite des Liege-loggers (Ls) und der Trächtigkeitstag (Tt) berücksichtigt. Ebenso wurde die Trageperiode des Liege-loggers berücksichtigt, indem die Kuh als zufälliger Effekt innerhalb der Trageperiode und der Gruppe genestet wurde.

$$Y_{ijklmno} = \mu + B_i + Gr_j + Ls_k Tt_l + K_m(Pr_n * Gr_j) + E_{ijklmno}$$

Legende:

$Y_{ijklmno}$ = abhängige Variable

μ = Intercept

B_i (Wert der Basiserhebung) = Korrekturvariable aus der Basiserhebung je Kuh (i=Kuh 1, Kuh 2, ... , Kuh 18)

Gr_j (Gruppe) = Fixer Effekt der Gruppe (j = 1,2 → 1 = Heu, 2 = Silage)

Ls_k (Anbringungsseite des HOBO-Loggers) = Fixer Effekt der Anbringungsseite des HOBO-Loggers (k = L,R → L = links, R = rechts)

Tt_l (Trächtigkeitstag) = Fixer Effekt des Trächtigkeitstags (l = 0,1, ... , 206)

$K_m(Pr_n * Gr_j)$ (Kuh (Trageperiode*Gruppe)) = zufälliger Effekt der Kuh (m = 1,2, ... , 18) genestet innerhalb der Trageperiode (n = 1, 2) und der Gruppe (j = Heu, Silage)

Pr_n (Trageperiode) = Fixer Effekt der Trageperiode (n = 1,2 → 1 = Trageperiode 1, 2 = Trageperiode 2)

$E_{ijklmno}$ = Residuen

Position beim Wiederkauen

Für die Position beim Wiederkauen wurden ebenso als zusätzliche fixe Effekte die Anbringungsseite des Liege-loggers (Ls) und der Trächtigkeitstag (Tt) berücksichtigt. Auch hier wurde die Kuh innerhalb der Trageperiode des RumiWatch-Halfters und des Liege-loggers sowie der Gruppe genestet.

$$Y_{ijklmno} = \mu + B_i + Gr_j + Ls_k + Tt_l + K_m(Pr_n * Gr_j) + E_{ijklmno}$$

Legende:

$Y_{ijklmno}$ = abhängige Variable

μ = Intercept

B_i (Wert der Basiserhebung) = Korrekturvariable aus der Basiserhebung je Kuh (i=Kuh 1, Kuh 2, ... , Kuh 18)

Gr_j (Gruppe) = Fixer Effekt der Gruppe (j = 1,2 → 1 = Heu, 2 = Silage)

Ls_k (Anbringungsseite des HOBO-Loggers) = Fixer Effekt der Anbringungsseite des HOBO-Loggers (k = L,R → L = links, R = rechts)

Tt_l (Trächtigkeitstag) = Fixer Effekt des Trächtigkeitstags (l = 0,1, ... , 206)

$K_m(Pr_n * Gr_j)$ (Kuh (Trageperiode*Gruppe)) = zufälliger Effekt der Kuh (m = 1,2, ... , 18) genestet innerhalb der Trageperiode (n = 1, 2) und der Gruppe (j = Heu, Silage)

Pr_n (Trageperiode) = Fixer Effekt der Trageperiode (n = 1,2 → 1 = Periode 1, 2 = Trageperiode 2)

$E_{ijklmno}$ = Residuen

Kotkonsistenz

Das statistische Modell für die Auswertung der Daten zur Kotkonsistenz entspricht dem allgemeinen Modell.

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + Gr_j + K_k(Gr_j) + E_{ijkl}$$

Legende:

Y_{ijkl} = abhängige Variable

μ = Intercept

B_i (Wert der Basiserhebung) = Korrekturvariable aus der Basiserhebung je Kuh (k=Kuh 1, Kuh 2, ... , Kuh 18)

Gr_j (Gruppe) = Fixer Effekt der Gruppe (j = 1,2 → 1 = Heu, 2 = Silage)

$K_k(Gr_j)$ = zufälliger Effekt der Kuh (k = 1,2, ... , 18) genestet innerhalb der Gruppe (j = Heu, Silage)

E_{ijkl} = Residuen

4 Ergebnisse

4.1 Konservierung

Die Ergebnisse der chemischen Analyse in Tabelle 2 zeigen, dass sich das angewinkelte Grundfutter, das für die Silierung verwendet wurde, in keinem Parameter vom angewinkeltem Grundfutter unterscheidet, welches getrocknet wurde. Nach der Silierung und der Trocknung unterschieden sich die beiden Grundfuttermittel im TM-, Asche-, XP-, Lignin- und Zuckergehalt. Im Vergleich zur Silage war im Heu der Asche-Gehalt um 10 %, der XP-Gehalt um 8 % und der Lignin-Gehalt um 10% reduziert, der Zucker-Gehalt war hingegen um 54 % erhöht. Der aNDFom-Gehalt, der aADFom-Gehalt, das Ether-Extrakt und der Energie-Gehalt (MJ NE_L) zeigten keine Unterschiede zwischen den beiden konservierten Grundfuttermittel. Die Qualität der Silage wurde aufgrund der Gaschromatographie der Gärsäuren mit „sehr gut“ bewertet. Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure wiesen gemeinsam einen Gehalt von 24,5 g/kg TM auf mit der relativen Verteilung von 74,7, 24,1, 0,2 und 1,0 %. Die Verdichtung der Silage betrug 233 kg TM/m³.

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung des angewinkelten Erntegutes für das Silieren und die Trocknung (Feldliegezeit ca. 28 h), der konservierten Grundfuttermittel (264 d nach der Konservierung zu Beginn des Fütterungsversuch), und der Krafftuttermischung; alle Angaben in g/kg TM (Standardabweichung), sofern nicht anders angegeben. Die Unterschiede zwischen den chemischen Parameter des angewinkelten Erntegutes und der Behandlungen wurden mittels t-Test analysiert.

Merkmal	angewinkeltes Grundfutter			konserviertes Grundfutter			Krafftutter (n = 4)
	Silieren (n = 5)	Trocknung (n = 4)	P-Wert	Silage (n = 10)	Heu (n = 10)	P-Wert	
TM (g/kg FM)	549 (65,7)	573 (8,5)	0,463	533 (29,5)	932 (11,5)	<0,001	893 (3,8)
Asche	75 (2,9)	77 (2,9)	0,439	83 (1,9)	75 (2,4)	<0,001	105 (0,8)
XP	116 (13,4)	117 (19,3)	0,933	124 (5,1)	114 (4,4)	<0,001	288 (3,4)
aNDFom	467 (13,5)	469 (13,3)	0,818	477 (11,7)	485 (13,4)	0,127	251 (3,4)
aADFom	259 (4,4)	264 (6,7)	0,204	285 (7,4)	281 (8,2)	0,302	113 (3,2)
Lignin	25 (4,0)	26 (2,4)	0,707	30 (4,0)	27 (2,4)	0,037	15 (2,1)
Zucker	196 (43,0)	191 (48,5)	0,868	117 (13,6)	180 (9,8)	<0,001	80 (4,5)
Ether-extrakt	28 (1,8)	28 (3,7)	0,876	28 (0,8)	28 (1,1)	0,174	69 (2,9)
NE _L (MJ/kg TM)	6,39 (0,11)	6,34 (0,07)	0,462	6,21 (0,10)	6,15 (0,11)	0,205	7,52 (0,02)

4.2 Futteraufnahme

Die Ergebnisse der Futteraufnahme (siehe Tab. 3) gliedern sich in TM-Aufnahme, Nährstoffaufnahme und Futteraufnahme in % der LM. Die Heufütterung führte zu einer tendenziell höheren Grundfutteraufnahme von 0,5 kg/24 h ($P = 0,067$) sowie zu einer tendenziell höheren gesamten Futteraufnahme (Grundfutteraufnahme zuzüglich der Krafffutteraufnahme) von 0,6 kg/24 h (beides Basis TM) ($P = 0,077$). Die Krafffutteraufnahme unterschied sich nicht zwischen der Silage- und der Heugruppe. Für die Nährstoffaufnahme ergaben sich für beide Gruppen Unterschiede bei der XP-, aNDFom-, Lignin- und Zuckeraufnahme. Die reine Heufütterung als Grundfutter führte somit zu einem Anstieg der Zuckeraufnahme um 50% (+ 1,2 kg/24 h). Die Nährstoffaufnahmen für aADFom und Ether-Extrakt ($P = 0,423$ und $P = 0,878$) sowie die Energieaufnahme NE_L (MJ/24 h) ($P = 0,210$) unterschieden sich zwischen den beiden Behandlungsgruppen nicht. Die Grundfutteraufnahme sowie die gesamte Futteraufnahme in % der Lebendmasse (Basis TM) unterschied sich signifikant zwischen den beiden Behandlungsgruppen ($P = 0,013$ und $P = 0,045$). Die Kühe, denen ausschließlich Heu als Grundfutter gefüttert wurde, waren der Silagegruppe in beiden Parametern überlegen.

Tabelle 3. TM-Aufnahme, Nährstoffaufnahme und Futteraufnahme in % der LM in Abhängigkeit von der Grundfutterart, Angaben in kg/24 h sofern nicht anders angegeben.

