

# Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung

## *Influence of different hay drying techniques on the nutritive value of meadow grass compared to silage making*

Leonhard Gruber<sup>1\*</sup>, Reinhard Resch<sup>2</sup>, Anton Schauer<sup>1</sup>, Barbara Steiner<sup>3</sup> und Christian Fasching<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

In einem drei-jährigen Forschungsprojekt wurde der Einfluss unterschiedlicher Konservierungsverfahren auf den Nährstoffgehalt und die Verdaulichkeit des Wiesenfutters untersucht. Der Fokus der Untersuchung lag auf verschiedenen Verfahren der Heutrocknung (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchterrocknung), die mit der Silierung als Kontrolle verglichen wurden (Abkürzung BT, KB, ET, SI). Das Futter stammte von einer homogenen Dauerwiese im Alpenraum (Irdning, Steiermark, 700 m NN) und wurde bei Vier-Schnittnutzung für alle Konservierungsverfahren zum gleichen Zeitpunkt geerntet. Alle Schnitte und Konservierungsverfahren wurden nach gängigen Methoden auf ihren Gehalt an Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und Mineralstoffen untersucht und die Verdaulichkeit *in vitro* (Enzymlöslichkeit) analysiert. Von einer Mischung der vier Aufwüchse eines Konservierungsverfahrens und Jahres (entsprechend dem Trockenmasse-Ertrag) wurde auch die Verdaulichkeit *in vivo* (mit Hammeln) entsprechend den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie bestimmt.

Die Silage wies den höchsten Gehalt an Rohprotein auf (134, 134, 142, 156 g XP/kg TM in BT, KB, ET und SI). In den für den Futterwert entscheidenden Kriterien (Rohfaser und Gerüstsubstanzen; XF und NDF) sind in der Variante 'Entfeuchterrocknung' die günstigsten Werte zu finden (250, 254, 234, 262 g XF bzw. 483, 486, 459, 478 g NDF/kg), was für die geringsten Bröckelverluste dieses Verfahrens innerhalb der Heuvarianten spricht. Die höheren Gehalte an Rohprotein, Gerüstsubstanzen und auch Mineralstoffen in der Silage sprechen dafür, dass von den Gärmikroben im Silierprozess leicht verfügbare Kohlenhydrate verbraucht werden und sich die anderen Inhaltstoffe (Nähr- und Mineralstoffe) relativ anreichern. Bröckelverluste können infolge des geringeren Gehaltes an Trockenmasse bei den Silagen nicht der Grund für diese Nährstoffverschiebung sein. Diese Prozesse stimmen mit den Ergebnissen der *in vivo*-Verdauungsversuche gut überein. Die Verdaulichkeit der organischen Masse betrug 67,7, 70,1, 69,9, 68,7 % in BT, KB, ET und SI. Gegenüber der Bodentrocknung

### Summary

The influence of different preservation techniques on nutrient content and the digestibility of meadow grass have been assessed in a triennial research project. The focus of this assessment lay on the different hay drying techniques (field drying, cold-air ventilation, dehumidification drying), which were compared with silage-making as control (abbreviations BT, KB, ET, SI). The fodder originated from a homogenous permanent meadow in the alpine region (Irdning, Styria, 700 m sea level) and was harvested four times a year – all preservation methods always at the same date. All cuts and preservation methods were assessed in terms of their nutrient content, cell wall substances and minerals according to the common practices, and digestibility *in vitro* (cellulase solubility) was analysed, as well. A mixture was made from the four growths of each preservation method and year (adequate to the yield of dry matter) and digestibility *in vivo* (with wethers) was determined according to the guidelines of the German Association of Nutrition Physiology.

Silage showed the highest content of crude protein (134, 134, 142, 156 g XP/kg DM in BT, KB, ET and SI). Concerning the criteria being important in terms of feed value (crude fibre and cell wall substances; XF and NDF) the best values are found in the method dehumidification drying (250, 254, 234, 262 g XF and 483, 486, 459, 478 g NDF/kg), which argues for the lowest crumb loss of this method within the hay drying techniques. The better contents in terms of crude protein, cell wall substances and minerals as well indicate that available carbohydrates are consumed by the microbes responsible for fermentation in the silage process, and other ingredients (nutrients and minerals) are enriched, comparatively. Due to the lower content of dry matter at silages, crumb losses cannot be the reason for this shift of nutrients. These processes correspond with the results from the *in vivo* digestibility trials. The digestibility of the organic matter amounted for 67.7, 70.1, 69.9, and 68.7% in BT, KB, ET and SI. In contrary to the field drying technique digestibility improved by 2.4 and 2.2 % in cold-air ventilation and dehumidification drying, whereas silage was

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

<sup>2</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

<sup>3</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Analytische Chemie, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: [leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at](mailto:leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at)

verbesserte sich die Verdaulichkeit in der Kaltbelüftung bzw. in der Entfeuchtertrocknung um 2,4 bzw. 2,2 Prozentpunkte, während die Silage gegenüber dem Bodenheu um nur 1,0 Prozentpunkte besser ausstieg. Dies entspricht einer Energiekonzentration der konservierten Wiesenfutter von 5,5, 5,8, 5,7 und 5,7 MJ NEL/kg TM.

Insgesamt sind diese Unterschiede zwischen den Konservierungsverfahren als gering zu bezeichnen und sie zeigen, dass in allen Verfahren auf hohem Niveau und mit großer Sorgfalt gearbeitet wurde. Es muss allerdings betont werden, dass das Verfahren der Bodentrocknung (und zum Teil auch der Kaltbelüftung) einem höheren Wetterisiko ausgesetzt ist als die Entfeuchtertrocknung und die Silierung, was wichtige Argumente für diese Verfahren darstellen.

*Schlagwörter:* Heutrocknung, Wiesenfutter, Nährstoffe, Verdaulichkeit, Mineralstoffe

only 1% better than the field cured hay. This agrees with an energy concentration of 5.5, 5.8, 5.7 and 5.7 MJ NEL/kg DM of the preserved meadow grass.

On the whole these differences between the preservation methods are low, and they show that in total there has been worked on a high level and with large accurateness. On the other hand it has to be mentioned that the field drying technique (and partially also the method of cold-air ventilation) is exposed to a higher weather risk than the dehumidification drying and silage making, which represents important reasons for these procedures.

*Keywords:* Hay drying, meadow grass, crude nutrients, digestibility, minerals

## 1. Einleitung

Die geographische Lage und die klimatischen Verhältnisse in Österreich erfordern, dass ein relativ großer Anteil des wirtschaftseigenen Grundfutters zu konservieren ist. Die jährliche Gesamtfutterproduktion des österreichischen Wirtschaftsgrünlandes inklusive Feldfutterbau beträgt im Durchschnitt der letzten 10 Jahre netto rund 6,713 Millionen Tonnen Trockenmasse. Davon werden etwa 25 % als Grünfutter sowie Weide genutzt und 75 % über die Futtermittelkonservierung in Form von Silage (3/4) und Heu (1/4) für die Stall- und Winterfütterung bereitgestellt (RESCH 2015). Angesichts der bekannten Vorteile der Silagebereitung (geringeres Wetterisiko, geringere Massen- und Energieverluste, hohe Schlagkraft etc.; NUSSBAUM 2009) hat die Bedeutung der Silierung in den vergangenen 45 Jahren stark zugenommen. Während im Jahr 1970 noch 78 % des Grundfutters als Heu konserviert wurden, lag der Anteil im Jahr 2010 nur noch bei 23 % (RESCH 2015).

