

MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

42. VIEHWIRTSCHAFTLICHE FACHTAGUNG

MILCHMARKT UND
ZÜCHTUNG
KONSERVIERUNGSVERFAHREN HEU
RINDERMAST UND
FLEISCHQUALITÄT
MILCHVIEHFÜTTERUNG
TIERISCHE PRODUKTION
UND KLIMA

gemäß Fortbildungsplan des Bundes

25. und 26. März 2015

Grimmingsaal

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

raumberg-gumpenstein.at

42. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Milchmarkt und Züchtung
Konservierungsverfahren Heu
Rindermast und Fleischqualität
Milchviehfütterung
Tierische Produktion und Klima

gemäß Fortbildungsplan des Bundes

25. und 26. März 2015
Grimmingsaal
HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Organisiert von:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt
für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft



Impressum

Herausgeber

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning-Donnersbachtal
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Direktor

HR Mag. Dr. Anton Hausleitner

Leiter für Forschung und Innovation

Dipl. ECBHM Dr. Johann Gasteiner

Für den Inhalt verantwortlich

die Autoren

Redaktion

Institut für Nutztierforschung

Satz

Andrea Stuhlpfarrer
Alexandra Eckhart
Beate Krayc

Lektorat

Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber
Dr. Margit Velik
Dipl.-Ing. Georg Terler
Dipl.-Ing. Christian Fasching

Druck, Verlag und © 2015

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

ISSN: 1818-7722

ISBN: 978-3-902849-18-2

Diese internationale Tagung wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft, Beratungsabteilung finanziert und gefördert.

Dieser Band wird wie folgt zitiert:

42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015

Inhaltsverzeichnis

Entwicklung von Milchviehbetrieben 50+.....	1
<i>L. KIRNER, M. HEDEGGER und S. LUDHAMMER</i>	
Herausforderungen eines modernen Milchviehbetriebes im Berggebiet.....	9
<i>G. HABERSATTER</i>	
Milchproduktion – unser Weg über verschiedene Vermarktungsschienen.....	11
<i>J. GRASSMANN</i>	
Neue Herausforderungen in der Zucht – welche aktuellen Maßnahmen setzt die RINDERZUCHT AUSTRIA?	13
<i>C. EGGER-DANNER, C. FÜRST, H. SCHWARZENBACHER und B. FÜRST-WALTL</i>	
Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium.....	23
<i>L. GRUBER und M. STEGFELLNER</i>	
Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden.....	41
<i>A. PÖLLINGER</i>	
Proteinfraktionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer.....	49
<i>R. RESCH und L. GRUBER</i>	
Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung.....	57
<i>L. GRUBER, R. RESCH, A. SCHAUER, B. STEINER und C. FASCHING</i>	
Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage.....	67
<i>C. FASCHING, L. GRUBER, B. MIETSCHNIG, A. SCHAUER, J. HÄUSLER und A. ADELWÖHRER</i>	
Einfluss von Gras-Konservierungsverfahren auf das Milch-Fettsäurenmuster	75
<i>M. VELIK, L. GRUBER und J. KAUFMANN</i>	
Wagyu-Kreuzungen in der Rindermast: Welche Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität kann erwartet werden?	81
<i>G. TERLER, C. TRIPPOLD, M. VELIK, R. KITZER und J. KAUFMANN</i>	
Rindviehmast auf alpinen Weiden – Einfluss von Vegetation und Topografie auf Bewegungsaktivität, Wachstumsleistung und Fleischqualität	89
<i>I.D.M. GANGNAT, F. LEIBER, P.-A. DUFEY, M. KREUZER und J. BERARD</i>	
Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkuh in der Trockenstehzeit und zu Laktationsbeginn: Produktionsdaten und Stoffwechsel.....	95
<i>L. GRUBER, M. URDL, W. OBRITZHAUSER, A. SCHAUER und J. HÄUSLER</i>	
Herausforderungen der Gärfutterproduktion im Hinblick auf erdige Futterverschmutzung	127
<i>R. RESCH</i>	
Effiziente Weidehaltung durch betriebsangepasste Weidesysteme und Weidestrategien	139
<i>A. STEINWIDDER und J. HÄUSLER</i>	

Die Treibhausgasemissionen der Viehwirtschaft – ClimCattle.....	151
<i>C. FASCHING</i>	
Zur Bedeutung nachhaltiger Beweidung und Graslandbewirtschaftung für die Entstehung von Bodenfruchtbarkeit	155
<i>A. IDEL</i>	
Treibhausgasemissionen aus Milchproduktionssystemen basierend auf einer Langlebigkeitsstrategie im Vergleich zu herkömmlichen Systemen.....	159
<i>F. GRANDL, M. FURGER, A. SCHWARM, S. PETER und M. KREUZER</i>	

Entwicklung von Milchviehbetrieben 50+

Developments of dairy farms with 50 and more cows

Leopold Kirner^{1*}, Matthias Hedegger¹ und Stefan Ludhammer¹

Zusammenfassung

2,3 Prozent der Milchviehbetriebe in Österreich hielten im Jahr 2014 50 und mehr Milchkühe (815 Betriebe). Die vorliegende Arbeit analysiert vor diesem Hintergrund die mit dem betrieblichen Wachstum einhergehenden Auswirkungen und Herausforderungen dieser Betriebe. Zur Gewinnung der gewünschten Informationen wurde im November 2014 an alle 815 Betriebe ein Online-Fragebogen versendet, die folgenden Resultate basieren auf 252 beantworteten Fragebögen (Rücklaufquote von 31 Prozent). Zusätzlich wurden Invekos-Daten von mehreren Jahren ausgewertet, um Veränderungen bei betrieblichen Kennzahlen, wie Flächen und Tiere dieser Betriebe, zu vergleichen. Die Arbeitswirtschaft kristallisierte sich unter anderen als eine zentrale Herausforderung im Zusammenhang mit dem betrieblichen Wachstum heraus. Generell wird in den untersuchten Milchviehbetrieben das bisherige System fortgeschrieben und versucht, dieses noch professioneller und effizienter umzusetzen.

Schlagwörter: Milchproduktion, Invekos-Daten, Befragung, Arbeitswirtschaft

Summary

2.3 percent of Austrian dairy farms kept 50 or more dairy cows in 2014 (815 dairy farms). The aim of the present study is to explore, given this background, which challenges and impacts the farmers of these bigger farms faced during the expanding of their holdings. The study informs on selected characteristics of the farms and personal appraisals of the farm managers during this period. In order to obtain the desired information, an online questionnaire was sent to all 815 dairy farms in November 2014, the following results are based on 252 returned questionnaires (response rate of 31 percent). Additionally, IACS data were analysed to compare farm characteristics, like land or animals, of different years. In respect of the expansion of the holdings it turned out that, among others, labour economics is one of the key challenges for the farm managers. In general, the current milk production system in these farms will continue with even more efficiency and professionalism.

Keywords: milk production, IACS, survey, labour economics

1. Einleitung

Die Zahl der österreichischen Milchviehbetriebe verringert sich von Jahr zu Jahr: in der aktuellsten Dekade von 56.583 Betrieben im Jahr 2003 auf 36.476 im Jahr 2012. Demgegenüber nimmt die Anzahl größerer Milchkuhbetriebe stetig zu. So vervierfachte sich im gleichen Zeitraum die Anzahl der Betriebe mit über 400 Tonnen Milchquote: und zwar von 93 auf 402 (BMLFUW 2004, S. 190 bzw. BMLFUW 2013, S. 209). Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Prozess fortsetzt oder noch verstärken könnte, zieht man das Auslaufen der EU-Milchquotenregelung Ende März 2015 oder die Umsetzung der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik ab Jänner 2015 in Erwägung.

Phasen des betrieblichen Wachstums sind für Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen herausfordernde Zeiten. Neben den laufenden Arbeiten müssen zahlreiche Entscheidungen mit oft großer Tragweite vorbereitet und getroffen werden. In der Regel wird in Gebäude und Maschinen investiert, Flächen und Kapital müssen beschafft und die betrieblichen Abläufe müssen neu organisiert werden. Die Anforderungen in größeren Betrieben ändern sich daher markant gegenüber der Situation vor dem betrieblichen Wachstum. Die Spezialisierung und der Arbeitseinsatz in der Milchproduktion nehmen in der Regel zu, die Produktionsabläufe werden

als Folge dieser Spezialisierung professioneller und mit moderner Technik ausgerichtet. Die Aufmerksamkeit der Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen verlagert sich noch mehr in Richtung Stallarbeit.

Die vorliegende Arbeit analysiert Prozesse des betrieblichen Wachstums und die damit einhergehenden Auswirkungen und Herausforderungen für größere Milchviehbetriebe. Ihre Erfahrungen liefern wertvolle Erkenntnisse für Betriebe mit Absichten zum Wachstum und für die Agrarberatung. Konkret werden folgende Forschungsfragen analysiert. (i) Wie haben sich Größe und Intensität der größeren Milchviehbetriebe in den vergangenen Jahren entwickelt? (ii) Wie hat sich die Vergrößerung auf den Betrieben nach Ansicht der Betriebsleiter bzw. Betriebsleiterinnen ausgewirkt? (iii) Welche Herausforderungen als Folge des betrieblichen Wachstums leiten sich daraus für andere Betriebe ab? (iv) Welche Strategien verfolgen größere Milchviehbetriebe in den kommenden Jahren?

2. Strukturanalyse und Online-Befragung

Die Grundgesamtheit der vorliegenden Analyse stellen jene Milchviehbetriebe in Österreich dar, die zum Stichtag 1. April 2014 50 und mehr Milchkühe hielten. Laut Invekos-Daten waren das 815 Betriebe. Die Strukturmerkmale

¹ Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik, Institut für Unternehmensführung, Angermayergasse 1, A-1130 Wien

* Ansprechpartner: Priv.-Doz. Dr. Leopold Kirner, email: leopold.kirner@agrarumweltpaedagogik.ac.at

dieser Betriebe wurden mit Hilfe der Invekos-Daten ausgewertet, wobei die Jahre 2003, 2007 und 2013 miteinander verglichen wurden. Damit soll die Entwicklung wichtiger betrieblicher Merkmale, wie Fläche, Milchlieferung oder Milchleistung, abgebildet werden.

Um die Forschungsfragen zwei bis vier zu beantworten, wurde eine schriftliche Befragung realisiert. Alle 815 Betriebe wurden in diese Befragung einbezogen. Eine Liste dieser Betriebe wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (BMLFUW) bereitgestellt. Umgesetzt wurde die Online-Befragung im Rahmen einer Bachelorarbeit von zwei Studierenden an der Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik.

Die schriftliche Befragung wurde mit Hilfe eines Online-Fragebogens umgesetzt. Von fast allen Betrieben lagen Email-Adressen vor, an diese wurde direkt ein Link zum Online-Fragebogen elektronisch versendet. Von rund 30 Betrieben waren keine Email-Adressen verfügbar; diesen Betrieben wurde der Link für den Online-Fragebogen postalisch versendet.

Um alle wesentlichen Aspekte in der schriftlichen Befragung zu erfassen, wurde im Vorfeld eine qualitative Vorstudie durchgeführt. Insgesamt wurden sechs Betriebsleiter bzw. Betriebsleiterinnen in Österreich, welche die Voraussetzungen für diese Studie erfüllten, in diese Erhebung einbezogen. In Form eines Leitfadenterviews, der im Wesentlichen die Forschungsfragen thematisierte, wurden Erfahrungen der Landwirte bzw. Landwirtinnen in Bezug auf das Wachstum in der Milchproduktion erhoben. Die qualitative Vorerhebung fand im Juni 2014 statt.

In einem nächsten Schritt wurde der Online-Fragebogen konzipiert. Experten und Expertinnen des BMLFUW und der Landwirtschaftskammern unterstützten die Entwicklung des Fragebogens.

Vor der eigentlichen Befragung wurde ein Pretest durchgeführt. Damit sollte vor allem die Verständlichkeit und Validität des Fragebogens für die Probanden getestet und verbessert werden. Der Pretest wurde an jenen sechs Landwirten und Landwirtinnen durchgeführt, die schon an der qualitativen Vorerhebung teilgenommen hatten.

Der Link zur Online-Befragung samt Begleitschreiben (Motivation zur Teilnahme) wurde im November 2014 an die 815 Betriebe versendet. Etwa zwei Wochen später wurde ein Erinnerungsmail versendet, um die Rücklaufquote zu heben.

Nach vollständigem Rücklauf der Fragebögen und Übertrag der Daten in ein Tabellenkalkulationsprogramm erfolgte die Datenanalyse mit Hilfe des Statistikpakets SPSS.

3. Struktur der Milchviehbetriebe 50+

Nachfolgend werden wesentliche betriebliche Eckdaten auf der Basis der Invekos-Daten aller 815 Betriebe dargestellt. Im ersten Abschnitt wird die Situation des Jahres 2013 analysiert, um den Status quo zu beschreiben. Im daran anschließenden Abschnitt werden Vergleiche zu früheren Jahren angestellt, um die Entwicklung in den Betrieben abzubilden und Rückschlüsse auf deren Wachstum zu erhalten.

3.1 Eckdaten zu den Betrieben im Jahr 2013

Im Milchwirtschaftsjahr 2013/14 verfügten 35.082 Betriebe über eine Anlieferungs- oder Direktvermarktungsquote. Die 815 Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Milchkühen hatten somit auf Bundesebene einen Anteil von 2,3 Prozent. Der Anteil dieser größeren Milchviehbetriebe schwankte jedoch beträchtlich zwischen den Bundesländern: von einem Prozent in Tirol bis über 14 Prozent im Burgenland (siehe *Tabelle 1*).

Die wichtigsten Eckdaten der Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Kühen präsentiert *Tabelle 2*. Im Schnitt dieser Betriebe wurden knapp 65 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche bewirtschaftet (davon knapp 41 Prozent Ackerland), rund 68 Kühe gehalten und 441 Tonnen Milch je Betrieb bzw. 6,5 Tonnen je Kuh an die Molkerei verkauft. Auch diese Kennzahlen schwanken zum Teil beträchtlich zwischen den Bundesländern (siehe *Tabelle 2*).

Von den 815 Milchviehbetrieben wirtschafteten im Jahr 2014 rund 52 Prozent ohne natürliche Erschwernis, die restlichen 48 Prozent waren Bergbauernbetriebe. Unter den Bergbauernbetrieben hatten sieben Betriebe mehr als 180 Berghöfekataster-Punkte. Die Bergbauernbetriebe hatten im Schnitt etwas weniger Kühe als die Nicht-Bergbauernbetriebe (66 versus 70 Kühe).

Tabelle 1: Anzahl und Anteil der Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Kühen nach Bundesländern

Bundesland	Alle Milchviehbetriebe	Milchviehbetriebe 50+	
		Anzahl	%
Burgenland	163	23	14,1
Kärnten	2.546	53	2,1
Niederösterreich	6.143	147	2,4
Oberösterreich	9.497	309	3,3
Salzburg	4.220	70	1,7
Steiermark	5.397	110	2,0
Tirol	5.468	52	1,0
Vorarlberg	1.648	51	3,1
Österreich	35.082	815	2,3

Quelle: BMLFUW 2014, S. 209; eigene Auswertung nach Invekos-Daten 2014

Tabelle 2: Eckdaten der Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Kühen nach Bundesländern

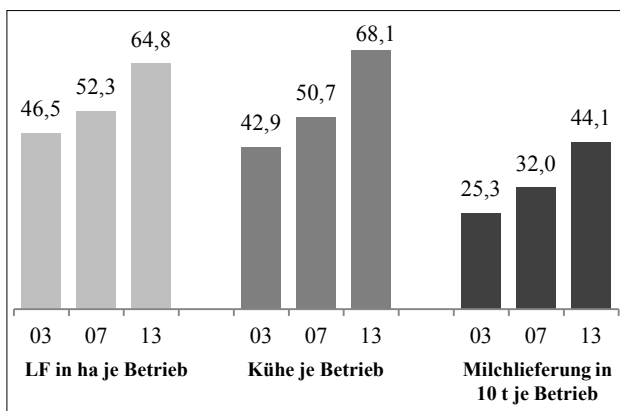
Bundesland	Betriebe	Landw. gen. Fläche		Kühe	Milchlieferung	
		ha je Betrieb	Ackerland in %		t je Betrieb	kg je Kuh
Burgenland	23	86,3	82,5	86,3	606	7.028
Kärnten	53	73,7	53,2	67,8	439	6.472
Niederösterreich	147	68,2	54,9	68,8	451	6.548
Oberösterreich	309	58,8	43,9	68,6	430	6.264
Salzburg	70	74,6	8,9	64,5	419	6.498
Steiermark	110	59,7	39,4	64,5	436	6.752
Tirol	52	78,2	12,7	68,1	412	6.053
Vorarlberg	51	56,0	24,9	67,1	474	7.065
Österreich	815	64,8	40,7	68,1	441	6.475

Quelle: Eigene Auswertung nach Invekos-Daten 2014

3.2 Betriebliches Wachstum seit 2003

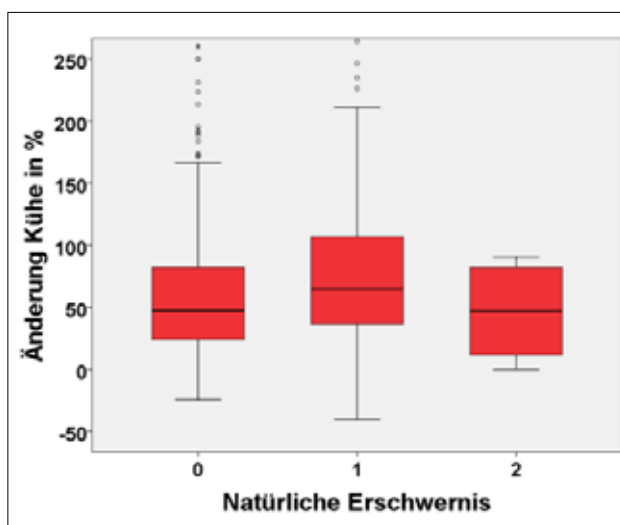
Die Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Kühen haben ihre Produktion in den vergangenen Jahren ausgeweitet. Seit 2003 nahmen die Fläche um 39 Prozent (von 46,5 auf 64,8 ha), der Bestand an Kühen um knapp 60 Prozent (von knapp 43 auf 68) und die Milchlieferrung um 74 Prozent (von 253 auf 441 Tonnen) zu (Abbildung 1).

Die Geschwindigkeit des betrieblichen Wachstums verlief jedoch sehr unterschiedlich je nach Betrieb. Während sich beispielsweise die Anzahl der Kühe bei einigen Betrieben seit 2003 mehr als verdoppelte, gab es auch Betriebe, bei denen die Kuhherde kleiner wurde. *Abbildung 2* zeigt zudem auch die Änderung der Anzahl der Kühe je nach natürlicher Erschwernis. Im Schnitt nahm die Anzahl der Kühe in Bergbauernbetrieben bis 180 Berghöfekataster-Punkten am stärksten zu. Der Unterschied zu den Nicht-Bergbauernbetrieben bzw. zu den besonders benachteiligten Bergbauernbetrieben (> 180 Berghöfekataster-Punkte) war statistisch signifikant. Ähnliche Ergebnisse wurden auch für die Milchlieferung generiert.



Quelle: Eigene Auswertung nach Invekos-Daten

Abbildung 1: Durchschnittliche Zunahme der landwirtschaftlichen Fläche (LF), der Kühe und der Milchlieferung 2003, 2007 und 2013



Abk.: 0 = ohne Erschwernis, 1 = bis 180 Berghöfekataster(BHK)-Punkte, 2 = über 180 BHK-Punkte

Quelle: Eigene Auswertung nach Invekos-Daten

Abbildung 2: Änderung der Kühe in Prozent von 2003 bis 2013

Mit dem betrieblichen Wachstum ging auch eine Intensivierung der Produktion einher. Die Milchleistung je Kuh und Jahr wurde im Schnitt seit 2003 von 5,9 Tonnen auf 6,5 Tonnen gesteigert, eine Zunahme von zehn Prozent. Die Steigerung der Milchleistung unterschied sich nicht signifikant in Abhängigkeit von der natürlichen Erschwernis. Die Fläche für Silomais stieg von 4,9 ha auf 8,3 ha je Betrieb (ein Plus von knapp 70 Prozent). Der Anteil der Silomaisfläche an der Ackerfläche stieg im gleichen Zeitraum von 26,3 Prozent auf 31,3 Prozent (ein Plus von knapp einem Fünftel).

4. Ergebnisse der Online-Befragung

Von den 815 angeschriebenen Betriebsleitern bzw. Betriebsleiterinnen füllten 252 den Online-Fragebogen aus, was einer Rücklaufquote von 31 Prozent entspricht. Die 252 Milchviehbetriebe bewirtschafteten fast exakt die gleiche landwirtschaftlich genutzte Fläche und hielten um rund zwei Kühe mehr als jene der Grundgesamtheit (70,3 versus 68,1). Auch die Milchlieferung lag in der Stichprobe etwas höher als in der Grundgesamtheit. Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf die Stichprobe der 252 Milchviehbetriebe.

4.1 Persönliche Daten der Befragten

Deutlich mehr als die Hälfte der Betriebe wurde in Partnerschaft geführt (59 Prozent). Ausschließlich von einem Mann wurden 36 Prozent, ausschließlich von einer Frau fünf Prozent der Betriebe zum Zeitpunkt der Befragung geleitet. Die Betriebsleiter bzw. Betriebsleiterinnen der größeren Milchviehbetriebe verfügen über eine hohe landwirtschaftliche Ausbildung. 38 Prozent besuchten eine Fachschule oder hatten einen Facharbeiterabschluss, weitere 42 Prozent absolvierten eine höhere landwirtschaftliche Schule mit Matura, etwas über drei Prozent absolvierten eine tertiäre Ausbildung (Hochschule Ober St. Veit bzw. Agraruni).

4.2 Daten zur Milchproduktion

Im Vergleich zum Schnitt aller Milchviehbetriebe hielten die größeren Milchviehbetriebe deutlich mehr Kühe der Rasse Holstein Friesian (31 Prozent). Fleckvieh-Kühe wurden in 60 Prozent, Braunvieh-Kühe in 8 Prozent der Betriebe gehalten.

Zwölf Prozent der Betriebe wirtschafteten in der Programmperiode bis 2013 (einschließlich Übergangsjahr 2014) biologisch. Ein Viertel der Betriebe nahm an der ÖPUL-Maßnahme „Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel“ teil. 14 Prozent der Betriebe beteiligten sich in der vergangenen Periode nicht am ÖPUL.

Bei etwas mehr als der Hälfte der Betriebe (52 Prozent) kamen weder Kühe noch Kalbinnen auf eine Weide. Kühe wurden in rund einem Fünftel der Betriebe geweidet, ausschließlich Kalbinnen in einem Viertel der Betriebe.

94 Prozent der Betriebe waren Mitglied beim Kontrollverband. 42 Prozent der Betriebsleiter bzw. Betriebsleiterinnen sind oder waren einmal Mitglied des Arbeitskreises Milch (AKM), der von der Landwirtschaftskammer bzw. dem LFI angeboten wird.

Fast jeder Betrieb verfügte zum Befragungstichtag (Ende 2014) über ein Laufstallsystem. Zwei Drittel der Betriebe setzten einen Futtermischwagen ein, 63 Prozent hatten eine Kraftfutterabrufstation, 40 Prozent der Betriebe einen Hoftrac. Über einen Melkroboter verfügten 26 Prozent der Betriebe, ein Melkkarussell war in fünf Betrieben vorhanden (zwei Prozent). 15 Betriebe gaben an, über eine automatische Grundfutterzuteilung zu verfügen (sechs Prozent).

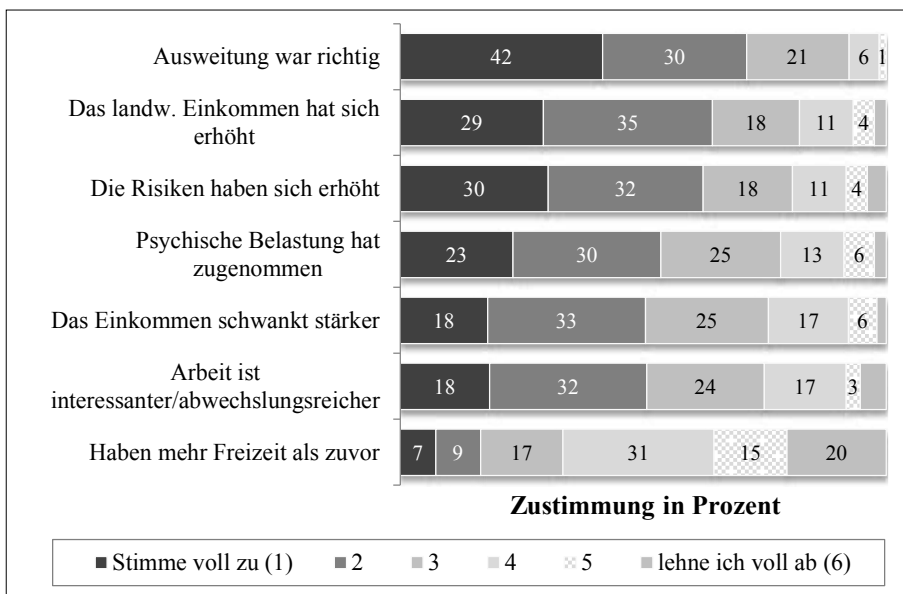
4.3 Auswirkungen des betrieblichen Wachstums

Im Fragebogen wurden mehrere Statements zu den Auswirkungen des betrieblichen Wachstums in der Milchpro-

duktion vorgegeben. Die Befragten konnten die Relevanz des jeweiligen Statements für ihren Betrieb in einer sechsstufigen Skala einordnen. Und zwar von „stimme ich voll zu“ bis „lehne ich voll ab“. Die ersten drei Einstufungen können als Zustimmung (stimme voll bis stimme eher zu), die drei letzten als Ablehnung (lehne eher ab bis lehne ich voll ab) interpretiert werden (siehe *Abbildung 3*).

93 Prozent der Befragten gaben an, dass die Ausweitung in der Milchproduktion insgesamt richtig war. Das könnte damit zusammenhängen, dass 82 Prozent von ihnen bekundete, dass das landwirtschaftliche Einkommen durch die Ausdehnung in der Milchproduktion gestiegen ist. Andererseits haben nach Auskunft der Probanden aber auch das Risiko sowie die Schwankung des Einkommens durch diesen

Schritt zugenommen. Darüber hinaus sind laut Auskunft der Befragten auch die psychischen Belastungen und der Stress durch das betriebliche Wachstum mehr geworden. Mehr als drei Viertel stimmten bei diesem Statement zu. Auch die Freizeit ist laut Angaben der Befragten weniger geworden. Andererseits gaben viele Betriebsleiter bzw. Betriebsleiterinnen an, dass die Arbeit durch das Wachstum in der Milchproduktion interessanter und abwechslungsreicher geworden sei.

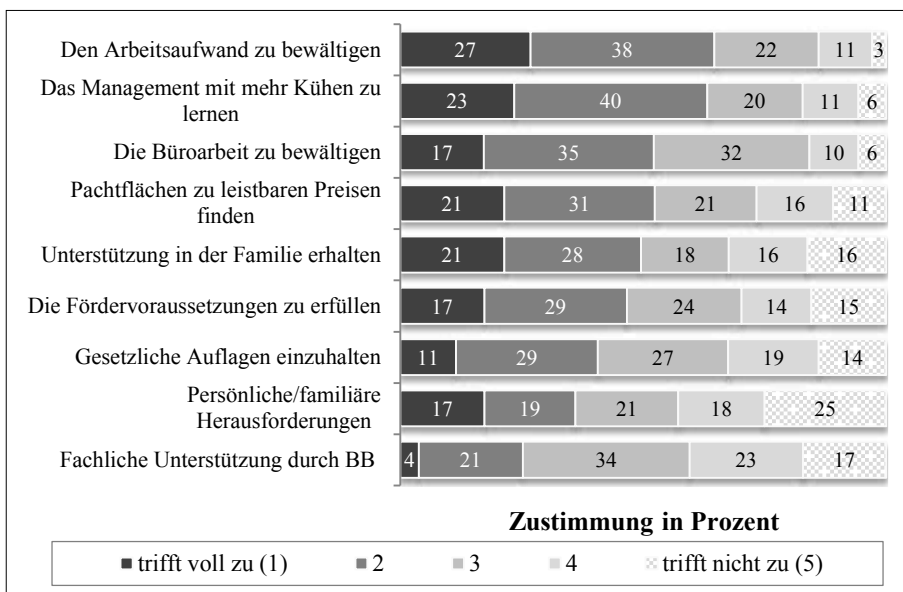


Quelle: Online-Befragung Nov./Dez. 2014

Abbildung 3: Einschätzung der Befragten zu den Auswirkungen des Wachstums in ihrem Betrieb

4.4 Herausforderungen durch das betriebliche Wachstum

Mit welchen Herausforderungen die Befragten als Folge des betrieblichen Wachstums konfrontiert waren bzw. sind, wurde in einer weiteren Frage erkundet (siehe *Abbildung 4*). Die vorgegebenen Statements konnten in einer fünfstufigen Skala eingestuft werden (von „trifft voll zu“ bis „trifft nicht zu“). Die größte Herausforderung war demnach, den mit dem betrieblichen Wachstum verbundenen Arbeitsaufwand zu bewältigen. Für knapp zwei Drittel der Befragten traf diese Antwortvorgabe voll zu bzw. zu. Knapp dahinter folgte die Herausforderung, dass Management mit mehr Kühen (als Beispiele wurden im Fragebogen das Herdenmanagement und das Fütterungsmanagement angeführt) zu erlernen. Die zusätzliche Büroarbeit bei mehr Kühen zu bewältigen und Pachtflächen zu leistbaren Pachtpreisen in der



Quelle: Online-Befragung Nov./Dez. 2014; BB = Bildung und Beratung

Abbildung 4: Einschätzung der Befragten zu den Herausforderungen des Wachstums in ihrem Betrieb

Region zu finden, folgten dahinter. Die notwendige Unterstützung in der Familie für diesen betrieblichen Schritt zu erhalten, wurde ebenso als sehr wichtige Herausforderung von den Befragten eingestuft (für fast die Hälfte der Befragten traf dies zu).

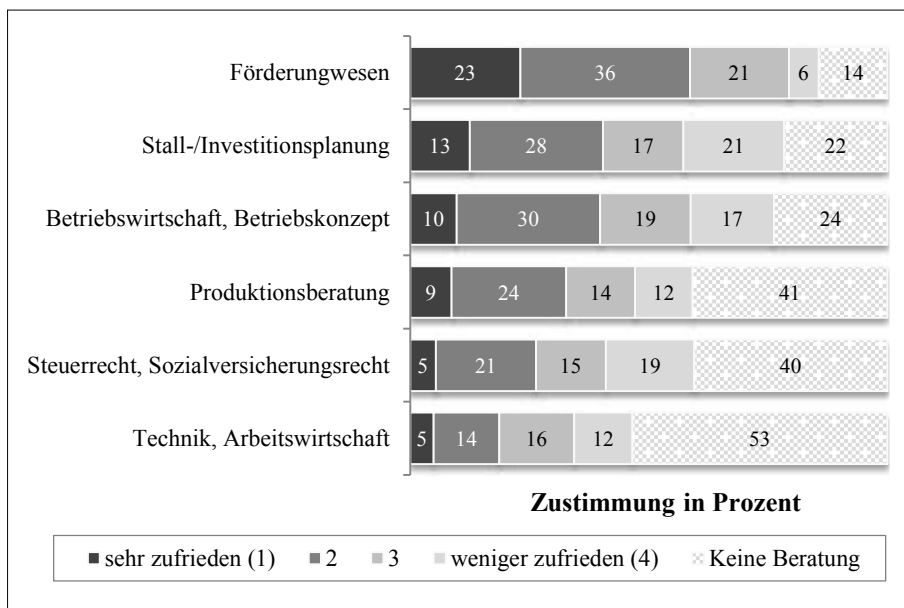
Die Voraussetzungen für Förderungen und die Einhaltung gesetzlicher Auflagen wurden von rund 40 Prozent der Befragten als Herausforderung eingestuft. Familiäre und persönliche Herausforderungen (als Beispiele wurden Krankheit und Trennungen im Fragebogen genannt) waren naturgemäß nur für einen Teil der Befragten relevant (36 Prozent). Eine fachliche Unterstützung für den Entwicklungsschritt zu erhalten, wurde weniger als Herausforderung angesehen.

4.5 Zufriedenheit mit der Beratung durch die Landwirtschaftskammern

In einem weiteren Frageblock wurde die Zufriedenheit mit der Beratung seitens der Landwirtschaftskammern vor bzw. während der Wachstumsschritte eruiert. Dazu wurden mehrere Beratungsthemen im Fragebogen aufgelistet (siehe *Abbildung 5*).

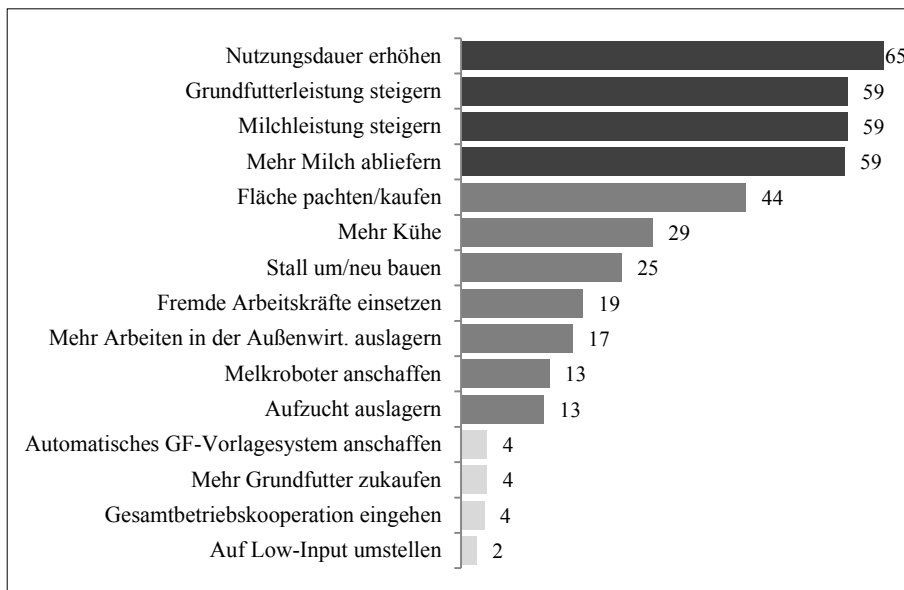
Am häufigsten wurden Themen zum Förderungswesen (z.B. Gemeinsame Agrarpolitik der EU, Cross Compliance) nachgefragt. 80 Prozent waren mit der Beratung zu diesem Thema sehr zufrieden, zufrieden oder eher zufrieden (Abstufungen 1 bis 3). Sechs Prozent waren weniger zufrieden mit der Beratung zu diesem Thema, 14 Prozent beanspruchten dazu keine Beratung.

Häufig nachgefragt wurden Beratungen zu Stallbau- und Investitionsplanungen (78 Prozent) sowie betriebswirtschaftliche Themen, wie beispielsweise das Betriebskonzept (76 Prozent). Drei von vier Befragten waren mit der Beratung zu diesen beiden Themen zufrieden. Rund 60 Prozent beanspruchten Beratungen zur Milchproduktion (als Beispiele wurden die Fütterung und das Herdenmanagement im Fragebogen angeführt) sowie zum Steuer- und Sozialversicherungsrecht. Die Zufriedenheit mit der dargebotenen Beratung lag ähnlich hoch wie in den beiden vorangegangenen Themen. Weniger als die Hälfte der Befragten konsumierten Beratungsangebote im Bereich Technik und Arbeitswirtschaft. Teilweise könnten diese Aspekte schon in der Stall- und Investitionsplanung enthalten sein.



Quelle: Online-Befragung Nov./Dez. 2014

Abbildung 5: Einschätzung der Befragten zur Beratung durch die Landwirtschaftskammer im Zuge des betrieblichen Wachstums



Quelle: Online-Befragung Nov./Dez. 2014

Abbildung 6: Einschätzung der Befragten zu möglichen Strategien bis 2020

4.6 Strategien bis 2020

Die Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen wurden auch danach gefragt, welche Strategien sie in der Milchproduktion bis 2020 umsetzen wollen. Im Fragebogen wurden 15 mögliche Strategien vorgegeben (siehe *Abbildung 6*). Rund 60 Prozent der Befragten wollten in den kommenden Jahren die Milchproduktion weiter professionalisieren. Konkret wollten sie die Nutzungsdauer erhöhen, die Grundfutterleistung und die Milchleistung steigern sowie noch mehr Milch an die Molkerei liefern. Mehr als ein Viertel der Befragten setzen auch in den kommenden Jahren auf das

betriebliche Wachstum. 25 Prozent beabsichtigten, den Stall um- bzw. neuzubauen, 29 Prozent wollten mehr Kühe halten und 44 Prozent planten, Flächen zu pachten bzw. zu kaufen.

Knapp ein Fünftel strebte eine Entlastung in der Arbeitswirtschaft an: Und zwar durch (i) den Einsatz von fremden Arbeitskräften (19 Prozent), (ii) die Auslagerung von Arbeiten in der Außenwirtschaft (17 Prozent), (iii) die Anschaffung eines Melkroboters (13 Prozent) sowie (iv) die Auslagerung der weiblichen Aufzucht (13 Prozent).

Spezielle Strategien, wie Gesamtbetriebskooperationen eingehen oder auf ein Low-Input mit verstärkter Weidewirtschaft umzustellen, waren für die Befragten eher Randthemen.

5. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Kühen weichen in vielen Merkmalen markant vom Durchschnitt der österreichischen Milchviehbetriebe ab. Sie hielten im Jahr 2013 im Schnitt 4,5 mal mehr Kühe (68 versus 15 Stück) und lieferten fünf Mal so viel Milch an die Molkerei (441 versus 87 Tonnen) als der durchschnittliche Milchviehbetrieb. Der Anteil der Bergbauernbetriebe und der Biobetriebe ist bei den größeren Milchviehbetrieben deutlich niedriger. Daher sind größere Milchviehbetriebe in den westlichen Bundesländern unterrepräsentiert.

Besonders auffällig ist der deutlich höhere Grad der landwirtschaftlichen Ausbildung gegenüber dem Schnitt der österreichischen Landwirte und Landwirtinnen. Während nur fünf Prozent der Betriebsleiter mit 50 und mehr Milchkühen über eine ausschließlich praktische Erfahrung verfügten, lag der entsprechende Wert beim Schnitt aller Betriebe laut Agrarstrukturerhebung 2010 (Vollerhebung) bei 55 Prozent (STATISTIK AUSTRIA 2012).

Das betriebliche Wachstum der Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Kühen hebt sich nicht ab vom Schnitt aller Milchviehbetriebe, wie folgende Zahlen belegen. Die Milchlieferung steigerte sich laut Invekos-Daten von 2003 bis 2013 um 74 Prozent. Im Vergleich dazu erhöhte sich die Milchliefermenge im Schnitt aller Milchviehbetriebe in Österreich im gleichen Zeitraum um 77 Prozent (BMLFUW 2004, BMLFUW 2014); also annähernd gleich. Die Milchlieferleistung der Milchviehbetriebe mit 50 und mehr Kühen stieg im gleichen Zeitraum um knapp 60 kg pro Kuh und Jahr. Im Vergleich dazu erhöhte sich die Milchleistung aller Kontrollkühe im selben Zeitraum um rund 90 kg je Kuh und Jahr (ZAR 2014).

Die Ergebnisse der Online-Befragung lassen auf die Grundgesamtheit aller 815 Betriebe mit 50 und mehr Milchkühen schließen. Die wesentlichen Eckdaten weichen nicht wesentlich zwischen Stichprobe und Grundgesamtheit ab. Der Rücklauf lag bei 31 Prozent und unterschied sich kaum zu bisherigen postalischen Befragungen mit vergleichbaren Zielgruppen und Themen in der Milchproduktion (siehe unter anderen KIRNER 2004, KIRNER 2005, KIRNER und KRAMMER 2008, SCHMID et al. 2008).

Die Befragung belegt, dass größere Milchviehbetriebe einen hohen Grad an Technisierung und standardisierten Produktionsabläufen aufweisen. Eine Erklärung dafür

liefert der zunehmend knappe Faktor Arbeit bei steigenden Betriebsgrößen. Das belegen auch die Aussagen der Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen, welche den zunehmenden Arbeitsaufwand als größte Herausforderung beim betrieblichen Wachstum einstufen.

Die Auswirkungen des „Größer Werdens“ betreffen die typischen Effekte von Wachstum und Spezialisierung. Beim überwiegenden Anteil der Betriebe konnte nach Einschätzungen der Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen ein höheres Einkommen erwirtschaftet werden. Der Trade off dieser positiven Entwicklung ist aber die zunehmend empfundene Abhängigkeit zu diesem einen Produktionszweig und somit auch das steigende Risiko bei Preisschwankungen. Zudem nahmen die Arbeitsbelastung (weniger Freizeit) und der psychische Stress zu.

Die Arbeitsorganisation ist somit ein Schlüssel, um die negativen Begleiterscheinungen durch das betriebliche Wachstum in größeren Milchviehbetrieben zu mildern. Das sehen auch die Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen, denn ein größerer Anteil der Betriebsleiter bzw. Betriebsleiterinnen überlegt neue Formen der Arbeitsorganisation auf den Betrieben, unter anderem auch den Einsatz von fremden Arbeitskräften. Die Kombination Familienbetrieb mit ständigen fremden Arbeitskräften wird auch in Österreich zunehmend bedeutender.

Generell wird in den untersuchten Milchviehbetrieben das bisherige System fortgeschrieben und versucht, dieses noch professioneller und effizienter umzusetzen. Technik, Arbeitseffizienz, Herdenmanagement und weiteres Wachstum werden in Zukunft dieser Betriebe eine noch wichtigere Rolle einnehmen. Alternative Systeme, wie Low-Input-Systeme oder Heumilchproduktion, bleiben für diese Betriebe die Ausnahme. Ein möglicher Hinweis darauf, dass wachstumsbasierte und spezialisierte Milchproduktion ein hohes Maß an Pfadabhängigkeit aufweist (siehe unter anderen BRANDES 1995). Je weiter ein Pfad bereits beschritten worden ist, desto schwieriger wird es, ihn zugunsten eines anderen Pfades zu verlassen.

6. Literatur

- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2004: Grüner Bericht 2004. Wien.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2013: Grüner Bericht 2013. Wien.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2014: Grüner Bericht 2014. Wien.
- BRANDES, W., 1995: Pfadabhängigkeit: Ein auch für die Agrarökonomik fruchtbares Forschungsprogramm? *Agrarwirtschaft*, 44 (8/9), 277-279.
- KIRNER, L., 2004: Entwicklungstendenzen in der österreichischen Milchproduktion auf Ebene der Einzelbetriebe – Befragung von Bauern und Bäuerinnen. *Die Bodenkultur*, 55 (2), 53-62.
- KIRNER, L., 2005: Sozioökonomische Aspekte der Milchviehhaltung in Österreich. Studien zur Wettbewerbsfähigkeit, Entwicklungstendenzen und Agrarreform. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Nr. 95, Wien.
- KIRNER, L. und M. KRAMMER, 2008: Strategien zur Betriebsentwicklung nach Umsetzung der GAP-Reform 2003. Befragung von Bauern

und Bäuerinnen mit Milchvieh-, Mutterkuh- und Marktfruchtbetrieben. Agrarpolitischer Arbeitsbehelf Nr. 26 der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien.

SCHMID, E., E. LARCHER, M. SCHÖNHART und C. STIGLBAUER, 2011: Ende der Milchquote – Perspektiven und Ziele österreichischer Molkereien und MilchproduzentInnen. Forschungsendbericht. Im Auftrag des BMLFUW, Wien.

STATISTIK AUSTRIA, 2012: Agrarstrukturerhebung 2010. Arbeitskräfte – Tabelle Berufsausbildung und berufliche Weiterbildung der Betriebsleiter 2010. Verfügbar in: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/arbeitskraefte/index.html [Abfrage am 5. Februar 2015].

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 2014: Jahresbericht, Ausgabe 2013. Selbstverlag, Wien.

Herausforderungen eines modernen Milchviehbetriebes im Berggebiet

Gerald Habersatter^{1*}

Einleitung

Milchproduktion im Berggebiet mit zukunftsorientierter Nachzucht ist für uns das „Um und Auf“. Unser Hof liegt in Radstadt im Salzburger Enns-Pongau auf 871 m Seehöhe. Gemeinsam mit meiner Frau Karin und einer Fremdarbeitskraft bewirtschaften wir den Betrieb. Die Produktionsschwerpunkte liegen bei uns in der Milchproduktion, Holstein-Zucht und den Noriker Pferden.

Die Entwicklung

Nach der Betriebsübernahme von meinen Großeltern erweiterte mein Vater Johann im Jahr 1981 den Weyerhof zu einem modernen Milchviehbetrieb. Da er in seiner Kindheit am Betrieb schwer arbeiten musste, überlegte er sich ein optimales Stallbaukonzept zur Arbeiterleichterung. Ein komplettes Gülle-Schwemmsystem, ein Hallenkran mit Verbindung auf den Futtertisch und 4 Tiefsilos wurden errichtet.

Da wir mütterlicherseits ein, von meinen Eltern geführtes, 4* Hotel in Untertauern besitzen, wurde der landwirtschaftliche Betrieb früher größtenteils von Fremdarbeitskräften bewirtschaftet.

Nach Ende meiner Schulzeit an der LFS Tamsweg und der Ausbildung zum LW-Meister, setzte ich weitere Maßnahmen zur Betriebsentwicklung:

- 2005 wurde ein Laufstall mit 48 Liegeplätzen, ein 2 × 3 Autotandem-Melkstand und eine Güllegrube mit 600 m³ erbaut.
- Pachtflächen kamen hinzu.
- 2006 folgte der Umbau des alten Stalles in einen Kälber-, Trockensteher- und Jungviehstall samt Abkalbebox.
- Zudem wurde in diesem Jahr ein Stallgebäude für 6 Pferde und Tiefstreuboxen für das Jungvieh errichtet.
- 2009 Einbau eines automatischen Melksystems.
- 2010 wurde ein Fahrsilo mit 460 m³ Lagerraum gebaut.

Seit 2009 wird der Betrieb gemeinsam von meiner Frau Karin und mir bewirtschaftet. Durch konsequente Zucht und Fütterung konnten wir die Leistung innerhalb von 7 Jahren um über 3.700 kg Milch steigern, wobei noch Potentiale in der Genetik und Fütterung vorhanden sind. Die Direktvermarktung ist ein weiteres Standbein auf unserem Betrieb. Die Milch wird täglich an mehrere Großbetriebe in der näheren Umgebung geliefert.



Daten und Zahlen

Seehöhe:	871 m
Jährlicher Niederschlag:	ca. 1.130 mm
Durchschn. Jahrestemperatur:	ca. 5,7 °C
A-Quote 2014:	330.000 kg + 19.000 kg Alm-Quote
D-Quote 2014:	52.000 kg

Viehbesatz von 1,8 GVE/ha

Flächenbestand:

54 ha	Grünland, 3 – 4 Schnitte (davon 32 ha Pacht)
3 ha	Silomais (seit 2014)
56 ha	Wald
141 ha	Agrargem. Vordergnadenalm (¼ Anteil)

Viehbestand:

55	Milchkühe (HF, RF und FV)
65	Stück Nachzucht
40	Bergschafe
7	Noriker Pferde

AK Milch-Mitglied

RZV- und LKV-Mitglied



¹ Weyerhof, Biber-Weyer-Weg 6, A-5550 Radstadt

* Ansprechpartner: Gerald Habersatter, email: habersatter.weyer@gmail.com

Der Betrieb

Um leistungsstarke, langlebige und vitale Kühe halten zu können, muss vieles zusammenstimmen.

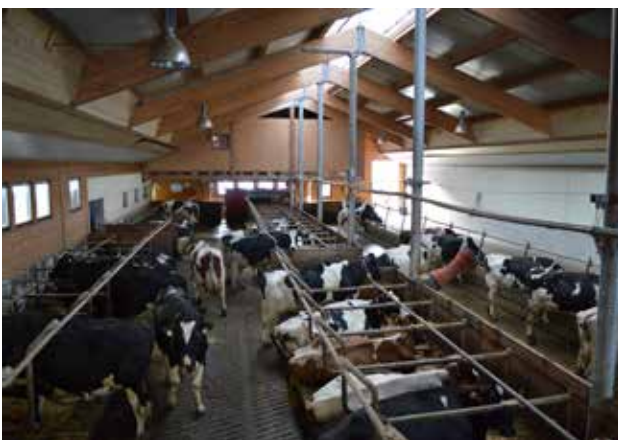
Bei einer durchschnittlichen Jahresleistung (50,3 Kühe) von 9.915 kg, bei 3,97 % Fett und 3,23 % Eiweiß, wird sehr viel Wert auf eine hohe Grundfutteraufnahme gelegt.

Deshalb wird das Grünland mit 3 – 4 Schnitten intensiv genutzt sowie die Ration basierend auf einer regelmäßigen Futteruntersuchung erstellt.

Mittels Mischwagen wird eine Ration auf 28 kg Milch aufgewertet:

- 70 % Grassilage
- 10 % Maissilage
- 10 % Luzerne + Heu (50 % : 50 %)
- 6 % Birtreber
- 3 % Getreidemischung
- 1 % Mineralstoffe + Salz

Den laktierenden Kühen wird täglich eine frische Ration vorgelegt, die pro Tag 4 – 5 mal nachgeschoben wird. Mit einer gleich bleibenden Ration über einen langen Zeitraum hinweg ist der Besamungs- (Index 1,2) und Fruchtbarkeitserfolg (Zwischenkalbezeit 396 Tage) gut zu beeinflussen.



Trockensteher werden extra mit einer strohgestreckten Ration versorgt.

Das gesamte Jungvieh wird mit Silage, Heu und großteils mit einer strohgestreckten Ration gefüttert. Das gesamte Jungvieh und die Trockensteher verbringen den Sommer auf der Alm.

Nachdem bis 2009 in einem 2 × 3 Autotandem-Melkstand gemolken wurde, erleichtert uns seither ein Roboter die Melkarbeit, wobei sich die Kühe bei der Milchproduktion sichtlich wohlfühlen. Am Betrieb etablierte sich die Block-Abkalbung die von Mitte September bis ca. Ende Jänner dauert. Im Sommer werden 30 Kühe ca. 1,5 Monate noch auf der eigenen Alm mit einen 2 × 2 Tandem-Melkstand gemolken und danach trockengestellt. Die Milch wird auf der Alm alle 2 Tage vom Sammelwagen abgeholt. Weitere 15 Kühe verbleiben während der Sommermonate am Heimbetrieb, wo sie weitergemolken werden. Die restlichen Kühe werden trockengestellt, um sich auf die bevorstehende Laktation vorzubereiten. LKV-Berichte und Roboter-Auswertungen liefern über das gesamte Jahr viele Hinweise. Am Betrieb stehen zurzeit mehrere Dauerleistungskühe über 80.000 kg Lebensleistung und eine Kuh mit 100.000 kg Milch.

Fazit

Die Milch ist für mich und in unserer Region ein Produktionszweig mit Zukunft, deshalb ist mein Ziel leistungsstarke, langlebige und effiziente Rinder zu züchten und zu halten.

In nächster Zukunft steht weiterhin die Verbesserung des eigenen Grundfutters im Mittelpunkt, um die Leistung bei gleichbleibenden Kraftfutterkosten auf über 10.000 kg im Durchschnitt zu steigern.

Milch in unserer Region zu produzieren ist für mich ein wichtiger Aspekt, deshalb muss dieses qualitativ hochwertige Produkt bei unseren KonsumentInnen und in der Region beworben werden.



Milchproduktion – unser Weg über verschiedene Vermarktungsschienen

Johann Graßmann^{1*}

1. Einleitung

Unser Betrieb befindet sich am Beginn des Alpenvorlandes in Niederösterreich, 10 km südlich von St. Pölten, auf 350 m Seehöhe. In der Region wird hauptsächlich Ackerbau und Grünlandwirtschaft mit Viehhaltung betrieben.

2. Strukturwandel in der Landwirtschaft – Problemstellung

In den vergangenen 35 Jahren vollzog sich in unserer Region ein starker Strukturwandel. Ein Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe hat die Produktion aufgegeben und die Flächen verpachtet. Die übrig gebliebenen Betriebe haben ihre Produktion stark erhöht und sind auf Pachtflächen angewiesen. Dementsprechend sind Acker- und Grünlandflächen sehr gefragt – auch von weiter entfernt angesiedelten Betrieben. Unser Dorf hat sich von einem Bauerndorf zu einer Siedlung entwickelt. Von ehemals 12 landwirtschaftlichen Betrieben ist nur mehr unser Betrieb aktiv in der Landwirtschaft tätig. Die Betriebsgröße und Erwartungen an die Futterqualität fordern eine schlagkräftige und intensive Nutzung der vorhandenen Flächen. Gleichzeitig sinkt seitens der Dorfbevölkerung das Verständnis für moderne Landwirtschaft mit gegenüber früher veränderter Bewirtschaftung und Viehhaltung. Diesen Spagat zu meistern und aktiv in die positive Richtung zu lenken, ist eine unserer größten Herausforderungen.

3. Beginn der Direktvermarktung mit EU-Beitritt

Mit dem EU-Beitritt Österreichs stellte sich für uns die Frage, wie sich der Betrieb mit damals 18 Milchkühen weiterentwickeln kann. Ein Verdienst aus einer außerlandwirtschaftlichen Tätigkeit stand im Raum. Dieselbe Frage stellte sich auch für andere Betriebe in der Region. Schlussendlich keimte die Idee, die eigene Milch direkt an Schulen zu verkaufen. Diese Möglichkeit bot sich an, da sich große Molkereien wegen schlechter Verdienstmöglichkeiten aus der Schulmilch-Produktion zurückzogen. 1995 wurde mit zwei weiteren Milchviehbetrieben die Arbeitsgemeinschaft „Wilhelmsburger Hoflieferanten“ gegründet. Mit der Gründung dieser Gemeinschaft wurde auch in die Errichtung von Gebäuden und den Ankauf von Anlagen zur Verarbeitung der Milch investiert. Eine Vergrößerung des Betriebes war aufgrund des höheren Milcherlöses durch die Direktvermarktung nicht notwendig. Ein Wachstumsschritt wäre auch aufgrund der vorhandenen Arbeitskapazität nicht möglich gewesen.

4. Fortschreitende Spezialisierung in der Direktvermarktung

Die hohe Arbeitsbelastung und die schlechter gewordenen Rahmenbedingungen für Direktvermarkter forderten auch hier eine Spezialisierung. Die Menge an verarbeiteter und verkaufter Milch der Wilhelmsburger Hoflieferanten wurde laufend erhöht. Die gemeinsame Molkerei wurde vergrößert und mehrfach umgebaut, um den steigenden Anforderungen an die Produktqualität nachkommen zu können. 2005 wurde mit dem Beginn der Topfenproduktion die Produktpalette erweitert. Mit diesem Schritt wurden bessere und höhere Absatzmöglichkeiten für die Milch erschlossen. Aktuell werden neben Schulmilch- und Topfen-Produkten auch Weich-, Schnitt-, und Hartkäsesorten produziert.

Die Spezialisierung in der Direktvermarktung forderte auch eine Veränderung in der Arbeitsorganisation der Molkerei. In den ersten Jahren nach der Gründung wurden sämtliche Arbeiten von Familienmitgliedern der Betriebe durchgeführt. Mittlerweile obliegen die Produktion, die zukünftige Ausrichtung der Molkerei, die Mitarbeiterführung und das Marketing einer Führungsperson. Diese stammt aus einer der Gründungsfamilien. Um das notwendige Know-How in der Produktion zu erlangen, wurde in eine Meisterausbildung (Käsemeister) dieser Person investiert.

Eckdaten der „Wilhelmsburger Hoflieferanten“:

- Gründungsjahr 1995
- Verarbeitete Milchmenge im Gründungsjahr: ca. 7.500 kg
- 2005: Beginn der Topfenproduktion mit dem Großhandel als Partner
- 2005: Vergrößerung der Gemeinschaft der Hoflieferanten auf 5 Betriebe
- Anzahl Mitarbeiter der Hofmolkerei 2015: 6 Mitarbeiter
 - 3 Vollzeit-Mitarbeiter
 - 3 Teilzeit-Mitarbeiter
- Vermarktete Milch 2014:
 - 750.000 kg, davon 60.000 kg für Schulmilch-Produkte
 - 95 Schulen und Kindergärten werden mit Schulmilch versorgt
 - Topfenverkauf flächendeckend in NÖ und Wien über die Handelspartner Spar und REWE

5. Verschiedene Vermarktungswege der Milch

2004 beschlossen wir eine Erweiterung des Stallgebäudes, um laufend den Kuhbestand von damals 25 Kühen auf 50

¹ Milchhof Graßmann, Wielandsberg 9, A-3150 Wilhelmsburg

* Ansprechpartner: Johann Graßmann, email: milchhof-grassmann@aon.at

Kühe erhöhen zu können. Aktuell werden 8.800 kg Milch je Kuh und Jahr vermarktet. Von dieser Milch werden 40 % über die Wilhelmsburger Hoflieferanten veredelt. Der Rest wird über die MGN (Milchgenossenschaft Niederösterreich) verkauft. Die Arbeitsspezialisierung und die Aufnahme von Angestellten in der Hofmolkerei erlaubte uns eine bessere Konzentration auf die Geschehnisse im eigenen Stall. Unser Fokus liegt in der kosteneffizienten Milchproduktion mit leistungsbereiten, möglichst gesunden und langlebigen Kühen.

6. Zukünftige Entwicklungsschritte

Wir wollen auch in Zukunft über die Milchvermarktung unser Geld verdienen. Unser Ziel ist ein ausreichendes Einkommen bei erträglicher Arbeitsbelastung und ausreichend Freizeit, um die Work-Life-Balance aufrecht zu erhalten.

Ein weiteres Ziel ist es, einen Großteil der Milch über die eigene Molkerei zu veredeln.

Für unsere Milchproduktion stehen aktuell 1,8 Vollarbeitskräfte zur Verfügung (27 Kühe je Vollarbeitskraft). Diese

effiziente Arbeitskräfte-Auslastung erlaubt derzeit keine stärkere Einbringung in die Hofmolkerei oder eine Aufstockung des Kuhbestandes.

Stehen zukünftig mehr Arbeitskraft-Stunden zur Verfügung, so kann jederzeit reagiert werden:

- Die Hofmolkerei bietet viel Potential, um sich wieder stärker einzubringen
- Der Kuhbestand kann mit geringen Investitionen auf 65 Kühe erweitert werden

Eckdaten der Milchproduktion (Arbeitskreis-Auswertung 2014):

- LKV-Leistung: 740 kg Fett und Eiweiß je Kuh
- Produzierte Milch (ECM) je Kuh: 9.500 kg
- Verkaufte Milch je Kuh: 8.800 kg
- Kraftfutterverbrauch je Kuh: 2.300 kg
- Kraftfutterverbrauch je kg produzierter Milch: 0,25 kg
- Lebensleistung Schlacht- und Verlustkühe: 35.992 kg

Neue Herausforderungen in der Zucht – welche aktuellen Maßnahmen setzt die RINDERZUCHT AUSTRIA?

New challenges in cattle breeding – which measures are undertaken by RINDERZUCHT AUSTRIA?

Christa Egger-Danner^{1*}, Christian Fürst¹, Hermann Schwarzenbacher¹ und Birgit Fürst-Waltl²

Zusammenfassung

Die Rinderzucht durchläuft derzeit sehr große Veränderungen. Durch die Möglichkeiten der genomischen Selektion werden die Zuchtprogramme weltweit umstrukturiert. Große Steigerungen bei den Zuchtfortschritten von bis zu 100 % werden oftmals erwartet (u.a. PRYCE und DAETWYLER 2011). Zuchtziele, Zuchtprogramme und die Möglichkeiten der Leistungsprüfung werden überarbeitet. Das Interesse an neuen Merkmalen nimmt weltweit zu. Große Bedeutung kommt hier den direkten Gesundheitsmerkmalen, aber auch Merkmalen zur Verbesserung der Robustheit und Effizienz zu. Auslöser, um Zuchtziele zu überdenken, sind zum einen wirtschaftliche Aspekte, zum anderen jedoch auch die Anforderungen der Konsumenten an die Lebensmittelproduktion. Tierschutz und gesunde Lebensmittel von gesunden Tieren gewinnen immer stärker an Bedeutung. Mit dem erwarteten Anstieg der Weltbevölkerung von derzeit ca. 7,2 Mrd. auf 9,6 Mrd. Menschen bis 2050 (UN 2013) wird der Druck auf die Ressourcen steigen, wodurch höhere Kosten für Energie und Kraftfutter zu erwarten sind. Daher werden in der Zucht auch Aspekte der Effizienz an Bedeutung gewinnen. Für die Landwirte wird die wirtschaftliche, gesunde und robuste Kuh immer wichtiger. Das zeigen Umfragen aus Österreich und Deutschland, aber auch internationale Entwicklungen. Die Erhöhung der Gewichtung der Fitnessmerkmale im Gesamtzuchtwert ist international zu beobachten. Bei den Rassen Fleckvieh und Braunvieh ist der Gesamtzuchtwert aktuell in Überarbeitung. Forschung und Weiterentwicklung im Bereich der Erfassung und züchterischen Bearbeitung von neuen Merkmalen sind weltweit ein Thema. Ein limitierender Faktor bei der Zucht auf bessere Fitness, Effizienz und Robustheit ist die Verfügbarkeit von zuverlässigen Daten (Phänotypen).

Schlagwörter: Milchkühe, Genomische Selektion, neue Merkmale, Zuchtprogramme, Zuchtziel

Summary

Cattle production is undergoing huge changes. Due to the possibilities of genomic selection, breeding programs are being restructured worldwide. Large increases in genetic gain of up to 100% are often promised (e.g. PRYCE and DAETWYLER 2011). Breeding objectives, breeding programs and the opportunities of the performance testing need to be revised. The need for new traits, taking into account the changing circumstances of production, is increasing. Direct health traits are of major interest, but also other traits to improve the robustness and efficiency. Reasons to reconsider breeding goals are, firstly, economic aspects, but also consumer demands concerning food production. Animal welfare and healthy food from healthy animals are of increasing importance. With the expected increase of the world population from currently 7.2 billion to 9.6 billion people by 2050 (UN 2013), the pressure on resources will increase and higher costs for energy and concentrates can be expected. Therefore, efficiency traits will gain importance. For farmers, an economic, healthy, efficient and robust cow is becoming increasingly important. This is not only true for Austria and Germany, but also observed internationally. The weight of fitness traits in the total merit index has been increased by several countries recently. In Fleckvieh and Brown Swiss cattle the total index is currently under revision. Research and development in the field of novel traits and their appropriate use in breeding are a global issue. The limitations in breeding for better fitness, efficiency and robustness are the phenotypes.

Keywords: novel traits, dairy cows, genomic selection, breeding programs, breeding goal

¹ ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdnerstr. 89, A-1200 Wien

² Inst. für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

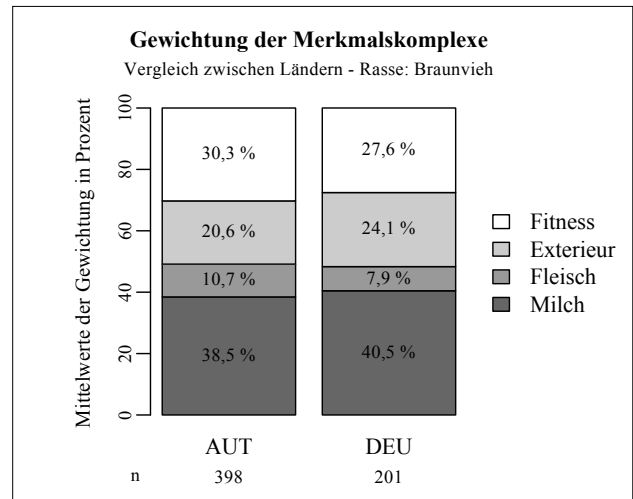
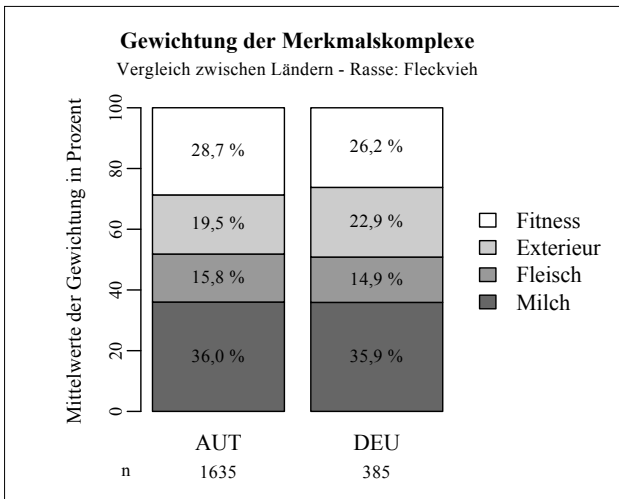
* Ansprechpartner: Dr. Christa Egger-Danner, email: egger-danner@zuchtdata.at

1. Einleitung

Zuchtfortschritte von bis zu 100 kg Milch pro Jahr über die letzten 10 Jahre waren ein großer Erfolg und für die Wirtschaftlichkeit der Milcherzeugung wichtig. Ökonomisch ist aber nicht nur die Milchleistung wichtig, sondern in starkem Ausmaß sind auch die Fruchtbarkeit, Eutergesundheit, Nutzungsdauer, Futtermittelverwertung und andere Fitness- und Gesundheitsmerkmale von Bedeutung. Auch für die öffentliche Meinung bezüglich Zucht werden Aspekte wie Gesundheit (gesunde Lebensmittel von gesunden Tieren) und Lebensmittelsicherheit immer wichtiger.

Durch knapper werdende Ressourcen ist zu erwarten, dass die Kraftfutterpreise langfristig steigen. Eine gute Grundfutterverwertung wird an Bedeutung gewinnen. Eine Zucht auf diese Merkmale bedingt die Verfügbarkeit von zuverlässigen Daten aus der Leistungsprüfung, auch für diese „neuen“

Merkmale. Mit zunehmend größeren Tierbeständen pro Betrieb wird auch die verfügbare Zeit für die Betreuung des Einzeltieres weniger. Unkomplizierte, robuste Tiere, die in der Herde nicht auffallen, sind erwünscht. Züchterumfragen zeigen, dass die Bedeutung von Fitness und Gesundheit im Zuchtziel steigt (RÖßLER et al. 2013) und sich Landwirte echte Verbesserungen bei der Fruchtbarkeit, Eutergesundheit und im Klauenbereich erwarten (STEININGER et al. 2013, *Abbildungen 1 - 4*). Themen wie Stoffwechselstabilität, Effizienz, etc. werden zunehmend wichtiger. In Österreich wurde 1999 eine ähnliche Züchterumfrage wie 2013 zum Zuchtziel durchgeführt. In diesem Zeitraum ist das relative Gewicht bei den Milchmerkmalen um 8 % gesunken und für die Fitnessmerkmale um 10 % gestiegen. Aktuell liegt die erwünschte persönliche Gewichtung der Fitness im Zuchtziel bei Fleckvieh in Österreich bei 29 % und in Deutschland bei 26 % (*Abbildung 1*).



Abbildungen 1 und 2: Vergleich der Gewichtung der Merkmalkomplexe zwischen Österreich, Deutschland und Tschechien bei Fleckvieh und zwischen Österreich und Deutschland bei Braunvieh (STEININGER et al. 2013)

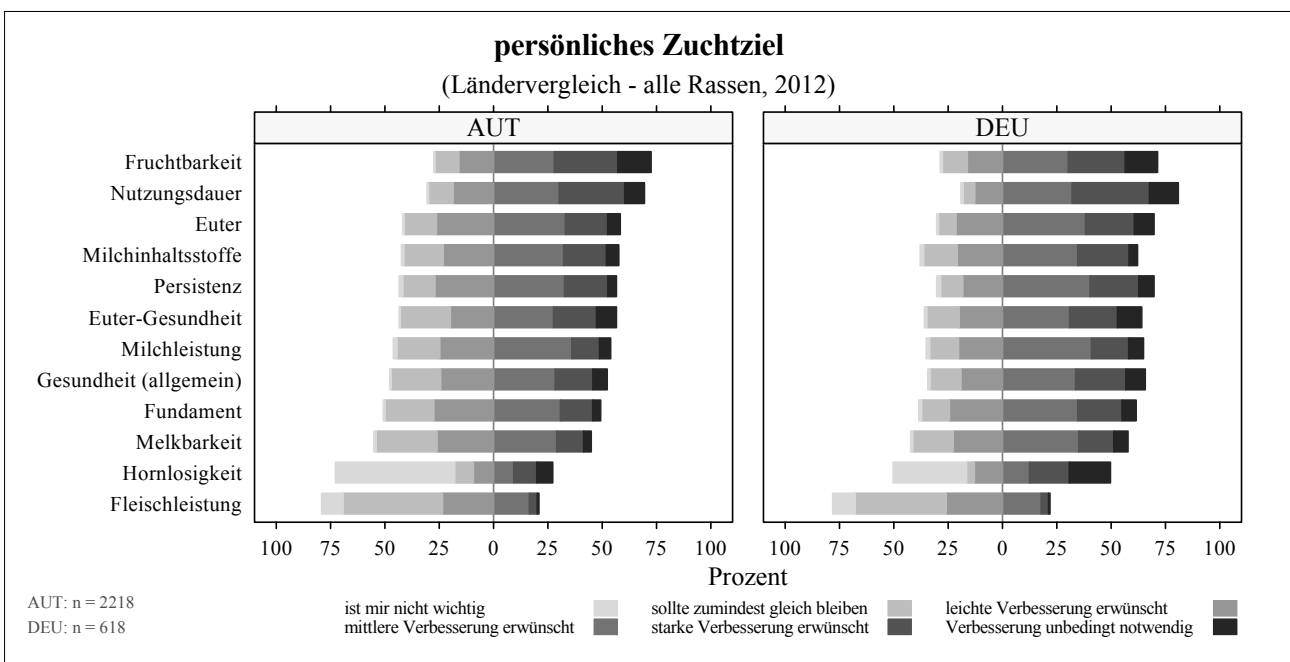


Abbildung 3: Rangierung der wichtigsten Merkmale im persönlichen Zuchtziel über alle Rassen hinweg im Vergleich Österreich und Deutschland (STEININGER et al. 2013)

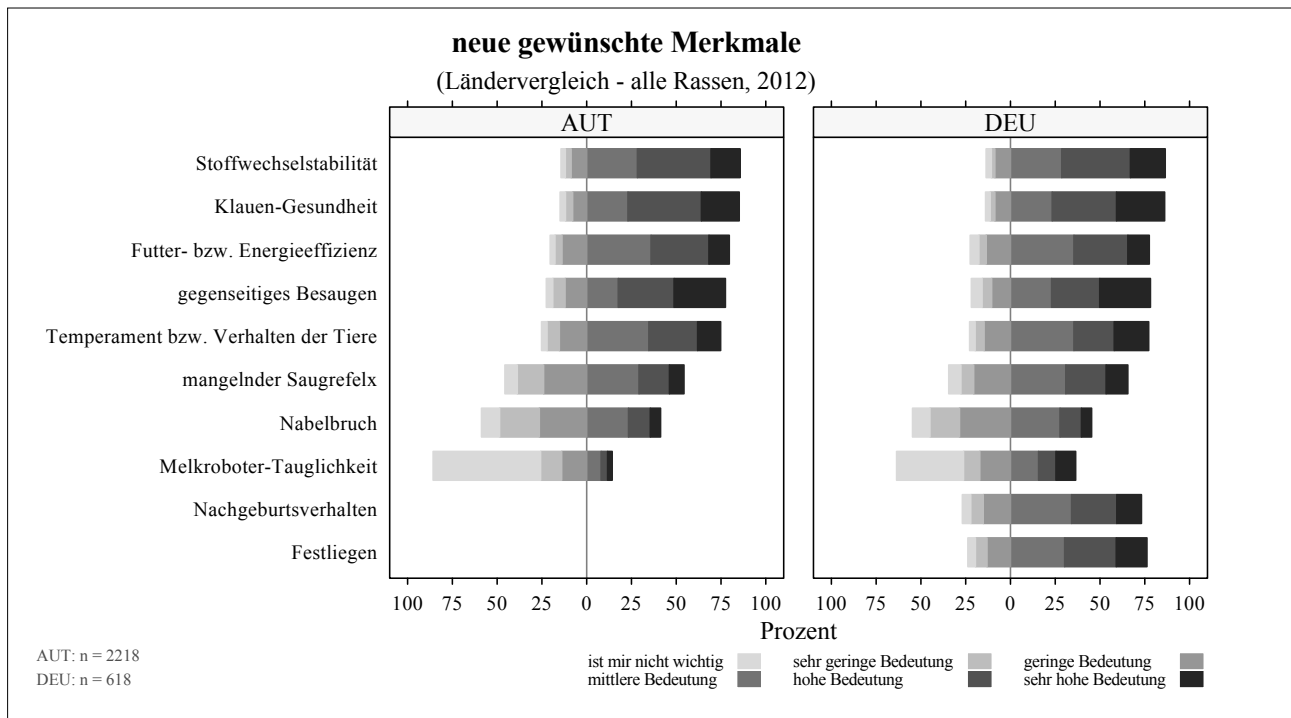


Abbildung 4: Rangierung der gewünschten neuen Merkmale für die Zuchtwertschätzung in Österreich und Deutschland (STEININGER et al. 2013)

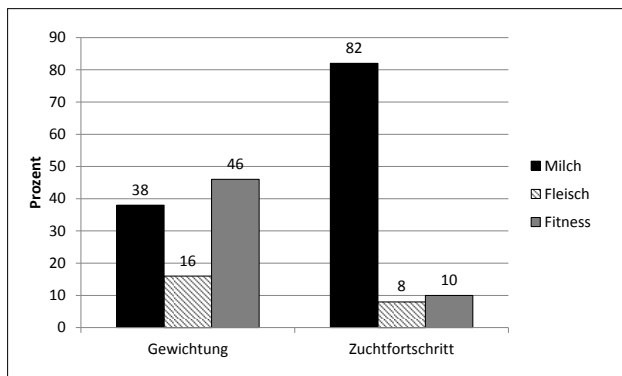


Abbildung 5: Gewichtung der Merkmalsblöcke Milch, Fleisch und Fitness im Gesamtzuchtwert bei Fleckvieh und Verteilung der zu erzielenden Zuchtfortschritte (FUERST 2013b)

Durch die Möglichkeiten der genomischen Selektion können die Generationsintervalle in den Zuchtprogrammen durch den Einsatz von genomischen Jungvererbern verkürzt werden. Alleine mit dieser Maßnahme kann der Zuchtfortschritt bei den aktuellen Zuchtprogrammen der Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein Friesian um ca. 20 % gesteigert werden.

Um die entsprechenden Zuchtfortschritte in der Praxis erzielen zu können, sind eine Leistungsprüfung für diese Merkmale, die Berücksichtigung in der Zuchtwertschätzung und die Optimierung der Selektionsschritte im Zuchtprogramm die Voraussetzung. Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Zucht auf Fitness, Gesundheit und Effizienz in Österreich, stellt die Herausforderungen und mögliche Verbesserungsmöglichkeiten dar und zeigt auf, welche Weiterentwicklungen aktuell in diesem Bereich in Österreich seitens der RINDERZUCHT AUSTRIA laufen.

2. Aktueller Stand

International ist zu beobachten, dass das wirtschaftliche Gewicht der Fitnessmerkmale im Gesamtzuchtwert in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist (MIGLIOR et al. 2012). Der ökonomische Gesamtzuchtwert (GZW) zielt auf die Maximierung des wirtschaftlichen Gesamtnutzens ab und stellt das primäre Selektionskriterium bei Stieren und Kühen dar. Der Gesamtzuchtwert bei Fleckvieh in Deutschland und Österreich (DEA) setzt sich aus Milch mit 38 %, Fleisch mit 16 % und Fitness mit 46 % relativer Gewichtung zusammen. Beim Braunvieh beträgt das Verhältnis 48, 5 und 47 % für Milch, Fleisch und Fitness. Das Gewicht für den Fitnessblock liegt bei den Rassen Pinzgauer bei 50 % und Grauvieh sogar bei 60 %.

Trotz der hohen Gewichtung der Fitness im Gesamtzuchtwert wird z.B. bei Fleckvieh nach wie vor ca. 80 % des Zuchtfortschrittes bei der Milch und nur rund 10 % bei den Fitnessmerkmalen erzielt (Abbildung 5). Wenn direkte Gesundheitsmerkmale aus umfassender Leistungsprüfung berücksichtigt werden, so kann der Fitnessanteil gestärkt werden (EGGER-DANNER et al. 2012b). Die Berücksichtigung der Fitnessmerkmale im Gesamtzuchtwert war ein wichtiger Schritt, um die Nutzungsdauer und weitere Fitnessmerkmale zu stabilisieren. Die Abbildungen 6 und 7 zeigen die Entwicklung der Nutzungsdauer und der Lebensleistung bei den Haupttrassen in Österreich.