Merkmale	Silage	Heu	SEM ²	P-Wert
TM-Aufnahme				
Grundfutter	17,8	18,3	0,19	0,067
Krafffutter	3,6	3,5	0,05	0,304
Insgesamt	21,3	21,9	0,19	0,077
Nährstoffaufnahme				
XP	3,20	3,10	0,02	0,015
NDF	9,44	9,81	0,09	0,011
ADF	5,50	5,56	0,05	0,423
Lignin	0,58	0,54	0,01	<0,001
Zucker	2,40	3,60	0,03	<0,001
Ether-Extrakt	0,75	0,75	0,01	0,878
NE_L (MJ/d)	137	140	1,2	0,210
Futteraufnahme (% der LM¹)				
Grundfutter TM	2,49	2,59	0,023	0,013
Insgesamt TM	3,00	3,09	0,031	0,045

Anmerkung 1 ¹ LM, Lebendmasse

² SEM, Standardfehler der jeweiligen Schätzwerte

4.3 Kauverhalten

Die Konservierungsmethode hatte keine Auswirkungen auf die Fresszeit in min/24 h, min/kg TM und min/kg NDF (siehe Tab. 4). Die Fütterung von Heu führte lediglich zu einem numerischen Anstieg der Fresszeit um 22 min/24 h. Die Fresszeit mit erhobenem Kopf erhöhte sich durch die Heufütterung um 16 Prozentpunkte (+28 min/24 h; $P = 0,032$). Auf die Fresszeit mit gesenktem Kopf wurde hingegen keine Auswirkung festgestellt. Die Wiederkauzeit in min/24 h (Silage 545 min/24 h; Heu 531 min/24 h) wurde durch die Art der Konservierung nicht beeinflusst. Die Wiederkauzeit in min/kg TM und in min/kg NDF war bei Heufütterung signifikant geringer als bei Silagefütterung ($P = 0,021$ und $P = 0,006$). Darüber hinaus ging bei Heufütterung ebenfalls die Anzahl der Wiederkauboli/24 h zurück (- 44 Boli/24 h; $P = 0,026$) und die Anzahl der Kauschläge je Bolus stieg tendenziell an ($P = 0,065$). Die gesamte Kauzeit in min/24 h ($P = 0,658$), in min/kg TM ($P = 0,677$) und in min/kg NDF ($P = 0,332$) blieb von der Konservierungsmethode unbeeinflusst.

Tabelle 4: Effekte der Konservierungsmethode auf das Kauverhalten von Milchkühen.

Merkmal	Silage	Heu	SEM ¹	P-Wert
Fresszeit				
min/24 h	317	339	10,5	0,164
min/kg TM	15,0	15,8	0,63	0,418
min/kg NDF	34,0	35,1	1,41	0,584
mit erhobenem Kopf (min/d)	171	199	8,39	0,032
mit gesenktem Kopf (min/d)	145	142	7,43	0,760
Wiederkauzeit				
min/24 h	545	531	9,3	0,306
min/kg TM	25,9	24,7	0,34	0,021
min/kg NDF	58,7	55,1	0,79	0,006
Boli (n/24 h)	586	542	12,7	0,026
Kauschläge je Bolus (n)	59	61	0,92	0,065
Gesamte Kauzeit				
min/24 h	862	869	10,7	0,658
min/kg TM	40,9	40,5	0,71	0,677
min/kg NDF	92,6	90,3	1,65	0,332

Anmerkung: ¹ SEM, Standardfehler der jeweiligen Schätzwerte

4.4 Liegeverhalten

Steh- (10,94 h/24 h und 11,48 h/24 h) und Liegezeit der Milchkühe (12,98 h/24 h und 12,60 h/24 h) unterschieden sich nicht in den Fütterungsgruppen (Tab. 5). Für die Liegezeit auf der linken Liegeseite führte die Heufütterung zu einer deutlichen Verkürzung um 115 min/24 h (- 25%) ($P = 0,035$). Für die rechte Liegeseite ergab sich für die Heugruppe eine numerische Erhöhung der Liegezeit um 86 min/24 h (+ 25 %) ($P = 0,252$). Die Anzahl der gesamten Liegephasen/24 h (Silage 10,1/24 h; Heu 8,7/24 h) sowie für die jeweilige Liegeseite wurden durch die Art der Grundfutterkonservierung nicht beeinflusst ($P = 0,797$; $P = 0,764$ und $P = 0,990$). Ebenso wurde kein Effekt auf die Dauer der einzelnen Liegephasen festgestellt.

Tabelle 5: Effekt Konservierungsmethode auf das Liegeverhalten von Milchkühen, Angaben in h/24 h (Standardfehler) sofern nicht anders angegeben.

Merkmal	Silage	Heu	<i>P</i> -Wert
Stehzeit	10,94 (0,56)	11,48 (0,56)	0,542
Liegezeit	12,98 (0,60)	12,60 (0,60)	0,682
links	7,70 (0,47)	5,78 (0,49)	0,035
rechts	5,62 (0,78)	7,05 (0,80)	0,252
Liegephasen (n/d)	10,1 (3,7)	8,7 (2,9)	0,797
links (n)	4,9 (2,2)	4,0 (1,7)	0,764
(min/n)	87 (17)	86 (15)	0,994
rechts (n)	4,4 (1,9)	4,4 (1,2)	0,990
(min/n)	92 (15)	97 (13)	0,521

4.5 Position beim Wiederkauen

Die Ergebnisse zur Position beim Wiederkauen in beiden Behandlungen sind in Tabelle 6 ersichtlich. Die Position des Liegeverhaltens, während dem wiedergekaut wurde, egal ob links liegend, rechts liegend oder stehend, blieb durch die Konservierungsmethode unbeeinflusst ($P = 0,172$; $P = 0,217$ und $P = 0,319$). Durch die verkürzte Liegezeit auf der linken Liegeseite und die gestiegene Liegezeit auf rechten Liegeseite der Milchkühe, die mit Heu gefüttert wurden, kam es zu einer numerischen Verkürzung der Wiederkauzeit links liegend um 35 min/24 h (- 15 %) und zu einer Erhöhung rechts liegend 36 min/24 h (+ 19 %). Die prozentualen Anteile für Wiederkauen links liegend, rechts liegend und stehen betragen für die Silagegruppe 42 %, 36 % und 22 % und für die Heugruppe 37 %, 44 % und 19 %.

Tabelle 6: Effekt der Konservierungsmethode auf die Wiederkaudauer links liegend, rechts liegend und stehend von Milchkühen, Angaben in min/24 h (Standardfehler).

Merkmal	Silage	Heu	P-Wert
Wiederkaudauer (min/24 h)			
links liegend	226 (17,04)	191 (17,42)	0,172
rechts liegend	190 (19,28)	226 (19,66)	0,217
stehend	119 (12,12)	101 (12,43)	0,319

4.6 Kotkonsistenz

Heu als Grundfutter führte zu einem mittleren Anstieg des Kot-Scores um 0,56 Punkte ($P = 0,009$) und erhöhte somit die Kotkonsistenz dieser Versuchsgruppe (Tabelle 7). Der TM-Gehalt des Kotes unterschied sich hingegen zwischen den beiden Konservierungsmethoden nicht.

Tabelle 7: Effekt der Konservierungsmethode auf die Kotkonsistenz von Milchkühen, Angaben in Kot-Score Punkte, sofern nicht anders angegeben.

Merkmal	Silage	Heu	SEM ¹	P-Wert
Kot-Score	2,44	3,00	0,12	0,009
Kot TM ² (% der FM)	10,7	11,6	0,38	0,148

Anmerkung: ¹ Standardfehler der Schätzwerte

² Unterschiede in der Kot-TM wurden mittels t-Test überprüft

5 Diskussion

Das Ziel dieser Masterarbeit war es, Auswirkungen der Art der Grundfutterkonservierung in einer grundfutterbetonten Ration (80 % der Rationstrockenmasse) auf das Kauverhalten, das Liegeverhalten und die Kotkonsistenz von Holstein Milchkühen festzustellen. Die ausschließliche Fütterung von Heu als Grundfutter führte zu einer längeren Fresszeit mit erhobenem Kopf (min/24 h), einer reduzierten Wiederkauzeit/kg TM und kg NDF und eine geringere Anzahl an Wiederkauboli/24 h. Darüber hinaus reduzierte die reine Heufütterung die Liegezeit auf der linken Liegeseite (min/24 h) und erhöhte die Kotkonsistenz.

5.1 Konservierungsmethode und Kauverhalten

In den ersten Abschnitten dieses Kapitels werden die Auswirkungen der Konservierungsmethode auf die Fresszeit, die Wiederkauzeit und die gesamte Kauzeit diskutiert. Im letzten Abschnitt wird dann auf den komplementären Effekt der Fresszeit und der Wiederkauzeit eingegangen.

Fresszeit

Die Zeit, die Milchkühe für die Futteraufnahme benötigen, ist maßgeblich vom Fütterungsmanagement, der TM-Aufnahme, der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Ration und der tierindividuellen Variabilität bestimmt (Mertens, 1997; Beauchemin, 2018). In der vorliegenden Untersuchung hatte die Methode der Grundfutterkonservierung unabhängig von der Bezugsgröße (min/24 h, min/kg TM, min/kg NDF) keinen eindeutigen Einfluss auf die Fresszeit. Die Fresszeiten beider Behandlungsgruppen (Silage 317 min/24 h; Heu 339 min/24 h) befanden sich im Rahmen der in der Literatur angeführten Werte von 4 – 7 h/24 h (Beauchemin, 1991). Der numerische Unterschied von 22 min/24 h zwischen den beiden Behandlungsgruppen ($P = 0,164$) bei einem Stichprobenumfang von 9 Tieren je Gruppe deutet jedoch auf einen höheren Zeitbedarf beim ausschließlichen Einsatz von Heu als Grundfutter hin. Das Fütterungsmanagement (siehe Kapitel 3.1 Futtermittel, Tiere, Versuchsdesign) war für beide Behandlungsgruppen identisch, darüber hinaus wurde eine Futterkonkurrenz-Situation durch die kuhspezifischen Fressplatztürchen unterbunden. Die höhere gesamte TM-Aufnahme und die höhere Futteraufnahme bezogen auf die LM der mit Heu gefütterten Milchkühe bietet sich als Erklärungsansatz an, da sich die Ergebnisse der Fresszeit in min/kg TM und min/kg NDF zwischen der Kontroll- und der Behandlungsgruppe nicht unterschieden. Dies deckt sich mit Ergebnissen von Beauchemin et al. (1997) für einen Vergleich von Luzerne-Silage mit Luzerne-Heu. Die höhere Grundfutteraufnahme der Heugruppe kann mit dem höheren Zuckergehalt des Grundfutters erklärt werden, wodurch das Heu für die Kühe schmackhafter wird (Tas et al., 2006; Ellis et al., 2012). Für die Beurteilung der chemischen und physikalischen Beschaffenheiten muss festgehalten werden, dass sowohl die Silage als auch das Heu mit einer theoretischen Schnittlänge von 8 cm konserviert wurde, wodurch der in der Literatur angeführte Effekte der Partikelgröße auf die Fresszeit (Soita et al., 2000; Kononoff and Heinrichs, 2003) ausgeschlossen werden kann.