Andererseits hat die Bedeutung von Heu durch gezielte Marketingprogramme wie 'Heumilch' und 'Heumilchkäse' sowie durch ein geändertes Konsumverhalten im letzten Jahrzehnt wieder zugenommen (PÖLLINGER 2014). Derzeit zählt die 'ARGE Heumilch' über 8.000 Bauern und 60 Molkereien, Käsereien und Sennereien zu ihren Mitgliedern (ARGE HEUMILCH 2014). Die Heumilchanlieferung lag 2013 bei 323.354 Tonnen. Das entspricht 11 % der gesamten Milchanlieferung Österreichs (AMA 2014, BMLFUW 2014). Weiters wird die Heumilcherzeugung durch öffentliche Gelder im Rahmen der ÖPUL-Maßnahme 'Silageverzicht' gefördert. Diese Maßnahme hat eine regional möglichst flächendeckende silagefreie Wirtschaftsweise sowie den Erhalt der pflanzlichen und tierischen Biodiversität zum Ziel (ÖPUL 2007). Im Jahr 2014 nahmen 9.606 Betriebe an der Maßnahme Silageverzicht teil (BMLFUW 2014).

Doch unabhängig davon, ob das Wiesenfutter als Silage oder Heu konserviert und verfüttert wird, ist die Qualität des wirtschaftseigenen Grundfutters von enormer Bedeutung für das Leistungsniveau und auch damit für die Wirtschaftlichkeit der Milcherzeugung (GRUBER 2013). Um den Kraftfutteranteil gering zu halten und dennoch eine möglichst hohe Energieversorgung der Kühe sicherzustellen, ist eine hohe Grundfutterqualität die entscheidende Voraussetzung.

Die Konservierung (d.h. die Verhinderung des Nährstoffabbaues im Grünfutter nach dem Schnitt, der durch pflanzeneigene Enzyme und durch Mikroorganismen erfolgt) wird bei der Heuwerbung durch Entzug des Wassers auf 12 bis 14 % TM erreicht und bei der Silierung durch die Wirkung der Säuerung und damit Ausschaltung der zum Verderb führenden Mikroorganismen bewirkt.

HUSS (1987) gibt folgende technische, betriebswirtschaftliche und ernährungsphysiologische Kriterien an, die für die Auswahl des Konservierungsverfahrens 'Heutrocknung' oder 'Silierung' maßgeblich sind:

1. der erforderliche Arbeitsaufwand bzw. die Möglichkeit der Mechanisierung
2. die für ein Verfahren notwendigen Investitionen und Betriebskosten
3. die Witterungsabhängigkeit eines Verfahrens bzw. die Möglichkeit einer gleichmäßigen Auslastung der vorhandenen Betriebsmittel und Arbeitskräfte
4. die bei einem Verfahren auftretenden und unvermeidbaren Nährstoffverluste.

Dabei ist bei der Heuwerbung mit folgenden Arten von Verlusten zu rechnen:

1. Atmungsverluste: durch Tätigkeit der Enzyme in den noch lebenden Zellen (bis 65 % TM)
2. Witterungsverluste: bei Regenwetter werden wasserlösliche Nährstoffe ausgewaschen
3. mechanische Verluste: Abbröckeln der nährstoffreichen Blätter vom Stängel durch Erntemaschinen
4. Lagerverluste: nach der Einlagerung im Heustock durch mikrobielle Nachgärung
5. Wertigkeitsminderung: Rückgang der Verdaulichkeit und Energieverwertung durch Konservierung gegenüber frischem Grünfutter

Bei der Gärfutterbereitung wird die rasche Unterbindung des Nährstoffabbaues im Silo nach Veratmung des eingeschlossenen Sauerstoffs vorerst durch Sauerstoffmangel bewirkt, der die noch lebenden Pflanzenzellen abtötet und die Entwicklung aerober Mikroorganismen verhindert. Als zweiter Faktor kommt die Absenkung des pH-Wertes hinzu, die ebenfalls zur Abtötung der Zellen beiträgt und nur relativ säuretoleranten Mikroorganismen eine weitere Vermehrung

erlaubt (HUSS 1987). GROSS (1974) führt folgende Arten von Verlusten an, die bei der Gärfutterbereitung anfallen: Feldverluste, Gärungsverluste, Gärtsaftverluste, Abraumverluste, Nachgärluste.

Im folgenden Beitrag werden die Ergebnisse zum Futterwert von Heu aus verschiedenen Trocknungsverfahren im Vergleich zur Silierung berichtet. Als Verfahren der Heutrocknung wurden die Bodentrocknung, Kaltbelüftung sowie Entfeuchtertrocknung mit der Silagebereitung durch Rundballen in einem interdisziplinären Forschungsprojekt an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein verglichen. Die technischen Kennzahlen zu den Verfahren werden von PÖLLINGER (2014 und 2015) diskutiert. Über den Futterwert des Grünlandbestandes bei der Ernte und dessen Veränderungen durch die Konservierung und während der Lagerung berichten RESCH (2014) sowie RESCH und GRUBER (2015). FASCHING et al. (2015) charakterisieren die Futteraufnahme und Milchproduktion dieser Futtervarianten aus der Heutrocknung und Silierung und VELIK et al. (2015) stellen deren Einfluss auf die Milchqualität dar.

## 2. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Versuchswirtschaftsbetrieb der HBLFA Raumberg-Gumpenstein an den drei hintereinander folgenden Jahren 2010, 2011 und 2012 durchgeführt ('Stainacher Wiese', ca. 11 Hektar).

### 2.1 Versuchsplan sowie Beschreibung der Verfahren und der Versuchsfläche

Der Versuchsplan ist in *Tabelle 1* angeführt. Weiters werden wichtige Charakteristika der vier Konservierungsverfahren von der Ernte bis zur Konservierung beschrieben. Die Verfahren unterschieden sich im Wesentlichen im für die Konservierung erforderlichen Gehalt an Trockenmasse (TM) und der davon sich ergebenden sog. Feldliegezeit. In den vier Konservierungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung, Silierung) wurden im Mittel aller drei Versuchsjahre und aller Aufwüchse 4, 3, 2 und 1 Mal pro Schnitt gezettet. Das geerntete Futter lag dementsprechend 45, 33, 24 und 11 Stunden auf dem Feld und der Gehalt an Trockenmasse bei der Einfuhr betrug 78, 71, 62 und 38 %. Weitere Angaben zur Ernte und den Konservierungsverfahren finden sich bei PÖLLINGER (2014 und 2015).

Das Ausgangsmaterial war ein Dauerwiesen-Mischbestand mit einem durchschnittlichen Artengruppenverhältnis von 57 % Gräsern, 21 % Leguminosen und 22 % Kräutern im 1. Aufwuchs. In den Folgeaufwüchsen verschob sich das

Verhältnis auf 51 % Gräser, 24 % Leguminosen und 25 % Kräuter. Im Versuchsjahr 2012 wurden anstatt vier nur drei Aufwüchse geerntet, weil der 2. Aufwuchs aufgrund einer Überflutung der Wiesenfläche nach starken Regenfällen und starker Futtermverschmutzung für die Fütterung nicht mehr geeignet war und entsorgt werden musste. Die Mahd der Versuchsfläche wurde im Jahr 2010 ohne Mähauflbereitung, in den Folgejahren 2011 und 2012 mit Knickzetter-Aufbereitung durchgeführt. Futterbearbeitung (Zetten, Schwaden) und Einfuhr des Erntegutes (Ladewagen) wurde in den drei Versuchsjahren und bei allen Aufwüchsen mit den gleichen Maschinen erledigt (PÖLLINGER 2014, RESCH und GRUBER 2015).

