

Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung

Influence of conservation method of meadow forage on feeding value and milk production

Stefanie Kiendler^{1*}, Leonhard Gruber¹, Georg Terler¹, Margit Velik¹, Daniel Eingang¹,
Anton Schauer¹ und Martin Royer¹

Zusammenfassung

Das Dauergrünland stellt mit einer Fläche von 1,3 Millionen ha die wichtigste Futtergrundlage der österreichischen Milchviehhaltung dar. Auf Grund der klimatischen Bedingungen ist Grünfutter nicht ganzjährig verfügbar. Eine Konservierung des Wiesenfutters in Form von Silage oder Heu ist daher für die Winterfütterung unerlässlich, wobei die Silierung in den letzten Jahrzehnten auf Grund bekannter Vorteile (geringere Witterungsabhängigkeit, hohe Schlagkraft, arbeitswirtschaftliche Vorteile, hohe Futterqualität etc.) zum überwiegenden Konservierungsverfahren geworden ist. Andererseits hat die Bedeutung von Heu durch gezielte Marketingprogramme wie „Heumilch“ im letzten Jahrzehnt wieder zugenommen, wobei allerdings in vielen Fällen aufwändige und kostenintensive Trocknungsverfahren zur Erzielung hoher Futterqualitäten vorauszusetzen sind. Im vorliegenden Projekt wurden daher Futterwert, Futteraufnahme sowie Milchleistung und Milchqualität von „Heu“ und „Silage“ im Vergleich zum Ausgangsmaterial „Grünfutter“ unter möglichst gleichen Bedingungen untersucht. Der Futterwert wurde durch chemische Analysen (Weender Rohnährstoffe, Gerüstsubstanzen, *in vitro*-Verdaulichkeit), Verdaulichkeit *in vivo* an Hammeln und die Pansenabbaubarkeit *in situ* bestimmt sowie die Futteraufnahme und Milchleistung in einem Fütterungsversuch mit insgesamt 90 Kühen untersucht (3 Konservierungsverfahren × 3 Aufwüchse × 10 Kühe je Variante).

Heu wies einen geringeren Proteingehalt auf (Bröckelverluste besonders nährstoffreicher Pflanzenteile) und bei der Silage war der Gehalt an Faser signifikant niedriger (durch Fermentation nicht nur leicht löslicher Kohlenhydrate, sondern teilweise auch von Hemizellulose). Die Verdaulichkeit von Grünfutter, Silage und Heu belief sich auf 72,2, 70,3 und 70,2 % (p-Wert = 0,157), war also in der Tendenz bei Grünfutter am höchsten und bei Silage am niedrigsten. Dementsprechend errechnete sich für Grünfutter auch der höchste Energiegehalt (10,09 MJ ME gegenüber 9,88 und 9,77 MJ ME bei Silage und Heu). Durch die Konservierungsvorgänge veränderten sich in der Tendenz die Anteile der sofort löslichen und rasch abbaubaren Fraktion „a“ (durch Fermentationsprozesse mit 32 % am höchsten in der Silage) und der potenziell

Summary

With a total area of 1.3 millions ha, permanent grassland represents the most important feed source of Austrian dairy farming. Due to the climatic conditions, green forage is not available all the year round. Hence, the preservation of green forage as silage or hay is indispensable for winter-feeding, whereby silage-making has been developing to the prevailing preservation method because of its known advantages (lower dependency from weather conditions, high impact, economic advantages, high feed quality etc.) in the last decades. On the other hand, during the last decade hay has again been gaining in importance through focused marketing programmes like “Hay-milk”. In many cases, however, elaborated and cost-intensive drying procedures are to be assumed for the achievement of high feed quality. Thus, in the current project nutritive value, feed intake as well as milk performance and milk quality of “hay” and “silage” compared to the starting material “green forage” have been scrutinized under preferably the same conditions. Feeding value was determined by chemical analyses (Proximate analysis system (Weende method), plant cell walls according to the Van Soest-Detergent system, *in vitro*-digestibility (Cellulase method)), digestibility *in vivo* at wethers and rumen degradability *in situ* as well as feed intake and milk performance in a feeding trial with 90 cows on total (3 preservation methods × 3 growths × 10 cows/variant).

Hay showed a lower content of protein (crop loss of plant parts being especially rich in nutrients) and at silage the content of fibre was significantly lower (because of fermentation not only of easily soluble carbohydrates but partly also of hemicellulose). Digestibility of green forage, silage and hay lay at 71.4, 69.6 and 70.2 % (p-value = 0.157) and was therefore in its tendency highest at green forage and lowest at silage. Accordingly, green forage achieved the highest energy content (10.09 MJ ME compared to silage with 9.88 and hay with 9.77 MJ ME). Through the preservation procedures, the tendency of the proportions of immediately soluble and quickly degradable fraction “a” (with 32 % highest at silage through the fermentation process) and potentially degradable fraction “b” (with 60.3 % highest at green forage) changed. Thus, differences hardly emerged regarding potential

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

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Stefanie Kiendler, email: stefanie.kiendler@raumberg-gumpenstein.at



abbaubaren Fraktion „b“ (mit 60,3 % am höchsten bei Grünfutter). Dadurch zeigten sich kaum Unterschiede in der potenziellen Abbaubarkeit (Summe aus a und b; 82.2, 83.9, 83.8 %). In der Abbaurrate pro Stunde wies Heu mit 0,055 gegenüber 0,061 der beiden übrigen Varianten den niedrigsten Wert auf, was mit den Veränderungen in Folge der Trocknung zu erklären ist. Insgesamt wies die Silage die höchste effektive Abbaubarkeit auf; dies zeigt, dass durch die Fermentation im Silo die Verfügbarkeit der Nährstoffe verändert wird. Allerdings sind dazu Untersuchungen erforderlich, die über die rein chemische Analyse hinausgehen.

Bei einem für alle Versuchsgruppen konstant gehaltenen Kraftfutteranteil von 12,5 % nahmen die Kühe der Gruppe „Silage“ signifikant weniger Grundfutter auf, während von Grünfutter und Heu gleich viel gefressen wurde (17.8^a, 16.3^b, 17.9^a kg TM). Wenn Energieaufnahme und Milchleistung gegenübergestellt werden, ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen, d.h. die Verwertung der Nährstoffe war in allen drei Konservierungsverfahren gleich hoch (5.74, 5.73, 5.87 MJ ME pro kg ECM Gesamtverwertung der Energie). Die Gruppe Grünfutter erzielte den höchsten und die Gruppe Silage den niedrigsten Milchfettgehalt. Im Milcheiweißgehalt zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Auf den Gehalt an Milchfettsäuren wirkten sich die Konservierungsverfahren größtenteils signifikant aus. Grünfutter zeigte einen geringeren Gehalt an gesättigten Fettsäuren und einen höheren Gehalt an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren sowie konjugierten Linolsäuren. Dieser positive Einfluss des Grünfutters auf den Anteil an Fettsäuren, die günstig für die menschliche Ernährung sind, ist in der Literatur mehrfach beschrieben und ist auf den Gehalt des Grünfutters an diesen Fettsäuren zurückzuführen.

Hinsichtlich der Stoffwechselformparameter im Blut wiesen die Kriterien des Energiestoffwechsels in den Gruppen „Grassilage“ und „Heu“ auf eine etwas höhere Belastung hin, was mit deren im Vergleich zu „Grünfutter“ etwas geringerer Energieversorgung und niedrigerer Energiebilanz zu erklären ist. Der höhere Gehalt an Blutharnstoff in Gruppe „Grünfutter“ steht in ursächlichem Zusammenhang mit der höheren Aufnahme an Protein in dieser Konservierungsform und entspricht auch dem höheren Harnstoffgehalt in der Milch. Auch im Gehalt des Blutes an Mineralstoffen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Konservierungsverfahren.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Silierung nach wie vor ein optimales und kostengünstiges Konservierungsverfahren darstellt, das sich besonders durch geringeres Witterungsrisiko, hohe Schlagkraft und arbeitswirtschaftliche Vorteile auszeichnet. Mit dem Konservierungsverfahren „Heuwerbung“ können beste Grundfutterqualitäten (ähnlich dem frischen Grünfutter) erzeugt werden, die allerdings einen hohen technischen Aufwand für Trocknungsanlagen mit entsprechenden Kosten erforderlich machen.

Schlagerwörter: Grundfutter, Konservierung, Grundfutterleistung

degradability (sum of a plus b; 82.2, 83.9, 83.8 %). In terms of the degradation rate per hour hay showed the lowest value with 0.055 compared to 0.061 of the other conservation methods, which can be explained by the changes in consequence of the drying. Overall, silage exhibited the highest effective degradability; this shows that fermentation in the silo changes the availability of nutrients. However, to examine this changes analyses exceeding the pure chemical analysis are necessary.

With a consistent portion of concentrate of 12.5 % for all experimental groups, the cows of the group “silage” ingested significantly less forage, whereas the same rations of green forage and hay were being eaten (17.8^a, 16.3^b, 17.9^a kg DM). If energy intake and milk performance are faced, no differences will arise between the groups. This means that nutrient utilisation was the same at all three preservation methods (5.74, 5.73, 5.87 MJ ME per kg ECM gross utilisation of energy). The group green forage obtained the highest and the group silage the lowest milk fat content. No significant differences arose in terms of milk protein content. Mostly, the preservation methods significantly influenced the content of fatty acids. Green forage showed a lower content of saturated fatty acids and a higher content of mono- and polyunsaturated fatty acids as well as conjugated linoleic acids. This positive impact of green forage on the portion of fatty acids in milk being favourable for human nutrition has multiply been described in literature and is to be drawn back to the content of these fatty acids in green forage.

Concerning the metabolic parameters in blood, the criteria of energy metabolism in the groups “grass silage” and “hay” pointed to a slightly higher stress. This is to be explained by their lower energy supply and lower energy balance in comparison to “green forage”. The higher content of blood urea in the group “green forage” is originally bounded to the higher intake of protein and corresponds to the higher content of urea in milk, as well. The contents of blood in terms of mineral nutrients also showed significant differences between the preservation methods.

Concluding, we can state that silage making is still an optimal and cost-effective preservation method, which is outstanding through less weather risks, a high impact and economic advantages. With the preservation method “haymaking” best quality forage (similar to fresh green forage) can be produced. However, this requires high technical effort in terms of drying facilities causing correlative costs.