Kühe, denen ausschließlich Heu als Grundfutter angeboten wurde, wiesen eine längere Fresszeit mit erhobenem Kopf (+ 28 min/24 h) auf als die Tiere der Kontrollgruppe. Der Unterschied in der Gesamtfresszeit resultiert somit vollständig aus dem

Unterschied der Fresszeit mit erhobenem Kopf. Aufgrund der unterschiedlichen TM der beiden Grundfuttermittel (533 g/kg FM Silage, 932 g/kg FM Heu) war für die Aufnahme von Heu eine höhere Speichelsekretion (Cassida and Stokes, 1986) für die Bildung eines abschluckbaren Bolus (Beauchemin et al., 2008) und ein besseres Schmierverhalten während des Abschluckvorganges notwendig, was einen höheren Kauaufwand bedingt. Silage ist hingegen durch den niedrigeren TM-Gehalt verformbarer und erleichtert somit die Bolusbildung und das Abschlucken (Beauchemin, 2018). Schadt et al. (2013) beobachteten, dass Heu trotz kürzerer Partikellänge als Silage mehr Kauschlägen/g TM ausgesetzt wurde. Die Autoren legen ihren Ergebnissen die Thesen von Mertens (1997) zugrunde, dass neben den chemischen Eigenschaften von Futtermitteln vor allem deren physikalische Eigenschaften für das Kauverhalten von Milchkühen ausschlaggebend sind. Heruntergebrochen auf diese Masterarbeit, lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass vorwiegend der hohe TM-Gehalt sowie die grobe Struktur von Heu für die Unterschiede der Fresszeit mit erhobenem Kopf verantwortlich sind. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muss man sich bewusst sein, dass für die Fresszeit bezogen auf die Frischmasse deutlichere Unterschiede zwischen den beiden Konservierungsmethoden vorliegen.

Wiederkauzeit

Die Konservierungsmethode hatte keinen Einfluss auf die Wiederkauzeit in min/24 h. Mit 545 min/24 h für die Silagegruppe und 531 min/24 h für die Heugruppe wurden höhere als die in der Literatur üblichen Wiederkauzeiten erhoben (434 min/24 h, Zebeli et al., 2006; 436 min/24 h, White et al., 2017). Die hohen Wiederkauzeiten beider Gruppen lassen sich auf den hohen Grundfutteranteil in den Rationen zurückführen. Ertl et al. (2016) erhob bei einem vergleichbaren GF- zu-KF-Verhältnis ähnlich hohe Wiederkauzeiten von 552 min/24 h. Jiang et al. (2017) beschrieben einen Anstieg der Wiederkauzeit bei Erhöhung des Grundfutteranteils.

Nach Balch (1971) und Mertens (1997) eignen sich für die Beurteilung der Wiederkauzeit vor allem die Einheiten min/kg TM bzw. min/kg NDF, da sie ein besseres biologisches Maß für die physikalischen Eigenschaften von Grundfuttermitteln und damit auch für die Grundfutterbewertung darstellen. Im Gegensatz zur Wiederkauzeit in min/24 h unterschied sich die Heugruppe in diesen beiden Einheiten (min/kg TM und min/kg NDF) signifikant von der Silagegruppe. Die Kühe, denen Heu gefüttert wurde, zeigten sowohl hinsichtlich kg TM als auch kg NDF kürzere Wiederkauzeiten. Dies kann auf eine intensivere Zerkleinerung des Grundfutters bei der Futteraufnahme zurückgeführt werden, wodurch der Bedarf einer weiteren Partikelreduktion durch das Wiederkauen gesenkt wird (Beauchemin, 2018). Im speziellen kann dieser geringere Wiederkauaufwand für Heu daraus resultieren, dass die Partikellänge des abgeschluckten Futterbolus nicht mit der Partikellänge des angebotenen Futtermittels gleichgesetzt werden kann, da durch den Fressvorgang eine gewisse Partikelreduktion erfolgt. So beobachtete Schadt et al. (2013) für Heu eine konstante Partikelreduktion auf 10 – 11 mm vor dem Abschlucken, wohingegen für Silage die Partikellänge des Bolus der Partikellänge des ungekauften Futtermittels entsprach. Die mittlere Partikelgröße eines abgeschluckten Heu-Bolus kann, durch den höheren Kauaufwand beim Fressen, daher kleiner sein als die mittlere Partikelgröße eines Feuchtfutterbolus (Gill et al., 1966).

Die Anzahl der Wiederkauboli/24 h unterschied sich zwischen der Silagegruppe und der Heugruppe signifikant. Durch die Heufütterung reduzierte sich die Anzahl an

Wiederkauboli/24 h, blieb aber immer noch auf einem relativ hohen Niveau (586 Silage; 542 Heu). Kröger et al. (2017) zeigten, dass vor allem der Grundfutteranteil in der Ration ausschlaggebend ist für die Anzahl der Wiederkauboli. Die Autoren erhoben bei einem Grundfutteranteil von 35 % 214 Boli/24 h und eine Wiederkauzeit von 209 min/24 h und bei 100% Grundfutterfütterung 653 Boli/24 h und eine Wiederkauzeit von 611 min/24 h. Es zeigt sich somit auch eine enge Koppelung der Anzahl der Wiederkauboli/24 h und der Wiederkauzeit min/24 h. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Beauchemin et al. (1994), die ebenfalls eine Steigerung der Wiederkauzeit auf einen Anstieg der Wiederkauboli/24 h zurückführten. Im vorliegenden Versuch unterschied sich die Versuchsgruppe von der Kontrollgruppe zwar bei der Anzahl der Wiederkauboli/24 h, aber nicht bei der Wiederkauzeit in min/24 h. Grund dafür ist die höhere Anzahl an Kauschlägen je Bolus (+ 2; $P = 0,065$) bei Heufütterung.

Gesamte Kauzeit

Es wurde kein Effekt der Konservierungsmethode für die gesamte Kauzeit der Versuchstiere nachgewiesen. Im Vergleich mit zwei umfangreichen Arbeiten von White et al. (2017) (717 min/24 h) und Zebeli et al. (2006) (691 min/24 h) wurden für die Silagegruppe (862 min/24 h) und für die Heugruppe (869 min/24 h) allgemein hohe Gesamtkauzeiten erhoben. Diese Unterschiede lassen sich wiederum vorwiegend auf das hohe Grundfutterniveau in der vorliegenden Arbeit zurückführen, während sich die beiden genannten Arbeiten vorwiegend auf nordamerikanische Publikationen und damit krafftutterbetonte Rationen bezogen. Ähnlich hohe Gesamtkauzeiten für grundfutterbetonte Rationen erhoben Zehetgruber (2018) in einem Versuch zur Partikelgrößenreduktion des Grundfutters (Kontrollgruppe 900 min/24 h, Versuchsgruppe 852 min/24 h) und Ertl et al. (2016), in einer Studie über den Ersatz von herkömmlichen Krafftutterkomponenten durch Weizenkleie und Zuckerrübenschnitzel (Kontrollgruppe 983 min/24 h, Versuchsgruppe 1008 min/24 h). Der Grundfutteranteil kann daher als einer der entscheidenden Faktoren auf die gesamte Kaudauer angesehen werden.

Komplementarität Fresszeit und Wiederkauzeit

Von einer Kompensation der Fresszeit durch die Wiederkauzeit in der Einheit min/24 h kann nur bedingt gesprochen werden. Die Fütterung von Heu führte lediglich zu einer höheren Fresszeit (+ 22 min/24 h) und einer niederen Wiederkauzeit (14 min/24 h). Haselmann et al. (2019) beobachteten durch die Partikelreduktion einen Rückgang der Fresszeit um 72 min/24 h ($P < 0,001$) und einen Anstieg der Wiederkauzeit um 24 min/24 h ($P = 0,069$). Der Effekte scheint daher im Hinblick auf die Fresszeit stärker ausgeprägt. Dies bestätigen auch die Ergebnisse von Jiang et al. (2017). Durch eine Erhöhung des Grundfutteranteils von 40% auf 70% in der Gesamtration kam es zu einer Verlängerung der Fresszeit um 27%, wohingegen die Wiederkauzeit nur im Ausmaß von 7% verlängert wurde.