### 2.2 Chemische Analysen und Verdaulichkeitsversuche mit Hammeln

Von den einzelnen Aufwüchsen der vier Konservierungsvarianten, die im Fütterungsversuch mit Milchkühen entsprechend ihrem Ertragsanteil (Trockenmasse-Basis) verfüttert wurden (FASCHING et al. 2015), wurden täglich Proben entnommen und diese pro Fütterungs-Periode von einer Dauer von vier Wochen zu einer Sammelprobe gepoolt (d.h. 4 Proben pro Konservierungsvariante und Versuchsjahr). Von diesen Proben wurde der Gehalt an Trockenmasse und Rohnährstoffen (TM, XP, XL, XF, XX, XA) entsprechend den Analysenvorschriften (VDLUFA 2007 bzw. ALVA 1983) sowie auch der Gehalt an Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) nach Van SOEST et al. (1991) mit Tecator-Geräten untersucht. Von diesen Proben wurde auch die Verdaulichkeit *in vitro* nach der Zellulase-Methode (Enzym-Löslichkeit; ELOS) ebenfalls nach VDLUFA (2007) bestimmt. Die Berechnung der Energie-Konzentration aus ELOS und dem Gehalt an Nährstoffen erfolgte nach dem Berechnungsschema der GfE (2008). Die Mineralstoffe Ca und Mg wurden komplexometrisch bestimmt, P spektralfotometrisch sowie K, Na, Mn, Zn und Cu mit Atomabsorptionsspektroskopie. Die Trockenmasse-Bestimmung erfolgte durch Trocknung der Einzelproben bei 104 °C für 24 h. Die bei der Trocknung von Silagen entstehenden Verluste über flüchtige Substanzen wurden nach den Angaben von WEISSBACH und KUHLA (1995) berücksichtigt.

Zur Bestimmung der Verdaulichkeit *in vivo* (mit Hammeln) wurden – aus Kapazitätsgründen – pro Versuchsjahr die vier Aufwüchse jeder Konservierungsvariante entsprechend ihrem Ertragsanteil (Trockenmasse-Basis) zusammengemischt und als Summe aller vier Aufwüchse gemeinsam verfüttert. Auch von diesen Futterproben und den aus dem Verdaulichkeitsversuch korrespondierenden Kotproben wurden die Analysen der Nähr- und Mineralstoffe nach den oben

*Tabelle 1: Versuchsplan und Beschreibung der Verfahren*

Verfahren	Bodentrocknung (BT)	Kaltbelüftung (KB)	Entfeuchtertrocknung (ET)	Silierung (SI)
Anzahl Zetten <sup>1)</sup>	4	3	2	1
Feldliegezeit (h)	45,4	32,6	24,3	10,7
Trockenmasse bei Ernte (%)	78,3	70,6	61,5	37,8
Bröckel- und Rechverluste (kg TM je ha) <sup>1)</sup>	377	272	196	155
Versuchsjahre		2010, 2011, 2012		
Versuchsfläche		Stainacher Wiese (ca. 11 ha), 4-Schnitt-Nutzung		
Anteil der 4 Aufwüchse (% der TM)		24 / 27 / 29 / 20		

<sup>1)</sup> nach PÖLLINGER (2014)

beschriebenen Verfahren durchgeführt. Die Verdaulichkeit der Versuchsfutter wurde mit Hammeln nach den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1991) für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen festgestellt (14 Tage Vorperiode und 14 Tage Sammelperiode, Futterniveau 1 kg TM Versuchsration pro Tag, 4 Tiere pro Futtermittel). Die Berechnung der Energiekonzentration (GE, ME, NEL) und des Proteinwertes (nXP, RNB) erfolgte nach den Vorgaben der GfE (2001). Die dafür erforderlichen Angaben zum Gehalt an UDP (undegraded dietary protein) wurden der DLG-Tabelle für Wiederkäuer (1997) entnommen.

### 2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Analyse wurde mit der Prozedur GLM von Statgraphics Centurion XV (Version 15.2.14) nach folgenden Modellen durchgeführt.

#### Modell 1:

Analyse der Einzelaufwüchse (N = 176)

4 Konservierungsvarianten, 4 (2010, 2011) bzw. 3 Aufwüchse (2012), 3 Jahre,

4 Fütterungsperioden (lateinisches Quadrat im Fütterungsversuch) = 176

$$y_{ijk} = \mu + K_i + A_j + J_k + (K \times A)_{ij} + (K \times J)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$y_{ijk}$  = Beobachtungswert des abhängigen Parameters  
 $\mu$  = Intercept  
 $K_i$  = fixer Effekt der Konservierung i (i = BT, KB, ET, SI)  
 $A_j$  = fixer Effekt des Aufwuchses j (j = 1, 2, 3, 4)  
 $J_k$  = fixer Effekt des Jahres k (k = 2010, 2011, 2012)  
 $(K \times A)_{ij}$  = Wechselwirkung zwischen Konservierung i und Aufwuchs j  
 $(K \times J)_{ik}$  = Wechselwirkung zwischen Konservierung i und Jahr k  
 $\varepsilon_{ijklm}$  = Random Error

#### Modell 2:

Analyse der Verdauungsversuche (N = 12)

4 Konservierungsvarianten, 3 Jahre = 12

$$y_{ij} = \mu + K_i + J_j + \varepsilon_{ij}$$

$y_{ij}$  = Beobachtungswert des abhängigen Parameters  
 $\mu$  = Intercept  
 $K_i$  = fixer Effekt der Konservierung i (i = BT, KB, ET, SI)  
 $J_j$  = fixer Effekt des Jahres j (k = 2010, 2011, 2012)  
 $\varepsilon_{ij}$  = Random Error

Der multiple Vergleich der Mittelwerte erfolgte nach der Methode Tukey HSD. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen eines fixen Effektes werden durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet. In den Tabellen werden die Least Squares-Mittelwerte mit dem RMSE (Root mean square error, d.h. Wurzel des random error  $\varepsilon$ ) und den P-Werten für die fixen Effekte und Wechselwirkungen angeführt.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

In den nachfolgenden zwei Abschnitten werden die Ergebnisse sowohl hinsichtlich der vier Einzelaufwüchse als

auch der Mischproben aus den vier Einzelaufwüchsen für die Verdauungsversuche diskutiert.

### 3.1 Ergebnisse zu den Einzelaufwüchsen

Die Ergebnisse zu den Analysen der Einzelaufwüchse sind in der *Tabelle 2* (Haupteffekte von Konservierung, Aufwuchs und Versuchsjahr) bzw. *Tabelle 3* (Wechselwirkung Konservierung  $\times$  Jahr) angeführt.

Der Faktor ‘Konservierung’ übte einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an Rohprotein, Rohfett und Rohasche aus, nicht jedoch an Rohfaser. Die Silage wies in diesen Kriterien gegenüber den drei Heuvarianten höhere Werte auf. Dagegen war der Gehalt an NDF in den Grassilagen niedriger. Im Durchschnitt aller Einzelaufwüchse wurde bei der Bodentrocknung der niedrigste Energiegehalt festgestellt und bei der Silage der höchste (P = 0,024). Die tatsächlichen Unterschiede waren allerdings gering (5,92<sup>b</sup>, 6,00<sup>ab</sup>, 5,99<sup>ab</sup>, 6,09<sup>a</sup> MJ NEL/kg TM in BT, KB, ET und SI). Mit Ausnahme des Kaliums bestanden in allen Mineralstoffen signifikante Unterschiede, wobei durchwegs in den Silagen die höchsten Werte vorlagen.

Wie zu erwarten, übt der Faktor ‘Aufwuchs’ in allen Nährstoffparametern einen hochsignifikanten Einfluss aus. Dies ergibt sich aus der unterschiedlichen Morphologie der Pflanzen in der generativen Phase des ersten Aufwuchses und dessen höherem Stängelanteil. Dagegen nimmt mit den weiteren Aufwüchsen in Folge der vegetativen Phase der Pflanzen der Anteil der Blätter mehr und mehr zu. Dies wirkt sich entscheidend auf den Gehalt an Gerüstsubstanzen und – damit zusammenhängend – auf die Verdaulichkeit sowie Energiekonzentration aus (GRUBER et al. 2010). Mit der Nummer des Aufwuchses erhöht sich auch der Gehalt an Rohprotein und an den Mengenelementen, nicht jedoch an Spurenelementen.