Die Gesundheitszuchtwerte, die für Fleckvieh seit 2010 und für Braunvieh seit August 2013 im Rahmen der gemeinsamen Zuchtwertschätzung zur Verfügung stehen, werden aktuell über den Fruchtbarkeits- und Eutergesundheitswert bereits im Gesamtzuchtwert berücksichtigt (FÜRST und EGGER-DANNER 2013, FÜRST et al. 2013a, FÜRST et al. 2013b, FUERST und EGGER-DANNER 2014). Abbildung 8 zeigt am Beispiel Fleckvieh, dass es, trotz

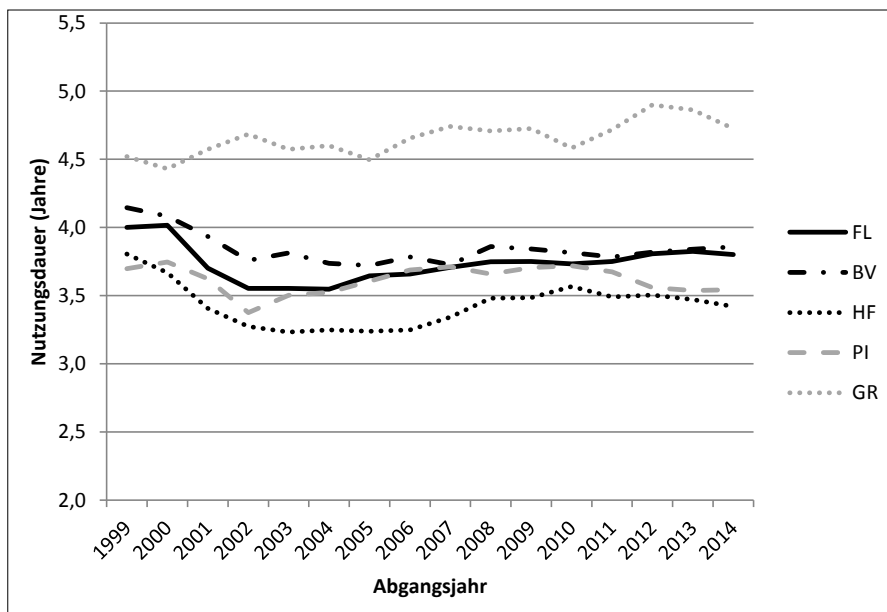


Abbildung 6: Entwicklung der Nutzungsdauer bei Fleckvieh, Braunvieh, Holstein, Pinzgauer und Grauvieh nach Abgangsjahren von 1999 bis 2014 (ZUCHTDATA 2014)

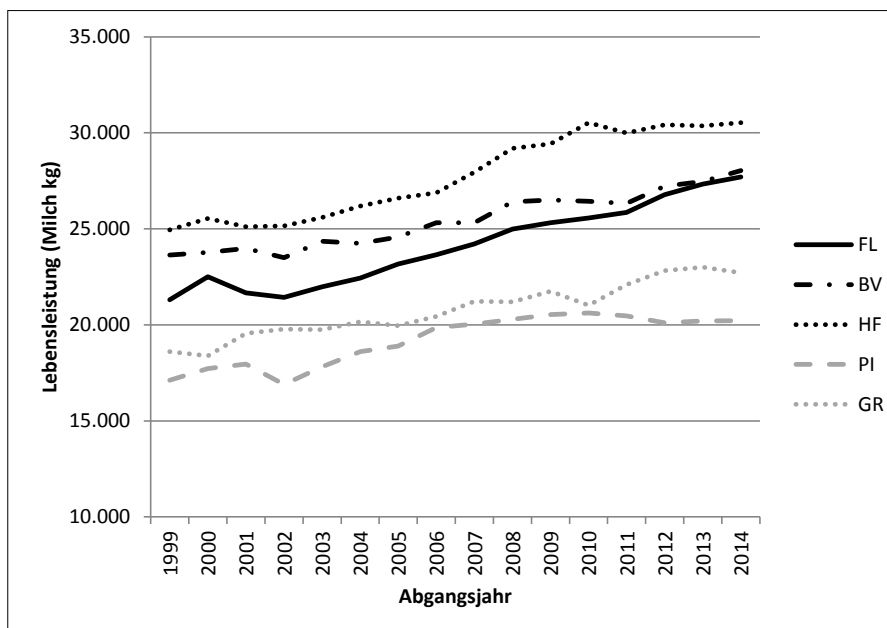


Abbildung 7: Entwicklung der Lebensleistung bei Fleckvieh, Braunvieh, Holstein, Pinzgauer und Grauvieh nach Abgangsjahren von 1999 bis 2014 (ZUCHTDATA 2014)

niedriger Erbliehkeiten, große genetische Unterschiede zwischen den Stieren im Anteil der Töchter mit Diagnosen gibt. Für eine züchterische Verbesserung der Gesundheit wird es allerdings wichtig sein, die Sicherheiten der Gesundheits-Zuchtwerte durch eine umfassendere Datenerhebung zu erhöhen. Hier besteht nach wie vor großer Handlungsbedarf! Es ist wichtig, dass darauf geachtet wird, dass bei jeder Behandlung durch den Tierarzt die Diagnose mit dem Diagnosecode auf den Arzneimittelbelegen dokumentiert und dann im Zuge der Leistungsprüfung erfasst wird. Zur Vervollständigung der Gesundheitsdaten werden zusätzlich um den geburtsnahen Bereich Beobachtungen vom Landwirt zu den Bereichen Festliegen, Nachgeburtverhaltung, Mastitis und Lahmheit erfasst.

Aktuell wird an der Integration dieser geburtsnahen Gesundheitsstörungen in den Fruchtbarkeitswert gearbeitet. Es ist das Ziel, dass diese Informationen spätestens 2016 in die Routine-Zuchtwertschätzung einfließen.

2.1 Genetische Trends – Zuchtfortschritte aktuell

Die Abbildungen 9 - 12 zeigen die genetischen Trends für die Fleckvieh- und Braunvieh-Stiere aus Österreich und Deutschland der Geburtsjahrgänge 1998 - 2013. Aktuell sind die genetischen Trends bei den Stieren für den Großteil der Fitnessmerkmale stabil. Bei den aktuellen Geburtsjahrgängen, den genomischen Jungvererbern, konnte ein positiver Trend erzielt werden. Die genetischen Trends bei der Fruchtbarkeit waren in den letzten Jahren allerdings meist leicht negativ.

Die positiven Entwicklungen der genetischen Trends bei den Fitnessmerkmalen in den letzten Jahren hängen sehr stark mit der Auswahl der Stiere für den Besamungseinsatz zusammen. Es ist ein sehr hohes Niveau bei den Fitnesswerten zu beobachten. In Österreich wurden im Kontrolljahr 2014 beim Fleckvieh die Kühe mit Jungstieren mit einem durchschnittlichen GZW von 128,2, einem Milchwert von 120,5 und einem Fitnesswert von 116,6 besamt. Die vergleichbaren Zuchtwerte der bei Besamungen verwendeten Nachkommen-geprüften Stiere liegen beim GZW bei 122,9, beim MW bei 115,9 und beim Fitnesswert bei 112,8. Beim Braunvieh liegt der GZW der bei Besamungen verwendeten Jungstiere in Österreich im

Schnitt bei 124,3 und beim Fitnesswert bei 115,3 und bei den Nachkommen-geprüften Stieren bei 114,5 bzw. 111,0 (ZUCHTDATA 2014). Durch die Möglichkeiten der genomischen Selektion konnten in der letzten Zeit Erbfehler sehr schnell entdeckt und bestätigt werden (SCHWARZENBACHER et al. 2012, SWALVE 2013, PAUSCH et al. 2014, SCHWARZENBACHER 2014). Diese Informationen bieten die Möglichkeit, dass bei der Anpaarung Risikopaarungen vermieden werden bzw. Trägertiere nicht in der Zucht verwendet werden. Die Berücksichtigung des Trägerstatus bei der Auswahl der Jungstiere hat auch zur Folge, dass der Zuchtfortschritt gebremst wird. Würde auf den Einsatz von Trägertieren gänzlich verzichtet werden, ist bei den aktuellen Trägerhäufigkeiten ein Verlust von 7 % Zuchtfortschritt

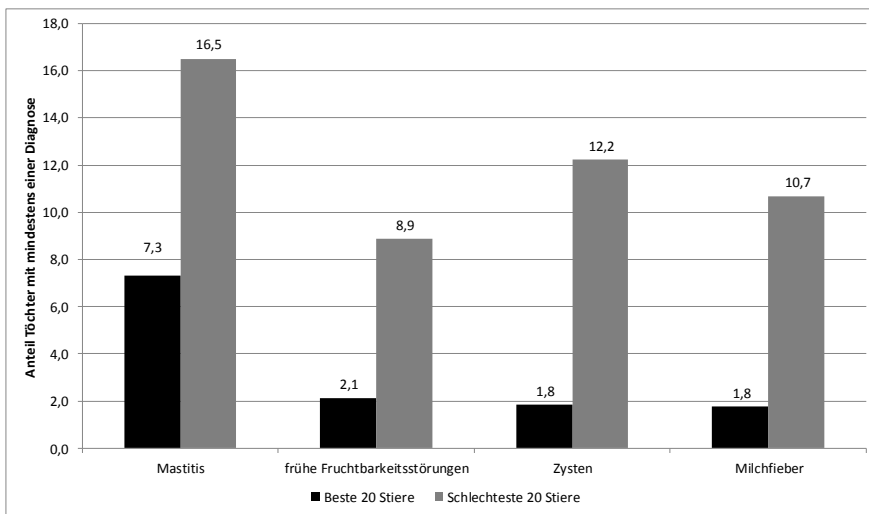


Abbildung 8: Anteil Töchter mit Diagnosen von den besten und schlechtesten Stieren nach Gesundheits-Zuchtwerten

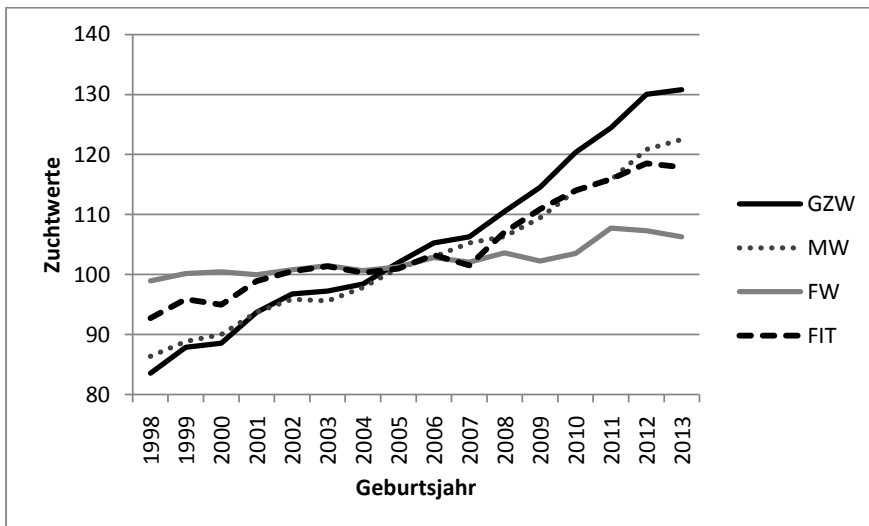


Abbildung 9: Genetische Trends für Gesamtzuchtwert (GZW), Milchwert (MW), Fleischwert (FW) und Fitnesswert (FIT) bei Fleckvieh-Stieren aus Österreich (ZUCHTDATA 2014)

zu erwarten. Es ist aber zudem zu bedenken, dass dadurch zusätzlich auch wertvolle Erbanlagen aus der Population verschwinden könnten (EGGER-DANNER et al. 2014). Daher ist weiterhin zu empfehlen, dass in der gezielten Paarung Trägerstiere verwendet werden und durch den verstärkten Einsatz von ET mehr potentielle Kandidaten für die Selektion von Erbfehler-freien Stieren für den Einsatz in der gesamten Population zur Verfügung stehen. Der einzelne Betrieb kann durch die Nutzung eines Anpaarungsprogrammes (z.B. OptiBull) gezielt Risikopaarungen vermeiden.

3. Herausforderungen in der Zucht

3.1 Genetische Merkmalsantagonismen und niedrige Erblichkeiten

Durch die negativen genetischen Zusammenhänge von Fitness- und Milchleistungsmerkmalen ist bei steigender Milchleistung eine Zunahme von Problemen im Gesund-

heitsbereich zu erwarten. Der negative genetische Zusammenhang zwischen Milchmenge und leistungsunabhängiger Nutzungsdauer liegt bei $-0,10$, zwischen Milchmenge und Fruchtbarkeit bei $-0,30$ bis $-0,60$ und zwischen Milch-kg und Zellzahl (Mastitis) bei ca. $-0,20$ bis $-0,30$. Zudem sind die Erblichkeiten von Fitness und Gesundheitsmerkmalen niedrig (ca. 2 - 15 %).

Bei der aktuellen Zusammensetzung der Merkmale im Gesamtzuchtwert konnten, trotz jährlicher Zuchtfortschritte von bis zu 100 Milch-kg, die Fitnessmerkmale weitgehend stabil gehalten bzw. wie die genetischen Trends zeigen (siehe Abbildungen 9 - 12) auch verbessert werden. Große Verbesserungen bei den phänotypischen Werten wurden, bis auf die Zellzahl, im letzten Jahr (ZUCHTDATA 2013, ZUCHTDATA 2014) nicht erzielt. Dennoch weist das aktuelle Niveau bei der Zellzahl oder der Non-Return-Rate auf bestehende Verbesserungspotentiale hin.

3.2 Leistungsprüfung

Verschiedene wissenschaftliche Arbeiten zeigen, dass die züchterische Verbesserung der Tiergesundheit effektiver erreicht werden kann, wenn die direkten Gesundheitsmerkmale, wie Mastitis oder andere Merkmale, basierend auf Erkrankungsinformationen herangezogen werden können (u.a. ODEGÅRD et al. 2003, HERINGSTAD et al. 2007). Bei der Fruchtbarkeit standen bislang nur Besamungen und Abkalbungen als Maßzahl für die Reproduktion

zur Verfügung. Nun gibt es mit den Diagnosedaten zur Nachgeburtverhaltung und anderen frühen Fruchtbarkeitsstörungen oder Zysten genauere Informationen. Bei der Eutergesundheit ist die Mastitis das hauptsächliche Zielmerkmal. Die Zellzahl ist vor allem ein Hilfsmerkmal, das besonders für die chronischen Eutererkrankungen wichtig ist. Die akuten Mastitiden können über die Zellzahl nur ungenügend erfasst werden, da sich die Zellzahl nach der Behandlung bis zur nächsten Milchleistungskontrolle oftmals schon wieder normalisiert hat.

Auch für die Verbesserung der Klauengesundheit ist es effizienter, direkt die Klauenpflegedaten zu nutzen als mit indirekten Merkmalen aus der linearen Nachzuchtbeschreibung oder Informationen zu Lahmheiten zu arbeiten (u.a. KOENIG und SWALVE 2006). Die Herausforderung besteht im Implementieren von Systemen, womit solche Daten kostengünstig in der Breite erfasst werden können. Es ist zu prüfen, inwieweit mit Hilfsmerkmalen gearbeitet werden kann. Potential bieten verschiedene Daten aus den

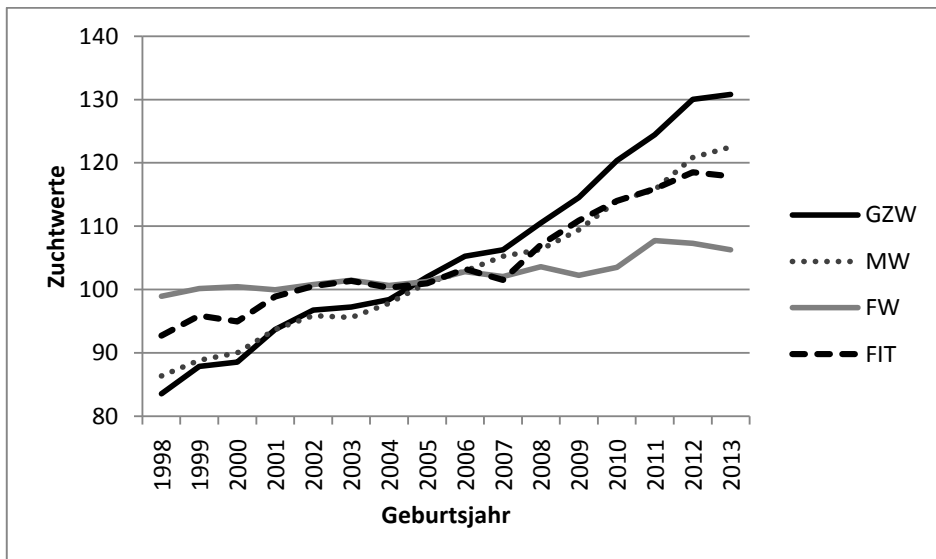


Abbildung 10: Genetische Trends für Gesamtzuchtwert (GZW), Milchwert (MW), Fleischwert (FW) und Fitnesswert (FIT) bei Braunvieh-Stieren aus Österreich (ZUCHTDATA 2014)

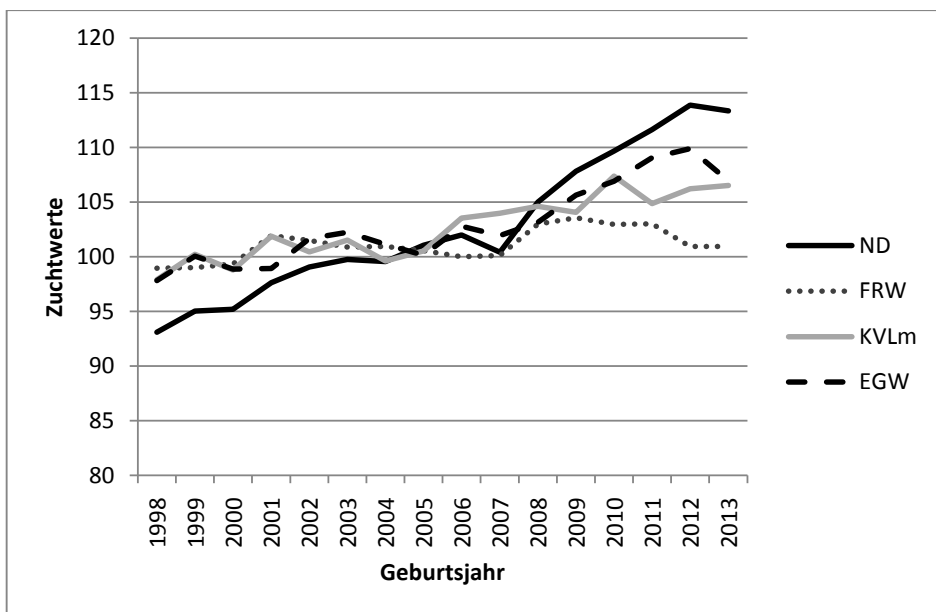


Abbildung 11: Genetische Trends für Nutzungsdauer (ND), Fruchtbarkeitswert (FRW), Kalbeverlauf maternal (KVLm) und Eutergesundheitswert (EGW) bei Fleckvieh-Stieren aus Österreich (ZUCHTDATA 2014)

Automatisierungen auf den Betrieben, wie z.B. Aktivitätsmessungen und verschiedene andere Informationen aus automatischen Melksystemen, oder auch die intensivere Nutzung von schon bestehenden Datenquellen, wie z.B. Mid-Infrared-Spectroscopy (MIR) (EGGER-DANNER et al. 2013a, FOGH et al. 2013, GENGLER et al. 2013, EGGER-DANNER et al. 2014).

Bei neuen Merkmalen, wie den Gesundheitsmerkmalen, besteht die Herausforderung, dass es genügend Stiere mit zuverlässigen Gesundheitszuchtwerten in der Lernstichprobe gibt. Nur dann können auch genomische Gesundheitszuchtwerte mit ausreichenden Sicherheiten bereitgestellt werden. Die Genotypisierung von Kühen mit zuverlässiger Gesundheitsdatenerfassung könnte hier einen wichtigen Impuls bringen. Langfristig ist es jedoch unabdingbar,

dass die Gesundheitsdaten, vergleichbar mit Besamungen oder Informationen zum Kalbeverlauf, flächendeckend im Zuge der Leistungsprüfung erfasst werden. Für eine effizientere Zucht auf Fitness, Gesundheit und Effizienz sind zuverlässige Phänotypen aus der Leistungsprüfung die Voraussetzung.

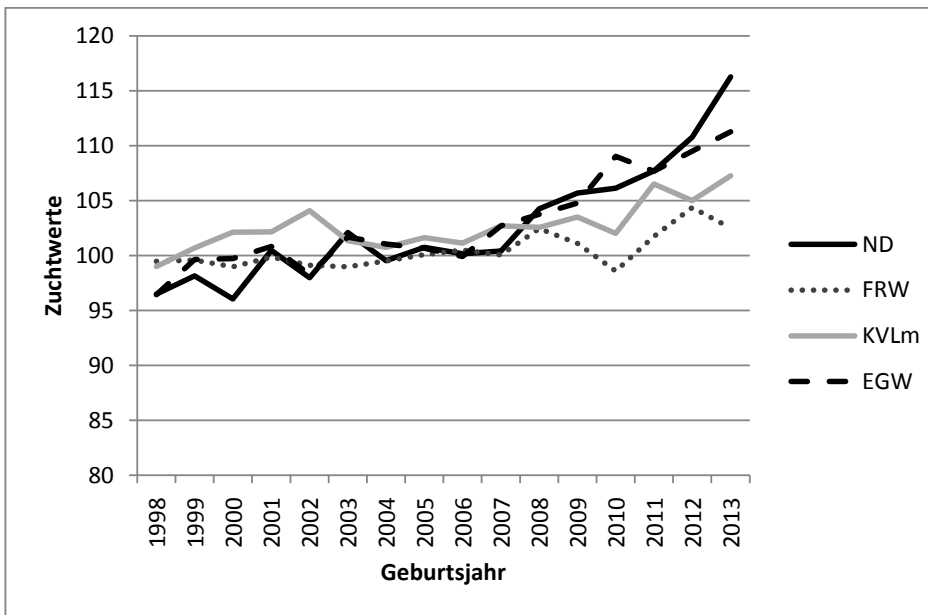
3.3 Stärkere Gewichtung im GZW

Soll die Fitness und Gesundheit effektiv verbessert werden, so wird eine stärkere Gewichtung im Gesamtzuchtwert notwendig sein. FÜRST (2013) führte zur Veranschaulichung der Unterschiede und möglicher Auswirkungen auf den Zuchtfortschritt von verschiedenen GZW-Varianten einfache Modellrechnungen durch. Bei den dargestellten Varianten wurden die wirtschaftlichen Gewichte innerhalb des GZW am Beispiel Fleckvieh, speziell im Hinblick auf die Verbesserung der Fitness, mehr oder weniger willkürlich verschoben, um Auswirkungen auf den Zuchtfortschritt abschätzen zu können.

Im Vergleich zum GZW wurde bei den Varianten Fit +50 % und Fit +100 % das Gewicht für alle Fitnessmerkmale (außer Melkbarkeit) um 50 % bzw. 100 % erhöht.

In *Tabelle 1* sind die relativen wirtschaftlichen Gewichte für die Merkmalsblöcke Milch, Fleisch und Fitness bei den einzelnen GZW-Varianten dargestellt.

In *Tabelle 2* sind die wichtigsten Ergebnisse aus diesen einfachen Modellrechnungen hinsichtlich des monetären Selektionserfolges dargestellt. Bei der Variante mit Erhöhung der Fitnessgewichte um 50 % (Fit +50 %) geht der gesamte Selektionserfolg im Vergleich zur Ausgangsvariante GZW nur um 3 % zurück. Bei Verdoppelung der Fitnessgewichte (Fit +100 %) beträgt der Selektionserfolg allerdings nur mehr 91 % der Ausgangsvariante, wenn man unterstellt, dass die Gewichte im GZW die korrekten Gewichte sind. Der Zuchtfortschritt in den einzelnen Merkmalsblöcken verschiebt sich weiter Richtung Fitnessmerkmale, trotzdem wird der größte Zuchtfortschritt immer noch in den Milchmerkmalen erzielt. International ist eine Erhöhung der Gewichte für Fitness im Gesamtzuchtwert zu beobachten (MIGLIOR et al. 2012).



heitszuchtwerte für Mastitis, frühe Fruchtbarkeitsstörungen, Zysten und Milchfieber für Fleckvieh veröffentlicht (FÜRST et al. 2011). Seit 2013 liegen auch offizielle Gesundheitszuchtwerte beim Braunvieh vor und sie sind für beide Rassen auch im Gesamtzuchtwert integriert. Im Jahr 2010 wurden auch in Bayern und Baden-Württemberg ähnliche Projekte gestartet, ebenso mit Fokus auf tierärztliche Diagnosen. Die Gesundheitsdaten aus dem Projekt „Gesundheitsmonitoring“ in Baden-Württemberg gehen seit August 2013 in die Routine-Zuchtwertschätzung bei Fleckvieh und Braunvieh ein (FÜRST 2013, FÜRST et al. 2013b). Unter Federführung des bayrischen Projektes „ProGesund“ wird gemeinsam mit den RDV-Partnern aus Bayern,

Abbildung 12: Genetische Trends für Nutzungsdauer (ND), Fruchtbarkeitswert (FRW), Kalbeverlauf maternal (KVLm) und Eutergesundheitswert (EGW) bei Braunvieh-Stieren aus Österreich (ZUCHTDATA 2014)

Tabelle 1: Relative wirtschaftliche Gewichte bei den einzelnen GZW-Varianten beim Fleckvieh (FÜRST 2013)

	GZW	Fit +50 %	Fit +100 %
Milch	38	31	26
Fleisch	16	14	12
Fitness	46	55	62

Tabelle 2: Relativer monetärer Selektionserfolg pro Generation bei Selektion nach verschiedenen GZW-Varianten im Vergleich zum aktuellen GZW beim Fleckvieh (FÜRST 2013)

	GZW	Fit +50 %	Fit +100 %
Relativ zu GZW	100	97	91
Milch	79	68	58
Fleisch	8	7	6
Fitness	13	25	36

4. Aktuelle Weiterentwicklungen

Die aktuellen praxisangewandten Forschungsprojekte mit Beteiligung der RINDERZUCHT AUSTRIA und ihren Mitglieds- und Partnerorganisationen haben das Ziel, die Rinderzucht innovativ und nachhaltig auf die zukünftigen Rahmenbedingungen auszurichten und dabei den Nutzen für den praktischen Züchter immer im Fokus zu behalten. Der vorliegende Artikel soll auch einen Überblick über die laufenden Forschungsprojekte geben.

4.1 Gesundheitsprojekte (GMON, ADDA)

Im Rahmen des Projektes „Gesundheitsmonitoring Rind“ wurde seit 2006 österreichweit eine Diagnosedatenerfassung nach skandinavischem Vorbild aufgebaut. Das Projekt wurde 2010 in die Routine übergeführt (EGGER-DANNER et al. 2012b). Seit 2010 werden im Rahmen der gemeinsamen Zuchtwertschätzung in DEA in der Routine Gesund-

Baden-Württemberg und Österreich neben den züchterischen Maßnahmen auch an einer EDV-Unterstützung für Tierärzte im Bereich Herdenmanagement und Tiergesundheit gearbeitet. In anderen Bundesländern in Deutschland liegt der Fokus bei der Datenerhebung im Gesundheitsbereich eher auf den Beobachtungen von Landwirten. Im Projekt GKUH+ (STOCK 2013) sollen die Daten aus den verschiedenen Projekten in Deutschland zusammengeführt, ausgeweitet und für die Zuchtwertschätzung genutzt werden. Es wird in absehbarer Zeit auch für die Rasse Holstein in Österreich Gesundheitszuchtwerte geben. In Frankreich werden seit 2012 Zuchtwerte für Mastitis veröffentlicht, Kanada folgte im Dezember 2013. Die Schweiz hat 2013 mit der Erfassung von Gesundheitsdaten begonnen. In verschiedenen Ländern sind Maßnahmen und Projekte im Zusammenhang mit dem Monitoring des Arzneimitteleinsatzes zu beobachten. In der Veröffentlichung der ICAR 2013 Health Data Conference (EGGER-DANNER et al. 2013b) sind Informationen zu den aktuellen Entwicklungen in anderen Ländern zusammengefasst.

Des Weiteren wird in Österreich an der Verknüpfung von weiteren relevanten Quellen von Gesundheitsdaten gearbeitet. Mit 1.9.2014 wurde in Österreich das Projekt ADDA „Advancement of Dairying in Austria (ADDA)“ gestartet, wo Wissenschaft und Wirtschaft an Verbesserungen der Eutergesundheit und Milchwirtschaft arbeiten. Projekte wie das „Elektronische Stallbuch“ und das Projekt ADDA sollen einen wichtigen Beitrag leisten, dass die für den Landwirt wichtigen Daten für das Herdenmanagement in Zukunft weniger Erfassungsaufwand bedeuten und bedienerfreundlich zur Verfügung stehen. Im Projekt ADDA geht es auch um die Analyse der Umweltfaktoren für das Entstehen von Euterentzündungen und die wissenschaftliche Erarbeitung von vorbeugenden und therapeutischen Maßnahmen, wie Euterentzündungen leichter vermieden, aber auch bei Reduzierung des Arzneimitteleinsatzes effektiv behandelt werden können. Wirtschaftliche Aspekte einer verbesserten

Tiergesundheit werden analysiert. Neue Methoden für den Wissenstransfer werden erarbeitet.

4.2 Optimierung der züchterischen Entwicklung unserer Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheitsmerkmale und der genomischen Selektion (OptiGene)

Die Möglichkeiten der genomischen Selektion bewirken in der Rinderzucht weltweit große Veränderungen. Um auf diese neuen Herausforderungen zu reagieren und die Zuchtprogramme auch in Zukunft optimal zu gestalten, wurde Ende 2011 mit Unterstützung des Landwirtschaftsministeriums in Österreich ein Projekt zur Optimierung der langfristigen züchterischen Entwicklung der österreichischen Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheit und der genomischen Selektion gestartet. Eine Aufgabe dieses Projektes liegt darin, die aktuellen Zuchtziele der Zuchtprogramme der Rinderrassen Fleckvieh, Braunvieh, Holstein, Pinzgauer und Grauvieh zu beleuchten und Vorschläge für Verbesserungen auszuarbeiten. Zur Überprüfung der Zuchtziele wurde in Österreich, Bayern, Baden-Württemberg und Tschechien eine Züchterbefragung durchgeführt, deren Ergebnisse bereits vorliegen (STEININGER et al. 2013, siehe auch *Abbildungen 1 - 4*). Weitere wesentliche Schritte sind die Einbeziehung der Gesundheitszuchtwerte in den GZW und die Optimierung der Berechnungsmethodik des GZW. Zuchtplanungsrechnungen zur Optimierung der Zuchtprogramme, insbesondere mit Berücksichtigung der genomischen Selektion, werden durchgeführt (z.B. EGGER-DANNER und WILLAM 2012, FÜRST-WATTL et al. 2015). Ein weiterer Punkt ist die Untersuchung der Optimum Gene Contribution-Methode, mit der hohe Zuchtfortschritte bei gleichzeitiger Kontrolle des Inzuchtanstieges erreicht werden sollen.

Zur Optimierung der Zuchtprogramme werden auch Fragen der Genotypisierung von Kühen, Nutzung und Reproduktionstechnologien und Erbfehlermanagement analysiert.

Projekträger ist die RINDERZUCHT AUSTRIA. Das Projekt wird in Zusammenarbeit von ZuchtData, Universität für Bodenkultur, den Rassenarbeitsgemeinschaften und in Abstimmung mit dem Zuchtwertschätz-Team Deutschland-Österreich durchgeführt.

4.3 Produktionseffizienz und Umweltwirkung in der Rinderzucht

International wird intensiv an der Vermeidung von Emissionen und Maßnahmen zur Steigerung der Fütterungseffizienz geforscht. Wie auch alle anderen Bereiche wird auch die Rinderwirtschaft gefordert sein, ihren Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Um die züchterischen Potentiale zu analysieren und Möglichkeiten und Wege auszuarbeiten, wurde 2012 unter Federführung der RINDERZUCHT AUSTRIA (ZAR) in Österreich das Projekt „Efficient cow“ gestartet. Im Kalenderjahr 2014 wurden von 167 Betrieben in Österreich sehr umfangreiche Daten aus den Bereichen Fütterung, Körpergewicht, Körpermaße, Tiergesundheit (Diagnosen,

Lahmheiten, Body-Condition-Score, Klauenpflege, Ketose) u.a. erhoben. Diese Daten stellen das Fundament für die Ausarbeitung von Effizienzparametern und die Analyse von züchterischen Möglichkeiten im Bereich der Produktionseffizienz dar. Außerdem soll das optimale Lebendgewicht zur Erzielung der höchsten Nährstoffeffizienz abgeleitet werden. Weiters soll dieses Projekt zu einer besseren Einschätzung der Umweltwirkung der Rinderhaltung beitragen. Den teilnehmenden Betrieben wird aufgrund der Vielzahl von Kennzahlen zum Betrieb und den einzelnen Tieren die Möglichkeit geboten, den Betrieb besser zu analysieren und zu optimieren. Projektpartner sind die HBLFA Raumberg-Gumpenstein, die Universität für Bodenkultur Wien, die Veterinärmedizinische Universität Wien, die ZuchtData und die ZAR mit ihren Mitgliedsorganisationen.

4.4 Weiterentwicklung in der genomischen Selektion (EU-Projekt Gene2Farm)

Die rasche Einführung der genomischen Selektion in der praktischen Rinderzucht wurde durch die technologische Entwicklung und den damit einher gehenden Preisrückgang bei den SNP-Chips vor 6 - 7 Jahren erst möglich. Die Forschung in diesem Bereich schreitet mit enormer Geschwindigkeit voran. Kostete die DNA-Sequenz eines Rindes vor 5 Jahren noch ca. 100.000 Euro pro Tier, liegt der Preis aktuell bei ca. 2.000 Euro. Es ist zu erwarten, dass in einigen Jahren die Sequenz eines Rindes mit 20 bis 30 Millionen SNPs nicht viel teurer sein wird, als derzeit der SNP-Chip mit 54.000 SNPs.

Die ZuchtData ist Projektpartner im EU-Projekt „Gene2Farm“. Das ist ein Projekt mit hochkarätigen Wissenschaftspartnern aus Europa, u.a. mit einem der Erfinder der genomischen Selektion (Prof. Theo Meuwissen) und vielen internationalen Zuchtorganisationen. Der Fokus liegt auf der Weiterentwicklung des Nutzens der genomischen Selektion für kleine Rassen. Für die kleinen Rassen besteht die Limitierung, dass keine große Referenzstichprobe aus Stieren für die Schätzung der genomischen Zuchtwerte vorliegt und daher die genomische Selektion mit den bestehenden Möglichkeiten deutlich weniger Nutzen bringt. Im Projekt Gene2Farm wird geprüft, ob mit den Sequenzdaten eine rassenübergreifende Nutzung der Referenzstichprobe möglich ist. Weiters wird analysiert, ob die Genotypisierung von Kühen bei kleinen Rassen helfen könnte, die Sicherheit der genomischen Zuchtwerte zu erhöhen. Mit den Daten aus dem ZAR-Projekt Efficient Cow, in dem Braunvieh- und Fleckvieh-Kühe genotypisiert werden, soll analysiert werden, ob es im Genom bestimmte Regionen gibt, wo unerwünschte Allele für Fruchtbarkeitsstörungen auftreten. Wenn hier entsprechende Regionen identifiziert werden könnten, so würde das helfen, effektiver auf eine Verbesserung der Fruchtbarkeit zu züchten.

Im Rahmen der gemeinsamen Zuchtwertschätzung mit Deutschland wird am sogenannten „Single-step“-Verfahren gearbeitet. Damit können dann auch die Informationen von genotypisierten Kühen besser in die genomische Zuchtwertschätzung integriert werden. Speziell für neue Merkmale, wo noch keine umfangreiche Referenzstichprobe aus Stieren vorliegt (wie z.B. Gesundheitsdaten), wäre es wichtig, dass auch Kühe mit zuverlässigen Phänotypen in der Referenz-

stichprobe verwendet werden könnten. Ergebnisse aus anderen Ländern zeigen hier Potential zur Verbesserung der Sicherheit der genomischen Zuchtwerte für kleine Rassen und auch neue Merkmale.

4.5 Neue Phänotypen

International liegt ein großer Forschungsschwerpunkt auf der Nutzung der Infrarotspektren (Mid-Infrared, MIR) der Milch für die Bestimmung von Fettsäuren, Energiebilanz, dem Trächtigkeitsstatus oder für die Früherkennung von Stoffwechsel- oder Eutergesundheitsstörungen aus der Milch. Anhand der Daten aus dem Projekt „Efficient Cow“ sollen die Möglichkeiten in diesem Bereich wissenschaftlich untersucht werden und Formeln zur Vorhersage von Nährstoffeffizienz oder auch subklinischen Erkrankungen entwickelt werden. Ein Forschungsprojekt wurde dazu von Prof. Hans Sölkner (BOKU) eingereicht. Von Interesse sind auch Merkmale, die von automatisierten Systemen am Betrieb kostengünstig miterfasst werden können. Fragen der Melkbarkeitsberechnung aus Daten von automatischen Melksystemen werden im Rahmen einer Diplomarbeit an der BOKU wissenschaftlich analysiert. Um das Merkmal „Besaugen“ züchterisch zu bearbeiten, wird an der Abklärung von Datenerfassungsmöglichkeiten gearbeitet. Im Rahmen des Projektes StartClim (Projektleitung: PD Dr. Birgit Fürst-Waltl, BOKU) wird der Einfluss von Temperaturveränderungen auf die Milchleistung und Eutergesundheit analysiert.

5. Schlussfolgerungen

Anforderungen der Züchter, Konsumenten, aber auch der globalen Rahmenbedingungen verlangen eine stetige Weiterentwicklung der Rinderzucht in enger Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis. Merkmale der Tiergesundheit, Robustheit, der Lebensmittelsicherheit, aber auch der Effizienz und Schonung der Ressourcen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Durch die negativen genetischen Zusammenhänge von Milchleistung, Fitness und Gesundheit sind die Landwirte bei sehr hohem Milchleistungsniveau immer stärker gefordert, das Herdenmanagement zu optimieren, um Fitness und Gesundheit im Gleichgewicht zu halten. Zuverlässige Gesundheitsdaten sind die Voraussetzungen für züchterische Verbesserungen. Die Zucht auf Fitness und Gesundheit ist effektiver, wenn direkte Merkmale für diese Merkmale verwendet werden können. Um größere Verbesserungen im Bereich Fitness, Effizienz und Robustheit zu erreichen, sind jedoch umfassende Daten aus der Leistungsprüfung für diese Merkmale die Voraussetzung. Möglichkeiten der Nutzung von Hilfsmerkmalen sind zu prüfen. Diese Frage wird im Rahmen des Projektes „Efficient Cow“ hinsichtlich von Effizienzmerkmalen abgeklärt. Die Erfassung von Fitness- und Gesundheitsdaten muss im Stellenwert wachsen. So wie es undenkbar ist, dass bei einer Milchleistungskontrolle auf die Erfassung der Milchmenge vergessen wird, so muss es selbstverständlich sein, dass im Zuge der Leistungsprüfung Gesundheitsdaten erfasst werden. Merkmale die aus Automatisierungen am Betrieb (Melksystem, Fütterungssystem etc.) gewonnen werden können, werden in Zukunft auch in der Leistungsprüfung eine stärkere Rolle spielen. Um die Daten nutzen zu können, sind jedoch Standardisierungen und Schnittstellen notwen-

dig. Um neue Merkmale auch in der genomischen Selektion nutzen zu können, wird die Genotypisierung von Kühen mit zuverlässigen Phänotypen an Bedeutung gewinnen.

Verbesserungen der Zuchtwertschätzmethode und Optimierung der Selektionsschritte im Zuchtprogramm können Verbesserungen bewirken. Für eine effektive Verbesserung der entsprechenden Merkmale – z.B. Fruchtbarkeit – wird ein höheres Gewicht im Gesamtzuchtwert notwendig sein.

6. Danksagung

Die angesprochenen Weiterentwicklungen werden größtenteils im Rahmen von Forschungsprojekten finanziert. Dank gilt dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, ZAR-Mitgliedsorganisationen und weiteren Partnerorganisationen für die Unterstützung im Rahmen der Projekte „Optimierung der langfristigen züchterischen Entwicklung der österreichischen Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheit und der genomischen Selektion (OptiGene)“ und „Efficient Cow“. Dem Bundesministerium für Gesundheit wird für die Unterstützung beim Projekt „Elektronisches Stallbuch“ gedankt und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) für die Unterstützung beim Comet-Projekt ADDA (Advancement of Dairying in Austria) und dem EU-Projekt „Gene2Farm“ für die Genotypisierung von Kühen aus dem Projekt Efficient Cow.

7. Literaturverzeichnis

- EGGER-DANNER, C. und A. WILLAM, 2012: Zuchtprogramme und genomische Selektion: Fokus Tiergesundheit. In: 3-Länder-/ZAR-Seminar. <http://www.zar.at/download/Seminar2012.pdf>.
- EGGER-DANNER, C., A. WILLAM, C. FUERST, H. SCHWARZENBACHER und B. FUERST-WALTTL, 2012a: Effect of breeding strategies using genomic information on fitness and health. *J. Dairy Sci.* 95, 4600-4609.
- EGGER-DANNER, C., B. FUERST-WALTTL, W. OBRITZHAUSER, C. FUERST, H. SCHWARZENBACHER, B. GRASSAUER, M. MAYERHOFER und A. KOECK, 2012b: Recording of direct health traits in Austria – Experience report with emphasis on aspects of availability for breeding purposes. *J. Dairy Sci.* 95, 2765-2777.
- EGGER-DANNER, C., O.K. HANSEN, K. STOCK, J. PRYCE, J. COLE, N. GENGLER und B. HERINGSTAD, 2013a: Challenges and benefits of health data recording in the context of food chain quality, management and breeding. ICAR Technical Series No 17. ISBN: 92-95014-13-8.
- EGGER-DANNER, C., J.B. COLE, J.E. PRYCE, N. GENGLER, B. HERINGSTAD, A. BRADLEY und K.F. STOCK, 2013b: Which phenotypes will be available in the near future? Joint Session EAAP and Interbull, August 2013, Nantes. http://interbull2.slu.se/www/v1/images/stories/nantes/JOINT-PDF/S10_3_Egger-Danner.pdf.
- EGGER-DANNER, C., J.B. COLE, J.E. PRYCE, N. GENGLER, B. HERINGSTAD, A. BRADLEY und K.F. STOCK, 2014: Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. *Animal* 12, 1-17. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25387784>.
- EGGER-DANNER, C., H. SCHWARZENBACHER, C. FUERST und A. WILLAM, 2015: Management von Erbfehlern im Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA: Ergebnisse von Modellrechnungen. Eingereicht bei Züchtungskunde.

- FOGH, A., G.P. AAMAND, L. HJORTO und U. LAURITSEN, 2013: Recording of data and identification issues. ICAR-Technical Workshop 2013, Aarhus, Denmark.
- FUERST, C., A. KOECK, C. EGGER-DANNER und B. FUERST-WALTL, 2011: Routine genetic evaluation for direct health traits in Austria and Germany. *Interbull Bulletin* 44, 210-215.
- FUERST, C. und C. EGGER-DANNER, 2014: Inclusion of direct health traits in the total merit index of Fleckvieh and Brown Swiss cattle in Austria and Germany. ICAR 39th Biennial Session, 19-23.05.2014, Berlin, Germany.
- FÜRST, C., 2013: Brauchen wir unterschiedliche Zuchtziele und Zuchtprogramme?. In: Die beste Kuh für's Gras. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Salzburg.
- FÜRST, C. und C. EGGER-DANNER, 2013: FRW und EGW – Gesundheitsmerkmale jetzt im Gesamtzuchtwert! Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft österreichischer Fleckviehzüchter, 3/2013.
- FÜRST, C., C. EGGER-DANNER, H. HAMANN, P. HEROLD und K.-U. GÖTZ, 2013a: Einbeziehung von direkten Gesundheitsmerkmalen in den Gesamtzuchtwert bei Fleckvieh und Braunvieh. Vortragstagung der DGfZ und GfT, 4. - 5. September 2013, Göttingen.
- FÜRST, C., J. DODENHOFF, C. EGGER-DANNER, R. EMMERLING, H. HAMANN, D. KROGMEIER und H. SCHWARZENBACHER, 2013b: Zuchtwertschätzung beim Rind – Grundlagen, Methoden und Interpretationen. <http://www.zar.at/download/ZWS/ZWS.pdf>.
- FÜRST-WALTL, B., C. FÜRST, W. OBRITZHAUSER und C. EGGER-DANNER, 2015: Berücksichtigung direkter Gesundheitsmerkmale im Gesamtzuchtwert. 7. Rinderworkshop. „Neue Herausforderungen für die Rinderzucht und -haltung“, Uelzen, Deutschland.
- GENGLER, N., D.P. BERRY und C. BASTIN, 2013: Use of automated systems for recording of direct and indirect data with special emphasis on the use of MIR milk spectra (OptiMIR project). ICAR Technical Series No 17. ISBN: 92-95014-13-8, 55-62.
- HERINGSTAD, B., G. KLEMETSDAL und T. STEINE, 2007: Selection responses for disease resistance in two selection experiments with Norwegian red cows. *J. Dairy Sci.* 90, 2419-2426.
- KOENIG, S. und H. SWALVE, 2006: Modelkalkulationen zu züchterischen Möglichkeiten auf Klauengesundheit beim Milchrind. *Züchtungskunde* 78, 345-356.
- MIGLIOR, F., J. CHESNAIS und B.J. Van DOORMAAL, 2012: Genetic improvement: a major component of increased dairy farm profitability. ICAR-Conference, 2012, Cork. http://www.icar.org/cork_2012/Manuscripts/Published/Miglior%20A1.pdf.
- ODEGÅRD, J., G. KLEMETSDAL und B. HERINGSTAD, 2003: Genetic improvement of mastitis resistance: validation of somatic cell score and clinical mastitis as selection criteria. *J. Dairy Sci.* 86, 4129-4136.
- PAUSCH, H., S. JANSEN, C. WURMSER und R. FRIES, 2014: Erbfehlersuche II: Verwendung von Sequenzdaten zum Auffinden schädlicher Mutationen. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 6. März 2014, Salzburg. In: ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.): Erbfehler in der Rinderzucht – Erkennung und erfolgreiches Management, 33-37.
- PRYCE, J.E. und H.D. DAETWYLER, 2011: Designing dairy cattle breeding schemes under genomic selection: a review of international research. *Anim. Prod. Sci.* 52, 107-114. <http://dx.doi.org/10.1071/AN11098>.
- RÖBLER, R., P. HEROLD, A. WEIDLE und A.V. ZÁRATE, 2013: Definition nutzerspezifischer Zuchtziele für Braunvieh und Hinterwälder Rind in Baden-Württemberg. *Züchtungskunde* 85, 173-187.
- SCHWARZENBACHER, H., C. FUERST, B. FUERST-WALTL und M. DOLEZAL, 2012: A genome-wide search for harmful recessive haplotypes in Brown Swiss and Fleckvieh cattle. 63rd Annual Meeting of the Association of European Animal Production, 27.08.2012, Bratislava, Slovakia. http://www.eaap.org/Previous_Annual_Meetings/2012Bratislava/Papers/Published/22_Schwarzenbacher.pdf (06.09.2014).
- SCHWARZENBACHER, H., 2014: Erbfehlersuche I: Verwendung von genomweiten genetischen Markern (SNP-Chips). Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 6. März 2014, Salzburg. In: ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.): Erbfehler in der Rinderzucht – Erkennung und erfolgreiches Management, 27-31.
- STEININGER, F., B. FÜRST-WALTL und C. EGGER-DANNER, 2013: Welche Anforderungen stellen die Züchter an die Kühe? In: Die beste Kuh für's Gras. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Salzburg.
- STOCK, K., 2013: Vernetzung/Zusammenarbeit im Bereich Gesundheitsmonitoring. Sitzung der DLQ Arbeitsgruppe Gesundheitsdaten, 16. September 2013, Kassel.
- SWALVE, H., 2013: Globale Tendenzen in der Rinder- und Schweinezucht. Zuchtziele und gesellschaftliche Verantwortung. „Tiere züchten – High Tech und Verantwortung“, Symposium zur Tierzucht in Bayern, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- UN, 2013: UN report: World Population Prospects: the 2012 Revision. <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=45165>.
- ZUCHTDATA, 2013: ZuchtData-Jahresbericht 2013. <http://www.zuchtdata.at/article/archive/25>.
- ZUCHTDATA, 2014: ZuchtData-Jahresbericht 2014. <http://www.zuchtdata.at/article/archive/25>.

Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium

Efficiency of dairy cows – influence of breed, lactation and stage of lactation

Leonhard Gruber^{1*} und Martin Stegellner²

Zusammenfassung

Auf 19 landwirtschaftlichen Fachschulen in Österreich wurden im Jahr 2012 in jedem Quartal bei insgesamt 701 Kühen (Laktationszahl von 1 bis 15) der Rassen Fleckvieh, Braunvieh, Pinzgauer, Brown Swiss, Red Holstein und Holstein Friesian (FV, BV, PI, BS, RH, HF) sowie diversen Kreuzungen die Lebendmasse, die Körpermaße und die Körperkondition erhoben. Aus den Daten der Milchleistungskontrolle (Milchmenge und Milchinhaltsstoffe) wurde die Effizienz pro kg Lebendmasse (LM) kalkuliert (Milch pro LM, ECM pro LM, Fett und Eiweiß pro LM; in g/kg) und der Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium statistisch analysiert. Es wurden 7 Rassen-Gruppen gebildet (FV 100-87,5, FV 87,5-50, BV 100/PI 100-87,5, PI 87,5-50, BS 100-50, RH 87,5-50, HF 100/RH 100-87,5), 5 Klassen an Laktationszahlen (1, 2, 3, 4 und ≥ 5) und 13 Klassen (Monate) an Laktations- sowie Trockenstehzeit (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 sowie 12, 13).

Die Rassen unterschieden sich hinsichtlich Lebendmasse, Milchleistung und Effizienz hochsignifikant ($P < 0,001$). Mit steigender Milchbetonung ging die Lebendmasse zurück (761, 766, 726, 739, 698, 712, 665 kg LM), die Milchleistung nahm wie erwartet zu (25,5, 26,1, 20,6, 25,8, 28,2, 27,9, 28,4 kg ECM/d), ebenso stieg die Effizienz mit dem Grad der Milchbetonung an (34,0, 34,5, 30,2, 34,8, 41,8, 39,0, 43,1 g ECM/kg LM). Für die objektive Gesamtbeurteilung einer Rasse muss auch die Mastleistung der Nachkommen miteingerechnet werden. Auch die Laktationszahl übte auf Lebendmasse und Milchleistung einen hochsignifikanten Einfluss aus. Die Milcheffizienz erhöht sich mit der Laktationszahl der Kühe, weil die Milchleistung mit dem Alter in einem höheren Ausmaß ansteigt als die Lebendmasse. Die Lebendmasse betrug in den 5 Laktationsklassen 654, 713, 741, 755, 757 kg ($P < 0,001$), die Milchleistung 22,5, 25,9, 26,7, 28,2, 27,0 kg ECM/d ($P < 0,001$) und die Effizienz belief sich auf 35,4, 37,1, 37,1, 38,4, 35,9 g ECM/kg LM ($P = 0,047$). Hinsichtlich Laktationsstadium erreichte die Lebendmasse im 3. Laktationsmonat den Tiefpunkt, während sowohl Milchleistung als auch Effizienz mit fortschreitender Laktation abnahmen. Bei der Beurteilung der Effizienz ist folglich das Laktationsstadium unbedingt zu

Summary

Nineteen Austrian agricultural colleges represented the localities for the assessment of live weight, body measurements, and body condition of 701 cows (lactation number 1 – 15) of the breeds Fleckvieh, Braunvieh, Pinzgauer, Brown Swiss, Red Holstein and Holstein Friesian (FV, BV, PI, BS, RH, HF) as well as different crossbreeds in each quarter of 2012. The data from milk yield recording (milk yield and content) offered the basis for the calculation of efficiency per kg live weight (milk per LW, ECM per LW, fat and protein per LW; g/kg) and for a statistical analysis of the influence of breed, lactation number and stage of lactation. Seven breed groups (FV 100-87.5, FV 87.5-50, BV 100/PI 100-87.5, PI 87.5-50, BS 100-50, RH 87.5-50, HF 100/RH 100-87.5), five categories in terms of lactation number (1, 2, 3, 4 and ≥ 5) as well as 13 classes (months) concerning lactation and dry period (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12, 13) were composed.

The breeds showed highly significant differences in terms of live weight, milk yield and efficiency ($P < 0.001$). The higher the milk yield potential was, the less live weight they showed (761, 766, 726, 739, 698, 712, 665 kg LM) and the milk yield increased, as expected (25.5, 26.1, 20.6, 25.8, 28.2, 27.9, 28.4 kg ECM/d). Likewise efficiency increased with the level of milk yield potential (34.0, 34.5, 30.2, 34.8, 41.8, 39.0, 43.1 g ECM/kg LM). For an objective overall assessment of a breed it is also important to consider the fattening performance of the progeny. Lactation number also had a highly significant impact on live weight and milk yield. Milk efficiency increased with increasing lactation number of the cows, because with increasing age the milk yield uses to increase to a higher extent than live weight. In the 5 classes of lactation number the live weight amounted to 654, 713, 741, 755, 757 kg ($P < 0.001$), milk yield to 22.5, 25.9, 26.7, 28.2, 27.0 kg ECM/d ($P < 0.001$) and efficiency accounted for 35.4, 37.1, 37.1, 38.4, 35.9 g ECM/kg LW ($P = 0.047$). Concerning the stage of lactation live weight achieved a nadir in the 3rd month of lactation, whereas milk yield as well as efficiency decreased with proceeding lactation. Accordingly, the stage of lactation has to be considered when assessing the efficiency and has to be expressed in terms of milk yield per standard lactation.

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

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

berücksichtigen bzw. auf der Basis Milchleistung pro Standardlaktation zu kalkulieren.

Es zeigen sich leicht positive partielle Korrelationen zwischen Milchleistung und Lebendmasse ($r = +0,13$ bis $+0,16$) und deutliche negative Korrelationen zwischen Milcheffizienz und Lebendmasse ($r = -0,25$ bis $-0,29$). Höhere Milchleistungen gehen also mit Kühen von höherer Lebendmasse und größerem Rahmen einher. Dementsprechend geht allerdings die Milcheffizienz mit steigender Lebendmasse zurück, und zwar deutlicher als die Lebendmasse mit der Milchleistung ansteigt. Die negativen Korrelationen zwischen BCS und Milchleistung sowie Milcheffizienz deuten darauf hin, dass eine höhere Milchleistung und günstige Milcheffizienz zu verstärkter Mobilisation und den damit verbundenen Stoffwechselproblemen führt.

Schlagwörter: Effizienz, Lebendmasse, Rasse, Laktationszahl, Laktationsstadium

Slightly positive partial correlations existed between milk yield and live weight ($r = +0.13$ to $+0.16$) and significantly negative correlations were found between milk efficiency and live weight ($r = -0.25$ to -0.29). After all higher milk yields come along with cows of higher live weight and larger skeletal frame. On the other hand, milk efficiency shows a decrease with increasing live weight – namely more significantly than the increase of milk yield with a higher live weight. The negative correlations between BCS and milk yield as well as milk efficiency point to the fact, that a higher milk yield and milk efficiency lead to enhanced mobilisation and the corresponding metabolism problems.

Keywords: efficiency, live weight, breed, lactation number, stage of lactation

1. Einleitung und Problemstellung

Die Milchleistung der Kühe ist in Österreich von 1950 bis 2010 von etwa 3.000 auf 6.850 kg pro Kuh und Laktation gestiegen (ZAR 2011), im Durchschnitt um 64 kg pro Jahr. Seit dem Jahr 2012 liegt die durchschnittliche Herdenleistung eines österreichischen Betriebes über 7.000 kg Milch pro Kuh und Jahr und dieser Trend hält an (ZAR 2014). In anderen Ländern der westlichen Welt sind das Milchleistungsniveau und dessen jährliche Steigerung noch deutlich höher (LUCY 2001, KNAUS 2009). Diese hohen Milchleistungen beruhen einerseits auf der Verbesserung der genetischen Grundlage durch Zuchtmaßnahmen (Selektion und Kreuzung) und andererseits auf der Verbesserung der Fütterung (Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau), sowie auf tiergerechteren Haltungsbedingungen (Laufstall, Stallklima, Kuhkomfort etc.).

Da Milchleistung und Lebendmasse genetisch positiv korreliert sind, führt die Zucht auf Milchleistung zu Tieren mit höherer Lebendmasse und größerem Rahmen (KROGMEIER 2009). Dies erhöht auch den Erhaltungsbedarf. Somit muss eine Kuh mit höherer Lebendmasse mehr Milch produzieren, um die gleiche Nährstoffeffizienz zu erlangen wie eine Kuh mit geringerer Lebendmasse. Eine 850 kg schwere Kuh müsste 8.100 kg Milch pro Jahr geben, um die Nährstoffeffizienz einer 550 kg schweren Kuh mit 5.900 kg Milch zu erreichen (STEINWIDDER 2009). Nach GRUBER et al. (2004) erhöht sich die Gesamtfuttermittelaufnahme pro kg Milchleistung durchschnittlich nur um 0,22 kg TM. Daher ist eine höhere Energiekonzentration für die Deckung des zusätzlichen Nährstoffbedarfes nötig. Auf dieser Basis berechnete STEINWIDDER (2009) einen Kraftfutteranteil von 18 % für eine 550 kg schwere Kuh, aber einen Anteil von 27 % für eine Kuh mit 850 kg. GRUBER (2013) hat auf Basis der Nährstoffversorgungsempfehlungen der GfE (2001) errechnet, dass Kühe im Durchschnitt um 844 kg ECM mehr leisten müssen, wenn ihre Lebendmasse um 100 kg ansteigt, um die gleiche Nährstoffeffizienz (4,75 MJ NEL pro kg ECM) zu erreichen. THOMET et al. (2002) und STEINWIDDER (2009) weisen darauf hin, dass für eine zukünftig effiziente Ressourcennutzung die Einbeziehung der Lebendmasse in der Milchviehzucht nötig ist.

In der vorliegenden Arbeit wird auf Basis eines umfangreichen Datenmaterials die Lebendmasse und Milchleistung – sowie davon abgeleitet – die Effizienz der Milchleistung für die gängigsten Rassen und deren Kreuzungen in Abhängigkeit von Laktationszahl und Laktationsstadium beschrieben.

2. Literaturübersicht

Die Effizienz der Milchkühe, insbesondere die Futtereffizienz, beschäftigt die Wissenschaft schon seit langer Zeit. Bereits 1864 wurde von Professor Kühn auf die Bedeutung der Futterausnutzungs- und Futterverwertungsfähigkeit der Kühe hingewiesen (KÜHN 1864 in GRAVERT 1985).

Nach GRAVERT (1985) besteht ein enger Zusammenhang zwischen Milchleistung und Futtereffizienz. Dieser Autor berichtet von einer partiellen Korrelation zwischen Milchleistung und Futtereffizienz von 0,91 (unter Konstant-Haltung der Körpergröße). Weiters wurde eine genetische Korrelation zwischen FCM und Futtereffizienz im Ausmaß von 0,95 ermittelt. Die partielle Korrelation zwischen Futtereffizienz und Körpergröße (unter Konstant-Haltung der Milchleistung) wird mit 0,33 beschrieben. Dies bedeutet, dass bei gleicher Milchleistung kleinere Kühe effizienter sind als größere (GRAVERT 1985, YEREX et al. 1988). Dennoch sind größere Tiere in der Futterverwertung häufig effizienter als kleinere, da sie den steigenden Erhaltungsbedarf durch höhere Milchleistung kompensieren (GRAVERT 1985). HOOVEN et al. (1968) ermittelten genetische Korrelationen zwischen Effizienz und Milchleistung im Ausmaß von 0,92, zwischen Effizienz und Lebendmasse im Ausmaß von 0,17 und zwischen Lebendmasse und Milchmenge im Ausmaß von 0,28. Dies bedeutet, dass die Effizienz ganz entscheidend von der Höhe der Milchleistung bestimmt wird, die Effizienz allerdings mit steigender Lebendmasse zurückgeht und auch ein positiver Zusammenhang zwischen Lebendmasse und Milchleistung besteht. Die Rasse hat einen großen Einfluss auf die Futtereffizienz. DILLON et al. (2003) beschreiben einen signifikanten Effekt der Rasse auf die Trockenmasseaufnahme pro 100 kg LM bzw. pro 100 kg metabolischer LM. So haben HF-Kühe eine höhere Trockenmasseaufnahme als Kühe der Rassen Montbéliarde (MB) und Normande (NM).

Die Gewichtsveränderung vom Zeitpunkt der Abkalbung bis zum Ende der Laktation hat einen signifikanten Einfluss auf die Futtereffizienz, gemessen in FCM pro verbrauchte Nettoenergie (HOOVEN et al. 1968). HICKMAN und BOWDEN (1971) stellten fest, dass durch eine Steigerung der Effizienz bei HF-Kühen die Gewichtszunahmen innerhalb der Laktation abnehmen, aber die Abkalbegewichte gleich bleiben. Dies wird eher durch eine bessere Verwertbarkeit des Futters als durch Mobilisation von Körperfettreserven bestimmt. Zudem bedingt die Selektion auf Futtereffizienz eine Abnahme der Körpergrößen der Tiere.

STEINWIDDER (2009) kam in einer Modellrechnung zu dem Ergebnis, dass eine 550 kg schwere Kuh mit einer jährlichen Milchleistung von 5.900 kg ECM eine vergleichbare Futterkonvertierungseffizienz aufweist wie eine 850 kg schwere Kuh mit 8.100 kg ECM. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Milchleistung einer Kuh mit steigender Lebendmasse je 100 kg Lebendmasse um 12 - 13 % ansteigen muss, um die gleiche Futterkonvertierungseffizienz zu erreichen. Da aber der Futteraufnahmeanstieg bei steigender Lebendmasse und Milchleistung nicht ausreicht, um den zusätzlichen Erhaltungsbedarf zu decken, müssen Kühe mit höherer Lebendmasse zu Erzielung der gleichen Futterkonvertierungseffizienz eine konzentriertere, kraftfutterbetontere Ration erhalten. Dies wiederum erhöht die Anfälligkeit für Stoffwechselstörungen (STEINWIDDER 2009).

Spezialisierte Milchrassen sind hinsichtlich Milcheffizienz gegenüber Zweinutzungsrassen im Vorteil, da sie bei gleicher Lebendmasse eine deutlich höhere Milchleistung aufweisen (THOMET 2007). Vor allem in Low-Input-Produktionssystemen eignen sich laut HAIGER und KNAUS (2010) auf Lebensleistung gezüchtete Holstein Friesian-Kühe besser als Fleckviehkühe, da diese um 17 % leichter sind und bei etwa gleicher Milchleistung 8 % weniger Futterenergie pro kg ECM benötigen. Dies ermöglicht eine höhere Flächeneffizienz. Nach HAIGER und KNAUS (2010) ist folglich die forcierte Zucht auf größere bzw. schwerere Tiere – wegen ihrer höheren Futteraufnahme und Leistung – ganzheitlich betrachtet ein Trugschluss. Deshalb sollte bei der Zuchtwertschätzung die ECM-Leistung auf die metabolische Lebendmasse bezogen werden. COLEMAN et al. (2010) sehen den Parameter 'kg ECM pro kg met. LM' nur als ersten Schritt in Richtung der Definition der tatsächlichen Effizienz. Sie soll in Zukunft auch die Variation der Lebendmasse und Körperkondition und idealerweise den Futtermittelverbrauch beinhalten.

Auf Flächenleistung bezogen zeigen kleinere Tiere eine höhere Effizienz als größere. In einem dreijährigen Versuch von THOMET (2007) produzierte die Herde von kleineren Tieren eine um 9,1 % bzw. 5,8 % höhere Milchmenge im Vergleich zu den größeren Tieren bei gleichem Herdengesamtgewicht.

Damit gezielt auf Futtereffizienz selektiert und gezüchtet werden kann, ist die Heritabilität dieses Parameters von entscheidender Bedeutung. Nach HOOVEN et al. (1968) ist die Heritabilität der Futtereffizienz (0,46) um 0,16 niedriger als die der Milchleistung (0,62). Somit ist die indirekte Selektion auf Futtereffizienz über die Milchleistung genau so effektiv wie die direkte Selektion auf Futtereffizienz (FREMAM 1967, HOOVEN et al. 1968, HICKMAN und BOWDEN 1971, GRAVERT 1985). Angaben zu Heritabi-

lität von Milcheffizienzparametern (Milch bzw. ECM pro LM, Fett und Eiweiß pro LM) konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

3. Material und Methoden

3.1 Datenerhebung

Auf 19 landwirtschaftlichen Fachschulen aus allen Bundesländern Österreichs wurden insgesamt 701 Kühe vierteljährlich gewogen und gemessen. Der Erhebungszeitraum erstreckte sich von Februar 2012 bis Jänner 2013. Mitarbeiter und Schüler der jeweiligen Fachschulen erhoben mittels Viehmessstock und Viehmaßband sechs genau definierte Körpermaße. Der Brustumfang wurde unmittelbar nach der Vorderhand, der Bauchumfang an der größten Stelle des Bauchumfanges, die Brusttiefe unmittelbar nach der Vorderhand, die Kreuzhöhe im Bereich der Hüfthöcker als senkrechter Abstand vom Kreuzbein zum Boden, die Mittelhandlänge als Strecke vom Widerrist bis zur gedachten Linie der beiden Hüfthöcker und die Körperbreite wurde auf Höhe des Beckens gemessen. Die Lebendmasse wurde mit Viehwaagen einmal pro Erhebung auf den jeweiligen Betrieben festgestellt. Die Beurteilung der Körperkondition anhand einer 5-Punkte-Skala nach EDMONSON et al. (1989) wurde durch Mitarbeiter der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Die Milchleistungsdaten aller Kühe im Erhebungszeitraum wurden von der ZuchtData zur Verfügung gestellt. Um die Milchleistung der Kühe am entsprechenden Erhebungstag zu schätzen, wurden die Milchleistungsdaten der Leistungskontrolle vor und nach dem Erhebungstag linear interpoliert. Die Laktations- und Trockenstehstage wurden mit Hilfe des vorangegangenen Abkalbedatums ermittelt. Die Abstammungsdaten mit den entsprechenden Kreuzungsrassen und Fremdgenanteilen aller Tiere wurden ebenfalls von der ZuchtData bereitgestellt.

3.2 Einteilung in Klassen für Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium

Auf Grund der Verteilung der Untersuchung über das gesamte Bundesgebiet waren die gängigsten in Österreich vertretenen Rassen vorhanden (Fleckvieh, Braunvieh, Pinzgauer, Brown Swiss, Red Holstein und Holstein Friesian; FV, BV, PI, BS, RH, HF) sowie auch diverse Kreuzungen, wie sie sich aus der Zuchtpraxis ergeben. Aus den 'reinen' Rassen und den Kreuzungstieren mit unterschiedlichem Fremdgenanteil wurden folgende 7 Klassen an Rassen gebildet (FV 100-87,5, FV 87,5-50, BV 100/PI 100-87,5, PI 87,5-50, BS 100-50, RH 87,5-50, HF 100/RH 100-87,5). Die Zahlen hinter der Rasse geben den prozentuellen Genanteil der Eigenrasse an, der Rest auf 100 ist der jeweilige Fremdgenanteil. Im Falle von Fleckvieh und Pinzgauer war der Kreuzungspartner vorwiegend Red Holstein, bei Brown Swiss und Red Holstein wurde hauptsächlich mit Holstein Friesian eingekreuzt. Weiters wurden 5 Klassen an Laktationszahlen (1, 2, 3, 4 und ≥ 5) und 13 Klassen (Monate) an Laktations- sowie Trockenstehzeit gebildet (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 sowie 12, 13; d.h. 11 Monate für die Laktation und 2 Monate für die Trockenstehzeit).

Die Verteilung der Daten in den verschiedenen Klassen der Laktationszahl und des Laktations- bzw. Trockenstadiums innerhalb der 7 Rassen-Gruppen ist in *Tabelle 1* angeführt. Bei einer Gesamtanzahl von $N = 2.221$ waren Fleckvieh (Rasse 1 und 2) mit $n = 953$ Erhebungen und Brown Swiss (Rasse 5) mit $n = 658$ Erhebungen am häufigsten vertreten. Holstein (Rasse 6 und 7) trug mit $n = 374$ in etwas geringerem Umfang zu den Daten bei. Bezüglich Laktationszahl ging die Anzahl der Daten mit steigendem Alter zurück, wie es auch dem natürlichen Altersaufbau einer Herde entspricht (680, 437, 351, 264, 489 in Laktation 1, 2, 3, 4, ≥ 5). Hinsichtlich Laktationsstadium war die Verteilung ausgeglichen (durchschnittlich $n = 153$ je Stadium). Insgesamt zeigt die Aufstellung, dass die einzelnen Unterklassen für eine statistische Analyse vollständig und ausreichend mit Daten besetzt sind. Eine ‘Summary Statistic’ über die wichtigsten Parameter nach Schule und Rasse ist im Tabellenanhang angeführt (*Tabelle A1* und *A2*). Die *Tabelle A1* zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Schulen hinsichtlich Milchleistung, Milcheffizienz sowie Lebensmasse und Körpermaßen, die zum Teil durch die verschiedenen Rassen, aber auch durch unterschiedliches Management- und Umweltniveau bedingt sind. Auch die in *Tabelle A2* angeführten Ergebnisse zu den einzelnen Rassen sind von diversen Unterschieden im Management und Futterniveau überlagert.

3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) unter Verwendung der Prozedur MIXED durchgeführt. Zur Analyse der Daten wurde folgendes Modell angewendet:

$$Y_{ijklmn} = \mu + R_i + L_j + Z_k + S_l + (R \times L)_{ij} + (R \times Z)_{ik} + (L \times Z)_{jk} + K(S)_m + \mathcal{E}_{ijklmn}$$

Y_{ijklmn} = Beobachtungswert des abhängigen Parameters
 μ = Intercept
 R_i = fixer Effekt der Rasse i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$)
 L_j = fixer Effekt der Laktationszahl j ($j = 1, 2, 3, 4, \geq 5$)
 Z_k = fixer Effekt der Zeit k ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11; 12, 13$)
 S_l = fixer Effekt der Schule ($l = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19$)
 $(R \times L)_{ij}$ = Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationszahl j
 $(R \times Z)_{ik}$ = Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationsstadium k
 $(L \times Z)_{jk}$ = Wechselwirkung zwischen Laktationszahl j und Laktationsstadium k
 $K(S)_m$ = zufälliger Effekt Kuh genestet innerhalb Schule
 \mathcal{E}_{ijklmn} = Restkomponente

Auf Grund der Struktur der Daten (verschiedene Schulbetriebe, mehrere Kühe innerhalb Schule) wurde der (zufällige) Effekt des Tieres mit dem Statement RANDOM Kuh(Schule) berücksichtigt. Als Kovarianzstruktur im Statement RANDOM wurde Type = VC (Variance components) gewählt, das bei Testläufen mit den wichtigsten Parametern den geringsten AIC-Wert (Akaike information criterion) ergab (‘smaller is better’). Die für den Test der fixen Effekte festzulegende Anzahl der Freiheitsgrade im Nenner wurde nach der Methode KENWARD-ROGER näherungsweise ermittelt. Multiple Vergleiche der Least

Tabelle 1: Verteilung der Daten in den Klassen für Laktationszahl, Laktations- bzw. Trockenstadium innerhalb der Rassen

	Rasse							Summe
	1	2	3	4	5	6	7	
Laktationszahl								
1	239	53	16	53	187	57	75	680
2	151	28	24	12	134	60	28	437
3	135	28	10	16	106	22	34	351
4	89	38	22	25	69	9	12	264
≥ 5	139	53	14	44	162	27	50	489
Summe	753	200	86	150	658	175	199	2.221
Laktation / Trockenstehzeit								
laktierend	649	172	66	128	586	152	179	1932
trocken	104	28	20	22	72	23	20	289
Summe	753	200	86	150	658	175	199	2.221
Laktations- bzw. Trockenstadium								
1	51	30	8	17	65	18	23	212
2	64	11	2	9	55	8	12	161
3	72	15	7	12	56	15	20	197
4	54	14	6	13	60	15	22	184
5	50	16	9	12	48	19	17	171
6	61	15	5	10	35	15	15	156
7	62	11	6	10	34	11	11	145
8	42	13	4	6	48	11	18	142
9	56	18	6	7	57	13	14	171
10	50	10	3	9	28	8	7	115
11	41	7	4	8	35	5	6	106
12	36	13	11	8	30	4	8	110
13	54	6	2	4	34	13	9	122
Summe	693	179	73	125	585	155	182	1.992

Squares-Mittelwerte wurden mit der PDIFF Option des LS-MEANS Statements nach der Methode TUKEY-KRAMER berechnet. Als Signifikanzschwelle diente eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($P < 0,05$). Zur Kalkulation der Restkomponente wurde der RMSE-Wert (root mean square error) als Wurzel des Residual-Wertes herangezogen. Die partiellen Korrelationen zwischen verschiedenen Parametern wurden mit der Prozedur GLM unter Verwendung des gleichen (oben angeführten) Modells errechnet, d.h. unter Berücksichtigung der fixen Effekte von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium und deren Wechselwirkungen sowie des fixen Effekts der Schule und dem zufälligen Effekt der Kuh innerhalb Schule.

4. Ergebnisse und Diskussion

Der Einfluss der Haupteffekte Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium auf Lebendmasse, Milchleistung und Milcheffizienz ist in *Tabelle 2* und *3* sowie den *Abbildungen 1 - 3* angeführt. Der Einfluss der Wechselwirkungen zwischen diesen Effekten ist in *Abbildung 4* dargestellt.

4.1 Einfluss der Rasse

Der Faktor Rasse übte in nahezu allen Kriterien der Milchleistung und Milcheffizienz sowie Lebendmasse und Körpermaße einen hochsignifikanten Einfluss aus ($P < 0,001$). Nur im Gehalt an Milchinhaltsstoffen traten zwischen den Rassen keine signifikanten Unterschiede auf, ebenso bei der Körperbreite. Die Milchleistungen der kombinierten Zweinutzungsrasen FV 100-87,5, FV 87,5-50 und PI 87,5-50 waren recht ähnlich (25,5, 26,1, 25,8 kg ECM/d). Dagegen lag die Leistung der milchbetonten Gruppen – wie zu erwarten – auf einem signifikant höheren Niveau (28,2, 27,9, 28,4 kg ECM/d). Die Differenz zwischen diesen Gruppen macht knapp 2,4 kg ECM/d aus (*Abbildung 1*). Nur die Gruppe BV 100/PI 100-87,5 zeigte eine deutlich geringere Milchleistung (20,6 kg ECM/d). Bei der Interpretation dieser Milchleistungsergebnisse ist zu beachten, dass sie wohl hinsichtlich Laktationszahl und Laktationsstadium statistisch korrigiert sind (LS-Means), allerdings das Umweltniveau (besonders Kraftfuttermenge, Grundfutterqualität) nicht berücksichtigt werden konnte, da diesbezüglich keine Erhebungen durchgeführt wurden. Allerdings wird vom fixen Effekt ‘Schule’ ein bestimmter Anteil dieser Umwelteinflüsse übernommen.

Die offiziellen Ergebnisse der ZAR (2014) weisen für Fleckvieh, Braunvieh, Holstein und Pinzgauer Leistungen von 7.103, 7.111, 8.483 und 5.616 kg Milch aus (305-Tage-Standardlaktation) bzw. 536, 541, 625 und 402 kg Fett und Eiweiß. Daraus errechnen sich 7.199, 7.234, 8.459 und 5.460 kg ECM. Daraus geht hervor, dass der Unterschied zwischen Fleckvieh und Holstein in der vorliegenden Untersuchung geringer ist als im österreichischen Populationsdurchschnitt. Weiters lagen die Leistungen von Brown Swiss und Pinzgauer in der vorliegenden Untersuchung relativ zu Fleckvieh höher als in der offiziellen Milchleistungsstatistik. Die Ursachen für diese Diskrepanzen liegen aller Wahrscheinlichkeit nach im unterschiedlichen Futterniveau der einzelnen Schulbetriebe (im Vergleich zum Landesdurchschnitt) und im unterschiedlichen Anteil an (milchbetonten) Kreuzungspartnern (im Vergleich zum durchschnittlichen Fremdenanteil der jeweiligen Rasse

in Österreich; dies betrifft besonders den Anteil von Red Holstein bei Pinzgauer).