Heu wurde bei der Futteraufnahme länger gekaut, da durch den hohen TM-Gehalt mehr Speichel sezerniert werden musste (Cassida and Stokes, 1986), um einen zum Abschlucken geeigneten Bolus zu bilden und eine bessere Schmierung während des Abschluckvorganges zu gewährleisten (Beauchemin et al., 2008; Beauchemin, 2018). Aufgrund des ausgiebigeren Kauens kam es vermutlich für die Heugruppe zu einer größeren Partikelreduktion als für die Silagegruppe, wodurch sich die Futterpartikelgröße von der Boluspartikelgröße unterschied (Schadt et al., 2013). Bailey et al. (1990) bestätigen ebenfalls eine stärkere Partikelreduktion für die Aufnahme von Heu

im Vergleich zu Silage. Pan et al. (2003) untersuchten den Effekt des Kauens auf den Abbau von Heu durch Mikroorganismen im Pansen. Dabei wurde ein Ochse mit Fistel im Oesophagus ausschließlich mit Heu gefüttert. Nach dem Kauvorgang wurde der Futterbolus durch die Fistel entnommen. Insgesamt wurden 3 verschiedene Substrate (gemalenes Heu [1 mm], gemalenes und gekautes Heu und wiedergemalenes gekautes Heu [0,7 mm]) in situ bei mit Heu gefütterten Schafen inkubiert, um den mikrobielle Anheftungsprozess und die Aktivität der zellulolytischen Enzyme zu untersuchen. Das ausgiebige Kauen, welches im Vorfeld durch den Ochsen erfolgte, erhöhte die zur Verfügung stehende Oberfläche signifikant, wodurch der mikrobielle Anheftungsprozess, die Kolonialisierung und die folgende Bildung von faserverdauenden Enzymen gefördert wurde (Pan et al., 2003). Dies reduzierte die Partikelgröße weiter und erhöhte die Oberfläche der Partikel. Es kann daher von einem schnelleren und vollständigeren Aufschluss ausgegangen werden. Für die Heufütterung war daher eine geringere Wiederkauzeit in min/kg TM und min/kg NDF sowie eine geringere Anzahl an Wiederkauboli/24 h notwendig, um die Heupartikel auf die benötigte Größe für das Verlassen des Pansens zu reduzieren.

5.2 Konservierungsmethode und Liegeverhalten

Obwohl sich die beiden Grundfuttermittel in ihrem TM-Gehalt, der Struktur und den Inhaltsstoffen unterschieden, war die gesamte Steh- und Liegezeit für die Kontroll- und die Versuchsgruppe beinahe identisch. Die Milchkühe der Silage- bzw. der Heugruppe wiesen eine Stehzeit von 10,94 bzw. 11,48 h/24 h und eine Liegezeit von 12,98 bzw. 12,60 h/24 h auf. Dementsprechend wurden im vorliegenden Fütterungsversuch dem hochmotivierten Liegeverhalten von Milchkühen für 12-13 h/24 h zu liegen (Jensen et al., 2005) Rechnung getragen.

Kühe wählen beide Liegeseiten gleichermaßen (Forsberg et al., 2008) oder bevorzugen die linke Liegeseite (Uhrbrock, 1969; Arave and Walters, 1979; Grant et al., 1990; Tucker et al., 2009). Im vorliegenden Versuch zeigte die Silagegruppe eine eindeutige Bevorzugung der linken Liegeseite gegenüber der rechten Liegeseite (7,70 h/24 h links; 5,62 h/24 h rechts). Die Milchkühe, denen ausschließlich Heu als Grundfutter gefüttert wurde, zeigten hingegen eine Präferenz für die rechte Liegeseite (5,78 h/24 h links; 7,05 h/24 h rechts) (siehe Abbildung 2.). Der Vergleich der beiden Gruppe wird noch interessanter, wenn man die Werte der Basiserhebung berücksichtigt (Abbildung 1.). Während der Basiserhebung lagen beide Behandlungsgruppen bei identer Fütterung, mit einem Anteil von 56% silierten Futtermitteln in der Gesamtration (siehe Kapitel 3.1 Futtermittel, Tiere, Versuchsdesign), bevorzugt auf der linken Seite. Die Fütterung von Heu führte zu einer Reduktion der Liegezeit auf der linken Seite um 115 min/24 h (- 25 %; $P = 0,035$) bei gleichzeitiger numerischer Erhöhung der Liegezeit auf der rechten Seite um 25 %.

Effekte bei der Wahl der Liegeseite sind bekannt für fistulierte Kühe, das Trächtigkeitsstadium, das Liegen neben einer besetzten Liegebox, die Ausrichtung der Liegebox, die Steigung der Liegefläche und das Anbringen eines Liegeloggers (Arave and Walters, 1979; Grant et al., 1990; Forsberg et al., 2008; Grubmüller, 2008). Der Effekt einer Pansenfistel auf die Wahl der Liegeseite (Grant et al., 1990; Tucker et al., 2009) kann ausgeschlossen werden. Für das Trächtigkeitsstadium wurde von Arave and Walters (1979) für die letzten beiden Trächtigkeitsmonate und von

Forsberg et al. (2008) nur für den letzten Trächtigkeitsmonat eine Präferenz für die linke Liegeseite ermittelt. Der Trächtigkeitstag wurde daher als fixer Effekt für das Liegeverhalten modelliert. Die Kontrollgruppe befand sich bei Versuchsbeginn im Durchschnitt im 106. Trächtigkeitstag (min = 0, max = 206) und die Versuchsgruppe im 77. Trächtigkeitstag (min = 0, max = 197). Der Effekt der Ausrichtung der Liegebox zum Aktivitätsbereich sollte für beide Gruppen derselbe sein, da die Bereiche, in denen die Tiere gehalten wurden, von der Aufstallungsform identisch waren. Der Futtertisch war für beide Behandlungsgruppen derselbe, es hat nur eine Verschiebung entlang der Längsachse stattgefunden. Weiters kann ein Effekt der Steigung in einem Liegeboxensystem ausgeschlossen werden. Die Anbringungsseite des Liege-loggers wurde aufgrund der Ergebnisse von Grubmüller (2008) als fixer Effekt für das Liegeverhalten modelliert, um auf die jeweilige Anbringungsseite zu korrigieren.

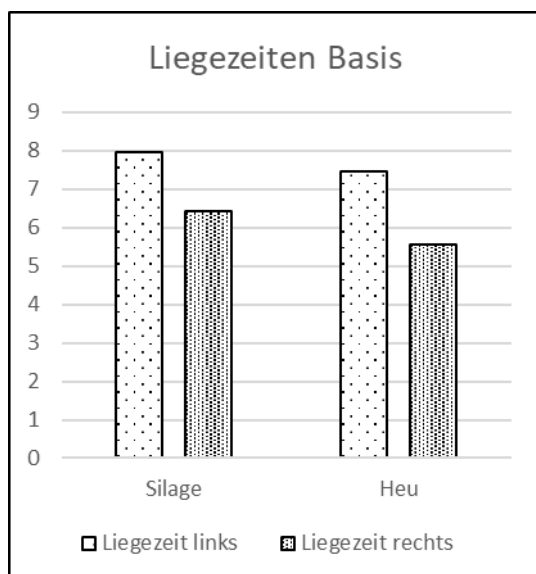


Abbildung 1: Liegezeit je Liegeseite (h/d) der Basiserhebung, Silage = Kontrollgruppe (n = 9), Heu = Versuchsgruppe (n = 9)

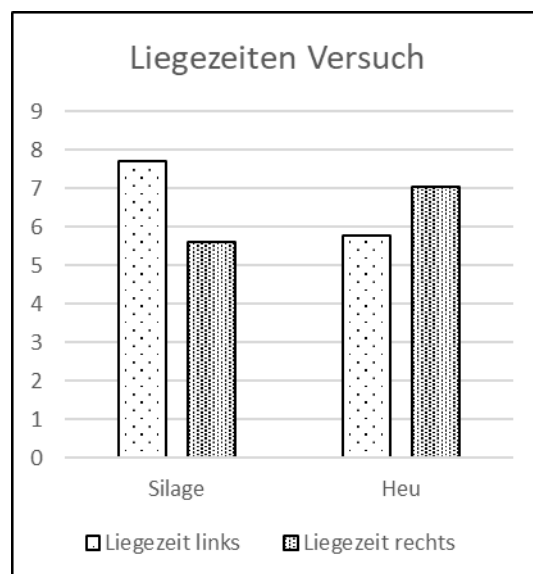


Abbildung 2: Liegezeit je Liegeseite (h/d) des Fütterungsversuchs, Silage = Kontrollgruppe (n = 9), Heu = Versuchsgruppe (n = 9)

In den letzten beiden Trächtigkeitsmonaten kommt es aufgrund des wachsenden Fötus zu einem erhöhten Platzbedarf in der rechten Bauchhöhle, der zu einer Verschiebung hin zur linken Liegeseite führt (Arave and Walters, 1979). Die linke Bauchhöhle wird beinahe vollständig vom Vormagensystem ausgefüllt (von Engelhardt et al., 2015). Eine Verschiebung hin zur rechten Liegeseite, wie sie bei der Heugruppe auftrat, deutet daher im Umkehrschluss auf einen vermehrten Platzbedarf des Vormagensystems hin.

Durch die Heufütterung wurden in Summe 1,2 kg (+ 50 %) mehr Zucker aufgenommen. Höhere Zuckergehalte in der Ration fördern bekanntermaßen die Methanbildung im Pansen (Hindrichsen et al., 2005). Zusätzlich wurde durch die Heufütterung mehr NDF aufgenommen ($P = 0,011$). Acetat ist das bedeutendste Endprodukt der NDF-Fermentation im Pansen (Juniper et al., 2008) und fördert auch die Methanbildung (Johnson and Johnson, 1995). Im Zusammenspiel mit der Partikelreduktion des Heus bei der Futteraufnahme (Bailey et al., 1990; Schadt et al., 2013), wodurch eine größere Oberfläche für die mikrobielle Kolonisation zur Verfügung steht, kann somit von einer vermehrten Methanbildung bzw. Gasbildung ausgegangen werden (Leng, 2014). Das entstehende Gas sammelt sich vor allem in der dorsalen Gasblase und

fühlt die Hohlräume der Partikel in der festen Phase der Digesta aus (Van Soest, 1994; Zebeli, 2006). Entweichen diese Gasblasen aus den Hohlräumen, werden sie mit Wasser gefüllt und tragen wesentlich zu Wasserbindekapazität bei (Giger-Reverdin, 2000). Die Wasserbindekapazität stellt eine weitere physikalische Eigenschaft der Faser dar (Froetschel and Amos, 1991). Vor allem Raufuttermittel weisen eine hohe Wasserbindekapazität auf, diese korreliert dabei stark mit den Zellwandbestandteilen der Futtermittel (Giger-Reverdin, 2000). Durch die Heufütterung wurde mehr aNDFom und Lignin aufgenommen. Eine Studie von Wattiaux et al. (1992) bestätigt die Unterschiede des Gasbildevermögens und der Wasserbindekapazität zwischen Silage und Heu. Die Autoren machen diese beiden Unterschiede für eine längere Retentionszeit des Heus im Pansen verantwortlich. Ferner führt eine längere Retentionszeit bei höherer Grundfutteraufnahme (+ 0,5 kg/24 h) zu einem höheren Füllungsgrad des Pansens. Eine längere Retentionszeit trotz höherer TM-Aufnahme scheint widersprüchlich, kann aber mit einer besser ausgebildeten Schwimmmatte im Pansen erklärt werden, wodurch das Futtermittel länger zurückgehalten wird (Zebeli, 2006).