Es ist nicht überraschend, dass auch das Jahr signifikant auf den Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen sowie die Energiekonzentration wirkt, was sich durch die von Jahr zu Jahr sich ändernden Klima- und damit Wachstumsbedingungen erklärt. Besonders die Faktoren Temperatur, Lichtintensität und Wasserversorgung spielen eine wichtige Rolle (SCHAUMBERGER 2011, PÖTSCH et al. 2014). Aus der Sicht der Konservierung und damit der Hauptfragestellung des vorliegenden Projektes beeinflussen die Wetterbedingungen ganz besonders zum Zeitpunkt der Ernte die Futterqualität.

### 3.2 Ergebnisse der Verdauungsversuche

Die Ergebnisse zu den Verdauungsversuchen sind in der *Tabelle 4* (Haupteffekte von Konservierung, Aufwuchs und Versuchsjahr) bzw. *Tabelle 5* (Wechselwirkung Konservierung  $\times$  Jahr) angeführt. Wie bereits ausgeführt, wurden für die Verdauungsversuche – aus Kapazitätsgründen – die Einzelaufwüchse innerhalb eines Versuchsjahres entsprechend dem Ertrag (auf Trockenmasse-Basis) wie auch im Fütterungsversuch mit Milchkühen (FASCHING et al. 2015) gemischt und daher gemeinsam verfüttert.

Es ist daher vorauszuschicken, dass in Folge der wesentlich geringeren Anzahl an Proben (N = 176 vs. N = 12) statistisch signifikante Unterschiede gegenüber der Analyse der Einzelaufwüchse seltener sind, obwohl die Differenzen

**Tabelle 2: Gehalt des Wiesenfutters an Inhaltsstoffen in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren, Aufwuchs und Jahr (Haupteffekte)**  
 [Datenmaterial Einzelaufwüchse, Modell 1, N = 176]

Parameter	Einheit	Konservierung					Aufwuchs					Jahr					P-Werte				
		BT	KB	FT	SI	1	2	3	4	2010	2011	2012	RMSE	K	A	J	K × A	K × J			
<b>Rohnährstoffe</b>																					
Trockenmasse	g/kg FM	889 <sup>a</sup>	890 <sup>b</sup>	889 <sup>b</sup>	403 <sup>b</sup>	773	762	756	780	764	779	760	30	<0,001	0,003	0,002	<0,001	<0,001	0,066		
Rohprotein	g/kg TM	140 <sup>b</sup>	140 <sup>b</sup>	141 <sup>b</sup>	157 <sup>a</sup>	129	138	145	165	149	150	134	9	<0,001	<0,001	<0,001	0,027	0,807			
Rohfett	g/kg TM	24 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>	35 <sup>a</sup>	26	28	27	28	26	28	28	2	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001			
Rohfaser	g/kg TM	244	242	238	236	253	254	249	204	249	245	226	2	0,283	<0,001	<0,001	0,978	0,485			
NFE	g/kg TM	501 <sup>a</sup>	504 <sup>c</sup>	509 <sup>a</sup>	476 <sup>b</sup>	518	496	483	493	488	487	518	2	<0,001	<0,001	<0,001	0,781	0,459			
Rohasche	g/kg TM	91 <sup>ab</sup>	89 <sup>ab</sup>	88 <sup>b</sup>	95 <sup>a</sup>	73	84	96	110	88	90	94	12	0,020	<0,001	0,043	0,425	0,320			
<b>Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate</b>																					
NDF	g/kg TM	469 <sup>a</sup>	463 <sup>a</sup>	462 <sup>a</sup>	430 <sup>b</sup>	476	471	465	413	466	462	440	22	<0,001	<0,001	<0,001	0,389	0,204			
ADF	g/kg TM	274	274	272	280	284	290	286	240	288	279	259	21	0,267	<0,001	<0,001	0,904	0,606			
ADL	g/kg TM	31 <sup>b</sup>	30 <sup>b</sup>	30 <sup>b</sup>	34 <sup>b</sup>	30	31	34	29	34	32	27	4	<0,001	<0,001	<0,001	0,687	0,554			
NFC	g/kg TM	276	283	284	283	296	279	267	284	271	270	304	19	0,254	<0,001	<0,001	0,115	0,227			
<b>Verdaulichkeit in vitro, Energiekonzentration und Proteinwert</b>																					
ELOS	g/kg TM	647	658	656	652	659	648	629	675	650	647	662	30	0,346	<0,001	0,036	0,714	0,862			
ME	MJ/kg TM	9,94 <sup>b</sup>	10,05 <sup>ab</sup>	10,04 <sup>ab</sup>	10,19 <sup>a</sup>	10,12	10,00	9,79	10,30	9,96	10,00	10,20	0,34	0,012	<0,001	0,002	0,792	0,663			
NEL	MJ/kg TM	5,92 <sup>b</sup>	6,00 <sup>ab</sup>	5,99 <sup>ab</sup>	6,09 <sup>a</sup>	6,04	5,95	5,81	6,20	5,93	5,96	6,11	0,24	0,024	<0,001	0,001	0,797	0,664			
UDP	% des XP	19,3 <sup>a</sup>	19,3 <sup>a</sup>	19,2 <sup>a</sup>	15,0 <sup>b</sup>	16,7	18,8	18,8	18,6	18,9	17,9	17,9	1,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,085			
nXP	g/kg TM	133	135	135	135	131	133	132	142	135	135	134	4	0,227	<0,001	0,623	0,197	0,814			
RNB	g/kg TM	1,01 <sup>b</sup>	0,84 <sup>b</sup>	1,06 <sup>b</sup>	3,46 <sup>a</sup>	-0,31	0,81	2,05	3,82	2,33	2,40	0,05	0,96	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,821			
<b>Mengen- und Spurenelemente</b>																					
Calcium	g/kg TM	7,8 <sup>b</sup>	7,9 <sup>b</sup>	8,1 <sup>b</sup>	10,0 <sup>a</sup>	7,7	8,1	8,9	9,1	9,0	8,0	8,3	0,8	<0,001	<0,001	<0,001	0,531	0,700			
Phosphor	g/kg TM	2,4 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>	2,2	2,5	2,5	2,7	2,6	2,4	2,4	0,3	<0,001	<0,001	<0,001	0,969	0,390			
Magnesium	g/kg TM	2,9 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	3,0 <sup>b</sup>	3,4 <sup>a</sup>	2,6	2,8	3,3	3,5	3,1	2,9	3,2	0,4	<0,001	<0,001	<0,001	0,946	0,652			
Kalium	g/kg TM	16,8	17,6	17,3	17,5	773	762	756	780	773	772	16,8	1,7	0,164	<0,001	0,003	0,305	0,032			
Natrium	g/kg TM	0,43 <sup>ab</sup>	0,39 <sup>bc</sup>	0,33 <sup>c</sup>	0,47 <sup>a</sup>	129	138	145	165	0,44	0,43	0,35	0,12	<0,001	<0,001	<0,001	0,297	0,500			
Mangan	mg/kg TM	132 <sup>b</sup>	125 <sup>b</sup>	128 <sup>b</sup>	153 <sup>a</sup>	26	28	27	28	134	119	151	27	<0,001	<0,001	<0,001	0,949	0,248			
Zink	mg/kg TM	36 <sup>b</sup>	36 <sup>b</sup>	36 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup>	253	254	249	204	36	37	38	4	<0,001	<0,001	0,066	0,882	0,827			
Kupfer	mg/kg TM	10,6 <sup>b</sup>	10,3 <sup>b</sup>	10,4 <sup>b</sup>	11,5 <sup>a</sup>	518	496	483	493	11,3	10,5	10,3	1,0	<0,001	<0,001	<0,001	0,817	0,961			

zwischen den Konservierungsvarianten ähnlich sind (Tabelle 2 vs. Tabelle 4). Die Silage wies den höchsten Gehalt an Rohprotein auf (134, 134, 142, 156 g XP/kg TM in BT, KB, ET und SI). In den für den Futterwert entscheidenden Kriterien (Rohfaser und Gerüstsubstanzen) sind in der Variante 'Entfeuchterrocknung' die günstigsten Werte zu finden (250, 254, 234, 262 g XF bzw. 483, 486, 459, 478 g NDF/kg TM in BT, KB, ET und SI). Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass bei diesem Ernteverfahren (innerhalb der Heuvarianten) die geringsten Bröckelverluste (zwischen Mähen und Lagerung) und Fermentationsverluste (während der Lagerung) stattgefunden haben.