Die höhere Leistung von milchbetonten Zweinutzungsrasen im Vergleich zu kombinierten ergibt sich aus der unterschiedlichen Verteilung der aufgenommenen Nährstoffe in Richtung Milcherzeugung bzw. Körperretention sowie auch aus der mit der Züchtung auf Milchleistung verbundenen Veranlagung zu verstärkter Mobilisation (YAN et al. 2006). Dies wurde in vielen Versuchen bestätigt – auch unter Berücksichtigung verschiedener Futterniveaus (Genotyp-Umwelt-Interaktion). Entsprechende Ergebnisse sind in der Literaturübersicht zusammengestellt (*Tabelle A3*). Für den mitteleuropäischen Raum wird auf umfangreiche Feldversuche von HAIGER und Mitarbeiter verwiesen (HAIGER et al. 1987, HAIGER und SÖLKNER 1995, HAIGER und KNAUS 2010). Auch in umfangreichen und langfristigen Fütterungsversuchen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden häufig kombinierte und milchbetonte Zweinutzungsrasen – unter identischen Umweltbedingungen (Haltung, Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau) – verglichen (GRUBER et al. 1991, GRUBER et al. 1995, GRUBER et al. 2014, LEDINEK und GRUBER 2014). In der Schweiz wurden vor allem Fleckvieh und Braunvieh mit Brown Swiss und Holstein verglichen (KÜNZI 1969, ZAUGG 1976, BIERI 1982) und in Holland Schwarzbunte und Rotbunte mit Holstein und Jersey (KORVER 1982, OLDENBROEK 1984 a und b, OLDENBROEK 1986, OLDENBROEK 1988). Die milchbetonten Tiere wiesen durchwegs eine höhere Milchleistung auf und ganz besonders eine günstigere Milcheffizienz (Milch pro LM, Milch pro Futter).

In der vorliegenden Untersuchung ging die Lebendmasse mit dem Grad der Milchbetonung zurück (*Abbildung 1*). Kühe der Rasse Fleckvieh wogen etwas mehr als 760 kg (FV 100-87,5, FV 87,5-50), Brown Swiss-Kühe hatten eine Lebendmasse von 698 kg und Holstein-Kühe eine Lebendmasse von 665 kg (*Tabelle 2*). Dies wird in zahlreichen Versuchen bestätigt (siehe Literaturübersicht in *Tabelle A3*). Die Nutzungsrichtung der Kühe und die daraus sich ergebenden Körperproportionen spiegeln sich auch in den Körpermaßen wider, die durchwegs ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Rassen aufweisen. Relativ zur Lebendmasse sind milchbetonte Kühe im Vergleich zu kombinierten Kühen höher und schmaler sowie auch länger (*Tabelle 2*). Und wie zu erwarten, ist das unterschiedliche Mobilisationsvermögen der Kuhtypen auch an der Körperkondition sichtbar. Die kombinierten Typen weisen 3,50, 3,46, 3,70, 3,42 BCS auf (FV 100-87,5, FV 87,5-50, BV 100/PI 100-87,5, PI 87,5-50), während die milchbetonten Kühe durch niedrigere Körperkondition charakterisiert sind (2,91, 3,15, 2,97 BCS für BS 100-50, RH 87,5-50, HF 100/RH 100-87,5).

Aus Milchleistung und Lebendmasse errechnet sich der Effizienzparameter ‘Milchleistung pro Lebendmasse’ (in g Milch/kg LM bzw. g ECM/kg LM oder g FettEiw/kg LM). In allen diesen Effizienzparametern weisen die im vorliegenden Versuch geprüften Rassen bzw. Genotypen signifikante Unterschiede auf. Wie sich aus der Diskussion der Ergebnisse für Milchleistung und Lebendmasse abzeichnet, ergeben sich für kombinierte Kuhtypen geringere Effizienzwerte als für milchbetonten Kühe. Die Kühe der Rasse Fleckvieh und Pinzgauer erreichen eine Effizienz von etwa 34 bis 35 g ECM/kg LM (34,0, 34,5, 34,8 g für FV 100-

Tabelle 2: Einfluss der fixen Effekte Rasse und Laktationszahl auf Milchleistung, Lebendmasse und Körpermaße sowie Milcheffizienz

Parameter	Einheit	Rasse (R)				Laktationszahl (L)							RMSE	R	P-Wert L	R × L
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4				
Milchleistung																
Milchleistung	kg	24,4 ^b	25,1 ^{bc}	20,8 ^a	25,8 ^{bcd}	27,5 ^{cd}	27,6 ^{cd}	28,2 ^d	22,2 ^a	25,3 ^b	26,2 ^{bc}	27,7 ^c	26,6 ^{bc}	3,7	<0,001	0,102
Fettgehalt	%	4,37	4,34	3,85	4,11	4,22	4,19	4,19	4,13	4,19	4,23	4,19	4,17	0,54	0,736	0,875
Eiweißgehalt	%	3,53	3,51	3,46	3,42	3,48	3,40	3,40	3,45	3,49	3,43	3,46	3,45	0,23	0,267	0,089
Fettmenge	kg	1,07 ^b	1,09 ^b	0,82 ^a	1,05 ^b	1,17 ^b	1,14 ^b	1,17 ^b	0,92 ^a	1,07 ^b	1,10 ^{bc}	1,16 ^c	1,11 ^{bc}	0,21	<0,001	0,031
Eiweißmenge	kg	0,86 ^b	0,87 ^{bc}	0,72 ^a	0,87 ^{bc}	0,95 ^c	0,92 ^{bc}	0,94 ^c	0,77 ^a	0,88 ^b	0,89 ^c	0,94 ^c	0,90 ^c	0,13	<0,001	0,239
Fett- und Eiweißmenge	kg	1,92 ^b	1,96 ^b	1,54 ^a	1,92 ^b	2,11 ^b	2,07 ^b	2,11 ^b	1,68 ^a	1,94 ^b	1,99 ^{bc}	2,10 ^c	2,02 ^{bc}	0,31	<0,001	0,058
ECM-Leistung	kg	25,5 ^b	26,1 ^{bc}	20,6 ^a	25,8 ^{bc}	28,2 ^c	27,9 ^{bc}	28,4 ^c	22,5 ^a	25,9 ^b	26,7 ^{bc}	28,2 ^c	27,0 ^{bc}	4,0	<0,001	0,042
Lebendmasse und Körpermaße																
Lebendmasse	kg	761 ^d	766 ^d	726 ^{bcd}	739 ^{cd}	698 ^b	712 ^{bc}	665 ^a	654 ^a	712 ^b	741 ^c	755 ^c	757 ^c	37	<0,001	0,017
Brustumfang	cm	215 ^{cd}	216 ^d	212 ^{bcd}	213 ^{bcd}	210 ^{ab}	211 ^{bc}	207 ^a	204 ^a	211 ^b	213 ^c	216 ^d	216 ^d	5	<0,001	0,140
Bauchumfang	cm	260 ^b	266 ^c	259 ^{ab}	261 ^{bc}	254 ^a	258 ^{ab}	254 ^a	249 ^a	257 ^b	262 ^c	263 ^c	264 ^c	8	<0,001	0,324
Brusttiefe	cm	78,7 ^a	79,7 ^b	77,6 ^a	80,1 ^b	78,9 ^{ab}	79,7 ^b	79,0 ^{ab}	75,9 ^a	78,6 ^b	79,8 ^c	80,8 ^d	80,5 ^{cd}	2,7	0,049	0,004
Kreuzhöhe	cm	144 ^{ab}	145 ^{ab}	142 ^a	145 ^b	148 ^c	146 ^{bc}	145 ^b	144 ^a	145 ^{bc}	145 ^{bc}	146 ^c	145 ^{bc}	2	<0,001	0,416
Mittelhandlänge	cm	95,2 ^b	96,3 ^{bc}	91,3 ^a	96,1 ^{bc}	96,3 ^{bc}	96,1 ^{bc}	97,5 ^c	91,9 ^a	95,2 ^b	95,8 ^{bc}	97,7 ^d	97,2 ^{cd}	4,7	<0,001	0,239
Körperbreite	cm	56,5	56,2	55,3	56,7	54,8	55,9	55,8	53,8 ^a	56,0 ^b	56,2 ^{bc}	57,0 ^c	56,4 ^{bc}	3,2	0,078	0,179
Body Condition Score Punkte		3,50 ^{cd}	3,46 ^c	3,70 ^d	3,42 ^c	2,91 ^a	3,15 ^b	2,97 ^{ab}	3,26 ^c	3,34 ^b	3,39 ^b	3,31 ^{ab}	3,21 ^a	0,26	<0,001	<0,001
Milcheffizienz																
Milch pro LM	g/kg	32,5 ^a	33,3 ^a	30,7 ^a	34,9 ^a	40,8 ^{bc}	38,8 ^b	43,1 ^c	35,2	36,4	36,6	37,9	35,5	5,4	<0,001	0,111
ECM pro LM	g/kg	34,0 ^{ab}	34,5 ^{ab}	30,2 ^a	34,8 ^b	41,8 ^{cd}	39,0 ^c	43,1 ^d	35,4 ^a	37,1 ^{ab}	37,1 ^{ab}	38,4 ^b	35,9 ^a	5,6	<0,001	0,047
Fett und Eiweiß pro LM	g/kg	2,56 ^{ab}	2,58 ^b	2,24 ^a	2,58 ^b	3,13 ^{cd}	2,90 ^c	3,20 ^d	2,64 ^a	2,77 ^{bc}	2,76 ^{abc}	2,86 ^c	2,67 ^{ab}	0,43	<0,001	0,005

87,5, FV 87,5-50, PI 87,5-50), während die Effizienz der milchbetonten Kühe bei 39 bis 43 g ECM/kg LM liegt (41,8, 39,0, 43,1 g für BS 100-50, RH 87,5-50, HF 100/RH 100-87,5). Mit steigender Milchbetonung erhöht sich also die Milcheffizienz (Abbildung 1). Nur die Gruppe BV 100/PI 100-87,5 hebt sich durch eine deutlich geringere Milcheffizienz ab (30,2 g ECM/kg LM).

Die günstigere Effizienz höher veranlagter Tiere wurde in vielen Versuchen bestätigt (z.B. OLDENBROEK et al. 1984, HAIGER et al. 1987, GRUBER et al. 1995, VEERKAMP et al. 1995, BUCKLEY et al. 2000, siehe auch Tabelle A3). Die bessere Verwertung ist die Folge von höherer Futtermittelaufnahme und intensiverer Mobilisation (MÜNGER 1994, MAYNE und GORDON 1995, VEERKAMP et al. 1995). Bei dieser Bewertung sollte allerdings nicht übersehen werden, dass die Mast- und Schlachtleistung der Nachkommen von milchbetonten Kühen niedriger ist als die von kombinierten Tieren (ZAUGG 1976, ROHR und DAENICKE 1978, DAENICKE und ROHR 1978, HUTH 1978, KÖGEL und ALPS 1978, BURGSTALLER et al. 1984, HEGEDÜS und BURGSTALLER 1985, ALPS et al. 1985, ROSENBERGER et al. 1985, HAIGER und KNAUS 2010). Der Grund liegt im unterschiedlichen täglichen Körperansatz von Protein und Fett dieser Nutzungstypen, der zu einem unterschiedlichen Energiebedarf pro kg Zuwachs und auch zu einer unterschiedlichen Schlachtkörperzusammensetzung führt (GfE 1995, CSIRO 2007). Die ZAR (2014) gibt den täglichen Zuwachs von Versteigerungsstieren der Rasse Fleckvieh mit 1.373 g und der Rasse Pinzgauer mit 1.162 g an. Der Tageszuwachs auf Eigenleistungsstationen für Fleckvieh beträgt 1.393 bzw. 1.463 g. Für die Stiere der milchbetonten Rassen gibt es in Österreich keine Erhebungen.

4.2 Einfluss der Laktationszahl

Die Laktationszahl übte einen signifikanten Einfluss auf die Milchmenge und die Lebendmasse aus, die beide mit zunehmendem Alter signifikant anstiegen (Tabelle 2, Abbildung 2). Der Anstieg wurde allerdings von Laktation zu Laktation geringer. Die größten Veränderungen erfolgten von der ersten zur zweiten Laktation. Sowohl hinsichtlich Milchleistung als auch Lebendmasse gab es zwischen 4. und ≥5. Laktation keine Unterschiede. Die Milchleistung betrug in Laktation 1, 2, 3, 4 und ≥5 22,5, 25,9, 26,7, 28,2 und 27,0 kg ECM und die Lebendmasse belief sich auf 654, 712, 741, 755 und 757 kg. Im Gehalt der Milch an Fett und Eiweiß unterschieden sich die Laktationen nicht. Diese Entwicklung der Milchleistung in Abhängigkeit von der Laktationszahl ist für die einzelnen Rassen auch in der offiziellen Milchleistungsstatistik Österreichs gegeben (ZAR 2014). Mit dem Alter ändern sich natürlich auch die Körperproportionen und damit die Körpermaße signifikant. Dies betrifft nicht sosehr die Höhe der Tiere, sondern besonders deren Länge und Breite.

Die mit dem Alter gleichlaufende Entwicklung von Milchleistung und Lebendmasse führt dazu, dass sich die Milcheffizienz mit dem Anstieg der Laktationszahl in wesentlich geringerem Ausmaß ändert (Tabelle 2,

Tabelle 3: Einfluss des fixen Effektes Laktationsstadium auf Milchleistung, Lebendmasse und Körpermaße sowie Milcheffizienz

Parameter	Einheit	Zeit (Z)											RMSE	P-Werte			
		Laktationsstadium (Monate)												Z	R × Z	L × Z	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
Milchleistung																	
Milchleistung	kg	31,5	33,1	30,4	29,4	27,4	26,1	24,1	22,8	21,2	19,4	16,4	3,7	<0,001	0,413	<0,001	
Fettgehalt	%	4,17	3,88	4,09	4,06	4,05	4,08	4,19	4,16	4,24	4,35	4,73	0,54	<0,001	0,622	0,002	
Eiweißgehalt	%	3,35	3,09	3,20	3,29	3,39	3,43	3,51	3,56	3,63	3,66	3,91	0,23	<0,001	0,002	0,300	
Fettmenge	kg	1,34	1,30	1,25	1,20	1,11	1,08	1,02	0,95	0,92	0,84	0,79	0,21	<0,001	0,648	<0,001	
Eiweißmenge	kg	1,06	1,03	0,97	0,97	0,93	0,90	0,85	0,81	0,77	0,71	0,64	0,13	<0,001	0,248	<0,001	
Fett- und Eiweißmenge	kg	2,40	2,33	2,22	2,16	2,03	1,97	1,87	1,75	1,70	1,55	1,42	0,31	<0,001	0,422	<0,001	
ECM-Leistung	kg	32,2	32,0	30,2	29,3	27,4	26,4	24,8	23,3	22,3	20,4	18,4	4,0	<0,001	0,425	<0,001	
Lebendmasse und Körpermaße																	
Lebendmasse	kg	702	719	691	697	698	699	709	719	725	727	737	37	<0,001	<0,001	0,426	
Brustumfang	cm	210	209	209	209	210	211	211	213	212	211	213	5	<0,001	<0,001	0,074	
Bauchumfang	cm	252	258	253	253	256	256	258	257	260	260	263	8	<0,001	<0,001	0,013	
Brusttiefe	cm	78,0	78,7	77,9	77,9	78,5	79,1	78,8	79,1	79,2	79,9	80,0	2,7	<0,001	0,011	0,575	
Kreuzhöhe	cm	145	146	145	145	145	145	145	145	145	145	145	2	0,566	0,760	0,547	
Mittelhandlänge	cm	94,1	94,5	95,1	95,1	95,7	95,1	95,4	95,4	95,8	96,3	95,8	4,7	0,760	0,786	0,044	
Körperbreite	cm	55,4	55,3	54,7	55,3	56,0	55,2	56,2	56,1	56,0	56,2	56,3	3,2	0,004	0,368	0,292	
Body Condition Score	Punkte	3,30	3,16	3,11	3,18	3,22	3,13	3,16	3,27	3,29	3,26	3,48	0,26	<0,001	0,006	0,027	
Milcheffizienz																	
Milch pro LM	g/kg	45,5	47,6	43,8	42,1	39,2	37,6	33,8	32,1	29,1	26,4	22,0	5,4	<0,001	0,026	<0,001	
ECM pro LM	g/kg	46,2	45,9	43,3	41,7	39,3	38,0	34,5	32,6	30,5	27,7	24,7	5,6	<0,001	0,005	<0,001	
Fett und Eiweiß pro LM	g/kg	3,43	3,33	3,18	3,08	2,92	2,83	2,59	2,45	2,31	2,10	1,92	0,43	<0,001	0,006	<0,001	

Abbildung 2; P = 0,045 bis 0,111). In der 5. Laktation ging die Milcheffizienz sogar wieder zurück (35,4, 37,1, 37,1, 38,4, 35,9 g ECM/kg LM).

4.3 Einfluss des Laktationsstadiums

Infolge der hormonellen Steuerung der Milchbildung im Organismus ist – wie bekannt – ein deutlicher Rückgang der Milchleistung im Laufe der Laktation festzustellen (FALCONER 1971, VERNON 1988). Aus Tabelle 3 und Abbildung 3 geht klar hervor, dass sowohl die Milchleistung als auch die Milcheffizienz im Laufe der Laktation signifikant zurückgehen, während der Gehalt an Milchinhaltsstoffen ansteigt. Nach einem Abfall zu Laktationsbeginn steigt auch die Lebendmasse an, und zwar als Folge des Wiederauffüllens der Körperreserven als auch des fötalen Wachstums. Mit Ausnahme der Kreuzhöhe nehmen auch alle Körpermaße zu.

Die gegenteilige Entwicklung von Milchleistung und Lebendmasse führt zu einem starken Rückgang der Milcheffizienz. Sie nimmt im Mittel aller Rassen und Laktationszahlen von 46,2 auf 24,7 g ECM/kg LM ab. Daher ist bei Aussagen über die Milcheffizienz unbedingt das Laktationsstadium zu berücksichtigen bzw. bei der Berechnung der Effizienz die Milchleistung pro Standardlaktation heranzuziehen.

4.4 Einfluss der Wechselwirkungen

Hinsichtlich Milchleistung (kg Milch/d) und Gehalt an Milchinhaltsstoffen (Fett und Protein, %) bestanden keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Rasse und Laktationszahl, d.h. die Entwicklung der Milchleistung mit zunehmendem Alter erfolgte für alle Rassen in gleicher Weise. Dagegen ergaben sich hinsichtlich Fettmenge, Fett- und Eiweiß-Menge und die Milchleistung (in ECM, kg/d) signifikante Wechselwirkungen mit P = 0,031 bis 0,058 (Tabelle 2). Eine signifikante Wechselwirkung zwischen Rasse und Laktationszahl wurde ganz besonders hinsichtlich Lebendmasse und BCS festgestellt, während sich bei den Körpermaßen mit Ausnahme der Brusttiefe keine signifikanten Wechselwirkungen ergaben. In den Parametern der Milcheffizienz traten dagegen hochsignifikante Wechselwirkungen zwischen Rasse und Laktationszahl auf. Bei den kombinierten Tieren (FV 100-87,5, FV 87,5-50, BV 100/PI 100-87,5, PI 87,5-50) stieg die Milcheffizienz mit zunehmender Laktationszahl kontinuierlich an, während diese bei den milchbetonten Kühen (BS 100-50, RH 87,5-50, HF 100/RH 100-87,5) ab der 3. bis 4. Laktation wieder abnahm (Abbildung 4). Dies kann sowohl durch Unterschiede in der physiologischen Reife (d.h. Wachstumsentwicklung) als auch durch den unterschiedlichen Alterungsprozess und damit verbundenen Stoffwechselanfälligkeiten bedingt sein.

Wechselwirkungen zwischen Rasse und Laktationsstadium traten in den Milchleistungsparametern mit Ausnahme des Milcheiweißgehaltes nicht auf (Tabelle 3). Die Milchleistungsparameter verhielten sich also während der Laktation für alle Rassen in

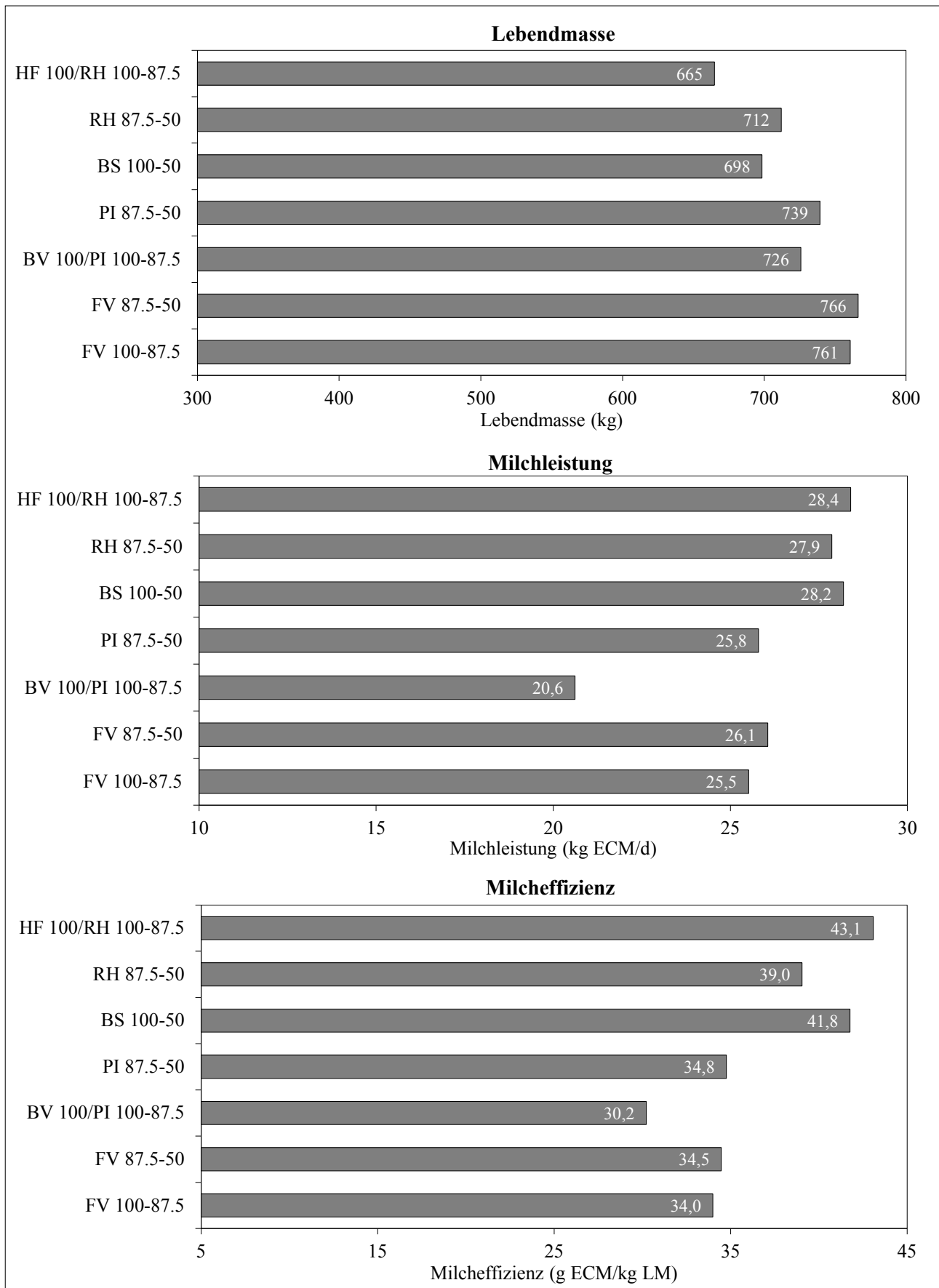


Abbildung 1: Einfluss der Rasse auf Lebendmasse, Milchleistung und Milcheffizienz

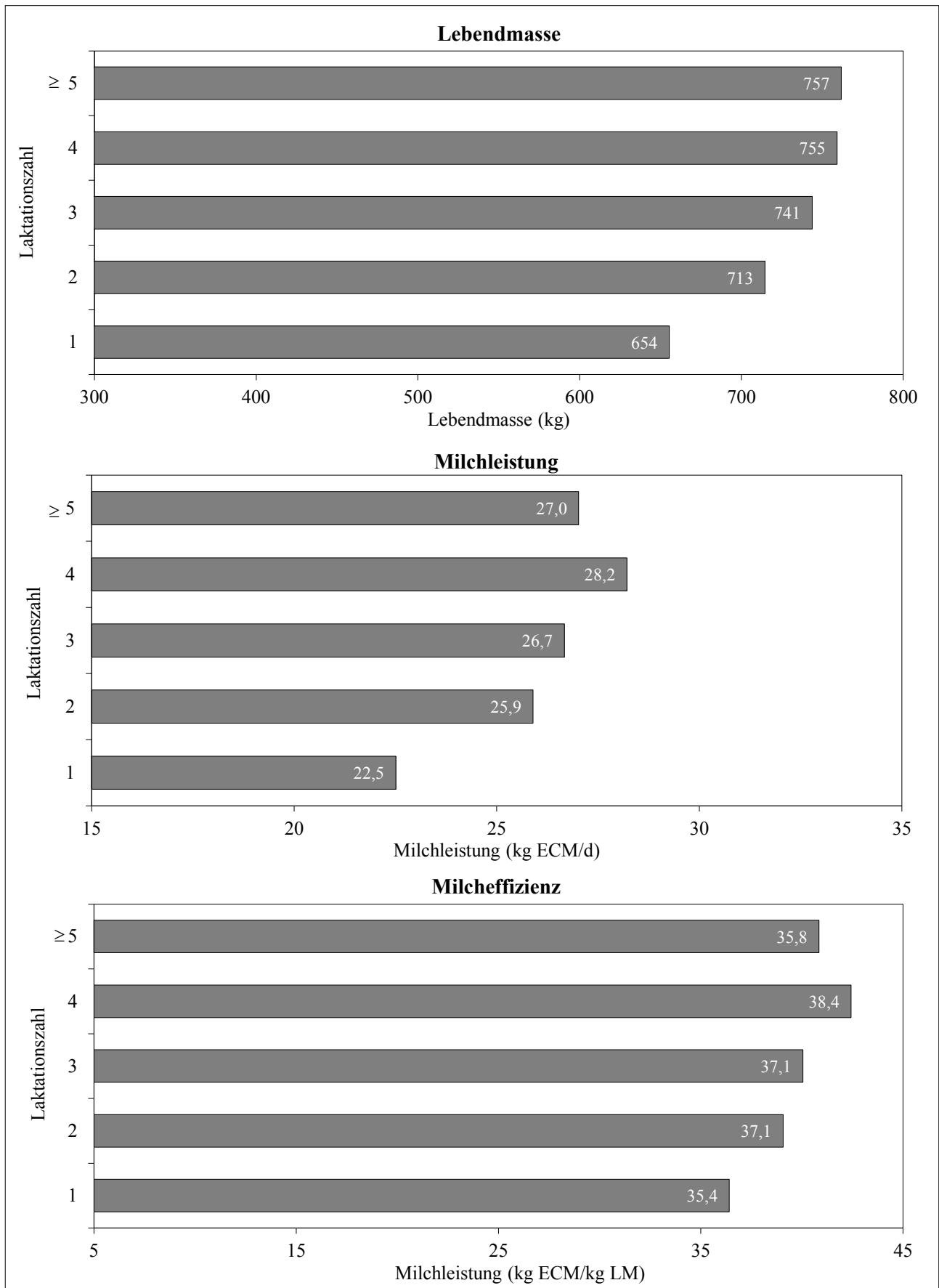


Abbildung 2: Einfluss der Laktationszahl auf Lebendmasse, Milchleistung und Milcheffizienz

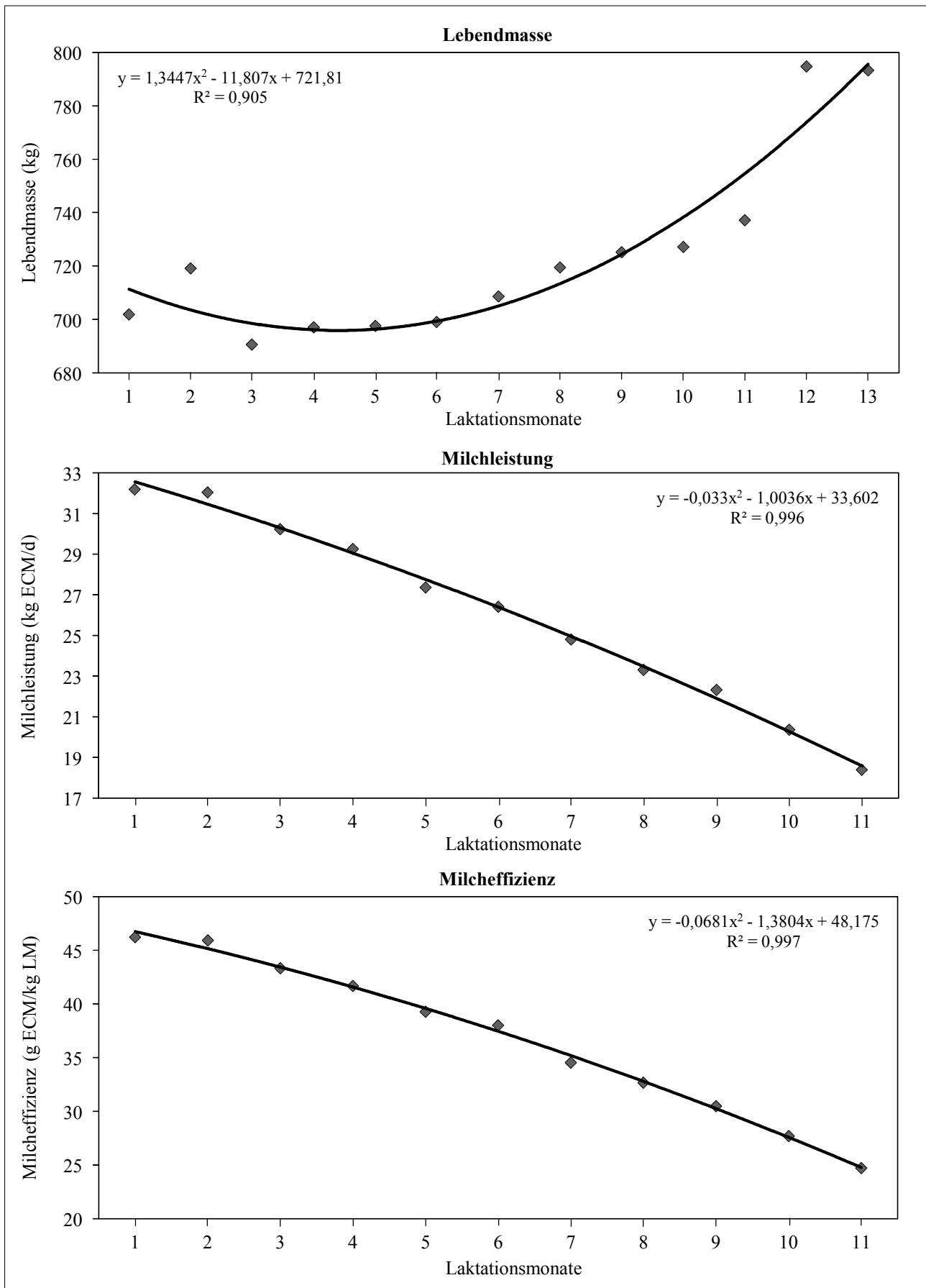


Abbildung 3: Einfluss des Laktationsstadiums auf Lebendmasse, Milchleistung und Milcheffizienz

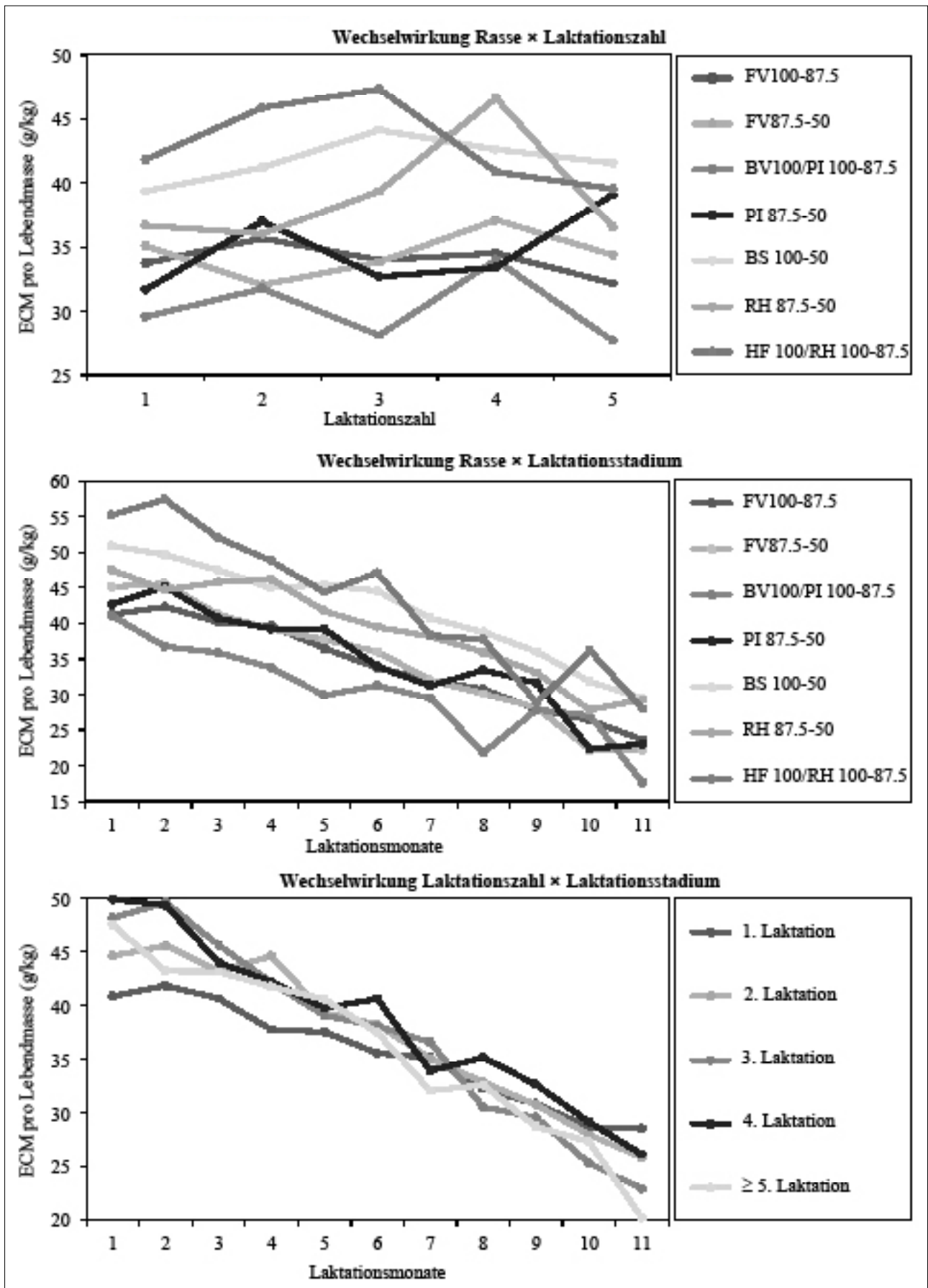


Abbildung 4: Wechselwirkungen zwischen Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium hinsichtlich Milcheffizienz (ECM pro LM)

Tabelle 4: Partielle phänotypische Korrelationen zwischen Milchleistung sowie Milcheffizienz und Lebendmasse, Körpermaßen und BCS

Parameter	Milchleistung (kg/d)			Milcheffizienz (Milchleistung pro kg LM)		
	Milch	ECM	FettEiw	Milch	ECM	FettEiw
Lebendmasse	0,126	0,153	0,160	-0,289	-0,260	-0,249
Brustumfang	0,049	0,088	0,099	-0,235	-0,194	-0,181
Bauchumfang	0,127	0,153	0,161	-0,125	-0,093	-0,083
Brusttiefe	0,098	0,119	0,123	-0,098	-0,070	-0,065
Kreuzhöhe	0,092	0,093	0,094	-0,068	-0,061	-0,057
Körperlänge	0,093	0,102	0,102	-0,026	-0,012	-0,010
Körperbreite	0,003	0,006	0,006	-0,137	-0,130	-0,129
BCS	-0,157	-0,112	-0,096	-0,305	-0,267	-0,251

ähnlicher Weise. Dagegen gab es signifikante Wechselwirkungen zwischen Rasse und Laktationsstadium hinsichtlich Lebendmasse und BCS sowie den Körpermaßen Brust- und Bauchumfang und Brusttiefe. Infolge der Wechselwirkung hinsichtlich Lebendmasse waren auch die Wechselwirkungen bei den Parametern der Milcheffizienz hochsignifikant ($P < 0,01$, *Abbildung 4*). Den stärksten Rückgang der Milcheffizienz im Lauf der Laktation verzeichnete Holstein Friesian, im Gegensatz zu Brown Swiss und Red Holstein, was mit der starken Mobilisation bei HF zu erklären ist.

Im Gegensatz dazu rührt die signifikante Wechselwirkung zwischen Laktationszahl und Laktationsstadium hinsichtlich Milcheffizienz von der Wechselwirkung bei den Parametern der Milchleistung (und nicht der Lebendmasse sowie Körpermaße, *Tabelle 3*). Der Verlauf der Milchleistungsparameter während der Laktation – und als Folge davon auch die Milcheffizienz – ist also zwischen den einzelnen Laktationsnummern signifikant verschieden, dagegen ist die Entwicklung der Lebendmasse von der Laktationszahl nicht beeinflusst.

4.5 Korrelationen zwischen Lebendmasse, Körpermaßen, BCS sowie Milchleistung und Milcheffizienz

In *Tabelle 4* sind die partiellen phänotypischen Korrelationen zwischen Milchleistung sowie Milcheffizienz und Lebendmasse, Körpermaßen und BCS angeführt. Es wird darauf hingewiesen, dass bei der Berechnung dieser partiellen Korrelationen die fixen Effekte von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium inklusive deren Interaktionen (sowie der fixe Effekt der Schule und der zufällige Effekt des Tieres) im statistischen Modell berücksichtigt wurden. Hinsichtlich der Beziehung zwischen Milchleistung und Lebendmasse sowie der Körpermaße zeigen die Ergebnisse, dass die Milchleistung (Milch, ECM, Fett- und Eiweißmenge) leicht positiv mit der Lebendmasse korreliert ($r = +0,13$ bis $+0,16$), d.h. höhere Milchleistungen gehen mit Kühen von höherer Lebendmasse und größerem Rahmen einher. Dementsprechend geht allerdings die Milcheffizienz mit steigender Lebendmasse zurück, und zwar deutlicher als die Lebendmasse mit der Milchleistung ansteigt ($r = -0,25$ bis $-0,29$). Ähnlich sind auch die Korrelationen hinsichtlich der Körpermaße zu interpretieren. Größere Kühe weisen eine ungünstigere Milcheffizienz auf. Es ist auch noch auf die negativen Korrelationen zwischen BCS und Milchleistung sowie Milcheffizienz hinzuweisen. Hinsichtlich Milchleistung bedeutet dies, dass steigende Milchleistungen auf intensiverer Mobilisation beruhen

und die Stoffwechselbelastung somit ansteigt (SÖLKNER 1989, PRYCE et al. 1997, FLEISCHER et al. 2001, LUCY 2001, VEERKAMP et al. 2003, MARTENS 2013, URDL et al. 2015). Und hinsichtlich Milcheffizienz ist zu beachten, dass eine günstige Milcheffizienz ebenfalls mit abnehmender Körperkondition verbunden ist, was Tiere mit intensiver Mobilisation begünstigt, allerdings ebenfalls die Wahrscheinlichkeit für Stoffwechselerkrankungen erhöht.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Milcheffizienz (Milchleistung pro LM) mit dem Grad der Milchbetonung der Rassen bzw. Genotypen ansteigt, weil deren Lebendmasse geringer und gleichzeitig deren Milchleistung höher ist. Für die objektive Gesamtbeurteilung einer Rasse muss auch die Mastleistung der Nachkommen miteinberechnet werden. Es ist davon auszugehen, dass die Mast- und Schlachtleistung der Nachkommen von milchbetonten Kühen niedriger ist als die von kombinierten Tieren. Die Milcheffizienz erhöht sich auch mit der Laktationszahl der Kühe, weil die Milchleistung mit dem Alter in einem höheren Ausmaß ansteigt als die Lebendmasse. Schließlich ist die Milcheffizienz auch stark abhängig vom Laktationsstadium. Sie geht im Laufe der Laktation stark zurück, da die Lebendmasse zu- und die Milchleistung abnimmt. Daher ist bei Aussagen über die Milcheffizienz unbedingt das Laktationsstadium zu berücksichtigen bzw. bei der Berechnung der Effizienz die Milchleistung pro Standardlaktation heranzuziehen.

Danksagung

Die vorliegende Untersuchung wäre nicht möglich gewesen ohne die gute Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern an den Lehrbetrieben der landwirtschaftlichen Fachschulen sowie HLFS bzw. HBLFA. Ihnen sei an dieser Stelle sehr herzlich für die Versuchserhebungen und Überlassung der Daten gedankt.

LFS Güssing: *Ing. Franz Freissmuth*

LFS Warth: *Ing. Hans Rigler*

LFS Pyhra: *Ing. Thomas Zuber*

LFS Edelfhof: *Dipl.-Ing. Günter Fallmann*

LFS Otterbach: *Ing. Stephan Sternad*

LFS Kirchberg: *Ing. Reinhard Pausackl*

LFS Grottenhof-Hardt: *Dipl.-Ing. Isabella Friedrich*

LFS Hafendorf: *Ing. Alexander Lehofer*

LFS Grabnerhof: *Ing. Helmut Zettelbauer*

HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Moarhof): *PD Dr. Andreas Steinwigger*

LFS Litzlhof: *Ing. Josef Obwegger*

LFS Stiegerhof: *Ing. Johann Strauss*
 HLFS Pitzelstätten: *Ing. Harald Jandl*
 LFS Tamsweg: *Ing. Peter Wirnsperger*
 LFS Winklhof: *Ing. Andreas Höllbacher*
 LFS Klessheim: *Dipl.-Ing. Reinhard Huber*
 LFS Weitau: *Dipl.-Ing. Franz Steinwender*
 HLFS Kematen: *Dipl.-Ing. Beate Mayerl*
 LFS Hohenems: *Ing. Christian Winklehner*

5. Literatur

- ALPS, H., H. STRASSER, S. KÖGLER, E. ROSENBERGER und A. MUGGENTHALER, 1985: Bullenmastversuch mit den Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Schwarzbunte. 1. Mitteilung: Versuchsdurchführung und Mastleistung. Bayer. Landw. Jahrb. 62, 311-323.
- BIERI, P., 1982: Produktionstechnische und wirtschaftliche Untersuchungen über den Futteraufwand bei Milchkühen während der Laktation. Diss. 7140, ETH Zürich, 190 S.
- BUCKLEY, F., P. DILLON, S. CROSSE, F. FLYNN und M. RATH, 2000: The performance of Holstein Friesian cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livest. Prod. Sci.* 64, 107-119.
- BURGSTALLER, G., K. MADER, A. HUBER und K. RUTZMOSE, 1984: Zur Mast- und Schlachtleistung von Jungbullenden der Genotypen Deutsches Braunvieh × Brown Swiss (DB/BS), Deutsches Fleckvieh (DF) und Deutsche Schwarzbunte × Holstein Friesian (DS/HF) bei hoher Fütterungsintensität. 1. Mitteilung: Zuwachs und Futteraufwand. Bayer. Landw. Jahrb. 61, 950-957.
- COLEMAN, J., D.P. BERRY, K.M. PIERCE, A. BRENNAN und B. HORAN, 2010: Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein-Friesian within pasture-based systems of milk production. *J. Dairy Sci.* 93, 4318-4331.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), 2007: Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 270 S.
- DAENICKE, R. und K. ROHR, 1978: Influence of nutrition on body composition and carcass quality of fattening bulls of different breeds (German Friesian and Simmental). In: Patterns of Growth and Development in Cattle (Eds. H. de BOER und J. MARTIN). A Seminar in the EEC Programme of Coordination of Research on Beef Production held at Ghent, 11-13 October 1977, Martinus Nijhoff The Hague/Boston/London for CEC, 423-433.
- DILLON, P., S. SNIJDERS, F. BUCKLEY, B. HARRIS, P.O. CONNOR und J.F. MEE, 2003: A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livest. Prod. Sci.* 83, 35-42.
- EDMONSON, A.J., I.J. LEAN, L.D. WEAVER, T. FARVER und G. WEBSTER, 1989: A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78.
- FALCONER, I.R. (Editor), 1971: Lactation. University of Nottingham 17th Easter School in Agricultural Science 1970, Butterworths London, 467 S.
- FLEISCHER, P., M. METZNER, M. BEYERBACH, M. HOEDEMAKER und W. KLEE, 2001: The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2025-2035.
- FREEMAN, A.E., 1967: Genetic aspects of the efficiency of nutrient utilization for milk production. *J. Anim. Sci.* 26, 976-983.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschub für Bedarfsnormen), 1995: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 85 S.
- GRAVERT, H.O., 1985: Genetic factors controlling feed efficiency in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 13, 87-99.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER, K. KRIMBERGER und J. SÖLKNER, 1991: Roughage intake of Simmental, Brown Swiss and Holstein Friesian cows fed rations with 0, 25 and 50 % concentrates. *Livest. Prod. Sci.* 27, 123-136.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfütterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. 22. Tierzuchttagung „Aktuelle Forschungsergebnisse und Versorgungsempfehlungen in der Rindermast und Milchviehfütterung“, 9.-10. Mai 1995, Bericht BAL Gumpenstein, 1-49.
- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. September 2004, Rostock, Kongressband 2004, 484-504.
- GRUBER, L., 2013: Grundfutterqualität, Kraftfütterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Tagungsband ZAR-Seminar, 21. März 2013, Salzburg, 21-40.
- GRUBER, L., M. URDL, W. OBRITZHAUSER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER und B. STEINER, 2014: Influence of energy and nutrient supply pre and post partum on performance of multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in early lactation. *Animal* 8, 58-71.
- HAFEZ, S., W. JUNGE, H. HAGEMEISTER und E. KALM, 1989: Futteraufnahme und Futtermittelverwertung der Rassen Rotbunt, Schwarzbunt und Red-Holstein × Rotbunt unter Laufstallbedingungen. *Züchtungskde.* 61, 41 - 54.
- HAIGER, A., R. STEINWENDER, J. SÖLKNER und H. GREIMEL, 1987: Vergleichsversuch von Braunvieh mit Brown Swiss- und Holstein Friesian-Kreuzungen, 7. Mitteilung: Milchleistungsvergleich. *Die Bodenkultur* 38, 273-280.
- HAIGER, A. und J. SÖLKNER, 1995: Der Einfluss verschiedener Futter-niveaus auf die Lebensleistung kombinierter und milchbetonter Kühe: 2. bis 8. Laktation. *Züchtungskde.* 67, 263-273.
- HAIGER, A. und W. KNAUS, 2010: Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung. 1. Mitteilung: Milchleistungsvergleich ohne Kraftfutter. *Züchtungskde.* 82, 131-143.
- HEGEDÜS, M. und G. BURGSTALLER, 1985: Zur Mast- und Schlachtleistung von Jungbullenden der Genotypen Deutsches Braunvieh × Brown Swiss (DB/BS), Deutsches Fleckvieh (DF) und Deutsche Schwarzbunte × Holstein Friesian (DS/HF) bei hoher Fütterungsintensität. 2. Mitteilung: Schlachtkörpermerkmale sowie chemische Zusammensetzung von Rückenmuskel, Oberschale und Knochendünnung. Bayer. Landw. Jahrb. 62, 27-34.
- HICKMAN, C.G. und D.M. BOWDEN, 1971: Correlated genetic responses of feed efficiency, growth, and body size in cattle selected for milk solids yield. *J. Dairy Sci.* 54, 1848-1855.
- HOOVEN, N.W., Jr., R.H. MILLER und R.D. PLOWMAN, 1968: Genetic and environmental relationships among efficiency, yield, consumption and weight of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 51, 1409-1419.
- HUTH, F.W., 1978: Influence of age, nutrient intake and body type on weight gain and body composition in young fattening bulls of the

- breeds German Schwarzbunte and German Fleckvieh. In: Patterns of Growth and Development in Cattle (Eds. H. de BOER und J. MARTIN). A Seminar in the EEC Programme of Coordination of Research on Beef Production held at Ghent, 11-13 October 1977, Martinus Nijhoff The Hague/Boston/London for CEC, 505-513.
- KNAUS, W., 2009: Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1107-1114.
- KÖGEL, S. und H. ALPS, 1978: Carcass composition of different breeds. In: Patterns of Growth and Development in Cattle (Eds. H. de BOER und J. MARTIN). A Seminar in the EEC Programme of Coordination of Research on Beef Production held at Ghent, 11-13 October 1977, Martinus Nijhoff The Hague/Boston/London for CEC, 515-522.
- KORVER, S., 1982: Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. *Diss. Wageningen*, 139 S.
- KROGMEIER, D., 2009: Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystemes bei Braunvieh und Fleckvieh. *Züchtungskde.* 81, 328-340.
- KÜNZI, N., 1969: Beziehungen zwischen Futtermittelverzehr und Milchleistung bei Fleckvieh-, Braunvieh- und Ayrshirekühen. *Diss.* 4342, ETH Zürich, 122 S.
- LEDINEK, M. und L. GRUBER, 2014: Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10. April 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 31-44.
- LINDERMAYER, H., 1986: Futteraufnahme, Futterverwertung und Wirtschaftlichkeit von Doppelnutzungsrasse und Milchrasse über die Dauer einer ganzen Zwischenkalbezeit. *Diss. TU München-Weihenstephan*, 184 S.
- LUCY, M.C., 2001: Reproductive loss in high-producing dairy cattle. Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84, 1277-1293.
- MARTENS, H., 2013: Erkrankungen von Milchkühen in der frühen Laktationsphase – Risikofaktor negative Energiebilanz und Hyperketonämie. *Tierärztl. Umschau* 68, 463-476.
- MAYNE, C.S. und F.J. GORDON, 1995: Implications of genotype \times nutrient interactions for efficiency of milk production systems. *Breeding and Feeding the High Genetic Merit dairy Cow*, Occasional Publication No. 19, BSAS 1995, eds. T.L.J. Lawrence et al., 66-77.
- MÜNGER, A., 1994: Effizienzvergleiche bei unterschiedlichen Milchviehtypen. *Agrarforschung* 1, 389-392.
- OLDENBROEK, J.K., 1984a: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: performance in first lactation. *Livest. Prod. Sci.* 11, 401-415.
- OLDENBROEK, J.K., 1984b: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: differences in performance between first and second lactation. *Livest. Prod. Sci.* 11, 417-428.
- OLDENBROEK, J.K., 1986: The performance of Jersey heifers and heifers of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. *Livest. Prod. Sci.* 14, 1-14.
- OLDENBROEK, J.K., 1988: The performance of Jersey cows and cows of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. *Livest. Prod. Sci.* 18, 1-17.
- PICCAND, V., E. CUTULLIC, S. MEIER, F. SCHORI, P.L. KUNZ, J.R. ROCHE und P. THOMET, 2013: Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.* 96, 5352-5363.
- PRYCE, J.E., R.F. VEERKAMP, R. THOMSON, W.G. HILL und G. SIMM, 1997: Genetic aspects of common health disorders and measures of fertility in Holstein Friesian dairy cattle. *Anim. Sci.* 65, 353-360.
- ROHR, K. und R. DAENICKE, 1978: Influence of nutrition on the growth pattern of fattening bulls of two different breeds (Friesian and Simmental). In: Patterns of Growth and Development in Cattle (Eds. H. de BOER und J. MARTIN). A Seminar in the EEC Programme of Coordination of Research on Beef Production held at Ghent, 11-13 October 1977, Martinus Nijhoff The Hague/Boston/London for CEC, 411-421.
- ROSENBERGER, E., H. STRASSER, J. ROTT und H. ALPS, 1985: Bullenmastversuch mit den Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Schwarzbunte. 2. Mitteilung: Schlachtkörperwert. *Bayer. Landw. Jahrb.* 62, 324-344.
- SAS Institute Inc., 2010: SAS/STAT 9.22 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC (USA).
- SÖLKNER, J., 1989: Genetic relationships between level of production in different lactations, rate of maturity and longevity in a dual purpose cattle population. *Livest. Prod. Sci.* 23, 33-45.
- STEINWIDDER, A., 2009: Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf Futtereffizienz und Kraftfutterbedarf. Band 2 – Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau 11.-13. Februar 2009, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 30-33.
- THOMET, P., H. RÄTZER und B. DURGIAL, 2002: Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. *Agrarforschung* 9, 404-409.
- THOMET, P., 2007: Welche Kuhtypen brauchen wir zur graslandbasierten Produktion von Milch? 13. Alpenländisches Expertenforum, 29. März 2007, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, 8952 Irnding, 33-38.
- URDL, M., L. GRUBER, W. OBRITZHAUSER, und A. SCHAUER, 2015: Metabolic parameters and their relationship to energy balance in multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in the periparturient period as influenced by energy supply pre- and post-calving. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* (im Druck).
- VEERKAMP, R.F., G. SIMM und J.D. OLDHAM, 1995: Genotyp by environment interaction: experience from Langhill. *Breeding and Feeding the High Genetic Merit dairy Cow*, Occasional Publication No. 19, BSAS 1995, eds. T.L.J. Lawrence et al., 59-66.
- VEERKAMP, R.F., B. BEERDA und T. van der LENDE, 2003: Effects of genetic selection for milk yield on energy balance, levels of hormones, and metabolites in lactating cattle, and possible links to reduced fertility. *Livest. Prod. Sci.* 83, 257-275.
- VERNON, R.G., 1988: The partition of nutrients during the lactation cycle. In: *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow* (Ed. P.C. GARNSWORTHY), Butterworths London, 32-52.
- YAN, T., C.S. MAYNE, T.W.J. KEADY und R.E. AGNEW, 2006: Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *J. Dairy Sci.* 89, 1031-1042.
- YEREX, R.P., C.W. YOUNG, J.D. DONKER und G.D. MARX, 1988: Effects of selection for body size on feed efficiency and size of Holsteins. *J. Dairy Sci.* 71, 1355-1360.
- ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 2011: Rinderzucht Austria – Die österreichische Rinderzucht 2010, Jahresbericht Ausgabe 2011. Herausgeber ZAR, 183 Seiten.
- ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 2014: Rinderzucht Austria – Die österreichische Rinderzucht 2013, Jahresbericht 2014 (Jubiläumsausgabe). Herausgeber ZAR, 210 Seiten.
- ZAUGG, U., 1976: Vergleichsversuch mit Braunvieh, Simmentaler Fleckvieh und Holstein Friesian amerikanischer Herkunft. *Diss.* 5671, ETH Zürich, 121 S.

Tabelle A1.: Summary Statistics nach Schulen

Schulen	Tierparameter		Milch und Milch Inhaltsstoffe			Milcheffizienz		Lebendmasse und Körpermaße						BCS Pkt.						
	Lakzahl	Laktage	ZKZ	Milch	Fett	Eiw.	Fett	Eiw.	LM	BA	BT	KH	MHL		KB					
n	Tag	Tag	kg	%	%	kg	kg	kg	g/kg	g/kg	cm	cm	cm	cm	cm					
1	1,88	156	407	31,1	5,09	3,63	1,60	1,11	35,5	40,0	45,3	3,44	837	224	260	80	147	94	61	3,72
2	2,70	153	383	33,1	4,54	3,66	1,49	1,19	35,3	42,5	45,3	3,43	806	219	264	79	144	88	56	3,41
3	2,96	178	421	29,2	4,06	3,63	1,17	1,04	29,4	37,2	37,4	2,81	805	222	268	81	146	83	59	3,55
4	2,94	160	383	23,1	4,23	3,49	0,96	0,79	23,5	32,8	33,2	2,47	732	213	264	77	145	93	57	3,39
5	3,00	173	395	28,7	4,22	3,72	1,18	1,04	29,3	39,7	40,5	3,07	745	217	260	85	149	95	57	3,37
6	2,29	164	386	27,2	4,36	3,55	1,16	0,95	28,1	36,6	37,6	2,82	767	217	259	78	147	97	58	3,47
7	3,43	159	417	22,9	4,14	3,75	0,95	0,85	23,6	34,3	35,0	2,66	676	207	250	77	144	94	51	3,20
8	3,41	179	392	28,4	4,26	3,69	1,19	1,03	29,3	44,6	46,0	3,48	647	206	253	76	146	99	51	2,91
9	3,22	153	370	30,9	4,32	3,61	1,31	1,10	31,9	41,1	42,4	3,20	759	217	262	78	144	97	61	3,53
10	3,11	139	362	20,7	4,20	3,13	0,86	0,64	20,5	36,0	35,7	2,61	581	198	236	78	146	103	54	2,64
11	4,16	157	399	23,0	3,96	3,47	0,90	0,78	22,7	31,1	30,6	2,27	767	218	263	80	145	97	57	3,15
12	2,72	161	393	20,7	3,94	3,39	0,81	0,69	20,3	29,7	29,2	2,16	727	211	254	78	143	100	52	3,37
13	2,34	132	375	23,4	4,61	3,37	1,08	0,78	24,9	36,6	39,0	2,91	671	205	252	76	143	95	53	3,24
14	3,46	129	380	31,3	4,24	3,33	1,34	1,03	32,0	41,1	41,9	3,10	781	213	268	83	147	94	58	3,43
15	2,58	200	443	19,2	4,32	3,44	0,81	0,65	19,6	27,3	27,9	2,08	724	207	260	76	144	94	58	3,27
16	3,71	160	422	20,5	4,47	3,43	0,92	0,70	21,6	31,0	32,8	2,45	715	210	257	76	146	98	54	3,13
17	2,67	154	405	26,4	3,97	3,32	1,05	0,86	25,9	39,8	38,9	2,86	672	205	260	80	146	97	59	3,04
18	2,26	163	435	21,1	3,99	3,37	0,84	0,70	20,8	34,6	34,1	2,52	632	203	245	71	143	92	52	3,27
19	3,37	166	401	17,1	4,05	3,34	0,69	0,56	17,0	28,9	28,6	2,11	609	199	242	78	145	97	48	3,12
Mittelwert	3,09	161	397	25,1	4,22	3,50	1,06	0,87	25,7	36,3	36,9	2,76	712	211	256	78	145	95	55	3,23
Median	2	147	377	24,6	4,17	3,46	1,01	0,85	25,1	35,7	36,4	2,72	710	211	256	78	145	96	55	3,26
Std.abw.	2,23	109	64	8,8	0,69	0,40	0,40	0,29	9,0	12,1	11,9	0,89	115	13	17	5	4	8	5	0,50
Var.koef.	72,1	67,6	16,2	34,8	16,4	11,3	37,9	33,5	34,9	33,3	32,4	32,1	16,1	6,0	6,8	6,2	3,1	7,9	9,4	15,4
Minimum	1	1	309	2,0	1,75	2,47	0,09	0,08	2,2	3,2	3,6	0,28	401	172	200	60	129	68	35	1,49
Maximum	15	750	705	55,4	6,94	4,88	2,97	1,82	60,7	80,2	78,4	5,83	1124	259	324	102	160	120	76	4,87

Tabelle A2.: Summary Statistics nach Rassen

Rassen	Tierparameter		Milch und Milch Inhaltsstoffe			Milcheffizienz		Lebendmasse und Körpermaße						BCS Pkt.						
	Lakzahl	Laktage	ZKZ	Milch	Fett	Eiw.	Fett	Eiw.	LM	BA	BT	KH	MHL		KB					
n	Tag	Tag	kg	%	%	kg	kg	kg	g/kg	g/kg	cm	cm	cm	cm	cm					
1	2,81	162	390	28,0	4,34	3,60	1,21	1,00	29,2	37,2	38,6	2,90	777	217	262	79	145	92	57	3,50
2	3,30	148	390	28,2	4,29	3,51	1,21	0,98	29,1	37,6	38,6	2,89	775	217	267	80	146	95	57	3,43
3	3,13	162	406	18,4	3,79	3,37	0,70	0,61	17,7	27,6	26,4	1,94	706	210	255	74	141	92	55	3,59
4	3,85	167	409	22,1	4,13	3,45	0,90	0,75	22,2	30,1	30,2	2,24	757	215	263	79	145	96	57	3,25
5	3,23	166	401	22,8	4,18	3,52	0,95	0,80	23,3	36,3	36,9	2,76	639	204	247	77	146	97	51	3,01
6	2,89	159	408	24,8	4,07	3,41	0,99	0,83	24,6	35,7	35,4	2,62	710	210	259	79	146	96	57	3,01
7	3,05	151	392	24,1	4,19	3,23	1,00	0,77	24,2	39,5	39,4	2,89	618	201	244	79	145	101	55	2,72
Mittelwert	3,09	161	397	25,1	4,22	3,50	1,06	0,87	25,7	36,3	36,9	2,76	712	211	256	78	145	95	55	3,23
Median	2	147	377	24,6	4,17	3,46	1,01	0,85	25,1	35,7	36,4	2,72	710	211	256	78	145	96	55	3,27
Std.abw.	2,23	109	64	8,8	0,69	0,40	0,40	0,29	9,0	12,1	11,9	0,89	115	13	17	5	4	8	5	0,50
Var.koef.	72,1	67,6	16,2	34,8	16,4	11,3	37,9	33,5	34,9	33,3	32,4	32,1	16,1	6,0	6,8	6,2	3,1	7,9	9,4	15,4
Minimum	1	1	309	2,0	1,75	2,47	0,09	0,08	2,2	3,2	3,6	0,28	401	172	200	60	129	68	35	1,49
Maximum	15	750	705	55,4	6,94	4,88	2,97	1,82	60,7	80,2	78,4	5,83	1124	259	324	102	160	120	76	4,87

Tabelle A3: Literaturübersicht

Autoren	Rasse	N	Lebendmasse	Milchleistung	Fettgehalt	Eiweißgehalt	Fetteiw/kg	ECM	TM-Aufnahme	NEL-Aufnahme	Milch/LM	ECM/LM	Fetteiw/LM	TM/ECM	NEL/ECM	Anmerkungen
			kg	kg/d	%	%	kg/kg	kg/d	kg/d	MJ/d	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	MJ/kg	
Haiger et al. 1987 ¹⁾	Braunvieh	57	568	4.375	4,09	3,25	321	4.357			7,7	7,7	0,565			1. Laktation, 100 % BV ¹⁾
	Brown Swiss R2	26	544	5.518	4,14	3,30	411	5.546			10,1	10,2	0,755			1. Laktation, 87,5 % BS ¹⁾
	Holstein R2	21	557	6.874	4,05	3,23	500	6.804			12,3	12,2	0,898			1. Laktation, 87,5 % HF ¹⁾
Haiger & Sölkner 1995 ²⁾	Braunvieh	46	617	5.152	4,05		209	5.191			8,4	8,4	0,338			2. Laktation, 100 % BV ¹⁾
	Brown Swiss R2	15	613	6.780	4,11		279	6.892			11,1	11,2	0,455			2. Laktation, 87,5 % BS ¹⁾
	Holstein R2	18	620	7.703	4,07		314	7.784			12,4	12,6	0,506			2. Laktation, 87,5 % HF ¹⁾
Haiger & Knaus 2010 ³⁾	Fleckvieh/Braunvieh	86		4,02	3,25			4.216								ohne Kraffutter ²⁾
	Holstein/Brown Swiss	103		4,02	3,05			5.358								ohne Kraffutter ²⁾
	Fleckvieh/Braunvieh	87		4,10	3,30			4.777								mit KF (561 kg/Lak.) ²⁾
Gruber et al. 1991 ⁴⁾	Holstein/Brown Swiss	108		4,12	3,17			6.124								mit KF (852 kg/Lak.) ²⁾
	Fleckvieh	71	720	6.027	4,79	3,39	493	6.558	14,82	93,0	8,4	9,1	0,685	1,12	7,00	2,7 Laktationen je Kuh ³⁾
	HFkonventionell	27	688	7.567	4,34	3,13	565	7.701	15,21	95,0	11,0	11,2	0,822	0,96	5,99	2,8 Laktationen je Kuh ³⁾
Gruber et al. 1995 ⁵⁾	HFLebensleistung	31	597	6.145	4,94	3,22	501	6.728	16,96	105,9	10,3	11,3	0,840	0,81	5,05	2,8 Laktationen je Kuh ³⁾
	Fleckvieh	54	625	4.014	4,11	3,41	302	4.049	14,82	74,1	6,4	6,5	0,483	1,01	5,45	2,67 Laktationszahl ⁴⁾
	Brown Swiss	54	588	4.785	4,24	3,21	357	4.838	15,21	95,0	8,1	8,2	0,606	0,90	4,95	1,72 Laktationszahl ⁴⁾
Ledinek & Gruber 2014 ⁶⁾	Holstein	54	570	6.414	4,25	2,98	464	6.396	16,96	105,9	11,3	11,2	0,814	0,85	5,17	1,94 Laktationszahl ⁴⁾
	Fleckvieh	20	615	4.186	4,16	3,06	302	4.152	13,74	74,1	6,8	6,7	0,491	1,01	5,45	ohne Kraffutter ⁵⁾
	Holstein	20	546	4.698	4,27	2,93	338	4.679	13,87	75,9	8,6	8,6	0,619	0,90	4,95	ohne Kraffutter ⁵⁾
Lindermeier 1986 ⁷⁾	Fleckvieh	20	648	4.645	4,40	3,17	352	4.772	14,56	82,1	7,2	7,4	0,543	0,93	5,25	50 % des KF-Bedarf ⁵⁾
	Holstein	20	577	5.668	4,62	2,98	431	5.899	15,45	88,4	9,8	10,2	0,747	0,80	4,57	50 % des KF-Bedarf ⁵⁾
	Fleckvieh	20	676	5.529	4,56	3,31	435	5.840	16,19	99,0	8,2	8,6	0,644	0,85	5,17	100 % des KF-Bedarf ⁵⁾
Hafez et al. 1989 ⁸⁾	Holstein	20	616	7.141	4,64	3,18	558	7.544	18,17	113,4	11,6	12,3	0,907	0,73	4,58	100 % des KF-Bedarf ⁵⁾
	Fleckvieh100	14	729	5.942	4,12	3,51	454	6.043	16,63	107,0	8,1	8,3	0,622	0,84	5,40	30,7 % Kraffutter ⁶⁾
	Hostein87,5 / Fleckvieh12,5	9	665	7.419	4,28	3,40	570	7.629	18,99	123,6	11,2	11,5	0,857	0,76	4,94	33,5 % Kraffutter ⁶⁾
Haiger & Knaus 2010	Holstein50 / Brown Swiss50	15	640	7.426	4,16	3,41	561	7.529	18,37	120,3	11,6	11,8	0,877	0,74	4,87	35,7 % Kraffutter ⁶⁾
	Holstein75 / Brown Swiss25	19	632	7.814	4,08	3,39	584	7.850	19,21	126,5	12,4	12,4	0,924	0,75	4,92	38,9 % Kraffutter ⁶⁾
	Holstein100	33	613	7.233	4,17	3,39	547	7.338	18,00	117,0	11,8	12,0	0,892	0,75	4,86	34,1 % Kraffutter ⁶⁾
Haiger et al. 1987	Fleckvieh	8	648	4.632	4,00	3,65	354	4.685	15,50	105,0	7,1	7,2	0,547	1,01	6,84	24,5 % Kraffutter ⁷⁾
	Red Holstein × Fleckvieh	8	587	5.962	4,12	3,42	450	6.025	15,80	110,0	10,2	10,3	0,766	0,80	5,57	30,4 % Kraffutter ⁷⁾
Haiger & Sölkner 1995	Rotbunte	12	618	7.717	4,26	3,43	593	7.931	19,00	126,4	12,5	12,8	0,960	0,73	4,86	41,6 % Kraffutter ⁸⁾
	Red Holstein × Rotbunte	9	617	9.455	4,03	3,27	690	9.361	20,60	140,3	15,3	15,2	1,119	0,67	4,57	49,5 % Kraffutter ⁸⁾
	Schwarzbunte (HF)	15	634	9.547	4,39	3,37	741	9.922	22,60	150,7	15,1	15,6	1,168	0,69	4,63	46,5 % Kraffutter ⁸⁾

¹⁾ Haiger et al. 1987²⁾ Haiger & Sölkner 1995³⁾ Haiger & Knaus 2010⁴⁾ Gruber et al. 1991⁵⁾ Kraffutterergänzung nach Bedarf⁶⁾ 2.-8. Laktation⁷⁾ ohne Kraffutter⁸⁾ 25 % Kraffutter, Früh-, Mittel- und Spätlaktation, 3 Wochen lat. Quadrat⁹⁾ Gruber et al. 1995¹⁰⁾ Ledinek & Gruber 2014¹¹⁾ Lindermeier 1986¹²⁾ Hafez et al. 1989

≥ 2. Laktation (vollständig)

alle Laktationen, alle Laktationsstadien

alle Laktationen, vollständige Laktation

3. und 4. Laktation

Tabelle A3: Literaturübersicht (Fortsetzung)

Autor(en)	Rasse	N	Lebend- masse	Milch- leistung	Fett- gehalt	Eiweiß- gehalt	Fett- Eiwg	ECM	TM- Auf- nahme	NEL- Auf- nahme	Milch/ LM	ECM/ LM	FettEiw/ LM	TM/ ECM	NEL/ ECM	Anmerkungen
			kg	kg/d	%	%	kg/d	kg/d	MJ/d	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	MJ/kg	
Künzi 1969 ⁹⁾	Fleckvieh	19	645					4.426	14,40	88,7		6,9		0,99	6,11	12,0 % Krafftutter ⁹⁾
	Braunvieh	23	541					4.002	12,71	79,0		7,4		0,97	6,02	15,0 % Krafftutter ⁹⁾
	Ayrshire	15	502					4.169	12,59	78,0		8,3		0,92	5,70	15,2 % Krafftutter ⁹⁾
Zaugg 1976 ¹⁰⁾	Fleckvieh	10	649	4.081	4,21	3,50	315	4.189	14,24	94,0	6,3	6,5	0,485	1,04	6,84	10,7 % Krafftutter ¹⁰⁾
	Braunvieh	10	597	4.484	4,15	3,58	347	4.594	13,85	91,9	7,5	7,7	0,580	0,92	6,10	14,9 % Krafftutter ¹⁰⁾
	Holstein	10	535	5.572	4,15	3,28	414	5.600	15,10	101,1	10,4	10,5	0,773	0,82	5,50	15,8 % Krafftutter ¹⁰⁾
Bieri 1982 ¹¹⁾	Fleckvieh	50	663	4.267	4,28	3,50	332	4.415	14,01	85,6	6,4	6,7	0,501	0,97	5,91	14,4 % Krafftutter ¹¹⁾
	Braunvieh	50	595	4.663	4,33	3,60	370	4.884	13,67	84,6	7,8	8,2	0,622	0,85	5,28	19,2 % Krafftutter ¹¹⁾
	Braunvieh × Brown Swiss	50	590	4.959	4,26	3,38	379	5.081	13,70	83,5	8,4	8,6	0,643	0,82	5,01	15,8 % Krafftutter ¹¹⁾
	Holstein × Fleckvieh	50	614	5.844	4,40	3,35	453	6.073	15,16	93,4	9,5	9,9	0,738	0,76	4,69	16,0 % Krafftutter ¹¹⁾
	Holstein	50	564	5.932	4,35	3,33	456	6.122	15,55	96,3	10,5	10,8	0,807	0,77	4,80	17,1 % Krafftutter ¹¹⁾
Korver 1982 ¹²⁾	Dutch Friesian	23	542	4.733	4,10	3,25	348	4.719	14,80	85,0	8,7	8,7	0,641	0,96	5,50	12,1 % Krafftutter ¹²⁾
	Holstein Friesian	23	563	5.200	3,88	3,18	367	5.025	15,18	87,0	9,2	8,9	0,652	0,92	5,28	11,7 % Krafftutter ¹²⁾
	Dutch Friesian	22	604	5.865	4,05	3,31	432	5.836	17,15	107,5	9,7	9,7	0,715	0,90	5,62	42,2 % Krafftutter ¹²⁾
	Holstein Friesian	23	614	6.585	3,85	3,22	466	6.357	17,82	111,1	10,7	10,4	0,759	0,85	5,33	40,4 % Krafftutter ¹²⁾
Korver 1982 ¹³⁾	Dutch Friesian	16	573	4.538	4,32	3,17	340	4.619	13,82	82,5	7,9	8,1	0,593	0,91	5,45	12,9 % Krafftutter ¹³⁾
	Holstein Friesian	17	581	5.067	3,98	3,13	360	4.940	14,79	88,4	8,7	8,5	0,620	0,91	5,46	12,1 % Krafftutter ¹³⁾
	Dutch Friesian	18	587	5.887	4,28	3,34	449	6.030	17,75	114,2	10,0	10,3	0,764	0,90	5,78	41,5 % Krafftutter ¹³⁾
	Holstein Friesian	13	614	6.171	3,98	3,28	448	6.077	18,01	115,5	10,1	9,9	0,730	0,90	5,80	40,3 % Krafftutter ¹³⁾
Oldenbroek 1984a ¹⁴⁾	Dutch Red and White	11	516	3.887	4,32	3,33	297	3.997	11,68	72,2	7,5	7,7	0,576	0,89	5,51	0 % Krafftutter ¹⁴⁾
	Dutch Friesian	10	496	3.969	4,39	3,27	304	4.099	11,95	73,9	8,0	8,3	0,613	0,89	5,50	0 % Krafftutter ¹⁴⁾
	Holstein Friesian	9	506	4.649	4,06	3,12	334	4.573	12,52	77,3	9,2	9,0	0,660	0,83	5,16	0 % Krafftutter ¹⁴⁾
Oldenbroek 1984b ¹⁵⁾	Dutch Red and White	12	561	5.238	4,08	3,66	405	5.351	14,53	95,9	9,3	9,5	0,723	0,83	5,47	50 % Krafftutter ¹⁴⁾
	Dutch Friesian	10	525	5.352	4,04	3,53	405	5.396	14,55	95,8	10,2	10,3	0,772	0,82	5,42	50 % Krafftutter ¹⁴⁾
	Holstein Friesian	11	541	6.014	3,87	3,39	437	5.887	15,44	101,9	11,1	10,9	0,807	0,80	5,28	50 % Krafftutter ¹⁴⁾
	Dutch Red and White	7	570	4.399	4,39	3,27	337	4.543	13,29	81,1	7,7	8,0	0,591	0,89	5,44	0 % Krafftutter ¹⁵⁾
	Dutch Friesian	5	569	3.882	4,48	3,40	306	4.085	13,95	85,8	6,8	7,2	0,538	1,04	6,40	0 % Krafftutter ¹⁵⁾
alle Laktationen, vollständige Laktation 3 Laktationen, vollständige Laktation Erhebungen Chamau 10 Jahre, 4 Laktationen, alle Laktationsstadien	Holstein Friesian	8	559	4.943	4,21	3,16	364	4.961	14,27	87,6	8,8	8,9	0,651	0,88	5,39	0 % Krafftutter ¹⁵⁾
	Dutch Red and White	4	607	5.114	4,26	3,48	396	5.275	14,13	91,5	8,4	8,7	0,652	0,82	5,29	50 % Krafftutter ¹⁵⁾
	Dutch Friesian	7	585	5.646	4,00	3,40	418	5.620	16,30	106,4	9,7	9,6	0,715	0,88	5,77	51 % Krafftutter ¹⁵⁾
Holstein Friesian	3	644	7.524	4,01	3,27	548	7.434	18,14	119,2	11,7	11,5	0,851	0,74	4,89	52 % Krafftutter ¹⁵⁾	

⁹⁾ Künzi 1969
¹⁰⁾ Zaugg 1976
¹¹⁾ Bieri 1982
¹²⁾ Korver 1982
¹³⁾ Korver 1982
¹⁴⁾ Oldenbroek 1984a
¹⁵⁾ Oldenbroek 1984b

Tabelle A3: Literaturübersicht (Fortsetzung)

Autoren	Rasse	N	Lebend- masse	Milch- leistung	Fett- gehalt	Eiweiß- gehalt	Fett- Eiwg	ECM	TM- Auf- nahme	NEL- Auf- nahme	Milch/ LM	ECM/ LM	FettEiw/ LM	TM/ ECM	NEL/ ECM	Anmerkungen
			kg	kg/d	%	%	kg/d	kg/d	kg/d	MJ/d	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	MJ/kg	
Oldenbroek 1986 ¹⁶⁾	HF+DF+DRW	24	491	3.753	4,37	3,22	285	3.856	13,07	80,3	7,6	7,9	0,580	1,03	6,35	0 % Krafftutter ¹⁶⁾
	Jersey	24	324	2.762	6,19	3,80	276	3.540	10,45	64,5	8,5	10,9	0,852	0,90	5,56	0 % Krafftutter ¹⁶⁾
	HF+DF+DRW	24	511	4.946	4,29	3,44	382	5.101	16,34	109,1	9,7	10,0	0,748	0,98	6,52	50 % Krafftutter ¹⁶⁾
	Jersey	24	350	3.155	6,56	4,15	338	4.254	12,73	85,2	9,0	12,2	0,966	0,91	6,11	50 % Krafftutter ¹⁶⁾
Oldenbroek 1988 ¹⁷⁾	HF+DF+DRW	17	612	5.789	4,30	3,37	444	5.955	18,38	114,1	9,5	9,7	0,725	0,94	5,84	0 % Krafftutter ¹⁷⁾
	Jersey	22	396	4.082	6,66	4,14	441	5.551	15,41	95,2	10,3	14,0	1,114	0,85	5,23	0 % Krafftutter ¹⁷⁾
	HF+DF+DRW	17	632	6.432	4,06	3,37	478	6.433	20,02	134,1	10,2	10,2	0,756	0,95	6,36	50 % Krafftutter ¹⁷⁾
	Jersey	16	433	3.872	6,82	4,18	426	5.348	16,40	110,4	8,9	12,4	0,984	0,94	6,30	50 % Krafftutter ¹⁷⁾
Yan et al. 2006 ¹⁸⁾	Norwegian	16	478					4.604		88,8		9,6			5,88	20 % Krafftutter ¹⁸⁾
	Norwegian	16	487					5.109		93,6		10,5			5,59	20 % Krafftutter ¹⁸⁾
Dillon et al. 2003 ¹⁹⁾	Holstein	16	519					5.995		113,5		11,6			5,77	50 % Krafftutter ¹⁸⁾
	Holstein	16	529					7.263		126,3		13,7			5,30	50 % Krafftutter ¹⁸⁾
	Normande	27,4	588	4.561	4,00	3,60	347	4.598	16,20		7,8	7,8	0,590	0,87		aus Frankreich
	Montbeliarde	27,4	572	5.119	3,81	3,49	374	5.008	16,40		8,9	8,8	0,653	0,81		aus Frankreich
Holstein		27,4	571	5.321	3,75	3,36	378	5.122	17,50		9,3	9,0	0,663	0,84		HF aus Irland (upgraded)
	Holstein	27,4	558	5.994	3,90	3,39	437	5.889	18,40		10,7	10,6	0,783	0,77		HF aus Holland

¹⁶⁾ Oldenbroek 1986 1. Laktation, vollständige Laktation¹⁷⁾ Oldenbroek 1988 2. Laktation, vollständige Laktation¹⁸⁾ Yan et al. 2006 1. Laktation, vollständige Laktation¹⁹⁾ Dillon et al. 2003 1.-5. Laktation, vollständige Laktation (247 d), 5 Jahre, Weide, 644 kg TM Krafftutter

Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden

Technical parameters of different hay drying methods

Alfred Pöllinger^{1*}

Zusammenfassung

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde über drei Jahre (2010 bis 2012) ein Verfahrensvergleich von vier verschiedenen Gras-Konservierungsverfahren (Rundballensilage (S), Bodentrocknungsheu (BH), Kaltbelüftungsheu (KH), Entfeuchtertrocknungsheu (EH)) durchgeführt. Bei der EH-Anlage (16 kW Anschlussleistung), die mit moderner Steuerungs- und Regeltechnik ausgestattet war, wurde eine Luft-Entfeuchteranlage mit einer solaren Unterdachabsaugungsanlage mit 410 m² Kollektorfläche kombiniert. Die Stockgrundfläche betrug 96 m² und die Stockhöhe 6 m. Der Ventilator mit 22 kW Anschlussleistung lieferte max. 55.000 m³/h. Die KH-Variante wurde in einer 71 m² großen Heubox mit 3,9 m Boxenhöhe und einem Ventilator mit 5,5 kW Anschlusswert durchgeführt.