Die Konservierungsmethode hatte auf die Anzahl der Liegephasen keinen signifikanten Einfluss (10,1/24 h Kontrollgruppe; 8,7/24 h Versuchsgruppe), unabhängig von der Liegeseite. Die Dauer je Liegephase links (87 min Silage; 86 min Heu) und rechts (92 min Silage; 97 min Heu) unterschieden sich nicht.

5.3 Position beim Wiederkauen

Die Position während des Wiederkauvorgangs wurde bisher nur in einer einzigen Studie mituntersucht. Grant et al. (1990) kamen zum Schluss, dass Kühe ein hohes Bedürfnis haben, auf der linken Seite liegend wiederzukauen. Mit Verweis auf Balch (1955) begründen die Autoren dies mit der Lage der Vormägen. Balch (1955) selbst schreibt, dass die vermeintliche Liegeseite, die durch die Beckenneigung entsteht, keine Auswirkung auf den Pansen und den Netzmagen hat. Allgemein wird die Liegeposition von Rindern durch die Erdanziehung begründet. Für den geordneten Verlauf des Ructus wird nämlich vorausgesetzt, dass die Cardia während der Kontraktion des dorsalen Pansensackes nicht von Ingesta bedeckt ist (von Engelhardt et al., 2015). Darüber hinaus kann die Lage der Vormägen nicht als schlüssiger Erklärungsansatz für Wiederkauen linksliegend herangezogen werden, da sich diese zur Gänze in der linken Bauchhöhle befinden. Die Futterration bestand in dem von Grant et al., (1990) durchgeführten Versuch aus 55% Luzernesilage und 45% geschältem, vermahlenem Mais mit Mineralstoffergänzung (Basis TM).

Der Vergleich von Grassilage und Heu zeigte keinen signifikanten Effekt auf die Wiederkaudauer links liegend, rechts liegend und stehend (226, 190 und 119 min/24 h Silagegruppe; 191, 226 und 101 min/24 h Heugruppe). Die numerische Reduktion der Wiederkauzeit links liegend (- 35 min/24 h, - 15 %) und entsprechende Erhöhung der Wiederkauzeit rechts liegend (+ 36 min/24 h, + 19 %) bei Heufütterung, bei jeweils 9 Tieren je Behandlungsgruppe mit *P*-Werten von 0,172 und 0,217, geben dennoch Hinweise auf einen möglichen Effekt. Für das Wiederkauen im Stehen gibt es ebenso wenig Literatur wie für das Wiederkauen je Liegeseite. Acatincăi et al. (2010) erhoben für Milchkühe in einem Anbindestall eine durchschnittliche Wiederkauzeit im Stehen von 186 min/24 h im Winter und 225 min/24 h im Sommer. Die Autoren führen die höheren Wiederkauzeiten im Stehen für den Sommer auf Hitze-

stress zurück. Grant et al. (1990) erhoben für Milchkühe mit Pansenfistel eine durchschnittliche Wiederkauzeit im Stehen von 178 min/24 h, wobei die theoretische Schnittlänge des Futters 0,95 cm betrug. Im vorliegenden Fütterungsversuch wies die Silagegruppe eine Wiederkauzeit im Stehen von 119 min/24 h und die Heugruppe von 101 min/24 h auf. Beengte Platzverhältnisse (Anbindestall), Hitzestress und eine Pansenfistel scheinen demnach die Wiederkauzeit im Stehen zu erhöhen.

5.4 Konservierungsmethode und Kotkonsistenz

Die Konservierungsmethode hatte einen signifikanten Einfluss auf die Kotkonsistenz der beiden Fütterungsgruppen. Mit einem Kot-Score von 3,00 hatte die Heugruppe einen signifikant höheren Kot-Score (festere Kotkonsistenz) als die Silagegruppe mit 2,44. Auch Ireland-Perry und Stallings (1993) schließen bei vorwiegender Heufütterung auf einen höheren Kot-Score. Die Autoren geben allerdings keine Erklärung dafür. Nach Zaaijer und Noordhuizen (2003) entspricht ein Kot-Score von 3 dem Optimum und spiegelt eine gut verdaute Ration wider. Einen Kot-Score von 2 führen die beiden Autoren hingegen auf eine nicht ausbalancierte Ration zurück. Die Kotkonsistenz der ausschließlich mit Heu gefütterten Milchkühe kann somit als optimal angesehen werden.

Die Partikelgröße von Heu wird durch das Kauen während der Futteraufnahme stärker reduziert als die von Grassilage (Bailey et al., 1990). Durch die größere Oberfläche und den höheren Gehalt an schnell fermentierbaren Kohlenhydraten (siehe Tabelle 2.: Zucker) kommt es im Pansen zu einer schnelleren Kolonialisierung durch die Mikroben, die einen besseren Aufschluss der organischen Masse (**OM**) ermöglichen (Leng, 2014). Die Bedingungen im Pansen bei ausschließlicher Silagefütterung als Grundfutter können daher als suboptimal für die mikrobielle Fermentation gesehen werden. Durch die schwächer ausgeprägte Pansenfermentation findet mehr Fermentation der OM im Blind- und Dickdarm statt (Huhtanen et al., 2006). Eine ausgeprägte Fermentation in den genannten Darmabschnitten führt zu Durchfall (Kononoff et al., 2002a). Die Fermentation im Enddarm der Kontrollgruppe dürfte weiters durch den höheren XP-Gehalt der Silage (siehe Tabelle 2.) verstärkt worden sein. Darüber hinaus kann aufgrund der Konservierungsmethode von einem höheren NPN-Anteil ausgegangen werden. Höhere Anteile an leicht verfügbaren N-Quellen im Pansen führen zu einer vermehrten Wasseraufnahme, um überschüssigen Stickstoff mit dem Harn auszuscheiden (Kononoff et al., 2002a). Diese erhöhte Wasseraufnahme ist möglicherweise für den geringeren Kot-TM-Gehalt in Silagegruppe (10,7 % der FM vs. 11,6 % der FM) verantwortlich; allerdings bestand kein signifikanter Unterschied ($P = 0,148$). Die höhere Wasserbindekapazität von Heu sowie die höhere NDF-Aufnahme könnten sich zusätzlich positiv auf das optische Erscheinungsbild des Kotes ausgewirkt haben.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen erstmals, dass durch die Konservierungsmethode des Grünlandes die Liegeseite von Milchkühen beeinflusst werden kann. Aus Sicht der Tierernährung kann die Heufütterung empfohlen werden, da die Grundfuturaufnahme erhöht und die Kotkonsistenz der Milchkühe verbessert wurde. Bei selber Partikellänge kommt es zu keinen Nachteilen für die Kauzeiten bei Heufütterung im Vergleich zu Silagefütterung. Für Heumilchbetriebe mit Luftentfeuchter-Belüftung empfiehlt sich die praxisübliche Schnittlänge des Ladewagens für Heu jener von Grassilage anzunähern, um die benötigte Zeit für die Futterraufnahme niedrig zu halten. Das Liegeverhalten von Milchkühen wurde in anderen wissenschaftlichen Arbeiten vorwiegend unter dem Blickwinkel der Haltung und der Gesundheit von Milchkühen untersucht. Der Zusammenhang mit der Fütterung ist neuartig und sollte im Hinblick auf verschiedene Futtermittel und Grundfutteranteile weiterverfolgt werden. Dasselbe gilt für den Parameter Kotkonsistenz, wobei hierfür ein Vergleich unterschiedlicher XP- und XF-Anteile interessant wäre.

Zusammenfassung

In der grünlandbasierten Milchviehfütterung stellt die Konservierung des Grundfutters in den Sommermonaten einen entscheidenden Arbeitsblock dar. Die Silagebereitung kann in Österreich aufgrund von arbeitswirtschaftlichen Vorteilen als dominierende Konservierungsmethode bezeichnet werden. Im letzten Jahrzehnt konnte allerdings aufgrund einiger Markenprogramme eine Zunahme der Heuwerbung beobachtet werden. Daher wurde ein Fütterungsversuch mit 18 Holstein-Kühen durchgeführt, um den Effekt der Konservierungsmethode auf das Kauverhalten (Fressen und Wiederkauen), das Liegeverhalten und die Kotkonsistenz von Milchkühen zu überprüfen. Dafür wurden im Mai 2018 9 ha Dauergrünland und 4 ha mehrjähriges Klee gras zum selben Zeitpunkt gemäht und zu gleichen Teilen als Silage oder Heu konserviert. Die Bearbeitung des gesamten Schnittgutes sowie die theoretische Schnittlänge von 8 cm war für beide Konservierungsmethoden identisch. Die Laboranalysen der konservierten Futtermittel ergaben keinen Unterschied im NDF-Gehalt, einen niedrigeren XP-Gehalt und einen höheren Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten für die Konservierung als Heu. Für den Fütterungsversuch wurden die 18 Milchkühe balanciert nach Lebendmasse (717 ± 53 kg), täglicher Milchmenge ($30,0 \pm 5,91$ kg), Laktationstage (171 ± 104), Laktationszahl ($3,8 \pm 2,1$) und Trächtigkeitstage (92 ± 67) zwei Gruppen à 9 Tieren zugeteilt. Die Ration der Kontrollgruppe bestand zu 80% aus Grassilage und zu 20 % aus Krafffutter. Die Versuchsration bestand aus 80% Heu und 20% Krafffutter. Beide Gruppen erhielten für 35 Tage jeweils eine der beiden Rationen. In den ersten 14 Tagen erfolgte die Angewöhnung an die jeweilige Ration. In den darauffolgenden 21 Tagen erfolgte dann die Datenerhebung für die TM-Aufnahme, das Kauverhalten, das Liegeverhalten und die Kotkonsistenz der Milchkühe. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SAS 9.4 mit der Prozedur Mixed. Dafür wurden eine Woche vor Versuchsbeginn zusätzlich die TM-Aufnahme, das Kauverhalten, das Liegeverhalten und die Kotkonsistenz der Milchkühe bei Vorlage einer betriebsüblichen TMR erhoben. Die so erhobenen Daten wurden als Kovariablen im statistischen Modell herangezogen. Das Kauverhalten wurde mittels RumiWatch Nasenbandsensoren (RumiWatch System ITIN +HOCH GmbH Liestal Switzerland) und das Liegeverhalten mittels HOBO Datenlogger (Onset Computer Corporation, 2013) erhoben. Die Kotkonsistenz wurde anhand des Scoring-Systems von Zaaijer und Noordhuizen (2003) beurteilt.