Für die Silierung gilt, dass die Gär Mikroben während der Fermentation im Silo ganz besonders die leicht verfügbaren Kohlenhydrate als Nährstoffsubstrat heranziehen und zu den flüchtigen Fettsäuren abbauen (McDONALD et al. 1991). Indirekt wird dadurch den Mikroorganismen des Pansens leicht verfügbare Energie entzogen (Van SOEST 1994). Dieser Fermentationsprozess im Silo ist an den charakteristischen Parametern festzustellen (Tabelle 4).

In der Silage werden Protein und die Gerüstsubstanzen relativ angereichert, während der Gehalt an Nichtfaser-Kohlenhydraten geringer wird (269, 272, 285, 242 g NFC/kg TM in BT, KB, ET und SI). Dies stimmt auch gut mit den Ergebnissen der *in vivo*-Verdauungsversuche (mit Hammeln) überein. Die Verdaulichkeit der organischen Masse betrug 67,7, 70,1, 69,9, 68,7 % dOM in BT, KB, ET und SI. Gegenüber der Bodentrocknung verbesserte sich die Verdaulichkeit in der Kaltbelüftung bzw. in der Entfeuchterrocknung um 2,4 bzw. 2,2 Prozentpunkte, während die Silage gegenüber dem Bodenheu um nur 1,0 Prozentpunkte besser ausstieg. Insgesamt sind diese Unterschiede zwischen den Konservierungsverfahren als gering zu bezeichnen und sie zeigen, dass in allen Verfahren auf hohem Niveau und mit großer Sorgfalt gearbeitet wurde. Es muss allerdings betont

**Tabelle 3: Gehalt des Wiesenfutters an Inhaltsstoffen in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren × Jahr (Wechselwirkung)**  
 [Datenmaterial Einzelaufwüchse, Modell 1, N = 176]

Parameter	Einheit	Bodentrocknung			Kaltbelüftung			Entfeuchtertrocknung			Silierung		RMSE	P-Wert K × J
		2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011		
<b>Rohnährstoffe</b>														
Trockenmasse	g/kg FM	892	896	879	891	897	882	892	896	879	429	400	30	0,066
Rohprotein	g/kg TM	143	144	132	145	145	129	145	147	132	162	145	9	0,807
Rohfett	g/kg TM	23	25	26	23	25	26	22	24	26	36	34	2	<0,001
Rohfaser	g/kg TM	254	255	224	255	243	227	249	241	225	243	227	2	0,485
NfE	g/kg TM	490	486	526	492	500	521	503	499	524	464	499	2	0,459
Rohasche	g/kg TM	89	91	92	85	86	97	82	89	92	95	95	12	0,320
<b>Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate</b>														
NDF	g/kg TM	480	482	444	476	465	448	476	464	448	432	418	22	0,204
ADF	g/kg TM	289	281	253	290	271	260	285	276	255	288	267	21	0,606
ADL	g/kg TM	34	32	27	33	29	27	33	32	25	37	30	4	0,554
NFC	g/kg TM	264	258	307	270	278	300	275	275	302	273	308	19	0,227
<b>Verdaulichkeit in vitro, Energiekonzentration und Proteinwert</b>														
ELOS	g/kg TM	637	641	662	656	655	662	654	649	665	643	658	30	0,862
ME	MJ/kg TM	9,77	9,87	10,18	9,95	10,06	10,14	9,95	9,95	10,21	10,19	10,26	0,34	0,663
NEL	MJ/kg TM	5,80	5,87	6,10	5,92	6,00	6,08	5,92	5,93	6,12	6,08	6,15	0,24	0,664
UDP	% des XP	20,3	19,0	18,7	20,0	18,8	19,0	20,1	18,7	18,8	15,0	15,0	1,1	0,085
nXP	g/kg TM	133	133	134	135	135	133	135	135	134	135	134	4	0,814
RNB	g/kg TM	1,65	1,74	-0,37	1,63	1,61	-0,71	1,61	2,03	-0,45	4,42	1,75	0,96	0,821
<b>Mengen- und Spurenelemente</b>														
Calcium	g/kg TM	8,1	7,3	7,9	8,5	7,4	7,9	8,7	7,7	7,8	10,6	9,7	0,8	0,700
Phosphor	g/kg TM	2,5	2,3	2,3	2,5	2,3	2,3	2,7	2,3	2,4	2,8	2,8	0,3	0,390
Magnesium	g/kg TM	3,1	2,7	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	2,8	3,1	3,3	3,6	0,4	0,652
Kalium	g/kg TM	17,5	16,8	16,1	18,6	17,0	17,1	18,3	17,3	16,3	17,0	17,6	1,7	0,032
Natrium	g/kg TM	0,47	0,49	0,35	0,44	0,41	0,31	0,38	0,34	0,29	0,46	0,44	0,12	0,500
Mangan	mg/kg TM	132	115	149	130	109	135	131	117	137	143	184	27	0,248
Zink	mg/kg TM	35	35	37	35	35	37	35	37	36	39	41	4	0,827
Kupfer	mg/kg TM	11,2	10,4	10,1	10,7	10,2	10,0	11,0	10,2	9,9	12,2	11,0	1,0	0,961

werden, dass das Verfahren der Bodentrocknung (und zum Teil auch der Kaltbelüftung) einem höheren Wetterisiko ausgesetzt sind als die Entfeuchtertrocknung und die Silierung, was wichtige Argumente für diese Verfahren darstellen. Dies zeigen auch die Ergebnisse der drei einzelnen Versuchsjahre in *Tabelle 5* bzw. der Einfluss des Versuchsjahres in *Tabelle 4*. Auch hinsichtlich der Gehalte an Mineralstoffen zeigt sich, dass die beiden Verfahren Entfeuchtertrocknung und Silierung in Folge geringerer Bröckelverluste und damit Bewahrung der nähr- und mineralstoffreichen Blätter höhere Werte aufweisen. So beträgt z.B. der Gehalt an Calcium in BT, KB, ET und SI 7,8, 7,6, 8,4 bzw. 9,7 g/kg TM und an Phosphor 2,3, 2,2, 2,5 bzw. 2,8 g/kg TM (*Tabelle 4*).

COULON et al. (1997) haben Wiesenfutter einer Bergdauerriese zum gleichen Zeitpunkt geerntet, das Futter entweder als Heu oder Grassilage konserviert und bei Schafen die Verdaulichkeit sowie bei Kühen die Milchleistung gemessen. Sowohl die Verdaulichkeit als auch die Futteraufnahme und Milchleistung waren bei Grassilage höher. SHINGFIELD et al. (2002) verglichen Heu mit Grassilagen unterschiedlicher Behandlungen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Verdaulichkeit. Es wurden nur geringe Unterschiede in der Verdaulichkeit der OM zwischen Heu (wegen ungünstiger Wetterbedingungen eine Woche später geerntet) und Grassilage 'Unbehandelt', 'Inoculant-Enzyme' und 'Ameisensäure' festgestellt (70,2, 70,6, 71,1, 72,0 % DOM). Auch VERBIC et al. (1999) fanden beim Vergleich von Heu mit unterschiedlich behandelten bzw. erzeugten Grassilagen (Anwelgrade, Silierzusatz) nur geringe Unterschiede in der *in situ*-Abbaubarkeit, wobei das Futter zum gleichen Zeitpunkt geerntet worden war. TURNER et al. (2003) haben den Einfluss des Regens auf die *in situ*-Abbaubarkeit von Heu (Wiesenschwengel) und TURNER et al. (2004) auf Futteraufnahme, Verdaulichkeit, *in situ*-Abbaubarkeit und Pansenfermentation beschrieben. Mit dem Grad der Feuchtigkeit