Die Einfuhrfeuchten lagen bei der KH-Variante bei ca. 25 % und bei der solarunterstützten EH-Variante bei ca. 35 %.

Am Feld unterschieden sich die Verfahren durch unterschiedliche Feldliegezeiten, Bearbeitungsgänge sowie Bröckel- und Rechverluste. Die Feldliegezeiten schwankten zwischen den Schnitten am stärksten – von 2 Stunden (S, 2. Schnitt) bis 72 Stunden (BH, 4. Schnitt). Hinsichtlich der Bearbeitungsgänge unterschieden sich die Varianten vor allem in der Anzahl notwendiger Zettvorgänge. Die Bröckelverluste zwischen den Varianten BH und EH unterschieden sich durchschnittlich um 157 kg TM/ha und Schnitt. Vergleicht man die Varianten S und EH, ergibt sich eine Differenz von 45 kg TM/Schnitt zugunsten der S-Variante.

Die Unterdach-Trocknungsdauer betrug sowohl beim KH- als auch beim EH-Verfahren deutlich unter 72 Stunden. Hohe Entfeuchterleistungen der Wärmepumpe (60 l/h) konnten nur bei reduziertem Volumenstrom der EH-Anlage (Luftgeschwindigkeit am Kondensator <2,5 m/sec) erzielt werden. Das KH-Verfahren lieferte aufgrund optimaler Abstimmung von Ventilator, Boxengröße und Einlagerungsmengen sehr gute Ergebnisse.

Bei den Stromverbrauchsmessungen wurden teilweise deutlich höhere Energieverbrauchswerte gemessen als laut Firmen angegeben. Die günstigsten Werte wurden bei der KH-Variante erreicht (22 bis 167 kWh/t Heu). Bei Energiekosten von 18 Cent/kWh Strom ergab das im Mittel 1,5 Cent/kg Heu für die KH-Variante und 3,1 Cent/kg Heu für die EH-Variante.

Summary

At AREC Raumberg-Gumpenstein four different grass conservation systems (1) round bale silage, (2) hay making under field conditions, (3) hay drying under artificial conditions without an air heating equipment, (4) hay drying under artificial conditions with an air heating equipment (roof solar collector combined with a heat pump dehumidifier) have been investigated over three years (2010 to 2012). The main focus was given to the heat pump dehumidifier technique (4): The test facility is a box dryer consisting of a centrifugal fan (22 kW) and a dehumidifier heat pump (16 kW) with the necessary control and regulation technology. The roof is designed as a solar collector with 410 m² net area. With a recirculation flap switching between roof suction and recirculation mode is possible. The area of the box dryer is 96 m² (steel grating) and the height is 6 m. The centrifugal fan achieves a maximum performance of 55,000 m³.h⁻¹. The hay drying equipment without an air heating equipment (3) was a box with 71 m² area and bordered by 3.9 m high walls. This box was combined with a centrifugal fan (5,5 kW).

The dry matter content by harvesting the forage was different between the conservation systems. The dry matter content of the forage for the hay drying equipment without air heating (3) was in the average by 75% at the beginning of the artificial hay drying process. The forage which was filled in the box with the dehumidifier heat pump (4) showed a DM content round about 65%.

Differences were measured by the length of the field laying period (period between mowing and self loading trailer harvesting) between the conservation systems. The general range goes from two (silage, second cut) to 72 hours (conservation system (2), fourth cut). There are also differences in working process between the systems. Related to crumble losses by the forage preservation system (2) 369 kg DM.ha⁻¹.cut⁻¹ got lost, 157 kg DM more than by the forage preservation system (4).

Under regular conditions, the drying time under artificial conditions (3) and (4) was less than 72 hours. Only by technical problems with the dehumidifier heat pump the drying period was longer. Under optimal conditions, the performance of the dehumidifier heat pump reached 60 l.h⁻¹. The velocity for a good dehumidifier performance should be not more than 2.5 m.sec⁻¹ of the air which goes through the heat pump dehumidifier.

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Alfred Pöllinger, email: alfred.poellinger@raumberg-gumpenstein.at

Die Fixkosten betragen in einer Modellkalkulation für die EH-Variante durchschnittlich 4,6 Cent/kg Heu, für die KH-Variante ca. 1,2 Cent/kg Heu. In dieser Kalkulation sind keine Ernte-, Gebäude- und Ein- und Auslagerungskosten eingerechnet. Berücksichtigt man in der Modellkalkulation auch die Gebäudekosten sowie die Kosten für die Futterein- und -auslagerung und stellt diese „Differenzkosten“ jenen der Silagewirtschaft gegenüber, so ergeben sich für die EH-Variante 19 Cent, die KH-Variante 15 Cent und für die S-Variante 10 Cent/kg Heuäquivalente.

Um den Anforderungen hoher Grundfutterleistung auf Heubetrieben gerecht zu werden, bedarf es eine leistungsfähige und weitestgehend witterungsunabhängige (Nachtbetrieb, Schlechtwetter) Trocknungstechnik. Die höheren Kosten müssen über höhere Produktpreise und Flächenprämien abgegolten werden. Die BH-Variante ist jedenfalls nur in den Sommermonaten Juni und August ohne nennenswertes Verlustrisiko möglich und keinesfalls für reine Heubetriebe als alleinige Konservierungsform geeignet.

Schlagwörter: Heutrocknungs-Verfahren, Silage, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung, Entfeuchter, Energiebedarf

The energy consumption was measured too. The lowest energy consumption was measured by the forage preservation system (3) – 80 kWh.t⁻¹ DM. The energy demand for the humidifier pump heater system (4) was 170 kWh.t⁻¹ DM. The costs for electricity per kilogram hay differed between 0.4 and 2.9 cent by hay making with system (3) and between 1.4 and 5.4 cent by hay drying with system (2) – 18 cent per kWh were calculated.

In a total cost calculation (hay drying technique – fan, dehumidifier pump, box, solar collector, regulation technique), you can see, that the fixed cost are more important than the variable cost. The fixed cost per kg hay are 4.5 cent by the hay making system (2) and 1.2 cent by the hay making system (3). The example was calculated without building and indoor crane costs.

If you want to run a professional dairy farm, forage based on hay only, you must investigate in highly efficient hay drying techniques. The dehumidifier pump heat is one good possibility to achieve the goal of a high forage quality, less crumble losses also under difficult weather conditions in the spring time and in the autumn.

Keywords: hay-drying technique, silage, air ventilation, humidification drying, dehumidifier pump heater, energy demand

1. Einleitung

„Die Technik der Heutrocknung weist wie die Trocknungstechnik allgemein eine lange Tradition auf mit einem reichen Fundus an Wissen. Es scheint nicht sosehr Bedarf an grundsätzlichen technischen Neuerungen zu bestehen, vielmehr müsste bekanntes Wissen nur konsequent genug angewendet werden“, meint der langjährige Trocknungsexperte der Universität für Bodenkultur Prof. Dr. WEINGARTMANN (2002). WEINGARTMANN (2002) meint dazu weiter: „Die Heutrocknung als eine Form der Grundfutterkonservierung wurde demnach allerdings nicht aufgrund technischer Probleme von der Silowirtschaft verdrängt, sondern vielmehr aufgrund verfahrenstechnischer und betriebswirtschaftlicher Überlegungen.“

WEINGARTMANN (2002) macht für die Heutrocknung folgende Feststellungen:

- die Heutrocknung ist ein energieintensiver Prozess (Wasser muss vom flüssigen in den dampfförmigen Aggregatzustand gebracht werden und zudem müssen vorher mehr oder weniger starke Bindungskräfte überwunden werden),
- die Frage der Energiequelle und zu welchen Preisen sie verfügbar ist, wichtig ist,
- der Strukturwandel in der Landwirtschaft, das Produkt Heu interessant macht und
- die arbeitstechnischen und arbeitswirtschaftlichen Anforderungen eines Betriebes an das Konservierungsverfahren gestiegen sind.

Neue, alternative Energiequellen und der Mehrfachnutzen von technischen Einrichtungen lassen die Konservierungsform der Heutrocknung für Einzelbetriebe ebenfalls wieder interessant werden.

Im Frühjahr gibt es für den ersten Schnitt meist nur wenige Erntegelegenheiten (FORMAYER et al. 2000, LUDER 1982). Letztendlich braucht es deshalb auch für Heube-

triebe große Trocknungsanlagen mit einer ausreichenden Kapazität, um in kurzer Zeit die gesamte Futterfläche mit geringstmöglichen Verlusten ernten zu können. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, hat sich die Trocknungstechnik von den reinen Nachtrocknungsverfahren (Giebelrost, Ziehschacht) zur Boxentrocknung entwickelt (PÖLLINGER 2003).

Heute ist es technisch möglich, frisch gemähtes Wiesengras ohne Vorwelkung unter Dach zu trocknen. Allerdings ist der Energieaufwand dafür sehr hoch. Deshalb konnten sich bis *dato* in Österreich auch keine Heißluft-Grüntrocknungsanlagen durchsetzen (WIRLEITNER et al. 2009). Zum Trocknen von Feuchtheu mit 60 % Trockenmasse muss im Vergleich zu Feuchtheu mit 70 % Trockenmasse die doppelte Menge an Wasser abgeführt werden.

Heute wollen die Heubetriebe ihre hohen Grundfutterqualitäten mit Betriebsgrößen von teilweise über 60 ha zu maximal zwei Ernteterminen einfahren. Das braucht Anlagengrößen von mindestens 200 m² Stockgrundfläche und Stockhöhen bis zu 6 m. Gleichzeitig müssen die höhere Einfuhrfeuchte und damit der höhere Wassergehalt im Futter von der Trocknungsluft aufgenommen und abtransportiert werden können. Das wiederum macht die Luftanwärmung im spezialisierten Heubetrieb zu einem unverzichtbaren technischen Ausrüstungsdetail. Ölfeuerungsanlagen haben dabei ausgedient. Heute werden Anlagen mit solarer Luftanwärmung, mit der Restwärmenutzung aus Biogasanlagen, Hackgut- oder Scheitholzbefuerung mit Register oder Entfeuchtertrocknungsanlagen – mit der die Luft nicht nur erwärmt, sondern am Verdampfer auch entfeuchtet wird – betrieben. Auch die Kombination von mehreren Luftanwärmungssystemen (z.B. solare Luftanwärmung und Luftentfeuchtertrocknung) ist mittlerweile stark verbreitet. WIRLEITNER et al. (2009) weist bei dieser Kombinationslösung auch auf den relativ günstigen spezifischen Energiebedarf von 0,18 bis 0,28 kWh/kg Wasser hin.

2. Problemstellung

Für interessierte Landwirte ergeben sich aus den mittlerweile sehr reichhaltigen Angeboten seitens der Industrie allerdings auch viele Fragestellungen zur Technik und Anwendung. Neben den Investitionskosten – große Heutrocknungsanlagen sind mit über 200.000,- Euro zu kalkulieren – sind es vor allem Fragen zum Mehrertrag an Futterqualität, dem richtigen Einfuhrzeitpunkt, der richtigen Vorbehandlung (Mähen, Aufbereitung, Zetten, Schwaden, Ernten, Transportieren, Einlagern), der Trocknungsprozessführung und letztendlich der Leistungsfähigkeit der Anlagen (Anschlusswerte, Heizleistung, Steuerungs- und Regeltechnik). Die Betriebsführer sind dabei oft mit sehr unterschiedlichen „Firmenphilosophien“ konfrontiert.

3. Material und Methoden

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden in den Jahren 2010 bis 2012 folgende drei Heutrocknungsverfahren verglichen: Bodentrocknung (BH), Kaltbelüftung (KH) und Entfeuchtertrocknung mit solarer Luftanwärmung (EH). Zusätzlich wurde mit demselben Futter noch Rundballensilage produziert (S). Aus technischer Sicht wurden die Verfahren hinsichtlich Maschineneinsatz am Feld, Feldverluste, baulich-technischen Aufwendungen und Energiebedarf analysiert. Aufgrund technischer Probleme der EH-Anlage im Jahr 2010 wird für die Interpretation der Ergebnisse dieses Erntejahr nicht berücksichtigt.

3.1 Feldarbeiten und Fläche

Die Versuchsfläche – eine Dauerwiese mit rund 11 ha – wurde viermal geschnitten. Im Jahr 2012 konnte aufgrund einer großflächigen Überschwemmung der 3. Schnitt nicht durchgeführt werden.

Die Fläche wurde jeweils mit zwei Front-Heck-Kombinationen, ab dem Jahr 2011 mit Mähauflbereiter (Zinken), gemäht. Unmittelbar nach dem Mähen wurde das Futter mit einem gezogenen Zettwender breit gestreut. In Abhängigkeit vom Abtrocknungsverlauf des Futters wurde das Futter der Konservierungsvarianten unterschiedlich oft gezettet. Das Futter für die Silage-Erzeugung (S-Variante) wurde nur breit gestreut, für die EH-Variante nach dem Breitstreuen noch 1 Mal gewendet, für die KH-Variante noch 2 Mal und für die BH-Variante noch 3 Mal. Geringere Wendehäufigkeiten ergaben sich meist beim 2. und 3. Schnitt, während beim 4. Schnitt jede Variante um 1 bis 2 Mal häufiger gewendet wurde. Die Einstellung des Zettwenders wurde so gewählt, dass der Mähschwad mit rund 480 U/min an der Zapfwelle breit gestreut wurde. Bereits beim zweiten Mal Wenden wurde nur mehr mit 430 bis 450 U/min an der Zapfwelle gearbeitet und beim letzten Mal Wenden die Zapfwelldrehzahl sogar bis auf 380 U/min reduziert.

Das Futter wurde maximal eine Stunde vor der Ernte geschwadet. Zur Schwadarbeit wurde ein Mittelschwader mit Tastrad eingesetzt. Gefahren wurde mit rund 400 U/min an der Zapfwelle und einer Fahrgeschwindigkeit von rund 10 km/h. Geladen und eingefahren wurde das Futter mit zwei baugleichen Ladewagen. Die Ladewagen waren mit 31 Messern bestückt, davon waren in der Regel 6 Stück im Eingriff. Beim 4. Schnitt wurde ohne Messereingriff gearbeitet. Jede Fuhre wurde an der Brückenwaage gewogen und die Gewichte protokolliert.

3.2 Silage-Produktion (S-Variante)

Die gesamte Versuchsfläche wurde mit zwei Mähwerkskombinationen gemäht und unmittelbar danach das Futter breit gestreut. Nur einmal wurde das Futter ohne Breitstreuen geschwadet und insbesondere beim 4. Schnitt nach dem Breitstreuen auch noch einmal gewendet. Für die S-Variante wurde das Futter kurz vor Erreichen des gewünschten Trockenmassegehaltes (TM-Gehalt) (33 %) geschwadet, mit einer Rundballenpresse gepresst und anschließend gewickelt. Unmittelbar nach dem Schwaden für die S-Variante wurde das Futter für die Heutrocknungsvarianten gewendet.

3.3 Bodenheuerung (BH-Variante)

Das Bodenheu unterschied sich am Feld von den anderen Konservierungsverfahren nur durch eine höhere Anzahl an Wendevorgängen – in Summe wurde das Bodenheu mindestens drei- und maximal sechsmal gezettet bzw. gewendet – und durch längere Feldliegezeiten. Der 4. Schnitt wurde in der Regel unter „künstlichen“ Bedingungen – d.h. das Futter wurde in einem überdachten Lagerplatz locker aufgelegt – endgetrocknet, obwohl fast alle Schnitttermine noch in der zweiten Septemberhälfte lagen.

3.4 Kaltbelüftung (KH-Variante)

Das Futter für die KH-Variante wurde nach dem Mähen dreimal gewendet (einmal breitgestreut und zweimal gezettet; der Bereich erstreckte sich von einmal bis fünfmal zetzen), bei einem TM-Gehalt von rund 75 % geschwadet und danach eingefahren. Das Futter wurde mit einem Heukran in die Heubox mit einer Grundfläche von rund 71 m² (8,7 x 8,15 m) eingelagert. Die Heubox hat eine Bauhöhe von 3,90 m und eine Brutto-Rosthöhe von 50 cm (lichte Höhe 45 cm). Daraus ergibt sich ein nutzbares Lager- und Trocknungsvolumen von 241 m³. Belüftet wird die Anlage mit einem Radialventilator Typ RE 901 mit 7,5/5,5 PS/kW Motorleistung. Im Prüfbericht der BLT Wieselburg (Prot. Nr. 011/72) wird bei einem Gesamtdruck von ca. 1.130 Pa eine Luftleistung von 3,9 m³/sec (14.000 m³/h) erreicht. Im praxisüblichen Arbeitsbereich von rund 490 Pa sind es 7,8 m³/sec (28.200 m³/h). Mit diesem Lüfter wird bei der gegebenen Heuboxengröße (71 m² Grundfläche) der erforderliche Volumenstrom ausreichend abgedeckt.

3.5 Solarunterstützte Entfeuchtertrocknung (EH-Variante)

Das Futter für die EH-Trocknung in Kombination mit solarer Luftanwärmung (Warmbelüftung) wurde nach dem Mähen in der Regel zweimal gewendet – der Bereich erstreckte sich von einmal bis viermal zetzen. Das Futter wurde bei einem TM-Gehalt von ca. 65 % geschwadet und eingefahren. Die tatsächlich erreichte Abtrocknung am Feld lag zwischen 50 und 70 % TM.

Diese Heutrocknungsanlage besteht aus einer Luftentfeuchter-Wärmepumpe und einem Lüfter mit der nötigen Steuer- und Regelungstechnik. Zusätzlich wurde für die solare Luftanwärmung ein Solarkollektor in die gesamte Dachfläche des Mehrzweckversuchsstalles der HBLFA Raumberg-Gumpenstein eingebaut. Durch die Kombination Luftentfeuchter-Wärmepumpe und solare Luftanwärmung

mit effizienter Steuerung sollte der Energieaufwand und damit die variablen Kosten für die Heutrocknung minimiert werden.

3.5.1 Solarkollektor

Der Solarkollektor für die EH-Anlage wurde nachträglich in die Dachfläche integriert. Das Pfettendach wurde von innen mit Spanplatten als Verschalung ausgekleidet. Die Kollektorkanäle werden von der Abdeckung, den Balken und den Spanplatten gebildet. Die Pfettenhöhe beträgt 180 mm. Der Kollektor ist als freiliegender Absorber ausgeführt, d.h. das Dachabdeckmaterial (Welleternit) fungiert als Absorber. Die Neigung der Dachflächen beträgt 20 Grad und die Ausrichtung ist Nord/Süd. Ein nach Süden ausgerichtetes Dach mit einer Neigung von 20 Grad kann während der Dürrfutterperiode die beste Wirkung erzielen. Die Nettofläche, die den Solarkollektor bildet, beträgt 410 m². Bei einer Leistung von 200 W/m² und unter Berücksichtigung der verringerten Leistung an der Nordseite der Dachfläche beträgt die Gesamtleistung der Dachabsaugung ca. 71 kW. Die Kollektorfläche beträgt mit 96 m² mehr als das Vierfache der Grundfläche der Heubox. Die Systemskizze (*Abbildung 1*) zeigt die Luftableitung durch den Solarkollektor und den Sammelkanal in die Lüfterkammer. Während aller Versuchsdurchgänge wurde die Luft aus allen vier Dachflächen angesaugt.

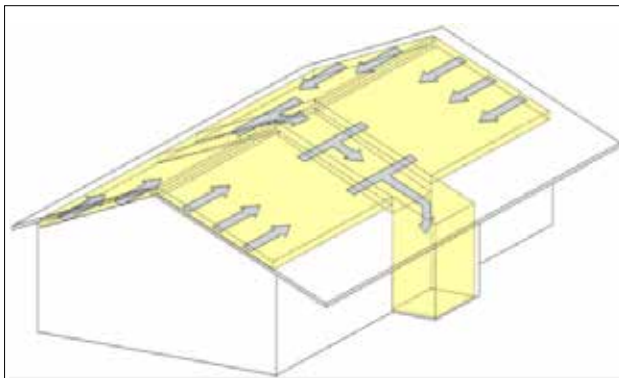


Abbildung 1: Solarkollektor: Pfettendach mit vier Kollektorfeldern auf zwei Dachflanken mit mittig angeordnetem Sammelkanal (Systemskizze der Agroscope Reckenholz-Tänikon ART)

3.5.2 Heubox

Die Grundfläche der Heubox beträgt 96 m² bei einem Volumen von 576 m³ (L x B x H = 12.000 x 8.000 x 6.000 mm). Die Belüftungsbox besteht aus Holzwänden mit Kantholzstehern, die mit einem U-Profil-Überleger eingerahmt sind. Der Rost besteht aus einem Baustahlgitter (CQS 100) mit darunter liegenden Auflegern (50 x 150 mm), die wiederum auf Rundhölzern aufliegen. Die Rosthöhe beträgt 600 mm (Unterkante) und ist in der Höhenangabe der Box enthalten. Um seitliche Luftverluste zu vermeiden, ist der Rost zur Einwandung hin in einer Breite von 600 mm geschlossen. Daraus ergibt sich ein tatsächliches Einlagerungsvolumen bis zum Boxenrand von 518 m³. Der Einblaskanal für das Gebläse befindet sich mittig angeordnet an der Nordseite der Box. Am oberen Boxenrand wurde bei jedem Versuchsdurchgang eine zusätzliche Boxenüberhöhung mit ca. 2 m Höhe bis unter die Brückenkranschiene montiert. Diese bestand aus Kompostvlies und wurde auf am Boxenrand aufgesteckte Stahlrohre aufgezogen. Dies diente dazu,

die aus dem Heustock austretende Luft im Umluftbetrieb in Richtung Umluftklappe zu lenken. Dadurch sollte ein möglichst hoher Anteil an feuchter Luft wieder in den Umluftbetrieb zurück gebracht werden.

3.5.3 Ventilator

Den nötigen Volumenstrom lieferte ein Ventilator der Type SR 1000 mit einer Nennleistung von 22 kW. Dieser ist für Boxengrößen bis 220 m² geeignet und damit für die hier verwendete 96 m² Stockgrundfläche grundsätzlich überdimensioniert. Die technischen Daten des Ventilators sind in der *Tabelle 1* dargestellt.

Tabelle 1: Technische Daten des Ventilators der EH-Anlage

Type	SR 1000 / 22 / 6 / RD 270
Baujahr	2011
Luftfördermenge max., in m ³ /h	55.000
Nennleistung PA, in kW	22
Nennstrom I _n , in Ampere	44,5
Spannung, in V / Frequenz in Hz	400 / 50
Nenn Drehzahl, in U/min	980

3.5.4 Luftentfeuchter-Wärmepumpe

Die verbaute Luftentfeuchter-Wärmepumpe der Fa. Reindl Kältetechnik GmbH erfordert eine elektrische Anschlussleistung von 16 kW (technische Daten siehe *Tabelle 2*). Die Abmessungen betragen 2.000 x 2.150 x 110 mm (L x H x T). Die Nettoquerschnittsfläche der Register, die von der Trocknungsluft durchströmt werden, beträgt 4 m². Die Anordnung der Luftentfeuchter-Wärmepumpe erfolgt im Hauptstrom, d.h. der gesamte vom Gebläse angesaugte Trocknungsluftstrom muss den Entfeuchter passieren. Bei einem Luftdurchsatz von 35.000 m³/h (entspricht 0,1 m³/s/m² für die Heubox mit 96 m² Grundfläche) bedeutet das eine Strömungsgeschwindigkeit am Register von etwa 2,4 m/s. Das Kältemittel wird von einem Schraubenverdichter mit integrierter Ölwanne komprimiert. Dieser ist zwischen Verdampfer- und Kondensatorregister angeordnet. Die stufenlose Drehzahlregelung erfolgt automatisch mittels Frequenzumformer in Abhängigkeit des Kältemitteldruckes. Der Entfeuchter kann sich so an Änderungen des Luftdurchsatzes anpassen und ungünstige Betriebszustände einschränken. Eine Vereisung des Verdampfers bei geringen Außentemperaturen kann so ebenfalls vermieden werden. Das Kondensat wird über eine Öffnung an der Geräteunterseite abgeführt. Am Schaltschrank kann eingestellt werden, unter welcher relativen Luftfeuchte der Entfeuchter abschalten soll. Der Entfeuchter ist lt. Firmenangaben für Heuboxen bis 160 m² bzw. für die Trocknung von 40 Stück Heurundballen geeignet. Damit sollte, je nach Ausgangsfeuchte, eine maximale tägliche Einfuhrleistung von 10 bis 18 ha/Tag möglich sein.

Tabelle 2: Technische Daten der Luftentfeuchter-Wärmepumpe der EH-Anlage

Type	SR 60 N MJR
Baujahr	2011
Kältemittel	R407c
Kältemittelmenge in kg	45
Spannung in V	400
E-Anschlussleistung in kW	16

3.5.5 Steuerung

Die Steuerung der EH-Anlage erfolgt mittels SPS-Steuerung und ist als Komfortsteuerung ausgeführt. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Funktionskreise erklärt und auf die steuerungsrelevanten Parameter eingegangen. Anfang 2012 wurde die Anlage auf eine Touch-Screen geführte Steuerungsoberfläche umgebaut.

Betrieb mit solarer Luftanwärmung

Meist wurde am früheren bis späteren Nachmittag die Ernte der EH-Variante bei noch guten Witterungsbedingungen durchgeführt. In diesem Fall wurde die gesamte, über die solare Luftanwärmung zur Verfügung stehende Energie genutzt und der Ventilator konnte mit der vollen Stromaufnahme (50 Hz, 44,5 A) betrieben werden. Je nach Feuchtegehalt des Futters und Stockhöhe wurden dabei 40.000 bis 55.000 m³/h Trocknungsluft durch den Heustock befördert.

Betrieb mit Entfeuchter-Wärmepumpe – Umluftbetrieb

Lag die Ansaugtemperatur auf der Dachfläche nur mehr 3 °C über der Heustocktemperatur, wurde automatisch von solarer Unterdachabsaugung auf Umluftbetrieb umgeschaltet und die Entfeuchter-Wärmepumpe in Betrieb genommen. Gleichzeitig wurde der Ventilator automatisch auf 29 Ampere Stromaufnahme (Frequenz 44 Hz) reduziert. Erst nach der Betriebsfreigabe konnte der Entfeuchter auf Nenndrehzahl anlaufen. Umgekehrt wurde der Steuerungskreislauf für die Umstellung von der Nachttrocknung oder Trocknungsluftführung bei Schlechtwetter mit Umluftführung auf die solare Unterdachabsaugung geschaltet. Bei mehr als 5 °C Temperaturdifferenz zwischen innen (oberhalb der Heubox) und außen (Solardachtemperatur), wurde die Umluftklappe geschlossen und über das Solardach angesaugt. Etwas zeitverzögert wurde dann der Entfeuchter abgeschaltet und das Gebläse frei gegeben, welches dann wieder mit maximaler Frequenz betrieben werden konnte.

3.6 Messtechnik

3.6.1 Messfühler

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Luftentfeuchter-Wärmepumpe wurden mehrere Sensoren zur Erfassung der

Luftzustände während der Trocknungsdauer installiert. In *Abbildung 2* sind die Positionen der Messstellen markiert.

3.6.2 Witterung

Die Witterungsverhältnisse während der Feldtrocknungsphase und für die Dauer der Unterdachabsaugung wurden den Datenaufzeichnungen der Klimastation der ZAMG am Standort Gumpenstein entnommen. Diese Messdaten lagen im Stundenintervall vor. Für die Berechnung der Luftdaten wurde ein über die Beobachtungsdauer herrschender mittlerer Luftdruck von 940 hPa eingesetzt. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit der Außenluft wurden während der Belüftungsdauer ebenfalls im Minutenintervall aufgezeichnet.

3.6.3 Stromverbrauch

Die Daten für den Stromverbrauch der EH-Anlage wurden wie die Luftmessdaten im Minutenintervall während der Dauer der Trocknungsdurchgänge aufgezeichnet. Die Geräte hatten keine Betriebsstundenzähler. Die Laufzeit von Gebläse und Entfeuchter wurde daher im Abgleich mit den Luft- und Strommessdaten ermittelt. Die Stromverbrauchsdaten für den Ventilator der KH-Anlage wurden von einem eigenen Stromzähler vor und nach der Trocknung abgelesen und protokolliert.

3.7 Bestimmung der Bröckel- und Aufnahmeverluste

Die Bröckelverluste am Feld wurden unmittelbar nach der Ernte bestimmt. Dazu wurde die Gesamtfläche von West nach Ost in fünf Sektoren eingeteilt. Jeder Sektor wurde wiederum in vier Teilflächen unterteilt, die den Versuchsvarianten Silage, Entfeuchterheu, Kaltbelüftungsheu und Bodentrocknungsheu entsprachen. Damit konnten lokale Flächenunterschiede und der fortlaufende Trocknungsprozess gleichmäßig auf alle Varianten aufgeteilt werden.

Die Messstellen wurden rund 50 bis 80 m vom jeweiligen Feldrand entfernt von Schnitt zu Schnitt flexibel, meist von derselben Versuchsperson festgelegt. Die Messstellen lagen jeweils links oder rechts vom Aufnahmeschwad. Damit wurden die Bröckel- und Aufnahmeverluste vom Mähen bis zum Schwaden erfasst. Pro Konservierungsverfahren wurden 10 Messstellen abgesaugt (zwei Messstellen in jedem der fünf Sektoren) eine an der Nordseite und eine an der Südseite der Versuchsfläche.

Die Bestimmung erfolgte mit der Saugmethode. Dazu wurde ein Industriestaubsauger mit dem runden Saugschlauchende verwendet. Der Antrieb wurde mittels Notstromaggregat sichergestellt. Ein 1 m² großer Messrahmen wurde auf die abgeerntete Oberfläche gelegt. Dann wurde in langsamen Hin- und Herbewegungen im Bodenabstand von 3 bis 5 cm, das oberflächlich aufliegende Pflanzenmaterial abgesaugt. Das Absaugen wurde in beide Richtungen und in zweifacher Wiederholung durchgeführt. Die abgesaugten Pflanzenteile wurden vom Industriestaub-

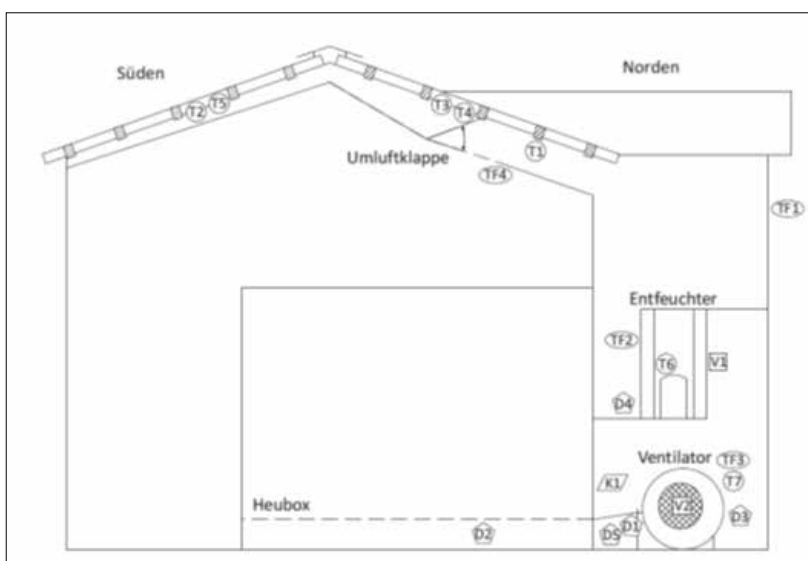


Abbildung 2: Messstellenplan der EH-Anlage (SATTLER 2012)

sauger in beschriftete Papiersäcke geleert. Das Futter wurde anschließend in den Säcken in der Trocknungsanlage auf Gewichtskonstanz (Heugewicht) getrocknet, gewogen und von einer Mischprobe die TM bestimmt. Der feine Erdanteil wurde händisch bei jeder Probe vor dem Einfüllen abgetrennt; war das nicht eindeutig möglich, wurden die Proben mit einem Windsichter gereinigt.

4. Ergebnisse

4.1 Abtrocknungszeiten am Feld

In der *Tabelle 3* sind die in den Versuchsjahren 2010 bis 2012 durchschnittlich gemessenen Feldliegezeiten der einzelnen Konservierungs-Varianten aufgelistet. Insbesondere beim 1., 2. und 3. Schnitt konnte das Futter für die solarunterstützte EH-Variante um einen Halbtage vor der KH-Variante eingefahren werden. Die Feldliegezeiten der BH-Variante zeigen die Problematik dieser Konservierungsvariante auf. Das Futter musste bereits beim 3. Schnitt durchschnittlich über zwei Tage am Feld trocknen. Beim 4. Schnitt, ab Mitte September, war kein lagerstabiles Heu mehr zu ernten. Die Versuchsfutterpartien wurden durchschnittlich nach 2,5 Tagen in der Futterhalle locker aufgelegt, um das Futter fertigzutrocknen. Im Durchschnitt lag das Bodenheu drei Tage am Feld (der Bereich erstreckte sich von zwei bis zu fünf Tagen).

Tabelle 3: Durchschnittliche Feldliegezeiten (vom Mähen bis zum Einfahren) der unterschiedlichen Konservierungs-Varianten in Stunden in den Jahren 2010 bis 2012

Varianten	Silage	Entfeuchter-trocknung	Kalt-belüftung	Boden-trocknung
1. Schnitt	10,2	18,8	26,4	37,3
2. Schnitt	3,2	16,5	25,1	34,5
3. Schnitt	6,2	20,0	28,8	51,3
4. Schnitt	23,2	41,9	49,9	58,6 ¹⁾

¹⁾ Stundenwerte nicht realistisch, weil das Futter nach dieser Zeit noch zu feucht war und deshalb unter Dach locker aufgelegt und fertig getrocknet wurde

4.2 Bröckelverluste

Für die statistische Auswertung der Bröckelverlust-Daten wurde ein General Linear Model (GLM) gewählt. Die Analyse wurde mit dem Programm Statgraphics Centurion XVI durchgeführt (StatPoint, 2009).

Folgendes Modell wurde verwendet:

$$Y_{ij} = my + S_i + V_j + S_i \times V_j$$

wobei

Y_{ij} = Beobachtungswert der abhängigen Variable

my = gemeinsame (mittlere) Konstante

S_i = fixer Effekt des Schnittes i (1. Schnitt, 2. Schnitt, 3. Schnitt, 4. Schnitt)

V_j = fixer Effekt der Konservierungs-Varianten j (S, EH, KH, BH)

Datenvorbereitung und Datenstruktur

Bei der statistischen Auswertung wurden nach einem Ausreißertest (Grenze 2σ) fünf Einzelwerte (Werte > 605) für die weiteren Berechnungen nicht mehr berücksichtigt. Die Datenstruktur konnte nicht in einer vollen Matrix erstellt

werden. Beim 3. Schnitt 2010 und 2011 und beim 2. Schnitt 2010 verhinderten Lücken in der Benennung eine eindeutige Datenzuordnung der BH- und KH-Variante. 2012 konnten der 3. Schnitt als Folge einer Überschwemmung der Versuchsfläche nicht geerntet werden und beim 4. Schnitt 2012 wurden die Daten nicht erhoben. Als Konsequenz aus diesen Tatsachen wird die Auswertung der Bröckelverluste über zwei Teilmodelle geführt:

Modell A (volle Matrix der Varianten): Für den 1. und 2. Schnitt kann eine vollständige Datenmatrix der Varianten erstellt werden. Dieses Modell ermöglicht eine vergleichende Untersuchung der Bröckelverluste zwischen den Konservierungsvarianten S, EH, KH und BH. Die Erkenntnisse dieses Modells dürfen verallgemeinert werden, da die Prüfung einer Wechselwirkung in Modell B keine signifikanten Einflüsse zeigte.

Modell B (volle Matrix der Schnitte innerhalb der Varianten S, EH und KH): Dieses Modell wird über die volle Matrix der Schnitte innerhalb der gewählten Varianten geführt. Dieses Modell zeigt vor allem die Auswirkungen der Schnitte auf die Bröckelverluste in den Varianten. Es verstärkt aber auch die Erkenntnisse aus Modell A. Da sich beide Modelle ergänzen, werden sie gemeinsam besprochen.

Einfluss der Variante auf die Bröckelverluste: Im Modell A wurde für die Bröckelverluste ein Modellmittelwert von 260 kg TM/ha ermittelt. Die vier Varianten verteilen sich gleichmäßig um den Modellmittelwert, wobei die Bröckelverluste von der Silage (167 kg TM/ha) hin zum Bodenheu (369 kg TM/ha) ansteigen. Dazwischen liegen die Varianten Entfeuchtertrocknungsheu (212 kg TM/ha) und Kaltbelüftungsheu (290 kg TM/ha) (*Abbildung 3*). Alle vier Varianten unterscheiden sich hoch signifikant (*Tabelle 4*). Diese Modellmittelwerte bilden den Einfluss der Bearbeitungsintensität auf dem Feld gut ab. Mit zunehmender Feldliegezeit und damit verbundener Bearbeitungsintensität (Anzahl an Zettvorgängen) nehmen – bei gleichzeitig zunehmendem TM-Gehalt – die Bröckelverluste am Feld zu.

Das Modell B (Untersuchung der Schnittfrequenz) zeigt uns einen Einfluss der Witterung. Die Bröckelverluste nehmen parallel zur empirischen Beobachtung des Wetters von Mai (1. Schnitt) bis August (3. Schnitt) ab. Der 4. Schnitt im September fällt wieder in eine ungünstigere Wetterperiode und

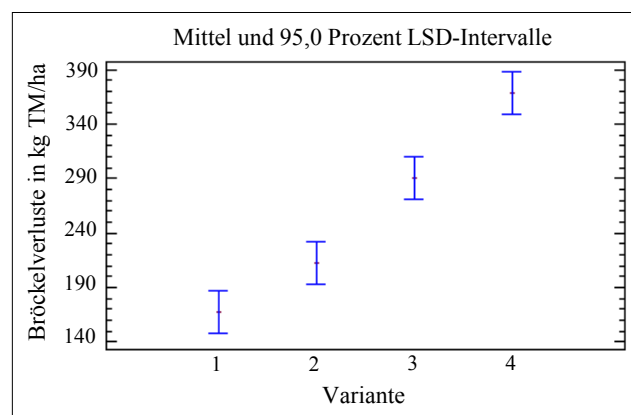


Abbildung 3: Graphische Darstellung der Bröckelverluste der unterschiedlichen Konservierungs-Varianten (1=Silage, 2=Entfeuchterheu, 3=Kaltbelüftungsheu, 4=Bodenheu) beim 1. und 4. Schnitt in den Jahren 2010 bis 2012, Modell A

zeigt ähnlich hohe Werte wie der 1. Schnitt (*Abbildung 4*). Diese Erkenntnisse können auch statistisch hoch signifikant

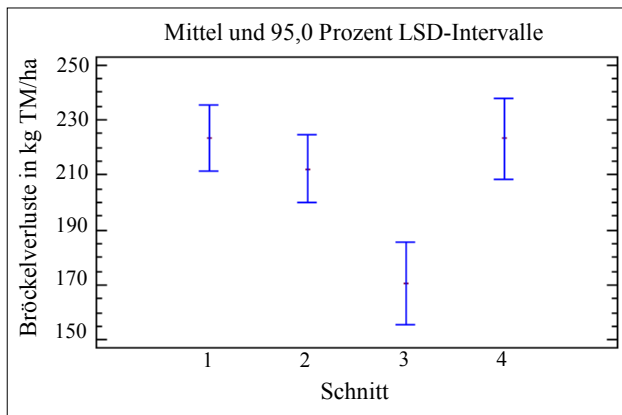


Abbildung 4: Graphische Darstellung der Bröckelverluste bei den unterschiedlichen Schnitten in den Jahren 2010 bis 2012, Modell B

Tabelle 4: Berechnung der Energiekosten der vier Schnitte im Jahr 2011 für die Unterdach-Heutrocknung mittels EH- bzw. KH-Anlage

Schnitt	Einheit	1. Schnitt		2. Schnitt		3. Schnitt		4. Schnitt	
		Heutrocknungsverfahren							
Ausgangsdaten	Einheit	EH	KH	EH	KH	EH	KH	EH	KH
Datum Einfuhr:		18.5.	19.5.	28.6.	28.6.	12.8.	12.8.	23.9.	23.9.
Einfuhr FM	kg	16.225	4.065	11.415	7.950	18.255	13.345	13.525	4.380
TM	%	56,6	66,1	69,6	75,2	54,0	67,2	68,7	71,9
TM i.d. Box	kg	9.187	2.686	7.947	5.978	9.858	8.965	9.292	3.149
Heugewicht i.d. Box	kg	10.381	3.088	8.980	6.872	11.139	10.305	10.500	3.620
Wasser abzutrocknen	kg	5.844	977	2.435	1.078	7.116	3.040	3.025	760
Energieverbrauch									
pro Tonne TM	kWh	336	99	109	28	289	64	191	186
pro Tonne Heu	kWh	298	87	97	24	256	56	169	162
spez. Energiebed.	W/kg	529	273	356	156	400	189	586	771
Energiekosten (18 Cent/kWh)									
pro kg TM	Cent	6,1	1,8	2,0	0,5	5,2	1,2	3,4	3,3
pro kg Heu	Cent	5,4	1,6	1,7	0,4	4,6	1,0	3,0	2,9

Tabelle 5: Berechnung der Energiekosten von drei Schnitten im Jahr 2012 für die Unterdach-Heutrocknung mittels EH- bzw. KH-Anlage

Schnitt	Einheit	1. Schnitt		2. Schnitt		4. Schnitt	
		Heutrocknungsverfahren					
Ausgangsdaten	Einheit	EH	KH	EH	KH	EH	KH
Datum der Einfuhr:		19.5.	19.5.	29.6.	29.6.	17.9.	18.9.
Einfuhr FM	kg	13.230	4.145	18.805	9.850	14.120	6.080
TM	%	56,6	66,1	62,4	75,9	65,2	72,8
TM i.d. Box	kg	7.491	2.739	11.727	7.475	9.208	4.427
Heugewicht i.d. Box	kg	8.465	3.095	13.251	8.447	10.405	5.002
Wasser abzutrocknen	kg	4.765	1.050	5.554	1.403	3.715	1.078
Energieverbrauch							
pro Tonne TM	kWh	87	66	140	25	306	111
pro Tonne Heu	kWh	77	58	124	22	271	99
spez. Energiebedarf	W/kg	137	171	297	134	758	457
Energiekosten (bei 18 Cent/kWh)							
pro kg TM	Cent	1,6	1,2	2,5	0,5	5,5	2,0
pro kg Heu	Cent	1,4	1,0	2,2	0,4	4,9	1,7

Anmerkung: 3. Schnitt ist wegen Hochwasser im Jahr 2012 ausgefallen

abgesichert werden. Das Rohdatenmaterial streut insgesamt sehr stark, deshalb können die Modelle A und B nur 41,5 bzw. 31,8 % der Streuung erklären.

4.3 Energieverbrauch und Kosten der Verfahren

4.3.1 Energieverbrauch

In der *Tabelle 4* sind für das Versuchsjahr 2011 und in der *Tabelle 5* für das Versuchsjahr 2012 die wichtigsten Daten zur Berechnung der Energiekosten aufgelistet. Das Versuchsjahr 2010 wurde aufgrund technischer Schwierigkeiten mit der EH-Anlage nicht berücksichtigt. Interessant ist, dass bei der KH-Variante, im Vergleich zur EH-Variante, auch bezogen auf den spezifischen Energiebedarf (W/kg Wasserverdunstung), niedrigere Verbrauchswerte erzielt wurden. Nur beim 4. Schnitt 2011 und beim 1. Schnitt 2012 war der spezifische Energiebedarf/kg abzutrocknenden Wassers bei der EH-Variante günstiger als bei der KH-Variante. Erklärbar

ist das damit, dass die Erntebedingungen nach Möglichkeit an die Bodentrocknung angepasst wurden und damit günstigere Bedingungen für die KH-Variante herrschten und die Boxengröße an die Versuchserntemengen besser angepasst war.

Umgelegt auf die Energiekosten pro kg Heu schnitt die KH-Variante mit Werten von 0,4 bis 2,9 Cent am günstigsten ab. Die Energiekosten für die solarunterstützte EH-Anlage lagen hingegen zwischen 1,4 und 5,4 Cent/kg Heu.

4.3.2 Kosten

In *Tabelle 6* werden die beiden Unterdachtrocknungsverfahren KH und EH hinsichtlich der Kosten (fixe und variable Kosten) miteinander verglichen und die Mehrkosten gegenüber der BH-Variante dargestellt. Die Investitionskosten stammen aus Kostenschätzungen und -vergleichen aus ähnlichen Projekten in Österreich und der Schweiz. In der Kalkulation sind keine Gebäudekosten (Lager) und die Kosten für den Heukran enthalten, da diese Kosten in jedem Fall bei einem Heubergeverfahren zu tragen sind. Lediglich im Vergleich zu der in der *Tabelle* nicht angeführten Silagekonservierung wurden die „Differenzkosten“, also

Tabelle 6: Kostenvergleich der Heutrocknungsverfahren

Investitionen	Einheit	Entfeuchtertrocknung	Kaltbelüftung	Anmerkungen
Ventilator – Investition	Euro	8.000,--	5.000,--	Warmbelüftung mit FU
Jährliche Belastung	Euro	760,--	475,--	ND 15 Jahre, 4 %
Heubox, Rost, Kanäle – Investition	Euro	15.000,--	15.000,--	100 m ² Stockfläche, in Eigenleistung
Jährliche Belastung	Euro	942,--	942,--	ND 30 Jahre, 4 %
Kollektor – Investition	Euro	10.000,--		250 m ² , in Eigenleistung
Jährliche Belastung	Euro	628,--		ND 30 Jahre, 4 %
Entfeuchter – Investition	Euro	30.000,--		inkl. Steuerung
Jährliche Belastung	Euro	2.848,--		ND 15 Jahre, 4 %
Summe Fixkosten/a	Euro	5.178,--	1.417,--	
Heuverbrauch/a	kg	172.414	172.414	20 ha Betrieb, bei 7.500 kg TM Ertrag/ha.
Trocknungsmenge/a	kg	113.793	113.793	2/3 unter Dach getrocknet
Fixkosten/kg Heu	Cent	4,55	1,24	
Energieverbrauch	kWh	17	8	pro 100 kg Heu
Variable Kosten/kg Heu	Cent	3,06	1,44	18 Cent/kWh
Gesamtkosten	Cent	7,61	2,70	pro kg Heu

jene Kosten, die nur dem einen oder anderen Konservierungsverfahren zugeordnet werden können, berechnet, (inkl. Lager-, Futterentnahme- und -vorlagekosten).

Entscheidenden Einfluss auf die Kostenbelastung pro kg Heu nehmen in erster Linie die Fixkosten. Diese können bei völliger Neuinvestition von Gebäude und Technik auf das Doppelte bis Dreifache steigen. Andererseits können diese bei größeren Betriebseinheiten auch deutlich sinken. In diesem Berechnungsbeispiel ist bei der solarunterstützten EH-Anlage von beinahe 8 Cent Mehrkosten pro kg Heu im Vergleich zur BH-Variante auszugehen. Für das mit der EH-Anlage konservierte Heu wurden Mehrkosten von 2,7 Cent/kg Heu kalkuliert. Bei der Berechnung der variablen Kosten wurde für den Stromverbrauch ein Durchschnittswert aus den Versuchsaufzeichnungen herangezogen – 8 kWh/100 kg Heu für die KH-Variante und 17 kWh/100 kg Heu für die EH-Variante. Diese Werte decken sich mit älteren Literaturangaben bzw. liegen leicht darüber (LAVILLE-STUDER 1990, HILFIKER 1989). Auf Praxisbetrieben mit vergleichbaren Anlagen werden vielfach durchschnittliche Stromverbrauchswerte von unter 10 kWh/100 kg Heu gemessen. In diesem Fall würden sich die Mehrkosten auf 6 Cent/kg Heu reduzieren.

Ein Vergleich mit der Silagewirtschaft ist schwierig und von vielen Faktoren abhängig – jeder Betrieb hat andere Voraussetzungen (Gebäudekapazitäten, technische Ausstattung, innere und äußere Verkehrslage etc.). Unterstellt man für beide Konservierungssysteme eine Neuinvestition – für die Heutrocknung eine Trocknungshalle mit Kran für die Beschickung und Futtervorlage, Neuwert Euro 175.000,- und für die Silagewirtschaft eine Fahriloanlage mit zweimal 400 m³ großen Traunsteinsilos inklusive Futterverteilung, Abdeckung und Futterentnahme- und -vorlagetechnik (gezogener Schneidkamm mit Altraktor), Neuwert Euro 30.000,- – dann sind für die Heutrocknung nochmals rund 7,0 Cent und für die Silagewirtschaft rund 4,5 Cent/kg Heuäquivalente zu kalkulieren. Unterstellt man weiter einen höheren Maschinenverschleiß bzw. etwas teureren Maschinenpark für die Silagegewinnung (Heuladewagen – Rotorladewagen) lassen sich 1 bis 2 Cent/kg Heuäquivalente für die Heutrocknung abziehen. Diese „Einsparung“ geht allerdings zur Hälfte aufgrund des höheren Arbeitsaufwandes am Feld (Zettarbeit) wieder verloren.

In einer Kostenrechnung, in der die verfahrenstypischen „Differenzkosten“ berücksichtigt sind, ist für einen 20 ha Heu- bzw. Silagebetrieb unter den angeführten Annahmen für die Unterdachtrocknung von Heu mit der EH-Variante mit 19 Cent, für die KH-Variante mit ca. 15 Cent und für die S-Variante mit knapp 10 Cent/kg Heuäquivalente zu rechnen.

5. Literatur

- FORMAYER, H., A. WEBER, S. ECKHARDT, G. VOLK, J. BOXBERGER und H. KROMPKOLB, 2000: Endbericht zum Projekt „Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Landwirtschaft in Österreich“. BMLFUW, Wien.
- HILFIKER, J., 1989: Betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen Bodentrocknung und Heubelüftung. FAT Bericht 371. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- LAVILLE-STUDER, K., 1990: Wie wirtschaftlich sind künstliche Heutrocknungsverfahren? FAT Bericht 384. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- LUDER, W., 1982: Ermittlung der Erntegelegenheiten und des Verlustrisikos aufgrund von Klimadaten, dargestellt am Beispiel der Rauhfutterernte. Dissertation an der ETH Zürich, Diss.Nr. 6981. 37-71.
- PÖLLINGER, A., 2003: Vergleich unterschiedlicher Heutrocknungsverfahren. Gumpensteiner Bautagung 2003. Bericht BAL Gumpenstein, 63-67.
- SATTLER, E., 2012: Untersuchung der Funktion einer Luftentfeuchter-Wärmepumpe in der Heubelüftung. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, am H93 Department für Nachhaltige Agrarsysteme, H931 Institut für Landtechnik. November 2012.
- WEINGARTMANN, H., 2002: Technik und Perspektiven in der Heutrocknung. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9. -10. April 2002, Bericht BAL Gumpenstein, 63-65.
- WIRLEITNER, G., J. GALLER, F. NYDEGGER, A. PÖLLINGER, L. Van CAENESEM, H. WEINGARTMANN und H. WITTMANN, 2009: Qualitätsheu durch einfache und kostengünstige Heubelüftung. ÖAG Sonderbeilage, Info 3/2009, Geschäftsstelle: LFZ Raumberg-Gumpenstein, 8952 Irdning.

Proteinfractionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer

Protein fractions of forage from permanent grassland depending on conservation method and storage length

Reinhard Resch¹* und Leonhard Gruber¹

Zusammenfassung

Das hohe Leistungsniveau heutiger Milchkühe stellt auch hohe Anforderungen an deren Proteinversorgung. Eine Protein-Differenzierung hinsichtlich Abbaubarkeit und Abbaugeschwindigkeit im Pansen ist die Voraussetzung, die Futtermittel hinsichtlich ihres Proteinwertes richtig einzuschätzen. Das Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) unterscheidet fünf Proteinfractionen (A = NPN, B1 = lösliches, rasch abbaubares Protein, B2 = mittelschnell abbaubares Protein, B3 = langsam abbaubares Protein, C = nicht verfügbares Protein, an die Zellwand gebunden). Da der Abbau von Rohprotein in Futtermitteln auch von der Konservierung und der technischen Verarbeitung beeinflusst wird, wurden im HBLFA-Projekt „Heutrocknung“ in elf Versuchen an Dauerwiesenfutter die Effekte von drei Heutrocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchertrocknung) und der Silierung auf die Proteinfractionen nach dem CNCPS untersucht. Die Silierung wirkte sich stärker auf die Zusammensetzung der Proteinfractionen aus als die Heukonservierung. Grassilage enthielt mehr verwertbare Stickstoffverbindungen (124 g/kg TM) als die einzelnen Heuvarianten (106 bis 111 g/kg TM). In der Erntephase kam es zwischen Mähen und Einfuhr zu merklichen Verlusten an leicht löslichen NPN-Verbindungen. Die drei Verfahren der Heutrocknung unterschieden sich in den einzelnen Proteinfractionen nicht signifikant voneinander, d.h. bodengetrocknetes Heu wies die gleichen Proteinfractionen auf wie kaltbelüftetes oder entfeuchtetes Heu. Während der Lagerung der Futterkonserven traten nur geringfügige Veränderungen der Proteinfractionen in den einzelnen Heutrocknungsverfahren auf, während bei Grassilage deutliche Differenzen zum Erntegut zu verzeichnen waren.

Schlagwörter: Heutrocknung, Trocknungsverfahren, Gärfutter, Proteinqualität, CNCPS

Summary

The high milk yield potential of recent dairy cows makes great demands on their protein supply. It is a prerequisite to properly evaluate the protein value of feed stuffs to differentiate protein regarding extent and rate of degradability. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) is based on five protein fractions (A = NPN, B1 = soluble, rapidly degradable protein, B2 = intermediately degradable protein, B3 = slowly degradable protein, C = unavailable protein, bound in cell walls). The degradation of crude protein in forage depends on the conservation method as well as on technical processing. Knowledge of drying technique effects on protein fractions is unsatisfactory. AREC Raumberg-Gumpenstein carried out the project “Hay drying“ in order to determine the effects of three different drying methods (field drying without ventilation, air ventilation, dehumidification drying) on protein fractions compared to silage conservation. With silage fermentation the proportion of protein fractions changed to a higher extent than with the several hay drying techniques. In grass silage the content of available protein was higher (124 g/kg DM) than in hays of several drying techniques (106 – 111 g/kg DM). During harvest phase from cutting to storage, considerable losses of NPN were observed. Between the three treatments of hay drying no significant differences were found regarding the content of protein fractions, i.e. hay from field drying showed the same protein fractions than ventilated hay. There was no significant advantage of dehumidification drying regarding the protein fractions. During storage, the protein fractions changed only to a small degree with hay, whereas with grass silage considerable changes occurred compared to the original fresh grass.

Keywords: hay drying, drying method, silage, protein quality, CNCPS

1. Einleitung

Die Qualität des Grundfutters hat in österreichischen Milchviehbetrieben einen hohen Stellenwert, weil die Rationen je nach System große Anteile an Gärfutter, Heu und Grünfutter aufweisen. Protein ist in der tierischen Ernährung

von entscheidender Bedeutung. Seit über hundert Jahren wird Futterprotein über die Analyse des Gesamtstickstoffgehaltes nach KJELDAHL (1883) mengenmäßig bewertet. Das hohe Leistungsniveau heutiger Milchkühe stellt auch hohe Anforderungen an deren Proteinversorgung. Eine Protein-Differenzierung hinsichtlich Abbaubarkeit und

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Institut für Nutztierforschung, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Abbaugeschwindigkeit im Pansen ist die Voraussetzung, die Futtermittel hinsichtlich ihres Proteinwertes richtig einzuschätzen (RUSSELL et al. 1992, SNIFFEN et al. 1992, FOX et al. 1992). Das Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) unterscheidet fünf verschiedene Rohprotein-Fractionen in Abhängigkeit ihrer Abbaueigenschaften im Pansen (FOX et al. 2004). Schnell löslicher Nichtprotein-Stickstoff (NPN), im Pansen abbaubares Protein mit hoher, mittlerer und geringer Abbaurate sowie zellwandgebundenes, nicht abbaubares Protein.

Der Abbau des Rohproteins im Futtermittel wird von der Konservierung und der technischen Verarbeitung wesentlich beeinflusst (GRUBER et al. 2004). Nach HOEDKE et al. (2010) treten schon während der Anwelkung proteolytische Prozesse auf (hydrolytische Spaltung von Protein bis hin zu Aminosäuren), die vor allem von pflanzlichen Proteasen verursacht werden (KEMBLE 1956, OHSHIMA und McDONALD 1978, SEYFARTH et al. 1989). Die Proteolyse reicht bis in den Gärprozess hinein. Während der Gärung können Aminosäuren durch Mikroorganismen (insbesondere Clostridien) weiter abgebaut werden. Drei mikrobielle Proteinabbauvorgänge (Desmolyse), nämlich Stickland-Mechanismus, Desaminierung und Decarboxylierung werden unterschieden (McDONALD et al. 1991, ROOKE und HATFIELD 2003). Optimale Heubelüftungstrocknung gewährleistet nach WIRLEITNER et al. (2014) auch bei ungünstigen Trocknungsbedingungen die Produktion von futterhygienisch einwandfreiem Heu. Welche Auswirkungen unterschiedliche Heukonservierungstechniken auf Proteinfractionen ausüben, wurde bis dato nicht erforscht.

Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist im Forschungsprojekt „Heutrocknung“ u.a. der Frage nachgegangen, inwieweit das Rohprotein von Dauerwiesenfutter und dessen Fractionen durch den Konservierungsprozess der Silierung bzw. drei unterschiedlichen Heutrocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung) von der Ernte bis zur Futtervorlage beeinflusst werden.

2. Material und Methoden

2.1 Projekt Heutrocknung

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde der Systemvergleich zwischen vier Konservierungsverfahren (Bodentrocknung, ohne Belüftung; Kaltbelüftung; Entfeuchtertrocknung; Silierung, System Rundballensilage) über drei Jahre (2010, 2011, 2012) und vier Grünlandaufwüchse (1. bis 4. Aufwuchs) durchgeführt. Die prozessorientierte Fragestellung inkludierte darüber hinaus den Faktor Lagerungsphase, um qualitative Futterveränderungen vom Feldbestand bis zur Futtervorlage abbilden zu können.

Das Ausgangsmaterial, die 11 ha große „Stainacher Wiese“, 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 Futterverschmutzung 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 und 2015).

2.2 Laboranalyse

Vom 11 ha großen Dauerwiesenbestand wurden bei jedem Aufwuchs vier zufällig verteilte Proben sofort nach dem Mähen vom Mähschwad mittels Stechzylinder (Innendurchmesser 5 cm) gezogen, um die Variabilität des Ausgangsmaterials zu berücksichtigen. Bei der Einfuhr des Erntegutes erfolgte die Probenziehung von mindestens zwei Ladewagen durch mindestens 20 zufällig verteilte Einstiche ebenfalls mittels Stechzylinder (Innendurchmesser 5 cm). In der Lagerungsphase wurden die Heuproben vom Heustock an unterschiedlichen Stellen (mindestens 20 Einstiche) bis zu einer Tiefe von 150 cm gezogen. Der dynamische Beprobungsraster für die Proteinfractionen war folgender: Feldbestand nach Mähen, zur Einfuhr, nach 30 Tagen sowie vor Fütterungsbeginn. Bei Variante Silierung wurde auf den Beprobungszeitpunkt nach 30 Tagen verzichtet, damit während der Lagerung kein Verderb die Gärfutterqualität für den Fütterungsversuch beeinträchtigt. Im Projekt Heutrocknung wurden die chemischen Untersuchungen (Weender Nährstoffanalyse, Gerüstsubstanzen) an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nach den Methoden des VDLUFA (1976) durchgeführt. Die Rohprotein-Fractionen des CNCPS wurden basierend auf den Arbeiten von KRISHNAMOORTHY et al. (1982) und LICITRA et al. (1996) analysiert. Der Anteil an Reinprotein (Summe der Rohproteinfractionen B1 + B2 + B3) ist laut SPIEKERS (2011) ein Indikator für den Proteinabbau, daher wurde dieser Wert rechnerisch ermittelt. Die Gerüstsubstanzen wurden nach Van SOEST et al. (1991) analysiert.

2.3 Statistische Auswertung

Die Daten wurden in einer MS Access-Datenbank erfasst und für die weitere Verarbeitung auf Richtigkeit und Plausibilität kontrolliert. Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe der Programme IBM SPSS Statistics (Version 22) und Statgraphics Centurion XV (Version 15.2.14) durchgeführt. Das Versuchsdesign des Projektes „Heutrocknung“ erforderte und ermöglichte eine mehrfaktorielle Auswertung der Daten unter Berücksichtigung der Faktoren Jahr (J), Aufwuchs (A), Konservierungsverfahren (K) und Lagerungsdauer (L). Insgesamt standen 11 Einzelversuche für die Auswertung zur Verfügung. Aus der Vielzahl an Ergebnissen wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit in erster Linie statistische Effekte und Mittelwerte herausgearbeitet. Die Mittelwert-Vergleiche wurden mit dem Verfahren nach Scheffé berechnet, weil es ein strenges Testverfahren ist und für ungleich große Gruppen exakte Werte liefert. In der Darstellung der Ergebnisse wurden der Proteingehalt und die Proteinfractionen des Feldbestandes unmittelbar nach der Mahd mitberücksichtigt, um eventuelle Abbauprozesse während der Erntephase erfassen zu können.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Gehalte an Rohnährstoffen, die Verdaulichkeit der OM *in vitro* (TILLEY und TERRY 1963), die Energiekonzentration sowie der Gehalt an Mineralstoffen und Carotin wurden von RESCH (2014) für die drei Heuvarianten dargestellt und entsprechen in ihrer Größenordnung den Angaben der in Österreich verwendeten Futterwerttabellen (RESCH et al. 2006, DLG 1997) sowie praxisüblichen österreichischen Verhältnissen (RESCH 2011). Die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) liegen im Vergleich zu GRUBER et al. (2009) im Normalbereich von Wiesenfutter. Der mittlere Rohproteingehalt lag bei 150 ± 23 g/kg TM (Mittelwert ± Standardabweichung).

3.1 Ausgangsmaterial

Der Faktor Aufwuchs übte den größten Einfluss auf den Gehalt an Rohprotein (XP) im Ausgangsmaterial aus (Tabelle 1). Obwohl die Anteile der Leguminosen mehr als 20 % betragen, waren die Gehalte an Rohprotein nur durchschnittlich. Der Anteil der Proteinfractionen in den verschiedenen Varianten weicht von Literaturergebnissen

eher ab. Im Vergleich zu Untersuchungen von VOSS (1967), OHSHIMA und McDONALD (1978), GRUBER et al. (2004) und EDMUNDS et al. (2012a) fand sich im Grünfutter ein deutlich höherer Anteil an NPN-Verbindungen (Proteinfraction A) von durchschnittlich mehr als 40 % des XP. Die Gehalte an zellwandgebundenem Protein (Fraktion C) lagen mit durchschnittlich 22,3 % ebenfalls sehr hoch. Die Anteile des rasch abbaubaren Proteins (Fraktion B1) und des langsam abbaubaren Proteins (B3) lagen im Normalbereich (Tabelle 1). Der Anteil der Proteinfraction B2 (mittlere Abbaugeschwindigkeit im Pansen) war im Ausgangsmaterial sehr niedrig. Die Zusammenfassung der B-Fractionen (B1 + B2 + B3) ergibt das im Pansen abbaubare Protein, auch als Reinprotein bezeichnet. Im Grünfutter war im Durchschnitt der Anteil an Reinprotein mit 36,3 % von XP sehr gering.

3.2 Bewertung der Einflussfaktoren

In einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse wurden Faktoreffekte und Zweifach-Wechselwirkungen für die einzelnen Proteinfaktoren untersucht. Das Konservierungsverfahren übte in allen geprüften Parametern einen hoch signifikanten Effekt aus (Tabelle 2). Mit Ausnahme von Proteinfraction

Tabelle 1: Zusammensetzung des Ausgangsmaterials – Inhaltsstoffe und Protein-Fractionen in Abhängigkeit von den Faktoren Jahr und Aufwuchs

Jahr	Aufwuchs	Inhaltsstoffe (g/kg TM)				Proteinfractionen (g/kg TM)							Proteinfractionen (% des XP)					
		XP	NDF	ADF	ADL	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	
2010	1	129	532	320	40	50	17	4	44	25	65	35,9	12,0	2,7	31,1	18,3	45,8	
	2	156	451	281	38	60	21	10	32	41	63	36,7	12,8	5,8	19,8	25,0	38,3	
	3	160	472	292	40	59	15	6	44	36	65	37,5	9,5	3,5	27,3	22,2	40,3	
	4	193	402	231	32	78	26	7	49	45	82	38,3	12,6	3,1	24,2	21,8	39,9	
2011	1	140	459	257	39	72	10	0	37	30	48	48,4	6,9	0,0	25,0	19,7	31,9	
	2	145	505	319	41	55	12	0	38	42	50	37,6	8,5	0,0	25,7	28,3	34,1	
	3	147	500	326	51	67	14	0	36	30	51	45,5	9,8	0,0	24,5	20,2	34,3	
	4	173	455	275	44	70	17	1	50	37	68	40,4	9,7	0,5	28,2	21,3	38,3	
2012	1	130	465	267	25	61	8	3	26	32	37	47,0	6,3	2,0	20,1	24,7	28,3	
	2	127	474	288	27	57	10	5	32	27	47	43,5	7,2	3,8	24,9	20,6	35,9	
	4	149	464	276	31	69	13	0	36	36	49	45,2	8,3	0,0	23,6	23,0	31,9	
Mittelwert	1	133	485	281	35	61	12	2	36	29	50	43,8	8,4	1,6	25,4	20,9	35,4	
	2	143	477	296	35	57	14	5	34	37	53	39,2	9,5	3,2	23,4	24,7	36,1	
	3	153	486	309	46	63	15	3	40	33	58	41,5	9,7	1,7	25,9	21,2	37,3	
	4	172	440	260	36	73	18	3	45	39	66	41,3	10,2	1,2	25,3	22,0	36,7	
Gesamtmittelwert		150	471	285	37	64	15	3	39	35	57	41,4	9,4	1,9	24,9	22,3	36,3	

Tabelle 2: Faktor- und Wechselwirkungseffekte von Jahr, Aufwuchs, Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer auf Rohprotein und Proteinfractionen von Wiesenfutter (P-Werte und R²)

Faktor	Rohprotein		Proteinfractionen (g/kg TM)					Proteinfractionen (% von XP)					
	XP	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein
Jahr (J)	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,411	0,009	<0,001
Aufwuchs (A)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,045	0,006
Konservierungsverfahren (K)	<0,001	<0,001	<0,001	0,273	<0,001	0,247	0,773	<0,001	<0,001	0,724	<0,001	0,005	0,029
Lagerungsdauer (L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
J × A	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,441	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009	0,069	0,010	0,037
J × K	0,800	0,556	0,597	0,401	0,639	0,598	0,479	0,562	0,683	0,303	0,525	0,356	0,326
J × L	0,196	<0,001	<0,001	0,024	0,048	0,018	0,202	<0,001	<0,001	0,018	0,164	0,034	0,107
A × K	0,472	0,916	0,589	0,254	0,895	0,802	0,467	0,879	0,771	0,230	0,636	0,744	0,684
A × L	0,021	<0,001	<0,001	0,015	0,644	0,003	0,192	<0,001	0,008	0,040	0,622	0,143	0,255
K × L	0,001	<0,001	0,007	0,002	<0,001	<0,001	0,379	<0,001	0,020	0,023	<0,001	<0,001	0,340
R ²	0,877	0,918	0,967	0,731	0,671	0,686	0,734	0,841	0,955	0,719	0,594	0,644	0,611

P-Werte bezogen auf Konfidenzlevel 95 % (Methode Scheffé)

B3 waren signifikante Effekte der Faktoren Aufwuchs und Versuchsjahr festzustellen. Der Faktor Lagerungsdauer übte in 8 von 13 Parametern einen hoch signifikanten Einfluss aus.

In den sechs überprüften Zweifach-Wechselwirkungen (Tabelle 2) fiel auf, dass die Kombinationen von Jahr × Konservierungsverfahren und Aufwuchs × Konservierungsverfahren in keinem Parameter signifikante Wirkungen ausübten. Die Wechselwirkung Konservierungsverfahren × Lagerungsdauer stellte sich mit Ausnahme von Reinprotein in jeder Proteinfraction als hoch signifikant heraus.

Eine Analyse der Varianzkomponenten sollte klären, wie groß der Anteil des Effektes eines Faktors an der gesamten Datenvariabilität der Proteinfaktoren war. Auf den Rohproteingehalt wirkte der Aufwuchs mit 61,5 % am stärksten, das Konservierungsverfahren und die Lagerungsdauer mit rund 6 % nur mäßig. Der Aufwuchs hatte mit 59,6 % auch auf Fraktion C den größten Einfluss. Das Konservierungsverfahren bewirkte auf die Fraktion B3 mit 64,5 % den höchsten Effekt. In acht Parametern brachte das Konservierungsverfahren den geringsten Anteil an Wirkung (Tabelle 3). Die Lagerungsdauer beeinflusste die Datenvariabilität in sieben Parametern am stärksten, d.h. dass sich die betroffenen Proteinfractionen vom Mähen bis zur Fütterung am stärksten änderten.

Die multiplen Mittelwertvergleiche der vier Versuchs-Faktoren zeigen, ob die Differenzen zwischen den Varianten einer Behandlung signifikante Unterschiede aufweisen (durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet). In dieser Datenanalyse (Tabelle 4) wurden die Differenzen der absoluten Gehaltswerte (g/kg TM) und die relativen Anteile der Proteinfractionen am Rohprotein-Gehalt untersucht.