Zwischen den beiden Rationen (Grassilage versus Heu) ergaben sich keine Differenzen hinsichtlich der Gesamtkauzeit und Fresszeit bezogen auf die Einheiten h/24 h, min/kg TM und min/kg NDF. Die Fresszeit bei erhobenem Kopf war hingegen bei Heufütterung um 28 min/24 h (+17%) verlängert. Keine Unterschiede zeigten sich in der Wiederkauzeit (h/24 h). Kalkuliert in min/kg TM und min/kg NDF war die Wiederkauzeit für Heu signifikant geringer als für Silage. Darüber hinaus war auch die Anzahl der Wiederkauboli/24 h in der Heu-Gruppe signifikant reduziert. Die gesamte Liegezeit wurde durch die Konservierungsmethode nicht beeinflusst. Für die Liegezeit wurde ein Effekt der Konservierungsmethode festgestellt. Kühe, denen ausschließlich Heu als Grundfutter verfüttert wurde, verbrachten weniger Zeit (- 1,92 h/24h, $P = 0,035$) links liegend. Die Anzahl der Liegephasen sowie deren Dauer unterschied sich nicht zwischen beiden Behandlungsgruppen. Die Position, in der wiedergekauet wurde, unterschied sich nicht. Die Kotkonsistenz war in der Heu-Gruppe mit einem Score von 3 optimal und signifikant besser als in der Silage-Gruppe. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen erstmals, dass durch die Konservierungsmethode des Grünlandes die Liegezeit von Milchkühen beeinflusst werden kann.

Abstract

A cow's time is spent primarily eating, resting and ruminating. Therefore, changes in chewing and lying behaviour are frequently used in cows as indicators of performance, welfare and comfort. The aim of this master's thesis was to describe the effects of the conservation method of grassland forage on chewing and lying behaviour and faecal consistency in dairy cows. Herbage from the same meadow was cut and either conserved as silage or barn-dried hay. The harvesting procedure was the same for both forages, as was the theoretical length of cut of 8 cm. Laboratory analysis indicated no differences in NDF, only minor differences in CP, and high differences in the content of water-soluble carbohydrates between silage and hay. Conserved forages were fed to 18 lactating Holstein cows assigned to 2 groups according to body weight, milk yield, days in milk, parity and days of pregnancy. The control diet consisted of 80% silage and 20% concentrates, representing the predominant conservation method in Austria. The experimental diet consisted of 80% hay and 20% concentrates. Both groups were fed 1 of the 2 diets for 35 days. The first 14 d were used for diet adaptation, followed by data collection of DM intake, chewing activity, lying behaviour and faecal consistency for the last 21 days of the experiment. Two weeks before the start of the experiment, all cows received a commonly used TMR and data on DM intake, chewing activity, lying behaviour and faecal consistency were collected for 1 week for use as covariates in the statistical model. Chewing behaviour was assessed with the RumiWatch System (RumiWatch System ITIN +HOCH GmbH Liestal Switzerland) and lying behaviour with HOBO Data Logger (Onset Computer Corporation, USA). Faecal consistency was evaluated using the scoring system described by Zaaijer and Noordhuizen (2003). The method of preservation did not affect total chewing and eating time (h/d; h/DM; h/NDF). Eating time with the head raised was increased by about 28 min/d (+17%) for cows fed hay. Rumination time (h/d) did not differ between the groups, but decreased significantly per unit of DM and NDF when consuming hay versus silage. Similarly, the number of ruminating boluses per day was decreased. Total lying time was not influenced by conservation method. Laterality while lying was influenced by the preservation method. Cows fed hay (n=9) spent less time (- 1,92 h, P = 0,035) on their left side. Number of lying periods and duration of lying periods showed no differences. Replacing silage with hay did not affect rumination position. A lower faecal consistency score was associated with cows fed silage (P = 0,009). Higher eating time with the head raised as well as reduced ruminating time per kg DM and kg NDF and reduced ruminating boluses per day strengthen the thesis of complementarity between eating and ruminating time in dairy cows. Furthermore, feeding hay reduces the time spent lying on the left side and optimizes faecal consistency. This survey is the first scientifically based study that demonstrates an effect of the preservation method on the lying behaviour of dairy cows.

Literaturverzeichnis

- Acatincăi, S., D. Gavojdian, G. Stanciu, L.T. Czisster, I. Tripon, and S. Baul. 2010. Study Regarding Rumination Behavior in Cattle – Position Adopted by Cows During Rumination Process. *Lucr. Stiint. Zooteh. si Biotehnol.* 43:199–202.
- Albrecht, K.A., and R.E. Muck. 1991. CROP QUALITY & UTILIZATION Proteolysis in Ensiled Forage Legumes. *Crop Sci.* 464–469.
- Albright, J.L. 1987. Dairy Animal Welfare: Current and Needed Research. *J. Dairy Sci.* 70:2711–2731. doi:10.3168/jds.s0022-0302(87)80345-4.
- Arave, C.W., and J.L. Walters. 1979. Factors affecting lying behavior and stall utilization of dairy cattle. *Appl. Anim. Ethol.* 6:369–376. doi:10.1016/0304-3762(80)90137-6.
- Bailey, A.T., R.A. Erdman, L.W. Smith, and B.K. Sharma. 1990. Particle size reduction during initial mastication of forages by dairy cattle.. *J. Anim. Sci.* 68:2084–2094. doi:10.2527/1990.6872084x.
- Balch, C.. 1955. Sleep in Ruminants. *Nature* 175:940.
- Balch, C.C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. *Br. J. Nutr.* 26:383. doi:10.1079/bjn19710045.
- Beauchemin, K.A. 1991. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle.. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 7:439–463. doi:10.1016/S0749-0720(15)30794-5.
- Beauchemin, K.A. 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J. Dairy Sci.* doi:10.3168/jds.2017-13706.
- Beauchemin, K.A., L. Eriksen, P. Nørgaard, and L.M. Rode. 2008. Short Communication: Salivary Secretion During Meals in Lactating Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 91:2077–2081. doi:10.3168/jds.2007-0726.
- Beauchemin, K.A., B.I. Farr, L.M. Rode, and G.B. Schaalje. 1994. Optimal Neutral Detergent Fiber Concentration of Barley-Based Diets for Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 77:1013–1029. doi:10.3168/jds.s0022-0302(94)77037-5.
- Beauchemin, K.A., B.I. Farr, L.M. Rode, and G.B. Schaalje. 1997. Effects of Alfalfa Silage Chop Length and Supplementary Long Hay on Chewing and Milk Production of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 77:1326–1339. doi:10.3168/jds.s0022-0302(94)77072-7.
- Beauchemin, K.A., W.Z. Yang, and L.M. Rode. 2003. Effects of Particle Size of Alfalfa-Based Dairy Cow Diets on Chewing Activity, Ruminal Fermentation, and Milk Production. *J. Dairy Sci.* 86:630–643. doi:10.3168/jds.s0022-0302(03)73641-8.
- Borchers, M.R., Y.M. Chang, I.C. Tsai, B.A. Wadsworth, and J.M. Bewley. 2016. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *J. Dairy Sci.* doi:10.3168/jds.2015-10843.