Keywords: forage, conservation method, forage milk production

1. Einleitung

In Österreich werden rund 2,7 Millionen Hektar landwirtschaftlich genutzt. Das Dauergrünland, welches die Grundlage der Wiederkäuerernährung darstellt, nimmt mit 48 % knapp die Hälfte ein (STATISTIK AUSTRIA 2014). Aufgrund der klimatischen und geographischen Verhältnisse muss in Österreich etwa die Hälfte des Grünlandfutters konserviert werden (GRUBER et al. 2015). RESCH (2007) beziffert die durchschnittlichen Anteile der konservierten Grundfuttermittel einer Milchviehration mit 48 % Silage (inkl. Maissilage) und 27 % Heu.

Das Ziel der Konservierung ist die bestmögliche Erhaltung der Nährstoffe. Auf Grund der steigenden Milchleistung steht dabei die Energie- und Proteinversorgung im Fokus der Wiederkäuerernährung (RESCH und GRUBER 2015). Der Proteingehalt im Futter wird allerdings unterschiedlich stark von der jeweiligen Konservierungsform beeinflusst (GRUBER et al. 2004b). Dabei wurden signifikante Veränderungen der Proteinfractionen während der Feldliegezeit des zu konservierenden Grundfutters ermittelt. In dieser Phase der Konservierung gehen vor allem die leicht löslichen Stickstoffverbindungen verloren (RESCH und GRUBER 2015). Demnach geht die Konservierung immer mit Verlusten einher (FORMAYER et al. 2000). Diese Konservierungsverluste entfallen bei der Verfütterung von Grünfutter, weshalb das Grünfutter diesbezüglich in der Wiederkäuerernährung als sehr wertvoll zu beurteilen ist. Da das Grünfutter nur saisonal verfügbar ist, ist eine Konservierung in Form von Heutrocknung und Silierung unerlässlich.

Die Heuwerbung war seit den 1970er Jahren stark rückläufig, da sich die Grundfutterkonservierung auf Grund der enormen Wetterabhängigkeit zu Gunsten der Silagebereitung verschoben hatte. BUCHGRABER et al. (1994) und GRUBER et al. (2015) bezifferten den prozentuellen Rückgang von Heu am Gesamtgrundfutter von 78 auf 23 %. Allerdings haben sich die Konsumentenwünsche geändert und mittels gezielten Marketings konnte eine neue Produktionsschiene für „Heumilch“ aufgebaut werden (PÖLLINGER 2014). Um bei der Heuwerbung das Wetterrisiko zu senken und die Qualität des Futtermittels zu erhöhen, ist es nötig, die Feldliegezeit zu reduzieren. Mit der Einbindung der Unterdachrocknung in das Produktionssystem „Heutrocknung“ können diese Ziele realisiert werden. Kurze Schönwetterperioden können genützt und gleichzeitig Bröckelverluste reduziert werden. Verminderte Bröckelverluste erhöhen nicht nur den Trockenmasseertrag, sondern wirken sich auch positiv auf den Anteil der hochverdaulichen und proteinreichen Blattmasse aus. Die Gerüstsubstanzen verringern sich dadurch anteilmäßig und somit kann eine erhöhte Verdaulichkeit sowie eine gesteigerte Energiekonzentration im Grundfutter erreicht werden (GRUBER et al. 2015). SPIEKERS und POTTHAST (2004) beschrieben einen weiteren positiven Aspekt der Unterdachrocknung: Durch die rasche Trocknung des Erntegutes unter Dach erhöht sich der Anteil an nicht abbaubarem Protein (UDP). Dennoch stellt die Silagebereitung die am häufigsten verwendete Erntetechnik dar. Zum verminderten Wetterrisiko werden noch weitere Vorteile der Silagebereitung in der Nährstoffzusammensetzung genannt. In einem Konservierungsversuch von GRUBER und RESCH (2015) zeigte die Silage signifikant höhere Rohproteingehalte im Vergleich zur Heuvariante.

Allerdings wurde durch die in der Silage stattfindenden Gärprozesse eine Erhöhung des Nicht-Protein-Stickstoffs (NPN) festgestellt. Andererseits wurden durch die Gärung in der Silage Umbauprozesse beschrieben, durch welche zellwandgebundenes Protein für die Wiederkäuerernährung verfügbar gemacht werden konnte (RESCH und GRUBER 2015). Ungünstige Silierbedingungen, wie Verschmutzung des Erntematerials, schlechte Verdichtung oder die Wahl eines ungünstigen Erntezeitpunktes (Anwelkgrad) können im Gegenzug zu vermehrter Essigsäure- und Buttersäureproduktion sowie Sickersaftbildung führen, welche die Nährstoffverluste erhöhen (KIRCHGESSNER et al. 2014, SPIEKERS und POTTHAST 2004).

Ziel dieser Arbeit war es, die Konservierungsverfahren Silierung und Heutrocknung mit dem frischen Ausgangsmaterial, dem Grünfutter, hinsichtlich Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung zu vergleichen und die Vor- und Nachteile jedes Produktionsverfahrens aufzuzeigen.

2. Material und Methoden

In diesem Projekt wurden drei Konservierungsformen (Grünfutter, Grassilage und Heu) in Bezug auf Futterwert, Futteraufnahme, Milchleistung und Milchqualität sowie Stoffwechselfparameter miteinander verglichen. Zusätzlich zur chemischen Analyse wurde eine *in situ*-Untersuchung, ein Verdauungsversuch und ein Fütterungsversuch durchgeführt. Das dafür verwendete Wiesenfutter der drei Konservierungsformen stammte vom selben Feld der betriebseigenen Versuchsfelder. Alle Untersuchungen wurden in den Versuchseinrichtungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Die Region weist einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 1.000 mm und eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 7,2 °C auf.

Das Versuchsfeld liegt in der Gemeinde Irnding-Donnersbachtal auf einer Seehöhe von 673 m. Alle drei Konservierungsformen wurden auf dieser ca. 11 ha großen vierschnittigen Dauergrünlandfläche geerntet. Im Untersuchungsjahr 2013 lagen die Durchschnittstemperatur bei 8 °C und die Niederschlagsmenge bei 1.076 mm. Während der Vegetationsperiode lag die durchschnittliche Temperatur bei 14 °C und die Niederschlagsmenge betrug 758 mm. Die Ernte erfolgte mit einem Scheibenmäherwerk, kombiniert mit einem Knickzett-Aufbereiter. Die Schnitthöhe wurde dabei auf 7 cm eingestellt. Die Erntetermine richteten sich nach den Zeigerpflanzen im Bestand und wurden zum Zeitpunkt des Ähren- und Rispenstehens gewählt. Der erste Schnitt erfolgte am 18. Mai, gefolgt vom zweiten und dritten Schnitt am 16. Juli und am 5. September.

Anschließend an die Mahd wurde das Grünfutter geschwadet und direkt ohne weitere Behandlung den Tieren vorgelegt. Während des Versuches erfolgte die Grünfütterernte täglich am Vormittag. Je nach Konservierungsform wurde das Futter unterschiedlich häufig gezettet, um den Anwelkprozess zu beschleunigen. Nach Erreichen des angestrebten TM-Gehaltes (von durchschnittlich 37,8 bzw. 70,6 %) wurde das Futter mit einem Mittelschwader geschwadet. Für die Heubereitung wurde das Anwelkgut mit einem Erntewagen in die Trocknungsanlage der Versuchswirtschaft verbracht, wo unter Dach fertig getrocknet wurde. Die Silagebereitung erfolgte mit einer Vario-Rundballenpresse.

2.1 Bestimmung des Futterwertes

Im Zuge der Verdauungs- und Fütterungsversuche wurden Proben der drei Konservierungsformen (Grünfutter, Grassilage und Heu) von jedem Aufwuchs gezogen, um den Gehalt an Nährstoffen zu analysieren. Zur Bestimmung der Trockenmasse wurden jeweils 100 Gramm eingewogen, für 24 Stunden bei 104 °C getrocknet und durch Rückwaage der Trockenmassegehalt bestimmt. Die Rohnährstoffe und die Gerüstsubstanzen wurden mit der Weender Futtermittel-Analyse sowie der Detergenzien-Analyse ermittelt (TM-Methode 3.1, XP-Methode 4.1.1, XL-Methode 5.1.1, XF-Methode 6.1.1, XA-Methode 8.1, aNDFom-Methode 6.5.1, ADFom-Methode 6.5.2, ADL-Methode 6.5.3, VDLUFA 2012). Die bei der Trocknung von Silagen entstehenden Verluste über flüchtige Substanzen wurden nach den Angaben von WEISSBACH und KUHLE (1995) berücksichtigt.

Die ruminale Abbaubarkeit der Trockenmasse jeder Konservierungsform wurde mit Hilfe der *in situ*-Methode bestimmt (ØRSKOV et al. 1980). Dazu wurden Proben von jedem Aufwuchs gezogen und auf eine Partikelgröße von 2 mm gemahlen. Anschließend wurden Nylon-Bags mit einer Porengröße von 50 µm beschriftet, gewogen, mit dem Probenmaterial befüllt, zugeschweißt und in drei pansenfistulierte Tiere inkubiert. Die verschweißten Nylon-Bags wurden zwischen 0 und 120 h in den Pansen der Tiere inkubiert.

Der Abbau der TM (in %) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Abbau} = 100 - (\text{Einwaage} - \text{Rückwaage}) / \text{Einwaage} \times 100$$

Die Schätzung der Abbauparameter a, b und c erfolgte mit Hilfe des nicht-linearen Modells nach ØRSKOV und McDONALD (1979):

$$\text{PD} = a + b \times (1 - e^{-(c \times t)})$$

PD	potentielle Abbaubarkeit
a	rasch und vollständig lösliche Fraktion
b	potentiell abbaubare Fraktion
c	Abbaurrate der Fraktion b
t	Inkubationszeit

Die effektive Abbaubarkeit (ED) wurde nach den Vorgaben von ØRSKOV und McDONALD (1979), McDONALD (1981) sowie SÜDEKUM (2005) berechnet:

$$\text{ED} = a + \frac{b \times c}{c + k} \times e^{-(k \times \text{lag})}$$

ED	Effektive Abbaubarkeit
lag-time	Verzögerungszeit des Abbaus im Pansen
k	Passagerate

Zur Bestimmung der Rohnährstoffverdaulichkeit wurden Verdauungsversuche an Hammeln nach den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1991) durchgeführt (4 Tiere je Futtermittel). Die im Durchschnitt 65 kg

schweren Tiere wurden etwa nach ihrem Erhaltungsbedarf gefüttert (1 kg TM/Tag), aufgeteilt auf zwei Mahlzeiten pro Tag. Zusätzlich erhielten die Tiere 10 g einer Mineralstoffmischung und 2 g Viehsalz. Der Versuch gliederte sich in Adaptions- und eigentliche Erhebungsperiode, in welcher die tägliche Futteraufnahme sowie die Kot- und Harnausscheidung individuell erhoben wurde. Die Analyse des Kotes erfolgte nach den gleichen Methoden wie die Futtermitteluntersuchungen. Die Stickstoffbestimmung erfolgte im frischen Exkrement, um N-Verluste durch die Trocknung zu verhindern.