**Tabelle 4: Gehalt des Wiesenfutters an Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten, Verdaulichkeit *in vivo* und *in vitro*, Energiekonzentration, Proteinwert sowie Gehalt an Mineralstoffen in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Versuchsjahr (Haupteffekte) [Datenmaterial Verdauungsversuche, Modell 2, N = 12]**

Parameter	Einheit	Konservierung				Jahr			RMSE	P-Werte	
		BT	KB	ET	SI	2010	2011	2012		K	J
<b>Gehalt an Rohnährstoffen</b>											
TM	g/kg FM	882 <sup>a</sup>	879 <sup>a</sup>	870 <sup>a</sup>	365 <sup>b</sup>	745	763	739	24	<0,001	0,403
Rohprotein	g/kg TM	134 <sup>b</sup>	134 <sup>b</sup>	142 <sup>ab</sup>	156 <sup>a</sup>	151	147	126	7	0,024	0,005
Rohfett	g/kg TM	25 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>	36 <sup>a</sup>	27	27	27	3	0,007	0,996
Rohfaser	g/kg TM	250	254	234	262	265	242	243	12	0,110	0,055
NfE	g/kg TM	502 <sup>a</sup>	503 <sup>a</sup>	511 <sup>a</sup>	458 <sup>b</sup>	468	495	517	10	0,002	0,001
Rohasche	g/kg TM	90	83	91	87	89	88	87	8	0,666	0,944
<b>Gehalt an Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten</b>											
NDF	g/kg TM	483	486	459	478	503	463	463	25	0,607	0,112
ADF	g/kg TM	288	294	270	301	299	282	284	17	0,267	0,383
ADL	g/kg TM	29 <sup>b</sup>	31 <sup>ab</sup>	29 <sup>b</sup>	36 <sup>a</sup>	36	33	25	2	0,023	0,001
NFC	g/kg TM	269	272	285	242	231	274	296	20	0,165	0,009
<b>Verdaulichkeit der Rohnährstoffe <i>in vivo</i></b>											
OM	%	67,7	70,1	69,9	68,7	68,3	69,6	69,3	1,3	0,205	0,403
Rohprotein	%	58,3	60,3	60,6	59,1	62,1	61,1	55,5	2,1	0,534	0,009
Rohfett	%	37,5 <sup>b</sup>	37,6 <sup>b</sup>	32,0 <sup>b</sup>	55,2 <sup>a</sup>	41,1	43,3	37,4	5,5	0,009	0,379
Rohfaser	%	65,6	67,7	67,1	70,2	67,2	66,7	69,1	1,9	0,118	0,251
NfE	%	72,7	75,5	75,2	72,0	72,1	75,0	74,4	1,7	0,096	0,112
<b>Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate <i>in vivo</i></b>											
NDF	%	65,0	67,3	66,3	66,6	66,5	66,0	66,4	1,7	0,446	0,879
ADF	%	59,4	62,1	58,8	62,1	60,9	59,8	61,1	3,0	0,430	0,815
NFC	%	79,7	82,6	82,9	80,2	78,7	82,9	82,5	2,7	0,410	0,116
<b>Energiekonzentration und Proteinwert <i>in vivo</i></b>											
ME	MJ/kg TM	9,35	9,73	9,62	9,71	9,51	9,70	9,60	0,24	0,279	0,578
NEL	MJ/kg TM	5,49	5,76	5,69	5,72	5,60	5,74	5,67	0,17	0,294	0,527
UDP	% des XP	19,1 <sup>a</sup>	19,3 <sup>a</sup>	18,4 <sup>a</sup>	15,0 <sup>b</sup>	18,4	17,7	17,7	0,5	<0,001	0,181
nXP	g/kg TM	126	130	130	130	130	131	126	3	0,262	0,093
RNB	g/kg TM	1,27 <sup>ab</sup>	0,70 <sup>b</sup>	1,93 <sup>ab</sup>	4,19 <sup>a</sup>	3,37	2,62	0,08	1,07	0,029	0,011
<b>Verdaulichkeit und Energiekonzentration <i>in vitro</i></b>											
ELOS	g/kg TM	638	646	661	639	630	649	659	14	0,254	0,064
ME <sub>ELOS</sub>	MJ/kg TM	9,82	9,90	10,05	10,09	9,79	10,01	10,10	0,18	0,349	0,129
Gasb. HFT	ml/200 mg	43,7	43,6	44,9	41,6	44,0	42,9	43,4	2,6	0,500	0,842
ME <sub>HFT</sub>	MJ/kg TM	9,60	9,57	9,86	9,69	9,69	9,72	9,63	0,90	0,637	0,903
<b>Gehalt an Mengen- und Spurenelementen</b>											
Calcium	g/kg TM	7,8 <sup>b</sup>	7,6 <sup>b</sup>	8,4 <sup>ab</sup>	9,7 <sup>a</sup>	8,9	7,5	8,7	0,5	0,012	0,019
Phosphor	g/kg TM	2,3	2,2	2,5	2,8	2,8	2,4	2,1	0,2	0,064	0,012
Magnesium	g/kg TM	2,9	2,9	2,8	3,2	3,1	2,8	2,9	0,2	0,126	0,081
Kalium	g/kg TM	16,6	15,6	16,9	18,5	17,7	16,8	16,2	1,0	0,055	0,187
Natrium	g/kg TM	0,38	0,36	0,40	0,51	0,51	0,46	0,26	0,10	0,352	0,033
Mangan	mg/kg TM	125	130	127	135	128	126	134	9	0,596	0,426
Zink	mg/kg TM	34	33	36	38	35	37	33	2	0,069	0,108
Kupfer	mg/kg TM	10,2	9,6	9,3	10,5	10,5	9,9	9,3	0,6	0,165	0,093

verschlechterten sich die Parameter des Futterwertes. In der vorliegenden Untersuchung waren zum Zeitpunkt der Ernte relativ günstige Erntebedingungen gegeben. REES (1982) hat die unterschiedlichen Quellen der Verluste an Trockenmasse während der Heuwerbung diskutiert. ROTZ und MUCK (1994) haben die Veränderungen der Grundfutterqualität während der Ernte und Lagerung beschrieben und für verschiedene Pflanzen das Ausmaß an Trockenmasse-Verlusten sowie der Verminderung des Nährstoffgehaltes angegeben.

Hinsichtlich der Bestimmung der Verdaulichkeit und Energiekonzentration mit *in vivo*- bzw. *in vitro*-Methoden ist festzustellen, dass – zumindest für das vorliegende Datenmaterial – die ELOS-Methode (De BOEVER et al. 1986) mit den aktuellen Formeln zur Energiebewertung (GfE 2008) etwas überhöhte Werte liefert. Insgesamt war die Übereinstimmung zwischen *in vivo*-Daten und beiden *in*

*in vitro*-Methoden (ELOS, HFT) nicht ganz zufriedenstellend (GRUBER, unveröffentlichte Ergebnisse). Die mittlere Energiekonzentration des vorliegenden Datenmaterials ergab für Hammel, ELOS und HFT 5,67, 5,93 bzw. 5,72 MJ NEL/kg TM.