- Borreani, G., E. Tabacco, R.J. Schmidt, R.E. Muck, and B.J. Holmes. 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101:3952–3979. doi:10.3168/jds.2017-13837.
- Böttger, C., P. Silacci, F. Dohme-meier, K. Südekum, and U. Wyss. 2019. The Effect of Herbage Conservation Method on Protein Value and Nitrogen Utilization in Dairy Cows. *Agriculture* 9:1–19. doi:https://doi.org/10.3390/agriculture9060118.
- Braun, U., L. Trösch, F. Nydegger, and M. Hässig. 2013. Evaluation of eating and rumination behaviour in cows using a noseband pressure sensor. *BMC Vet. Res.* doi:10.1186/1746-6148-9-164.
- Buchgraber, K. 2018. Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- Byskov, M.V., A. Fogh, and P. Løvendahl. 2017. Genetic parameters of rumination time and feed efficiency traits in primiparous Holstein cows under research and commercial conditions. *J. Dairy Sci.* 100:9635–9642. doi:10.3168/jds.2016-12511.
- Byskov, M.V., E. Nadeau, B.E.O. Johansson, and P. Nørgaard. 2015. Variations in automatically recorded rumination time as explained by variations in intake of dietary fractions and milk production, and between-cow variation. *J. Dairy Sci.* 98:3926–3937. doi:10.3168/jds.2014-8012.
- Cassida, K.A., and M.R. Stokes. 1986. Eating and Resting Salivation in Early Lactation Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 69:1282–1292. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80534-3.
- Chibisa, G.E., K.A. Beauchemin, and G.B. Penner. 2016. Relative contribution of ruminal buffering systems to pH regulation in feedlot cattle fed either low- or high-forage diets. *Animal* 10:1164–72. doi:10.1017/S1751731115002888.
- Drissler, M., M. Gaworski, C.B. Tucker, and D.M. Weary. 2005. Freestall Maintenance: Effects on Lying Behavior of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 88:2381–2387. doi:10.3168/jds.s0022-0302(05)72916-7.
- Edmunds, B., K.H. Südekum, H. Spiekens, and F.J. Schwarz. 2012. Estimating ruminal crude protein degradation of forages using in situ and in vitro techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.* 175:95–105. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.04.003.
- Ellis, J.L., J. Dijkstra, J. France, A.J. Parsons, G.R. Edwards, S. Rasmussen, E. Kebreab, and A. Bannink. 2012. Effect of high-sugar grasses on methane emissions simulated using a dynamic model. *J. Dairy Sci.* 95:272–285. doi:10.3168/jds.2011-4385.
- von Engelhardt, W., G. Breves, M. Diener, and G. Gäbel. 2015. *Physiologie Der Haustiere*. 5., vollst. Enke Verlag.
- Ertl, P., Q. Zebeli, W. Zollitsch, and W. Knaus. 2016. Feeding of wheat bran and sugar beet pulp as sole supplements in high-forage diets emphasizes the potential of dairy cattle for human food supply. *J. Dairy Sci.* 99:1228–1236. doi:10.3168/jds.2015-10285.

- Filya, I. 2003. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the Fermentation, Aerobic Stability, and Ruminal Degradability of Low Dry Matter Corn and Sorghum Silages. *J. Dairy Sci.* 86:3575–3581. doi:10.3168/jds.s0022-0302(03)73963-0.
- Forsberg, A.M., G. Pettersson, T. Ljungberg, and K. Svennersten-Sjaunja. 2008. A brief note about cow lying behaviour-Do cows choose left and right lying side equally?. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114:32–36. doi:10.1016/j.applanim.2008.02.008.
- Fregonesi, J.A., C.B. Tucker, and D.M. Weary. 2007a. Overstocking Reduces Lying Time in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90:3349–3354. doi:10.3168/jds.2006-794.
- Fregonesi, J.A., D.M. Veira, M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2007b. Effects of Bedding Quality on Lying Behavior of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90:5468–5472. doi:10.3168/jds.2007-0494.
- Froetschel, M.A., and H.E. Amos. 1991. Effects of Dietary Fiber and Feeding Frequency. *J. Anim. Sci* 69:1312–1321.
- Giger-Reverdin, S. 2000. Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86:53–69. doi:10.1016/S0377-8401(00)00159-0.
- Gill, B.Y.J., R.C. Campling, and D.R. Westgarth. 1966. A study of chewing. *Br. J. Nutr.* 20:13–23.
- Grandl, F., M. Clauss, J.O. Zeitz, S.P. Luzi, M. Furger, A. Schwarm, M. Kreuzer, S. Ortmann, and F. Leiber. 2016. Biological implications of longevity in dairy cows: 1. Changes in feed intake, feeding behavior, and digestion with age. *J. Dairy Sci.* 99:3457–3471. doi:10.3168/jds.2015-10261.
- Grant, R.J., V.F. Colenbrander, and J.L. Albright. 1990. Effect of Particle Size of Forage and Rumen Cannulation upon Chewing Activity and Laterality in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 73:3158–3164. doi:10.3168/jds.s0022-0302(90)79005-4.
- Grant, R.J., and L.F. Ferraretto. 2018. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. *J. Dairy Sci.* 101:4111–4121. doi:10.3168/jds.2017-13729.
- Gregorini, P., B. Dela Rue, M. Pourau, C. Glassey, and J. Jago. 2013. A note on rumination behavior of dairy cows under intensive grazing systems. *Livest. Sci.* 158:151–156. doi:10.1016/j.livsci.2013.10.012.
- Gruber, L., C. Fasching, A. Pollinger, R. Resch, M. Velik, and A. Adler. 2013. Abschlussbericht Heuprojekt 1–64.
- Grubmüller, T. 2008. Einfluss von Datenloggern auf das Liegeverhalten von Milchkühen. Diplomarbeit Univ. für Bodenkultur Wien.
- Hindrichsen, I.K., A.M. Uller, B.J. Org, and M. Kreuzer. 2005. CONCENTRATED ON METHANE EMISSION FROM DAIRY COWS 329–350. doi:10.1007/s10661-005-3008-3.

- Huhtanen, P., S. Ahvenjärvi, M.R. Weisbjerg, and P. Nørgaard. 2006. Digestion and passage of fibre in ruminants. *Rumin. Physiol. Dig. Metab. Impact Nutr. Gene Expression, Immunol. Stress* 87–135. doi:10.3920/978-90-8686-566-6.
- Ireland-Perry, R.L., and C.C. Stallings. 1993. Fecal Consistency as Related to Dietary Composition in Lactating Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 76:1074–1082. doi:10.3168/jds.s0022-0302(93)77436-6.
- Ito, K., N. Chapinal, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2014. Associations between herd-level factors and lying behavior of freestall-housed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:2081–2089. doi:10.3168/jds.2013-6861.
- Ito, K., M.A.G. von Keyserlingk, S.J. LeBlanc, and D.M. Weary. 2010. Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:3553–3560. doi:10.3168/jds.2009-2951.
- Ito, K., D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2009. Lying behavior: Assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:4412–4420. doi:10.3168/jds.2009-2235.
- Jensen, M.B., L.J. Pedersen, and L. Munksgaard. 2005. The effect of reward duration on demand functions for rest in dairy heifers and lying requirements as measured by demand functions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 90:207–217. doi:10.1016/j.applanim.2004.08.006.
- Jiang, F.G., X.W. Liu, Y.D. Sun, Z.H. Wang, X.Y. Lin, Z.G. Yan, G.M. Liu, and Z.Y. Hu. 2017. Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 100:2660–2671. doi:10.3168/jds.2016-11559.
- Johnson, K.A., and D.E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2483–2492. doi:10.2527/1995.7382483x.
- Juniper, D.T., E.M. Browne, M.J. Bryant, and D.E. Beever. 2008. Digestion, rumen fermentation and circulating concentrations of insulin, growth hormone and IGF-1 in steers fed diets based on different proportions of maize silage and grass silage. *Animal* 2:849–858. doi:10.1017/S1751731108001857.
- Kohn, R.A., and M.S. Allen. 1995. Prediction of Protein Degradation of Forages from Solubility Fractions. *J. Dairy Sci.* 78:1774–1788. doi:10.3168/jds.s0022-0302(95)76803-5.
- Kononoff, P., J. Heinrichs, and G. Varga. 2002a. Using Manure Evaluation to Enhance Dairy Cattle Nutrition. *Coll. Agric. Sci. DAS* 02-51:1–5.
- Kononoff, P.J., and A.J. Heinrichs. 2003. The Effect of Reducing Alfalfa Haylage Particle Size on Cows in Early Lactation. *J. Dairy Sci.* 86:1445–1457. doi:10.3168/jds.s0022-0302(03)73728-x.
- Kononoff, P.J., A.J. Heinrichs, and H.A. Lehman. 2003. The Effect of Corn Silage Particle Size on Eating Behavior, Chewing Activities, and Rumen Fermentation in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:3343–3353. doi:10.3168/jds.s0022-0302(03)73937-x.

- Kononoff, P.J., H.A. Lehman, and A.J. Heinrichs. 2002b. Technical Note—A Comparison of Methods Used to Measure Eating and Ruminating Activity in Confined Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 85:1801–1803. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74254-9.
- Kröger, I., E. Humer, V. Neubauer, N. Kraft, P. Ertl, and Q. Zebeli. 2016. Validation of a noseband sensor system for monitoring ruminating activity in cows under different feeding regimens. *Livest. Sci.* doi:10.1016/j.livsci.2016.10.007.
- Kröger, I., E. Humer, V. Neubauer, N. Reisinger, S. Aditya, and Q. Zebeli. 2017. Modulation of chewing behavior and reticular pH in nonlactating cows challenged with concentrate-rich diets supplemented with phytochemicals and autolyzed yeast. *J. Dairy Sci.* 100:9702–9714. doi:10.3168/jds.2017-12755.
- Ledgerwood, D.N., C. Winckler, and C.B. Tucker. 2010. Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 93:5129–5139. doi:10.3168/jds.2009-2945.
- Leng, R.A. 2014. Interactions between microbial consortia in biofilms: A paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Anim. Prod. Sci.* 54:519–543. doi:10.1071/AN13381.
- Mason, P.M., and D.C. Stuckey. 2016. Biofilms, bubbles and boundary layers – A new approach to understanding cellulolysis in anaerobic and ruminant digestion. *Water Res.* 104:93–100. doi:10.1016/j.watres.2016.07.063.
- Medrano-Galarza, C., J. Gibbons, S. Wagner, A.M. de Passillé, and J. Rushen. 2012. Behavioral changes in dairy cows with mastitis. *J. Dairy Sci.* 95:6994–7002. doi:10.3168/jds.2011-5247.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463–1481. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2.
- Metz, J.H.M. 1985. The reaction of cows to a short-term deprivation of lying. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 13:301–307. doi:10.1016/0168-1591(85)90010-3.
- Mgbeahuruike, A.C. 2007. Faecal Characteristics and Production of Dairy Cows in Early Lactation.
- Muck, R.E., and K.J. Shinnars. 2001. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. *Proc. Xix Int. Grassl. Congr.* 753–762. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- Munksgaard, L., M.B. Jensen, L.J. Pedersen, S.W. Hansen, and L. Matthews. 2005. Quantifying behavioural priorities - Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92:3–14. doi:10.1016/j.applanim.2004.11.005.
- Nasrollahi, S.M., M. Imani, and Q. Zebeli. 2016. A meta-analysis and meta-regression of the impact of particle size, level, source and preservation method of forages on chewing behavior and ruminal fermentation in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 219:144–158. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.06.012.