Der Energiegehalt wurde auf Basis der Rohnährstoffe und den im *in vivo*-Versuch ermittelten Verdauungskoeffizienten nach den Gleichungen der GfE (2001) berechnet. Ebenso wurden nXP und RNB auf der Grundlage von GfE (2001) kalkuliert, wobei die Werte für UDP (Anteil des nicht abgebauten Rohproteins, undegraded dietary protein) den DLG-Tabellen für Wiederkäuer (1997) entnommen wurden.

2.2 Futteraufnahme und Milchleistung

Der dreifaktorielle Fütterungsversuch wurde in 9 Durchgängen zu je 10 Kühen durchgeführt (3 Konservierungsvarianten \times 3 Schnitte = 9 Durchgänge, *Tabelle 1*). Die drei Konservierungsformen Grünfutter, Grassilage und Heu stellten den Hauptfaktor dar. Die drei Aufwüchse fungierten als Untergruppe. Beim Kraftfutter wurde zwischen einer schnell und einer langsam abbaubaren Energiequelle unterschieden (*Tabelle 1*). Das Kraftfutter mit niedriger Abbaurrate bestand aus 1/3 Mais, 1/3 Trockenschnitzel und 1/3 Sojaschalen. Das Kraftfutter mit hoher Abbaurrate enthielt 1/3 Gerste, 1/3 Weizen und 1/3 Triticale. Um dem unterschiedlichen Milchleistungsniveau der Versuchskühe Rechnung zu tragen, wurden je nach Leistungsniveau unterschiedliche Kraftfutterniveaus von 5, 10, 15, 20 bzw. 25 % gewählt.

Für den Versuch wurden Milchkühe der Rassen Fleckvieh und Holstein Friesian herangezogen, die in einem Laufstall gehalten wurden. Die Grundfütterration bestand je nach Versuchsvariante zu 100 % aus Grünfutter, Grassilage bzw. Heu. Die Kraftfuttergabe erfolgte über eine Transponderstation. Zusätzlich wurde zur Deckung des Mengen- und Spurenelementbedarfs eine Mineralstoffmischung gefüttert. Es wurde zweimal täglich frisches Futter *ad libitum* vorgelegt. Die Feststellung der individuellen Futteraufnahme erfolgte mit sogenannten Calan-Gates. Die *ad libitum*-Bedingungen wurden erreicht, indem den Tieren etwa 5 % über der tatsächlichen Futteraufnahme angeboten wurde, wobei die Futtermittelvergabe über ein Rationsberechnungsprogramm mehrmals wöchentlich angepasst wurde. Das nicht gefressene Futter wurde als Rückwaage abgezogen. Zudem wurde die Trockenmasse der Ein- und Rückwaage täglich bestimmt. Die Aufnahme an Nährstoffen ergab sich aus dem Produkt der Futteraufnahme und dem Nährstoffgehalt.

Tabelle 1: Versuchsdesign

Konservierungsmethode	Grünfutter						Grassilage						Heu					
	1		2		3		1		2		3		1		2		3	
Aufwuchs	1		2		3		1		2		3		1		2		3	
Kraftfutterart ¹⁾	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L

¹⁾ S = schneller Nährstoffabbau, L = langsamer Nährstoffabbau

Vorperiode: Kovarianzwoche

Jeder Versuchsdurchgang startete mit einer sogenannten Kovarianzwoche, in der die Futteraufnahme und Milchleistung erhoben wurden. Dabei wurde allen Tieren die gleiche Mischration (MR), bestehend aus 1/3 Maissilage, 1/3 Grassilage und 1/3 Heu (auf TM-Basis), *ad libitum* vorgelegt. Die Kraftfutterzuteilung in diesem Versuchsabschnitt erfolgte leistungsabhängig. Ab einer Milchleistung von 16 kg ECM erhielten die Tiere 0,5 kg Kraftfutter pro kg ECM. In dieser Woche wurden Futteraufnahme, Milchleistung und Lebendmasse erhoben, welche in der statistischen Auswertung als Kovariablen herangezogen wurden.

Vorperiode: Futterumstellungsphase

Nach der Vorperiode folgte die Futterumstellungsphase. In diesen zwei Wochen wurde von der Mischration auf 100 % Grünfutter, Grassilage bzw. Heu umgestellt. Weiters wurde in dieser Woche die TM-Aufnahme erhoben, anhand derer die Kraftfutterniveaus von 5, 10, 15, 20 und 25 % berechnet wurden.

Versuchsperiode

Anschließend an die Vorperiode folgte die eigentliche Versuchsperiode. Die Dauer der Versuchsperiode richtete sich nach der zu untersuchenden Konservierungsform. Um einen möglichst gleichmäßigen Vegetationszustand des Pflanzenbestandes zu gewährleisten, beschränkte sich der Versuchszeitraum beim Grünfutter auf eine Woche. Bei der Heu- und Silagevariante betrug die Versuchsdauer 3 Wochen. Während dieser Zeit wurde den Tieren das jeweilige Futter *ad libitum* vorgelegt.

Die Milchmenge sowie die Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Harnstoff) wurden täglich erhoben. Die Analyse erfolgt im Untersuchungslabor St. Michael in der Obersteiermark.

2.3 Bestimmung der Milchfettsäuren

Für die Analyse der Milchfettsäuren wurden Proben aus dem Tagesgemelk gezogen. Die Fett-Extraktion der Milch erfolgte nach der Methode von FOLCH et al. (1957), die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub geringfügig modifiziert wurde. Die chemische Analyse der Milchfettsäuren erfolgte mit Trimethylsulfoniumhydroxid (TMSH) nach DGF (2006) im Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

2.4 Analyse der Blutparameter

Die Blutabnahme erfolgte morgens nach der Melkung. Dabei wurde das Blut an der Schwanzvene abgenommen, zentrifugiert, tiefgefroren und an das Untersuchungslabor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in der Außenstelle Thalheim bei Wels zur Untersuchung geschickt. BHB, FFS und GLDH wurden mit dem Gerät AUTOLAB der Firma Roche-Diagnostics (Wien) analysiert. Die übrigen Parameter wurden mit dem Gerät COBAS C111, ebenfalls von der Firma Roche-Diagnostics, analysiert.

2.5 Statistische Auswertung

Die Daten zum Nährstoffgehalt sowie zur *in situ*-Abbaubarkeit und *in vivo*-Verdaulichkeit wurden als zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Behandlungen 'Konservierungsform' und 'Aufwuchs' unter Verwendung der Prozedur GLM ausgewertet. Die Ergebnisse des Fütterungsversuches wurden als dreifaktorielle Varianzanalyse mit den fixen Effekten 'Konservierungsform', 'Aufwuchs' und 'Kraftfutterart' ebenfalls mit der Prozedur GLM ausgewertet. Zusätzlich gingen der Kraftfutteranteil sowie die Daten der Vorperiode (Lebendmasse, Futteraufnahme, Milchleistung und Milchinhaltsstoffe) als Kovariable in das statistische Modell ein.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Nährstoffzusammensetzung

Der Gehalt an Trockenmasse sowie die Nährstoffzusammensetzung des Grünlandbestandes zeigten teils signifikante Unterschiede hinsichtlich Konservierungsform und Aufwuchs (Tabelle 2). Aufgrund von futterhygienischen sowie verfahrenstechnischen Aspekten unterschieden sich die TM-Gehalte der Konservierungsformen signifikant. Die Konservierungsform Heu muss einen TM-Gehalt von 87 % aufweisen, um die Lagerstabilität zu erreichen, wohingegen der ideale TM-Gehalt einer Grassilage bei 37 % liegt (RESCH 2013). Die Ergebnisse dieses Konservierungsversuches zeigten etwas höhere TM-Gehalte von 89 bzw. 46 % für Heu und Grassilage, als in der Literatur gefordert. Weiters wurde auch der Protein-Gehalt von den Versuchsfaktoren Konservierungsform und Aufwuchs beeinflusst. Bezüglich der Konservierungsform wiesen Grünfutter und Grassilage die höchsten Gehaltswerte an XP auf und hinsichtlich des Aufwuchses trat beim dritten Aufwuchs der höchste Prote-

Tabelle 2: Nährstoffgehalt des Wiesenfutters in Abhängigkeit von Konservierungsform und Aufwuchs

	Einheit	Konservierungsform (K)			Aufwuchs (A)			RSD	K	p-Werte	
		GF	GS	Heu	1	2	3			A	K × A
Trockenmasse	g/kg FM	212 ^c	461 ^b	889 ^a	473 ^c	579 ^a	511 ^b	18	<0,001	<0,001	<0,001
Rohprotein	g/kg TM	151 ^a	150 ^a	136 ^b	127 ^c	141 ^b	168 ^a	6	0,002	<0,001	0,034
Rohfett	g/kg TM	25 ^{ab}	28 ^a	22 ^b	26	24	25	2	0,003	0,423	0,348
Rohfaser	g/kg TM	246	231	247	255	231	238	15	0,159	0,083	0,286
NfE	g/kg TM	492	504	519	510 ^{ab}	528 ^a	477 ^b	20	0,142	0,005	0,343
Rohasche	g/kg TM	86	82	78	76	78	92	10	0,394	0,038	0,553
NDF	g/kg TM	479 ^a	443 ^b	474 ^a	488 ^a	451 ^b	457 ^b	18	0,019	0,023	0,089
ADF	g/kg TM	306 ^a	299 ^{ab}	271 ^b	298	285	294	20	0,04	0,584	0,871
ADL	g/kg TM	41 ^a	37 ^a	26 ^b	32	36	36	4	<0,001	0,172	0,714
NFC	g/kg TM	259 ^b	297 ^a	290 ^{ab}	283 ^{ab}	306 ^a	258 ^b	22	0,048	0,013	0,393