Abschließend ist festzuhalten, dass die durchschnittliche Energiekonzentration der konservierten Wiesenfutter in dieser Untersuchung 5,5, 5,8, 5,7 und 5,7 MJ NEL/kg TM in BT, KB, ET und SI betrug, also selbst bei höchstem Aufwand (Entfeuchertrocknung) bzw. bei sehr sorgfältiger Vorgangsweise bei der Ernte und Konservierung (Kaltbelüftung und Silierung) nicht die Höhe von 6,0 MJ NEL/kg TM erreichte, die doch recht häufig als Zielgröße beim Einsatz für hochleistende Milchkühe gefordert bzw. hingestellt wird, und das bei einer für den Standort dieser Untersuchung (700 m Seehöhe) doch extrem hohen Schnitthäufigkeit von vier Schnitten pro Jahr

**Tabelle 5: Gehalt des Wiesenfutters an Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten, Verdaulichkeit *in vivo* und *in vitro*, Energiekonzentration, Proteinwert sowie Gehalt an Mineralstoffen in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Versuchsjahr (Wechselwirkung Konservierung × Jahr) [Datenmaterial Verdauungsversuche, Modell 2, N = 12]**

Parameter	Einheit	Bodentrocknung			Kaltbelüftung			Entfeuchtertrocknung			Silierung		
		2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
<b>Gehalt an Rohnährstoffen</b>													
TM	g/kg FM	893	887	867	887	878	873	877	875	858	323	412	360
Rohprotein	g/kg TM	137	142	123	140	144	120	162	143	119	165	160	143
Rohfett	g/kg TM	22	26	26	23	27	25	23	24	23	41	32	35
Rohfaser	g/kg TM	273	239	237	272	247	243	229	233	239	286	249	251
NfE	g/kg TM	484	496	525	484	505	522	485	507	540	420	473	482
Rohasche	g/kg TM	84	97	89	81	77	91	100	93	79	88	85	88
<b>Gehalt an Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten</b>													
NDF	g/kg TM	523	466	459	514	470	473	444	465	468	529	451	453
ADF	g/kg TM	310	273	282	306	282	292	253	282	276	326	289	286
ADL	g/kg TM	35	29	24	37	30	25	32	33	21	39	40	30
NFC	g/kg TM	233	269	303	242	282	292	270	275	310	176	271	280
<b>Verdaulichkeit der Rohnährstoffe <i>in vivo</i></b>													
OM	%	67,3	67,1	68,8	69,6	72,1	68,7	69,1	69,3	71,2	67,3	70,1	68,7
Rohprotein	%	58,6	61,0	55,2	62,7	61,9	56,3	66,6	60,2	55,1	60,6	61,4	55,4
Rohfett	%	34,6	42,6	35,3	33,2	47,2	32,5	34,9	31,3	29,8	61,4	51,9	52,2
Rohfaser	%	66,4	63,8	66,7	68,2	68,1	66,8	65,5	64,8	71,1	68,9	70,0	71,6
NfE	%	71,7	71,8	74,6	74,2	78,3	74,1	73,3	75,7	76,6	69,3	74,2	72,3
<b>Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate <i>in vivo</i></b>													
NDF	%	66,5	64,2	64,3	68,3	68,1	65,7	64,6	65,7	68,7	66,8	65,9	67,1
ADF	%	62,1	55,3	60,7	63,2	62,2	60,9	54,8	59,7	61,8	63,5	62,0	60,9
NFC	%	77,2	77,8	84,1	80,0	86,3	81,7	81,1	83,3	84,2	76,3	84,3	80,2
<b>Energiekonzentration und Proteinwert <i>in vivo</i></b>													
ME	MJ/kg TM	9,31	9,25	9,48	9,65	10,13	9,41	9,49	9,53	9,84	9,60	9,88	9,65
NEL	MJ/kg TM	5,46	5,43	5,59	5,70	6,04	5,55	5,60	5,63	5,85	5,63	5,85	5,69
UDP	% des XP	20,2	18,7	18,5	20,1	18,9	18,8	18,3	18,4	18,5	15,0	15,0	15,0
nXP	g/kg TM	127	126	124	131	136	123	132	129	128	130	132	127
RNB	g/kg TM	1,62	2,51	-0,31	1,46	1,26	-0,61	4,85	2,25	-1,33	5,57	4,45	2,57
<b>Verdaulichkeit und Energiekonzentration <i>in vitro</i></b>													
ELOS	g/kg TM	609	647	658	627	658	652	666	649	668	618	641	659
ME <sub>ELOS</sub>	MJ/kg TM	9,47	9,95	10,05	9,65	10,13	9,93	10,11	9,89	10,14	9,93	10,06	10,27
Gasb. HFT	ml/200 mg	45,9	42,6	42,7	45,4	43,4	41,9	46,8	42,9	45,1	37,9	42,8	44,0
ME <sub>HFT</sub>	MJ/kg TM	9,58	9,68	9,54	9,60	9,77	9,35	10,22	9,60	9,74	9,34	9,83	9,90
<b>Gehalt an Mengen- und Spurenelementen</b>													
Calcium	g/kg TM	7,8	7,1	8,4	8,1	6,5	8,4	9,6	7,7	8,1	10,1	8,8	10,0
Phosphor	g/kg TM	2,4	2,3	2,1	2,4	2,2	2,0	3,0	2,3	2,1	3,3	2,6	2,3
Magnesium	g/kg TM	3,1	2,7	2,9	3,2	2,7	2,9	2,7	2,8	2,8	3,5	2,9	3,1
Kalium	g/kg TM	17,2	16,9	15,7	16,4	14,3	16,0	16,9	17,7	16,2	20,3	18,2	17,0
Natrium	g/kg TM	0,31	0,54	0,28	0,45	0,39	0,23	0,59	0,40	0,20	0,68	0,52	0,33
Mangan	mg/kg TM	121	120	135	120	129	139	139	120	122	130	134	139
Zink	mg/kg TM	33	35	34	32	33	33	38	38	32	39	40	35
Kupfer	mg/kg TM	10,8	10,4	9,6	10,9	8,7	9,1	9,2	10,1	8,7	11,1	10,6	9,8

(gleichbedeutend einer Aufwuchsdauer von 6 Wochen pro Schnitt). In einem 4-jährigen Versuch unter Verwendung der Kaltbelüftung haben GRUBER et al. (2000) bei einer Nutzungsfrequenz von 2, 3 und 4 Schnitten pro Jahr einen Energiegehalt von 4,53, 5,24 bzw. 5,85 MJ NEL/kg TM erreicht. RESCH (2013) hat in einer umfangreichen Untersuchung (n = 725) über mehrere Jahre (2007 – 2012) über ganz Österreich im Durchschnitt eine Verdaulichkeit (*in vitro*) von 69,7 % dOM und eine Energiekonzentration von 5,70 MJ NEL ermittelt. Für Grassilage wurden von RESCH et al. (2009) in einem noch umfangreicheren Datenmaterial (4 Erhebungsjahre, n = 2.550) eine durchschnittliche Energiekonzentration von 5,87 MJ NEL ermittelt. Diese Werte sind ähnlich den Daten der vorliegenden Untersuchung, wobei natürlich auf die große Streubreite der aus der landwirtschaftlichen Praxis stammenden Daten hinzuweisen ist.

#### 4. Schlussfolgerungen

Wiesenfutter aus der intensiven Nutzung (4 Schnitte pro Jahr) einer Dauerwiese in der alpinen Region der Obersteiermark (700 m) wurde entweder als Silage konserviert oder mit drei verschiedenen Verfahren der Heutrocknung (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung). In der Silage wurden höhere Gehalte an Rohprotein und Gerüstsubstanzen festgestellt, was auf die Fermentation leicht löslicher Kohlenhydrate als Folge des Gärprozesses im Silo zurückzuführen ist (Van SOEST 1994). Dies führte – gegenüber den aufwendigen Trocknungsverfahren (Kaltbelüftung und Entfeuchtertrocknung) – zu einer etwas geringeren Verdaulichkeit von 1,3 Prozentpunkten, nicht jedoch der Energiekonzentration. Bezüglich der Trocknungsverfahren zeigte sich, dass durch Kaltbelüftung und Entfeuchtertrocknung geringere Bröckelverluste entstehen

und das Futter einen höheren Gehalt an Rohprotein sowie Nichtfaser-Kohlenhydraten und dadurch einen geringeren Gehalt an Gerüstsubstanzen aufweist. Dies schlägt sich gegenüber der Bodentrocknung in einer höheren Verdaulichkeit (2,3 Prozentpunkte) und Energiekonzentration (0,24 MJ NEL) nieder. Die Unterschiede zwischen Kaltbelüftung und Entfeuchtertrocknung waren gering. Es ist allerdings festzustellen, dass sich sowohl die Silierung als auch die Entfeuchtertrocknung besonders gegenüber der Bodentrocknung (und zum Teil auch der Kaltbelüftung) durch ein wesentlich geringeres Wetterrisiko auszeichnen. Inwieweit der mit den Verfahren verbundene Mehraufwand ökonomisch gerechtfertigt ist, hängt von der einzelbetrieblichen Situation ab und muss nach betriebswirtschaftlichen Kriterien genau beurteilt werden.