- Onset Computer Corporation. 2013. HOBO® Pendant® G Data Logger (UA-004-64) White Paper 13.
- Pan, J., S. Koike, T. Suzuki, K. Ueda, Y. Kobayashi, K. Tanaka, and M. Okubo. 2003. Effect of mastication on degradation of orchardgrass hay stem by rumen microbes: Fibrolytic enzyme activities and microbial attachment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106:69–79. doi:10.1016/S0377-8401(03)00039-7.
- Phillips, C. 2002. *Cattle Behaviour & Welfare*. Second edi. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Phillips, C.J.C., S. Llewellyn, and A. Claudia. 2010. Laterality in Bovine Behavior in an Extensive Partially Suckled Herd and an Intensive Dairy Herd. *J. Dairy Sci.* 86:3167–3173. doi:10.3168/jds.s0022-0302(03)73919-8.
- Plaizier, J.C. 2004. Replacing Chopped Alfalfa Hay with Alfalfa Silage in Barley Grain and Alfalfa-Based Total Mixed Rations for Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87:2495–2505. doi:10.3168/jds.s0022-0302(04)73374-3.
- Ramankutty, N., A.T. Evan, C. Monfreda, and J.A. Foley. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochem. Cycles* 22:1–19. doi:10.1029/2007GB002952.
- Rombach, M., A. Münger, J. Niederhauser, K.-H. Südekum, and F. Schori. 2017. Evaluation and validation of an automatic jaw movement recorder (RumiWatch) for ingestive and rumination behaviors of dairy cows during grazing and supplementation. *J. Dairy Sci.* doi:10.3168/jds.2016-12305.
- Ruuska, S., S. Kajava, M. Mughal, N. Zehner, and J. Mononen. 2016. Validation of a pressure sensor-based system for measuring eating, rumination and drinking behaviour of dairy cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.* doi:10.1016/j.applanim.2015.11.005.
- Salomon, F.-V., H. Geyer, and U. Gille. 2005. *Anatomie Für Die Tiermedizin*. Enke Verlag, Stuttgart.
- Schadt, I., J.D. Ferguson, G. Azzaro, R. Petriglieri, M. Caccamo, P. Van Soest, and G. Licitra. 2013. How do dairy cows chew? Particle size analysis of selected feeds with different particle length distributions and of respective ingested bolus particles. *Dysphagia* 28:460–461. doi:10.1007/s00455-013-9468-7.
- Schirmann, K., N. Chapinal, D.M. Weary, W. Heuwieser, and M.A.G. von Keyserlingk. 2012. Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:3212–3217. doi:10.3168/jds.2011-4741.
- Schlegel, P., U. Wyss, Y. Arrigo, and H.D. Hess. 2018. Changes in macro- and micromineral concentrations in herbage during the harvesting and conservation processes. *Grass Forage Sci.* 73:918–925. doi:10.1111/gfs.12382.
- Schneider, C., J. Spranger Fachgruppe Tiergesundheit Forschungsinstitut für biologischen Landbau, and M. Gabel. 2002. *Entwicklung und Anwendung von Methoden zur vergleichenden Beschreibung des individuellen Wiederkauverhaltens von Milchkühen*. Rostock und Frick.

- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second edi. Cornell University, New York.
- Soita, H.W., D.A. Christensen, and J.J. McKinnon. 2000. Influence of Particle Size on the Effectiveness of the Fiber in Corn Silage. *J. Dairy Sci.* 82:581–588. doi:10.3168/jds.s0022-0302(99)75270-7.
- Tabacco, E., G.M. Crovetto, D. Colombo, G. Galassi, L. Cavallarin, and G. Borreani. 2006. Effect of Chestnut Tannin on Fermentation Quality, Proteolysis, and Protein Rumen Degradability of Alfalfa Silage. *J. Dairy Sci.* 89:4736–4746. doi:10.3168/jds.s0022-0302(06)72523-1.
- Tas, B.M., H.Z. Taweel, H.J. Smit, A. Elgersma, J. Dijkstra, and S. Tamminga. 2006. Effects of perennial ryegrass cultivars on milk yield and nitrogen utilization in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3494–3500. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72388-8.
- Tucker, C.B., N.R. Cox, D.M. Weary, and M. Špinka. 2009. Laterality of lying behaviour in dairy cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 120:125–131. doi:10.1016/j.applanim.2009.05.010.
- Uhrbrock, R.S. 1969. The Journal of Genetic Psychology Research and Theory on Human Development. *J. Genet. Psychol.* 174:557–581. doi:10.1080/00221325.2012.706660.
- Vasilatos, R., and P.J. Wangsness. 1980. Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows as Measured by Time-Lapse Photography. *J. Dairy Sci.* 63:412–416. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)82948-1.
- Waldo, D.R., and N.A. Jorgensen. 1981. Forages for High Animal Production: Nutritional Factors and Effects of Conservation. *J. Dairy Sci.* 64:1207–1229. doi:10.3168/jds.s0022-0302(81)82697-5.
- Wattiaux, M.A., D.R. Mertens, and L.D. Satter. 1992. Kinetics of hydration and effect of liquid uptake on specific gravity of small hay and silage particles.. *J. Anim. Sci.* 70:3597–3606. doi:10.2527/1992.70113597x.
- Weingartmann, H. 2002. Technik und Perspektiven in der Heutrocknung. 8. Alpenländisches Expert. 9.-10. April 2002 63–66.
- White, R.R., M.B. Hall, J.L. Firkins, and P.J. Kononoff. 2017. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. *J. Dairy Sci.* 100:9551–9568. doi:10.3168/jds.2017-12765.
- Wilkinson, J.M., and D.R. Davies. 2013. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass Forage Sci.* 68:1–19. doi:10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x.
- Wilkinson, J.M., and M.R.F. Lee. 2018. Use of human-edible animal feeds by ruminant livestock. *Animal* 12:1735–1743. doi:https://doi.org/10.1017/S175173111700218X.

- Zaaijer, D., and J. Noordhuizen. 2003. A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows. *Ir. Vet. J.* 56:145–151.
- Zebeli, Q. 2006. Einfluss Der Partikellänge von Totalmischrationen (TMR) Auf Die Digestaschichtung Und Verdauungsvorgänge Im Pansen Hochleistender Milchkühe (Dissertation). Shaker verlag, Aachen.
- Zebeli, Q., W. Drochner, B. Metzler, H. Steingass, and M. Tafaj. 2006. Effects of Physically Effective Fiber on Digestive Processes and Milk Fat Content in Early Lactating Dairy Cows Fed Total Mixed Rations. *J. Dairy Sci.* 89:651–668. doi:10.3168/jds.s0022-0302(06)72129-4.
- Zehetgruber, K. 2018. Einfluss der Reduktion der Partikellänge von Grundfutter auf die Futterselektion sowie das Kau- und Wiederkauverhalten bei Milchkühen. Universität für Bodenkultur Wien,.
- Zehner, N., C. Umstätter, J.J. Niederhauser, and M. Schick. 2017. System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. *Comput. Electron. Agric.* 136:31–41. doi:10.1016/j.compag.2017.02.021.

Abkürzungsverzeichnis

aADFom	Saure Detergenzfaser
Ca	Kalzium
Co	Kobald
Cu	Kupfer
CP	crude protein
DM	Dry Matter
Fe	Eisen
FM	Frischmasse
GF	Grundfutter
KF	Krafftutter
LM	Lebendmasse
Mg	Magnesium
Mn	Mangan
Na	Natrium
aNDFom	Neutrale Detergenzfaser
NPN	Nicht-Protein-Stickstoff
TM	Trockenmasse
TMR	Totale Mischration
OM	Organische Masse
Se	Selen
Wdk	Wiederkauen
WSC	Water-Soluble Carbohydrates
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein
Zn	Zink

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definition der Scores zur Beurteilung der Kotkonsistenz nach Zaaijer und Noordhuizen (2003).....	22
Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung des angewelkten Erntegutes für das Silieren und die Trocknung (Feldliegezeit ca. 28 h), der konservierten Grundfuttermittel (264 d nach der Konservierung zu Beginn des Fütterungsversuch), und der Kraftfuttermischung; alle Angaben in g/kg TM (Standardabweichung), sofern nicht anders angegeben. Die Unterschiede zwischen den chemischen Parameter des angewelkten Erntegutes und der Behandlungen wurden mittels t-Test analysiert....	25
Tabelle 3. TM-Aufnahme, Nährstoffaufnahme und Futteraufnahme in % der LM in Abhängigkeit von der Grundfutterart, Angaben in kg/24 h sofern nicht anders angegeben.....	26
Tabelle 4: Effekte der Konservierungsmethode auf das Kauverhalten von Milchkühen.	27
Tabelle 5: Effekt Konservierungsmethode auf das Liegeverhalten von Milchkühen, Angaben in h/24 h (Standardfehler) sofern nicht anders angegeben.	28
Tabelle 6: Effekt der Konservierungsmethode auf die Wiederkaudauer links liegend, rechts liegend und stehend von Milchkühen, Angaben in min/24 h (Standardfehler).	29
Tabelle 7: Effekt der Konservierungsmethode auf die Kotkonsistenz von Milchkühen, Angaben in Kot-Score Punkte, sofern nicht anders angegeben.	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Liegezeit je Liegeseite (h/d) der Basiserhebung, Silage = Kontrollgruppe (n = 9), Heu = Versuchsgruppe (n = 9)	34
Abbildung 2: Liegezeit je Liegeseite (h/d) des Fütterungsversuchs, Silage = Kontrollgruppe (n = 9), Heu = Versuchsgruppe (n = 9).....	34