GF = Grünfutter, GS = Grassilage, RSD = Residualstandardabweichung, FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse, NfE = Stickstofffreie Extraktstoffe, NDF = Neutral-Detergenzien-Faser, ADF = Säure-Detergenzien-Faser, ADL = Säure-Detergenzien-Lignin, NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate

ingehalt auf. Diese signifikant höheren Proteingehalte der Konservierungsform Grünfutter und Grassilage resultierten aus den geringeren Konservierungsverlusten im Zuge der Erntekette gegenüber dem Heu (INEINCHEN et al. 2018). Den signifikanten Unterschied zwischen den Konservierungsformen Grassilage und Heu bestätigen auch GRUBER et al. (2015), welche auf die höheren Bröckelverluste im Zuge der Heu-Bereitung hinweisen, die von PÖLLINGER et al. (2013) als nachteilig für den Nährstoff- und Energieertrag beschrieben werden. Im Zuge der Heukonservierung ist trotz der Unterdachtrocknung ein mehrmaliges Wenden des Futters am Feld erforderlich. Bezüglich des Aufwuchses stellten auch BACHLER (2015) und GRUBER et al. (2015) fest, dass der XP-Gehalt mit der Nummer des Aufwuchses ansteigt. GRUBER et al. (2010) diskutierten die unterschiedliche morphologische Zusammensetzung des ersten Aufwuchses gegenüber den Folgeaufwüchsen. Im Zuge des ersten Aufwuchses bildet sich ein hoher Anteil des Stängels, der aus Gründen der Fortpflanzung die Ähren bzw. Rispen trägt und somit eine gewisse Stabilität aufweisen muss, was durch einen hohen Gehalt an Gerüstsubstanzen mit entsprechender Lignifizierung erreicht wird. Dies hat jedoch die bekannten negativen Auswirkungen auf die Verdaulichkeit und die Energiekonzentration. Dagegen bildet sich in den Folgeaufwüchsen weniger Stängelmasse, jedoch mehr Blattmasse. Die Folge sind ein höherer Gehalt an Protein und ein geringerer Gehalt an Gerüstsubstanzen, woraus eine höhere Verdaulichkeit resultiert.

Auch der NDF-Gehalt unterschied sich zwischen den Konservierungsformen. Das Heu wies signifikant höhere NDF-Gehalte gegenüber der Konservierungsform Grassilage auf. Dies wurde auch von GRUBER et al. (2010) sowie von JURJANZ und MONTEILS (2005) dargestellt. In diesem Zusammenhang wurden die in der Silage stattfindenden Abbauprozesse der Hemizellulose beschrieben (JURJANZ und MONTEILS 2005). In Bezug auf den NFC-Gehalt wurde zwischen den Konservierungsformen Grassilage und Heu kein Unterschied festgestellt, was auch

von GRUBER et al. (2015) bestätigt wurde. Es zeigte sich bei der Grassilage, wie schon von DEWAR et al. (1963) beschrieben, eine Reduktion des Fasergehaltes (XF und NDF), wodurch sich der Gehalt an NFC rechnerisch erhöht. Während des Silageprozesses werden leicht lösliche Kohlenhydrate und in der Folge auch Hemizellulose von Bakterien abgebaut und zu Milch- und Essigsäure umgewandelt.

3.2 Ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit

Die Abbauparameter, welche die Fermentation im Pansen widerspiegeln, unterschieden sich weder zwischen den Konservierungsformen noch zwischen den Aufwüchsen signifikant (Tabelle 3). Entsprechend den mikrobiellen Vorgängen bei der Silierung wurde die sofort lösliche Fraktion „a“ gegenüber Grünfutter deutlich von 22 auf 32 % erhöht. Auch Heu wies mit 27 % gegenüber Grünfutter einen höheren Anteil der Fraktion „a“ auf. Dementsprechend änderten sich die Anteile der Fraktion „b“ in komplementärer Weise (60, 52, 56 % bei Grünfutter, Silage und Heu). Die Abbauraten „c“ von 0,055 bei Heu war gegenüber den beiden anderen Varianten (0,061) vermindert, was durch den Trocknungsprozess zu erklären ist. Die höchste effektive Abbaubarkeit zeigte sich demzufolge in der Konservierungsform Grassilage.

Die *in situ*-Abbauuntersuchungen zeigten in keinem der Parameter signifikante Unterschiede. KIRCHHOF (2007) stellte dagegen beim 2. Aufwuchs niedrigere Werte für die potentielle und effektive Abbaubarkeit gegenüber dem 1. und 3. Aufwuchs fest. Von SPIEKERS (2008) wird ein um 10 % geringerer UDP-Gehalt der Grassilage im Vergleich zu Heu beschrieben. Als Grund dafür wird der Abbau des Reinproteins im Erntegut während der Fermentation in der Silage genannt. Die dabei stattfindende Proteolyse führt zum Verlust an ruminal nicht abbaubarem Futterprotein (HOEDTKE et al. 2010).

Tabelle 3: Ruminale Abbaubarkeit *in situ* und Verdaulichkeit *in vivo* des Wiesenfutters in Abhängigkeit von Konservierungsform und Aufwuchs

Einheit	Konservierungsform (K)			Aufwuchs (A)			RSD	p-Werte		
	GF	GS	Heu	1	2	3		K	A	
Ruminale Abbauparameter der Trockenmasse										
a	%	21,9	31,6	27,4	26,5	27,5	26,9	3,4	0,063	0,932
b	%	60,3	52,3	56,4	57,4	56,1	55,5	3,0	0,074	0,729
c	h ⁻¹	0,061	0,061	0,055	0,054	0,064	0,059	0,005	0,266	0,158
lag	h	0,70	0,41	-0,11	0,53	0,26	0,21	0,69	0,435	0,833
PD	%	82,2	83,9	83,8	83,9	83,7	82,3	1,1	0,209	0,259
ED2	%	66,5	70,7	68,5	67,9	69,8	68,0	1,9	0,137	0,495
ED5	%	53,8	59,8	56,5	55,5	58,1	56,4	2,7	0,126	0,539
ED8	%	46,5	53,5	49,8	48,6	51,4	49,8	3,1	0,122	0,605
Verdaulichkeit <i>in vivo</i> und Energiekonzentration										
Organische Masse	%	72,2 ^a	70,3 ^b	70,2 ^b	71,6 ^a	71,8 ^a	69,5 ^b	0,2	0,037	0,026
Rohprotein	%	65,0 ^a	59,1 ^b	61,3 ^b	58,2 ^b	60,7 ^b	66,5 ^a	0,5	0,017	0,005
Rohfett	%	32,4	43,4	38,8	48,2 ^a	36,3 ^b	30,2 ^b	0,1	0,125	0,027
Rohfaser	%	69,1	68,8	70,5	71,7	69,4	67,3	0,6	0,544	0,102
NDF	%	67,6	65,5	66,4	68,2	66,6	64,7	0,8	0,567	0,291
ADF	%	63,1	59,7	58,7	65,6	59,3	56,7	1,5	0,523	0,162
ME-Gehalt	MJ/kg TM	10,09 ^a	9,88 ^b	9,77 ^b	10,00 ^a	10,03 ^a	9,71 ^b	0,02	0,014	0,010

GF = Grünfutter, GS = Grassilage, RSD = Residualstandardabweichung

TM = Trockenmasse, NDF = Neutral-Detergenzien-Faser, ADF = Säure-Detergenzien-Faser, ME = Umsetzbare Energie

a = lösliche und rasch abbaubare Fraktion des Futtermittels, b = potenziell abbaubare Fraktion des Futtermittels, c = Abbauraten der Fraktion b

lag = Verzögerungszeit des Abbaus im Pansen, PD = potenzielle Abbaubarkeit, ED2, ED5, ED8 = effektive Abbaubarkeit bei Passageraten von 2, 5 und 8 % h⁻¹

Die Verdaulichkeitsuntersuchungen werden durchgeführt, um die Menge an absorbierbaren Nährstoffen zu bestimmen. Grünfutter wies mit 72,2 % die höchste Verdaulichkeit der OM auf, gefolgt von Grassilage mit 70,3 % und Heu mit 70,2 % (Tabelle 3). Die Verdaulichkeit der OM und der Faser ist vergleichbar mit den Versuchsergebnissen von GRUBER et al. (2015). Wenn auch nicht signifikant, wurden die OM und die Faser des Heus im Vergleich zur Silage besser verdaut. Die höchste Verdaulichkeit wies jedoch Grünfutter auf (p-Wert = 0,16). Als Grund dafür nennt VAN SOEST (1982) die im Zuge des Konservierungsprozesses auftretenden Fermentationsverluste. Entsprechend den Verdaulichkeitswerten errechneten sich Energiegehalte von 10,09, 9,88 bzw. 9,77 MJ ME/kg TM, was mit den Konservierungsversuchen von GRUBER et al. (2015) vergleichbar ist. Der von JANS (1991) beschriebene höhere Energiegehalt in der Konservierungsform Grassilage gegenüber Heu konnte in diesem Versuch nicht bestätigt werden.

Die Unterschiede in der Verdaulichkeit zwischen den Aufwüchsen waren signifikant (p-Wert = 0,026), wobei der 2. Aufwuchs am höchsten und der 3. Aufwuchs am niedrigsten war.

3.3 Futteraufnahme

Die Futteraufnahme zeigte ebenfalls signifikante Unterschiede hinsichtlich Konservierungsform und Aufwuchs (Tabelle 4). Die höchste Futteraufnahme wurde in der Konservierungsform Heu gefunden, gefolgt von Grünfutter. Trotz der hohen Pansenabbaubarkeit der Konservierungsform Grassilage, welche in der Literatur als förderlich für die Futteraufnahme beschrieben wird (SPIEKERS und POTTHAST 2004, GRUBER et al. 2006), lag die Futteraufnahme niedriger als bei den Vergleichsfuttermitteln.

Auch GRUBER et al. (2004a) sowie GRUBER et al. (2015) bestätigten die höhere Futteraufnahme der Konservierungsform Heu gegenüber der Grassilage. DEMARQUILLY (1970) stellte ebenfalls bei Unterdachtrocknungsheu und Grünfutter eine ähnlich hohe Grundfutteraufnahme fest, während die Futteraufnahme der Grassilage geringer war (HARRYS und RAYMOND 1963, DEMARQUILLY und JARRIGE 1970, MOORE et al. 1960). JARRIGE et al. (1973) beschreiben in diesem Zusammenhang die in der Silage ablaufenden Fermentationsprozesse als Grund für die verminderte Futteraufnahme dieser Konservierungsform. Die dabei aus leicht löslichen Kohlenhydraten entstehenden flüchtigen Fettsäuren, sowie der in der Silage stattfindende Proteinabbau zu NPN-Verbindungen, wirken sich negativ auf die Futteraufnahme aus. Weiters wird von diesen Autoren auch der relative Anstieg der Zellwandbestandteile, als Folge der Fermentation leicht löslicher Bestandteile, als nachteilig für die Futteraufnahme beschrieben. Zudem wurde von CAMPLING (1966) eine längere Verweildauer der Grassilage im Pansen gegenüber Heu festgestellt, was folglich zu einer geringeren Passagerate und damit zu einer verringerten Futteraufnahme führt.