Wie schon in der Analyse der Varianzkomponenten sichtbar, zeigen sich die wesentlichen Einflussfaktoren auch im Vergleich der Mittelwerte. Der Faktor Konservierungsverfahren beinhaltet die zentrale Fragestellung in diesem Projekt und steht daher im Mittelpunkt des Interesses. Wie zu erwarten, ergab die Silierung einen signifikant höheren Rohproteingehalt (159 g/kg TM) als die Heuvarianten, die sich nur zufällig voneinander unterschieden und deren Proteingehalt um >10 g XP geringer war als Grassilage. Grassilage vom gleichen Ausgangsmaterial beinhaltete signifikant mehr NPN-Verbindungen. EDMUNDS et al. (2012b) fanden heraus, dass mit Zunahme der Ernte-TM die NPN-Verbindungen quadratisch geringer werden. Höhere Gehalte an leicht löslichem Protein (B1) und Protein von mittlerer Abbaugeschwindigkeit (B2), wie sie auch im vorliegenden Projekt 'Heutrocknung' auftraten, sind hingegen atypisch. GRUBER et al. (2004) und EDMUNDS et al. (2012) fanden im Heu höhere B1- und B2-Anteile als in

Tabelle 3: **Faktoreinfluss auf die Datenvariabilität von Rohprotein und Proteinfractionen von Wiesenfutter in %** (Varianzkomponentenanalyse)

Varianzkomponenten	Rohprotein und Proteinfractionen (absolut in der TM)							Proteinfractionen (relativ zu XP)					
	XP	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein
Jahr	27,0	2,6	12,4	19,7	16,6	22,3	49,6	35,5	7,8	16,9	0,0	8,0	64,7
Aufwuchs	61,5	11,8	5,8	18,8	25,5	59,6	46,7	17,2	0,0	12,5	5,7	5,6	18,3
Konservierungsverfahren	5,6	35,1	1,2	0,0	23,6	1,7	0,0	16,7	0,6	0,0	64,5	26,3	1,6
Lagerungsdauer	6,0	50,5	80,5	61,5	34,3	16,4	3,6	30,6	91,6	70,6	29,8	60,1	15,4

Tabelle 4: **Mittelwerte von Rohprotein und Protein-Fractionen des Versuchsfutters in Abhängigkeit von den Faktoren Jahr, Aufwuchs, Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer**

Faktor	Rohprotein		Proteinfractionen (g/kg TM)						Proteinfractionen (% des XP)					
	Anzahl	XP	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein	A	B1	B2	B3	C	Reinprotein
Jahr														
2010	60	158 ^c	52,4 ^a	9,3 ^c	23,7 ^b	35,3 ^b	36,9 ^b	68,3 ^c	33,3 ^a	5,8 ^c	14,4 ^b	22,8 ^a	23,7 ^a	43,0 ^c
2011	60	150 ^b	50,8 ^a	7,7 ^b	18,3 ^b	34,7 ^b	38,7 ^b	60,7 ^b	34,1 ^a	5,1 ^b	11,6 ^b	23,4 ^a	25,9 ^b	40,0 ^b
2012	45	134 ^a	55,8 ^b	5,3 ^a	10,0 ^a	30,1 ^a	33,1 ^a	45,4 ^a	41,6 ^b	3,9 ^a	7,0 ^a	22,6 ^a	24,9 ^{ab}	33,6 ^a
Aufwuchs														
1.	45	131 ^a	51,4 ^b	6,0 ^a	11,0 ^a	31,5 ^a	31,1 ^a	48,5 ^a	39,1 ^c	4,5 ^a	7,9 ^a	24,5 ^b	24,0	36,9 ^a
2.	45	142 ^b	51,5 ^b	7,4 ^b	14,9 ^a	31,8 ^a	35,8 ^b	54,2 ^a	36,8 ^{bc}	5,1 ^b	10,0 ^{ab}	22,8 ^{ab}	25,4	37,9 ^{ab}
3.	30	153 ^c	48,2 ^a	8,0 ^b	24,2 ^b	32,6 ^a	40,4 ^b	64,7 ^b	31,5 ^a	5,2 ^b	15,5 ^c	21,3 ^a	26,5	42,1 ^c
4.	45	170 ^d	58,3 ^c	9,4 ^c	24,0 ^b	38,3 ^b	40,1 ^b	71,6 ^b	34,5 ^b	5,3 ^b	13,4 ^{bc}	22,8 ^{ab}	24,0	41,5 ^{bc}
Konservierungsverfahren														
Bodentrocknung	44	144 ^a	48,7 ^a	7,0 ^a	15,8	34,5 ^b	37,7	57,4	34,2 ^a	4,7 ^a	10,4	24,3 ^b	26,4 ^b	39,4
Kaltbelüftung	44	147 ^a	49,9 ^a	7,6 ^a	17,1	34,9 ^b	37,3	59,6	34,3 ^a	5,0 ^a	11,1	24,0 ^b	25,5 ^b	40,1
Entfeuchertrocknung	44	148 ^a	51,0 ^a	7,2 ^a	17,6	35,6 ^b	36,3	60,4	35,0 ^a	4,7 ^a	11,3	24,2 ^b	24,7 ^b	40,2
Silierung	33	159 ^b	64,3 ^b	9,3 ^b	22,6	28,1 ^a	34,2	60,0	41,1 ^b	5,9 ^b	13,1	18,1 ^a	21,8 ^a	37,1
Lagerungsdauer														
Feldbestand	45	155 ^c	63,6 ^c	14,8 ^c	3,3 ^a	38,7 ^b	34,6 ^a	56,7 ^a	41,4 ^b	9,4 ^c	1,9 ^a	24,9 ^b	22,3 ^a	36,3 ^a
Einfuhr Erntegut	45	146 ^{ab}	47,3 ^a	5,9 ^b	20,6 ^b	33,0 ^a	38,8 ^b	59,5 ^{ab}	33,2 ^a	4,0 ^b	12,9 ^b	23,2 ^{ab}	26,7 ^b	40,1 ^b
nach 30 Tagen Lagerung	30	141 ^a	45,8 ^a	4,9 ^a	18,1 ^b	32,7 ^a	38,9 ^b	55,7 ^a	33,0 ^a	3,4 ^a	12,1 ^b	23,6 ^b	27,9 ^b	39,1 ^{ab}
zur Futtervorlage	45	151 ^{bc}	52,4 ^b	4,4 ^a	30,0 ^c	30,0 ^a	34,4 ^a	64,4 ^b	35,0 ^a	2,9 ^a	18,7 ^c	20,3 ^a	23,2 ^a	41,9 ^b
Gesamt	165	145	52,7	7,7	18,0	33,6	36,5	59,3	35,8	5,0	11,3	23,0	24,8	39,4

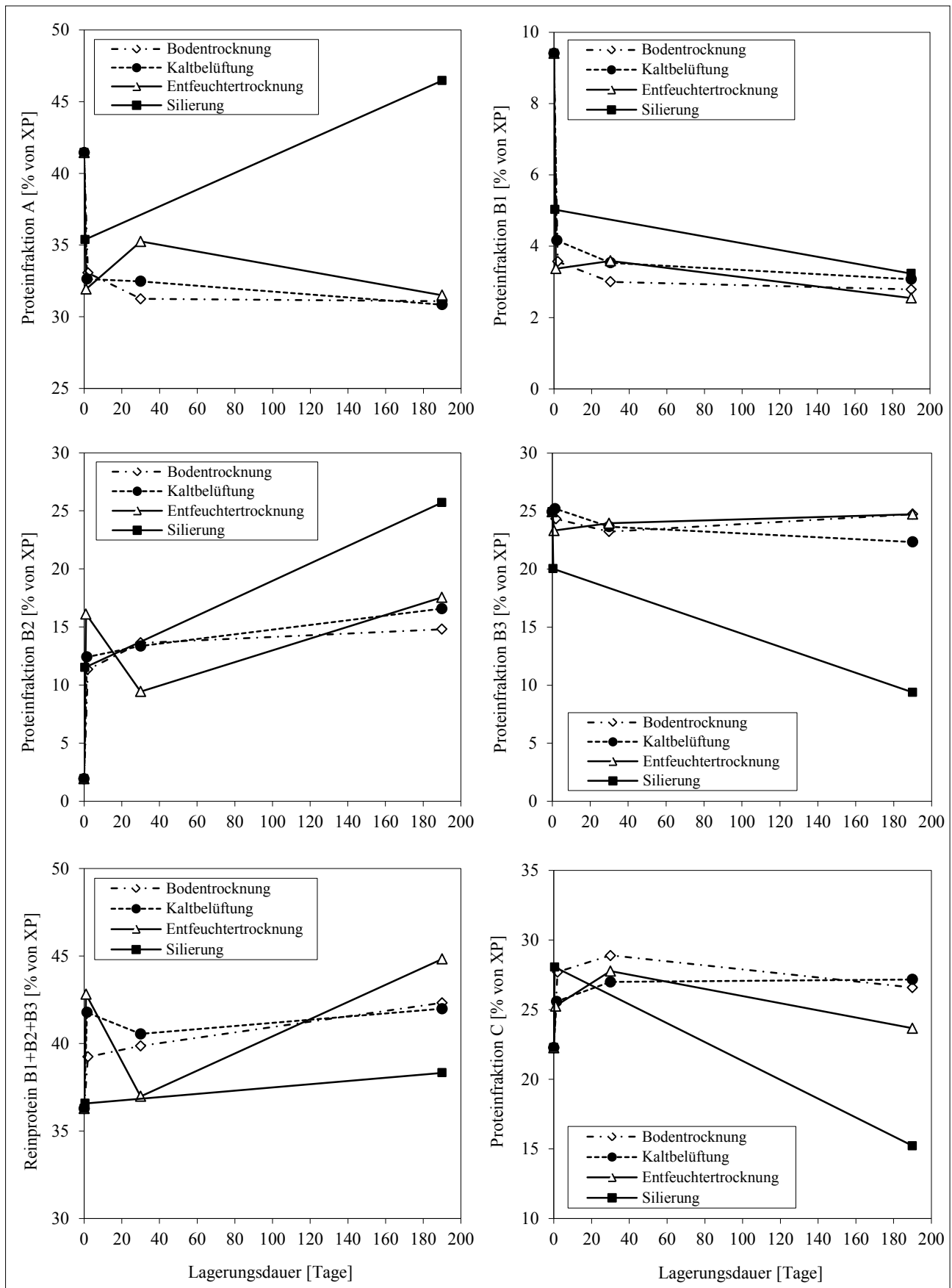


Abbildung 1: Veränderung der Proteinfractionen A, B1, B2, B3 und C in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer (% des Rohproteins)

der Grassilage. Der Anteil an B3-Protein war in Grassilage signifikant geringer als im Heu. Grassilage enthielt gleich viel Reinprotein wie die verschiedenen Konservierungsvarianten des Heus. In den relativen Anteilen der Proteinfraktionen zum Rohprotein wurde klar erkenntlich, dass durch die Gärung der Anteil und der Gehalt an Fraktion A (NPN) erhöht werden, was in den Untersuchungen von VOSS (1967) sowie OHSHIMA und McDONALD (1978) bestätigt wurde. Vorteilhaft war die Tatsache, dass durch die Gärung ein Teil der unverwertbaren C-Fraktion degradiert und damit für den Wiederkäuer verfügbar gemacht wurde. Mit 37,1 % Reinprotein am gesamten Rohprotein wird die Forderung von mindestens 50 % Reinprotein im Gärfutter (SPIEKERS 2011) nicht erfüllt. Die Summe an NPN-Verbindungen und Reinprotein ergab höhere Gehalte an verwertbarem N-Verbindungen in der Grassilage-TM (124 g/kg TM) im Vergleich zu den Heuvarianten (Bodentrocknung 106 g/kg TM; Kaltbelüftung 110 g/kg TM; Entfeuchterrocknung 111 g/kg TM).

Im Durchschnitt aller Untersuchungen bei den 11 Aufwüchsen konnte kein positiv signifikanter Einfluss der Kaltbelüftung oder der Entfeuchterrocknung auf den Anteil der Proteinfraktionen gegenüber der Bodentrocknung ohne Belüftung festgestellt werden. Dennoch weist Heu aus der Entfeuchtungstrocknung eine etwas günstigere Zusammensetzung in den Proteinfraktionen auf (weniger C, mehr B2, mehr Reinprotein, mehr A, *Tabelle 4*).

Die Veränderungen der Proteinfraktionen in zeitlicher Hinsicht (Feldbestand bis Futtermittelvorlage) waren mehr oder weniger stark ausgeprägt (*Abbildung 1*: Wechselwirkungen Konservierungsverfahren \times Lagerungsdauer). Im Durchschnitt der Versuche zeigte sich eine starke Veränderung in den Gehalten zwischen Mähen und Einfuhr des geernteten Wiesenfutters (*Tabelle 4*). Die Veränderungen in den Proteinfraktionen A, B1 und B2 weisen auf starke proteolytische Vorgänge hin. Während der Lagerungsphase veränderte die Gärung die Proteinfraktionen im Gärfutter wesentlich stärker als die mikrobiologischen Prozesse in der Heulagerungsphase, d.h. die mikrobiologische Desmolyse war bei der Gärung stark ausgeprägt.

4. Fazit für die Praxis

Im Forschungsprojekt „Heutrocknung“ der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bestanden zwischen dem Verfahren ‘Silierung’ und ‘Heutrocknung’ deutlichere Unterschiede in den Anteilen der 5 Proteinfraktionen als innerhalb der 3 Verfahren der Heutrocknung (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchterrocknung). Zwischen Mähen und Einfuhr des Ernteguts kam es zu einem signifikanten Abbau und Umbau der einzelnen Proteinfraktionen, wobei vor allem leicht lösliche N-Verbindungen verloren gingen. Die einzelnen Konservierungsverfahren der Heutrocknung unterschieden sich in den Proteinfraktionen im Durchschnitt der Versuche nicht voneinander, d.h. die Abbaurate des Proteins von Heu aus der Bodentrocknung war ähnlich wie jene des Heus aus der Kaltbelüftung oder Entfeuchterrocknung. Während der Lagerung der Futtermittelkonserven waren die Veränderungen der Proteinfraktionen in den einzelnen Heutrocknungsverfahren geringfügig, während beim Gärfutter deutliche Veränderungen auftraten.

5. Literatur

- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- EDMUNDS, B., K.-H. SÜDEKUM, H. SPIEKERS und F.J. SCHWARZ, 2012a: Estimating ruminal crude protein degradation of forages using in situ and in vitro techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.* 175, 95-105.
- EDMUNDS, B., H. SPIEKERS, K.-H. SÜDEKUM, H. NUSSBAUM, F.J. SCHWARZ und R. BENNETT, 2012b: Effect of extent and rate of wilting on nitrogen components of grass silage. *Grass Forage Sci.* 69, 140-152.
- FOX, D.G., C.J. SNIFFEN, J.D. O'CONNOR, J.B. RUSSELL und P.J. Van SOEST, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 3. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.* 70, 3578-3596.
- FOX, D.G., T.P. TYLUTKI, J.B. RUSSELL, M.E. Van AMBURGH, L.E. CHASE, A.N. PELL und T.R. OVERTON, 2004: The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.* 112, 29-78.
- GRUBER, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. *Übers. Tierernährg.* 37, 45-86.
- GRUBER, L., S. GRAGGABER, W. WENZL, G. MAIERHOFER, B. STEINER und L. HABERL, 2004: 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. Sept. 2004, Rostock, Kongressband, 366-376.
- HOEDKE, S., M. GABEL und A. ZEYNER, 2010: Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. *Übers. Tierernährg.* 38, 157-179.
- KEMBLE, A.R., 1956: Studies on the nitrogen metabolism of the ensilage process. *J. Sci. Food Agric.* 7, 125-130.
- KJELDAHL, J., 1883: Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 366-382.
- KRISHNAMOORTHY, U., T.V. MUSCATO, C.J. SNIFFEN und P.J. Van SOEST, 1982: Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65, 217-225.
- LICITRA, G., T.M. HERNANDEZ und P.J. Van SOEST, 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347-358.
- McDONALD, P., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON, 1991: The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, 2nd Ed., Marlow, 340 S.
- OHSHIMA, M. und P. McDONALD, 1978: Review of changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J. Sci. Food Agric.* 29, 497-505.
- PÖLLINGER, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. Bericht 19. Alpenländische Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 35-44.
- PÖLLINGER, A., 2015: Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. Bericht 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 41-48.
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *Der Fortschrittliche Landwirt* 24, ÖAG-Sonderbeilage 8/2006, 20 S.

- RESCH, R., 2011: Raufutterqualität auf österreichischen Betrieben. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Tätigkeit Nr. 3583, 56 S.
- RESCH, R., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. Bericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 45-54.
- ROOKE, J.A. und R.D. HATFIELD, 2003: Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R., R.E. MUCK und J.H. HARRISON (Hrsg.): Silage Science and Technology. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, Agronomy 42, 95-139.
- RUSSELL, J.B., J.D. O'CONNOR, D.G. FOX, P.J. Van SOEST und C.J. SNIFFEN, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. J. Anim. Sci. 70, 3551-3561.
- SEYFARTH, W., O. KNABE und G. WEISE, 1989: Protein degradation during silaging of green fodder. Arch. Anim. Nutr. 39, 685-691.
- SNIFFEN, C.J., J.D. O'CONNOR, P.J. Van SOEST, D.G. FOX und J.B. RUSSELL, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70, 3562-3577.
- SPIEKERS, H., 2011: Ziele in der Wiederkäuerfütterung. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 13-17.
- TILLEY, J.M.A und R.A. TERRY, 1963: A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18, 104-111.
- Van SOEST, P.J. und J.B. ROBERTSON, 1980: Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standardization of Analytical Methodology for Feeds. Eds.: W.J. Pigden, C.C. Balch und M. Graham, Int. Dev. Res. Center, ON, Ottawa, Canada, 49-60.
- Van SOEST, P.J., J.B. ROBERTSON und 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.
- 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.
- VOSS, N., 1967: Untersuchungen über Proteinabbau in Gras- und Luzernesilagen. Das Wirtschaftseigene Futter 13, 130-145.
- WIRLEITNER, G., C. ASCHAUER, M. KITTL, K. NEUHOFFER, F. NYDEGGER, A. PÖLLINGER, R. RESCH, S. JAKSCHITZ-WILD, J. OSTERTAG und S. THURNER, 2014: Empfehlungen für die Belüftungstrocknung von Heu. Der Fortschrittliche Landwirt 32, ÖAG-Sonderbeilage 4/2014, 11 S.

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^{1*}, Reinhard Resch², Anton Schauer¹, Barbara Steiner³ und Christian Fasching¹

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

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

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

³ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Analytische Chemie, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: 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 Verdauungsversuche 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 Verdauungsversuch 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 ¹⁾	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) ¹⁾	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		

¹⁾ 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
 μ = 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
 ε_{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
 μ = Intercept
 K_i = fixer Effekt der Konservierung i (i = BT, KB, ET, SI)
 J_j = fixer Effekt des Jahres j (k = 2010, 2011, 2012)
 ε_{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 ε) 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^b, 6,00^{ab}, 5,99^{ab}, 6,09^a 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	
Rohnährstoffe																			
Trockenmasse	g/kg FM	889 ^a	890 ^a	889 ^a	403 ^b	773	762	756	780	764	779	760	30	<0,001	0,003	0,002	<0,001	0,066	
Rohprotein	g/kg TM	140 ^b	140 ^b	141 ^b	157 ^a	129	138	145	165	149	150	134	9	<0,001	<0,001	<0,001	0,027	0,807	
Rohfett	g/kg TM	24 ^b	25 ^b	24 ^b	35 ^a	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 ^a	504 ^a	509 ^a	476 ^b	518	496	483	493	488	487	518	2	<0,001	<0,001	<0,001	0,781	0,459	
Rohasche	g/kg TM	91 ^{ab}	89 ^{ab}	88 ^b	95 ^a	73	84	96	110	88	90	94	12	0,020	<0,001	0,043	0,425	0,320	
Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate																			
NDF	g/kg TM	469 ^a	463 ^a	462 ^a	430 ^b	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 ^b	30 ^b	30 ^b	34 ^a	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	
Verdaulichkeit in vitro, Energiekonzentration und Proteinwert																			
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 ^b	10,05 ^{ab}	10,04 ^{ab}	10,19 ^a	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 ^b	6,00 ^{ab}	5,99 ^{ab}	6,09 ^a	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 ^a	19,3 ^a	19,2 ^a	15,0 ^b	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 ^b	0,84 ^b	1,06 ^b	3,46 ^a	-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	
Mengen- und Spurenelemente																			
Calcium	g/kg TM	7,8 ^b	7,9 ^b	8,1 ^b	10,0 ^a	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 ^a	2,4 ^a	2,5 ^a	2,7 ^b	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 ^b	2,9 ^b	3,0 ^b	3,4 ^a	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	773	16,8	1,7	0,164	<0,001	0,003	0,305	0,032	
Natrium	g/kg TM	0,43 ^{ab}	0,39 ^{bc}	0,33 ^c	0,47 ^a	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 ^b	125 ^b	128 ^b	153 ^a	26	28	27	28	134	119	151	27	<0,001	<0,001	<0,001	0,949	0,248	
Zink	mg/kg TM	36 ^b	36 ^b	36 ^b	40 ^a	253	254	249	204	36	37	38	4	<0,001	<0,001	0,066	0,882	0,827	
Kupfer	mg/kg TM	10,6 ^b	10,3 ^b	10,4 ^b	11,5 ^a	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			2012
Rohnährstoffe															
Trockenmasse	g/kg FM	892	896	879	891	897	882	892	896	879	382	429	400	30	0,066
Rohprotein	g/kg TM	143	144	132	145	145	129	145	147	132	164	162	145	9	0,807
Rohfett	g/kg TM	23	25	26	23	25	26	22	24	26	35	36	34	2	<0,001
Rohfaser	g/kg TM	254	255	224	255	243	227	249	241	225	239	243	227	2	0,485
NfE	g/kg TM	490	486	526	492	500	521	503	499	524	466	464	499	2	0,459
Rohasche	g/kg TM	89	91	92	85	86	97	82	89	92	96	95	95	12	0,320
Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate															
NDF	g/kg TM	480	482	444	476	465	448	476	464	448	432	439	418	22	0,204
ADF	g/kg TM	289	281	253	290	271	260	285	276	255	288	287	267	21	0,606
ADL	g/kg TM	34	32	27	33	29	27	33	32	25	37	35	30	4	0,554
NFC	g/kg TM	264	258	307	270	278	300	275	275	302	273	268	308	19	0,227
Verdaulichkeit in vitro, Energiekonzentration und Proteinwert															
ELOS	g/kg TM	637	641	662	656	655	662	654	649	665	654	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	10,12	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	6,03	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	15,0	1,1	0,085
nXP	g/kg TM	133	133	134	135	135	133	135	135	134	136	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	4,22	1,75	0,96	0,821
Mengen- und Spurenelemente															
Calcium	g/kg TM	8,1	7,3	7,9	8,5	7,4	7,9	8,7	7,7	7,8	10,6	9,6	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	2,5	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	3,2	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	17,9	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	0,50	0,44	0,12	0,500
Mangan	mg/kg TM	132	115	149	130	109	135	131	117	137	143	133	184	27	0,248
Zink	mg/kg TM	35	35	37	35	35	37	35	37	36	39	40	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	11,2	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
Gehalt an Rohnährstoffen											
TM	g/kg FM	882 ^a	879 ^a	870 ^a	365 ^b	745	763	739	24	<0,001	0,403
Rohprotein	g/kg TM	134 ^b	134 ^b	142 ^{ab}	156 ^a	151	147	126	7	0,024	0,005
Rohfett	g/kg TM	25 ^b	25 ^b	23 ^b	36 ^a	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 ^a	503 ^a	511 ^a	458 ^b	468	495	517	10	0,002	0,001
Rohasche	g/kg TM	90	83	91	87	89	88	87	8	0,666	0,944
Gehalt an Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten											
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 ^b	31 ^{ab}	29 ^b	36 ^a	36	33	25	2	0,023	0,001
NFC	g/kg TM	269	272	285	242	231	274	296	20	0,165	0,009
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe <i>in vivo</i>											
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 ^b	37,6 ^b	32,0 ^b	55,2 ^a	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
Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate <i>in vivo</i>											
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
Energiekonzentration und Proteinwert <i>in vivo</i>											
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 ^a	19,3 ^a	18,4 ^a	15,0 ^b	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 ^{ab}	0,70 ^b	1,93 ^{ab}	4,19 ^a	3,37	2,62	0,08	1,07	0,029	0,011
Verdaulichkeit und Energiekonzentration <i>in vitro</i>											
ELOS	g/kg TM	638	646	661	639	630	649	659	14	0,254	0,064
ME _{ELOS}	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 _{HFT}	MJ/kg TM	9,60	9,57	9,86	9,69	9,69	9,72	9,63	0,90	0,637	0,903
Gehalt an Mengen- und Spurenelementen											
Calcium	g/kg TM	7,8 ^b	7,6 ^b	8,4 ^{ab}	9,7 ^a	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 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
Gehalt an Rohnährstoffen													
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
Gehalt an Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten													
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
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe <i>in vivo</i>													
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
Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate <i>in vivo</i>													
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
Energiekonzentration und Proteinwert <i>in vivo</i>													
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
Verdaulichkeit und Energiekonzentration <i>in vitro</i>													
ELOS	g/kg TM	609	647	658	627	658	652	666	649	668	618	641	659
ME _{ELOS}	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 _{HFT}	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
Gehalt an Mengen- und Spurenelementen													
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, 2nd 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. 25th 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. 2nd 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.

Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage

Effect of different hay drying methods on dry matter intake and milk performance compared to grass silage

Christian Fasching^{1*}, Leonhard Gruber¹, Benjamin Mietschnig², Anton Schauer¹,
Johann Häusler¹ und Andrea Adelwöhrer¹

Zusammenfassung

Auf Grund von Qualitäts- und Förderprogrammen besteht das Grundfutter von mittlerweile mehr als 8.000 österreichischen Milchviehbetrieben ausschließlich aus Heu. Nachdem es wenig bis keine Literaturstellen zum Vergleich der Konservierungsverfahren von Heu bzw. von Heu mit Silage gibt, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein dreijähriger Fütterungsversuch (2011 - 2013) angestellt, bei dem die Konservierungsverfahren Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchter-trocknung und Silierung miteinander verglichen wurden.

Die Futtergrundlage für den Versuch wurde von einer 11 ha großen Dauerwiese gewonnen. Das Versuchsdesign folgte einem Lateinischen Quadrat mit 4 Gruppen und 4 Perioden in vierfacher Wiederholung (n = 16 Tiere). Das Grundfutter wurde *ad libitum* vorgelegt und bestand ausschließlich aus dem Versuchsfutter. Die Kraftfutter-zuteilung erfolgte leistungsbezogen und lag im Mittel bei 20 % der TM-Aufnahme.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass der Nährstoffgehalt vom Konservierungsverfahren beeinflusst wird. Der Rohproteingehalt von Silage liegt im Mittel um 2 % über dem vom Heu. Die höchste Energiekonzentration wird von der Kaltbelüftung, gefolgt von der Entfeuchter-trocknung, erreicht. Der Verlust an leicht löslichen Kohlenhydraten führt dazu, dass die Energiekonzentration von bodengetrocknetem Heu am niedrigsten ist. Auch die Grundfutteraufnahme wird vom Konservierungsverfahren signifikant beeinflusst. Die TM-Aufnahme aus dem Grundfutter ist bei der Kaltbelüftung und der Entfeuchter-trocknung am höchsten. Im Vergleich zur Kaltbelüftung kommt es bei der Silagevariante zu einer um 1,16 kg niedrigeren TM-Aufnahme pro Tag. Auf Grund der deutlichen Unterschiede in der Nährstoffkonzentration und der TM-Aufnahme ist auch die Milchleistung der Gruppen mit Kaltbelüftung und Entfeuchter-trocknung signifikant höher als die der Bodentrocknung und Silierung.

Im Vergleich zur Silierung und Bodentrocknung kann mit der Unterdach-trocknung von Wiesenfutter eine höhere Nährstoffkonzentration, eine höhere Grundfutteraufnahme

Summary

Due to quality and support programs, the forage of now more than 8,000 Austrian dairy farms consists of hay, entirely. Since there exist nearly no references to compare the conservation methods in terms of hay or hay silage, a three-year feeding trial (2011 - 2013) was carried out at the HBLFA Raumberg-Gumpenstein. In this project the conservation methods field drying, cold-air ventilation, dehumidification, and silage have been compared.

The forage for the trial was harvested on 11 ha permanent grassland. The design of the experiment corresponded to a Latin square design with 4 groups and 4 periods in quadruplicate (n = 16 animals). The forage was provided *ad libitum* and consisted of experimental feed, entirely. The rationing of concentrate was carried out basing on performance and was 20% of DM intake on average.

The results clearly show that the nutrient content is influenced by the method of conservation. On average the crude protein content of silage is 2% higher than the one of hay. The highest energy concentration is obtained by cold-air ventilation, followed by dehumidification. The loss of disposable carbohydrates leads to the lowest values of energy concentration of field dried hay. The forage intake is significantly influenced by the method of conservation. The DM intake regarding the forage is highest in the variant cold-air ventilation and dehumidification drying. Compared to cold-air ventilation, silage variant results in a lower by 1.16 kg DM intake per day. Based on the considerable differences in nutrient concentration and DM intake, also the milk yield of the groups with cold-air ventilation and dehumidification drying is significantly higher than that of the field drying and silage making.

In comparison to the silage making and field drying, barn-drying can lead to higher nutrient concentration, higher forage intake and higher milk yield. How far the additional expenditure of these methods is justifiable, depends on the individual situation of the farm and must ultimately be assessed in a very precise way.

Keywords: hay, hay drying, dairy, milk performance

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

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Christian Fasching, email: christian.fasching@raumberg-gumpenstein.at

me und höhere Milchleistung erwartet werden. Inwieweit der Mehraufwand dieser Verfahren gerechtfertigt ist, hängt von der einzelbetrieblichen Situation ab und muss nach betriebswirtschaftlichen Kriterien genau beurteilt werden.

Schlagwörter: Heu, Heutrocknung, Milch, Milchproduktionswert, Heumilch

Einleitung und Literatur

Da auf Grund der klimatischen Verhältnisse in Österreich Futterkonserven für 180 - 200 Futtertage – das entspricht ca. 5 Mio. Tonnen TM – angelegt werden müssen, hat die Futterkonservierung große Bedeutung (GINDL 2002). Vor 45 Jahren wurde das Futter vorwiegend als Heu konserviert. Da die Qualität von Bodenheu den Anforderungen von Hochleistungskühen kaum bzw. nicht entspricht, nahm die Silagegewinnung auf Kosten der Heubereitung zu. Während im Jahr 1970 noch 80 % des Grundfutters als Dürrfutter konserviert wurden, lag der Anteil im Jahr 2005 nur noch bei 23 % (RESCH 2007, PÖLLINGER 2014).

Durch gezielte Marketingprogramme wie „Heumilch“ und „Heumilchkäse“ sowie durch ein geändertes Konsumentenverhalten hat die Bedeutung von Heu im letzten Jahrzehnt wieder zugenommen (PÖLLINGER 2014). Derzeit zählt die „ARGE Heumilch“ über 8.000 Bauern und 60 Molkereien, Käseereien und Sennereien zu ihren Mitgliedern (ARGE HEUMILCH 2014). Die Heumilchanlieferung lag 2013 bei 323.354 t. Das entspricht 11,03 % der gesamten Milchlieferung 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).

Für Heubetriebe haben sich die Anforderungen an die Grundfutterqualität deutlich verschärft. So wird auch für das Dürrfutter ein Energiegehalt von 6,0 MJ NEL und ein Eiweißgehalt von 14 % erwartet bzw. gefordert (PÖLLINGER 2014). Da in der Rinderhaltung die Konservierung von Grundfutter einen wesentlichen Teil der Produktionskosten ausmacht, besteht auch aus wirtschaftlicher Sicht Optimierungsbedarf (GINDL 2002). Laut Berechnungen liegen 24 % der Gewinnreserven der Milchproduktion im Grundfutter und dessen Qualität (STOCKINGER 2009).

Der überwiegende Teil des konservierten Grundfutters stammt in Österreich von Dauergrünlandflächen in einer Seehöhe von 400 - 2.000 m. Die traditionelle Bodentrocknung nutzt die Sonnenenergie zur Futtertrocknung. Dieses Verfahren erfordert jedoch die längste Feldphase und ist somit dem höchsten Wetterrisiko ausgesetzt. Bei einem Trockenmassegehalt von 80 % zur Ernte erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Qualitätseinbußen durch Bröckelverluste (RESCH et al. 2009) sowie durch Entwicklung der epiphytischen Mikroflora (ADLER 2002). HILFIKER (1989) kam bei den Bröckelverlusten von Heu mit über 70 % Trockenmasse zum Erntezeitpunkt zu ähnlichen Ergebnissen. Bei zu feuchtem Erntegut sind auch massive Qualitätseinbußen durch Bakterien- und Schimmelpilzbe-

fall zu erwarten. Die Energiekonzentration kann auf Grund dessen um bis zu 2 MJ NEL/kg TM abnehmen (MEISSER und WYSS 1999, GINDL 2002).

Bei Unterdachtrocknung vermindert sich das Wetterrisiko durch kürzere Feldphasen. Auch die Bröckelverluste fallen geringer aus. Zusätzlich entspannt sich bei Verwendung einer Heubelüftung die Arbeitssituation während der Erntezeit, wodurch die Landwirte weniger belastet werden (HILFIKER 1989, RESCH 2014).

Auf Grund der starken Verbreitung der Silowirtschaft ist die Bedeutung des Heus – sowohl in der Fütterung als auch in der Forschung – ins Hintertreffen geraten. Es gibt wenig Studien, bei denen Heu im Vordergrund steht. Jene von KNAUS et al. (2012), HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU et al. (2013), COULON et al. (1997), BEAUCHEMIN et al. (1997), NELSON und SATTER (1990), NELSON und SATTER (1992), MÜNGER (2011) und JANS (1991) sind in *Tabelle 1* zusammengefasst. Nachdem keine dieser Arbeiten die unterschiedlichen Heutrocknungsverfahren von Wiesenfutter behandelt (URDL et al. 2010), wurde diese Fragestellung an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes bearbeitet (PÖLLINGER 2014, RESCH 2014, GRUBER et al. 2015, PÖLLINGER 2015, RESCH und GRUBER 2015, VELIK et al. 2015). Im folgenden Beitrag wird der Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage dargestellt.

Material und Methoden

Das Grundfutter wurde von der 11 ha großen „Stainacher Wiese“, einem Dauerwiesen-Mischbestand mit einem Artengruppenverhältnis von 57 % Gräsern, 21 % Leguminosen und 22 % Kräutern (1. Aufwuchs) bzw. 51 % Gräser, 24 % Leguminosen und 25 % Kräuter (Folgeaufwuchs) gewonnen (RESCH und GRUBER 2015). Die Konservierung erfolgte durch Bodentrocknung ohne Belüftung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung und Silierung, System Rundballen. Geerntet wurden jährlich vier Aufwüchse, wobei der Schnitzeitpunkt für alle Konservierungsformen derselbe war. Um die Witterungseinflüsse auszuschalten, kam es zur Wiederholung des Versuches über 3 Jahre (2010 - 2012). Eine Ausnahme stellt das Jahr 2012 dar. Auf Grund einer Überschwemmung und der damit verbundenen Futtermittelverschmutzung musste der dritte Aufwuchs aus dem Versuch genommen werden.

Der Fütterungsversuch fand bei jeder Wiederholung im Winterhalbjahr des darauffolgenden Jahres (2011 - 2013) statt. Das Versuchsdesign folgte einem sogenannten Lateinischen Quadrat mit 4 Gruppen und 4 Perioden (4 × 4) in vierfacher Wiederholung (n = 16 Tiere). Jede Periode dauerte vier Wochen, sodass ein Durchgang 16 Wochen in Anspruch nahm. Während der Vorperiode wurden die Futteraufnahmekapazität und das Milchleistungspotenzial der Versuchstiere erfasst. Im Anschluss daran begann der Versuch, wobei die Konservierungsform mit jeder Periode wechselte. Um sogenannte „carry over-Effekte“ zu vermeiden, wurde die erste Woche einer Periode nicht in die Auswertung einbezogen. Die Ergebnisse resultieren somit aus den Erhebungen der letzten drei Wochen einer Periode. Die Versuchstiere setzten sich aus den Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein sowie aus Kreuzungen dieser

Tabelle 1: Literaturübersicht zum Vergleich der Futteraufnahme und Milchleistung bei Fütterung von Heu oder Silage

Autor	Konservierung des GF	LM kg	Futteraufnahme (kg TM/Tag)			GES	KF	MILCH	Milchleistung (kg/Tag) bzw. Milchhinhaltsstoffe (%)			Anmerkung
			GF	KF	GES				KF-Anteil %	Milch	Fett	
KNAUS et al. (2012)	Heu	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	19,3 ²	4,03	3,35	19,2 ¹	Auswertung des LKV Daten aus Tirol	
	Heu, GS, MS	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	20,6 ²	4,10	3,34	20,7 ¹		
HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU et al. (2013)	Heu	617	13,5	9,0	22,5	40	29,3	3,83	3,12	28,5	GS b mit Silierzusatz ⁴	
	GS a	617	13,5	9,0	22,5	40	31,2	3,88	2,97	29,8		
	GS b	617	13,5	9,0	22,5	40	32,7	4,04	3,13	32,4		
COULON et al. (1997)	Heu ⁵	k.A.	12,5	5,6	18,1	31 ³	19,5	3,71	3,22	18,5 ¹	GS mit Silierzusatz ⁴	
	GS	k.A.	11,5	5,7	17,2	33 ³	20,2	3,60	3,12	18,8 ¹		
BEAUCHEMIN et al. (1997)	Heu	683	10,4	13,5	23,9	55	31,2	2,90	3,19	26,5 ¹	Luzerneheu bzw. GS	
	GS	666	8,6	12,5	21,1	55	30,3	3,34	3,14	27,3 ¹		
NELSON und SATTER (1990)	Heu a	k.A.	11,1	9,0	20,1	45	26,6	3,59	3,25	24,9 ¹	Luzerneheu bzw. GS	
	Heu b	k.A.	10,3	8,4	18,7	45	25,5	3,78	3,20	24,4 ¹	a früher	
	Heu c	k.A.	10,5	8,6	19,1	45	25,5	3,73	3,12	24,1 ¹	b mittlerer	
	GS a	k.A.	12,1	9,9	22,0	45	27,2	3,94	3,31	26,7 ¹	c später	
	GS b	k.A.	12,3	10,0	22,3	45	27,0	3,82	3,21	26,0 ¹	Nutzungszeitpunkt	
	GS c	k.A.	12,4	10,1	22,5	45	27,7	3,96	3,25	27,2		
NELSON und SATTER (1992)	Heu a	651	14,3	9,5	23,8	40	30,0	3,60	3,09	27,8 ¹	Luzerneheu bzw. GS	
	Heu b	660	14,0	9,3	23,3	40	30,5	3,83	3,09	29,1 ¹	a früher	
	GS a	650	12,4	8,3	20,7	40	30,1	3,90	3,03	28,9 ¹	b später	
	GS b	640	13,1	8,8	21,9	40	27,5	3,78	3,25	26,4 ¹	Nutzungszeitpunkt	
MÜNGER (2011)	Heu ⁵ a	635	17,6	3,3	20,9	16	32,2	3,90	3,30	31,4 ¹	a höherer Anteil	
	Heu ⁵ b	635	17,6	3,3	20,9	16	30,3	4,10	3,20	30,1 ¹	löslicher KH	
JANS (1991) Versuch 1	Heu ⁵	725	15,2	3,7	18,9	20 ³	24,4	4,01	4,36	25,8 ¹		
	Heu ⁵ , GS	710	14,2	3,9	18,1	22 ³	23,1	4,36	3,17	23,6 ¹		
JANS (1991) Versuch 2	Heu ⁵	695	14,0	4,6	18,6	25 ³	23,8	3,97	3,15	23,2 ¹	GS TM: 25,5%	
	Heu ⁵ , GS	695	12,1	5,5	17,6	31 ³	25,0	4,22	3,07	25,0 ¹	GS XA: 13,3%	
JANS (1991) Versuch 3	Heu ⁵	718	13,6	6,2	19,8	31 ³	23,5	4,48	3,53	24,9 ¹	GS TM: 44,3%	
	Heu ⁵ , GS	717	13,3	6,1	19,4	31 ³	24,4	4,54	3,47	26,0 ¹	bzw. 44%	
JANS (1991) Versuch 4	Heu ⁵	697	12,7	6,7	19,4	35 ³	25,8	4,24	3,21	26,1 ¹	Rüben im KF enthalten	
	Heu ⁵ , GS	701	12,9	6,1	19,0	32 ³	25,2	4,50	3,24	26,3 ¹		
JANS (1991) Versuch 5	Heu ⁵	700	14,6	4,0	18,6	22 ³	23,7	4,46	3,20	24,6 ¹	GS TM: 42,9%	
	Heu ⁵ , GS	690	14,2	3,7	17,9	21 ³	21,7	4,37	3,19	22,2 ¹	GS XA: 16,7%	

¹ ECM berechnet nach der Formel von GIE (2001) aus der Milchleistung und den Milchhinhaltsstoffen: ECM = Milch kg × (Fett % × 0,38 + Eiweiß % × 0,21 + 0,95) / 3,2

² Tagesmilchleistung berechnet aus 305 Tage-Laktationsleistung / 305

³ KF-Anteil berechnet aus der KF-Aufnahme / GES-Aufnahme × 100

⁴ Silierzusätze z.B. Ameisensäure, Formalin

⁵ Heu wurde mittels Heubeblütung getrocknet

Abkürzungen: GF = Grundfütter, KF = Kraftfütter, GES = Gesamtfütter, LM = Lebendmasse, GS = Grassilage

Rassen zusammen. Die Gruppeneinteilung erfolgte in Abhängigkeit der Rasse, des Laktationstages und des genetischen Leistungspotenzials.

Bei allen drei Wiederholungen wurden die Aufwüchse jeder Konservierungsform gemischt und zweimal täglich als alleiniges Grundfutter vorgelegt. Vier verschiedene Kraftfutterniveaus (35, 30, 25, 20 % der TM-Aufnahme) bildeten die Grundlage der Kraftfutterzuteilung. In Abhängigkeit von der Milchleistung wurde jedes Niveau einem der vier Tiere einer Gruppe zugeteilt. Um den Rückgang der Milchleistung im Laktationsverlauf zu berücksichtigen, wurde der Kraftfutteranteil in jeder Periode bei allen Tieren um 5 % vermindert. Das ergibt für jede Gruppe einen durchschnittlich gleich hohen Kraftfutteranteil von 20 %.

Datenerhebung und Laboranalyse

Zweimal täglich erfolgte die tierindividuelle Ein- und Rückwaage des Grundfutters. Gleichzeitig wurden die Proben zur Trockenmassebestimmung genommen. Diese erfolgte durch Trocknung der Einzelproben bei 104 °C für 24 h. Die Berücksichtigung der Verluste in Form von flüchtigen Substanzen bei Silagen erfolgte nach den Angaben von WEISSBACH und KUHLA (1995).

Zur Bestimmung der Inhaltsstoffe wurde für jede Versuchsperiode eine Sammelprobe des Heus bzw. der Silage sowie des Kraftfutters angelegt. Die Weender Analyse (TM, XP, XL, XF, XX, XA) erfolgte im Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nach den Methoden des VDLUFA (1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997). Die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) wurden nach Van SOEST et al. (1991) wie bei der Weender Analyse mit Tecator-Geräten analysiert.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit der Grundfuttermittel erfolgte *in vivo* mit Hammeln an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nach den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1991). Der Nährstoffgehalt, die Verdaulichkeit und die Energiekonzentration der vier Konservierungsvarianten sind in der Arbeit von GRUBER et al. (2015) angeführt. Diese Ergebnisse wurden für die Berechnung der Nährstoffaufnahme im vorliegenden Fütterungsversuch herangezogen. Bei den Kraftfuttermitteln wurde die Verdaulichkeit von der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer übernommen (DLG 1997).

Zur Energiebewertung kam die Gleichung der GfE (2001) zur Anwendung. Die Versorgung mit nutzbarem Rohprotein am Dünndarm (nXP) wurde ebenfalls entsprechend den Angaben der GfE (2001) – unter Berücksichtigung des in der DLG-Futterwerttabelle (DLG 1997) angegebenen UDP-Gehalts der eingesetzten Futtermittel – kalkuliert.

Die Erfassung der Milchmenge sowie die Probenahme zur Analyse der Milchinhaltstoffe, erfolgten automatisch. Die gepoolte Milchprobe des Morgen- und Abendmelks, wurde anschließend im Qualitätslabor St. Michael auf den Gehalt an Fett, Eiweiß und Laktose sowie Zellzahl und Harnstoff untersucht.

Statistische Auswertung

Die Erfassung und Verarbeitung der Daten erfolgte mit Hilfe einer MS-Access Datenbank, die Kontrolle und Plausibilitätsprüfung mit Statgraphics Centurion XV (15.2.14). Zur

statistischen Auswertung kam das Statistikprogramm SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), unter Verwendung der Prozedur MIXED, zur Anwendung. Dazu wurde folgendes Modell aufgestellt:

$$Y_{ijklm} = \mu + K_i + J_j + P_k + W_l + T_m + (K \times J)_{ij} + (J \times P)_{jk} + (J \times W)_{jl} + (P \times W)_{kl} + \epsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm} = Beobachtungswert der abhängigen Parameter

μ = Intercept

K_i = fixer Effekt der Konservierungsform i ($i = 1, 2, 3, 4$)

J_j = fixer Effekt des Jahres ($j = 1, 2, 3$)

P_k = fixer Effekt der Periode ($k = 1, 2, 3, 4$)

W_l = fixer Effekt der Versuchswoche ($l = 1, 2, 3$)

T_m = zufälliger Effekt des Tieres m

$(K \times J)_{ij}$ = Wechselwirkung zwischen Konservierungsform i und Jahr j

$(J \times P)_{jk}$ = Wechselwirkung zwischen Jahr j und Periode k

$(J \times W)_{jl}$ = Wechselwirkung zwischen Jahr j und Versuchswoche l

$(P \times W)_{kl}$ = Wechselwirkung zwischen Periode k und Versuchswoche l

ϵ_{ijklm} = Restkomponente

Der paarweise Mittelwertvergleich wurde mit dem Verfahren nach Tukey-Kramer durchgeführt. Als Signifikanzschwelle diente eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($p < 0,05$).

Ergebnisse und Diskussion

Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte im Grund- und Gesamtfutter sind in *Tabelle 2* dargestellt. Der Gehalt an Rohprotein wurde vom Konservierungsverfahren signifikant beeinflusst ($P < 0,001$). Die Heutrocknungsvarianten waren der Silierung um etwa 2 % unterlegen. Zu einem ähnlichen Unterschied kommt es in der Studie von JANS (1991). Mit 15,0 % liegt der Rohproteingehalt der Silage um 1,5 % über dem Gehalt vom Heu (13,5 %). COULON et al. (1997) beobachtete das Gegenteil. Die Silage (14,1 %) hatte im Vergleich zum Heu (14,6 %) einen leicht niedrigeren Rohproteingehalt.

Die Konservierungsverfahren unterscheiden sich hinsichtlich des Rohaschegehaltes nur geringfügig. Mit 9,4 % war jener der Silage signifikant höher als der Rohaschegehalt der Heuvarianten.

Auch bei der Energiekonzentration kommt es zu einem signifikanten Einfluss des Konservierungsverfahrens ($P < 0,001$). Die höchste Konzentration wird mit der Kaltbelüftung erreicht. Auch die Entfeuchtertrocknung wirkt sich gegenüber der Silierung leicht vorteilhaft aus. Ein deutlich unterdurchschnittlicher Energiegehalt (5,51 MJ NEL) wurde mit der Bodentrocknung erzielt. Van SOEST (1982) beschreibt, dass es in Folge der Silierung zu Fermentationsverlusten kommt. Diese sind unter anderem eine Erklärung für den niedrigeren Energiegehalt der Silage im Vergleich zum Heu aus Kaltluft- und Entfeuchtertrocknung.

JANS (1991) kommt zum Ergebnis, dass trotz Belüftung der Energiegehalt von Heu im Mittel um 0,29 MJ NEL

Tabelle 2: Nährstoffkonzentration im Grund- und Gesamtfutter (in der TM)

Parameter	Einheit	Konservierungsform				Residual- standardabw.	P-Werte		
		Boden- trocknung	Kalt- belüftung	Entfeuchter- trocknung	Silierung		Konservierung	Jahr	Konservierung × Jahr
Nährstoffkonzentration im Grundfutter (in der TM)									
Rohprotein	g	136 ^a	136 ^a	138 ^b	156 ^c	2	<0,001	<0,001	<0,001
Rohfaser	g	251 ^a	247 ^b	243 ^c	241 ^d	5	<0,001	<0,001	<0,001
Rohasche	g	87,5 ^a	86,0 ^b	85,4 ^b	93,8 ^c	2,8	<0,001	<0,001	<0,001
Kohlenhydrate	g	753 ^{ab}	753 ^a	752 ^b	715 ^c	4	<0,001	<0,001	<0,001
N-freie Extraktstoffe	g	276 ^a	283 ^b	283 ^b	279 ^c	5	<0,001	<0,001	<0,001
NDF	g	477 ^a	470 ^b	469 ^b	436 ^c	5	<0,001	<0,001	<0,001
ADF	g	281 ^a	278 ^b	279 ^b	285 ^c	5	<0,001	<0,001	<0,001
ADL	g	31,5 ^a	29,7 ^b	30,7 ^c	33,7 ^d	1,3	<0,001	<0,001	<0,001
ruminale N-Bilanz	g	1,48 ^a	0,95 ^b	1,35 ^c	4,29 ^d	0,31	<0,001	<0,001	<0,001
NEL	MJ	5,51 ^a	5,75 ^b	5,72 ^c	5,69 ^d	0,02	<0,001	<0,001	<0,001
Nährstoffkonzentration im Gesamtfutter (in der TM)									
Rohprotein	g	140 ^a	141 ^a	143 ^b	157 ^c	2	<0,001	<0,001	<0,001
Rohfaser	g	211 ^a	209 ^a	205 ^b	203 ^c	6	<0,001	<0,001	<0,001
Rohasche	g	75,2 ^a	74,4 ^{ab}	73,5 ^b	80,4 ^c	2,8	<0,001	<0,001	<0,001
Kohlenhydrate	g	759 ^a	760 ^a	759 ^a	729 ^b	4	<0,001	<0,001	<0,001
N-freie Extraktstoffe	g	345 ^a	349 ^b	351 ^b	348 ^b	10	0,002	<0,001	<0,001
NDF	g	414 ^a	410 ^b	408 ^b	380 ^c	9	<0,001	<0,001	<0,001
ADF	g	238 ^a	237 ^{ab}	236 ^b	241 ^c	7	<0,001	<0,001	<0,001
ADL	g	27,8 ^a	26,4 ^b	27,1 ^c	29,6 ^d	1,2	<0,001	<0,001	0,001
ruminale N-Bilanz	g	0,52 ^a	0,13 ^b	0,40 ^a	2,81 ^c	0,34	<0,001	<0,001	<0,001
NEL	MJ	6,07 ^a	6,24 ^b	6,24 ^b	6,21 ^c	0,07	<0,001	<0,001	<0,001

unter dem von Silage liegt. Auch RESCH (2007) kommt zu ähnlichen Resultaten. Er unterscheidet die Konservierungsverfahren von Heu nicht, beschreibt aber höhere Energiekonzentrationen bei Silage, unabhängig vom Aufwuchs. Es soll betont werden, dass das Wiesenfutter in der vorliegenden Untersuchung für alle Konservierungsvarianten zum selben Erntezeitpunkt geerntet worden ist.

Die Ergebnisse zur Futter-, Nährstoff-, und Energieaufnahme werden in der *Tabelle 3* dargestellt. Das Konservierungsverfahren beeinflusst die Grundfutteraufnahme signifikant ($P > 0,001$). Die TM-Aufnahme aus dem Grundfutter ist bei der Kaltbelüftung (15,79 kg TM/Tag) und der Entfeuchtertrocknung (15,77 kg/Tag) am höchsten. Diese zwei Gruppen unterscheiden sich bedeutend von der Bodentrocknung (15,42 kg TM/Tag), welche sich von der Silierung (14,63 kg TM/Tag) durch eine signifikant höhere Grundfutteraufnahme abhebt. Im Vergleich zur Kaltbelüftung kommt es bei der Silagevariante zu einer um 1,16 kg niedrigeren TM-Aufnahme pro Tag.

Von RESCH et al. (2010) werden die Ergebnisse der Futtermitteluntersuchungen von österreichischen Grassilagen und Silomais beschrieben. Demnach repräsentiert die im Versuch verwendete Silage eine durchschnittliche Gärqualität. Aus diesem Grund ist es auszuschließen, dass der Unterschied in der TM-Aufnahme von Heu und Silage aus einer unterdurchschnittlichen Qualität bzw. schlechteren Futterakzeptanz resultiert. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stimmen auch mit denen von JARRIGE et al. (1974) überein. Von ihnen werden die Unterschiede in der Futteraufnahme zwischen Heu und Silage auf Veränderungen während des Silierprozesses zurückgeführt. Sie stellen die durchschnittliche TM-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel in Beziehung zu der von Grünfutter und geben für Heu eine um 18,5 % und für Silage eine um 30 % niedrigere Aufnahme an. In ihrer Arbeit wird auch zwischen den Konservierungsformen von Heu unterschieden. Nach JARRIGE et al. (1974) ist die TM-Aufnahme von Bodenheu bzw. von

Heu einer Unterdachttrocknung um 21,3 % bzw. 13,8 % niedriger als die von Grünfutter. Die Unterschiede zwischen Bodentrocknung und Unterdachttrocknung erklären sie insofern, als dass bei Niederschlag der Anteil an leicht löslichen Inhaltsstoffen sinkt und die Zellwand-Bestandteile zunehmen. Zu einer Abnahme der löslichen Inhaltsstoffe kommt es auch bei der Silierung. Mikroorganismen verstoffwechseln lösliche Kohlenhydrate und erhöhen damit den Gehalt an Gerüstsubstanzen. Der negativ korrelierte Zusammenhang von TM-Aufnahme und Lignin-Gehalt wird auch von Van SOEST (1994) erwähnt. Im selben Zusammenhang beschreiben GRUBER et al. (2004) den Einfluss der Grundfutterqualität (MJ NEL) auf die Futteraufnahme. Sie geben an, dass diese pro MJ NEL des Grobfutters um 0,89 kg bis 0,98 kg steigt. Dies erklärt unter anderem die höhere Futteraufnahme der Varianten Kaltbelüftung und Entfeuchtertrocknung.

Von INRA (1989) wird beschrieben, dass die TM-Aufnahme von Heu höher ist als die von Silage. Der VDMI (Voluntary Dry Mass Intake) von unterdachtgetrocknetem bzw. unter guten Bedingungen bodengetrocknetem Heu ist mit dem von frischen Grünfutter zu vergleichen, während der VDMI der durch Silierung gewonnenen Futterkonserven im Durchschnitt um 3,5 % hinter dem von Grünfutter zurückbleibt. Auch SPIEKERS et al. (2009) kommt zu denselben Ergebnissen. Sie geben bei vergleichbaren Energiegehalten der Futtermittel an, dass bei Heu höhere Futteraufnahmen zu erwarten sind.

Die Ergebnisse im vorliegenden Versuch stimmen auch mit denen von BEAUCHEMIN et al. (1997), NELSON und SATTER (1992), COULON et al. (1997) und JANS (1991) überein. Sie alle stellten bei Heufütterung eine höhere Gesamtfutteraufnahme fest. Anders stellte sich die Situation im Versuch von NELSON und SATTER (1990) dar. Sie verglichen Silage mit Luzerneheu und stellten fest, dass – unabhängig vom Vegetationsstadium – die tägliche TM-Aufnahme von Silage höher ist.

Tabelle 3: Futter-, Nährstoff- und Energieaufnahme

Parameter	Einheit	Konservierungsform				P-Werte			
		Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Entfeuchtertrocknung	Silierung	Residualstandardabw.	Konservierung	Jahr	Konservierung × Jahr
Lebendmasse	kg	621 ^a	624 ^{ab}	625 ^b	621 ^a	12	0,003	0,675	0,018
Futteraufnahme (TM pro Tag)									
Grundfutter	kg	15,42 ^a	15,79 ^b	15,77 ^b	14,63 ^c	1,01	<0,001	0,846	<0,001
Krafftutter	kg	3,91 ^{ab}	3,89 ^{ab}	3,97 ^b	3,77 ^a	0,57	<0,001	<0,001	0,075
Gesamtfutter	kg	19,32 ^a	19,68 ^a	19,73 ^a	18,40 ^b	1,25	<0,001	0,002	<0,001
Gesamtfutter	g/kg LM	31,35 ^a	31,83 ^a	31,87 ^a	29,90 ^b	2,03	<0,001	0,068	<0,001
Gesamtfutter	g/kg LM ^s	156,1 ^a	158,6 ^a	158,9 ^a	148,8 ^b	10,0	<0,001	0,031	<0,001
NDF	g/kg LM	13,23 ^a	13,59 ^a	13,55 ^a	11,16 ^b	1,49	<0,001	0,838	<0,001
Krafftutteranteil	% der TM	19,64	19,09	19,75	19,69	2,46	0,180	<0,001	0,011
Energie- und Nährstoffaufnahme aus Grundfutter (pro Tag)									
XP	g	2.148 ^a	2.253 ^b	2.278 ^b	2.252 ^b	295	0,041	0,022	<0,001
nXP	g	1.960 ^a	2.070 ^b	2.066 ^b	1.889 ^c	150	<0,001	0,366	<0,001
NEL	MJ	84,8 ^a	90,4 ^b	89,9 ^b	83,4 ^a	5,3	<0,001	0,827	<0,001
Energie- und Nährstoffaufnahme aus Gesamtfutter (pro Tag)									
XP	g	2.770 ^a	2.873 ^{ab}	2.909 ^b	2.853 ^{ab}	321	0,068	0,008	<0,001
nXP	g	2.665 ^a	2.773 ^b	2.782 ^b	2.570 ^c	195	<0,001	<0,001	<0,001
NEL	MJ	117,4 ^a	122,9 ^b	123,0 ^b	114,8 ^c	7,8	<0,001	<0,001	<0,001
RNB	g	16,83 ^a	15,88 ^a	20,27 ^a	45,25 ^b	24	<0,001	<0,001	<0,001

Auf Grund der konservierungsbedingten Unterschiede in der Energiedichte und der Grundfutteraufnahme kommt es auch bei der Energieaufnahme aus dem Grundfutter zu einem signifikanten Einfluss ($P < 0,001$). Mit einer Energieversorgung von 90,4 MJ NEL/Tag bzw. 89,9 MJ NEL/Tag aus dem Grundfutter ist die Kaltbelüftung bzw. Entfeuchtertrocknung der Bodentrocknungs- (84,8 MJ NEL/Tag) und Silagevariante (83,4 MJ NEL/Tag) deutlich überlegen.

In der *Tabelle 4* sind die Ergebnisse zu Milchleistung und Milchinhaltsstoffen angeführt. Die tägliche Milchleistung der Silagevariante (23,1 kg ECM) ist signifikant niedriger als die der Heuvarianten ($P < 0,001$). Wie es auch von JARRIGE et al. (1974) beschrieben wird, kann dies durch eine bedeutend niedrigere Gesamtfutteraufnahme erklärt werden. Die Gruppe der Entfeuchtertrocknung erreicht die höchste Milchleistung (24,4 kg ECM). Mit einer Differenz von 0,8 kg ECM besteht ein deutlicher Unterschied zur Bodentrocknung (23,6 kg ECM). Eine Erklärung hierfür ist eine geringere Nährstoffaufnahme durch den bei Bodenheu niedrigeren Gehalt an leicht löslichen Kohlenhydraten und dem damit verbundene Anstieg an Zellwand-Bestandteilen (JARRIGE et al. 1974). Auch GRUBER et al. (2004) brin-

gen eine niedrigere Energiekonzentration im Grundfutter mit einer niedrigeren Futteraufnahme in Zusammenhang. Die Kaltbelüftung weicht nur geringfügig von beiden Varianten ab und liegt mit 24,0 kg ECM genau in der Mitte.

COULON et al. (1997) kommt zu gegensätzlichen Ergebnissen. In seiner Studie erbringt die Heugruppe trotz höherer Futteraufnahme eine geringere Milchleistung, wobei der Gehalt an Milchfett und Milchprotein bei der Silagegruppe niedriger und der Verlust an Körpermasse höher war.

In Hinblick auf die Fragestellung des Projektes ist die tägliche Milchleistung aus dem Grundfutter (nach NEL) entscheidend. Sie ist bei den Varianten Kaltbelüftung (17,0 kg) und Entfeuchtertrocknung (16,8 kg) signifikant höher ($P > 0,001$) als bei der Bodentrocknungsvariante (15,2 kg) und Silierung (14,7 kg). Die Ergebnisse resultieren aus den Unterschieden sowohl im Energiegehalt als auch in der Futteraufnahme der Konservierungsvarianten.

Die Situation beim Gehalt an Milchfett und Milcheiweiß ist dieselbe. Innerhalb der Heuvarianten bestehen keine nennenswerten Abweichungen. Die Unterschiede zwischen der Silage- und den Heuvarianten sind hingegen signifikant, wobei der Milchfettgehalt bei der Silagegruppe höher und

Tabelle 4: Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Parameter	Einheit	Konservierungsform				P-Werte			
		Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Entfeuchtertrocknung	Silierung	Residualstandardabw.	Konservierung	Jahr	Konservierung × Jahr
Milchleistung und Milchinhaltsstoffe									
Milch	kg	23,8 ^a	24,2 ^{ab}	24,6 ^b	23,2 ^c	1,5	<0,001	<0,001	0,058
ECM	kg	23,6 ^a	24,0 ^{ab}	24,4 ^b	23,1 ^c	1,5	<0,001	<0,001	0,044
Fettgehalt	%	4,13 ^a	4,09 ^a	4,09 ^a	4,19 ^b	0,22	0,001	0,178	0,923
Eiweißgehalt	%	3,19 ^a	3,22 ^a	3,21 ^a	3,10 ^b	0,11	<0,001	0,012	0,144
Laktosegehalt	%	4,58	4,59	4,59	4,59	0,11	0,989	0,224	0,918
Fettmenge	g	979	981	990	970	88	0,587	<0,001	0,178
Eiweißmenge	g	754 ^a	770 ^a	772 ^a	715 ^b	64	<0,001	<0,001	0,022
Laktosemenge	g	1.092 ^{ab}	1.108 ^a	1.115 ^a	1.066 ^b	86	0,014	<0,001	0,056
Harnstoff	mg/kg	183 ^a	173 ^b	169 ^b	180 ^a	23	<0,001	<0,001	<0,001
Zellzahl	1.000/ml	168	181	158	162	147	0,784	0,192	0,576
Milch aus GF	kg	15,2 ^a	17,0 ^b	16,8 ^b	14,7 ^a	1,7	<0,001	0,696	<0,001
Milch aus GES	kg	25,4 ^a	27,2 ^b	27,3 ^b	24,5 ^c	2,6	<0,001	<0,001	<0,001

der Milcheiweißgehalt niedriger ist. Die Ergebnisse decken sich mit denen von KNAUS et al. (2012), BEAUCHEMIN et al. (1997) und JANS (1991). Sie beobachten bei Heurationen einen höheren Gehalt an Milcheiweiß und einen niedrigeren Gehalt an MilCHFett. Van SOEST (1982) führt den niedrigeren Milcheiweißgehalt insofern auf das Konservierungsverfahren zurück, als dass im Pansen auf Grund der Silierung weniger leicht lösliche Kohlenhydrate zur Verfügung stehen. Im Vergleich zu Heu limitiert dieser Umstand das ruminale Mikrobewachstum. Der niedrigere Milcheiweißgehalt der Silagegruppe resultiert somit aus einer geringeren Anflutung von Mikrobenprotein am Dünndarm.

Den höheren MilCHFettgehalt bei Silage führt Van SOEST (1982) ebenfalls auf den Silierprozess zurück. Er begründet es mit dem Abbau an leicht löslichen Kohlenhydraten und den dadurch, im Vergleich zu Heu, höheren Gehalt an Gerüstsubstanzen.

Schlussfolgerung

In Hinblick auf die wesentlichsten Parameter der vorliegenden Studie ist die Kaltbelüftung unter günstigen Voraussetzungen kaum zu überbieten. Die signifikanten Wechselwirkungen von Konservierung \times Jahr bringen aber zum Ausdruck, dass der Einfluss des Konservierungsverfahrens vom Jahr bzw. von den Witterungsverhältnissen während der Feld- und Belüftungsphasen abhängig ist. Auch wenn mit der Kaltbelüftung qualitativ hochwertiges Heu produziert werden kann und dadurch die Futteraufnahme und Milchleistung gegenüber Bodentrocknung und Silierung höher sind, muss dies auf Grund ungünstiger Voraussetzungen nicht immer der Fall sein. Die Vorteile der Konservierungsverfahren Silierung und Entfeuchtertrocknung kommen insbesondere dann zur Geltung, wenn die Voraussetzungen für einen erstklassigen Konservierungsprozess nicht gegeben sind.

Es bleibt unbestritten, dass Verfahren wie Silierung und Warmlufttrocknung wetterunabhängiger sind. In wie weit ein Mehraufwand dieser Systeme gerechtfertigt ist, kann mit der vorliegenden Studie nicht geklärt werden. Dazu ist es notwendig, die einzelbetriebliche Situation nach betriebswirtschaftlichen Kriterien genau zu beurteilen.

Literatur

- ADLER, A., 2002: Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9.-10. April 2002, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irnding, 17-25.
- AMA, 2014: Marktbericht-Milch und Milchprodukte. Agrar Markt Austria. 12. Ausgabe 2013, 24 S.
- ARGE HEUMILCH, 2014: ARGE Heumilch. <http://www.heumilch.at/heumilch/die-arge-heumilch/>, besucht am 16.12.2014.
- BEAUCHEMIN, K.A., L.M. RODE und M.V. ELIASON, 1997: Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dried cubes of hay or silage. *J. Dairy Sci.* 80, 324-333.
- 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.
- 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, NR. 8: Empfehlung zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 135 S.
- GINDL, G., 2002: Zeitgemäße Heubereitung und Heuqualität in der Praxis. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9.-10. April 2002, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irnding, 67-72.
- GRUBER, L., R. RESCH, A. SCHAUER, B. STEINER und C. FASCHING, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 57-66.
- GRUBER, L., F. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG und A. OBERMAIER, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 484-504 S.
- HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU, A., P. KAIRENIUS, S. AHVENJÄRVI, V. TOIVONEN, P. HUHTANEN, A. VANHATALO, D.I. GIVENS und K.J. SHINGFIELD, 2013: Effect of forage conservation method on plasma lipids, mammary lipogenesis, and milk fatty acid composition in lactating cows fed diets containing a 60:40 forage-to-concentrate ratio. *J. Dairy Sci.* 96, 5267-5289.
- HILFIKER, J., 1989: Betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen Bodentrocknung und Heubelüftung. *FAT Berichte* 371, CH-8356 Tänikon TG, 1-7.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables. INRA and John Libbey Eurotext, Paris-London-Rom, 389 S.
- JANS, F., 1991: Grassilage oder Dürrfutter für Hochleistungskühe? *Landwirtschaft Schweiz* 4, 333-336.
- JARRIGE, R., C. DEMARQUILLY und J.P. DULPHY, 1974: The voluntary intake of forages. In: *Proceedings 5th General Meeting European Grassland Federation 1973*, 98-106.
- KNAUS, W., F. SCHIPFLINGER, K. MODER und R. BAUMUNG, 2012: Effekte einer silagefreien Fütterung auf die Leistung von Milchkühen in Tirol. *Züchtungskunde* 84, 191-198.
- MEISSER, M. und U. WYSS, 1999: Qualität von unterschiedlich konserviertem Dürrfutter. *Agrarforschung* 6, 437-440.
- MÜNGER, A., 2011: Einfluss von Dürrfutter mit hohem Gehalt an löslichen Kohlenhydraten auf die Pansenfermentation von laktierenden Kühen. *Forum angewandte Forschung*, 6.4-7.4. 2011, 61-64.
- NELSON, W.F. und L.D. SATTER, 1990: Effect of stage of maturity and method of preservation of alfalfa on production by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73, 1800-1811.
- NELSON, W.F. und L.D. SATTER, 1992: Impact of stage of maturity and method of preservation of alfalfa on digestion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75, 1571-1580.

- 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, 3. 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, 41-48.
- RESCH, R., 2007: Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum. 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung 19.-20. April 2007, HBLFA Raumberg Gumpenstein, A-8952 Irnding, 61-75.
- 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. und L. GRUBER, 2015: Proteinfractionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 49-55.
- RESCH, R., L. GRUBER, J. GASTEINER, K. BUCHGRABER, G. WIEDNER, E.M. PÖTSCH und T. GUGGENBERGER, 2009: Mineralstoffgehalte machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. ÖAG-Sonderdruck, Info 8/2009, 8 S.
- RESCH, R., G. WIEDNER, F. TIEFENTHALLER, K. WURM, W. STROMBERGER, P. FRANK und C. MEUSBURGER, 2010: Qualitätsbewertung von österreichischen Grassilagen und Silomais aus Praxisbetrieben. Abschlussbericht, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 87 S.
- SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. erweiterte und aktualisierte Auflage. DLG-Verlag, D-60489 Frankfurt am Main, 576 S.
- STOCKINGER, C., 2009: Milchproduktion in Zukunft – Gewinnen wir den Wettbewerb? 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 16.-17. April 2009, Bericht LFZ Raumberg Gumpenstein, 11-18.
- URDL, M., A. PÖLLINGER, R. RESCH und A. ADLER, 2010: Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität – Projektvorstellung. 37. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 19.-20. April 2010, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 83-93.
- Van SOEST, P.J., 1982: Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca and London, 373 S.
- Van SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca and London, 476 S.
- Van SOEST, P.J., J.B. ROBERTSON und B.A. LEWIS, 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3853-3597.
- VDLUFA, 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 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, 75-80.
- 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.

Einfluss von Gras-Konservierungsverfahren auf das Milch-Fettsäurenmuster

Impact of grass conservation methods on milk fatty acid profile

Margit Velik^{1*}, Leonhard Gruber¹ und Josef Kaufmann¹

Zusammenfassung

Fettsäuren (FA) in Milch haben eine ernährungsphysiologische und gesundheitliche Bedeutung und sind auch dazu geeignet den Wert der grünlandbasierten Milchproduktion hervorzuheben. Studien, die das FA-Muster von aus Heu bzw. aus Grassilage produzierter Milch vergleichen, gibt es – auch international – bisher nur in sehr begrenztem Umfang. Im vorliegenden Beitrag wurde in drei Milchkuh-Fütterungsversuchen das FA-Muster von Heu-Milch und Grassilage-Milch über drei Erntejahre verglichen. Das Heu wurde mit drei unterschiedlichen Trocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung) produziert.

Zwischen den drei Heutrocknungsverfahren zeigten sich im Milch-FA-Muster keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die aus Grassilage produzierte Milch unterschied sich jedoch in bestimmten FA signifikant von der Heu-Milch. Es waren jedoch in den drei untersuchten Erntejahren nicht immer die gleichen FA betroffen. In der Gesamtauswertung unterschied sich die Grassilage-Milch im Gehalt an mehrfach ungesättigten FA (PUFA) von der Heu-Milch. Die Grassilage-Milch hatte mit durchschnittlichen Omega-3 FA-Gehalten von 0,9 g/100 g FAME signifikant niedrigere Gehalte als die Milch der drei Heutrocknungsvarianten (1,0 bis 1,1 g). Mit einem Durchschnittsgehalt von 1,7 g Omega-6 FA unterschied sich die Grassilage-Milch signifikant von der Heu-Milch aus Bodentrocknung und Entfeuchtertrocknung (jeweils 1,8 g). Grassilage- und Heu-Milch unterschieden sich nicht im Gehalt an gesättigten und einfach ungesättigten FA.

Wenngleich die numerischen Unterschiede im Milch-FA-Muster zwischen Heu- und Grassilage-Milch klein sind, sind sie auf alle Fälle von hohem wissenschaftlichen Wert. Das Milch-FA-Muster wird jedoch von zahlreichen anderen Faktoren (z.B. botanische Zusammensetzung und Vegetationsstadium von Grünland, Kraftfutteranteil der Ration, Tierfaktoren, Umweltfaktoren etc.) beeinflusst. Daher dürften die Projektergebnisse für die landwirtschaftliche Praxis (z.B. Differenzierung der Heu-Milch von Milch, die aus grassilagebasierter Milchproduktion stammt) nur begrenzt nutzbar sein.

Schlüsselwörter: Heutrocknung, Silage, Omega-3 Fettsäuren, Milchkuh

Summary

Fatty acids in milk have positive effects regarding nutritional physiology and human health and are suitable to emphasise the value of grassland based milk production systems. Studies, comparing the milk fatty acid profile of hay and grassilage based milk production, are rare. In the present study, hay and grass silage was produced in 3 consecutive years. Each year, a feeding trial with dairy cows was undertaken. Hay was produced with 3 hay drying methods (field drying without ventilation, air ventilation, dehumidification drying).

Hay drying method had no significant impact on milk fatty acid profile. However, milk from grass silage based diets (grass silage milk) significantly differed in some fatty acids compared to milk from hay based diets (hay milk). In the 3 feeding trials, not always the same milk fatty acids were affected. Overall, grass silage milk significantly differed in PUFA contents compared to hay milk. Omega-3 FA contents of grass silage milk were at 0.9 g/100 g FAME significantly lower compared to all 3 hay conservation methods (1.0 to 1.1 g omega-3 FA). Moreover, grass silage milk differed at 1.7 g omega-6 FA contents significantly from hay milk produced by field drying without ventilation and dehumidification drying (1.8 g omega-6 FA each). Contents of saturated and monounsaturated milk fatty acids were not affected by grass conservation method.

Although observed milk fatty acid differences in hay and grass silage produced milk are small, they are definitely valuable for the scientific community. However, several other factors affect milk fatty acid profile (e.g. botanical composition and vegetative stage of green forage, concentrate content of diets, animal intrinsic factors, environmental factors etc.). Hence, for practical use (e.g. differentiation of hay from grass silage milk), suitability of results is limited.

Keywords: hay conservation, silage, omega-3 fatty acids, dairy cow

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

* Ansprechpartner: Dr. Margit Velik, email: margit.velik@raumberg-gumpenstein.at

1. Einleitung

In den letzten Jahren wird der ernährungsphysiologische und gesundheitliche Wert von Lebensmitteln ein immer bedeutenderer Qualitätsfaktor für den Konsumenten. In diesem Zusammenhang werden häufig der Fettgehalt und die im Fett enthaltenen Fettsäuren (FA) von Lebensmitteln genannt. FA werden in gesättigte und ungesättigte FA unterteilt. Die ungesättigten FA werden wiederum in einfach und mehrfach ungesättigte FA eingeteilt. In Hinblick auf die menschliche Ernährung sind die Omega-3 FA und die Omega-6 FA sowie die konjugierten Linolsäuren (CLA) – alle drei sind mehrfach ungesättigte FA – von zentraler Bedeutung, da sie vom menschlichen Organismus nicht selbst synthetisiert werden können und über die Nahrung aufgenommen werden müssen. Insbesondere die Omega-3 FA und die CLA können sich in 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, DEWHURST et al. 2006).

Zahlreiche Studien belegen, dass die Grundfutterbasis (Gras und Graskonserven, Maissilage, Leguminosen) sowie die Kraftfuttermenge und -zusammensetzung das FA-Muster in Milch von Wiederkäuern beeinflussen. Durch grünlandbetonte Futterationen werden die ernährungsphysiologisch wertvollen ungesättigten FA erhöht und die bei zu hoher Aufnahme gesundheitsgefährdenden gesättigten FA reduziert (JAHREIS et al. 1997, LEIBER et al. 2005, COUVREUR et al. 2006, DEWHURST et al. 2006, ELGERSMA et al. 2006, VLAEMINCK et al. 2006, WYSS et al. 2007, BISIG et al. 2008, BUTLER et al. 2008, DGE et al. 2008). Neben der Fütterung wird das Milch-FA-Muster auch von Tierfaktoren (z.B. Rasse, Genetik, Laktationszahl, Laktationsstadium etc.) sowie Umweltfaktoren (Jahreszeit, Herdenmanagement etc.) beeinflusst (KALAC und SAMKOVA 2010).

Im vorliegenden Beitrag wird das Milch-FA-Muster von Grassilage-Milch sowie von Milch dreier Heu-Konservierungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchterrocknung) beleuchtet.

2. Material und Methodik

Die genaue Versuchsanordnung sowie die Ergebnisse zu Futtermittelanalysen, Futter- und Nährstoffaufnahmen, Milchleistung etc. des Fütterungsversuches wurden von anderen Autoren beschrieben und sind im Tagungsband der 42. Viehwirtschaftlichen Fachtagung (2015) nachzulesen (PÖLLINGER 2015, RESCH und GRUBER 2015, GRUBER et al. 2015, FASCHING et al. 2015). Heu und Grassilage stammten von denselben Versuchswiesen und wurden am gleichen Tag/im gleichen Vegetationsstadium geschnitten. In allen drei Versuchsjahren wurde am Ende jeder Erhebungsperiode (4 Erhebungsperioden pro Versuchsjahr) pro Kuh eine Milchprobe zur Milch-FA-Bestimmung gezogen. Im Erntejahr 2011 wurde in der ersten Erhebungsperiode versehentlich keine Milchprobe gezogen; insgesamt wurden 176 Milchproben untersucht. Die zur FA-Untersuchung herangezogenen Milchproben stammten jeweils aus einer Sammelprobe (insgesamt 100 ml)

aus Morgen- und Abendmilch und wurden bis zur Analyse tiefgekühlt (ca. -18 °C) gelagert.

2.1 Fettsäureanalytik

Die FA-Untersuchungen wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Die Extraktion des Fettes für die FA-Untersuchung erfolgte nach der von FOLCH et al. (1957) entwickelten Methode mit leichter Modifikation. Die Derivatisierung zu FA-Methylester (FAME) erfolgte nach DGF (2006). Die Bestimmung der Einzel-FA erfolgte mittels Gaschromatograph (Varian, Modell 3900) ausgestattet mit einem Flammen-Ionisierungs-Detektor, einem automatischen Injektor, einem Split-Injektor sowie mit der Säule Supelco SPTM 2380 (100 m × 0,25 mm × 0,2 µm Filmdicke). Die Injektions- und Detektionstemperatur betragen 250 bzw. 260 °C. Als Trägergas diente Helium; es wurde eine konstante Druck-Methode (Säulendruck 3,4 bar) verwendet. Die Säulentemperatur wurde zu Beginn für 1 Minute bei 60 °C gehalten; dann wurde die Temperatur mit 8 °C pro Minute bis auf 120 °C und anschließend mit 1,5 °C pro Minute bis auf 240 °C erhöht. Für die Peak-Identifikation wurde ein Standardmix von 37 FAME (Supelco Inc.) verwendet sowie individuelle Standards von Supelco, Matreya und Larodan. Jede Einzel-FA wurde als g/100 g Gesamt-FA ausgedrückt.

2.2 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS (Statistical Analysis System, Version 9.4, 2013) als Change-over Design mit mehreren lateinischen Quadraten nach KAPS und LAMBERSON (2007). Die drei Erntejahre wurden getrennt (*Tabelle 2*) und gemeinsam (*Tabelle 3*) ausgewertet. Die Auswertungen erfolgten mit der Prozedur GLM und Kuh, Erhebungsperiode, Konservierungsverfahren und Square als fixe Effekte. In jedem Versuchsjahr wurden jeweils die 4 Kühe mit dem gleichen Kraftfutteranteil zu einem Square zusammengefasst; dies ergab bei 16 Kühen pro Versuch vier Squares. Im Modell wurden als unabhängige Variablen Square, Erhebungsperiode innerhalb Square, Tier innerhalb Square und Konservierungsverfahren definiert. Die Unterschiede zwischen den LSMeans wurden mit einem Tukey-Test getestet. Das Signifikanzniveau wurde bei 0,05 angesetzt. In den Ergebnistabellen sind die Least Square Means (LSMeans), Standardfehler (StErr) und P-Werte dargestellt.

Da im Modell nach KAPS und LAMBERSON (2007) aufgrund einer fehlenden Erhebungsperiode im Erntejahr 2011 die Wechselwirkung Erntejahr*Konservierungsverfahren nicht ausgewertet werden konnte, wurde zusätzlich in einem "herkömmlichen" 3-faktoriellen GLM-Modell die Wechselwirkung Erntejahr*Konservierungsverfahren ausgewertet. Die Wechselwirkung war für keine FA-Gruppe signifikant.

2.3 Untersuchte Fettsäuren

Im Ergebnisteil werden folgende sechs FA-Gruppen dargestellt: (1) gesättigte FA (SFA), (2) einfach ungesättigte FA (MUFA), (3) mehrfach ungesättigte FA (PUFA), (4) konjugierte Linolsäure (CLA), (5) Omega-3 FA, (6) Omega-6 FA. *Tabelle 1* zeigt welche Einzel-FA in den jeweiligen FA-Gruppen enthalten sind.