## 5. Literatur

- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.
- AMA, 2014: Marktbericht-Milch und Milchprodukte. Agrar Markt Austria. 12. Ausgabe 2013, 24 S.
- ARGE HEUMILCH, 2014: ARGE Heumilch. Informationen der Internethomepage: <http://www.heumilch.at/heumilch/die-arge-heumilch/>, besucht am 16.12.2014.
- BMLFUW, 2014: Grüner Bericht 2014. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 1010 Wien, 329 S.
- COULON, J.B., P. PRADEL und I. VERDIER, 1997: Effect of forage conservation (hay or silage) on chemical composition of milk. *Annales de Zootechnie* 46, 21-26.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 212 S.
- De BOEVER, J.L., B.G. COTTYN, F.X. BUYSSE, F.W. WAINMAN und J.M. VANACKER, 1986: The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14, 203-214.
- FASCHING, C., L. GRUBER, B. MIETSCHNIG, A. SCHAUER, J. HÄUSLER und A. ADELWÖHRER, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Milchproduktionswert im Vergleich zu Silage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 67-74.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt am Main, DLG-Verlag, 135 S.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2008: Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Neue Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie für Wiederkäuer von Gras- und Maisprodukten. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 191-198.
- GROSS, F., 1974: Die Silierungsverluste. In: Gärfutter (F. GROSS und K. RIEBE). Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 283 S.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88.
- GRUBER, L., A. SCHAUER, J. HÄUSLER, A. ADELWÖHRER, K.-H. SÜDEKUM, F. WIELSCHER, M. URDL und S. KIRCHHOF, 2010: Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerspähewiesenfutter auf Ertrag, Futterwert, Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode. 122. VDLUFA-Kongress, Kiel, 21.-24. September 2010, Kongressband, 633-671.
- GRUBER, L., 2013: Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Tagungsband ZAR-Seminar, 21. März 2013, Salzburg, 21-40.
- HUSS, W., 1987: Wirtschaftsfuttermittel und ihre Konservierung. In: Tierernährung und Futtermittelkunde (K.-H. MENKE und W. HUSS). Verlag Eugen Ulmer Stuttgart (Uni-Taschenbücher), 3. Auflage, 424 S.
- McDONALD, P., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON, 1991: The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, 2<sup>nd</sup> Ed., Marlow, 340 S.
- NUSSBAUM, H., 2009: Futterkonservierung. In: Erfolgreiche Milchviehfütterung (H. SPIEKERS, H. NUSSBAUM und V. POTTHAST). DLG-Verlag Frankfurt am Main, 576 S.
- ÖAG (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau), 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Hrsg.: R. Resch, T. Guggenberger, L. Gruber, F. Ringdorfer, K. Buchgraber, G. Wiedner, A. Kasal und K. Wurm. *Der fortschrittliche Landwirt* 84 (Heft 24/2006), Sonderbeilage, 20 S.
- ÖPUL, 2007: Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft: GZ BMLFUW-LE.1.1.8/0073-II/8/2007.
- PÖLLINGER, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 19. Alpenländisches Expertenforum, 03. April 2014, LFZ Raumberg Gumpenstein, A-8952 Irnding, 35-44.
- PÖLLINGER, A., 2015: Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 41-48.
- PÖTSCH, E.M., A. ASEL, A. SCHAUMBERGER und R. RESCH, 2014: Impact of climate change on grassland productivity and forage quality in Austria. 25<sup>th</sup> EGF General Meeting „The Future of European Grasslands“, Aberystwyth, Wales, Grassland Science in Europe, No. 19, 7.-11. September 2014, 139-141.
- REES, D.V.H., 1982: A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. *J. Agric. Eng. Res.* 27, 469-479.
- RESCH, R., G. WIEDNER, F. TIEFENTHALLER, K. WURM, W. STROMBERGER, P. FRANK und C. MEUSBURGER, 2009: Qualitätsbewertung von österreichischen Grassilagen und Silomais aus Praxisbetrieben. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Tätigkeit Nr. 3561 „Silagequalität“, 86 S.
- RESCH, R., 2013: Einfluss des Konservierungsmanagements auf die Qualität von Raufutter österreichischer Rinderbetriebe – Ergebnisse aus LK-Heuprojekten. 40. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 18.-19. April 2013, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein 2013, 57-72.
- RESCH, R., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. 19. Alpenländisches Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg Gumpenstein, A-8952 Irnding, 45-54.
- RESCH, R., 2015: Grundfutter-Nettoerträge für Österreichs Wirtschaftsgrünland, Feldfutter und Silomais in den Jahren 2004 bis 2013. Unveröffentlichte Datenzusammenstellung auf Basis von Grundfutter-Jahresstatistiken der HBLFA Raumberg-Gumpenstein für das Bundesamt Statistik Austria.

- RESCH, R. und L. GRUBER, 2015: Proteinfraktionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 49-55.
- ROTZ, C.A. und R.E. MUCK, 1994: Changes in forage quality during harvest and storage. In: G.C. FAHEY et al. (Eds.) Forage Quality, Evaluation and Utilization. Proceedings of the National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization. University of Nebraska, Lincoln, 13-15 April 1994. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, 828-868.
- SCHAUMBERGER, A. 2011: Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Dissertation, Technische Universität Graz, Institut für Geoinformation, 264 S.
- SHINGFIELD, K.J., S. JAAKKOLA und P. HUHTANEN, 2002: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on diet digestibility, rumen fermentation, blood metabolite concentrations and nutrient utilisation of dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 97, 1-21.
- TURNER, J.E., W.K. COBLENTZ, D.A. SCARBROUGH, R.T. RHEIN, K.P. COFFEY, Z.B. JOHNSON, C.F. ROSENKRANS Jr., D.W. KELLOG und J.V. SKINNER, 2003: Changes in nutritive value of tall fescue hay as affected by natural rainfall and moisture concentration at baling. Anim. Feed Sci. Technol. 109, 47-63.
- TURNER, J.E., W.K. COBLENTZ, K.P. COFFEY, R.T. RHEIN, B.C. MCGINLEY, N.W. GLADÁMENZ-CABRERA, C.F. ROSENKRANS, Z.B. JOHNSON, D.W. KELLOG und J.V. SKINNER, 2004: Effects of natural rainfall and spontaneous heating on voluntary intake, digestibility, *in situ* disappearance kinetics, passage kinetics and ruminal fermentation characteristics of tall fescue hay fed to growing steers. Anim. Feed Sci. Technol. 116, 15-33.
- Van SOEST, P.J., J.B. ROBERTSON, B.A. LEWIS, 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.
- Van SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2<sup>nd</sup> Ed., Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.
- VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VELIK, M., J. KAUFMANN und L. GRUBER, 2015: Einfluss von Gras-Konservierungsverfahren auf das Milch-Fettsäurenmuster. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 75-80.
- VERBIC, J., E.R. ØRSKOV, J. ŽGAJNAR, X.B. CHEN und V. ŽNIDARSIC-PONGRAC, 1999: The effect of method of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. Anim. Feed Sci. Technol. 82, 195-212.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernähr. 23, 189-214.