Weiters führen die bei Unterdachtrocknung erzielte hohe Futterqualität und der hohe Trockenmassegehalt der Konservierungsform Heu zu einer Steigerung der Futteraufnahme (GROSS und RIEBE 1974, SPIEKERS und POTTHAST 2004, GRUBER et al. 2006). Auch der physikalische Strukturwert, welcher die Wiederkautätigkeit und die damit verbundene Speichelproduktion fördert, wird als positiv für die Futteraufnahme beschrieben (ERIKSSON et al. 1968, PALLAUF 1974). Somit führte die hohe Futteraufnahme der Konservierungsform Heu – trotz gleicher Energiegehalte – zu einer höheren Energieaufnahme gegenüber der Grassilage.

Tabelle 4: Futter- und Nährstoffaufnahme, Rationskriterien sowie Versorgungslage in Abhängigkeit von Konservierungsform und Aufwuchs

Einheit	Konservierungsform (K)			Aufwuchs (A)			RSD	K	p-Werte		
	GF	GS	Heu	1	2	3			A	K × A	
Futter- und Nährstoffaufnahme											
Lebendmasse	kg	645,8 ^b	646,6 ^a	646,7 ^a	646,3	646,3	646,6	0,8	<0,001	0,323	0,251
Grundfutter	kg TM	17,8 ^a	16,3 ^b	17,9 ^a	17,4 ^{ab}	18,4 ^a	16,3 ^b	1,8	0,002	0,001	<0,001
Krafftutter	kg TM	2,54 ^a	2,31 ^b	2,60 ^a	2,44	2,59	2,42	0,31	0,002	0,112	0,005
Gesamtfutter	kg TM	20,4 ^a	18,6 ^b	20,5 ^a	19,8 ^{ab}	21,0 ^a	18,7 ^b	2,0	0,001	0,001	<0,001
Gesamtfutter	g/kg LM ^{0,75}	159 ^a	146 ^b	160 ^a	155 ^{ab}	164 ^a	146 ^b	15	0,001	0,001	0,642
NDF aus Gesamtfutter	g/kg LM	14,2 ^a	12,2 ^b	14,5 ^a	14,2 ^a	13,9 ^a	12,8 ^b	1,3	<0,001	0,004	0,851
XP aus Grundfutter	g	2770 ^a	2434 ^b	2511 ^b	2293 ^b	2635 ^a	2787 ^a	257	<0,001	<0,001	<0,001
nXP aus Grundfutter	g	2382 ^a	2134 ^b	2354 ^a	2256 ^b	2436 ^a	2178 ^b	233	<0,001	0,001	<0,001
NEL aus Grundfutter	MJ	107,1 ^a	95,6 ^b	103,6 ^a	103,4 ^a	109,9 ^a	93,0 ^b	10,4	0,001	<0,001	<0,001
XP aus Gesamtfutter	g	3100 ^a	2756	2866	2637	2986	3100	294	0,001	<0,001	0,964
nXP aus Gesamtfutter	g	2795 ^a	2518	2786	2663	2863	2573	276	0,001	0,001	0,732
NEL aus Gesamtfutter	MJ	127,1 ^{!!!}	113,6	124,3	122,9	130,3	112,0	12,8	0,001	<0,001	0,500
Rationskriterien der Gesamtration (in der TM)											
Rohprotein	g	149 ^a	148 ^a	136 ^b	130 ^c	140 ^b	162 ^a	2	<0,001	<0,001	<0,001
Rohfaser	g	229 ^a	213 ^b	230 ^a	235 ^a	216 ^c	221 ^b	5	<0,001	<0,001	<0,001
NDF	g	455 ^a	423 ^b	453 ^a	450 ^a	441 ^b	440 ^b	5	<0,001	<0,001	<0,001
Energie	MJ ME	10,52 ^b	10,71 ^a	10,32 ^c	10,68 ^a	10,51 ^b	10,35 ^c	0,05	<0,001	<0,001	<0,001
Ruminale N-Bilanz	g/kg	1,73 ^a	1,21 ^b	-0,17 ^c	-1,21 ^c	0,38 ^b	3,59 ^a	0,30	<0,001	<0,001	<0,001
Versorgungslage											
Deckung NEL-Bedarf	MJ	13,5	8,3	15,0	13,8 ^{ab}	18,5 ^a	4,5 ^b	12,8	0,132	0,002	<0,001
Deckung nXP-Bedarf	g	490	413	533	432	575	429	233	0,152	0,036	<0,001
Ruminale N-Bilanz	g	49 ^a	38 ^b	13 ^c	-4 ^c	20 ^b	84 ^a	8	<0,001	<0,001	<0,001

GF = Grünfutter, GS = Grassilage, RSD = Residualstandardabweichung, LM = Lebendmasse, LM^{0,75} = metabolische Lebendmasse

TM = Trockenmasse, NDF = Neutral-Detergenzien-Faser, XP = Rohprotein, nXP = nutzbares Rohprotein, ME = Umsetzbare Energie, NEL = Nettoenergie Laktation

Der signifikante Unterschied in der Futteraufnahme hinsichtlich des Aufwuchses ist durch den Gehalt an Gerüstsubstanzen und die damit verbundene Verdaulichkeit bedingt (PALLAUF 1974, GRUBER et al. 2004a). Im zweiten Aufwuchs wurde ein niedriger Gehalt an Gerüstsubstanzen und somit auch die höchste Verdaulichkeit festgestellt, was folglich in einer höheren Futteraufnahme resultierte.

3.4 Milchleistung, Futtereffizienz und Nährstoffbilanz

Auch in der Milchleistung und Futtereffizienz zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Konservierungsformen. Grünfutter, welches gemeinsam mit Heu die höchste Futteraufnahme verzeichnete, führte auch zur höchsten Milchleistung, gefolgt von Heu und Grassilage (22,8, 21,6 und 20,4 kg ECM in GF, GS und Heu).

Weiters wurden die höchsten Milchinhaltsstoffgehalte (Fett, Eiweiß und Laktose) in der Konservierungsform Grünfutter erhoben. Die Konservierungsform Grünfutter führte zum höchsten Harnstoffgehalt der Milch (19,0 mg/100 ml), was mit der höchsten RNB in dieser Konservierungsform gut zu erklären ist. Sowohl Milchwahnharnstoffgehalt als auch RNB in der Konservierungsform Grünfutter deuten auf einen Proteinüberschuss hin (STEINWIDDER und GRUBER 2000).

Aufgrund der in der Silage ablaufenden Fermentationsprozesse werden leichtlösliche Kohlenhydrate abgebaut und stehen somit den Pansenmikroben für deren Wachstum und Syntheseleistung als Energiequelle nicht zur Verfügung (VAN SOEST 1982). Das vermindert die mikrobielle Proteinsynthese, was in Kombination mit der geringeren Futteraufnahme zu signifikant niedrigeren nXP-Aufnahmen und in weiterer Folge zur niedrigsten Milchleistung (20,4 kg ECM) und Milcheiweißleistung (649 g) führte.

Aus der Aufnahme an Energie bzw. nXP minus dem Erhaltungsbedarf ergibt sich die sogenannte theoretische Milchleistung aus dem Grundfutter bzw. der Gesamtration. Die theoretisch aus der Aufnahme an Energie und Protein mögliche Milchleistung ist höher als die tatsächliche Milch-

leistung (Tabelle 5). Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass die Tiere in positiver Energiebilanz waren. Wie auch bei der tatsächlichen Milchleistung ergab sich bei Grünfutter und Heu die nahezu gleiche theoretische Milchleistung (28,0 bzw. 27,1 kg), während die Grassilagegruppe signifikant abfiel (23,8 kg). Der Aufwand an Energie pro kg ECM (Tabelle 5) war für alle Konservierungsformen gleich hoch. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass die in diesem Versuch ermittelten Unterschiede in der Milchleistung auf Unterschiede in der Futteraufnahme und bzw. oder auf Unterschiede im Energiegehalt der Konservierungsformen zurück zu führen sind, die von den Futtermitteln bereitgestellte Energie jedoch im Stoffwechsel gleichermaßen verwertet wird.

3.5 MilCHFettsäuren

Aus der Literatur ist bekannt, dass das Fettsäuremuster der Milch bei grünlandbasierter Milchvieh-Fütterung durch die botanische Futterzusammensetzung (Anteil an Gräsern, Kräutern und Leguminosen), die Pflanzenarten, das Vegetationsstadium und den Fettgehalt des Futters bestimmt wird. Weiters ist in der Literatur angeführt, dass Blätter einen höheren Fettgehalt und mehr ungesättigte Fettsäuren enthalten als Stängel und dass es durch Bröckelverluste zu Fettsäure-Verlusten kommen kann (DEWHURST et al. 2006, MOREL et al. 2006, DOHME 2007, WYSS et al. 2007, GIERUS et al. 2009, HUHTANEN et al. 2010, BRAACH 2012). Zusätzlich haben die übrigen Grundfutterkomponenten, das Kraftfutterniveau, die Kraftfutterzusammensetzung sowie Tierfaktoren (z.B. Rasse, genetisches Potential, Laktationszahl, Laktationsstadium etc.) und Umweltfaktoren (Jahreszeit, Herdenmanagement etc.) einen maßgeblichen Einfluss auf das MilCHFettsäuremuster (KALAC und SAMKOVA 2010). Dies muss beim Vergleich von Literaturstellen im Auge behalten werden.