Tabelle 1: Zusammensetzung der FA-Gruppen

SFA	C4:0, C5:0, C6:0, C7:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0anteiso, C13:0, C14:0, C15:0iso, C15:0anteiso, C15:0, C16:0iso, C16:0, C17:0iso, C17:0anteiso, C17:0, C18:0, C19:0anteiso, C19:0, C20:0, C21:0, C22:0, C23:0, C24:0
MUFA	C14:1, C15:1, C16:1cis9, C17:1, Σ C18:1trans, C18:1cis9, C18:1cis11, C20:1, C22:1, C24:1
PUFA	Σ CLA+Omega-3+Omega-6
CLA	CLAcis9trans11
Omega-3 FA	C18:3cis9,12,15, C20:3cis11,14,17, C20:5, C22:5cis7,10,13,16,19, C22:6
Omega-6 FA	C18:2trans9,12, C18:2cis9,12, C18:3cis6,9,12, C20:2, C20:3cis8,11,14, C20:4, C22:2

Tabelle 2: Milch-FA-Muster der vier Gras-Konservierungsverfahren der Erntejahre 2010, 2011 und 2012 (Erntejahre getrennt ausgewertet)

g/100 g FAME	Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Entfeuchtertrocknung	Silierung	StdErr	P-Wert
Erntejahr 2010						
SFA	76,5 ^{ab}	77,9 ^a	76,9 ^{ab}	76,1 ^b	0,44	0,032
MUFA	19,7 ^{ab}	18,4 ^b	19,2 ^{ab}	20,2 ^a	0,38	0,015
PUFA	3,78	3,58	3,81	3,64	0,09	0,270
CLA	0,76	0,71	0,75	0,86	0,04	0,068
Omega-3 FA	1,17	1,09	1,17	1,01	0,06	0,200
Omega-6 FA	1,85 ^{ab}	1,79 ^{ab}	1,89 ^a	1,77 ^b	0,03	0,019
Omega-6:Omega-3 FA	1,72	1,81	1,68	1,85	0,11	0,694
Erntejahr 2011						
SFA	78,7	78,8	78,5	78,8	0,49	0,977
MUFA	17,9	17,8	17,9	18,2	0,44	0,944
PUFA	3,32 ^{ab}	3,36 ^a	3,53 ^a	3,04 ^b	0,07	0,001
CLA	0,58 ^b	0,66 ^{ab}	0,72 ^a	0,60 ^b	0,02	0,001
Omega-3 FA	1,06 ^a	1,03 ^a	1,10 ^a	0,89 ^b	0,03	<0,001
Omega-6 FA	1,69 ^{ab}	1,67 ^{ab}	1,70 ^a	1,55 ^b	0,04	0,032
Omega-6:Omega-3 FA	1,60 ^b	1,63 ^b	1,56 ^b	1,76 ^a	0,02	<0,001
Erntejahr 2012						
SFA	76,5	78,2	76,4	77,8	0,62	0,101
MUFA	20,1	18,6	20,3	19,1	0,59	0,138
PUFA	3,38 ^a	3,21 ^{ab}	3,34 ^{ab}	3,11 ^b	0,06	0,019
CLA	0,61	0,61	0,71	0,63	0,03	0,042
Omega-3 FA	1,00 ^a	0,95 ^{ab}	0,95 ^{ab}	0,86 ^b	0,03	0,035
Omega-6 FA	1,77 ^a	1,65 ^{ab}	1,68 ^{ab}	1,62 ^b	0,03	0,028
Omega-6:Omega-3 FA	1,87	1,90	1,86	1,99	0,07	0,628

3. Ergebnisse

Tabelle 2 zeigt die getrennte Milch-FA-Auswertung für die Erntejahre 2010, 2011 und 2012. Zwischen den drei Heutrocknungsverfahren zeigten sich im Milch-FA-Muster keine statistisch signifikanten Unterschiede. Einzige Ausnahme war der CLA-Gehalt der Heu-Milch im Jahr 2011, der bei der Bodentrocknung signifikant niedriger war als bei der Entfeuchtertrocknung.

Die aus Grassilage produzierte Milch unterschied sich in bestimmten FA signifikant von der Heu-Milch; es waren jedoch in den drei untersuchten Erntejahren nicht immer die gleichen FA-Gruppen betroffen. So unterschied sich die Grassilage-Milch der Ernte 2010 in den SFA-, MUFA- und Omega-6 FA-Gehalten signifikant von jeweils einem Heutrocknungsverfahren. Im Erntejahr 2011 waren bei Silierung die CLA-, Omega-3 FA-, Omega-6 FA- und PUFA-Gehalte der Milch im Vergleich zu einem, zwei oder allen Heutrocknungsverfahren signifikant niedriger. Die Grassilage-Milch der Ernte 2012 hatte signifikant niedrigere

Omega-3 FA-, Omega-6 FA- und PUFA-Gehalte als die Milch aus Bodentrocknungs-Heu (Tabelle 2).

Vergleicht man die drei Versuchsjahre miteinander, so wurden in bestimmten Milch-FA-Gruppen zwischen den Heutrocknungsverfahren Unterschiede von bis zu 25 % (CLA-Gehalt) gefunden (berechnet als niedrigsten LS-Means-Wert der Heutrocknungsverfahren durch höchsten Wert) (Tabelle 2).

Tabelle 3 beschreibt das Milch-FA-Muster der gemeinsamen Auswertung der drei Erntejahre. In der Tabelle sind zusätzlich noch jene Einzel-FA aufgelistet, deren Anteil über 1 g/100 g FAME lag sowie bestimmte wichtige Einzel-FA. In der Gesamtauswertung enthielt die Grassilage-Milch mit durchschnittlichen Omega-3 FA-Gehalten von 0,9 g/100 g FAME signifikant weniger Omega-3 FA als die Milch der 3 Heutrocknungsvarianten (1,0 bis 1,1 g). Mit einem Durchschnittsgehalt von 1,7 g Omega-6 FA und 3,3 g PUFA/100 g FAME unterschied sich die Grassilage-Milch signifikant von der Milch aus Bodentrocknung und Entfeuchtertrocknung (jeweils 1,8 g Omega-6 FA bzw. 3,5 g PUFA).

Tabelle 3: Milch-FA-Muster aus den vier Gras-Konservierungsverfahren (Erntejahre gemeinsam ausgewertet)

g /100 g FAME	Erntejahre 2010 – 2012				StdErr	P-Wert
	Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Entfeuchterrocknung	Silierung		
SFA	77,2	78,4	77,3	77,5	0,38	0,090
MUFA	19,3	18,2	19,2	19,2	0,35	0,110
PUFA	3,47 ^a	3,34 ^{ab}	3,52 ^a	3,25 ^b	0,05	<0,001
CLAc9t11	0,64	0,64	0,71	0,69	0,02	0,048
Omega-3 FA	1,05 ^a	0,99 ^a	1,05 ^a	0,90 ^b	0,03	<0,001
Omega-6 FA	1,78 ^a	1,71 ^{ab}	1,77 ^a	1,66 ^b	0,02	<0,001
Omega-6:Omega-3 FA	1,80	1,85	1,77	1,93	0,05	0,152
C4:0	6,3 ^{ab}	6,2 ^b	6,1 ^b	6,5 ^a	0,09	0,006
C6:0	3,18	3,25	3,15	3,25	0,03	0,052
C8:0	1,79	1,86	1,80	1,79	0,02	0,114
C10:0	3,82 ^{ab}	4,09 ^a	3,95 ^{ab}	3,72 ^b	0,08	0,007
C12:0	4,17 ^{ab}	4,49 ^a	4,35 ^a	4,02 ^b	0,09	0,004
C14:0	13,3 ^{ab}	13,7 ^a	13,6 ^a	13,0 ^b	0,15	0,006
C14:1	1,02	1,08	1,08	1,04	0,02	0,144
C15:0	1,16	1,18	1,16	1,19	0,02	0,593
C16:0	31,7	32,5	32,0	32,5	0,29	0,147
C16:1c9	1,42	1,47	1,49	1,44	0,03	0,483
C17:0	1,01 ^b	0,93 ^c	0,96 ^c	1,06 ^a	0,02	<0,001
C18:0	7,9	7,4	7,4	7,8	0,17	0,031
C18:1t	1,24	1,17	1,29	1,23	0,04	0,232
C18:1c9	15,1	14,0	14,8	15,0	0,32	0,077
C18:2c9,12	1,32 ^a	1,26 ^a	1,30 ^a	1,17 ^b	0,02	<0,001
C18:2t9,12	0,271 ^b	0,263 ^b	0,278 ^b	0,316 ^a	0,004	<0,001
C18:3c9,12,15	0,868 ^a	0,819 ^a	0,867 ^a	0,728 ^b	0,02	<0,001
C20:3c8,11,14	0,061 ^a	0,060 ^{ab}	0,058 ^{ab}	0,054 ^b	0,002	0,029
C20:4	0,098	0,094	0,098	0,093	0,002	0,181
C20:5	0,079 ^a	0,077 ^a	0,079 ^a	0,068 ^b	0,002	<0,001
C24:1	0,049	0,045	0,057	0,054	0,005	0,239
C22:5c7,10,13,16,19	0,076	0,071	0,070	0,073	0,002	0,225

4. Diskussion

Aus der Literatur ist bekannt, dass das FA-Muster der Milch durch die botanische Futterzusammensetzung (Anteil an Gräsern, Kräutern und Leguminosen), die Pflanzenarten, das Vegetationsstadium und den Fettgehalt des Futters bestimmt wird. Weiters ist aus der Literatur bekannt, dass Blätter einen höheren Fettgehalt und mehr ungesättigte Fettsäuren enthalten als Stängel und dass es durch Bröckelverluste bei der Graskonservierung zu FA-Verlusten kommen kann (DEWHURST et al. 2006, MOREL et al. 2006, DOHME 2007, WYSS et al. 2007b, HUHTANNEN et al. 2010, BRAACH 2012). Es gibt nur wenige Publikationen, die den Einfluss der Futterkonservierung auf das FA-Muster der Milch untersuchten. Darüber hinaus wurde in den vorhandenen Publikationen größtenteils Weide/Gras mit Heu bzw. Weide/Gras mit Grassilage verglichen (z.B. MOREL et al. 2006, MOHAMMED et al. 2009, KALAC und SAMKOVA 2010). Es gibt bisher kaum Studien, die Heu- und Grassilage-Milch vergleichen.

WYSS und COLLOMB (2011) führten einem Milchkuh-Fütterungsversuch durch, in dem das Milch-FA-Muster bei heu- bzw. grassilagebasierter Fütterung (Grassilage mit 39 bzw. 57 % TM) verglichen wurde. In ihrer Arbeit waren nur die MUFA-Gehalte der Grassilage-Milch (Grassilage mit 39 % TM) signifikant niedriger als in der Heu-Milch. Ein signifikanter Unterschied in den MUFA-Gehalten wurde in unserer Arbeit nur im ersten Versuchsjahr gefunden (Tabelle 2), nicht jedoch in der Gesamtauswertung (Tabelle 3). HUHTANNEN et al. (2010) kommen anhand einer Literaturübersicht zu dem Schluss, dass Milch aus Heu-Rationen

tendenziell höhere PUFA-Gehalte enthält als Milch aus Grassilage-Rationen, was sich mit unseren Ergebnissen deckt (Tabelle 3). Auch SHINGFIELD et al. (2005) fanden in aus Heu produzierter Milch höhere PUFA-Gehalte als in Grassilage-Milch sowie keine Unterschiede in den SFA- und MUFA-Gehalten. In SHINGFIELD et al. (2005) waren im Heu deutlich niedrigere PUFA-Gehalte als in der Grassilage enthalten, weshalb die höheren PUFA-Gehalte der Heu-Milch auf einen höheren Transfer von C18:3 (Omega-3 FA) und C18:2 (Omega-6 FA) von der Futterration über den Pansen in die Milch zurückzuführen sein dürften.

Im vorliegenden Projekt hatte die Grassilage einen signifikant höheren Fettgehalt als das Heu der drei Heutrocknungsvarianten. Im Fütterungsversuch hatten die mit Grassilage gefütterten Milchkühe – im Vergleich zu den mit Heu gefütterten – eine signifikant niedrigere Grund- und Gesamtfutteraufnahme sowie Milchleistung, jedoch einen signifikant höheren Milchfettgehalt (siehe Beitrag GRUBER im Tagungsband der 42. Viehwirtschaftlichen Fachtagung, 2015). Über die Gründe wies sich in unserer Studie Heu- und Grassilage-Milch in den PUFA-Gehalten unterscheiden, kann nur spekuliert werden, zumal das FA-Muster von Heu und Grassilage nicht untersucht wurde. Im vorliegenden Versuch wurde das Gras aller Konservierungsverfahren von der gleichen Fläche und am gleichen Tag geschnitten, weshalb Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung sowie im Vegetationsstadium zwischen Heu und Grassilage ausgeschlossen werden können. Prinzipiell könnten die Unterschiede im PUFA-Gehalt der Heu- und Grassilage-Milch daher auf folgendes zurückzuführen sein (SHINGFIELD et al. 2005, DEWHURST et al. 2006, HUHTANNEN et al.

2010, KALAC und SAMKOVA 2010): (1) Unterschiede in den oxidativen FA-Verlusten (vor allem ungesättigte FA) während dem Trocknen des Heus bzw. dem Anwelken und Verfüttern der Grassilage, (2) Unterschiede in den Bröckelverlusten/Blattverlusten während der Heu- bzw. Silageerzeugung, (3) Veränderungen im FA-Muster während des Silier-/Gärvorgangs oder (4) Unterschiede im Fettstoffwechsel im Pansen. SHINGFIELD et al. (2005) nehmen an, dass bei Heu-Rationen die Lipolyse (hydrolytische Spaltung von Fetten durch Enzyme) und die Biohydrierung (bakterieller Stoffwechselvorgang von Wiederkäuern) von Futterfetten im Pansen niedriger sind als in Grassilage und dadurch mehr PUFA in die Milch gelangen.

SEIZ (2012) untersuchte in ihrer Masterarbeit das Milch-FA-Muster von österreichischen Heumilch-Betrieben. SEIZ (2012) fand auch bei im Winter produzierter Heumilch deutlich niedrige SFA- (71,5 g/100 g FAME) und höhere MUFA-Gehalte (21,0 g) als in der vorliegenden Arbeit. Mögliche Ursachen für die zwischen den beiden Arbeiten gefundenen Unterschiede könnten niedrigere Kraftfuttermengen der Heumilchbetriebe in SEIZ (2012), erhebliche Unterschiede im Pflanzenbestand oder Vegetationsstadium oder auch Unterschiede in der Fettsäureanalytik sein.

Abschließend wird das Milch-FA-Muster der Heu- und Grassilage-Milch mit den Ergebnissen aus VELIK et al. (2013) verglichen (in VELIK et al. (2013) sind die Milch-FA-Gehalte in g/100 g Milchfett und nicht in g/100 g FAME dargestellt). Die Heu- und Grassilage-Milch (ca. 20 % Kraftfutter in der Ration) hatte ähnliche SFA- und MUFA-Gehalte wie die Maissilage-Kraftfutter-Milch (Ration aus 70 % Maissilage, 20 % Kraftfutter, 10 % Heu). Die Heu- und Grassilage-Milch hatte jedoch deutlich höhere CLA-, Omega-3 FA- und PUFA-Gehalte als die Maissilage-Kraftfutter-Milch. Die CLA-Gehalte der Heu- und Grassilage-Milch waren mit dem Durchschnittsgehalt von 13 österreichischen Supermarkt-Milchmarken vergleichbar. Auch die Omega-3 FA-Gehalte der Heu-Milch lagen ähnlich wie der Durchschnitt der Supermarkt-Milch; die Omega-3 FA-Gehalte der Grassilage-Milch lagen um rund 0,1 g darunter. Die in VELIK et al. (2013) untersuchte Weide- und Alm-Milch hatte deutlich höhere CLA- und Omega-3 FA-Gehalte als die in der vorliegenden Arbeit untersuchte Heu- und Grassilage-Milch. Im Gehalt an Omega-6 FA konnten bei der Heu- und Grassilage-Milch im Vergleich zu VELIK et al. (2013) keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden.

5. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass unterschiedliche Heutrocknungsverfahren prinzipiell keinen Einfluss auf das Milch-FA-Muster haben. Milch, die in grassilagebasierten Milchproduktionssystemen erzeugt wird, hat einen statistisch signifikant niedrigeren Gehalt an mehrfach ungesättigten FA (Omega-3 FA, Omega-6 FA) als Heu-Milch, wenngleich die numerischen Unterschiede gering sind. Die Studienergebnisse sowie die Literatur legen nahe, dass nicht nur die botanische Zusammensetzung und das Vegetationsstadium von Grünlandfutter das Milch-FA-Muster bestimmen, sondern auch Unterschiede in den Produktionsverfahren von Heu bzw. Grassilage sowie der

Fettstoffwechsel im Pansen (Lipolyse, Biohydrierung von Fettsäuren) des Rindes daran beteiligt sind.

6. Literatur

- BISIG, W., M. COLLOMB, U. BÜTIKOFER, R. SIEBER, M. BREGY und L. ETTER, 2008: Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch. *Agrarforschung* 15, 38-43.
- BRAACH, J., 2012: Spezielle Milchhaltsstoffe bei unterschiedlichen Futterationen im Vergleich zu graslandbasierter Milch. Universität für Bodenkultur, Wien, Masterarbeit.
- BUTLER, G., J.H. NIELSEN, T. SLOTS, C. SEAN, M.D. EYRE, R. SANDERSON und C. LEIFERT, 2008: Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *J. Sci. Food Agric.* 88, 1431-1441.
- COUVREUR, S., C. HURTAUD, C. LOPEZ, L. DELABY und J.L. PEYRAUD, 2006: The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *J. Dairy Sci.* 89, 1956-1969.
- 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.
- DGE, ÖGE, SGE und SVE (eds.), 2008: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Frankfurt/Main.
- DGF – Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (eds.), 2006: Methode C-VI 11 (98) – Fettsäurenmethylester (TMSH-Methode). In: DGF-Einheitsmethoden: Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. 2. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, Stuttgart.
- DOHME, F., 2007: Fettsäurenmuster 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.
- 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.
- ELGERSMA, A., S. TAMMINGA und G. ELLEN, 2006: Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 207-225.
- FASCHING, C., L. GRUBER, B. MIETSCHNIG, A. SCHAUER, J. HÄUSLER und A. ADELWÖHRER, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 67-74.
- FOLCH, J., M. LEES und G.H. SLOANE STANLEY, 1957: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- GRUBER, L., R. RESCH, A. SCHAUER, B. STEINER und C. FASCHING, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 57-66.
- HUHTANEN, P., K.H. SÜDEKUM, J. NOUSIAINEN und K.J. SHINGFIELD, 2010: Forage conservation, feeding value and milk quality. *Grassland Science in Europe* Vol. 15, 379-399.
- JAHREIS, G., J. FRITSCHKE und H. STEINHART, 1997: Monthly variations of milk composition with special regard to fatty acids depen-

- ding on season and farm management systems - conventional versus ecological. *Lipid* 98, 356-359.
- 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.
- KAPS, M. und W. LAMBERSON, 2007: *Biostatistics for animal science*. CABI Publishing, Oxfordshire, UK, Cambridge, USA.
- LEIBER, F., 2005: Causes and extent of variation in yield, nutritional quality and cheese-making properties of milk by high altitude grazing of dairy cows. ETH-Zürich, Dissertation.
- 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.
- 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.
- MOREL, I., U. WYSS und M. COLLOMB, 2006: Grünfütter- oder Silagezusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* 13, 228-233.
- PÖLLINGER, A., 2015: Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 41-48.
- RESCH, R. und L. GRUBER, 2015: Proteinfractionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 49-55.
- SEIZ, M., 2012: Fettsäureverteilung in österreichischer Heumilch – Einfluss der silagefreien Fütterung im Jahresverlauf. Masterarbeit Universität Wien, 132 S.
- 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 propylen glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cows milk. *J. Dairy Res.* 72, 349-361.
- VELIK, M., S. BREITFUSS, M. URDL, J. KAUFMANN, A. STEINWIDDER und A. HACKL, 2013: Fettsäurenmuster von österreichischer Alm-, Vollweide- und Trinkmilch sowie von Milch aus Maissilage-Ration. 40. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 18.-19. April 2013, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 23-35.
- VLAEMINCK, B., V. FIEVEZ, A.R.J. CABRITA, A.J.M. FONSECA und R.J. DEWHURST, 2006: Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 389-417.
- WYSS, U., I. MOREL und M. COLLOMB, 2007: Einfluss der Verfütterung von Grünfütter und dessen Konserven auf das Fettsäurenmuster von Milch. 13. Alpenländisches Expertenforum - Milch und Fleisch vom alpenländischen Grünland, 29. März 2007, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 15-20.
- WYSS, U. und M. COLLOMB, 2011: Influence of hay or silage on cow-milk fatty acid composition. *Grassland Science in Europe* Vol. 16, 100-102.

Wagyu-Kreuzungen in der Rindermast: Welche Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität kann erwartet werden?

Wagyu crosses in beef fattening: Which fattening performance, carcass traits and meat quality can be expected?

Georg Terler^{1*}, Christina Trippold², Margit Velik¹, Roland Kitzer¹ und Josef Kaufmann¹

Zusammenfassung

Aufgrund von steigendem Interesse an der Rasse Wagyu in Österreich führte die HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Kooperation mit der OKAMI-Wagyu-Ranch, der LFS Althofen und dem kärntnerrind-Zuchtverband ein Forschungsprojekt zur Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität von Wagyu-Kreuzungsrindern durch. Ziel dieses Versuchs war, festzustellen, wie sich Kalbinnen und Ochsen der Rassen Charolais×Wagyu und Fleckvieh×Wagyu für die Produktion von hochwertigem Fleisch eignen und ob Unterschiede zwischen den Rassen und Geschlechtern bestehen. Die Kalbinnen wurden bei etwa 550 kg und die Ochsen bei etwa 650 kg Lebendgewicht geschlachtet und nach der Schlachtung wurden wichtige Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsmerkmale erhoben. Über das gesamte Leben gesehen unterschieden sich die Tageszunahmen nicht zwischen den Rassen und Geschlechtern, im Allgemeinen lagen sie aber auf niedrigem Niveau. Die Ochsen beider Rassen wiesen eine bessere Ausschachtung und eine stärkere Verfettung auf als die Kalbinnen. Die äußere Verfettung war über beide Rassen und Geschlechter gesehen sehr hoch. Das wirkte sich positiv auf Zartheit, Saftigkeit und Geschmack des Fleisches und ungünstig auf das Fettsäuremuster aus. Zwischen den Rassen und Geschlechtern wurden kaum Unterschiede hinsichtlich der Fleischqualität festgestellt. Mit Wagyu-Kreuzungsrindern kann hoch qualitatives Fleisch produziert werden. Nachteile bezüglich Mastleistung und äußerer Verfettung müssen jedoch in Kauf genommen werden.

Schlagwörter: Charolais×Wagyu, Fleckvieh×Wagyu, intramuskulärer Fettgehalt, Zartheit, Fettsäuremuster

Summary

Due to increasing interest in Wagyu cattle in Austria, AREC Raumberg-Gumpenstein researched fattening performance, carcass traits and meat quality of Wagyu crosses in cooperation with OKAMI-Wagyu-Ranch, agricultural high school Althofen and kärntnerrind (Carinthian breeding association). Aim of this project was to determine the suitability of Charolais×Wagyu and Simmental×Wagyu heifers and steers for production of high quality beef and to identify differences between breeds and sexes. Heifers were slaughtered at about 550 kg and steers at about 650 kg live weight and after slaughter important carcass traits and meat quality parameters were recorded. There were no differences in whole life daily gains between breeds and sexes, but in general they were low. Steers of both breeds had higher dressing percentages and fatter carcasses than heifers, but both steers and heifers were very fat compared to other breeds. Thus, meat of these animals was very tender, very juicy, tasted marvelous, but had an unfavorable fatty acid profile. In meat quality, only small differences between breeds and sexes were observed. The project results suggest, that it is possible to produce high quality meat by fattening Wagyu crosses. However, farmers have to concern disadvantages in fattening performance and fat classification of carcasses.

Keywords: Charolais×Wagyu, Simmental×Wagyu, intramuscular fat content, tenderness, fatty acid profile

1. Einleitung

Heutzutage stehen die heimischen Rindfleischproduzenten enorm unter Druck. Änderungen im GAP-Fördersystem und Billig-Angebote in Supermärkten machen es für Rindermäster immer schwieriger, Rindfleisch rentabel zu produzieren. Um diesen Rahmenbedingungen langfristig entgegen wirken zu können, ist es notwendig, dass sich die Landwirte Gedanken machen, wie sie die Produktion optimieren können. Eine Möglichkeit ist, hoch qualitatives

Fleisch zu produzieren und dieses dann zu höheren Preisen zu verkaufen. Die verwendete Rasse kann einen großen Einfluss auf die Fleischqualität haben. Wagyu-Rinder werden schon seit Jahrzehnten auf hohe Fleischqualität gezüchtet, weshalb das Fleisch dieser Tiere sehr hochwertig ist (SAM-BRAUS 2001).

Die Rasse Wagyu stammt ursprünglich aus Japan. Über Nordamerika, wo bereits seit den 1970er-Jahren Wagyu-Zucht betrieben wird (ELIAS CALLES et al. 2000), gelangten

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

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Georg Terler, email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

(fast) reinrassige Wagyu-Tiere auch nach Mitteleuropa. Seit einigen Jahren befassen sich auch in Österreich Landwirte mit der Zucht und Mast von Wagyu-Rindern. Die ausgezeichnete Fleischqualität dieser Tiere ermöglicht es ihnen, das Fleisch teuer zu verkaufen und somit hohe Betriebseinnahmen zu erzielen. Die Besonderheit dieses Fleisches ist, dass es sehr stark marmoriert ist, was sich positiv auf Zartheit, Saftigkeit und Geschmack auswirkt. Es ist daher notwendig, Konsumenten oder Gastwirte zu finden, die bereit sind, dieses stark marmorierte und teure Fleisch zu kaufen. Das Wagyu-Fleisch wird zum größten Teil direkt vermarktet, da dabei besonders auf die ausgezeichnete Fleischqualität hingewiesen werden kann.

Der hohe Preis von Wagyu-Fleisch hat zur Folge, dass auch Zuchttiere sehr teuer sind. Das führt dazu, dass die Produktionskosten gegenüber einheimischen Rassen deutlich höher sind. Durch Kreuzungen von Wagyu-Stieren mit Kühen mitteleuropäischer Rassen (z.B. Charolais (CH) oder Fleckvieh (FV)) könnten die Kosten für die Erzeugung von hochwertigem Fleisch deutlich reduziert werden. Eine künstliche Besamung hätte darüber hinaus den Vorteil, dass kein Wagyu-Stier benötigt wird. Bis heute war jedoch unklar, wie sich solche Kreuzungen (CH×Wagyu und FV×Wagyu) unter österreichischen Mastbedingungen bewähren würden. Vor allem stellte sich die Frage, ob diese Kreuzungen eine ähnliche Fleischqualität erreichen können wie reinrassige Wagyu-Tiere. Daher führte die HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Kooperation mit einem Kärntner Wagyu-Zuchtbetrieb (OKAMI-Wagyu-Ranch, St. Veit an der Glan), der LFS Althofen und dem kärntnerischen Zuchtverband ein Forschungsprojekt zur Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität von CH×Wagyu- und FV×Wagyu-Rindern durch. Im Zuge dieser Untersuchungen sollte festgestellt werden, wie gut sich Kalbinnen und Ochsen dieser beiden Kreuzungen für die Produktion von qualitativ hochwertigem Fleisch eignen.

2. Tiere, Material und Methoden

Die Versuchstiere stammten von zwei Kärntner Mutterkuhbetrieben. Am Betrieb Trixner (OKAMI Wagyu-Ranch) wurden zehn CH-Mutterkühe und am Lehrbetrieb der LFS Althofen zehn FV-Mutterkühe mit ein und demselben Wagyu-Stier belegt. Die Nachkommen (CH×Wagyu- und FV×Wagyu-Kälber) aus diesen Anpaarungen wurden für den Versuch verwendet. Während der Aufzucht wurden die Tiere auf beiden Betrieben ähnlich gefüttert und gehalten und die männlichen Kälber wurden kastriert. Das Absetzen der Kälber erfolgte in einem Alter von etwa 8 Monaten. Nach dem Absetzen wurden die CH×Wagyu-Tiere zum Lehrbetrieb der LFS Althofen überstellt, wo anschließend alle Versuchstiere gemeinsam gemästet wurden. Während der Aufzuchtphase mussten zwei FV×Wagyu-Tiere notgeschlachtet werden. Somit standen schlussendlich 6 CH×Wagyu- und 5 FV×Wagyu-Kalbinnen sowie 4 CH×Wagyu- und 3 FV×Wagyu-Ochsen für die Untersuchungen zur Verfügung.

2.1 Haltung und Fütterung in der Mastphase

Während der Mast wurden alle Tiere in einem Laufstall gehalten. Die Futtermischung bestand aus 60 % Maissilage,

30 % Grassilage und 10 % Heu. Zusätzlich erhielt jedes Tier 2 kg kommerzielles Rinderkraftfutter pro Tag und eine Mineralstoffergänzung. Um die täglichen Zunahmen ermitteln zu können, wurden die Rinder monatlich gewogen. Das angestrebte Mastendgewicht lag bei den Kalbinnen bei 550 kg und bei den Ochsen bei 650 kg Lebendgewicht.

2.2 Untersuchung der Schlachtleistung

Die Schlachtung der Tiere erfolgte im schuleigenen Schlachthof der LFS Althofen. Unmittelbar nach der Schlachtung wurde das Schlachtkörpergewicht warm und das Gewicht des Nierenfettes und 48 Stunden nach der Schlachtung das Schlachtkörpergewicht kalt erhoben. 7 Tage nach der Schlachtung wurden die Fleisch- und Fettklasse ermittelt und anschließend die Schlachtkörper zerlegt. Danach wurden die einzelnen Teilstücke der rechten Schlachtkörperhälfte gewogen und der Anteil wertvoller Teilstücke (Englischer, Filet, Keule, Hinterer Wadschinken) berechnet. Weiters wurden aus dem Englischen (zwischen 9. und 12. Rippe) und dem Weißen Scherzel der rechten Schlachtkörperhälfte Fleischproben für die Fleischqualitätsuntersuchungen entnommen. Diese Proben wurden anschließend bis 14 Tage nach der Schlachtung gereift und anschließend bis zur Untersuchung der Fleischqualität tiefgefroren.

2.3 Untersuchung der Fleischqualität

Die Untersuchung der Fleischqualität erfolgte an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. An den entnommenen Proben des Englischen (*Musculus longissimus dorsi*) wurde die Fleisch- und Fettfarbe, das Wasserbindungsvermögen (Tropf-, Koch- und Grillsaftverlust) und die Zartheit (Scherkraft gekocht und gegrillt) bestimmt. Die Farbmessung erfolgte mit einem Spectrophotometer der Firma Konica Minolta (Modell CM-2500d). Der Tropfsaftverlust wurde nach 48-stündiger Lagerung eines ca. 100 g schweren Fleischstücks im Kühlschrank ermittelt. Anschließend wurde am selben Fleischstück die Bestimmung des Kochsaftverlusts durchgeführt, indem es 50 Minuten im 70 °C warmen Wasserbad gekocht und danach auf Raumtemperatur abgekühlt wurde. Zur Ermittlung des Grillsaftverlusts wurde eine ca. 3 cm dicke Fleischscheibe bis 60 °C Kerntemperatur erhitzt und sofort nach dem Grillen (Grillsaftverlust warm) sowie nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur (Grillsaftverlust kalt) gewogen. Die Scherkraft gegrillt und gekocht wurde mit einer Warner-Bratzler-Schere der Firma Instron gemessen. Die Scherkraft gegrillt wurde mit Hilfe eines dreieckigen Scherblatts (Probendurchmesser: 1,27 cm) und die Scherkraft gekocht mit Hilfe eines rechteckigen Scherblatts (Probenquerschnitt: 1×1 cm) ermittelt. Weiters wurde ein Stück Fleisch aus dem Englischen für eine Verkostung unter erfahrenen Mitarbeitern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein verwendet.

An je einer Probe des Englischen und des Weißen Scherzels (*Musculus semitendinosus*) wurden die wichtigsten Inhaltsstoffe (Trockenmasse, Rohprotein, intramuskuläres Fett und Rohasche) nasschemisch analysiert. Weiters wurde ein Teil dieser Proben für die Analyse des Fettsäuremusters verwendet. Die Extraktion des intramuskulären Fettes für die Bestimmung der Fettsäuren erfolgte nach der von FOLCH et al. (1957) entwickelten Methode. Die Derivatisierung zu

Fettsäuremethylester erfolgte mit TMSH (DGF 2006). Das Fettsäuremuster wurde gaschromatografisch mit dem GC Varian (Modell 3900, ausgestattet mit der Säule Supelco Fused Silica SP 2380, 100 m) bestimmt.

2.4 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 unter Verwendung eines Allgemeinen linearen Modells durchgeführt. Als fixe Effekte wurden Rasse (CH×Wagyu, FV×Wagyu) und Geschlecht (Kalbin, Ochse) festgelegt. Die Wechselwirkung Rasse×Geschlecht war nicht signifikant und wurde daher im Modell nicht berücksichtigt. Die Daten für Fleischklasse, Fettklasse und die Verkostung waren nicht normalverteilt und wurden daher mit dem Wilcoxon-Test ausgewertet. Um die Beziehungen zwischen dem intramuskulären Fettgehalt und den Fettsäuren darstellen zu können, wurden Korrelationen zwischen den jeweiligen Merkmalen berechnet (Prozedur CORR; Korrelation nach Pearson).

3. Ergebnisse

3.1 Mastleistung

Die Ergebnisse zur Mastleistung der Versuchstiere sind in *Tabelle 1* und *Abbildung 1* dargestellt. Trotz ähnlichem Absetzalters waren die FV×Wagyu-Kälber beim Absetzen deutlich schwerer als die CH×Wagyu-Tiere. Weiters waren die Ochsen zu Beginn der Mastphase signifikant schwerer

Tabelle 1: Einfluss von Rasse und Geschlecht auf die Mastleistung der untersuchten Tiere

	Rasse		Geschlecht		s _e	R ²
	CH × W	FV × W	Ochse	Kalbin		
Geburtsgewicht, kg	36	36	38	35	4	15
Absetzgewicht, kg	253 ^b	316 ^a	299 ^a	270 ^b	24	70
Mastendgewicht, kg	636	614	683 ^a	567 ^b	27	85
Absetzalter, Monate	8,3	8,1	8,2	8,3	0,4	11
Schlachalter, Monate	21,9 ^a	20,0 ^b	22,4 ^a	19,4 ^b	1,8	56
Mastdauer, Monate	13,6	11,9	14,3 ^a	11,2 ^b	1,8	53
Tägliche Zunahme gesamtes Leben, g	902	954	951	906	73	20
Tägliche Zunahme Aufzuchtphase, g	857 ^b	1.136 ^a	1.055 ^a	938 ^b	74	83
Tägliche Zunahme Mastphase, g	936 ^a	828 ^b	891	874	94	29

^{a,b} unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikanten Unterschied (p<0,05) zwischen den Rassen bzw. Geschlechtern

Tabelle 2: Einfluss von Rasse und Geschlecht auf die Schlachtleistung der untersuchten Tiere

	Rasse		Geschlecht		s _e	R ²
	CH × W	FV × W	Ochse	Kalbin		
Mastendgewicht, kg	636	614	683 ^a	567 ^b	27	85
Schlachtkörpergewicht kalt, kg	367	350	401 ^a	317 ^b	19	86
Nettotageszunahme, g ¹	552	578	590 ^a	540 ^b	46	30
Ausschlachtung kalt, % ²	57,6	56,9	58,6 ^a	55,9 ^b	1,7	45
Fleischigkeit (1=P, 5=E)	3,0	3,0	3,0	3,0		
Fettklasse (1=mager, 5=fett)	4,2	4,0	4,6 ^a	3,8 ^b		
Nierenfett, % ³	2,6 ^b	3,0 ^a	2,5 ^b	3,1 ^a	0,3	48
Anteil wertvoller Teilstücke, % ⁴	42,7	43,5	42,6	43,6	1,5	17
Rückenmuskelfläche, cm ²	127,7 ^a	103,0 ^b	114,3	116,3	19,5	32

¹ (Schlachtkörpergewicht kalt/Schlachalter)*1.000

² (Schlachtkörpergewicht kalt/Mastendgewicht)*100

³ Anteil am Mastendgewicht

⁴ Anteil am Schlachtkörpergewicht kalt

^{a,b} unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikanten Unterschied (p<0,05) zwischen den Rassen bzw. Geschlechtern

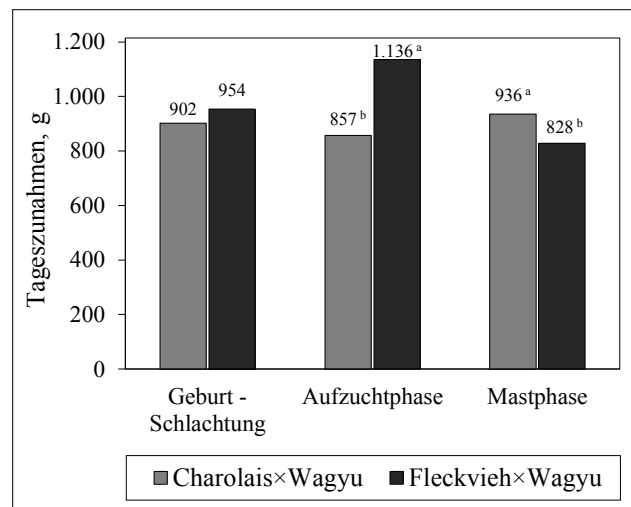


Abbildung 1: Durchschnittliche Tageszunahmen von CH×Wagyu- und FV×Wagyu-Tieren über das gesamte Leben bzw. für Aufzucht- und Mastphase getrennt

als die Kalbinnen. Das führte dazu, dass die FV×Wagyu-Tiere und die Ochsen deutlich höhere Tageszunahmen erreichten als die Vergleichsgruppen. Während der Mastphase nahmen jedoch die CH×Wagyu-Tiere deutlich rascher zu als die FV-Kreuzungen. Zwischen den beiden Geschlechtern waren während der Mastphase keine Unterschiede hinsichtlich der Tageszunahmen festzustellen.

Über das gesamte Leben der Tiere gesehen, unterschieden sich die Tageszunahmen sowohl zwischen den Rassen als auch zwischen den Geschlechtern nicht signifikant. Das Schlachalter war bei den CH×Wagyu-Tieren signifikant höher als bei den FV-Kreuzungen und die Ochsen waren bei der Schlachtung 3 Monate älter als die Kalbinnen, was auf das höhere angestrebte Schlachtgewicht (Ochsen: 650 kg; Kalbinnen: 550 kg) zurückzuführen ist.

3.2 Schlachtleistung

In *Tabelle 2* sind die Schlachtleistungsdaten der untersuchten Tiere angeführt. Bedingt durch das höhere Mastendgewicht waren die Schlachtkörper der Ochsen um etwa 80 kg schwerer als jene der Kalbinnen. Darüber hinaus wiesen die Ochsen auch eine höhere Ausschlachtung und höhere Nettotageszunahmen auf. Zwischen den beiden Rassen traten hingegen hinsichtlich der genannten Merkmale keine signifikanten Unterschiede auf. Die Fleischigkeit und der Anteil wertvoller Teilstücke unterschieden sich weder zwischen den Rassen noch zwischen den Geschlechtern

signifikant. Die Rückenmuskelfläche war jedoch bei den CH-Kreuzungen deutlich größer als bei den FV×Wagyu-Tieren.

Typisch für Wagyu-Tiere ist die starke innere und äußere Verfettung der Schlachtkörper. Das wird in der hohen Fettklassen-Einstufung und im hohen Nierenfett-Anteil sichtbar. Die Fettklasse unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Rassen, während die äußere Verfettung bei den Ochsen deutlich höher war als bei den Kalbinnen. Hinsichtlich des Nierenfett-Anteils zeigte sich ein gegenteiliges Bild. Dieser war bei den Kalbinnen deutlich höher als bei den Ochsen. Die FV×Wagyu-Tiere hatten ebenfalls signifikant mehr Nierenfett als die CH-Kreuzungen.

3.3 Fleischqualität

Die Ergebnisse zur sensorischen Fleischqualität finden sich in *Tabelle 3*. Die Fleischfarbe unterschied sich nicht

Tabelle 3: Einfluss von Rasse und Geschlecht auf die sensorische Fleischqualität der untersuchten Tiere

	Rasse		Geschlecht		s _e	R ²
	CH × W	FV × W	Ochse	Kalbin		
Fleischfarbe						
Helligkeit (L)	41,8	44,2	43,0	42,9	3,3	14
Rotton (a)	16,0	14,9	17,7 ^a	13,2 ^b	2,0	61
Gelbton (b)	15,9	15,4	17,1 ^a	14,2 ^b	1,7	45
Fettfarbe						
Helligkeit (L)	79,0	78,7	79,6	78,1	3,1	6
Rotton (a)	3,8 ^a	2,9 ^b	3,4	3,3	0,8	27
Gelbton (b)	16,1	15,5	16,1	15,6	1,6	6
Wasserbindungsvermögen						
Tropfsaftverlust, %	1,1	1,5	1,2	1,4	0,5	17
Kochsaftverlust, %	14,9	16,5	16,3	15,1	2,1	21
Grillsaftverlust warm, %	22,6	23,2	23,5	22,3	3,1	6
Grillsaftverlust kalt, %	27,7	29,1	28,8	27,9	3,3	7
Zartheit						
Scherkraft gegrillt, kg	2,6	3,0	3,1	2,5	0,9	15
Scherkraft gekocht, kg	3,8	3,9	3,9	3,8	0,7	1
Verkostung						
Saftigkeit ¹	5,0 ^b	5,4 ^a	4,9 ^b	5,4 ^a		
Zartheit ¹	5,2	5,3	5,2	5,3		
Geschmack ¹	5,4	5,5	5,4	5,5		
Gesamteindruck ¹	5,3	5,5	5,2	5,4		

¹ 6-teiliges Benotungsschema (1=sehr trocken, sehr zäh, wenig ausreichender Geschmack, mangelhafter Gesamteindruck; 6= sehr saftig, sehr zart, ausgezeichneter Geschmack, ausgezeichneter Gesamteindruck)

^{a,b} unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikanten Unterschied (p<0,05) zwischen den Rassen bzw. Geschlechtern

Tabelle 4: Einfluss von Rasse und Geschlecht auf den Nährstoffgehalt im Englischen und im Weißen Scherzel der untersuchten Tiere

	Rasse		Geschlecht		s _e	R ²
	CH × W	FV × W	Ochse	Kalbin		
Englischer						
Trockenmasse, g	315,3	308,2	307,4	316,0	16,8	11
Rohprotein, g	213,5	215,6	214,3	214,8	9,1	2
Intramuskuläres Fett, g	94,2	79,8	85,4	88,6	23,2	11
Rohasche, g	9,7	9,8	10,0	9,6	0,6	17
Weiße Scherzel						
Trockenmasse, g	277,9	280,4	278,4	279,9	9,3	3
Rohprotein, g	223,8	226,1	223,7	226,1	5,8	9
Intramuskuläres Fett, g	42,9	40,5	43,2	40,1	12,4	3
Rohasche, g	10,5	10,7	10,5	10,7	0,3	23

zwischen den beiden Rassen. Das Fleisch der Ochsen war jedoch stärker rot und gelb gefärbt als jenes der Kalbinnen. Das Geschlecht hatte keinen Einfluss auf die Fettfarbe und die Rasse beeinflusste lediglich die Rotfärbung des Fettes. Das Fett der CH×Wagyu-Rinder war intensiver rot gefärbt als jenes der FV×Wagyu-Tiere. Sowohl das Wasserbindungsvermögen (Tropf-, Koch- und Grillsaftverlust) als auch die Zartheit (Scherkraft gegrillt und gekocht) unterschied sich nicht signifikant zwischen den Rassen und Geschlechtern. Bei der sensorischen Verkostung war jedoch das Fleisch der FV×Wagyu-Tiere und der Kalbinnen saftiger als jenes der Vergleichsgruppen.

Die beiden Rassen und Geschlechter unterschieden sich nicht hinsichtlich der wichtigsten Nährstoffe (Trockenmasse, Rohprotein, intramuskuläres Fett (IMF) und Rohasche) im Englischen und im Weißen Scherzel (*Tabelle 4*). Auffällig ist jedoch, dass der IMF-Gehalt und der Trockenmasse-Gehalt im Englischen deutlich höher sind als im Weißen Scherzel. Im Gegensatz dazu sind der Rohprotein- und der Rohasche-Gehalt im Weißen Scherzel etwas höher als im Englischen.

3.4 Fettsäuremuster

In Zeiten zunehmenden Ernährungsbewusstseins unter der Bevölkerung wird auch das Fettsäuremuster von Lebensmitteln immer interessanter. Während mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA) und darunter vor allem Ω3-Fettsäuren gesundheitsfördernde Wirkungen haben (reduzieren Herzinfarktrisiko), sind gesättigte Fettsäuren (SFA) unerwünscht, da sie das Herzinfarktrisiko erhöhen (MENSINK und KATAN 1990, FERRERI 2013). Hinsichtlich des Fettsäuremusters traten kaum Unterschiede zwischen den Rassen und Geschlechtern auf (*Tabelle 5*). Im Englischen hatten die Ochsen höhere Ω3-Fettsäuren-Gehalte als die Kalbinnen und die FV×Wagyu-Tiere höhere Gehalte an konjugierten Linolsäuren (CLA) als die CH×Wagyu-Rinder. Das Weiße Scherzel der FV×Wagyu-Kreuzungen enthielt mehr Ω3-Fettsäuren und CLAs als jenes der CH×Wagyu-Tiere.

Der Anteil der verschiedenen Fettsäuregruppen am Gesamtfettsäuren-Gehalt war stark vom IMF-Gehalt des Wagyu-Fleisches abhängig. Darauf weisen die hohen Korrelationskoeffizienten in *Tabelle 6* hin. Mit steigendem IMF-Gehalt nahm der Anteil der SFAs an den Gesamtfettsäuren zu. Im Gegensatz dazu gingen

Tabelle 5: Einfluss von Rasse und Geschlecht auf das Fettsäuremuster der untersuchten Tiere (Angaben in g/100 g Gesamtfettsäuren)

	Rasse		Geschlecht		s _e	R ²
	CH × W	FV × W	Ochse	Kalbin		
Englischer						
SFA	47,8	48,3	48,0	48,1	2,1	2
MUFA	48,9	48,0	48,4	48,6	1,9	7
PUFA	3,2	3,4	3,4	3,3	0,3	15
Ω6-FS	2,31	2,39	2,38	2,32	0,25	4
Ω3-FS	0,65	0,74	0,75 ^a	0,64 ^b	0,10	37
CLA	0,27 ^b	0,33 ^a	0,30	0,30	0,05	24
Ω6/Ω3-Verhältnis	3,6	3,5	3,4	3,7	0,6	6
PUFA/SFA-Verhältnis	0,07	0,07	0,07	0,07	0,01	23
Weißes Scherzel						
SFA	43,9	44,1	43,5	44,8	2,9	4
MUFA	51,7	50,6	51,6	50,7	2,6	9
PUFA	4,4	5,0	4,6	4,8	0,7	22
Ω6-FS	3,21	3,63	3,28	3,56	0,57	20
Ω3-FS	0,85 ^b	1,05 ^a	0,98	0,91	0,18	28
CLA	0,32 ^b	0,38 ^a	0,37	0,33	0,05	39
Ω6/Ω3-Verhältnis	3,9	3,7	3,7	3,9	0,4	15
PUFA/SFA-Verhältnis	0,08	0,10	0,09	0,10	0,02	26

^{a,b} unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) zwischen den Rassen bzw. Geschlechtern

Tabelle 6: Korrelationen zwischen intramuskulärem Fettgehalt und Gehalt an Fettsäuregruppen

Variable 1	Korrelationskoeffizient	Variable 2	p-Wert
IMF	0,689	SFA	<0,001
IMF	-0,520	MUFA	0,001
IMF	-0,765	PUFA	<0,001
IMF	-0,811	Ω6-FS	<0,001
IMF	-0,626	Ω3-FS	<0,001
IMF	-0,180	CLA	0,292

die Anteile von einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA), PUFAs, Ω6-Fettsäuren und Ω3-Fettsäuren zurück. Einzig die CLAs wurden kaum vom IMF-Gehalt beeinflusst (niedriger Korrelationskoeffizient).

4. Diskussion

Das Absetzgewicht und die Tageszunahmen während der Aufzuchtphase unterschieden sich im vorliegenden Versuch deutlich zwischen den beiden Rassen. Als Ursachen dafür kommen die Aufzucht auf zwei verschiedenen Betrieben oder eine geringere Milchleistung der CH-Mutterkühe gegenüber den FV-Mutterkühen in Frage. Im Zuge des Versuchs konnte nicht eindeutig geklärt werden, worauf der große Unterschied zurückzuführen ist. In früheren Versuchen erzielten CH- und FV-Rinder während der Mastphase ähnliche Tageszunahmen (CHAMBAZ et al. 2001, STEINWIDDER et al. 2007). Die höheren Tageszunahmen der Charolais×Wagyu-Tiere während der Mastphase könnten daher auf kompensatorisches Wachstum zurückzuführen sein. Generell erreichten die Wagyu-Kreuzungen im aktuellen Projekt niedrigere Tageszunahmen als Kalbinnen und Ochsen der Rassen CH, FV und CH×FV (CHAMBAZ et al. 2001, BARTOŇ et al. 2006, STEINWIDDER et al. 2007, VELIK et al. 2013), im Vergleich zu Versuchen mit (fast) reinrassigen Wagyu-Rindern waren sie jedoch höher (LUNT et al. 1993, MIR et al. 1999, LUNT et al. 2005, GOLZE 2014). Die geringeren Tageszunahmen der Wagyu-

Kreuzungsrinder im Vergleich zu CH und FV haben zur Folge, dass es länger dauert, bis sie ein bestimmtes Schlachtgewicht erreichen. Das bedeutet gleichzeitig, dass auch mit höheren Stallplatzkosten zu rechnen ist.

Die Versuchstiere erreichten ähnliche Ausschlachtungen und Anteile wertvoller Teilstücke wie Kalbinnen und Ochsen der Rassen CH, FV und CH×FV (CHAMBAZ et al. 2001, BARTOŇ et al. 2006, VELIK et al. 2008, VELIK et al. 2013). In Versuchen mit (fast) reinrassigen Wagyu-Rindern sowie Wagyu-Kreuzungen wurden ebenfalls Ausschlachtungen zwischen 56 und 59 % erreicht (MIR et al. 1997, MIR et al. 1999, GOLZE 2014). Hinsichtlich der Fleischigkeit der Schlachtkörper wurden alle Tiere in die Klasse R (durchschnittliche Fleischigkeit) eingestuft. Bei entsprechender Fütterung erreichen reinrassige CH- und FV- sowie CH×FV-Tiere bessere Fleischigkeiten als die Wagyu-Kreuzungen des aktuellen Versuchs (CHAMBAZ et al. 2001, VELIK et al. 2008, VELIK et al. 2013). Die Verfettung der Tiere des vorliegenden Projekts war deutlich stärker ausgeprägt

als bei Kalbinnen und Ochsen der Rassen CH, FV und CH×FV aus früheren Versuchen (BARTOŇ et al. 2006, VELIK et al. 2008, VELIK et al. 2013). Einzig bei CHAMBAZ et al. (2001) erreichten CH- und FV-Tiere ähnliche Verfettungen wie die Wagyu-Kreuzungen der aktuellen Untersuchung. In amerikanischen Versuchen wurden bei (fast) reinrassigen Wagyu-Tieren sowie Wagyu-Kreuzungen Rückenfettdicken von etwa 1,5 bis 2,0 cm gemessen (MIR et al. 1999, OKA et al. 2002, WERTZ et al. 2002). In einem Versuch von LUNT et al. (1993) erreichten (fast) reinrassige Wagyu-Ochsen sogar eine durchschnittliche Rückenfettdicke von 3,71 cm.

Diese starke äußere Verfettung von Wagyu-Rindern ist eine Voraussetzung für den hohen IMF-Gehalt, der wiederum die Fleischqualität günstig beeinflusst. Für die Vermarktung ist die starke Fettabdeckung der Schlachtkörper jedoch ein wesentlicher Nachteil. Verkauft man solche Tiere an herkömmliche Schlachthöfe, kann es zu Preisabschlägen kommen, wenn die Tiere einen zu hohen Verfettungsgrad aufweisen. Für den Vertrieb von Wagyu-Fleisch bedarf es daher eigener Vermarktungsschienen, bei denen speziell auf die hohe Qualität dieses Produkts hingewiesen wird. Zurzeit wird der Großteil des Wagyu-Fleisches von den Landwirten direkt vermarktet, wobei die gehobene Gastronomie ein wichtiger Abnehmer ist. Wenn ein Landwirt Wagyu-Fleisch produzieren will, muss er sich daher auch überlegen, wie er das Produkt letztendlich vermarkten kann.

Im Vergleich zu CH-, FV- und CH×FV-Tieren waren das Fleisch und das Fett der Wagyu-Kreuzungen heller und intensiver gelb gefärbt. Das Fleisch wies darüber hinaus auch eine intensivere Rotfärbung auf (FRICKH et al. 2002, CHAMBAZ et al. 2003, VELIK et al. 2008, VELIK et al. 2013). Frühere Versuche mit Wagyu-Kreuzungen zeigten, dass hinsichtlich der Helligkeit von Wagyu-Fleisch große Unterschiede auftreten können. Während die Helligkeitsmessung in der Arbeit von MIR et al. (1997) ähnliche Werte lieferte, war das Fleisch in den Untersuchungen von RADUNZ et al. (2009) und GOLZE (2014) deutlich dunkler als im aktuellen Versuch. Im Vergleich zum Fleisch von Kalbinnen und Ochsen der Rassen CH, FV und CH×FV war der Tropfsaft- und Kochsaftverlust bei den untersuchten Wagyu-Kreuzungen deutlich geringer und der Grillsaftverlust deutlich höher (FRICKH et al. 2002, CHAMBAZ et al. 2003, VELIK et al. 2008, VELIK et al. 2013).

Wenn man bei Rindfleisch von Qualität spricht, kommt der Zartheit die überwiegende Bedeutung zu. Das Fleisch der untersuchten Wagyu-Kreuzungen erreichte günstigere Zartheitsergebnisse (geringere Scherkraft-Werte) als jenes von CH-, FV- und CH×FV-Tieren aus früheren Versuchen (FRICKH et al. 2002, CHAMBAZ et al. 2003, VELIK et al. 2008, VELIK et al. 2013). Im Vergleich zu amerikanischen und deutschen Untersuchungen mit (fast) reinrassigen Wagyu-Rindern sowie Wagyu-Kreuzungen wies das Fleisch der Tiere des aktuellen Projekts ebenfalls günstigere Scherkraft-Werte auf (MIR et al. 1997, MIR et al. 1999, RADUNZ et al. 2009, GOLZE 2014). Bei der Verkostung des Fleisches wurde die Zartheit, die Saftigkeit und der Geschmack des Wagyu-Fleisches als sehr gut bis ausgezeichnet beurteilt. Das unterstreicht die hervorragende Qualität des Fleisches dieser Tiere.

Die wohl auffälligste Besonderheit von Wagyu-Fleisch ist der hohe IMF-Gehalt. Er war im Englischen der untersuchten Wagyu-Kreuzungen (ca. 8 bis 9 %) etwa zwei- bis dreimal so hoch wie bei mitteleuropäischen CH-, FV- und CH×FV-Rindern (FRICKH et al. 2002, CHAMBAZ et al. 2003, VELIK et al. 2008). In amerikanischen Versuchen lag der IMF-Gehalt in Steaks von Wagyu-Kreuzungen bei rund 13 bis 15 % (RADUNZ et al. 2009) und bei (fast) reinrassigen Wagyu-Tieren bei ca. 19 % (LUNT et al. 1993). Auffallend ist der deutliche Unterschied im IMF-Gehalt zwischen Englischem (ca. 8 bis 9 %) und Weißem Scherzel (ca. 4 %) im aktuellen Versuch. In Versuchen mit reinrassigen FV- und CH-Tieren traten keine Unterschiede im IMF-Gehalt zwischen diesen beiden Teilstücken auf (SCHÖNE et al. 2007, POGORZELSKA et al. 2012).

Gegenüber CH-, FV- und CH×FV-Rindern wies der Rückenmuskel (Englischer) der untersuchten Wagyu-Kreuzungen vor allem höhere Anteile an MUFAs und geringere Anteile an PUFAs, Ω 6-Fettsäuren, Ω 3-Fettsäuren und CLAs auf, während der SFA-Gehalt ähnlich war. Daher war auch das PUFA/SFA-Verhältnis deutlich niedriger bzw. ungünstiger (BURES et al. 2006, VELIK et al. 2013). In amerikanischen Versuchen mit Wagyu-Kreuzungen sowie (fast) reinrassigen Wagyu-Rindern waren im Rückenmuskel ähnliche Fettsäuremuster zu finden wie im aktuellen Projekt (XIE et al. 1996, ELÍAS CALLES et al. 2000, OKA et al. 2002). Das Ω 6/ Ω 3-Verhältnis lag in der vorliegenden Untersuchung bei etwa 3 – 4:1 und damit im empfohlenen Bereich. In der

menschlichen Ernährung sollte das Ω 6/ Ω 3-Verhältnis unter 4 – 5:1 liegen (FERRERI 2013).

Im Weißen Scherzel war der Anteil an SFAs niedriger und die Anteile an MUFAs, Ω 6-Fettsäuren, Ω 3-Fettsäuren und CLAs höher und somit günstiger als im Englischen. SCHÖNE et al. (2007) kamen bei reinrassigen Fleckvieh-Stieren zu einem ähnlichen Ergebnis. Einzig der Anteil an MUFAs unterschied sich bei SCHÖNE et al. (2007) nicht zwischen Englischem und Weißem Scherzel. Im Falle der aktuellen Ergebnisse kann das günstigere Fettsäuremuster im Weißen Scherzel durch den geringeren IMF-Gehalt im Vergleich zum Englischen erklärt werden. Anhand der berechneten Korrelationen lässt sich sagen, dass der Anteil an SFAs bei steigendem IMF-Gehalt im Muskel wesentlich zunimmt, während die Anteile an MUFAs, PUFAs, Ω 6- und Ω 3-Fettsäuren deutlich sinken. Dieses Ergebnis wird durch die Arbeit von DE SMET et al. (2004) bestätigt, worin festgestellt wurde, dass der absolute Gehalt (mg/100 g Muskel) an SFAs und MUFAs im Muskel mit steigendem IMF-Gehalt deutlich rascher zunimmt als der absolute Gehalt an PUFAs. Dieser Umstand führt somit auch zu Veränderungen des Fettsäuremusters bzw. des Anteils der verschiedenen Fettsäuren am Gesamtfettsäuren-Gehalt (mg/100 g Fettsäuren). Mit steigendem IMF-Gehalt wird das Fettsäuremuster daher ungünstiger.

5. Schlussfolgerung

Immer mehr Landwirte in Österreich interessieren sich für die Mast von Wagyu-Kreuzungsrindern. Durch diesen Versuch können ihnen wertvolle Informationen zur Verfügung gestellt werden. Hinsichtlich der täglichen Zunahmen können CH×Wagyu- und FV×Wagyu-Rinder nicht mit reinrassigen FV- und CH-Tieren mithalten. Die Wagyu-Kreuzungsrinder erreichen gute Ausschachtungen, verfetten dafür aber sehr stark, was für die Vermarktung an Schlachthöfe ein großer Nachteil sein kann. Die hohe Verfettung hat jedoch auch einen hohen IMF-Gehalt zur Folge, der sich wiederum positiv auf die Fleischqualität (Zartheit, Saftigkeit und Geschmack) auswirkt. Das Fettsäuremuster wird dagegen durch den hohen IMF-Gehalt ungünstig beeinflusst.

Dem Landwirt, der Wagyu-Kreuzungsrinder mästen will, muss also bewusst sein, dass die ausgezeichnete sensorische Fleischqualität mit Nachteilen in der Mastleistung und einer hohen Verfettung der Schlachtkörper einhergeht. Eine herkömmliche Vermarktung über Viehhändler oder Schlachthöfe ist daher nicht zu empfehlen. Wagyu-Mast ist vor allem dann interessant, wenn die Mäster ihr Fleisch direkt vermarkten können. Dabei kann speziell auf die ausgezeichnete Qualität hingewiesen werden, wodurch für das Fleisch höhere Preise erzielbar sind. Landwirte, die in die Produktion von Wagyu-Fleisch einsteigen wollen, sollten sich daher schon frühzeitig Gedanken machen, wie und an wen sie ihr Produkt erfolgreich verkaufen können.

6. Danksagung

Ein herzlicher Dank gilt unseren Projektpartnern: der Familie Peter und Petra Trixner (OKAMI-Wagyu-Ranch), der LFS Althofen und dem kärntnerrind-Zuchtverband.

Besonders möchten wir uns bei der Familie Trixner und der LFS Althofen für die Bereitstellung der Versuchstiere und bei der LFS Althofen weiters für die Mast und Schlachtung der Tiere sowie für die zur Verfügung Stellung der Fleischproben bedanken.

7. Literatur

- BARTOŇ, L., D. ŘEHÁK, V. TESLÍK, D. BUREŠ und R. ZAHŘÁDKOVÁ, 2006: Effect of breed on growth performance and carcass composition of Aberdeen Angus, Charolais, Hereford and Simmental bulls. *Czech J. Anim. Sci.* 51, 47-53.
- BURES, D., L. BARTON, R. ZAHŘÁDKOVÁ, V. TESLÍK und M. KREJCOVA, 2006: Chemical composition, sensory characteristics and fatty acid profile of muscle from Aberdeen Angus, Charolais, Simmental and Hereford bulls. *Czech J. Anim. Sci.* 51, 279-284.
- CHAMBAZ, A., I. MOREL, M.R. SCHEEDER, M. KREUZER und P.-A. DUFÉY, 2001: Characteristics of steers of six beef breeds fattened from eight months of age and slaughtered at a target level of intramuscular fat. I. Growth performance and carcass quality. *Arch. Tierz.* 44, 395-411.
- CHAMBAZ, A., M. SCHEEDER, M. KREUZER und P.-A. DUFÉY, 2003: Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Sci.* 63, 491-500.
- DE SMET, S., K. RAES und D. DEMEYER, 2004: Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53, 81-98.
- DGF, 2006: Methode C-VI 11 (98) – Fettsäuremethylester (TMSH-Methode). In: DGF (Hrsg.): DGF-Einheitsmethoden: Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. 2. Auflage einschl. 1. Akt.-Lfg., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
- ELÍAS CALLES, J., C. GASKINS, J. BUSBOOM, S. DUCKETT, J. CRONRATH und J. REEVES, 2000: Sire variation in fatty acid composition of crossbred Wagyu steers and heifers. *Meat Sci.* 56, 23-29.
- FERRERI, C., 2013: Chapter 26 – Omega 3 fatty acids and bioactive foods: From biotechnology to health promotion. In: WATSON, R.R. und V.R. PREEDY (Hrsg.): Bioactive food as dietary interventions for liver and gastrointestinal disease. Academic Press, San Diego, 401-419.
- FOLCH, J., M. LEES und G. SLOANE-STANLEY, 1957: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- FRICKH, J.J., R. BAUMUNG, K. LUGER und A. STEINWIDDER, 2002: Einfluss der Kategorie (Stiere, Ochsen, Kalbinnen) und des Kraftfütter-niveaus (Fütterungsintensität) auf der Basis von Gras- und Maissilage auf die Schlachtleistung und Fleischqualität. 29. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, Irdning, 24.-25. April 2002, 1-19.
- GOLZE, M., 2014: Qualitätsfleisch vom Wagyu. *Fleischrinder-Journal* 2/2014, 17-20.
- LUNT, D.K., R.R. RILEY und S.B. SMITH, 1993: Growth and carcass characteristics of Angus and American Wagyu steers. *Meat Sci.* 34, 327-334.
- LUNT, D.K., K.Y. CHUNG, C.B. CHOI und S.B. SMITH, 2005: Production characteristics and carcass quality of Angus and Wagyu steers fed to US and Japanese endpoints. *J. Anim. Vet. Adv.* 4, 949-953.
- MENSINK, R.P. und M.B. KATAN, 1990: Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *New Engl. J. Medicine.* 323, 439-445.
- MIR, P.S., D.R.C. BAILEY, Z. MIR, S.D.M. JONES, T. ENTZ, S.D. HUSAR, N.H. SHANNON und W.M. ROBERTSON, 1997: Effect of feeding barley based diets on animal performance, carcass characteristics and meat quality of crossbred beef cattle with and without Wagyu genetics. *Can. J. Anim. Sci.* 77, 655-662.
- MIR, P.S., D.R.C. BAILEY, Z. MIR, T. ENTZ, S.D.M. JONES, W.M. ROBERTSON, R.J. WESELAKE und F.J. LOZEMAN, 1999: Growth, carcass and meat quality characteristics of beef cattle with 0, 50 and 75 % Wagyu genetic influence. *Can. J. Anim. Sci.* 79, 129-137.
- OKA, A., F. IWAKI, T. DOHGO, S. OHTAGAKI, M. NODA, T. SHIOZAKI, O. ENDOH und M. OZAKI, 2002: Genetic effects on fatty acid composition of carcass fat of Japanese Black Wagyu steers. *J. Anim. Sci.* 80, 1005-1011.
- POGORZELSKA, J., J. MICINSKI, H. OSTOJA, I.M. KOWALSKI, J. SZAREK und E. STRZYZEWSKA, 2012: Quality traits of meat from young Limousin, Charolais and Hereford bulls. *Pak. Vet. J.* 33, 65-68.
- RADUNZ, A.E., S.C. LOERCH, G.D. LOWE, F.L. FLUHARTY und H.N. ZERBY, 2009: Effect of Wagyu- versus Angus-sired calves on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness. *J. Anim. Sci.* 87, 2971-2976.
- SAMBRAUS, H.H., 2001: Atlas der Nutztierassen – 250 Rassen in Wort und Bild. 6. Auflage, Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, 304 S.
- SCHÖNE, F., U. KIRCHHEIM, H. BERGMANN, G. RIEGER, G. JAHREIS und J. KRAFT, 2007: Qualität des Fleisches von Jung-bullen – 3. Ernährungsrelevante Bestandteile – Hauptnährstoffe, Energie, Fettsäuren und Spurenelemente in Abhängigkeit von Rasse und Teilstück. *Fleischwirts.* 3/2007, 129-135.
- STEINWIDDER, A., J. FRICKH, K. LUGER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HUBER und L. GRUBER, 2007: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf Futteraufnahme und Mastleistung bei Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 74, 104-120.
- VELIK, M., A. STEINWIDDER, J.J. FRICKH, G. IBI und A. KOLBERÖMER, 2008: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf Schlachtleistung und Fleischqualität von Junggrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 80, 378-388.
- VELIK, M., I. GANGNAT, R. KITZER, E. FINOTTI und A. STEINWIDDER, 2013: Fattening heifers on continuous pasture in mountainous regions – Implications for productivity and meat quality. *Czech J. Anim. Sci.* 58, 360-368.
- WERTZ, A.E., L.L. BERGER, P.M. WALKER, D.B. FAULKNER, F.K. McKEITH und S.L. RODRIGUEZ-ZAS, 2002: Early-weaning and postweaning nutritional management affect feedlot performance, carcass merit, and the relationship of 12th-rib fat, marbling score, and feed efficiency among Angus and Wagyu heifers. *J. Anim. Sci.* 80, 28-37.
- XIE, Y.R., J.R. BUSBOOM, C.T. GASKINS, K.A. JOHNSON, J.J. REEVES, R.W. WRIGHT und J.D. CRONRATH, 1996: Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus steers. *Meat Sci.* 43, 167-177.

Rindviehmast auf alpinen Weiden – Einfluss von Vegetation und Topografie auf Bewegungsaktivität, Wachstumsleistung und Fleischqualität

Beef production on seasonal alpine pastures – Influence of topography and vegetation on locomotive activity, growth performance and meat quality

Isabelle D. M. Gangnat^{1*}, Florian Leiber^{1,2}, Pierre-Alain Dufey³, Michael Kreuzer¹
und Joel Berard¹

Zusammenfassung

In der Schweiz wird die Alpung von Mastrindern noch nicht häufig praktiziert, aber sie nimmt mit jedem Jahr zu. Die besonderen Bedingungen auf alpinen Weiden, vor allem die Vegetation und die Topografie, könnten allerdings die Wachstumsleistung und die Fleischqualität der Masttiere beeinflussen. Wenige Studien haben diese Kriterien auf alpinen Weiden untersucht, hingegen sind die besonderen Merkmale der Milch von alpinen Weiden gut bekannt. An der ETH Zürich wurden daher in zwei Versuchen Vegetationseffekte und Einflüsse der Topografie tierindividuell untersucht.

Im Gegensatz zur Milch hatte die alpine Vegetation wenig Einfluss auf Leistung und Fleischqualitätsmerkmale. Bei alpiner Grasfütterung war das Fleisch weniger intensiv rot und gelb als bei Fütterung mit Talgras, und das intramuskuläre Fett hatte einen höheren Anteil an α -Linolensäure (C18:3n-3). Die Neigung der Weide hatte einen Einfluss auf die Bewegungsaktivität der Tiere und damit negative Effekte auf die Wachstumsleistung. Allerdings beeinflussten steile alpine Weiden die Fleischqualität eher positiv, da es zu einem helleren, gelberen und saftigeren Fleisch im *Longissimus thoracis* Muskel und einer niedrigeren Scherkraft (zarteres Fleisch) im *Biceps femoris* Muskel führte. Dieses Projekt zeigt, dass die Mast auf alpinen Weiden das Wachstum nicht unbedingt beeinträchtigt und dass sogar gewisse positive Effekte auf die Fleischqualität erwartet werden können.

Schlagwörter: Biodiversität, Steilheit der Weide, Farbe, Zartheit, Saftigkeit

Summary

Grazing of beef cattle on seasonal alpine pastures in Switzerland is currently increasing from year to year. The specific conditions on these pastures, especially the vegetation and the topography, could have an impact on growth performance and meat quality. Although the characteristics of milk produced on alpine pastures have been extensively studied, little is known about beef cattle production and meat quality on these pastures. The effects of vegetation and topography were studied separately in two consecutive experiments at ETH Zurich.

Different from milk, meat quality was only moderately influenced by the vegetation available. Meat from cattle having eaten alpine grass was less yellow and less red than meat from animals having eaten lowland cultivated grass, and the intramuscular fat was richer in α -linolenic acid (C18:3n-3). The effect of topography was more pronounced. The slope of the pasture had an influence on the physical activity of the animals, with negative consequences on growth performance but actually positive effects on meat quality. The meat from animals grazing on a steep slope was brighter and yellower in the *longissimus dorsi* muscle and had lower shear force values (more tender beef) in the *biceps femoris* muscle than that from flat pastures. The present study shows that fattening on seasonal alpine pastures is not necessarily detrimental for growth performance and may even have some positive effects on meat quality.

Keywords: biodiversity, slope of pasture, altitude, meat colour, tenderness

1. Einleitung

In der Schweiz werden jedes Jahr weniger Milchkühe auf alpine Weiden gebracht, hingegen immer mehr Mastvieh gealpt (SAV 2010). Zurzeit gibt es kaum Differenzierung im Lebensmittelhandel zwischen Rindfleisch aus Mast auf Gras (extensive Mast) und demjenigen auf Silage-Kraftfutter-Basis (intensive Mast) und noch weniger zwischen

Rindfleisch aus Alpung oder Weide im Tal. Erst seit 1. Juli 2014 gibt es ein offizielles Label das zwischen Berg- und Alpprodukten unterscheidet (WBF 2014).

In der Forschung haben zahlreiche Studien den Einfluss vom Gras auf Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität untersucht (MUIR et al. 1998, PRIOLO et al. 2001). Allerdings wurden diese Studien meistens auf angesäten Weiden

¹ ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, CH-8092 Zürich

² Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick

³ Agroscope, Institut für Nutztierwissenschaften, CH-1725 Posieux

* Ansprechpartner: Isabelle Gangnat, MSc, email: isabelle.gangnat@usys.ethz.ch

durchgeführt, die sich in vielen Aspekten von alpinen Weiden unterscheiden. Auf der alpinen Stufe sind Klima, Vegetation und Topografie spezifische Einflussfaktoren. Insbesondere die vielfältige Vegetation und die manchmal steile Neigung von alpinen Weiden könnten wichtige Einflussfaktoren auf die Fleischqualität darstellen.

Der Einfluss der biodiversen alpinen Vegetation auf die Qualität der Milchprodukte ist gut bekannt (LEIBER et al. 2005), was sogar die Rückverfolgbarkeit der Fütterung ermöglicht (MARTIN et al. 2005). Beim Fleisch fehlen solche Studien. Alpgras statt Gras von Kunstwiesen im Tal kann den Anteil von mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fleisch wie zum Beispiel α -Linolensäure (C18:3-n3) erhöhen, aber auf sehr guten Alpweiden ist der Unterschied gering (WILLEMS et al. 2014). Verantwortlich ist nämlich unerwarteterweise nicht die Menge mehrfach ungesättigter Fettsäuren im Alpgras, sondern der Einfluss sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe wie Phenole (WILLEMS et al. 2014). Dies geschieht möglicherweise durch eine Reduzierung der Biohydrogenierung von ungesättigten Fettsäuren im Pansen (JAYANEGARA et al. 2011). Der Vergleich der Fütterung von Silage oder Gras hat gezeigt, dass der höhere Anteil an Carotinoiden im Gras einen gelben Ton im Fett verursachen kann (FRENCH et al. 2000, VELIK et al. 2013). STEINSHAMN et al. (2010) beobachteten bei säugenden Kälbern ein helleres und gelberes Fleisch, wenn die Kälber auf ausgedehnten Bergweiden statt auf Kunstwiesen im Tal gehalten wurden. Die höhere Bewegungsaktivität auf den ausgedehnten Bergweiden könnte dabei die Fleischfarbe beeinflusst haben (DUNNE et al. 2011).

Die Neigung alpiner Weide beeinflusst auch die Bewegungsaktivität des grasenden Tieres. Zwei- bis achtmal mehr Energie ist erforderlich zur Fortbewegung, wenn das Gelände steil und nicht flach ist (LACHICA et al. 1997, BROSH et al. 2010). Dies hat Folgen: Erstens kann diese zusätzlich benötigte Energie nicht für das Wachstum eingesetzt werden, was die Gewichtszunahmen beeinträchtigen kann. Zweitens wird in Folge der spezifischen Bewegungsaktivität der Muskelstoffwechsel angepasst (HAWLEY 2009), was letztlich die Fleischqualität verändern könnte. Dieser Zusammenhang ist aber immer noch unklar (DUNNE et al. 2011, CHRIFI et al. 2013).

Ziel des im Folgenden beschriebenen Projektes war es daher, die Auswirkungen der Alpung in Abhängigkeit von Vegetation und Topografie des Geländes bei wachsenden Rindern zu untersuchen.

2. Tiere, Material und Methoden

Die Effekte der alpinen Vegetation und der Topografie wurden im Projekt tierindividuell in zwei separaten Versuchen untersucht.

Vegetationseffekte wurden mit 35 wachsenden Mastkalbinnen der Rasse Limousin (383 ± 45 kg Lebendmasse und $70,6 \pm 11,0$ Wochen alt) im Sommer 2012 in einem 9-wöchigen Versuch untersucht. Den Mastrindern wurde entweder Gras von einer Kunstwiese im Tal (Gruppe K; 400 M ü. N.N.; *Poa pratensis* (Wiesen-Rispengras) und *Lolium perenne* L. (Deutsches Weidelgras)) oder alpines Gras (Gruppe A; 2000 M ü. N.N.; *Crepido aureae-Festucetum rubrae* (Milchkrautweide) und *Deschampsio cespitosae-Poetum alpinae*) zweimal täglich frisch gefüttert (Abbildung 1). Die Tiere

wurden im Stall neben den entsprechenden Grasstandorten gehalten. Einer dritten Gruppe wurde auf der Alp eine Mischung von K (als Heu) und A (Gruppe M; 2.000 M ü. N.N.; Verhältnis 1:1 in der Trockenmasse (TM)) vorgelegt. Eine Hälfte der Tiere (die leichteren Tiere) wurde im Anschluss an die 9-wöchige Grasmast im Herbst über 8 Wochen mit Gras- und Maissilage (Verhältnis 3:2 in der TM) und 2 kg Weizen pro Tag und Tier ausgemästet. Die andere Hälfte der Tiere (die schwereren Tiere) wurde direkt nach der Alpung geschlachtet. Mit diesem Design wurde versucht, alle Tiere (ohne und mit Ausmast) mit der gleichen Lebendmasse und



Abbildung 1: Die Tiere auf der Alp im Stall mit frischem alpinem Gras



Abbildung 2: Kalb auf einer steilen Weide



Abbildung 3: Mutterkuh und Kälber auf einer flachen Weide

demselben Alter schlachten zu können. Die Fleischqualität wurde im *Longissimus thoracis* (LT) Muskel untersucht.

Bewegungseffekte wurden mit weiblichen (n = 11) und kastrierten männlichen (n = 13) saugenden Mutterkuhkälbern (Anguskreuzungen; 185 ± 22 kg Lebendmasse und $18,4 \pm 2,5$ Wochen alt) im Sommer 2013 untersucht. Die Tiere wurden auf 2.000 M ü. NN. entweder auf steilen (Gruppe S; Neigung 35 bis 40 %; n = 12; *Abbildung 2*) oder auf flachen (Gruppe F; Neigung 0 %; n = 12; *Abbildung 3*) alpinen Weiden mit ähnlicher Futterqualität gehalten. Die Bewegungsaktivität der Tiere wurde mittels Pedometern erfasst (Liegezeit, Anzahl Schritte; IceTag, IceRobotics Ltd, Edinburgh, Schottland). Nach 11 Wochen (Anfang September) wurden die Kälber direkt von der Weide geschlachtet. In diesem Versuch wurden zwei Muskeln untersucht, der LT als vorwiegend für die Körperhaltung verwendeter Muskel und der *Biceps femoris* (BF) als Fortbewegungsmuskel.

Die statistische Auswertung der beiden Versuche erfolgte jeweils mittels Varianzanalyse mit SAS 9.3 (SAS Institute, Carry NC, USA).

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Vegetationseffekte: Alpgras vs. Gras von einer Kunstwiese im Tal

Das Alpgras enthielt einen deutlich höheren Anteil an Kräutern im Vergleich mit dem angesäten Kunstwiesengras im Tal (*Abbildung 4*), einen tieferen Rohproteingehalt (119 bzw. 151 g/kg) und mehr Phenole (31,1 bzw. 14,5 g/kg). Diese Ergebnisse waren infolge der Düngung der Kunstwiese im Tal und der Artenvielfalt auf alpinen Weiden erwartet worden und entsprechen früheren Ergebnissen an diesen Standorten (WILLEMS et al. 2014).

Während der 9-wöchigen Grasmastphase hatte die Vegetation (alpines Gras bzw. Talgras von einer Kunstwiese) keinen Einfluss auf die Tageszunahmen (TZ). Das galt sowohl für die schweren, direkt nach der Alpung geschlachteten Tiere (Lebendmasse zu Versuchsbeginn 416 kg und 531 Tage alt; *Abbildung 5*) als auch für die leichteren, danach im Stall mit Silage und Kraftfutter ausgemästeten Tiere (Lebendmasse zu Versuchsbeginn 348 kg und 455 Tage alt; *Abbildung 6*). Dennoch hatten in der mit Alpgras gefütterten Gruppe (Gruppe A) die schweren Tiere bessere TZ als die leichten Tiere (600 vs. 400 g; *Abbildung 5* und *6*). Insgesamt entsprechen die vorliegenden TZ früheren Ergebnissen auf Alpweiden (CHASSOT und TROXLER 2006). Während der Ausmast mit der Silage-Kraftfuttermast im Tal wurde ein kompensatorisches Wachstum beobachtet (*Abbildung 6*). Die Tiere der Gruppe K, die nicht auf die Alp gebracht wurden, zeig-

ten dabei ein signifikantes höheres kompensatorisches Wachstum als die vorher gealpten Tiere. Der Grund dafür liegt möglicherweise darin, dass diese Tiere nie transportiert wurden, und deswegen keinen Transportstress erlitten. Das erwartete kompensatorische Wachstum während der Ausmast erlaubte es, diese Tiere nach 8 Wochen mit der gleichen Lebendmasse aber auch mit dem gleichen Alter

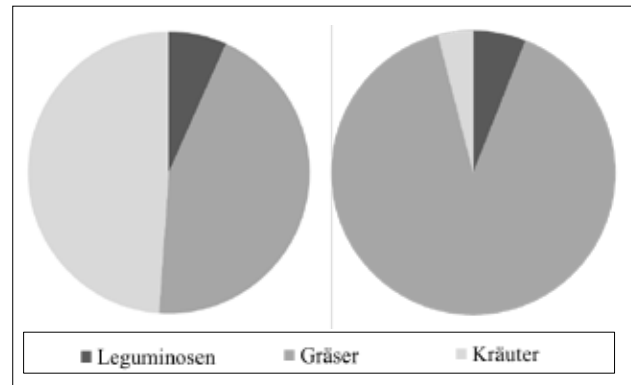


Abbildung 4: Botanische Zusammensetzung des Alpgrases (links) und des Kunstwiesengrases (rechts)

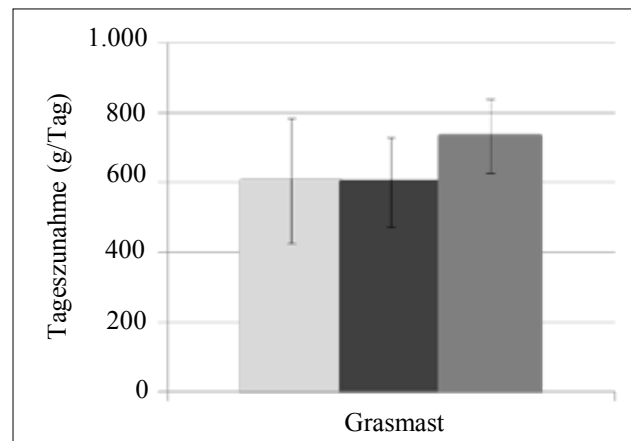


Abbildung 5: Tageszunahmen der schweren Tieren mit Alpgras (hellgrau), Kunstwiesengras (dunkelgrau) oder einer Mischung daraus (mittelgrau)

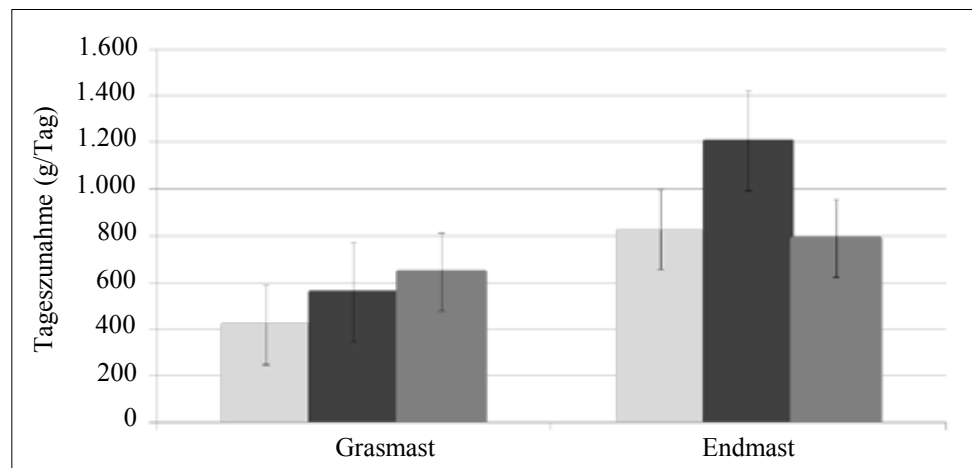


Abbildung 6: Tageszunahmen der leichten Tieren mit Alpgras (hellgrau), Kunstwiesengras (dunkelgrau) oder einer Mischung daraus (mittelgrau) während der Grasmastperiode und während der Silageausmast

wie die nicht ausgemästeten Tiere zu schlachten (457 ± 38 kg Lebendmasse und 607 ± 67 Tage alt).

Es wurde kein Unterschied in der Schlachtkörpermasse zwischen den Versuchsgruppen gefunden (248 ± 22 kg). Die meisten Schlachtkörper (12 von 18 der schwereren, nicht ausgemästeten Tiere und 11 von 17 der leichteren, ausgemästeten Tiere) wurden in der höchsten Klasse der Fleischigkeit (C vom CHTAX; System vergleichbar mit EUROP) eingestuft. Die Fettabdeckung war meistens suboptimal bei den nicht ausgemästeten Tieren (11 Tiere in der Klasse 2 und nur 6 in der Klasse 3), hingegen optimal bei den ausgemästeten Tieren (11 Tiere in der Klasse 3 und nur 6 in der Klasse 2). Die Ausmast war für die Fettabdeckung der Schlachtkörper der Tiere der Gruppe K besonders wichtig: fünf der sechs Tiere ohne Ausmast waren in der Klasse 2 und mit Ausmast waren genauso viele Tiere in der Klasse 3.

Die Fleischqualität, gemessen nach drei Wochen Reifung, war zwischen den Gruppen wenig unterschiedlich. Bei den nicht ausgemästeten Tieren hatte die Vegetation keinen deutlichen Effekt auf pH, Nährstoffzusammensetzung, Scherkraft und Wasserhaltevermögen. Der intramuskuläre Fettgehalt des Fleisches lag bei ca. 1 % (bezogen auf die Frischmasse). Das Fleisch der Gruppe K hatte einen um 7 % intensiveren Rotton und einen 10 % intensiveren Gelbton ($P < 0,05$) als das Fleisch der mit alpinem Gras gefütterten Tiere (Gruppen A und M). Die Fleischhelligkeit war nicht beeinflusst. Die ausgemästeten Tiere zeigten keinen solchen Unterschied. Die Fettsäurezusammensetzung des intramuskulären Fetts unterschied sich wenig zwischen den nicht ausgemästeten Tieren und somit gegensätzlich zu der Studie von WILLEMS et al. (2014). Eine Ausnahme war die α -Linolensäure (C18:3n-3), deren Konzentration im intramuskulären Fett der alpinen Tiere (Gruppen A und M) im Vergleich zur Gruppe K um 19 % höher war ($P = 0,03$). Dieser Unterschied war nach der Ausmast nicht zu beobachten ($P = 0,42$). Wie von LEIBER et al. (2005) und WILLEMS et al. (2014) diskutiert, könnten die höheren Phenolgehalte des Alpfutters für die veränderte Fettsäurezusammensetzung verantwortlich gewesen sein, aber der genaue Mechanismus hierfür ist noch nicht geklärt (JAYANEGARA et al. 2012).

3.2 Bewegungseffekte

Die Kälber der Gruppe S (steilen Weiden) machten 5 % mehr Schritte als die Kälber der Gruppe F (flachen Weiden; $P = 0,01$). Der Hauptgrund hierfür lag in der Neigung der Weide, so dass die S-Kälber auf den steilen Weiden nicht nur mehr gelaufen sind, sondern dies unter erheblich höheren Anstrengungen. Der Energieverbrauch in steilem Gelände ist bis zu achtmal höher als in flachem Gelände (BROSH et al. 2010). Diese Anstrengung war wohl der Grund für die längere Liegezeit und die geringeren TZ der S-Kälber. Pro Tag lagen die S-Kälber 2 % der Zeit mehr und hatten um 10 % geringere Tageszunahmen als die F-Kälber (TZ 1,21 bzw. 1,35 kg/Tag; $P < 0,01$). Trotzdem waren nach 11 Wochen die Lebendmassen in den beiden Gruppen nicht statistisch verschieden (277 ± 24 kg; $P = 0,22$).

Auch die Schlachtkörpermassen der beiden Gruppen wurden nicht durch die Weideneigung beeinflusst (148 ± 13 kg; $P = 0,45$). Dies galt auch für die Schlachtkörper-Klassifizierung (meistens T3). Die Nährstoffzusammensetzung des Fleisches ergab keinen Unterschied zwischen den Gruppen

($P > 0,01$). Im Durchschnitt lag der intramuskuläre Fettgehalt bei 1,3 % der FM im LT und bei 2,4 % der FM im BF. Nach 3 Wochen Reifung war das Muskelfleisch des LT in der Gruppe S tendenziell heller ($P = 0,08$) und gelber ($P = 0,07$) als in der Gruppe F. Im BF wurden hingegen keine Farbunterschiede gefunden. Ein helleres Fleisch im LT infolge einer höheren Bewegung wurde auch von STEINSHAMN et al. (2010) beobachtet. Die Scherkraft des LT war in beiden Gruppen ähnlich (Mittelwert 27,4 N; $P = 0,57$). Dagegen war die Scherkraft im BF in der Gruppe S niedriger als in der Gruppe F (24,5 bzw. 27,5 N; $P < 0,05$), was auf ein zarteres Fleisch der S-Kälber hinweist. Die sensorische Analyse des LT bestätigte, dass es in diesem Muskel keinen Unterschied zwischen S- und F-Kälbern in der Zartheit gab ($P = 0,73$). Es zeigte sich aber, dass das Fleisch der S-Kälber saftiger war als das Fleisch der F-Kälber ($P = 0,02$). Auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 10 (sehr gut) erhielt das Fleisch beider Gruppen eine mittlere Bewertung von 5 für das Gesamtmerkmal Genießbarkeit.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen, dass die Neigung der Weide einen Einfluss auf die Bewegung und damit den Energiebedarf des Tieres hat. Als Folge davon war die Fleischqualität zwischen Kälbern auf steilen Weiden und Kälbern auf flachen Weiden unterschiedlich. Wie wegen der Unterschiede in Funktion und Stoffwechsel zwischen LT und BF erwartet (TALMANT et al. 1986), wurde eine vom Muskel abhängige Reaktion beobachtet. Dies zeigt, wie wichtig die Analyse von mehreren Muskeln für eine umfassende Betrachtung der Fleischqualität von grasenden Tieren ist.

4. Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Versuche zeigen, dass die Wachstumsleistungen von Mastrindern auf alpinen Weiden – im Vergleich zur Wachstumsleistung auf Talweiden – nicht unbedingt beeinträchtigt werden müssen, sofern die Grasqualität auf alpinen Weiden gut ist. Ein bedeutender Teil der Tiere könnte sogar ohne Ausmast geschlachtet werden und in die höchste Klasse klassifiziert werden. Der zusätzliche Energiebedarf auf steilen Hängen wirkt sich aber negativ auf das Wachstum aus. Im Gegensatz zur Milch ist die Fleischqualität wenig von der Vegetation beeinflusst. Dagegen spielen die Topografie und die davon abhängende Bewegung eine größere Rolle. Allerdings war nicht jeder Muskel gleich betroffen.

5. Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Dr. Hans-Ruedi Wettstein und bei allen Mitarbeitern der ETH-Forschungsstationen, dem Schlachthof SBAG St. Gallen und der Agroscope Posieux.

6. Literatur

- BROSH, A., Z. HENKIN, E.D. UNGAR, A. DOLEV, A. SHABTAY, A. ORLOV, Y. YEHUDA und Y. AHARONI, 2010: Energy cost of activities and locomotion of grazing cows: a repeated study in larger plots. *J. Anim. Sci.* 88, 315-323.
- CHASSOT, A. und J. TROXLER, 2006: Extensive Ochsenmast mit Alping. *Agrarforschung* 13, 374-379.
- CHRIKI, S., G. RENAND, B. PICARD, D. MICOL, L. JOURNAUX und J.F. HOCQUETTE, 2013: Meta-analysis of the relationships

- between beef tenderness and muscle characteristics. *Livest. Sci.* 155, 424-434.
- DUNNE, P.G., F. J. MONAHAN und A.P. MOLONEY, 2011: Current perspectives on the darker beef often reported from extensively-managed cattle: does physical activity play a significant role? *Livest. Sci.* 142, 1-22.
- FRENCH, P., E.G. O'RIORDAN, F.J. MONAHAN, P.J. CAFFREY, M. VIDAL, M.T. MOONEY, D.J. TROY und A.P. MOLONEY, 2000: Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci.* 56, 173-180.
- HAWLEY, J.A., 2009: Molecular responses to strength and endurance training: are they incompatible? *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 34, 355-361.
- JAYANEGARA, A., M. KREUZER, E. WINA und F. LEIBER, 2011: Significance of phenolic compounds in tropical forages for the ruminal bypass of polyunsaturated fatty acids and the appearance of biohydrogenation intermediates as examined *in vitro*. *Anim. Prod. Sci.* 51, 1127-1136.
- JAYANEGARA, A., M. KREUZER und F. LEIBER, 2012: Ruminal disappearance of polyunsaturated fatty acids and appearance of biohydrogenation products when incubating linseed oil with alpine forage plant species *in vitro*. *Livest. Sci.* 147, 104-112.
- LACHICA, M., C. PRIETO und J.F. AGUILERA, 1997: The energy costs of walking on the level and on negative and positive slopes in the Granadina goat (*Capra hircus*). *Br. J. Nutr.* 77, 73-81.
- LEIBER, F., M. KREUZER, D. NIGG, H.-R. WETTSTEIN und M.R.L. SCHEEDER, 2005: A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cow's milk of alpine origin. *Lipids* 40, 191-202.
- MARTIN, B., A. CORNU, N. KONDJOYAN, A. FERLAY, I. VERDIER-METZ, P. PRADEL, E. ROCK, Y. CHILLIARD, J.B. COULON und J.L. BARDAGUÉ, 2005: Milk indicators for recognizing the types of forages eaten by dairy cows. In: Indicators of milk and beef quality. EAAP publication 112, 127-136.
- MUIR, P.D., J.M. DEAKER und M.D. BROWN, 1998: Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: a review. *N. Z. J. Agric. Res.* 41, 623-635.
- PRIOLO, A., D. MICOL und J. AGABRIEL, 2001: Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. *Anim. Res.* 50, 185-200.
- SAV (Schweizerischer Alpwirtschaftlicher Verband), 2010: Jahresbericht 2010. <http://www.alpwirtschaft.ch/sav/jhbericht.php> (zugegriffen am 20. Oktober 2014).
- STEINSHAMN, H., M. HÖGLIND, Ø. HAVREVOLL, K. SAAREM, I. H. LOMBNAES, G. STEINHEIM und A. SVENDSEN, 2010: Performance and meat quality of suckling calves grazing cultivated pasture or free range in mountain. *Livest. Sci.* 132, 87-97.
- TALMANT, A., G. MONIN, M. BRIAND, M. DADET und Y. BRIAND, 1986: Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Sci.* 18, 23-40.
- VELIK, M., I. GANGNAT, R. KITZER, E. FINOTTI und A. STEINWIDDER, 2013: Fattening heifers on continuous pasture in mountainous regions – implications for productivity and meat quality. *Czech J. Anim. Sci.* 58, 360-368.
- WILLEMS, H., M. KREUZER und F. LEIBER, 2014: Alpha-linolenic and linoleic acid in meat and adipose tissue of grazing lambs differ among alpine pasture types with contrasting plant species and phenolic compound composition. *Small Rumin. Res.* 116, 153-164.
- WBF (Eidgenössische Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung), 2014: Verordnung des WBF über die offiziellen Zeichen für Berg- und Alpprodukte vom 21. Mai 2014 (zugegriffen am 6. Januar 2015).

Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkuh in der Trockenstehzeit und zu Laktationsbeginn: Produktionsdaten und Stoffwechsel

Energy and nutrient supply of dairy cows in the dry period and at start of lactation: Production data and metabolic parameters

Leonhard Gruber^{1*}, Marcus Urdl¹, Walter Obritzhauser², Anton Schauer¹ und Johann Häusler¹

A) PRODUKTIONS DATEN

Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch wurde der Einfluss der Energie *pre partum* (PRE) und *post partum* (POST) und deren Wechselwirkung auf Futterraufnahme, Leistung und Energiestatus von Milchkuhen der Rassen Fleckvieh (FV), Brown Swiss (BS) und Holstein (HF) untersucht. Im Versuch wurden die Effekte von drei Energie- und Nährstoffniveaus (niedrig (N), mittel (M), hoch (H)) jeweils vor und nach dem Abkalben untersucht, indem ein 3×3 faktorielles Design von Behandlungen angewendet wurde. In beiden Versuchsphasen (84 Tage vor und 105 Tage nach dem Abkalben) wurden insgesamt 81 Kühe untersucht (von jeder Rasse jeweils 27 Tiere). Die Energieniveaus betragen 75, 100 und 125 % der Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001). Die Futterraufnahme wurde begrenzt, wenn die Energieaufnahme die Zielwerte überschritt. Die Trockenmasseaufnahme *pre partum* war unterschiedlich, wie im Versuchsplan vorgesehen. Im Vergleich zu BS- und HF-Kühen waren Lebendmasse und Body-Condition-Score (BCS) der FV-Kühe höher, die Energiebilanz jedoch niedriger. Die Milchleistung und die Milchezusammensetzung wurden von allen drei Hauptversuchsfaktoren, nämlich Energieversorgung *pre partum* und Energieversorgung *post partum* sowie Rasse, beeinflusst. In den Gruppen N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE} betrug die Milchleistung 25,6, 28,6 und 30,1 kg ECM pro Tag und in den Gruppen N_{POST} , M_{POST} und H_{POST} machte sie 21,5, 30,1 und 32,6 kg pro Tag aus. Signifikante Wechselwirkungen zwischen $E_{PRE} \times E_{POST}$ bzw. zwischen $E_{PRE} \times$ Rasse traten nur beim Milchproteingehalt auf. Der Einfluss der Energieversorgung vor dem Abkalben war deutlicher ausgeprägt, wenn die Kühe ein niedrigeres Energieniveau nach dem Abkalben hatten und umgekehrt. Auf der anderen Seite war die Reaktion der Kühe hinsichtlich Milchleistung auf die Energieversorgung über den Bedarf *post partum* größer bei Kühen, die vor der Abkalbung ein niedrigeres Energieniveau hatten. Der Einfluss der Energieversorgung *pre partum* war bei

Summary

A study was conducted to evaluate the effects of *pre partum* (PRE) and *post partum* (POST) dietary energy and nutrient supply (E) and their interactions on feed intake, performance and energy status in dairy cows of three breeds. In this experiment, the effects of 3 energy and nutrient supply levels (low (L), medium (M), high (H)), both pre calving and post calving, were investigated, using a 3×3 factorial arrangement of treatments. In both phases (84 days pre- and 105 days post calving) E levels applied to a total of 81 multiparous cows of breeds Simmental (SI), Brown Swiss (BS) and Holstein-Friesian (HF; $n = 27$ for each breed), were 75, 100 and 125 % of recommendations of the German Society of Nutrition Physiology (GfE 2001). Dry matter intake (DMI) was restricted, if energy intake (EI) exceeded target values. Pre partum DMI and EI were different as designed, live-weight and body condition score (BCS) of SI cows were higher, but EB was lower, compared to BS and HF cows. Milk yield and composition were influenced by all three main experimental factors (E_{PRE} , E_{POST} , breed). Energy-corrected milk (ECM) yield was 25.6, 28.6 and 30.1 kg/d for L_{PRE} , M_{PRE} and H_{PRE} as well as 21.5, 30.1 and 32.6 kg/day for L_{POST} , M_{POST} and H_{POST} , respectively. Numerically, only for milk protein content the interactions $E_{PRE} \times E_{POST}$ and $E_{PRE} \times$ breed reached significance. Impact of energy supply pre calving was more pronounced when cows had lower energy supply post calving and vice versa. On the other hand, milk yield response of cows to energy supply above requirements *post partum* was greater for cows that were fed on a low energy level *pre partum*. Impact of energy level *pre partum* was higher for HF cows compared to the other breeds, showing that their milk production relies to a greater extent on mobilization of body reserves. Increasing energy supply *pre partum* led to a more negative energy balance *post partum*, mainly by increasing milk yield and content, whereas feed intake was slightly reduced. The increasing energy supply *post partum* enhanced milk yield as well

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

² Österreichische Tierärztekammer, Hietzinger Kai 87, A-1130 Wien

* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

HF-Kühen höher als bei den anderen Rassen. Das zeigt, dass deren Milchleistung in einem höheren Ausmaß auf der Mobilisation von Körperreserven beruht. Die Erhöhung der Energieversorgung *pre partum* führte zu einer ausgeprägteren negativen Energiebilanz *post partum*. Hauptsächlich, indem sie die Milchleistung und den Gehalt an Milchinhaltsstoffen erhöhte, während die Futteraufnahme leicht reduziert wurde. Die Erhöhung der Energieversorgung *post partum* erhöhte die Milchleistung und auch den Gehalt an Milchprotein und Laktose. Die kalkulierte Energiebilanz entsprach der Veränderung der Lebendmasse und der Körperkondition relativ gut. Die Reaktion der Milchleistung auf erhöhte Energieversorgung folgte dem Prinzip des abnehmenden Ertragszuwachses, da die Energie in verstärktem Maße in Richtung Körpersubstanz verwertet wurde. Die Erhöhung der Energieversorgung *pre partum* erhöhte die Milchleistung und den Gehalt an Milchinhaltsstoffen *post partum*, aber es verstärkte die negative Energiebilanz und deren Konsequenzen.

Schlagwörter: Milchkühe, Trockenstehzeit, Energieaufnahme *post partum*, Transition Periode, Milchleistung, Energiestatus, Stoffwechsel

as milk protein and lactose content. Calculated energy balance corresponded well with liveweight and BCS change. Response of milk yield to increasing energy supply followed the principle of diminishing returns, since energy was increasingly partitioned to body retention. Increasing energy supply *pre partum* enhances milk yield and content *post partum*, but exacerbates negative energy balance and its consequences.

Keywords: dairy cow, dry period, post calving energy intake, transition period, milk production, energy status, metabolism

1. Einleitung

Im letzten Jahrzehnt wurde die Milchleistung in Europa signifikant erhöht, was auf kontinuierliche Verbesserung des genetischen Potenzials der Milchkühe und auf verstärkten Einsatz von Kraftfutter zurückzuführen ist (KNAUS 2009). Der Energiebedarf von Milchkühen erhöht sich von Tag 21 vor dem Abkalben zu Tag 21 nach dem Abkalben um das Zwei- bis Dreifache (DRACKLEY et al. 2001). Nachdem in der Früh-laktation die Trockenmasse- und somit auch Nährstoffaufnahme stark hinter dem Energiebedarf herhinkt, tritt zwangsläufig eine negative Energiebilanz auf. Die Mobilisation von Nährstoffen, besonders aus dem Fettgewebe (McNAMARA 1991), aber auch aus dem Muskelgewebe, um eine entsprechende Versorgung der Milchdrüse zu gewährleisten, wird reguliert durch einen insulin-resistenten Status, der die negative Energiebilanz in der frühen Laktation begleitet (BAUMAN 2000). In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien durchgeführt, um die physiologischen Veränderungen während des peripartalen Zeitraumes zu verstehen sowie um das Ziel einer größtmöglichen Milchleistung zu erreichen und um die Krankheitsanfälligkeit zu minimieren (siehe Reviews LINS et al. 2003, FRIGGENS et al. 2005). Die Fütterungsstrategien in diesen Versuchen haben sich entweder darauf konzentriert, die Trockenmasse- und Energieaufnahme in der close-up Periode zu maximieren oder im Gegensatz die Energieversorgung während der Trockenstehzeit gering zu halten und eine hohe Futteraufnahme *post partum* zu gewährleisten (DANN et al. 2006). Hinsichtlich des Einflusses der Energieaufnahme vor dem Abkalben auf die Futteraufnahme und Milchleistung nach dem Abkalben sind die Ergebnisse uneinheitlich und bedürfen weiterer Untersuchungen (REMPPIIS et al. 2011). Obwohl die Erhöhung der Energiekonzentration durch Kraftfutter nach dem Abkalben die Milchleistung steigert (FRIGGENS et al. 1998, McNAMARA et al. 2003), zeigt

sich, dass diese Steigerung mit zunehmendem Kraftfutteranteil immer geringer wird (HUHTANEN 1998). KUNZ et al. (1985) und ROCHE et al. (2007) stellten eine verminderte Milchleistung fest, wenn die Energieversorgung *post partum* beschränkt wurde. Weiters sind Wechselwirkungen zwischen der Versorgung *pre partum* \times *post partum* in einer Studie von LAW et al. (2011) aufgetreten. Eine vorsichtige und erfolgreiche Transitionperiode (Übergangsperiode von der späten Trächtigkeit zur beginnenden Laktation) ist von fundamentaler Bedeutung, da dies die Wirtschaftlichkeit von Kühen während der Laktation entscheidend bestimmt (DRACKLEY et al. 1999).

Während Holsteins aus globaler Sicht bei weitem die wichtigste Milchrasse darstellen, machen in einigen mitteleuropäischen Ländern und Regionen wie Österreich, Schweiz und Süddeutschland die Zweinutzungsrasse Fleckvieh und Brown Swiss einen bedeutenden Rassenanteil aus; z.B. ist der Anteil der Kontrollkühe in Österreich 72 % Fleckvieh, 14 % Brown Swiss und 11 % Holstein Anteil (ZAR 2014). Es gibt deutliche Hinweise, dass die Zucht auf hohe Milchleistung das Ausmaß der Mobilisation von Körperreserven erhöht und die Fitness vermindert (FRIGGENS et al. 2011). COFFEY et al. (2004) verglichen zwei Kuhgenotypen mit unterschiedlichem Milchleistungspotenzial aus der Langhill-Herde über drei volle Laktationen. Diese Herde war entweder auf höchste Milchleistung gezüchtet worden oder auf einem Niveau, das dem durchschnittlichen UK-Milchleistungspotenzial entspricht (Kontrollgruppe). Jede dieser beiden Genotypen wurde mit zwei Rationen unterschiedlicher Energiekonzentration (niedriger und hoher Kraftfutteranteil) gefüttert. Die Kühe, die auf höchste Leistung selektiert waren, verloren in beiden Rationen mehr Körperfett als die Kontrollkühe. Das bedeutet, dass die Selektion auf hohe Milchleistung hauptsächlich zu einer verstärkten Mobilisation von Körperreserven geführt hat, um die Milchleistung zu unterstützen bzw. zu ermöglichen.

In ähnlicher Weise haben YAN et al. (2006) den Einfluss von Genotypen bei Milchkühen (Holstein vs. norwegische Zweinutzungs-Milchkühe) ebenfalls bei zwei Ernährungsniveaus auf die Energieaufteilung zwischen Milch und Körpergewebe während einer vollständigen Laktation untersucht. Holstein-Kühe produzierten mehr Milchenergie als norwegische Zweinutzungs-Kühe, hauptsächlich als Ergebnis einer erhöhten Energieaufnahme und auf Grund der Fähigkeit, mehr Energie in Richtung Milch und weniger in Richtung Körpergewebe zu lenken, hauptsächlich in der Früh- und Mittellaktation und speziell bei Rationen mit hohem Kraftfutteranteil.

Daher wurde in der vorliegenden Studie der Einfluss der Energieversorgung vor und nach dem Abkalben und deren Wechselwirkungen auf Futteraufnahme, Milchleistung und Energiestatus in der Trockenstehzeit und in der nachfolgenden Früh-laktation untersucht, und zwar bei mehrkalbigen Kühen der Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Österreich, Steiermark) durchgeführt.

2.1 Versuchsplan, Rationen und Fütterung

Zu Beginn des Versuches wurde eine Vorperiode von zwei Wochen angewendet. In diesem Zeitraum bestand die Grundfütterration aus jeweils 1/3 Heu, 1/3 Grassilage und 1/3 Maissilage (auf Trockenmasse-Basis). Von Tag -98 bis Tag -92 vor dem geplanten Abkalbedatum wurden die Kühe entsprechend ihrem Energiebedarf gefüttert (GfE 2001) und es wurde die Milchleistung sowie Milchzusammensetzung festgestellt, um einen Wert für das Milchleistungspotenzial der Kühe zu erhalten. In ähnlicher Weise erhielten die Kühe von Tag -91 bis Tag -85 eine Ration, zusammengesetzt aus 85 % Grundfutter und 15 % Kraftfutter, um einen Messwert für die Futteraufnahmekapazität zu bekommen. Es wurde das gleiche Grundfutter und auch Kraftfutter wie im eigentlichen Versuchszeitraum eingesetzt.

In diesem Experiment wurde der Einfluss von drei Energie- und Nährstoffniveaus untersucht (niedrig (N), mittel (M) und hoch (H)), sowohl vor als auch nach der Abkalbung (PRE und POST), indem ein 3 × 3 faktorielles Versuchsdesign angewendet wurde (Tabelle 1). In beiden Versuchsphasen, d.h. vor dem Abkalben (pre calving) und nach dem

Abkalben (post calving) wurde eine Energie- und Nährstoffversorgung angewendet, die 75, 100 bzw. 125 % der Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001) entsprach. Das bedeutete drei Versuchsgruppen *pre partum* (N, M, H) und neun Versuchsgruppen *post partum* (NN, NM, NH, MN, MM, MH, HN, HM, HH). Das Energie- und Nährstoffversorgungsniveau, d.h. sowohl die Zusammensetzung als auch die Menge der Ration, wurden während des gesamten Versuches entsprechend dem Versuchsdesign auf der Grundlage der Futteraufnahme und Milchleistung der vorangegangenen drei bis vier Tage in der Woche zweimal angepasst. Der Versuch begann 12 Wochen (84 Tage) vor dem voraussichtlichen Abkalbetermin und die Kühe wurden durchschnittlich 66 ± 7 Tage vor der Abkalbung trockengestellt (d.h. durchschnittlich 18 Tage der vorangehenden Laktation waren in der Phase vor dem Abkalben enthalten). Die Phase nach der Abkalbung dauerte 15 Wochen (105 Tage).

In den Versuchsgruppen N, M und H bestand die Ration aus verschiedenen Anteilen von Grassilage, Maissilage und Heu, um eine unterschiedliche Energiekonzentration zu erreichen. Um die im Versuch beabsichtigte Energie- und Nährstoffversorgung sicherzustellen, unterschieden sich die Behandlungen hauptsächlich im Kraftfutteranteil. Wenn allerdings die Energieaufnahme das im Versuch vorgesehene Niveau überschritt, wurde die Futteraufnahme beschränkt, um das im Versuchsplan vorgesehene Energieniveau zu erreichen. Die Kühe in den H_{POST} Behandlungen erhielten ihre Rationen *ad libitum*.

Grundfutter und Kraftfutter wurden in der folgenden Reihenfolge getrennt angeboten: (1) ½ Kraftfutter, (2) Heu, (3) Maissilage, (4) ½ Kraftfutter und (5) Grassilage. Die Fütterungszeiten waren 04:30 bis 08:30 Uhr sowie 15:00 bis 19:00 Uhr. Um eine sichere Aufnahme der Mineralstoffe zu erreichen, wurden diese während der Trockenstehzeit auf die Maissilage gestreut und während der Laktation in die Kraftfutter eingemischt. Mit Ausnahme der letzten Woche der Trächtigkeit erhielten die Kühe während der Trockenstehzeit kein Kraftfutter. Die Kraftfuttermengen wurden während der ersten Woche der Laktation kontinuierlich erhöht (0,3, 0,6 und 0,9 kg in N_{POST}, M_{POST} und H_{POST}), danach wurden die Kraftfutteranteile entsprechend dem Versuchsplan angewendet. Die Kraftfuttermengen wurden in 1 kg-Stufen pro Tag erhöht. Um Pansenazidose zu vermeiden, wurden Kraftfuttermengen, die höher als 4 kg pro

Tabelle 1: Versuchsplan – Zusammensetzung der Grundfütterration und Kraftfutteranteil in den Versuchsgruppen N, M, H

Parameter	Energieniveau		
	N	M	H
Grundfüttermittel (% des Grundfutters, in TM)			
Heu (niedrige Qualität)	40	20	–
Heu (hohe Qualität)	–	20	40
Grassilage	40	30	20
Maissilage	20	30	40
Kraftfutter ¹ (% des Gesamtfutters, in TM)			
Trockenstehzeit ²	–	–	–
Laktation	- 0,250 + 0,014 × ECM ³	- 0,275 + 0,028 × ECM	- 0,300 + 0,060 × ECM
(Min – Max)	(0 – 30)	(0 – 55)	(0 – 60)

¹ Kraftfutter (% der TM): 24 % Mais, 16 % Gerste, 16 % Trockenschrot, 12 % Weizen, 12 % Weizenkleie, 6,7 % Sojaextraktionsschrot, 6,7 % Rapsextraktionsschrot, 6,7 % Sonnenblumenextraktionsschrot

² Zur Angewöhnung der Pansenmikroben an die Fütterration während der Laktation erhielten die Kühe eine Woche vor der Abkalbung 1 kg Kraftfutter

³ Energiekorrigierte Milch = (0,38 × Milchfett% + 0,21 × Milchprotein% + 0,95) × Milchmenge / 3,2 (GfE 2001)

Mahlzeit waren, in drei Portionen angeboten. Die Rationen wurden so gestaltet, dass sie den Nährstoffbedarf deckten oder überschritten. Im Falle von Überschreitung wurde die Futtermittelaufnahme begrenzt. Die Mineralstoffversorgung ist in *Tabelle 2* angeführt.

2.2 Versuchstiere und Haltung

Im Fütterungsversuch wurden 81 mehrkalbige Kühe der Rassen Fleckvieh (FV), Brown Swiss (BS) und Holstein-Friesian (HF) verwendet (n = 27 pro Rasse). Die Angaben in *Tabelle 2* zeigen, dass die Kühe in den Gruppen 75, 100 und 125 sowohl in der Phase PRE als auch POST hinsichtlich der Faktoren Laktationszahl, Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe, Futtermittelaufnahme, Lebendmasse und BCS ausgeglichen waren. Andererseits bestanden, wie erwartet, zwischen den Rassen typische Unterschiede hinsichtlich Lebendmasse und BCS (FV > BS > HF) sowie Futtermittelaufnahme und Milchleistung (HF > BS > FV). Die Tiere wurden individuell in Anbindehaltung auf Gummimatten gehalten und hatten während des gesamten Versuches freien Zugang zu frischem Wasser. Die Tiere hatten an jedem Tag zwischen 13:00 und 15:00 Uhr Auslauf im Freien.

2.3 Erhebungen und chemische Analysen

Die Kühe wurden zweimal täglich um 05:00 und 16:00 Uhr gemolken. Die Milchleistung wurde sowohl bei der Morgen- als auch bei der Abendmelkung festgestellt (Tru-Test, Auckland, Neuseeland). Die Zusammensetzung der Milch wurde täglich aus einer Sammelprobe von Morgen- und Abendmilch analysiert. Der Gehalt der Milch an Fett, Protein und Laktose sowie Harnstoff wurde durch ein Infrarot-Spektrophotometer (MilcoScan MSC-605, Foss, Hillerød, Dänemark) im QLM-Qualitätslabor (St. Michael,

Steiermark) festgestellt. Die Lebendmasse der Tiere wurde wöchentlich auf einer digitalen Waage ermittelt. Die Einwaage und Rückwaage der Futtermittel wurde täglich bei jeder Mahlzeit festgestellt und auch der Trockenmassegehalt täglich ermittelt (durch Trocknung bei 105°C für 24 Stunden). Die bei der Trocknung entstehenden Verluste an flüchtigen Substanzen wurden entsprechend den Angaben von WEISSBACH und KUHLA (1995) berücksichtigt. Die Futterproben wurden täglich genommen und zu einer Sammelprobe von vier Wochen gepoolt. Diese Proben wurden auf Trockenmasse und Rohnährstoffe (TM, XP, XL, XF, XX, XA) entsprechend den Analysenvorschriften des VDLUFA (2007) sowie auch auf die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL; nach Van SOEST et al. 1991) untersucht, wobei das Foss Fibertec System (FOSS) verwendet wurde. Der Gehalt der Futtermittel an Inhaltsstoffen ist in *Tabelle 3* angeführt.

2.4 Kalkulation der Werte

Die Berechnung der Energiekonzentration der Futtermittel erfolgte auf der Grundlage der Rohnährstoffe (Bruttoenergie) und der *in vivo* ermittelten Verdaulichkeitskoeffizienten (ME, NEL) auf der Basis der von der GfE (1995) festgelegten Regressionsgleichungen. Die Verdauungsversuche wurden entsprechend den Richtlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen nach GfE (1991) durchgeführt, indem vier Hammel pro Grundfutter verwendet wurden. Die Verdaulichkeit der Kraftfuttermittel wurde nach der sogenannten Regressionsmethode – wie von GIGER und SAUVANT (1983) beschrieben – durchgeführt, indem Kraftfutterniveaus von 0, 25, 50 und 75 % der TM sowie 16 Hammeln (vier pro Kraftfutterniveau) verwendet wurden. Die Nettoenergieaufnahme (NE_e) jeder Kuh wurde durch Multiplikation der Trockenmasseaufnahme der ein-

Die Berechnungen folgten den Richtlinien der GfE (2001):

$$\text{Energiekorrigierte Milch (ECM)} = (0,38 \times \text{Milchfett}(\%) + 0,21 \times \text{Milchprotein}(\%) + 0,95) \times \text{kg Milch} / 3,2$$

$$\text{Erhaltungsbedarf (NE}_M) = 0,293 \times \text{LM}^{0,75}$$

$$\text{Bedarf Trächtigkeit (NE}_C) = (0,044 \times \exp(0,0165 \times \text{Trächtigkeitstage}) + (0,01905 \times \text{Trächtigkeitstage} - 3,6619)) / 0,175 \times 0,6$$

$$\text{Bedarf für Milchleistung (NE}_{LAC}) = (0,38 \times \text{Milchfett}(\%) + 0,21 \times \text{Milchprotein}(\%) + 1,05) \times \text{tägliche Milchleistung}$$

*Tabelle 2: Kriterien der Kühe zu Versuchsbeginn*¹

	PRE			POST			Rasse ⁵			Summary statistics ⁶			
	75	100	125	75	100	125	FV	BS	HF	Mittel	s.d.	Min	Max
Anzahl Kühe	27	27	27	27	27	27	27	27	27	81	–	–	–
Laktationszahl ¹	2,74	2,37	2,96	2,78	2,74	2,56	2,26	3,07	2,74	2,69	1,81	1	7
Milchleistung (kg/Laktation) ¹	6.189	6.215	6.534	6.315	6.324	6.299	5.581	6.436	6.920	6.313	1.244	3.857	9.944
Fettgehalt ¹ (%)	4,26	4,32	4,18	4,22	4,28	4,25	4,05	4,30	4,41	4,25	0,36	3,43	5,24
Proteingehalt ¹ (%)	3,31	3,27	3,37	3,37	3,29	3,29	3,42	3,33	3,20	3,32	0,20	2,91	4,00
ECM-Leistung ¹ (kg/Laktation)	6.315	6.372	6.643	6.424	6.484	6.422	5.591	6.606	7.135	6.444	1.344	3.924	10.235
Lebendmasse ² (kg)	680	647	659	678	656	652	683	669	634	662	77	520	858
BCS ²	3,08	3,00	3,10	3,23	3,03	2,92	3,53	3,08	2,57	3,06	0,61	1,60	4,34
Futtermittelaufnahme ³ (kg TM/d)	14,4	15,0	15,5	15,0	14,6	15,3	14,3	14,8	15,8	15,0	2,5	10,3	25,4
Milchleistung ⁴ (kg ECM/d)	12,8	12,9	13,9	13,3	12,0	14,3	12,6	12,5	14,6	13,2	4,4	0,0	24,2

¹ Laktation in Phase PRE

² Woche -2 und -1 vor Versuchsbeginn

³ Woche -1 vor Versuchsbeginn

⁴ Woche -2 vor Versuchsbeginn

⁵ Rasse: FV = Fleckvieh, BS = Brown Swiss, HF = Holstein

⁶ Mittel = Arithmetisches Mittel, s.d. = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

zelenen Futtermittel mit ihrem kalkulierten Energiegehalt bestimmt. Im deutschen NEL-System (GfE 2001) wird der Einfluss des Futterniveaus auf die Verdaulichkeit und den ME-Gehalt durch Erhöhung des Bedarfes pro Liter Milch um 0,1 MJ NEL berücksichtigt.

Die berechnete tägliche Energiebilanz (DEB, MJ/Tag) wurde durch Abzug des Energiebedarfs von der Energieaufnahme nach folgendem Schema kalkuliert:

Spätlaktation (vor dem Trockenstellen): $DEB = NE_1 - (NE_M + NE_{LAC} + NE_C)$
Trockenstehzeit (<i>pre partum</i>): $DEB = NE_1 - (NE_M + NE_C)$
Frühlaktation (<i>post partum</i>): $DEB = NE_1 - (NE_M + NE_{LAC})$

Die Trächtigkeitstage wurden retrospektiv berechnet, indem die aktuellen Abkalbedaten verwendet wurden. In der Kalkulation von DEB wurde weder die Mobilisation noch Retention von Körpergewebe in den Fällen von negativer und positiver Energiebilanz berücksichtigt.

2.5 Statistische Analyse

Die Daten vor und nach der Abkalbung wurden getrennt ausgewertet.

Interaktionen zwischen Laktationszahl und anderen Faktoren waren nicht schätzbar und wurden somit nicht in das statistische Modell aufgenommen. Für wiederholte Messungen wurde die sogenannte First-Order Autoregressive Covari-

Die statistische Analyse wurde mit der Procedure Mixed von SAS (Version 9.2, SAS Institute 2010) nach folgendem Modell durchgeführt:

y_{ijklm}	$= \mu + E_{PREi} + E_{POSTj} + R_k + L_1 + W_m + (E_{PRE} \times E_{POST})_{ij} + (E_{PRE} \times R)_{ik} + (E_{POST} \times R)_{jk} + (E_{PRE} \times E_{POST} \times R)_{ijk} + (E_{PRE} \times W)_{im} + (E_{POST} \times W)_{jm} + (E_{PRE} \times E_{POST} \times W)_{ijm} + \varepsilon_{ijklm}$
y_{ijklm}	= Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	= Intercept
E_{PREi}	= fixer Effekt des Energieniveaus <i>pre partum</i> i (i = N, M, H)
E_{POSTj}	= fixer Effekt des Energieniveaus <i>post partum</i> j (j = N, M, H)
R_k	= fixer Effekt der Rasse k (k = FV, BS, HF)
L_1	= fixer Effekt der Laktationszahl l (l = 2, 3, ≥ 4)
W_m	= fixer Effekt der Woche m (m = -12, -11, ..., -2, -1 <i>pre partum</i> bzw. 1, 2, ..., 14, 15 <i>post partum</i>)
$(E_{PRE} \times E_{POST})_{ij}$	= Wechselwirkung zwischen Energieniveau <i>pre partum</i> und Energieniveau <i>post partum</i>
$(E_{PRE} \times R)_{ik}$	= Wechselwirkung zwischen Energieniveau <i>pre partum</i> und Rasse
$(E_{POST} \times R)_{jk}$	= Wechselwirkung zwischen Energieniveau <i>post partum</i> und Rasse
$(E_{PRE} \times E_{POST} \times R)_{ijk}$	= Wechselwirkung zwischen Energieniveau <i>pre partum</i> und Energieniveau <i>post partum</i> und Rasse
$(E_{PRE} \times W)_{im}$	= Wechselwirkung zwischen Energieniveau <i>pre partum</i> und Woche
$(E_{POST} \times W)_{jm}$	= Wechselwirkung zwischen Energieniveau <i>post partum</i> und Woche
$(E_{PRE} \times E_{POST} \times W)_{ijm}$	= Wechselwirkung zwischen Energieniveau <i>pre partum</i> und Energieniveau <i>post partum</i> und Woche
ε_{ijklm}	= Restkomponente

ance Struktur angewendet. Die für den Test der fixen Effekte festzulegende Anzahl der Freiheitsgrade im Nenner wurde nach der Methode KENWARD-ROGER näherungsweise ermittelt. Multiple Vergleiche der Least Squares-Mittelwerte wurden mit der PDIFF Option des LSMEANS Statements nach der Methode TUKEY-KRAMER berechnet.

3. Ergebnisse

Die Zusammensetzung des Grundfutters, der Kraftfutteranteil und der Nährstoffgehalt der Gesamtration ist sowohl in der Trockenstehzeit als auch in der Laktation in *Tabelle 4* angeführt.

3.1 Ergebnisse der Spätlaktation (Woche -12 bis -9 vor der Abkalbung)

Entsprechend dem Versuchsplan unterschied sich die Futter- und Nährstoffaufnahme zwischen den Gruppen in der Spätlaktation signifikant (*Tabelle 5*). Die Grundfutteraufnahme betrug in den Gruppen N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE} 8,6, 10,8 bzw. 11,2 kg TM/Tag und die Kraftfutteraufnahme war 0,1, 0,5 und 4,7 kg TM/Tag. Klarer Weise war auch ein signifikanter Einfluss von E_{PRE} und Rasse auf NEL-Aufnahme und DEB (tägliche Energiebilanz) gegeben (Differenz $M_{PRE} - N_{PRE} = 17$ und Differenz $H_{PRE} - M_{PRE} = 38$ MJ NEL/Tag sowie FV und BS < HF). Die Milchleistung und Milchezusammensetzung entsprachen denen von spätlaktierenden Kühen. Die Kühe der Gruppe

Tabelle 3: Nährstoffgehalt der Futtermittel¹

Parameter	Heu		Gras- silage	Mais- silage	Kraft- futter
	niedrige Qualität	hohe Qualität			
TM ² (g/kg)	893 ± 20	91 ± 19	408 ± 85	318 ± 20	884 ± 9
XP ² (g/kg DM)	99 ± 15	120 ± 8	154 ± 14	81 ± 6	182 ± 12
XL ² (g/kg DM)	15 ± 3	17 ± 2	33 ± 4	29 ± 2	23 ± 2
XF ² (g/kg DM)	335 ± 22	306 ± 12	269 ± 20	229 ± 24	85 ± 5
XX ² (g/kg DM)	486 ± 16	479 ± 15	435 ± 24	617 ± 23	662 ± 15
XA ² (g/kg DM)	65 ± 9	78 ± 6	109 ± 15	45 ± 7	47 ± 4
NDF ³ (g/kg DM)	603 ± 40	579 ± 21	478 ± 33	440 ± 36	247 ± 20
ADF ³ (g/kg DM)	368 ± 29	332 ± 33	320 ± 20	251 ± 20	109 ± 6
ADL ³ (g/kg DM)	50 ± 5	37 ± 4	40 ± 6	28 ± 5	23 ± 3
NFC ⁴ (g/kg DM)	218 ± 40	206 ± 24	226 ± 34	406 ± 37	501 ± 24
UDP ⁵ (% of CP)	24	22	15	25	32
nXP ⁵ (g/kg DM)	105 ± 4	123 ± 5	120 ± 6	125 ± 3	182 ± 4
RNB ⁵ (g/kg DM)	-1,1 ± 1,9	-0,5 ± 1,1	5,4 ± 1,9	-7,1 ± 0,8	0,1 ± 1,3
dOM ⁵ (%)	56,6 ± 1,7	66,7 ± 3,2	63,8 ± 3,6	69,6 ± 1,3	84,8 ± 0,0
ME ⁶ (MJ/kg DM)	7,89 ± 0,23	9,22 ± 0,40	8,84 ± 0,46	10,17 ± 0,21	12,53 ± 0,05
NEL ⁶ (MJ/kg DM)	4,48 ± 0,16	5,40 ± 0,29	5,13 ± 0,32	6,05 ± 0,16	7,83 ± 0,03
Ca ⁷ (g/kg DM)	5,4 ± 1,3	5,4 ± 0,8	7,6 ± 1,7	2,2 ± 0,4	3,3 ± 0,7
P ⁷ (g/kg DM)	1,7 ± 0,5	2,2 ± 0,5	2,8 ± 0,4	2,2 ± 0,4	5,3 ± 0,6
Mg ⁷ (g/kg DM)	2,5 ± 0,6	2,1 ± 0,3	2,9 ± 0,5	1,9 ± 0,5	2,6 ± 0,3
K ⁷ (g/kg DM)	18,5 ± 2,8	23,9 ± 3,7	24,9 ± 4,5	12,2 ± 1,7	12,8 ± 1,4
Na ⁷ (g/kg DM)	0,28 ± 0,19	0,21 ± 0,06	0,54 ± 0,13	0,08 ± 0,04	0,84 ± 0,25
Mn ⁸ (mg/kg DM)	120 ± 13	104 ± 14	137 ± 24	27 ± 5	45 ± 3
Zn ⁸ (mg/kg DM)	32 ± 5	29 ± 2	36 ± 3	24 ± 4	44 ± 1
Cu ⁸ (mg/kg DM)	7,9 ± 0,9	9,1 ± 0,6	11,1 ± 1,1	5,5 ± 0,6	8,5 ± 0,4

¹ Nährstoffgehalt auf der Grundlage von 4-wöchigen SammelprobenVerdaulichkeit *in vivo* mit Hammeln:

Grundfutter: n = 4; Kraftfutter: n = 16, Regressionsmethode; GIGER und SAUVANT 1983

Mittelwerte und Standardabweichungen

² TM = Trockenmasse, XP = Rohprotein, XL = Rohfett, XF = Rohfaser, XX = N-freie Extraktstoffe, XA = Rohasche³ NDF = Neutral-Detergenzien-Faser, ADF = Säure-Detergenzien-Faser, ADL = Säure-Detergenzien-Lignin⁴ NFC = Nichtfaser-Kohlenhydrate (1000 - XP - XX - XA - NDF)⁵ UDP = undegraded dietary protein (unabgebautes Futterprotein)

nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum (GfE 2001)

RNB = ruminale Stickstoffbilanz (GfE 2001)

⁵ dOM = digestibility of organic matter (Verdaulichkeit der organischen Masse)⁶ ME = metabolizable energy (umsetzbare Energie), NEL = net energy lactation (Nettoenergie Laktation)⁷ Ca = Calcium, P = Phosphor, Mg = Magnesium, K = Kalium, Na = Natrium⁸ Mn = Mangan, Zn = Zink, Cu = KupferTabelle 4: Zusammensetzung der Grundfütterration, Kraftfutteranteil und Nährstoffgehalt der Gesamtration¹ in den Energieniveaus Niedrig (N), Mittel (M) und Hoch (H)

Parameter	Phase ²											
	Trockenstehzeit			Frühlaktation								
	N	M	H	NN	NM	NH	MN	MM	MH	HN	HM	HH
Anteile (in der TM)												
Heu (% des Grundfutters)	38,6	38,6	39,0	38,4	37,7	41,4	38,6	37,9	39,6	38,7	38,6	39,6
Grassilage (% des Grundfutters)	41,0	30,6	18,5	40,0	30,5	20,8	39,3	29,6	19,8	38,7	28,3	21,5
Maissilage (% des Grundfutters)	20,4	30,9	42,5	21,6	31,8	37,8	22,1	32,5	40,6	22,6	33,1	38,9
Kraftfutter (% des Gesamtfutters)	1,7	1,7	1,9	6,6	42,5	53,7	9,6	45,6	52,2	14,4	48,9	52,1
Inhaltsstoffe												
Rohprotein (g/kg TM)	115	112	109	119	143	148	120	143	150	122	148	149
RNB ³ (g/kg TM)	0,2	-1,1	-2,3	0,3	-0,3	-0,8	0,1	-0,6	-0,6	0,0	-0,3	-0,7
Rohfett (g/kg TM)	24	25	25	24	24	23	24	24	23	23	24	23
N-freie Extraktstoffe (g/kg TM)	490	510	530	496	569	594	506	575	591	514	579	589
NDF (g/kg TM)	498	493	486	491	394	362	484	378	360	472	374	368
NFC (g/kg TM)	285	298	312	291	377	409	298	393	408	311	394	401
Verdaulichkeit ⁴ (% der OM)	62,6	65,5	68,0	63,3	73,6	76,8	64,5	74,4	76,6	65,1	75,0	76,7
ME ⁵ (MJ/kg TM)	8,65	9,13	9,54	8,78	10,48	11,02	8,97	10,60	10,98	9,09	10,73	10,97
NEL ⁵ (MJ/kg TM)	5,03	5,35	5,63	5,12	6,34	6,73	5,25	6,43	6,70	5,35	6,52	6,70

¹ auf Basis der tatsächlichen Futterraufnahme² Phase: Trockenstehzeit = -66 ± 7 Tage vor der Abkalbung bis zur Abkalbung; Frühlaktation = von Abkalbung bis 105. Tag der Laktation³ RNB = ruminale Stickstoffbilanz (GfE 2001)⁴ Nährstoffverdaulichkeit der Einzelfuttermittel *in vivo* mit Hammeln bestimmt (Kraftfutter nach Regressionsmethode; GIGER und SAUVANT 1983)⁵ berechnet nach den Angaben der GfE (1995)

Tabelle 5: Least squares-Mittelwerte für Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung und Milchzusammensetzung sowie Energiebilanz, BCS und Lebendmasse von mehrkalbigen Kühen in der Spätlaktation (Haupteffekte Energieniveau (N, M, H) und Rasse (FV, BS, HF))

Parameter	Energieniveau ¹				Rasse ²	HF	RMSE	E _{PRE}	P-Werte	E _{PRE} × Rasse
	N	M	H	FV						
Grundfutteraufnahme (kg TM/d)	8,62 ^b	10,78 ^a	11,16 ^a	10,19	10,00	10,37	1,59	<0,001	0,60	0,32
Krautfutteraufnahme (kg TM/d)	0,10 ^b	0,53 ^b	4,72 ^a	1,02 ^b	1,41 ^b	2,92 ^a	2,51	<0,001	<0,01	0,01
Mineralstoffe (kg TM/d)	0,14 ^{ab}	0,154 ^b	0,170 ^b	0,154	0,164	0,152	0,028	<0,001	0,11	0,26
Gesamtfutteraufnahme (kg TM/d)	8,82 ^c	11,42 ^b	16,04 ^a	11,32 ^b	11,53 ^b	13,42 ^a	2,20	<0,001	<0,001	0,06
Gesamtfutteraufnahme (g/(kg BW ^{0,75} × d))	69 ^c	89 ^b	120 ^a	83 ^b	89 ^b	106 ^a	17	<0,001	<0,001	0,11
Rohprotein (g/d)	1,047 ^b	1,295 ^b	2,119 ^a	1,345 ^b	1,390 ^b	1,726 ^a	432	<0,001	<0,001	0,02
nXP ³ (g/d)	1,014 ^c	1,376 ^b	2,233 ^a	1,398 ^b	1,451 ^b	1,774 ^a	402	<0,001	<0,001	0,02
RNB ³ (g/d)	5,6 ^c	-12,8 ^b	-18,2 ^b	-8,4	-9,4	-7,6	10,8	<0,001	0,79	0,41
ME (MJ/d)	76,4 ^c	105,0 ^b	164,9 ^a	105,7 ^b	109,2 ^b	131,5 ^a	27,2	<0,001	<0,001	0,02
NEL (MJ/d)	44,4 ^c	61,7 ^b	99,3 ^a	62,3 ^b	64,6 ^b	78,4 ^a	17,0	<0,001	<0,001	0,02
Energiebilanz (MJ NEL/d)	-15,8 ^c	-4,5 ^b	19,2 ^a	-3,0 ^b	-0,7 ^b	2,6 ^a	8,5	<0,001	<0,001	0,72
Energiebilanz ⁴ (%)	73 ^c	93 ^b	125 ^a	94 ^b	98 ^a	99 ^a	12	<0,001	0,02	0,28
Milchleistung (kg/d)	3,8 ^b	6,1 ^b	10,0 ^a	5,0 ^b	6,3 ^{ab}	8,5 ^a	4,4	<0,001	0,01	0,07
Milchleistung (kg ECM/d) ⁵	4,5 ^b	7,1 ^b	11,2 ^a	5,8 ^b	7,2 ^{ab}	9,8 ^a	4,9	<0,001	0,01	0,09
Milchfett (%)	5,49 ^a	5,29 ^{ab}	4,93 ^b	5,20	5,17	5,33	0,64	<0,01	0,50	0,09
Milchprotein (%)	4,25	3,97	3,98	4,07	4,03	4,12	0,47	0,04	0,77	0,39
Milchlaktose (%)	4,26 ^c	4,53 ^b	4,72 ^a	4,52	4,51	4,46	0,24	<0,001	0,59	0,44
BCS ⁶	2,95	2,99	3,21	3,57	3,02	2,56	0,42	0,06	<0,001	0,69
BCS-Veränderung ⁶ (Einheit pro Woche)	-0,031 ^b	-0,014 ^b	0,038 ^a	-0,002	-0,005	0,000	0,049	<0,001	0,92	0,91
Lebendmasse ⁷ (kg)	658	651	687	702 ^a	659 ^b	634 ^b	56	0,06	<0,001	0,91
Lebendmasse-Veränderung ⁷ (kg/d)	-0,60 ^c	0,00 ^b	0,98 ^a	0,19	0,12	0,07	0,42	<0,001	0,61	0,73

a-c Mittelwerte innerhalb einer Reihe mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant

¹ Energieniveau: N, M, H bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001)

² Rasse: FV = Fleckvieh, BS = Brown Swiss, HF = Holstein

³ nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum (GfE 2001), RNB = ruminale Stickstoffbilanz (GfE 2001)

⁴ Prozent des NEL-Bedarfs

⁵ Energiekorrigierte Milch = $(0,38 \times \text{Milchfett}\% + 0,21 \times \text{Milchprotein}\% + 0,95) \times \text{Milchmenge} / 3,2$ (GfE 2001)

⁶ BCS = body condition score (Körperkondition nach EDMONSON et al. 1989)

⁷ Lebendmasse wurde wöchentlich gewogen, Lebendmasse-Veränderung wurde auf Basis von Polynomen mit 1. Ableitung kalkuliert

N verloren Lebendmasse und BCS, wogegen die Kühe der Gruppe H Lebendmasse und BCS zunahm, während Kühe der Gruppe M zwischen N und H lagen (Tabelle 5).

3.2 Ergebnisse der Trockenperiode (Woche -8 bis -1 vor der Abkalbung)

Abgesehen von der Woche vor der voraussichtlichen Abkalbung, in welcher die Tiere 1 kg Kraftfutter erhielten, um die Pansenmikroben an die Ration während der Laktation anzupassen, wurden ausschließlich Grundfuttermittel verfüttert, allerdings in unterschiedlicher Zusammensetzung, um die Energiekonzentration zu steuern (Anteil Grassilage/Maissilage, Qualität des Heus niedrig/hoch; siehe Versuchsplan in Tabelle 1). Die Trockenmasseaufnahme stieg linear von Behandlung N zu H an (Tabelle 6). Auf der Grundlage dieses Fütterungsregimes betrug die Differenz der DEB zwischen N_{PRE} und H_{PRE} 27,6 MJ NEL/Tag (P < 0,001). Im Gegensatz zu den Behandlungen N_{PRE} und M_{PRE}, wo die beabsichtigte Energieversorgung durch ansteigende Futteraufnahme erreicht wurde, erhöhte sich die Trockenmasseaufnahme der Kühe H_{PRE} in den letzten Wochen der Trächtigkeit nicht. In dieser Gruppe verringerte sich die Trockenmasseaufnahme von Woche -3 bis zur Abkalbung. Entsprechend ging die DEB in Gruppe H_{PRE} in diesem Zeitraum um 14,3 MJ NEL zurück (Abbildung 1). Relativ zum Energiebedarf verminderte sich die Aufnahme an Energie von 117 auf 94 %.

In diesem Produktionsstadium waren FV-Kühe signifikant schwerer und hatten im Vergleich zu den beiden anderen Rassen signifikant höhere BCS-Werte. Diese betragen bei den Rassen FV, BS und HF 3,55, 3,10 und 2,55. Auch die Trockenmasse-Aufnahme (bezogen auf metabolische Körpermasse) war bei den HF-Kühen höher als bei FV-Kühen (P = 0,01).

Tabelle 6: Least squares-Mittelwerte für Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Energiebilanz, BCS und Lebendmasse von mehrkalbigen Kühen in der Trockenstehtzeit (Haupteffekte Energieniveau (N, M, H) und Rasse (FV, BS, HF))

Parameter	Energieniveau ¹			Rasse ²	HF	RMSE	E _{PRE}	P-Werte Rasse	E _{PRE} × Rasse
	N	M	H						
Grundfutteraufnahme (kg TM/d)	7,52 ^c	9,65 ^b	12,11 ^a	9,70	9,74	0,84	<0,001	0,73	<0,001
Krautfutteraufnahme (kg TM/d)	0,16	0,19	0,22	0,25 ^a	0,10 ^b	0,23	0,28	<0,001	0,87
Mineralstoffe (kg TM/d)	0,126	0,126	0,128	0,125 ^{ab}	0,131 ^a	0,014	0,45	0,01	0,07
Gesamtfutteraufnahme (kg TM/d)	7,81 ^c	9,96 ^b	12,46 ^a	10,21	9,97	0,86	<0,001	0,37	<0,001
Gesamtfutteraufnahme (g/(kg BW ^{0,75} × d))	60 ^c	75 ^b	89 ^a	75 ^{ab}	76 ^a	6	<0,001	0,01	<0,001
NDF (g/d)	3,880 ^c	4,903 ^b	6,058 ^a	5,034	4,849	446	<0,001	0,12	<0,01
NDF (g/kg LW)	5,9 ^c	7,3 ^b	8,3 ^a	6,9 ^b	7,3 ^a	0,7	<0,001	0,03	0,14
Rohprotein (g/d)	904 ^c	1,118 ^b	1,359 ^a	1,142	1,116	120	<0,001	0,53	<0,01
nXP ³ (g/d)	895 ^c	1,187 ^b	1,536 ^a	1,223	1,186	111	<0,001	0,24	<0,01
RNB ³ (g/d)	1,6 ^c	-11,0 ^b	-28,3 ^c	-13,1	-11,2	7,9	<0,001	0,31	0,83
ME (MJ/d)	67,7 ^c	91,0 ^b	118,9 ^a	93,8	91,1	8,4	<0,001	0,26	<0,01
NEL (MJ/d)	39,4 ^c	53,3 ^b	70,2 ^a	55,1	53,4	5,0	<0,001	0,23	<0,01
Energiebilanz (MJ NEL/d)	-15,4 ^c	-2,5 ^b	12,2 ^a	-2,0 ^b	-0,2 ^a	5,0	<0,001	<0,01	0,02
Energiebilanz ⁴ (%)	72 ^c	96 ^b	122 ^a	95 ^b	99 ^a	8	<0,001	<0,01	<0,01
nXP-Bilanz ³ (g/d)	13 ^a	-61 ^b	-165 ^c	-82	-44	101	<0,001	0,04	0,28
nXP-Bilanz ³ (%)	102 ^a	94 ^b	87 ^c	93	98	14	<0,001	0,06	0,23
BCS5	2,79 ^b	2,99 ^b	3,41 ^a	3,55 ^a	2,55 ^c	0,46	<0,001	<0,001	0,76
BCS-Veränderung ⁵ (Einheit pro Woche)	-0,031 ^b	0,004 ^a	0,028 ^a	-0,009	-0,004	0,063	<0,001	0,22	0,84
Lebendmasse ⁶ (kg)	663 ^b	677 ^b	733 ^a	727 ^a	659 ^b	55	<0,001	<0,001	0,85
Lebendmasse-Veränderung ⁶ (kg/d)	0,71 ^b	1,09 ^{ab}	1,21 ^a	0,98	1,06	0,72	0,03	0,88	0,64

^{a-c} Mittelwerte innerhalb einer Reihe mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant

¹ Energieniveau: N, M, H bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001)

² Rasse: FV = Fleckvieh, BS = Brown Swiss, HF = Holstein

³ nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum (GfE 2001), RNB = ruminale Stickstoffbilanz (GfE 2001)

⁴ Prozent des NEL-Bedarfs

⁵ BCS = body condition score (Körperkondition nach EDMONSON et al. 1989)

⁶ Lebendmasse wurde wöchentlich gewogen, Lebendmasse-Veränderung wurde auf Basis von Polynomen mit 1. Ableitung kalkuliert

3.3 Milchleistung und Milchzusammensetzung in der Laktationsperiode (Woche 1 bis 15 nach der Abkalbung)

Die Energieversorgung vor der Abkalbung (Haupteffekt von E_{PRE}) hatte einen bedeutenden Einfluss auf die Parameter der Milchleistung nach der Abkalbung (Tabelle 7). Die Milchleistung der Kühe der Behandlung N_{PRE} war signifikant niedriger (P < 0,001) im Vergleich zu den Kühen der Gruppen M_{PRE} und H_{PRE}, die Unterschiede beliefen sich auf 3,0 bzw. 4,5 ECM/Tag. Der Gehalt an Milcheiweiß in Gruppe N_{PRE} war im Vergleich zu H_{PRE} niedriger signifikant (P = 0,044). Der Gehalt an Milchfett war in der Tendenz niedriger (P = 0,055) und der Gehalt an Laktose in Gruppe N_{PRE} war im Vergleich zu den beiden anderen *pre partum* Behandlungen M_{PRE} und H_{PRE} ebenfalls signifikant niedriger (P = 0,006). Die Leistung an Milch Inhaltsstoffen wiesen durchwegs hochsignifikante Unterschiede auf (P < 0,001). Der Milchlaktosegehalt war in allen *pre calving*-Behandlungen in einem ähnlichen Bereich (P = 0,231) und machte im Mittel 22,3 mg/100ml Milch aus.

Mit Ausnahme des Milcheiweißgehaltes traten keine signifikanten Interaktionen E_{PRE} × E_{POST} hinsichtlich Milchleistung und Milchzusammensetzung auf (Tabelle 8 sowie Abbildung 2 und 3). Diese Wechselwirkung (P = 0,006) besagt, dass der Eiweißgehalt durch sinkende Energieversorgung *post partum* stärker abnahm, wenn die Energieversorgung *pre partum* geringer war.

Der Einfluss der Energieversorgung nach der Abkalbung war für nahezu alle wesentlichen Produktionsparameter signifikant (Tabelle 7). Die Milchleistung stieg mit dem Energieniveau hoch signifikant an (P < 0,001, +8,5 kg ECM/Tag für M_{POST} und +11,0 kg ECM/Tag für H_{POST} im Vergleich N_{POST}). Dies trifft auch für den Milchproteingehalt zu und auch für die Leistung an Milchprotein und Milchlaktose (P < 0,001). Der Milchfettgehalt unterschied sich zwischen N_{POST} und H_{POST} signifikant (P = 0,05). Der Milchlaktosegehalt der

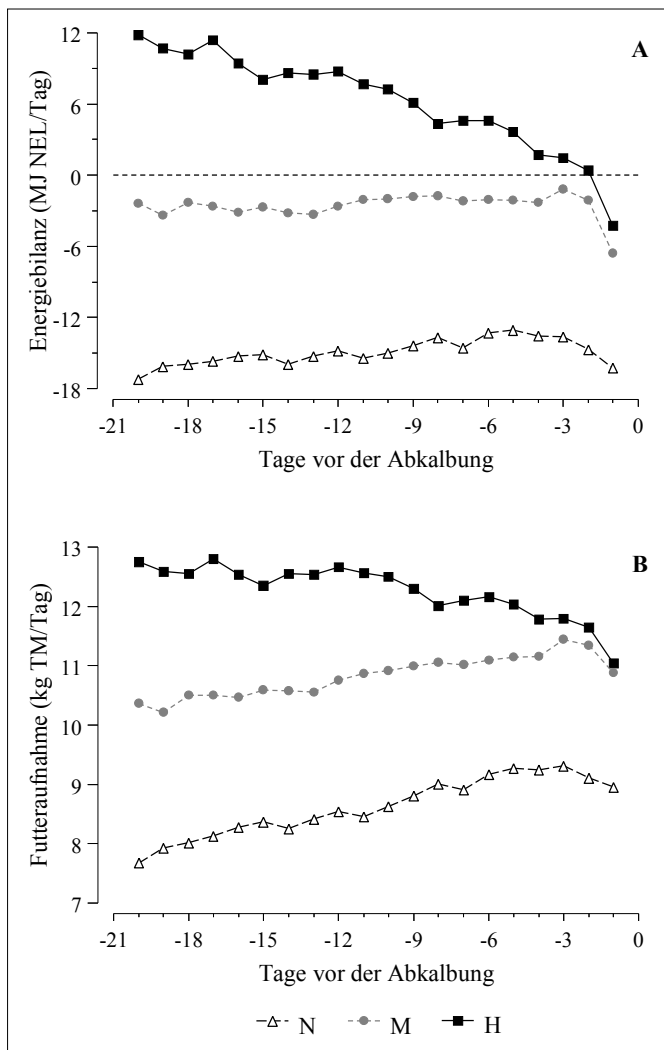


Abbildung 1: Energiebilanz (A) und Trockenmasse-Aufnahme (B) der Kühe in den Gruppen NPRES, MPRES und HPRES in der Versuchsphase 'Trockenstehzeit' (pre partum)

Behandlungen H_{POST} und M_{POST} war signifikant höher als von N_{POST} ($P < 0,001$).

Die typischen Charakteristika der Rassen fanden sich auch in den Kennzahlen der Milchleistung. Die Effekte der Rasse waren hochsignifikant ($P < 0,001$) hinsichtlich Milchleistung, Milchezusammensetzung und Leistung an Milchinhaltsstoffen (Tabelle 7).

Interaktionen von $E_{PRE} \times Rasse$ und auch von $E_{POST} \times Rasse$ waren mit Ausnahme des Milchproteingehaltes statistisch nicht signifikant, was streng genommen bedeutet, dass die Energieversorgung pre und post partum in den einzelnen Rassen in der gleichen Weise auf die Milchleistungskriterien wirkt (Tabelle 7). Dennoch zeigten sich Trends für eine $E_{PRE} \times E_{POST}$ Interaktion und auch einer $E_{PRE} \times Rasse$ Interaktion hinsichtlich Milchleistung und Energiebilanz (Abbildung 4). Ein Trend zu einer Dreifach-Wechselwirkung pre calving \times post calving \times Rasse existierte hinsichtlich Milchlaktose und Proteingehalt, aber nicht für die Milchleistung. Hinsichtlich der Beurteilung der Wechselwirkungen ist die niedrige Anzahl an Tieren in diesen Unterklassen ($n = 3$) zu berücksichtigen.