Aus ernährungsphysiologischer und gesundheitlicher Sicht sind in Lebensmitteln niedrige Gehalte an SFA und hohe Gehalte an PUFA wünschenswert. Insbesondere die Omega-3-Fettsäuren und die CLA können sich in

Tabelle 5: Milchleistung und Gehalt an Milchinhaltsstoffen in Abhängigkeit von Konservierungsform und Aufwuchs

	Einheit	Konservierungsform (K)			Aufwuchs (A)			RSD	K	p-Werte	
		GF	GS	Heu	1	2	3			A	K × A
Milchleistung und Gehalt an Milchinhaltsstoffen											
Milchleistung	kg	22,9 ^a	21,2 ^b	22,1 ^a	22,3 ^a	22,6 ^a	21,2 ^b	1,5	0,002	0,013	0,008
Energiekorrig. Milchleistung	kg ECM	22,8 ^a	20,4 ^b	21,6 ^a	21,5 ^{ab}	22,3 ^a	21,0 ^b	1,7	<0,001	0,030	0,210
Fett	%	4,19 ^a	3,93 ^b	4,00 ^b	3,91 ^b	4,10 ^a	4,11 ^a	0,26	0,007	0,027	0,290
Eiweiß	%	3,16	3,09	3,16	3,09	3,13	3,19	0,13	0,116	0,106	0,008
Laktose	%	4,58	4,52	4,52	4,56	4,53	4,54	0,11	0,126	0,527	0,700
Harnstoff	mg/100 ml	19,0 ^a	13,0 ^b	14,0 ^b	7,9 ^c	10,8 ^b	27,3 ^a	2,82	<0,001	<0,001	<0,001
Aus NEL-Aufnahme errechnete Milchleistung und Gesamt-Energieaufwand pro kg ECM											
Milch aus Grundfutter	kg	21,8 ^a	18,2 ^b	20,6 ^a	20,6 ^a	22,6 ^a	17,3 ^b	3,3	0,001	<0,001	0,793
Milch aus Gesamtfutter	kg	28,0 ^a	23,8 ^b	27,1 ^a	26,7 ^a	29,0 ^a	23,3 ^b	4,0	0,001	<0,001	0,499
Energieaufwand pro kg ECM	MJ NEL	5,74	5,73	5,87	5,88	5,97	5,50	0,69	0,719	0,071	0,018
Gehalt an MilCHFettsäuren											
SFA	g/100 g FS	72,9 ^b	75,7 ^a	75,8 ^a	75,8 ^a	-	73,8 ^b	1,9	0,002	0,011	0,336
MUFA	g/100 g FS	22,8 ^a	20,3 ^b	19,6 ^b	20,3	-	21,35	1,8	0,001	0,073	0,027
PUFA	g/100 g FS	4,13 ^{ab}	3,85 ^b	4,49 ^a	3,79 ^b	-	4,52 ^a	0,4	<0,001	<0,001	0,020
CLA	g/100 g FS	1,13	0,89	0,98	0,93	-	1,07	0,24	0,079	0,163	0,521
Omega-3-Fettsäuren	g/100 g FS	1,07 ^c	1,26 ^b	1,64 ^a	1,13 ^b	-	1,51 ^a	0,12	<0,001	<0,001	<0,001
Omega-6-Fettsäuren	g/100 g FS	1,85 ^c	1,69 ^b	1,88 ^a	1,71 ^b	-	1,91 ^a	0,15	0,001	0,001	0,443

GF = Grünfutter, GS = Grassilage, RSD = Residualstandardabweichung, ECM = Energie-korrigierte Milchleistung

SFA = Gesättigte Fettsäuren, MUFA = Einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA = Mehrfach ungesättigte Fettsäuren, CLA = Konjugierte Linolsäure, FS = Fettsäuren

folgenden Bereichen positiv auf den Gesundheitsstatus des Menschen auswirken: Herz-Kreislauf-Erkrankungen (senken Blutfette), Hauterkrankungen (z.B. Neurodermitis), Rheumatismus sowie entzündungshemmende, antikarzinogene, antidiabetogene, anabole, antithrombotische und antiarteriosklerotische Wirkungen (MACRAE et al. 2005, DEHWURST et al. 2006).

Die Grünfutter-Milch enthielt im Vergleich zur Heu- und Grassilage-Milch die niedrigsten Gehalte an SFA und die höchsten Gehalte an MUFA (Tabelle 5), was von MOREL et al. (2006), WYSS et al. (2007) und MOHAMMED et al. (2009) bestätigt wurde. Im vorliegenden Versuch wurden zwischen Grassilage- und Heu-Milch keine Unterschiede in den Gehalten an SFA und MUFA gefunden, was auch SHINGFIELD et al. (2005), WYSS und COLLOMB (2011) und VELIK et al. (2015) gefunden haben.

Im vorliegenden Versuch wurden in der aus Heu erzeugten Milch signifikant höhere Gehalte an PUFA gefunden als in der Grassilage-Milch; die Grünfutter-Milch lag dazwischen (Tabelle 5). Die hohen PUFA-Gehalte der Heu-Milch waren vor allem auf deren hohen Omega-3-Fettsäuren-Gehalt zurückzuführen. Der höhere PUFA-Gehalt von Heu-Milch im Vergleich zu Grassilage-Milch wurde von SHINGFIELD et al. (2005) und VELIK et al. (2015) bestätigt. Auch HUHTANEN et al. (2010) kommen anhand einer Literaturübersicht zu dem Schluss, dass Milch aus Heu-Rationen zumindest tendenziell höhere PUFA-Gehalte enthält als Milch aus Grassilage-Rationen. Wie im vorliegenden Versuch wurden auch von MOREL et al. (2006) in Grünfutter- und Heu-Milch höhere PUFA-Gehalte als in Grassilage-Milch festgestellt. Allerdings fanden MOREL et al. (2006) beim Füttern von Grünfutter- bzw. Heurationen keinen nennenswerten Unterschied in den PUFA-Gehalten der Milch. Auch MOHAMMED et al. (2009) konnten bei Grünfutter höhere PUFA-Gehalte in der Milch als bei Grassilage-Fütterung feststellen. Zusätzlich beobachteten MOHAMMED et al. (2009) auch Unterschiede im Milchfettsäuremuster abhängig von der Grünfuttermulge (Weidefütterung bzw. Eingrasen im Stall). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich in der Literatur zum Einfluss der Graskonservierungsform auf die PUFA der Milch uneinheitliche Ergebnisse finden. Unterschiedliche Versuchsergebnisse zu den Milch-PUFA bei der Fütterung von Gras, Heu bzw. Grassilage können, neben den einleitend erwähnten Ursachen, auf Veränderungen im Fettsäuremuster bzw. oxidative Fettsäureverluste während der Erzeugung und dem Verfüttern sowie auf Unterschiede im Fettstoffwechsel in Pansen, Milchdrüse und Fettgewebe zurückzuführen sein (SHINGFIELD et al. 2005, DEWHURST et al. 2006, GIERUS et al. 2009, HUHTANEN et al. 2010, KALAC und SAMKOVA 2010).

Die Omega-6-Fettsäuren waren in der Grassilage-Milch am niedrigsten, allerdings ist aus Literaturübersichten für Rindfleisch bekannt, dass das Fütterungsregime keinen eindeutigen Einfluss auf den Omega-6-Fettsäuren-Gehalt hat (DALEY et al. 2010). Auch VELIK et al. (2013) konnten beim Vergleich von Alm-, Vollweide-, Heu- und Maissilage-Milch keinen klaren Zusammenhang zwischen Fütterung und Omega-6-Fettsäuren-Gehalt in der Milch feststellen. Das Verhältnis Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren sollte in der menschlichen Ernährung kleiner 5:1 sein. Die Milch aller Gras-Konservierungsformen hatte bei Kraftfutterantei-

len von rund 12 % ein sehr günstiges Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren-Verhältnis von unter 2. Im Vergleich hierzu stellten VELIK et al. (2013) bei Rationen aus rund 10 % Heu, 70 % Maissilage und 20 % Kraftfutter ein Verhältnis von etwa 4:1 fest.

Beim Verfüttern des dritten Aufwuchses waren in der Milch die Gehalte an PUFA signifikant höher als beim ersten Aufwuchs. Auch in VELIK et al. (2013) wurde im Herbst bei Vollweide- und Almmilch ein Anstieg der Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA festgestellt. Laut GIERUS et al. (2009) könnte dies darauf zurückzuführen sein, dass Gras im Herbst verstärkt PUFA einlagert, um den Frost im Winter zu überstehen.

Prinzipiell war der Einfluss von Konservierungsart, Aufwuchs und Kraftfutterart auf das Milchfettsäuremuster moderat. So fanden sich bei den Gehalten an SFA Unterschiede von maximal 4 %. Bei den MUFA, PUFA und Omega-6-Fettsäuren wurden Unterschiede von knapp 20 %, bei den CLA von knapp 30 % und bei den Omega-3-Fettsäuren von rund 50 % festgestellt. VELIK et al. (2013) untersuchten unterschiedlich intensive Milchproduktionssysteme (Alm, Vollweide, Heubasiert, Maissilagebasiert) und fanden bei den SFA Unterschiede von 20 %, bei den MUFA von 60 % und bei den PUFA (CLA und Omega-3) von rund 300 %.

3.6 Blutparameter

Die Ergebnisse zur Blutuntersuchung sind in Tabelle 6 angeführt. Größtenteils zeigen jene Blutparameter, die mit der Energieversorgung zusammenhängen, in der Gruppe Grassilage die höchsten Werte (γ -GT, NEFA, BHB, TG und CHOL). Das stimmt mit der geringeren Energieversorgung dieser Konservierungsform gut überein. Die Gruppe „Grünfutter“ wies den höchsten Gehalt an Blutharnstoff auf, was mit der höchsten Proteinaufnahme dieser Gruppe zu erklären ist.

Säugetiere sind in der Lage, über die Einschmelzung von Körperreserven Nährstoffengpässe auszugleichen (KRON-SCHNABL 2010). Aufgrund ihrer genetischen Veranlagung produziert die Kuh Milch mit höchster Priorität, um das Überleben der Nachkommen zu sichern. Vor allem zu Laktationsbeginn reicht die Nährstoffaufnahme über das Futter für hohe Milchleistungen nicht aus. Daher muss das Tier über die Einschmelzung von Körperreserven Nährstoffe mobilisieren, um das Energiedefizit auszugleichen. Dabei kommt es zu Veränderungen in Muskel-, Fett- und Lebergewebe (KRON-SCHNABL 2010). Die Mobilisation von Nährstoffen belastet den Stoffwechsel der Tiere und führt so zu Gesundheits- und Fruchtbarkeitsproblemen aufgrund von Organschädigungen. Dabei treten Enzyme aus den Zellen der geschädigten Organe in das Blut aus (DOENECKE et al. 2005). Blutuntersuchungen zielen genau auf diese Enzyme ab, um daraus Rückschlüsse auf den Gesundheitsstatus der Tiere zu erhalten (KRON-SCHNABL 2010).

Die Leberenzyme GLDH und γ -GT, welche verlässliche Aussagen über den Leberstatus zulassen, zeigten ihre höchsten Werte in den Konservierungsformen Grassilage und Heu. Bereits eine geringe Erhöhung des GLDH- und γ -GT-Gehaltes deutet auf ein Problem der Leberfunktion hin, wie z.B. in Folge einer Ketose (FÜRLI et al. 1981). Demgegenüber kommt das Leberenzym AST auch in anderen Geweben als in der Leber vor (KRAFT und DÜRR 2005), wonach

Tabelle 6: Stoffwechselfparameter im Blut in Abhängigkeit von Konservierungsform und Aufwuchs

	Einheit	Konservierungsform (K)			Aufwuchs (A)			RSD	K	p-Werte	
		GF	GS	Heu	1	2	3			A	K × A
Parameter des Energiestoffwechsels											
GLUC	mmol/L	2,97	2,98	3,00	-	2,86 ^b	3,12 ^a	0,16	0,891	<0,001	0,664
AST	U/L	68,0 ^a	57,0 ^b	64,3 ^{ab}	-	64,6	61,6	10,1	0,013	0,395	0,906
GLDH	U/L	11,8 ^b	15,5 ^{ab}	19,1 ^a	-	17,0	13,9	4,3	<0,001	0,056	0,060
γ-GT	U/L	23,9	27,8	25,2	-	25,1	26,2	4,6	0,071	0,508	0,665
TG	mg/dL	15,8 ^{ab}	16,9 ^a	13,9 ^b	-	14,0 ^b	17,1 ^a	2,9	0,012	0,004	0,781
NEFA	mmol/L	0,164	0,202	0,201	-	0,178	0,199	0,074	0,309	0,423	0,783
BHB	mmol/L	0,239	0,524	0,305	-	0,402	0,310	0,421	0,147	0,539	0,423
CHOL	mg/dL	195 ^{ab}	216 ^a	181 ^b	-	196	199	37	0,025	0,860	0,152
TBIL	µmol/L	1,60 ^a	0,90 ^b	0,76 ^b	-	1,10	1,06	0,43	<0,001	0,782	0,561
Parameter des Proteinstoffwechsels											
TP	g/L	66,4	65,6	65,1	-	66,2	65,2	3,1	0,566	0,368	0,594
ALB	U/L	34,1	33,6	33,5	-	34,1	33,4	2,2	0,734	0,362	0,547
UREA	mmol/L	5,37 ^a	4,17 ^b	4,42 ^b	-	3,38 ^b	5,93 ^a	0,69	<0,001	<0,001	0,601
Parameter des Mineralstoffwechsels											
Ca	mmol/L	2,65 ^a	2,41 ^b	2,40 ^b	-	2,62 ^a	2,35 ^b	0,11	<0,001	<0,001	0,048
P	mmol/L	1,61 ^{ab}	1,82 ^a	1,52 ^b	-	1,67	1,63	0,25	0,004	0,623	0,098
K	mmol/L	4,50	4,43	4,63	-	4,55	4,49	0,42	0,372	0,708	0,142
Na	mmol/L	127 ^b	131 ^a	131 ^a	-	131 ^a	128 ^b	1	<0,001	<0,001	0,355
Mg	mmol/L	1,06 ^a	1,01 ^b	1,06 ^a	-	1,08 ^a	1,00 ^b	0,06	0,015	<0,001	0,208
Cl	mmol/L	94,9 ^b	95,6 ^a	96,8 ^a	-	96,2	95,3	1,5	0,005	0,087	0,382

GF = Grünfutter, GS = Grassilage, RSD = Residualstandardabweichung

GLUC = Glucose, AST = Aspartat-Amino-Transferase, GLDH = Glutamat-Dehydrogenase, γ-GT = Gamma-Glutamyl-Transferase,

TG = Triglyceride, NEFA = Freie Fettsäuren, BHB = Beta-Hydroxybutyrat, CHOL = Cholesterin, TBIL = Bilirubin

TP = Gesamtprotein, ALB = Albumin, UREA = Harnstoff

Ca = Calcium, P = Phosphor, K = Kalium, Na = Natrium, Mg = Magnesium, Cl = Chlorid

es nur in Verbindung mit den GLDH- und γ-GT-Werten auf eine Leberbelastung hindeutet (Kronschnabl 2010). Weiters können Leberbelastungen als Folge einer Ketose anhand einer negativen Energiebilanz (GASTEINER s.a.) sowie auch durch das Einschmelzen von Körperreserven über einen erhöhten Milchfettgehalt erkannt werden (GEISHAUSER und ZIBELL 1995). Anhand der Energiebilanz konnte sich in keiner der drei Konservierungsformen eine Ketosegefährdung ableiten lassen. Ebenso zeigte sich kein erhöhter NEFA-Gehalt im Blut, welcher im Zuge der Fettmobilisation in Folge eines Energiedefizites zu erwarten gewesen wäre (HARTMANN 1994). Allerdings deutet der im Vergleich zu Grünfutter niedrigere Fettgehalt der Konservierungsformen Grassilage und Heu trotz der höheren GLDH- und γ-GT-Werte nicht auf eine Leberbelastung hin. Den signifikant höchsten Milchnharnstoffgehalt – welcher ebenfalls in Zusammenhang mit Leberbelastungen steht – zeigte die Konservierungsform Grünfutter.

Weiters geben Metaboliten – sogenannte enzymatische Stoffwechselprodukte im Blut – ebenfalls Auskunft über den Gesundheitszustand von Zellen, Geweben und Organen (KRIEGL und SCHELLENBERGER 2007). Dabei gibt der Bilirubin-Gehalt (TBIL) Rückschluss auf den Gesundheitszustand der Leber und zeigt auch eine Ketosegefährdung an (FÜRLI et al. 1981). Anders als die Leberenzyme wurde der signifikant höchste TBIL-Gehalt in der Konservierungsform Grünfutter ermittelt. Harnstoff, als ein weiterer Metabolit, entsteht beim Abbau von Proteinen und Aminosäuren (FÜRLI et al. 1981) bzw. zeigt ein erhöhter Harnstoffgehalt im Blut eine proteinreiche Ration in Verbindung mit zu wenig Energie an (KRAFT 2005). Die höchsten Harnstoffgehalte wurden bei der Konservierungsform Grünfutter beobachtet. In diesem Zusammenhang sind der hohe Proteingehalt und die signifikant höchste RNB dieser Konservierungsform zu nennen.

Je niedriger der Cholesterin-Gehalt im Blut, desto höher ist die Gefahr einer Leberbelastung (FÜRLI et al. 1981), wonach auf das höchste Lebererkrankungsrisiko bei der Konservierungsform Heu, gefolgt von Grünfutter und Grassilage geschlossen werden kann. Abschließend ist anzumerken, dass außer dem Harnstoffgehalt alle übrigen Blutparameter im Bereich des von KRAFT und DÜRR (2005) angegebenen Referenzspektrums lagen.

4. Schlussfolgerungen

Das Konservierungsverfahren übt einen entscheidenden Einfluss auf den Futterwert, die Futteraufnahme und die daraus erzielbare Milchleistung aus. Hinsichtlich des Futterwertes ergeben sich bei Heuwerbung Unterschiede im Vergleich zum „Ausgangsmaterial“ Grünfutter vor allem durch Bröckelverluste, was den Proteingehalt und die Verdaulichkeit senken kann (in Abhängigkeit vom technischen Stand der Trocknung). Die Verdaulichkeit und Energiekonzentration von Heu und Silage unterschieden sich nicht von einander, waren aber geringer als die von Grünfutter. Die Silage hatte einen geringeren Gehalt an Faser, was durch teilweise Fermentation der Hemizellulose zu erklären ist. Die Fermentation der Nährstoffe im Gärprozess führt weiters zu einem höheren Anteil an sofort löslichen und rasch abbaubaren Nährstoffen. Auffällig ist die signifikant geringere Futteraufnahme der Konservierungsform „Silage“, die jedoch in der Fachliteratur mehrfach beschrieben ist. Als Ursache für die reduzierte Futteraufnahme wird vor allem die negative Wirkung der Gär säuren und der Amine (aus dem Proteinabbau) angeführt. Die geringere Futteraufnahme führte – gegenüber Grünfutter – in der Folge auch zu einer niedrigeren Milchleistung sowie zu einem etwas geringeren Gehalt an Milchinhaltsstoffen. Die Zusammensetzung des Milchfettes war bei Grünfutter

durch den höheren Anteil an ungesättigten Fettsäuren für die menschliche Ernährung signifikant günstiger. Als nachteilig für Grünfutter ist der hohe Eiweißüberschuss anzusehen – mit entsprechend hohen Harnstoffgehalten in Blut und Milch. Abschließend ist festzuhalten, dass die Silierung nach wie vor ein optimales Konservierungsverfahren darstellt, das sich besonders durch geringeres Witterungsrisiko, hohe Schlagkraft und arbeitswirtschaftliche Vorteile auszeichnet. Mit dem Konservierungsverfahren „Heuwerbung“ können beste Grundfutterqualitäten (ähnlich dem frischen Grünfutter) erzeugt werden, die allerdings einen hohen technischen Aufwand für Trocknungsanlagen mit entsprechenden Kosten erforderlich machen.

5. Literatur

- BACHLER, K., 2015: Vergleich einer Stall- mit einer Stundenweide-Haltung bei Milchkühen im Verlauf einer Vegetationsperiode. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien, 135 S.
- BRAACH, J., 2012: Spezielle Milchinhaltsstoffe bei unterschiedlichen Futterrationen im Vergleich zu graslandbasierter Milch. Universität für Bodenkultur, Wien, Masterarbeit, 76 S.
- BUCHGRABER, K., A. DEUTSCH und G. GINDL, 1994: Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung, L. Stocker, Graz, 192 S.
- DALEY, C.A., A. ABBOTT, P.S. DOYLE, G.A. NADER und S. LARSON, 2010: A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal* 9 (10), 1-12.
- DEMARQUILLY, C. und R. JARRIGE, 1970: The effect of method of forage conservation on digestibility and voluntary intake. *Proceedings XI International Grassland Congress, Surfers Paradise, Australia*, 733 S.
- DEWAR, W.A., P. McDONALD und R. WHITTENBURY, 1963: The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensiling. *J. Sci. Food Agric.* 14, 411-417.
- DOENECKE, D., J. KOOLAN, G. FUCHS und W. GEROK, 2005: *Karlsons Biochemie und Pathobiochemie*. 5. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 803 S.
- DEWHURST, R.J., K.J. SHINGFIELD, M.R.F. LEE und N.D. SCOLLAN, 2006: Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 168-206.
- DOHME, F., 2007: Fettsäuremuster von Milch aus reiner Grasfütterung und Gras-Heufütterung. In: *Der besondere Wert graslandbasierter Milch* (eds: W. Stoll, E. Frioud und M. Lobsiger), Tagungsband, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 8. November 2007, 108-110.
- DGF (Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft), 2006: Methode C-VI 11 (98) – Fettsäuremethylester (TMSH-Methode). In: DGF (Hrsg.): *DGF-Einheitmethoden: Deutsche Einheitmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen*. 2. Auflage einschl. 1. Akt.-Lfg., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, s.p.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: *DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 220 S.
- ERIKSSON, S., G. JÖNSSON, S.J. PERSSON und O. WALLIN, 1968: The influence of pelleted and wafered roughage on the rumen digestion, the milk fat content, and the health of cows. *Acta Agriculturae Scandinavica* 18, 168-176.
- FOLCH, J., M. LEES und G.H. SLOANE-STANLY, 1957: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- FORMAYER, M.H., D.I.A. WEBER und R. FROSCHAUER, 2000: Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Landwirtschaft in Österreich. Endbericht zum Projekt, BMLFUW, Wien.
- FÜRLI, M., C. GARTL und R. LIPPMANN, 1981: *Klinische Labordiagnostik*. Hirzel-Verlag, Leipzig, 312 S.
- GASTEINER, J., s.a. *Blutanalysen beim Milchrind – Aussagekraft zur Interpretation der Fütterung*. http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_3_7014_blutuntersuchung_manuskript_hefterhof.pdf (28.05.2018).
- GEISHAUSER, T. und K.L. ZIEBELL, 1995: Fett/Eiweiß-Quotient in der Milch von Rinderherden mit Vorkommen von Labmagenverlagerungen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 102, 469-471.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: *Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere*, No. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 136 S.
- GIERUS, M., I. ALTER und F. TAUBE, 2009: Auswirkungen des Fettsäuremusters von Futterpflanzen auf die Fettqualität von Milch und Fleisch. *Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 87, 214-233.
- GROSS, F., 1974: Die Silierungsverluste. In: Gross R. und Riebe K. (eds.): *Gärfutter*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 283 S.
- GRUBER, L., M. PRIES, F.J. SCHWARZ, H. SPIEKERS und W. STAUDACHER, 2006: Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkühe. *DLG-Information* 1, 1-29.
- GRUBER, L., R. RESCH, A. SCHAUER, B. STEINER und C. FASCHING, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, *Irdning-Donnersbachtal*, 57-66.
- GRUBER, L., A. SCHAUER, J. HÄUSLER, A. ADELWÖHRER, H. SÜDEKUM, F. WIELSCHER, M. URDL und S. KIRCHHOF, 2010: Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter auf Ertrag, Futterwert, Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode. 122. VDLUFA-Kongress, *Kongressband*, 21.-24. September 2010, Kiel, 633-671.
- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOTT, T. JILG und A. OBERMAIER, 2004a: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *VDLUFA-Schriftenreihe* 60, 484-504.
- GRUBER, L., S. GRAGGABER, W. WENZEL, G. MAIERHOFER, B. STEINER und L. HABERL, 2004b: Gehalte an Kohlenhydraten und Protein in Wiesenfutter und Silomais nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPs) sowie Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu). 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. September 2004, Rostock, 366-376.
- HARRIS, C.E. und W.F. RAYMOND, 1963: The effect of ensiling on crop digestibility. *Grass Forage Sci.* 18, 204-212.
- HARTMANN, H., 1994: *Pathobiochemie des Stoffwechsels*. In: Hartmann, H. und Meyer, H. (eds.): *Klinische Pathologie der Haustiere*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, s.p.
- HOEDTKE, S., M. GABEL und A. ZEYNER, 2010: Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen der Zusammen-

- setzung der Rohproteinfraktion. Übersichten zur Tierernährung 38, 157-179.
- HUHTANEN, P., K.H. SÜDEKUM, J. NOUSIAINEN und K.J. SHINGFIELD, 2010: Forage conservation, feeding value and milk quality. *Grassland Science in Europe*, 15, 379-399.
- INEICHEN, S., F. AKERT, H. FREY, U. WYSS, P. HOFSTETTER, H. SCHMID, W. GUT und B. REIDY, 2018: Versuchsbeschreibung und Qualität des frischen Wiesenfutters. *Agrarforschung Schweiz* 9, 112-119.
- JANS, F., 1991: Grassilage oder Dürffutter für Hochleistungskühe. *Landwirtschaft Schweiz* 4, 333-336.
- JARRIGE, R., C. DEMARQUILLY und J.P. DULPHY, 1973: The voluntary intake of forages. *Proceedings of the 5th General Meeting, European Grassland Federation 1973, Upsala*, 98-106.
- JURJANZ, S. und V. MONTEILS, 2005: Ruminale Degradierbarkeit von Maisfütterungsmethoden. *Anim. Res.* 54, 3-15.
- KALAC, P. und E. SAMKOVA, 2010: The effect of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: a review. *Czech J. Anim. Sci.* 55, 521-537.
- KIRCHGESSNER, M., G. STANGL, F. SCHWARZ, F. ROTH, K.H. SÜDEKUM und K. EDER, 2014: Tierernährung. 14. Auflage, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 659 S.
- KIRCHHOF, S., 2007: Kinetik des ruminale *in situ*-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu – ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkuhe. Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 132 S.
- KRAFT, W. und U. DÜRR, 2005: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 6. Auflage. Schattauer Verlag, Stuttgart, 378 S.
- KRIEGEL, T. und W. SCHELLENBERGER, 2007: Bioenergetik und Enzymologie. In: Löffler, G., Petrides, P. E. und Heinrich, P. C. (eds.): *Biochemie und Pathobiochemie*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 99-139 S.
- KRONSCHNABL, C., 2010: Ermittlung laktationsspezifischer Prognosebereiche zur Beurteilung der Konzentration von Blutparametern beprobter Milchkuhe. Ludwig-Maximilians-Universität, München, 113 S.
- MacRAE, J., L. O'REILLY und P. MORGAN, 2005: Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. *Livest. Prod. Sci.* 94, 95-103.
- McDONALD, I., 1981: A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.* 96, 251-252.
- MOHAMMED, R., C.S. STANTON, J.J. KENNELLY, J.K.G. KRAMER, J.F. MEE, D.R. GLIMM, M. O'DONOVAN und J.J. MURPHY, 2009: Grazing cows are more efficient than zero-grazed and grass silage-fed cows in milk rumenic acid production. *J. Dairy Sci.* 92, 3874-3893.
- MOORE, L.A., W.J. THOMAS und J.F. SYKES, 1960: *Proceedings of the 8th International Grassland Congress, England*, S. 701.
- MOREL, I., U. WYSS und M. COLLOMB, 2006: Grünfütter- oder Silagezusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* 13, 228-233.
- ØRSKOV, E.R., F.D. HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195-213.
- ØRSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92, 499-503.
- PALLAUF, J., 1974: Die ernährungsphysiologische Bedeutung der physikalischen Struktur des Rohfutters für den Wiederkäuer. *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch* 51, 486-498.
- PÖLLINGER, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. Abschlussbericht – Heuprojekt, 2010-2013, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 1-10.
- PÖLLINGER, A., C. NEUPER und F. ROHRER, 2013: Technische Möglichkeiten zur Reduktion der Feldverluste bei der Grünlandernte. *Fachtagung für biologische Landwirtschaft*, 7. November 2013, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irndning, 129-131.
- RESCH, R., 2007: Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum – Gute Herstellungspraxis für pflanzliche Produkte. *Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen, Jahrestagung*, 21.-22. Mai 2007, Stadtschlaining, 67-69.
- RESCH, R., 2013: Gute Heuqualität erzeugen. *Der fortschrittliche Landwirt* 14, 30-31.
- RESCH, R. und L. GRUBER, 2015: Proteinfractionen von Dauerwiesenfütterungsmethoden in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. 42. *Viehwirtschaftliche Fachtagung*, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irndning-Donnersbachtal, 49-56.
- SHINGFIELD, K.J., P. SALO-VÄÄNÄNEN, E. PAHKALA, V. TOIVONEN, S. JAAKKOLA, V. PIIRONEN und P. HUHTANEN, 2005: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cows milk. *J. Dairy Res.* 72, 349-361.
- SPIEKERS, H. und V. POTTHAST, 2004: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 4. völlig neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 576 S.
- SPIEKERS, H., 2008: Ansprüche der Milchviehhaltung an das Grundfutter vom Grünland. http://www.lfzttest.bayern.de/ipz/gruenland/31542/dt_by_gl_tag_2008_spiekers (30.10.2012).
- STATISTIK AUSTRIA, 2014: Agrarstrukturerhebung 2013. https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/bodennutzung/index.html (11.07.2017).
- SÜDEKUM, K.H., 2005: Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung der *in situ*-Methodik zur Schätzung des ruminale Nährstoffabbaus. *Übersichten zur Tierernährung* 33, 71-86.
- VAN SOEST, P.J., 1982: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca und London, 373 S.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2012: *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch) – Bd. III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2190 S.
- VELIK, M., S. BREITFUSS, M. URDL, J. KAUFMANN, A. STEINWIDER und A. HACKL, 2013: Fettsäuremuster von österreichischer Alm-, Vollweide- und Trinkmilch sowie von Milch aus Maissilage-Ration. 40. *Viehwirtschaftliche Fachtagung*, 18.-19. April 2013, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irndning, 23-35.
- VELIK, M., L. GRUBER und J. KAUFMANN, 2015: Einfluss von Gras-Konservierungsverfahren auf das Milch-Fettsäuremuster. 42. *Viehwirtschaftliche Fachtagung*, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irndning-Donnersbachtal, 75-80.

WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übersichten zur Tierernährung 23, 189-214.

WYSS, U., I. MOREL und M. COLLOMB, 2007: Einfluss der Verfütterung von Grünfutter und dessen Konserven auf das Fettsäurenmuster von Milch:

13. Alpenländisches Expertenforum – Milch und Fleisch vom alpenländischen Grünland, 29. März 2007, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 15-20.

WYSS, U. und M. COLLOMB, 2011: Influence of hay or silage on cow-milk fatty acid composition. Proceedings of the 16th Symposium of the European Grassland Federation, 29.-31. August 2011, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 100-102.