Tabelle 7: Least squares-Mittelwerte für Milchleistung und Milchinhaltsstoffe von mehrkalbigen Kühen in der Früh-laktation (Tage 1 bis 105) (Haupteffekte Energieniveau PRE (N, M, H), Energieniveau POST (N, M, H) und Rasse (FV, BS, HF))

Parameter	Energieniveau ¹			post partum			pre partum			P-Werte						
	N	M	H	N	M	H	N	M	H	E_{PRE}	E_{POST}	Rasse	$E_{PRE} \times E_{POST}$	$E_{PRE} \times Rasse$	$E_{POST} \times Rasse$	$E_{PRE} \times E_{POST} \times Rasse$
Milchleistung (kg/d)	25,4 ^b	27,9 ^a	29,5 ^a	21,0 ^c	29,6 ^b	32,2 ^a	24,8 ^c	27,9 ^b	30,1 ^a	<0,001	<0,001	<0,001	0,61	0,29	0,98	0,44
Milchleistung (kg ECM/d) ³	25,6 ^b	28,6 ^a	30,1 ^a	21,5 ^c	30,1 ^b	32,6 ^a	24,5 ^c	28,7 ^b	31,0 ^a	<0,001	<0,001	<0,001	0,37	0,22	0,90	0,09
Milchfett (%)	4,16	4,34	4,30	4,37 ^a	4,26 ^{ab}	4,16 ^b	4,04 ^b	4,37 ^a	4,38 ^a	0,05	0,28	0,77	0,28	0,77	0,36	0,07
Milchprotein (%)	3,21 ^a	3,24 ^{ab}	3,28 ^b	2,98 ^c	3,30 ^b	3,43 ^a	3,29 ^a	3,24 ^{ab}	3,20 ^b	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	<0,01	0,15	0,06
Milchlaktose (%)	4,73 ^b	4,78 ^a	4,79 ^a	4,67 ^b	4,81 ^a	4,82 ^a	4,83 ^a	4,77 ^b	4,70 ^c	<0,001	<0,001	<0,001	0,25	0,75	0,09	0,47
Milchfett (kg/d)	1,06 ^b	1,21 ^a	1,26 ^a	0,94 ^b	1,26 ^a	1,34 ^a	1,00 ^c	1,21 ^b	1,32 ^a	<0,001	<0,001	<0,001	0,30	0,10	0,57	0,01
Milchprotein (kg/d)	0,82 ^b	0,91 ^a	0,97 ^a	0,63 ^c	0,97 ^b	1,09 ^a	0,81 ^c	0,91 ^b	0,98 ^a	<0,001	<0,001	<0,001	0,17	0,65	1,00	0,36
Milchlaktose (kg/d)	1,21 ^b	1,34 ^a	1,42 ^a	0,98 ^c	1,43 ^b	1,56 ^a	1,20 ^b	1,34 ^a	1,42 ^a	<0,001	<0,001	<0,001	0,60	0,34	0,93	0,35
Zellzahl (1.000/ml)	128	81	154	120	114	129	58	128	178	0,53	0,97	0,19	0,73	0,82	0,17	0,64
Milchharnstoff (mg/dl)	20,6	22,9	23,6	24,0	22,0	21,0	21,3	23,9	21,8	0,23	0,27	0,32	0,96	0,77	0,37	0,70

^{a-c} Mittelwerte innerhalb einer Reihe mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant

¹ Energieniveau: N, M, H bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001)

² Rasse: FV = Fleckvieh, BS = Brown Swiss, HF = Holstein

³ Energiekorrigierte Milch = $(0,38 \times \text{Milchfett}\% + 0,21 \times \text{Milchprotein}\% + 0,95) \times \text{Milchmenge} / 3,2$ (GfE 2001)

Tabelle 8: Least squares-Mittelwerte für Milchleistung und Milchinhaltsstoffe von mehrkalbigen Kühen in der Frühlaktation (Tage 1 bis 105), (Wechselwirkung Energieniveau PRE × POST)

Parameter	Energieniveau (<i>pre partum</i> / <i>post partum</i>) ¹									RMSE	P-Werte $E_{PRE} \times E_{POST}$
	NN	NM	NH	MN	MM	MH	HN	HM	HH		
Milchleistung (kg/d)	18,6	26,7	31,0	21,0	30,2	32,4	23,3	31,9	33,2	3,9	0,61
Milchleistung (kg ECM/d) ²	18,6	26,9	31,2	21,8	30,7	33,2	24,3	32,6	33,3	4,3	0,37
Milchfett (%)	4,14	4,24	4,09	4,46	4,25	4,31	4,50	4,29	4,10	0,55	0,28
Milchprotein (%)	2,95	3,20	3,46	2,96	3,32	3,43	3,04	3,39	3,40	0,22	0,01
Milchlaktose (%)	4,64	4,79	4,78	4,68	4,79	4,87	4,71	4,85	4,82	0,13	0,25
Milchfett (kg/d)	0,79	1,13	1,27	0,96	1,28	1,38	1,07	1,36	1,35	0,22	0,30
Milchprotein (kg/d)	0,56	0,85	1,06	0,63	0,99	1,10	0,71	1,07	1,12	0,14	0,17
Milchlaktose (kg/d)	0,86	1,28	1,48	0,98	1,45	1,58	1,09	1,55	1,60	0,19	0,60
Zellzahl (1.000/ml)	136	164	85	81	90	73	144	89	231	425	0,73
Milchharnstoff (mg/dl)	23,2	19,7	18,8	24,4	22,3	21,9	24,4	24,0	22,3	10,1	0,96

¹ Energieniveau: N, M, H bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001) sowohl *pre partum* als auch *post partum*:

NN, NM, NH: Energieversorgung *pre partum*: N; Energieversorgung *post partum*: N, M, H

MN, MM, MH: Energieversorgung *pre partum*: M; Energieversorgung *post partum*: N, M, H

HN, HM, HH: Energieversorgung *pre partum*: H; Energieversorgung *post partum*: N, M, H

² Energiekorrigierte Milch = (0,38 × Milchfett% + 0,21 × Milchprotein% + 0,95) × Milchmenge / 3,2 (GfE 2001)

3.4 Trockenmasse- und Energieaufnahme in der Laktationsperiode (Woche 1 bis 15 nach der Abkalbung)

Es zeigten sich keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen $E_{PRE} \times E_{POST}$ hinsichtlich Grundfutteraufnahme ($P = 0,397$), die im Durchschnitt 10,6 kg TM betrug. Die Kraftfutteraufnahme war am höchsten ($P = 0,001$) in den H_{POST} Gruppen, in welchen ein durchschnittlicher Kraftfutteranteil von 54 % (Trockenmasse-Basis) festgestellt wurde (Tabelle 9 und 10). Die Energierestriktion, um die beabsichtigten Energieversorgungsniveaus zu erreichen, führte in den Gruppen N, M und H zu einer stark unterschiedlichen Kraftfutteraufnahme ($P = 0,001$) und auch Gesamttrockenmasseaufnahme ($P = 0,005$). Die höchste Futteraufnahme (MH) war im Vergleich zur niedrigsten Gruppe (NN) nahezu doppelt so hoch. Im Gegensatz zu den Gruppen mit beschränkter Futteraufnahme N_{POST} und M_{POST} in denen eine hohe E_{PRE} Versorgung zur höchsten Futteraufnahme führte, war in den *ad libitum* gefütterten Gruppen H_{POST} die Trockenmasse- und Energie-Aufnahme in der Gruppe HH numerisch kleiner im Vergleich zur Gruppe NH und MH, und zwar beginnend in der 5. Laktationswoche (Abbildung 2).

Die Energiebilanz (DEB) und die relative Energieversorgung der Gruppe NH waren im Vergleich zu den Gruppen MH und HH signifikant höher ($P < 0,05$). In den Gruppen N_{POST} hatte die Gruppe NN eine höhere Energiebilanz als die Gruppe NH ($P = 0,043$), während sich für die Gruppen M_{POST} die DEB-Werte nicht unterschieden.

Obwohl die statistische Analyse einen Effekt der Energieversorgung *pre partum* auf die Futter- und Nährstoffaufnahme *post partum* aufzeigt, ist die Interpretation der Ergebnisse schwierig, da die Futteraufnahme der Tiere nach der Abkalbung nicht *ad libitum* erfolgte, sondern entsprechend dem Versuchsplan limitiert war. Nur die Kühe der Gruppe H_{POST} wurden *ad libitum* gefüttert. Wie erwartet, traten entsprechend den typischen Rassen-Eigenschaften signifikante Differenzen ($P < 0,001$) zwischen den Rassen hinsichtlich Futteraufnahme, Lebendmasse und BCS auf (höhere Lebendgewichte und BCS bei FV, höhere Futter- und Nährstoffaufnahme bei HF, BS zwischen den beiden Rassen (Tabelle 9)). Interaktionen von $E_{PRE} \times$ Rasse und

$E_{PRE} \times E_{POST} \times$ Rasse existierten nur für DEB ($P = 0,02$ und $P < 0,01$). Während die Energiebilanz *post partum* mit steigender Energieversorgung *pre partum* für FV- und HF-Kühe niedriger war (-3,7, -11,5, -15,4 MJ NEL/Tag und -11,9, -12,2, -19,8 MJ NEL/Tag für N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE}), erfuhren die BS-Kühe die niedrigste DEB bei der niedrigen

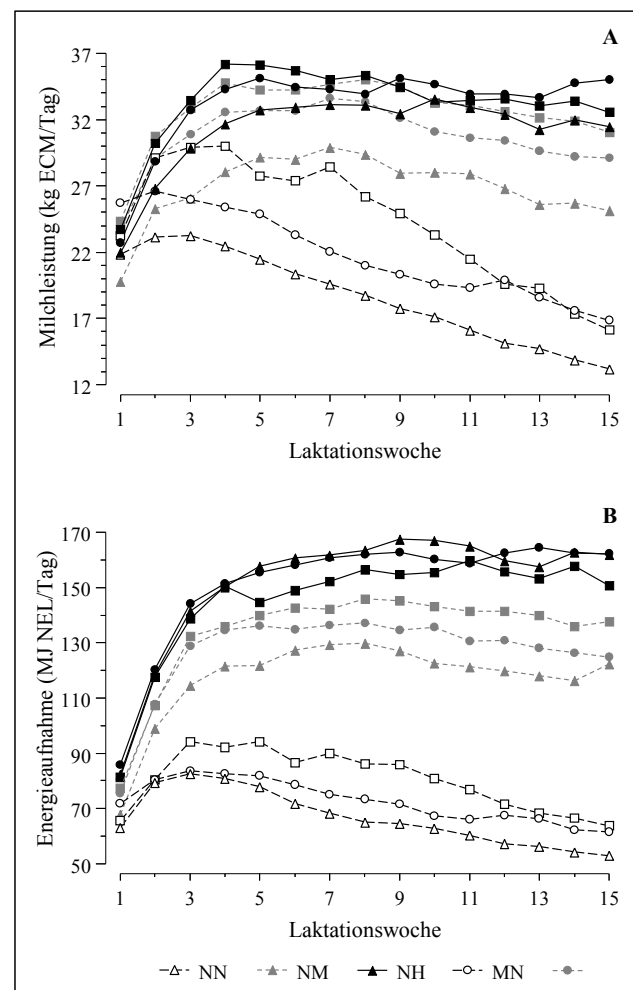


Abbildung 2: Milchleistung (A) und Energie-Aufnahme (B) der Kühe in den Gruppen NN, NM, NH und MN, MM, MH und HN, HM, HH in der Versuchsphase 'Laktation' (*post partum*)

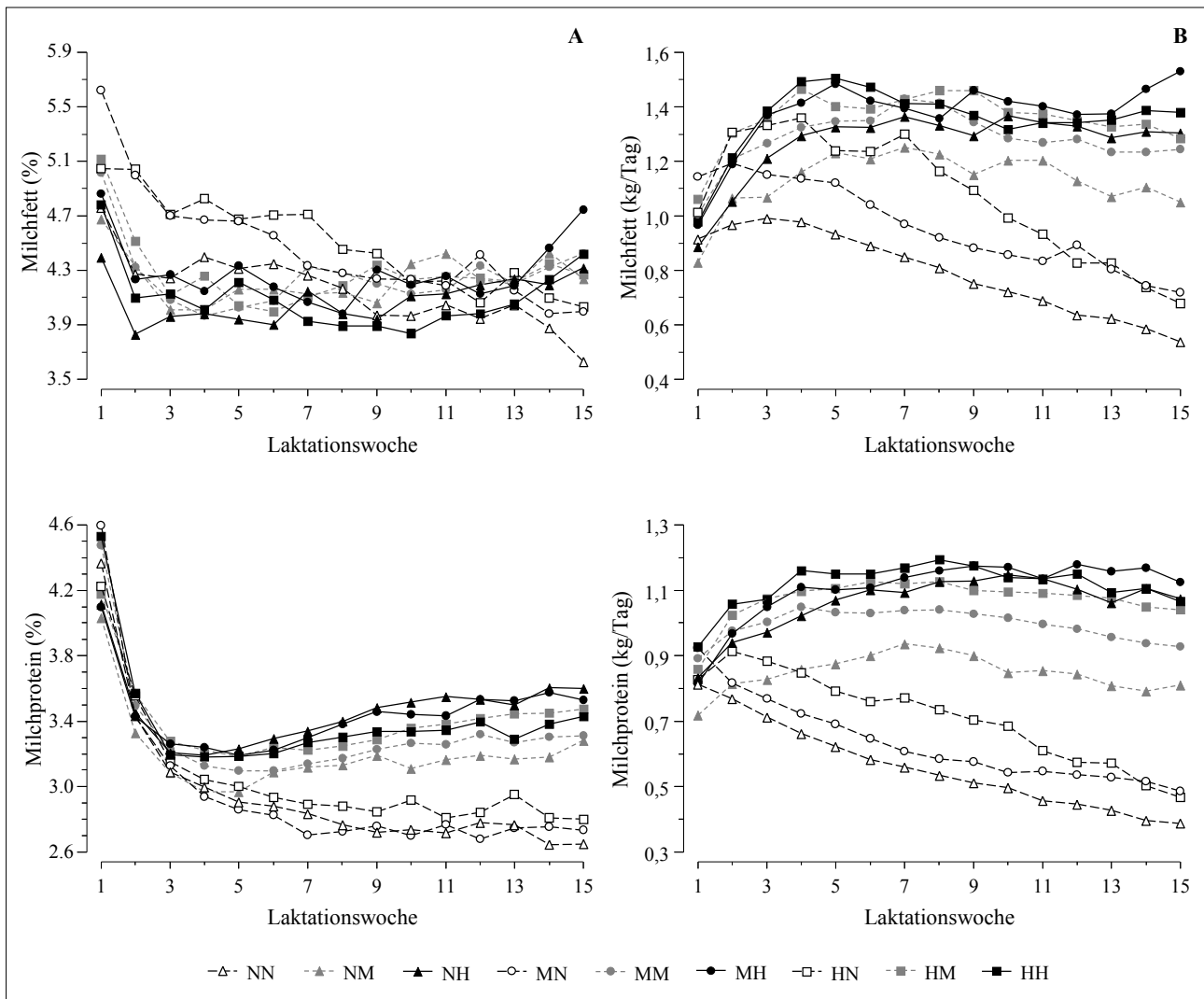


Abbildung 3: Gehalt (A) und Menge (B) an den Milch Inhaltsstoffen Fett und Protein der Kühe in den Gruppen NN, NM, NH und MN, MM, MH und HN, HM, HH in der Versuchsphase 'Laktation' (post partum)

Energieversorgung pre calving (-9,3, -16,2 und -14,8 MJ NEL/Tag für N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE}). Für die H_{POST} Behandlungen, die einzigen Tiere mit *ad libitum*-Fütterung, resultierte eine niedrige Energieversorgung *pre partum* (L_{PRE}) in einer höheren Energiebilanz für FV und BS *post partum* (18,2, 6,2 -4,2 MJ NEL/Tag und 14,8, -0,7, -0,2 für NH, MH und HH), aber für HF-Kühe war die Behandlung M_{PRE} hinsichtlich Energiebilanz in der Laktationsperiode am günstigsten (3,4, 7,6 und -1,8 für NH, MH und HH).

4. Diskussion

Der Versuch hatte die Prüfung des Einflusses unterschiedlicher Energieversorgung zum Ziel. Das wurde erreicht durch Veränderung der Energiekonzentration der Rationen (erzielt durch unterschiedliche Grundfutterqualität und auch durch unterschiedliche Kraftfutteranteile) sowie durch Beschränkung der Trockenmasseaufnahme, falls erforderlich. Es ist bekannt, dass das Ausmaß der mikrobiellen Proteinsynthese hauptsächlich von der Menge an fermentierbarer organischer Masse abhängt, die den Mikroben im Pansen zur Verfügung steht (z.B. INRA 1989, RUSSELL et al. 1992, AFRC 1993). Das bedeutet, dass die Versorgung des

Wirtstieres mit umsetzbarem Protein (NRC 2001) oder mit nutzbarem Rohprotein am Duodenum (nXP; GfE 2001) bei unterschiedlichen Energieversorgungsniveaus nicht konstant gehalten werden kann. In ähnlicher Weise würde die gleiche Menge an Rohprotein nicht die gleiche Versorgung an nutzbarem Rohprotein bedeuten. Es wurde entschieden, die Pansenbakterien in jedem Energieniveau (N, M, H) mit ausreichenden Mengen an pansenabbaubarem Protein zu versorgen, um eine optimale mikrobielle Proteinsynthese zu ermöglichen. Auf der Basis der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB; GfE 2001) wurde diese Voraussetzung für eine effiziente mikrobielle Proteinsynthese in den Phasen *post partum* mehr oder weniger gut erreicht (Tabellen 9 und 10). Die RNB betrug im Durchschnitt -6,9 g/Tag. Dies stimmt relativ gut mit dem Milchwahnhstoffgehalt von durchschnittlich 22,3 mg/dl überein (Bereich von 18,8 bis 24,4 mg/dl in den einzelnen Unterklassen, Tabelle 7 und 8). Nach verschiedenen Literaturangaben spiegeln Milchwahnhstoffgehalte von 16 bis 24 mg/dl (KIRCHGESSNER et al. 1986) und 20,8 mg/dl (STEINWIDDER und GRUBER 2000) eine optimale Versorgung von Milchkühen wider. In der Phase *pre partum* verminderte sich die RNB mit steigendem Energieniveau, da der Anteil an Maissilage anstieg und

Tabelle 9: Least squares-Mittelwerte für Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Energiebilanz, BCS und Lebendmasse von mehrkalbigen Kühen in der Frühlaktation (Tage 1 bis 105) (Haupteffekte Energieniveau PRE (N, M, H), Energieniveau POST (N, M, H) und Rasse (FV, BS, HF))

Parameter	pre partum			post partum			H	FV	BS	HF	RMSE	E _{PRE}	E _{POST}	Rasse	P-Werte			
	N	M	H	N	M	H									E _{PRE} ^x E _{POST}	E _{PRE} ^x Rasse	E _{POST} ^x Rasse	E _{PRE} ^x E _{POST} ^x Rasse
Grundfutteraufnahme (kg TM/d)	10,50	10,76	10,66	11,84 ^a	10,04 ^b	10,04 ^b	10,57 ^{ab}	10,34 ^b	11,02 ^a	1,23	0,47	<0,001	<0,001	<0,01	0,40	0,23	0,02	0,13
Krautfutteraufnahme (kg TM/d)	7,17 ^b	7,62 ^{ab}	8,05 ^a	1,71 ^c	9,20 ^b	11,93 ^a	6,78 ^b	7,86 ^a	8,20 ^a	1,45	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,84	0,33	0,47
Mineralstoffe (kg TM/d)	0,212 ^b	0,222 ^{ab}	0,235 ^a	0,211 ^b	0,221 ^b	0,237 ^a	0,210 ^b	0,225 ^a	0,234 ^a	0,031	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	1,00	0,33	0,60	0,49
Gesamtfutteraufnahme (kg TM/d)	17,88 ^b	18,59 ^{ab}	18,95 ^a	13,76 ^c	19,46 ^b	22,20 ^a	17,59 ^b	18,41 ^b	19,43 ^a	1,85	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,46	0,62	0,58
Gesamtfutteraufnahme (g/(kg BW ^{0,75} ×d))	146	151	149	114 ^c	157 ^b	176 ^a	136 ^c	149 ^b	161 ^a	15	0,32	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,89	0,29	0,67
NDF (g/d)	7,144	7,289	7,455	6,528 ^c	7,350 ^b	8,010 ^a	7,146 ^b	7,217 ^{ab}	7,524 ^a	729	0,09	<0,001	<0,001	0,01	0,08	0,34	0,09	0,65
NDF (g/kg LW)	11,9	11,9	11,7	11,0 ^c	11,9 ^b	12,7 ^a	11,0 ^c	11,9 ^b	12,7 ^a	1,3	0,67	<0,001	<0,001	<0,001	0,29	0,94	0,90	0,65
Rohprotein (g/d)	2,507 ^b	2,623 ^{ab}	2,698 ^a	1,671 ^c	2,833 ^b	3,323 ^a	2,445 ^c	2,617 ^b	2,766 ^a	327	0,02	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,38	0,64	0,82
nXP ³ (g/d)	2,550 ^b	2,670 ^{ab}	2,738 ^a	1,664 ^c	2,879 ^b	3,414 ^a	2,494 ^c	2,662 ^b	2,802 ^a	300	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,47	0,69	0,66
RNB ³ (g/d)	-6,7	-7,5	-6,4	1,2 ^a	-7,3 ^b	-14,6 ^b	-8,1	-7,1	-5,4	16,5	0,94	<0,001	<0,001	0,73	0,77	0,72	0,76	0,9
ME (MJ/d)	185,1 ^c	193,5 ^{ab}	198,0 ^a	124,4 ^c	207,4 ^b	244,8 ^a	181,3 ^c	192,7 ^b	202,6 ^a	21,2	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,50	0,71	0,59
NEL (MJ/d)	111,8 ^b	117,0 ^{ab}	119,8 ^a	73,1 ^c	125,9 ^b	149,6 ^a	109,4 ^c	116,6 ^b	122,5 ^a	13,1	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,51	0,72	0,60
Energiebilanz (MJ NEL/d)	-8,3 ^a	-13,3 ^b	-16,7 ^c	-33,2 ^c	-9,9 ^b	4,8 ^a	-10,2 ^b	-13,4 ^{ab}	-14,6 ^b	10,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,03	0,02	0,47	<0,01
Energiebilanz ⁴ (%)	91 ^a	88 ^b	87 ^b	69 ^c	93 ^b	103 ^a	90	87	88	7	<0,001	<0,001	<0,001	0,08	<0,001	0,06	0,94	0,05
nXP-Bilanz ³ (g/d)	97 ^a	7 ^b	-58 ^b	-260 ^c	59 ^b	248 ^a	49	10	-13	204	<0,001	<0,001	<0,001	0,10	0,12	0,25	0,35	0,15
nXP-Bilanz ³ (%)	102 ^a	99 ^b	97 ^b	88 ^c	102 ^b	108 ^a	101	99	99	7	<0,001	<0,001	<0,001	0,15	0,14	0,06	0,57	0,16
BCS ⁵	2,51 ^b	2,54 ^b	2,81 ^a	2,33 ^b	2,73 ^a	2,80 ^a	3,12 ^a	2,63 ^b	2,12 ^c	0,36	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	0,18	0,72	0,34	0,20
BCS-Veränderung ⁵ (Einheit pro Woche)	0,000 ^a	-0,016 ^b	-0,032 ^b	-0,064 ^a	0,004 ^b	0,012 ^b	-0,012	-0,024	-0,012	0,069	<0,01	<0,001	<0,001	0,36	0,83	0,72	0,37	0,97
Lebendmasse ⁶ (kg)	608	613	640	597 ^b	626 ^{ab}	638 ^a	656 ^a	610 ^b	595 ^b	50	0,06	0,02	0,02	<0,001	0,58	0,87	0,47	0,57
Lebendmasse-Veränderung ⁶ (kg/d)	-0,10	-0,44	-0,63	-1,26 ^b	-0,03 ^a	0,12 ^a	-0,35	-0,41	-0,41	1,17	0,23	<0,001	<0,001	0,98	1,00	0,83	0,25	0,91

a-c Mittelwerte innerhalb einer Reihe mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant

¹ Energieniveau: N, M, H bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001)

² Rasse: FV = Fleckvieh, BS = Brown Swiss, HF = Holstein

³ nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum (GfE 2001), RNB = nominale Stickstoffbilanz (GfE 2001)

⁴ Prozent des NEL-Bedarfs

⁵ BCS = body condition score (Körperkondition; nach EDMONSON et al. 1989)

⁶ Lebendmasse wurde wöchentlich gewogen, Lebendmasse-Veränderung wurde auf Basis von Polynomen mit 1. Ableitung kalkuliert

Kraftfutter nicht angeboten wurde (Tabelle 1 sowie 5 und 6). Es ist allerdings davon auszugehen, dass dieses N-Defizit im Pansen über den rumino-hepatischen Kreislauf kompensiert werden kann, da der Proteinbedarf der Wirtstiere bei nicht laktierenden, trächtigen Kühen relativ gering ist (GfE 2001, LAPIERRE und LOBLEY 2001). Hinsichtlich der Proteinversorgung der Wirtstiere ist zu erkennen, dass diese Art der Proteinversorgung die errechnete Proteinbilanz (nXP-Aufnahme minus nXP-Bedarf) in einer ähnlichen Weise beeinflusste wie die errechnete Energiebilanz (NEL-Aufnahme minus NEL-Bedarf), aber auf einem höheren Niveau. Das bedeutet, dass Protein nicht der erst-limitierende Nährstoff war (z.B. 88, 102 und 108 % des nXP-Bedarfes und 69, 93 und 103 % des NEL-Bedarfes in den Gruppen N, M und H *post partum*). Die Ergebnisse werden daher diskutiert auf Basis unterschiedlicher Energieversorgung. Es muss allerdings beachtet werden, dass mögliche Effekte zum Teil auch einer unterschiedlichen Versorgung an nXP zugeschrieben werden können.

4.1 Trockenmasseaufnahme und Energiestatus in der Trockenperiode (Woche -8 bis -1 vor der Abkalbung)

In der Hochträchtigkeit ist ein typischer Rückgang in der Trockenmasse-Aufnahme von Milchkühen im Ausmaß von 20 bis zu 30 % zu beobachten, wenn sie mit energiereichen Rationen *ad libitum* gefüttert werden (BERTICS et al. 1992, DANN et al. 2005). Bei vorher restriktiv gefütterten Kühen fällt dieser Rückgang der Futteraufnahme geringer aus. Das fötale Wachstum und eine damit einhergehende Verringerung des Beckenraumes wurde als mögliche Ursache für diesen Rückgang in der Trockenmasse-Aufnahme *pre partum* diskutiert (INGVARTSEN et al. 1992). Im Gegensatz zu anderen Spezies und zu Jersey-Kühen wurde gezeigt, dass die Futteraufnahme bei Holstein-Milchkühen im geburtsnahen Zeitraum durch

Table 10: Least squares-Mittelwerte für Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Energiebilanz, BCS und Lebendmasse von mehrkalbigen Kühen in der Früh-laktation (Tage 1 bis 105), (Wechselwirkung Energieniveau PRE × POST)

Parameter	Energieniveau (<i>pre partum</i> / <i>post partum</i>) ¹									RMSE	P-Werte E _{PRE} × E _{POST}
	NN	NM	NH	MN	MM	MH	HN	HM	HH		
Grundfutteraufnahme (kg TM/d)	11,49	9,99	10,03	11,84	10,16	10,28	12,20	9,98	9,80	1,23	0,40
Krautfutteraufnahme (kg TM/d)	1,11	8,14	12,25	1,60	9,22	12,02	2,40	10,25	11,51	1,45	<0,01
Mineralstoffe (kg TM/d)	0,201	0,209	0,226	0,210	0,222	0,234	0,223	0,233	0,250	0,031	1,00
Gesamtfutteraufnahme (kg TM/d)	12,80	18,34	22,51	13,64	19,59	22,54	14,83	20,46	21,56	1,85	<0,01
Gesamtfutteraufnahme (g/(kg BW ^{0,75} ×d))	109	148	182	114	161	178	118	161	169	15	<0,01
NDF (g/d)	6.178	7.142	8.111	6.506	7.315	8.048	6.900	7.594	7.870	729	0,08
NDF (g/kg LW)	10,8	11,6	13,2	11,1	12,1	12,6	11,0	11,8	12,3	1,3	0,29
Rohprotein (g/d)	1.530	2.641	3.351	1.653	2.819	3.397	1.831	3.040	3.222	327	0,01
nXP ² (g/d)	1.513	2.676	3.460	1.649	2.888	3.473	1.830	3.073	3.310	300	<0,01
RNB ³ (g/d)	2,8	-5,7	-17,3	0,7	-10,9	-12,4	0,2	-5,2	-14,1	16,5	0,77
ME (MJ/d)	113,6	193,3	248,5	123,5	208,7	248,3	136,1	220,2	237,5	21,2	<0,01
NEL (MJ/d)	66,4	117,2	151,9	72,5	126,7	151,7	80,2	133,9	145,1	13,1	<0,01
Energiebilanz (MJ NEL/d)	-29,0	-8,0	12,1	-34,0	-10,2	4,4	-36,6	-11,3	-2,0	10,2	0,03
Energiebilanz ³ (%)	69	94	109	68	92	103	69	92	98	7	<0,001
nXP-Bilanz ² (g/d)	-220	155	356	-269	16	274	-293	5	114	204	0,12
nXP-Bilanz ² (%)	89	106	111	88	101	108	87	100	104	7	0,14
BCS ⁴	2,12	2,69	2,72	2,20	2,55	2,88	2,66	2,96	2,81	0,36	0,18
BCS-Veränderung ⁴ (Einheit pro Woche)	-0,052	0,020	0,033	-0,069	0,009	0,012	-0,072	-0,017	-0,008	0,069	0,83
Lebendmasse ⁵ (kg)	572	623	627	590	607	643	630	647	643	50	0,58
Lebendmasse-Veränderung ⁵ (kg/d)	-1,00	0,29	0,42	-1,38	-0,08	0,15	-1,39	-0,29	-0,21	1,17	1,00

¹ Energieniveau: N, M, H bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001) sowohl *pre partum* als auch *post partum*:

NN, NM, NH: Energieversorgung *pre partum*: N; Energieversorgung *post partum*: N, M, H
 MN, MM, MH: Energieversorgung *pre partum*: M; Energieversorgung *post partum*: N, M, H
 HN, HM, HH: Energieversorgung *pre partum*: H; Energieversorgung *post partum*: N, M, H

² nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum (GfE 2001), RNB = ruminale Stickstoffbilanz (GfE 2001)

³ Prozent des NEL-Bedarfs

⁴ BCS = body condition score (Körperkondition; nach EDMONSON et al. 1989)

⁵ Lebendmasse wurde wöchentlich gewogen, Lebendmasse-Veränderung wurde auf Basis von Polynomen mit 1. Ableitung kalkuliert

die Aufnahmekapazität des Pansens nicht beschränkt wird (PARK et al. 2011). In der vorliegenden Untersuchung mit Kühen der Rassen FV, BS und HF verminderte sich die Trockenmasse-Aufnahme der Gruppe H_{PRE} in den letzten drei Wochen vor der Abkalbung um 10 %. Die Energiebilanz begann sich allerdings bereits ab Woche 7 zu verringern.

In der Untersuchung von LAW et al. (2011) zeigten mehrkalbige Kühe, die vor der Abkalbung eine Ration mit hoher Energiekonzentration *ad libitum* gefüttert bekamen, in den letzten 21 Tagen vor der Abkalbung eine signifikant höhere Trockenmasse-Aufnahme im Vergleich zu Tieren, die restriktiv eine Ration mit niedriger Energiekonzentration erhielten (10,2 kg vs. 6,6 kg TM). Die Energiebilanz in diesen Hoch- bzw. Niedrig-Energiebehandlungen waren +0,2 und -40,9 MJ ME/Tag. Die Hoch-Energiegruppe des erwähnten Experimentes entspricht ungefähr der Behandlung M_{PRE} in der vorliegenden Untersuchung, in der eine Trockenmasse-aufnahme von 9,96 kg und eine DEB von -2,5 MJ NEL/Tag erreicht wurde. Kühe der Gruppe N_{PRE} hatten im Vergleich zur Niedrig-Energiebehandlung der Untersuchung von LAW et al. (2011) einen relativ höheren Energiestatus.

Der stärkere Rückgang der Trockenmasse-Aufnahme der Kühe H_{PRE} in der vorliegenden Untersuchung ist in Übereinstimmung mit den Beobachtungen anderer Versuchsansteller (DANN et al. 2006, WINKELMANN et al. 2008, JANOVICK und DRACKLEY 2010) und unterstützt die Hypothese von RABELO et al. (2003), nach der ein Rückgang der Trockenmasse-Aufnahme vor der Abkalbung umso größer ist, je höher die Energieaufnahme in der Trockenphase über dem Bedarf liegt. Obwohl die Energieniveaus in jenem Experiment höher waren, sind die Unterschiede in der Energiebilanz zwischen Hoch- und

Niedrig-Energiebehandlungen von RABELO et al. (2003) mit dem Unterschied der vorliegenden Untersuchung vergleichbar (23,4 und 27,6 MJ NEL/Tag).

Obwohl die Begrenzung der Energieaufnahme *pre partum* eine denkbare Fütterungsstrategie für die Trockenstehzeit zu sein scheint, um eine stabile Energiebilanz zu erreichen, ist die praktische Umsetzung eine Herausforderung. Eine Begrenzung der Futtermenge bedeutet, allen Tieren einer gemeinsamen Gruppe die gleichen Mengen anzubieten (WINKELMANN et al. 2008). Zusätzlich kann der niedrigere soziale Status von Kalbinnen im Vergleich zu älteren Kühen zu einer unbeabsichtigten Begrenzung der Futteraufnahme in gemischten Gruppen von mehrkalbigen und erstkalbigen Kühen führen (GRANT und ALBRIGHT 1995). Wenn in Rationen für die Trockenstehzeit nicht Grundfutter mit hohem Fasergehalt verwendet werden, ist mit einer Überversorgung an Energie sowohl bei mehrkalbigen als auch einkalbigen Kühen zu rechnen (JANOVICK und DRACKLEY 2010).

4.2 Produktionsparameter und Energiestatus in der Laktationsperiode (Woche 1 bis 15 nach der Abkalbung)

Die Leistung an Milch und Milchhaltsstoffen der Kühe der Behandlungen H_{PRE} und M_{PRE} war signifikant höher als jene der Kühe N_{PRE}. Das ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von McNAMARA et al. (2003), die das Energieniveau einer Ration auf Grassilage-Basis *pre partum* änderten, ist jedoch im Gegensatz zu anderen Untersuchungen, bei denen eine unterschiedliche *pre calving*-Energieversorgung keinen Einfluss auf die Milchleistung in der nachfolgenden

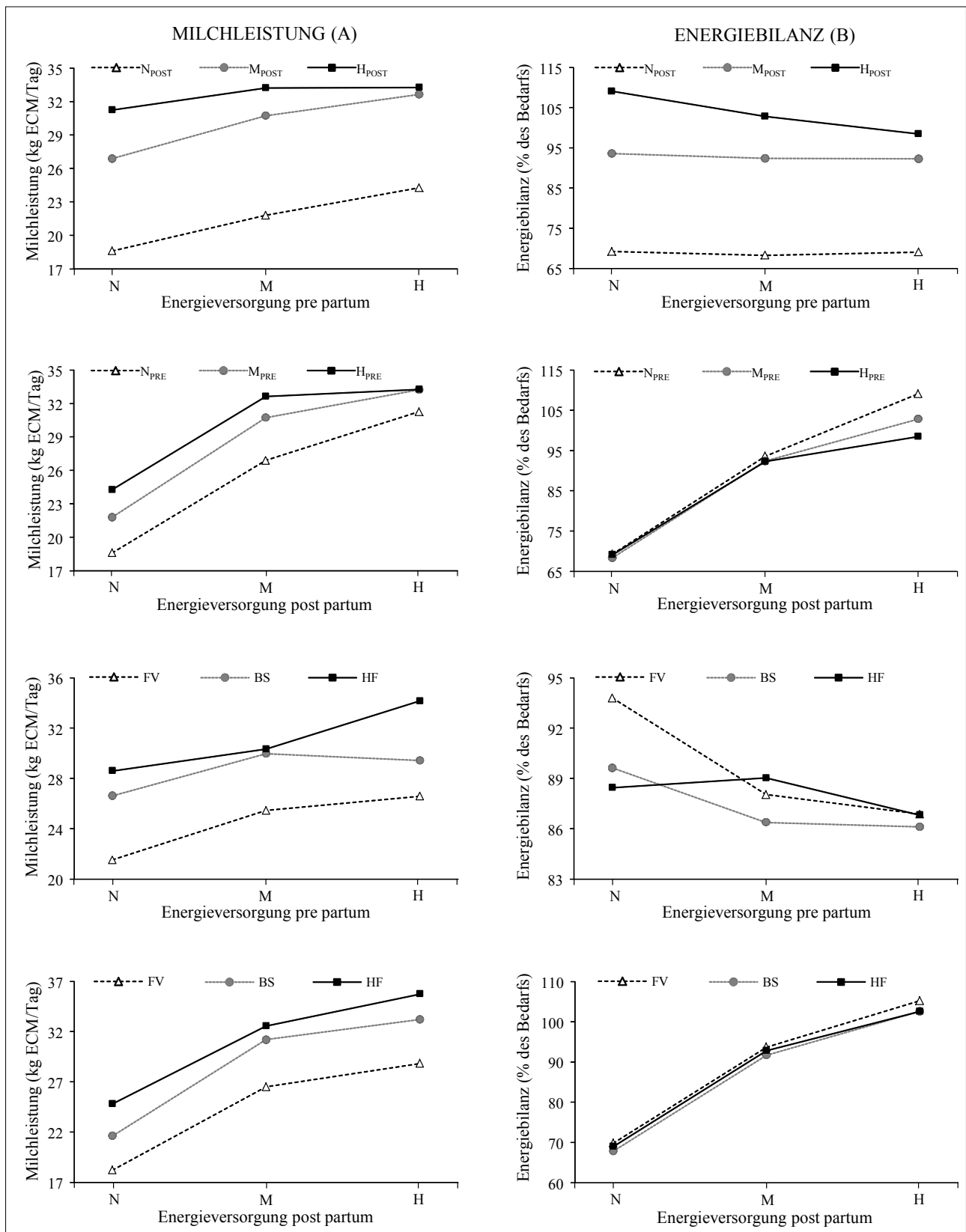


Abbildung 4: Milchleistung (A) und Energiebilanz (B) der Kühe in den Untergruppen EPRE x EPOST, EPOST x EPRE, EPRE x Rasse, EPOST x Rasse (Wechselwirkungen) in der Versuchsphase 'Laktation' (post partum)

Laktation zur Folge hatte (z.B. HOLCOMB et al. 2001). Kühe der N_{PRE} Behandlung mobilisierten während der Trockenperiode Körperreserven (Verlust an 0,23 BCS-Punkten,

Interaktion E_{PRE} x Zeit, P < 0,001) und sie dürften post partum Futterenergie zum Teil verwendet haben, um die Homöostase aufrecht zu erhalten, anstatt Milchenergie zu

produzieren (CHILLIARD et al. 1998, BAUMANN 2000). Die Kühe, die in der Trockenperiode überfüttert waren, konnten mehr Fett aus dem Fettgewebe mobilisieren, um die Milchleistung in der Früh-laktation zu unterstützen, da der Unterschied in den BCS-Werten pre und post calving für diese Behandlung am höchsten war (0,28, 0,45 und 0,61 BCS-Einheiten für N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE} , Tabellen 3 und 5 sowie 9 und 10). Obwohl die Wechselwirkung nicht signifikant ist, ist es erwähnenswert, dass der Einfluss des pre calving-Energieniveaus auf die Milchleistung ausgeprägter war, wenn die Kühe post calving eine niedrige Ergieversorgung erhielten (Differenz HN-NN = 5,7 und Differenz HH-NH = 2,1 kg ECM/Tag, Abbildung 4).

Wie in der Untersuchung von LAW et al. (2011) ist der Einfluss der post calving-Energieversorgung in der vorliegenden Untersuchung wesentlich größer als der Einfluss der pre calving-Energieversorgung. Das niedrigere Kraftfutterangebot in der Früh-laktation verminderte die Milchleistung in den N_{POST} Behandlungen deutlich. Die Milchleistung verringerte sich in der Gruppe HN im Vergleich zu MN und NN rascher (Abbildung 2). Daher könnte eine längere Versuchsdauer *post partum* zu einem signifikanten Effekt der pre calving-Ration auf die Milchleistung bei jenen Tieren geführt haben, die eine niedrige Ergieversorgung post calving erhalten haben. Dies wurde auch in den Untersuchungen von LAW et al. (2011) festgestellt. Im Gegensatz dazu fanden RABELO et al. (2003) weder einen Einfluss der Ration (hohe vs. niedrige Energieversorgung) in der Trockenstehzeit noch während der Laktation und auch keine Wechselwirkungen zwischen beiden Phasen hinsichtlich Milchleistung und Energiebilanz.

In der vorliegenden Untersuchung wurde ein Einfluss des Haupteffektes Energieversorgung *pre partum* auf die Energiebilanz post calving festgestellt. Kühe, die vor der Abkalbung restriktiv gefüttert waren (N_{PRE}), hatten eine höhere Energiebilanz *post partum* im Vergleich zu Kühen, die eine H_{PRE} Behandlung erhielten, wobei M_{PRE} zwischen den beiden Gruppen lag. Die niedrigere Milchleistung bei restriktiver Fütterung der trockenstehenden Kühe dürfte hauptverantwortlich für diesen Effekt sein, wie auch JANOVICK und DRACKLEY (2010) festgestellt haben. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von LAW et al. (2011) führten die N_{PRE} und M_{PRE} Behandlungen zu größeren Unterschieden in der Energiebilanz zwischen den Gruppen mit niedriger und hoher Energieversorgung *post partum* N_{POST} und H_{POST} im Vergleich zu H_{PRE} (pre calving \times post calving-Wechselwirkung, Abbildung 4). Ein mittlerer Anteil von 54 % Kraftfutter in der Ration während der Laktation in den H_{POST} Behandlungen resultierte in einer Energiebilanz, die den Energiebedarf im Durchschnitt um nur 3 % überstieg.

Obwohl der Effekt der Wechselwirkung 'Energieversorgung *pre partum* \times Rasse' nicht signifikant war, mobilisierten HF-Kühe offensichtlich Körperfettreserven in einem höheren Ausmaß, wenn sie vor der Abkalbung überfüttert wurden (28,6, 30,3 und 34,2 kg ECM/Tag in den Untergruppen $N_{PRE} \times HF$, $M_{PRE} \times HF$ und $H_{PRE} \times HF$). FV-Kühe reagierten auf die unterschiedlichen Energieversorgung *pre partum* (21,5, 25,4 und 26,6 kg ECM/Tag bei den Gruppen $N_{PRE} \times FV$, $M_{PRE} \times FV$ und $H_{PRE} \times FV$) auf eine andere Weise, was zeigt, dass diese Zweinutzungsrasse gegenüber einer Unterversorgung an Energie in der Trockenstehzeit toleran-

ter ist. Die Unterschiede für die Rasse BS waren nicht so ausgeprägt (26,6, 30,0 und 29,4 ECM/Tag für $N_{PRE} \times BS$, $M_{PRE} \times BS$ und $H_{PRE} \times BS$). Daher bestätigt der vorliegende Versuch hinsichtlich Energiekennzahlen (ECM-Leistung Tabelle 7 und 8; Energiebilanz Tabelle 9 und 10) frühere Untersuchungen, die besagen dass Kühe mit hohem genetischem Leistungspotenzial mehr Milch produzieren können im Vergleich zu Kühen mit niedrigem genetischem Potenzial, sowohl innerhalb einer Rasse (COFFEY et al. 2004) als auch zwischen den Rassen (TYRELL et al. 1990, YAN et al. 2006). Allerdings wurden in der vorliegenden Untersuchung auch Wechselwirkungen zwischen Rasse und Energieversorgung festgestellt, im Gegensatz zu Ergebnissen von YAN et al. (2006), die nur Haupteffekte von Genotyp und Ernährungsniveau auf die Energiebilanz in der Früh-laktation feststellten. Obwohl der Untersuchungszeitraum nach dem Abkalben in der vorliegenden Studie kürzer war, können die Ergebnisse bzgl. BCS (HF < BS < FV) und Lebendmasse (HF und BS < FV) mit den Ergebnissen von COFFEY et al. (2004) verglichen werden. Diese Autoren stellten fest, dass bei Hochleistungskühen die Energiespeicher des Körpers mit steigender Laktationszahl mehr und mehr aufgebraucht werden, was wahrscheinlich zu Problemen in der Gesundheit, im Wohlbefinden und in der Wirtschaftlichkeit führt.

In der vorliegenden Untersuchung unterschied sich die Futteraufnahme *post partum* signifikant in Abhängigkeit vom Energieniveau *pre partum* ($N_{PRE} < H_{PRE}$). Eine Tendenz zu höherer Futteraufnahme während der ersten 20 Tage der Laktation stellten auch RABELO et al. (2003) bei Kühen fest, die *pre partum* hoch mit Energie versorgt waren (im Vergleich zu Tieren mit niedrigem Futterniveau *pre partum*). Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen fanden andere Versuchsansteller keinen Einfluss der Fütterung in der pre calving-Phase auf die Trockenmasse-Aufnahme *post partum* (AGENÄS et al. 2003, JANOVICK und DRACKLEY 2010, LAW et al. 2011) oder sogar eine Erhöhung der Trockenmasse-Aufnahme (DOUGLAS et al. 2006). Dennoch unterstützen die vorliegenden Ergebnisse die Hypothese von GRUMMER et al. (2004), dass nämlich die absolute Futteraufnahme *pre partum* die Futteraufnahme in der Früh-laktation nicht im selben Ausmaß bestimmt wie die Veränderung in der Trockenmasse-Aufnahme vor der Abkalbung. Der Rückgang der Futteraufnahme in H_{PRE} während der letzten 3 Wochen vor der Abkalbung scheint einen negativen Einfluss auf die Trockenmasse-Aufnahme während der Laktation gehabt zu haben (HH < MH und NH).

5. Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen kann der Schluss gezogen werden, dass die Milchleistung und die Milchzusammensetzung durch alle drei Hauptversuchsfaktoren (E_{PRE} , E_{POST} und Rasse) wie erwartet signifikant beeinflusst worden ist. Darüber hinaus wurden Wechselwirkungen zwischen der Energieversorgung vor und nach dem Abkalben und auch zwischen Energieversorgung und Rasse festgestellt (Abbildung 4). Im eigentlichen Sinn waren diese Wechselwirkungen nur für den Milchproteingehalt $E_{PRE} \times E_{POST}$ ($P = 0,01$) und $E_{PRE} \times Rasse$ ($P < 0,01$) signifikant. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass der Einfluss der Energieversorgung vor dem Abkalben deutlicher ausgeprägt ist, wenn die Kühe nach der Abkalbung weniger Energie erhielten

und umgekehrt. Auf der anderen Seite war die Response der Milchleistung auf die Energieversorgung über dem Bedarf größer bei Kühen, die *pre partum* auf einem niedrigen Energieniveau gefüttert wurden. Das zeigt, dass die Reaktion der Milchleistung auf die Energieversorgung pro calving und post calving zu einem bestimmten Ausmaß von ihrer langfristigen Energiebilanz abhängt. Die Response der Kühe auf die Energieversorgung über dem Bedarf *post partum* verhielt sich für alle 3 Rassen sehr ähnlich, was nicht unbedingt zu erwarten war. Es bedeutet, dass die Nährstoffverteilung in Richtung Milch auch bei FV-Kühen hoch gewesen sein muss. Andererseits war der Einfluss des Energieniveaus *pre partum* bei HF-Kühen größer, was zeigt, dass ihre Milchleistung in einem höheren Ausmaß von der Mobilisation der Körperreserven abhängt. Diese Tatsache spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Lebendmasse und des BCS der vorliegenden Untersuchung wider und auch in deren Verlauf während der Trächtigkeit und in der Laktation. Weiters sind diese Zusammenhänge auch in den Daten der Futteraufnahme sichtbar. Die Trockenmasse- und Energieaufnahme in der Laktation ging mit steigendem Energieniveau *pre partum* zurück und *vice versa*.

Schließlich zeigt diese Untersuchung, dass unterschiedliche Energieversorgung *pre* und *post partum* und deren Wechselwirkung die Energiebilanz von Kühen während des ersten Drittels der Laktation signifikant beeinflusst haben. Eine steigende Energieversorgung *pre partum* führte zu einer stärker negativen Energiebilanz *post partum*, hauptsächlich durch Erhöhung der Milchleistung und Erhöhung des Milcheiweißgehaltes, während die Futteraufnahme leicht zurückging. Die negative Energiebilanz war in mehreren „Mobilisationsparametern“ sichtbar, wie in der Veränderung der Lebendmasse und des BCS. Andererseits erhöhte die steigende Energieversorgung *post partum* wie erwartet auch die Milchleistung sowie den Gehalt an Milchprotein und Laktose. Die Response der Milchleistung auf steigende Energieversorgung folgte dem Prinzip des abnehmenden Ertragszuwachses, da die Energie mehr und mehr in Richtung Körperretention gelenkt wurde, wie auch der Anstieg der Lebendmasse und des BCS zeigt. Der Einfluss der Energieversorgung auf den Stoffwechsel der Kühe dieser Untersuchung wird im nachfolgenden Abschnitt beschrieben. Eine steigende Energieversorgung *pre partum* erhöht die Milchleistung und den Gehalt an Milchinhaltsstoffen, aber er verstärkt auch die negative Energiebilanz mit all ihren Konsequenzen für den Stoffwechsel.

6. Literatur

- AGENÄS, S., E. BURSTED und K. HOLTENIUS, 2003: Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86, 870-882.
- Agricultural Food and Research Council (AFRC), 1993: Energy and Protein Requirements of Ruminants. An Advisory Manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.
- Association of German Agricultural Analytic and Research Institutes (VDLUFA), 2007: Methods Book Vol. III – The Chemical Analysis of Feedstuffs (in German). VDLUFA-Press, Darmstadt, Germany.
- Austrian Ministry of Health, 2004: Animal Keeping Regulation. Special provision of the Federal Act on the Protection of Animals. BGBl. II Nr. 485/2004. Federal Chancellery of the Republic of Austria, Vienna, Austria.
- BAUMAN, D.E., 2000: Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis revisited. In: Cronjé, P.B. (ed.), Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth, and Reproduction. CABI publishing, Wigen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt am Main, DLG-Verlag, 135 S.
- GIGER, S. und D. SAUVANT, 1983: Comparison of different methods for evaluation of digestibility coefficients of concentrate feeds in ruminants (in French). *Annales de Zootechnie* 32, 215-246.
- GRANT, R.J. und J.L. ALBRIGHT, 1995: Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 2791-2803.
- GRUMMER, R.R., D.G. MASHEK und A. HAYIRLI, 2004: Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics of North America: Food Anim. Pract.* 20, 447-470.
- HOLCOMB, C.S., H.H. Van HORN, H.H. HEAD, M.B. HALL und C.J. WILCOX, 2001: Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2051-2058.
- HUHTANEN, P., 1998: Supply of nutrients and productive responses in dairy cows given diets based on restrictively fermented silage. *Agric. a. Food Sci.* 7, 219-250.
- INGVARTSEN, K.L., H.R. ANDERSEN und J. FOLDAGER, 1992: Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Anim. Sci.* 42, 40-46.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition – Recommended Allowances and Feed Tables. John Libbey Eurotext, London Paris, 389 S.
- JANOVICK, N.A. und J.K. DRACKLEY, 2010: Prepartum dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93, 3086-3102.
- KIRCHGESSNER, M., M. KREUZER und D. ROTH-MAIER, 1986: Milk urea and protein content to diagnose energy and protein malnutrition of dairy cows. *Arch. Anim. Nutr.* 36, 192-197.
- KNAUS, W., 2009: Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1107-1114.
- KUNZ, P. L., J.W. BLUM, I.C. HART, H. BICKEL und J. LANDIS, 1985: Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.* 40, 219-231.
- LAPIERRE, H. und G.E. LOBLEY, 2001: Nitrogen recycling in the ruminant: A review. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.), E223-E236.
- LAW, R.A., F.J. YOUNG, D.C. PATTERSON, D.J. KILPATRICK, A.R.G. WYLIE, K.L. INGVARTSEN, A. HAMELEERS, M.A. McCOY, C.S. MAYNE und C.P. FERRIS, 2011: Effect of precalving and postcalving dietary energy level on performance and blood metabolite concentrations of dairy cows throughout lactation. *J. Dairy Sci.* 94, 808-823.
- LINS, M., L. GRUBER und W. OBRITZHAUSER, 2003: Zum Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf Futteraufnahme, Körpermasse und Körperkondition sowie Milchleistung und Stoffwechsel von Milchkühen. *Übers. Tierernähr* 31, 75-120.
- McNAMARA, J.P., 1991: Regulation of adipose tissue metabolism in support of lactation. *J. Dairy Sci.* 74, 706-719.
- McNAMARA, S., F.P. O'MARA, M. RATH und J.J. MURPHY, 2003: Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production, and milk composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2397-2408.

- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th Edition). National Academy Press, Washington, D.C., 381 S.
- PARK, A.F., J.E. SHIRLEY, E.C. TITGEMEYER, J.M. DeFRAIN, R.C. COCHRAN, E.E. WICKERSHAM, T.G. NAGARAJA und D.E. JOHNSON, 2011: Characterization of ruminal dynamics in Holstein dairy cows during the periparturient period. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 95, 571-582.
- RABELO, E., R.L. REZENDE, S.J. BERTICS und R.R. GRUMMER, 2003: Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 916-925.
- REMPPISS, S., H. STEINGASS, L. GRUBER und H. SCHENKEL, 2011: Effects of energy intake on performance, mobilization and retention of body tissue, and metabolic parameters in dairy cows with special regard to effects of pre-partum nutrition on lactation. A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24, 540-572.
- ROCHE, J.R., 2007: Milk production responses to pre- and postcalving dry matter intake in grazing dairy cows. *Livest. Sci.* 110, 12-24.
- RUSSELL, J.B., J.D. O'CONNOR, D.G. FOX, P.J. Van SOEST und C.J. SNIFFEN, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70, 3551-3561.
- SAS Institute Inc., 2010: SAS/STAT 9.22 User's Guide. Cary, NC (USA): SAS Institute Inc., 8460 S.
- STEINWIDDER, A. und L. GRUBER, 2000: Feeding and animal factors influencing milk urea content of dairy cows (in German). *Austrian J. Agric. Res.* 51, 49-57.
- TYRELL, H.F., C.K. REYNOLDS und H.D. BAXTER, 1990: Energy metabolism of Jersey and Holstein cows fed total mixed diets with or without whole cottonseed. *J. Dairy Sci.* 73 (Suppl. 1), 192 (Abstr.).
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur (in German). *Übers. Tierernährg.* 23, 189-214.
- WINKELMAN, L.A., T.H. ELSASSER und C.K. REYNOLDS, 2008: Limit-feeding a high-energy diet to meet energy requirements in the dry period alters plasma metabolite concentrations but does not affect intake or milk production in early lactation. *J. Dairy Sci.* 91, 1067-1079.
- YAN, T., C.S. MAYNE, T.W.J. KEADY und R.E. AGNEW, 2006: Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *J. Dairy Sci.* 89, 1031-1042.
- ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter) 2012: Die österreichische Rinderzucht 2011. ZAR, Wien, 173 S.

B) STOFFWECHSELPARAMETER

Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch wurde der Einfluss der Energieversorgung *pre partum* (PRE) und *post partum* (POST) und deren Wechselwirkung auf Stoffwechsel und Energiebilanz von Milchkühen der Rassen Fleckvieh (FV), Brown Swiss (BS) und Holstein (HF) untersucht. Im Versuch wurden die Effekte von drei Energie- und Nährstoffniveaus (niedrig (N), mittel (M), hoch (H)) jeweils vor und nach dem Abkalben untersucht, indem ein 3×3 faktorielles Design von Behandlungen angewendet wurde. In beiden Versuchsphasen (84 Tage vor und 105 Tage nach dem Abkalben) wurden insgesamt 81 Kühe untersucht (von jeder Rasse jeweils 27 Tiere). Die Energieniveaus betragen 75, 100 und 125 % der Empfehlungen der Gesellschaft der Ernährungsphysiologie (GfE 2001). Während der *pre calving*-Periode war die Konzentration an nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) bei N_{PRE} Kühen höher, während im Gegensatz dazu die Konzentration an Glucose bei H_{PRE} Kühen höher war. Während der Laktation war die Konzentration an NEFA in der Behandlung N_{POST} am höchsten. Die Konzentration an β -Hydroxybuttersäure (BHB) war am höchsten in der Behandlung N_{POST} , sie war am niedrigsten in H_{POST} und bei M_{POST} zwischen beiden Behandlungen. Hinsichtlich der Ergebnisse nach der Abkalbung war die Glucose-Konzentration am niedrigsten bei den Kühen L_{POST} . Fleckvieh-Kühe hatten im Vergleich zu den anderen Rassen niedrigere BHB-Konzentrationen sowohl *pre calving* als auch *post calving* und höhere Glucose-Konzentrationen nur in der Laktation. Die BHB-Konzentration *post partum* war am höchsten bei den Brown Swiss-Kühen. Eine restriktive Futteraufnahme *pre partum* resultierte in einem günstigeren Energiestatus der Kühe, die *post partum* über den Bedarf gefüttert wurden ($E_{PRE} \times E_{POST}$ Interaktion). Holstein-Kühe hatten eine höhere Energiebilanz *pre calving*, wogegen Fleckvieh-Kühe im Vergleich zu den beiden anderen Rassen eine weniger negative Energiebilanz während der Frühaktation aufwiesen. Die Korrelationen zwischen Energiebilanz und NEFA, BHB sowie Glucose waren während der Transitionsperiode am engsten. Die Ergebnisse zeigen, dass eine begrenzte Energieaufnahme während der Trockenstehzeit für den Energiestatus von Milchkühen nach der Abkalbung vorteilhaft ist, während eine Energierestriktion in der Frühaktation zu einer starken Stoffwechselbelastung führt. Speziell während der Transitionperiode zeigt sich eine signifikante, enge Beziehung zwischen der Energiebilanz und den Blutparametern NEFA und BHB.

Schlagwörter: Milchkühe, Trockenstehzeit, Energieaufnahme *post partum*, Transitionperiode, Milchleistung, Energiestatus, Stoffwechsel

1. Einleitung

Während des Überganges vom trächtigen, nicht-laktierenden Stadium zum nicht-trächtigen, laktierenden Stadium vollziehen sich im Stoffwechsel von Milchkühen gewaltige Herausforderungen (GOFF und HORST 1997, REYNOLDS

Summary

A study was conducted to evaluate the effects of 3 energy supply (E) levels (low (L), medium (M), high (H)), both *pre partum* (PRE) and *post partum* (POST), and their interactions on metabolic parameters and energy balance (EB) in dairy cows of three breeds. In both phases, E levels applied to a total of 81 multiparous cows of breeds Simmental (SI), Brown Swiss (BS) and Holstein-Friesian (HF; $n = 27$ for each breed), were 75, 100 and 125% of recommendations of the German Society of Nutrition Physiology (GfE 2001), using a 3×3 factorial arrangement of treatments. During the *pre calving* period, serum concentrations of non-esterified fatty acids (NEFA) were higher for L_{PRE} cows, and glucose concentrations were elevated for H_{PRE} cows. During the lactation period, NEFA concentrations were greatest for treatment L_{POST} . Mean concentrations of β -hydroxybutyrate (BHB) were highest for cows of the L_{POST} treatment, intermediate for M_{POST} and lowest for H_{POST} . Glucose concentrations were lower for L_{POST} cows. SI cows had lower BHB concentrations both *pre* and *post calving*, and higher glucose concentrations only during early lactation than the other breeds. BHB concentration *post partum* was highest for BS cows. Restricted feeding *pre partum* resulted in a better energy status of cows fed above energy requirements *post partum* ($E_{PRE} \times E_{POST}$ interaction). HF cows had a higher EB *pre calving*, whereas SI cows had a less negative EB during early lactation, compared to the other breeds, respectively. Correlations of serum NEFA, BHB and glucose concentrations with EB were strongest during the transition period. Results suggest that controlling energy intake during the dry period might be advantageous for the energy status of dairy cows after calving, whereas energy restriction in early lactation leads to metabolic stress. Evidence is provided of a clear relationship between EB and the blood metabolites NEFA and BHB, especially in the transition period.

Keywords: dairy cow, dry period, *post calving* energy intake, transition period, milk production, energy status, metabolism

et al. 2003). Das Auftreten von Infektionskrankheiten und Stoffwechselproblemen ist in dieser relativ kurzen Periode des Laktationszyklus am häufigsten (DRAECKLEY 1999). Vor dem Abkalben erhöht sich der Energiebedarf infolge des fötalen Wachstums, während in der Zeit um die Geburt die Futteraufnahme stark abfällt (GfE 2001, NRC 2001).

Da sich der Nährstoffbedarf für die Milchproduktion erhöht und sich die Trockenmasseaufnahme nur langsam steigert, mobilisieren hochleistende Milchkühe zu Laktationsbeginn Körperreserven (BELL 1995, REIST et al. 2002). Nicht-veresterte freie Fettsäuren dienen als Indikator für die Mobilisation von Triglyceriden aus dem Fettgewebe (MASHEK und BEEDE 2001), in welchem die Körperreserven vorwiegend gespeichert sind (BAUMANN und CURRIE 1980). Infolge der negativen Energiebilanz in der Früh-laktation ist die Fettmobilisation *post partum* mit einem höheren Niveau von NEFA im Blut korreliert (CHILLIARD et al. 2000). Eine erhöhte Konzentration von Ketokörpern im Blut ist ein Hinweis für energetischen Stress und für die Mobilisation von Körpergewebe in der frühen Laktation (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000). Die Ernährung während der Trockenstehperiode spielt eine wichtige Rolle für das Ausmaß und die Dauer der Fettmobilisation sowie den erhöhten Gehalt an NEFA (KUNZ et al. 1985).

Üblicher Weise werden Blutmetabolite als Indikatoren für den Ernährungszustand und auch für die Krankheitshäufigkeit von Milchkühen *post partum* verwendet (GRUMMER 1993, HERDT 2000, OETZEL 2004). Hinsichtlich der Bewertung der Energiebilanz und der Mobilisation von Körperreserven während der Laktation werden die NEFA als die eindeutigsten Parameter angesehen (CHILLIARD et al. 2000, HOLCOMB et al. 2001), während die Aussagekraft von β -Hydroxybutyrat zum Teil – als Folge seiner Bildung auch im Pansenstoffwechsel – geschmälert ist, obwohl sie metabolischen Stress anzeigen (GIESECKE 1987).

In einer Untersuchung von ROCHE et al. (2005) verringerten sich die NEFA-Werte während der Trockenstehzeit mit steigender Trockenmasseaufnahme. In der Trockenperiode wurden niedrigere NEFA-Konzentrationen im Plasma beobachtet, wenn Kühe entweder eine Hochenergie-Ration erhielten (RABELO et al. 2005) oder wenn sie *ad libitum* gefüttert wurden (DOUGLAS et al. 2006), verglichen mit Kühen, die eine Niedrigenergie-Behandlung erfuhren oder restriktiv gefüttert wurden. In der nachfolgenden Laktation zeigten Kühe erhöhte NEFA-Konzentrationen, wenn sie während der Trockenstehzeit überfüttert wurden (RUKKWAMSUK et al. 2000, HOLTENIUS et al. 2003). In ähnlicher Weise berichten KUNZ et al. (1985) geringere Gehalte von NEFA im Plasma von Kühen, die im Vergleich zu *ad libitum* gefütterten Tieren während der Trockenstehzeit restriktiv gefüttert wurden. Im Gegensatz dazu stellten andere Autoren niedrigere NEFA-Gehalte während der folgenden Laktation fest, wenn die Kühe Hochenergie-Rationen *pre partum* erhielten (OLSSON et al. 1998, VANDEHAAR et al. 1999, HOLCOMB et al. 2001). In Versuchen, die RYAN et al. (2003), RABELO et al. (2005) und ROCHE et al. (2005) durchgeführt haben, waren die Gehalte an NEFA *post partum* durch die Fütterung in der Trockenstehzeit nicht beeinflusst. Hinsichtlich des Einflusses der Energieversorgung in der Trockenstehzeit auf den Gehalt des Blutes von Kühen an BHB sind die Ergebnisse ebenso uneinheitlich, wie REMPPIS et al. (2011) in einer Review dargestellt haben.

In der vorliegenden Studie wurde daher der Einfluss unterschiedlicher Energieversorgung sowohl *pre partum* als auch *post partum* und auch die Wechselwirkung zwischen der Energieversorgung *pre partum* und *post partum* auf den Gehalt an Blutparametern und die Energiebilanz von

mehrkalbigen Kühen der Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein untersucht.

2. Material und Methoden

Der Versuch wurde an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein in Irnding (Steiermark, Österreich) durchgeführt. Alle Erhebungen waren von der Veterinärabteilung des Landes Steiermark genehmigt. Eine detaillierte Beschreibung der Untersuchung wird bei GRUBER et al. (2014) und URDL et al. (2015) angeführt. In kurzen Worten: Es wurde ein Fütterungsversuch mit insgesamt 81 mehrkalbigen Kühen durchgeführt. Der Versuch dauerte 12 Wochen vor der Abkalbung bis 15 Wochen der nachfolgenden Laktation.

2.1 Tiere und Versuchsplan

Kühe der Rassen Fleckvieh ($n = 27$), Brown Swiss ($n = 27$) und Holstein ($n = 27$) hatten eine Laktationszahl von $2,69 \pm 1,81$ (Mittelwert \pm SD), eine durchschnittliche Lebendmasse von 662 ± 77 kg und eine mittlere Milchleistung in der vorangegangenen Laktation von 6.313 ± 1.244 kg (FV = 5.581 kg, BS = 6.436 kg, HF = 6.920 kg). Die Tiere wurden den einzelnen Behandlungen in einer ausgeglichenen Weise nach den Kriterien Rasse, Laktationszahl, Futteraufnahme und Milchleistung zugeteilt. Die Futteraufnahme und Milchleistung wurden in einer zweiwöchigen Vorperiode vor dem eigentlichen Versuchsbeginn erhoben. Es wurde ein 3×3 faktorielles Design an Behandlungen angewendet (3 Energieversorgungsniveaus *pre calving* \times 3 Energieversorgungsniveaus *post calving*).

Sowohl die Behandlungen *pre partum* (PRE) als auch *post partum* (POST) bestanden in einer niedrigen (N), mittleren (M) und hohen (H) Energieversorgung (E), mit der 75 %, 100 % und 125 % des Energiebedarfes entsprechend den Empfehlungen der GfE (2001) gedeckt werden sollten. Die Energieversorgung wurde zweimal pro Woche entsprechend dem Versuchsplan auf Basis der Futteraufnahme und Milchleistung der vorangegangenen 3 bis 4 Tage angepasst.

Die Rationen unterschieden sich im Anteil der Grundfuttermittel (Grassilage und Maissilage sowie Heu von unterschiedlicher Energiekonzentration) und im Kraftfutterniveau. Die Futtermittel wurden getrennt in der folgenden Reihenfolge angeboten: (1) $\frac{1}{2}$ Kraftfutter + Mineralstoffe, (2) Heu, (3) Maissilage, (4) $\frac{1}{2}$ Kraftfutter und (5) Grassilage. Die Zusammensetzung des Grundfutters, der Kraftfutteranteil und der Nährstoffgehalt der gesamten Ration sind in *Tabelle 1* angeführt. Wenn die Energieaufnahme das im Versuchsplan vorgesehene Ziel überschritt, wurde die Futteraufnahme begrenzt. Die Tiere wurden individuell in Anbindehaltung auf Gummimatten gehalten, hatten freien Zugang zu Wasser und während des gesamten Versuches täglich zwischen 13:00 und 15:00 Uhr Auslauf außerhalb des Stalles.

2.2 Blutentnahme und Analyse des Blutes

Während des gesamten Versuches wurde von jeder Kuh ein Mal pro Woche zwischen 07:30 und 8:00 Uhr nach der Morgenfütterung durch Punktion der Schwanzvene Blut entnommen. Die Proben für die Analyse der Glucose im Gesamtblut wurden in einem evakuierten Natriumfluorid-Röhrchen gesammelt, welches Kaliumoxalat als Anticoagulans und Stabilisator enthielt. Zusätzlich

wurden Proben in Serumseparator-Röhrchen gesammelt, die einen Gerinnungsaktivator und ein Trennungsgel enthielten (Greiner Bio-One, Kremsmünster, Austria). Sie wurden unmittelbar nach der Probenahme auf Kühllakus gelagert. Das Serum wurde über eine Zentrifugation bei 3.000 g (20 min) gewonnen und bei -18°C bis zur Analyse tiefgefroren.

Die Analysenparameter des Serums wurden mit entsprechenden Kits analysiert, wobei jedes Kit eine Reihe von Reagenzien für jeden Parameter enthielt. Auf einem Cobas C111 Analyser (Roche Diagnostics, Wien, Österreich) wurden folgende Parameter analysiert:

NEFA (Nr. 434-91795 und Nr. 436-91995), Kits von Wako Chemicals, Neuss, Germany

BHB (Nr. RB 1008), Kits von Randox, Antrim, UK

Glucose (Nr. 04657527190), Cholesterin (Nr. 04718917190), Gesamt-Bilirubin (Nr. 04774256190), Harnstoff (Nr. 04657616190), Kits von Roche Diagnostics, Vienna, Austria

Calcium (Nr. 04718933190), anorganischer Phosphor (Nr. 05401780190), Magnesium (Nr. 05401712190), Kits von Roche Diagnostics, Vienna, Austria

Glutamat-Dehydrogenase (GLDH, Nr. 1 929 992), Aspartat-Amino-Transferase (AST, Nr. 04657543 190), Kits von Roche Diagnostics, Vienna, Austria

2.3 Berechnungen und statistische Analyse

Die Energiebilanz (EB) wurde nach den Angaben der GfE (2001) kalkuliert, und zwar durch Subtraktion des Energiebedarfs von der Energieaufnahme. Der Energiebedarf setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

$$\text{Bedarf für Erhaltung: } NE_M = 0,293 \times LM^{0,75}$$

Bedarf für Trächtigkeit:

$$NE_C = (0,044 \times \exp^{0,0165 \times \text{Trächtigkeitstage}} + 0,01905 \times \text{Trächtigkeitstage} - 3,6619) / 0,175 \times 0,6$$

$$\text{Bedarf für Laktation: } NE_{LAK} = (0,38 \times \text{Milchfett\%} + 0,21 \times \text{Milchprotein\%} + 1,05) \times \text{Milchleistung}$$

Die Nettoenergie-Aufnahme (NE_i) eines Tieres wurde durch Multiplikation der individuellen Trockenmasse-Aufnahme mit der Energiekonzentration der Gesamtration errechnet.

$$\text{Energiebilanz } pre \text{ partum: } EB = NE_i - (NE_M + NE_C)$$

$$\text{Energiebilanz } post \text{ partum } EB = NE_i - (NE_M + NE_{LAK})$$

Die Trächtigkeitstage wurden retrospektiv ausgerechnet, indem die tatsächlichen Abkalbedaten herangezogen wurden. Im Falle von negativer und positiver Energiebilanz wurde für die Kalkulation der Energiebilanz weder Mobilisation noch Retention von Körpergewebe berücksichtigt. Die energiekorrigierte Milch (ECM) wurde nach der Formel der GfE (2001) kalkuliert:

$$ECM = (0,38 \times \text{Milchfett\%} + 0,21 \times \text{Milchprotein\%} + 0,95) \times \text{kg Milch} / 3,2$$

Die Daten der beiden Versuchsphasen (*pre partum* und *post partum*) wurden getrennt analysiert. Die Daten wurden auf Normalität und Varianzhomogenität geprüft, in dem Histogramme und entsprechende statistische Tests mit der Prozedur UNIVARIATE von SAS (2010) angewendet wurden. Nicht-normalverteilte Daten wurden vor der statistischen Analyse log-transformiert (NEFA, BHB, Gesamtbilirubin, GLDH und AST).

Die Daten wurden mit dem Statistikpaket SAS (2010) über die Procedure MIXED nach folgenden Modellen statistisch analysiert:

Modell 1 (*pre partum*):

$$Y_{ijkl} = \mu + E_{PREi} + Rasse_j + Laktationszahl_k + Woche_l + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Beobachtungswert des abhängigen Parameters

μ = Intercept

E_{PREi} = fixer Effekt des Energieniveaus *pre partum* i (i = N, M, H)

$Rasse_j$ = fixer Effekt der Rasse j (j = FV, BS, HF)

$Laktationszahl_k$ = fixer Effekt der Laktationszahl k (k = 2, 3, ≥ 4)

$Woche_l$ = fixer Effekt der Woche l (l = -12, -11, ..., -2, -1 *pre partum*)

e_{ijkl} = Restkomponente

Modell 2 (*post partum*):

$$Y_{ijklm} = \mu + E_{PREi} + E_{POSTj} + E_{PRE} \times E_{POSTj} + Rasse_k + Laktationszahl_l + Woche_m + E_{POST} \times Woche_{jm} + e_{ijklm}$$

E_{PREi} = fixer Effekt des Energieniveaus *pre partum* i (i = N, M, H)

E_{POSTj} = fixer Effekt des Energieniveaus *post partum* j (j = N, M, H)

$E_{PRE} \times E_{POSTj}$ = Wechselwirkung zwischen Energieniveau *pre partum* und Energieniveau *post partum*

$Rasse_k$ = fixer Effekt der Rasse k (k = FV, BS, HF)

$Laktationszahl_l$ = fixer Effekt der Laktationszahl l (l = 2, 3, ≥ 4)

$Woche_m$ = fixer Effekt der Woche m (m = 1, 2, ..., 14, 15 *post partum*)

$E_{POST} \times Woche_{jm}$ = Wechselwirkung zwischen Energieniveau *post partum* und Woche

e_{ijklm} = Restkomponente

Tabelle 1: Zusammensetzung des Grundfutters, Kraftfutteranteil und Nährstoffgehalt der Gesamtration¹

Parameter	Phase ²					
	Pre partum			Post partum		
	N ³	M	H	N	M	H
Anteile (in der TM)						
Heu (% des Grundfutters)	38,6	38,4	39,1	38,6	38,1	40,2
Grassilage (% des Grundfutters)	40,8	30,6	19,5	39,9	29,5	20,7
Maissilage (% des Grundfutters)	20,6	31,1	41,4	22,1	32,5	39,1
Kraftfutter ⁴ (% des Gesamtfutters)	1,7	2,9	17,4	10,2	45,7	52,6
Nährstoffgehalt						
Rohprotein (g/kg TM)	117	113	122	120	144	149
NDF (g/kg TM)	494	491	447	482	382	364
ADF (g/kg TM)	311	297	259	301	214	194
Verdaulichkeit der OM ⁵ (%)	62,6	65,6	70,7	64,3	74,3	76,7
ME (MJ/kg TM)	8,66	9,15	9,99	8,95	10,60	10,99
NEL (MJ/kg TM)	5,03	5,36	5,96	5,24	6,43	6,71
Rohasche (g/kg TM)	77	72	66	74	62	59

¹ auf der Basis tatsächlicher Futteraufnahme

² Phase: *pre partum* = Tag 84 vor der Abkalbung bis Abkalbung (Spätlaktation und Trockenstehtzeit)
post partum = Abkalbung bis Tag 105 (Frühlaktation)

³ Behandlungen: N, M, H (niedrige, mittlere und hohe Energieversorgung; 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001))

⁴ Kraftfutter (% der TM): 24 % Mais, 16 % Gerste, 16 % Trockenschnitzel, 12 % Weizen, 12 % Weizenkleie, 6,7 % Sojaextraktionsschrot, 6,7 % Rapextraktionsschrot, 6,7 % Sonnenblumenextraktionsschrot; Nährstoffgehalt (in der TM): 185 g XP, 179 g nXP (GfE 2001), 7,69 MJ NEL

⁵ Verdaulichkeit *in vivo* (4 Hammel je Futtermittel)

Alle anderen, nicht angeführten Wechselwirkungen waren nicht signifikant bzw. nicht schätzbar und wurden folglich nicht in das endgültige statistische Modell aufgenommen. Die wöchentlichen Beobachtungen der einzelnen Tiere wurden als wiederholte Messungen betrachtet. Für diese wiederholten Messungen wurde die first-order autoregressive Kovarianzstruktur AR (1) angewendet. Die Freiheitsgrade des Nenners wurden nach der Methode Kenward-Roger näherungsweise ermittelt. Im Abschnitt 'Ergebnisse' werden die Least squares-Mittelwerte der log-transformierten Variablen rücktransformiert, um sie besser vergleichen und interpretieren zu können.

Die Korrelationen zwischen Energiebilanz und den Blutparametern Glucose, NEFA und BHB wurden als Pearson's Korrelationen der Least squares-Mittelwerte berechnet (Energieniveau × Versuchsphase), indem die Prozedur CORR von SAS (2010) angewendet wurde. Die Daten wurden getrennt für die Phasen *pre partum*, *post partum*, Transition (Woche -3 bis +3 relativ zur Abkalbung) und die gesamte Versuchsphase ausgewertet. Für die Parameter NEFA und BHB ergab eine nicht-lineare Funktion die beste Anpassung zwischen Energiebilanz und Blutparameter (Prozedure NLIN von SAS 2010), für Energiebilanz und Glucose stellte sich die Beziehung als linear heraus.

3. Ergebnisse

3.1 Produktionsdaten

Die Ergebnisse für Trockenmasseaufnahme und Milchleistung sind im Abschnitt A und in den folgenden Tabellen 2 bis 4 angeführt. Die Trockenmasse- und Energieaufnahme *pre partum* war – dem Versuchsplan entsprechend – zwischen den Gruppen N_{PRE}, M_{PRE} und H_{PRE} unterschiedlich. Die Lebendmasse und Körperkondition der Fleckvieh-Kühe waren höher im Vergleich zu Brown Swiss und Holstein. Die Körperkondition bei der Abkalbung betrug 2,67, 3,02 und

3,49 für N_{PRE}, M_{PRE} und H_{PRE}. Die Milchleistung und Milchezusammensetzung wurden von allen drei Versuchsfaktoren (E_{PRE}, E_{POST} und Rasse) beeinflusst. Die Milchleistung machte 25,6, 28,6 und 30,1 kg ECM/Tag für die Gruppen N_{PRE}, M_{PRE} und H_{PRE} aus (P < 0,001) und 21,5, 30,1 und 32,6 kg ECM/Tag für die Behandlungen N_{POST}, M_{POST} und H_{POST} (P < 0,001). Hinsichtlich des Gehaltes an Milcheiweiß war die Interaktion E_{PRE} × E_{POST} und E_{PRE} × Rasse signifikant.

Der Einfluss der Energieversorgung vor dem Abkalben auf die Milchleistung war deutlicher ausgeprägt, wenn die Kühe nach der Abkalbung eine geringere Energieversorgung erfuhren und *vice versa*. Andererseits war die Response der Milchleistung auf die Energieversorgung über dem Bedarf größer bei Kühen, die ein niedriges Energieniveau *pre partum* erfuhren. Der Einfluss der Energieversorgung *pre partum* war bei Holstein-Kühen höher, was zeigt, dass ihre Milchleistung in einem größeren Ausmaß auf Mobilisation von Körperreserven beruht. Trockenmasse- und NEL-Aufnahme ver-

minderten sich mit steigendem Energieniveau *pre partum* leicht. Die Erhöhung der Energieversorgung *post partum* erhöhte die Milchleistung und den Gehalt an Milchprotein und Laktose.

3.2 Energiebilanz

Die mittlere tägliche Energiebilanz während der *pre calving*-Periode (späte Laktation und Trockenperiode) unterschied sich – wie im Versuchsplan vorgesehen – signifikant (P < 0,001, Tabelle 2). Im Gegensatz zu den Gruppen N_{PRE} und M_{PRE}, in denen die Energieaufnahme mit fortschreitender Trächtigkeit kontinuierlich anstieg, wurde in der Behandlung H_{PRE} in den letzten 3 Wochen vor der Abkalbung ein Rückgang der Trockenmasseaufnahme und folglich auch der Energiebilanz festgestellt (siehe Abschnitt A). Die Bedarfsdeckung sank von 117 % in Woche -3 auf 94 % am Tag vor der Abkalbung. Holstein-Kühe wiesen im Vergleich zu Brown Swiss- und Fleckvieh-Kühen eine höhere Energiebilanz auf (P < 0,001, Tabelle 2).

Eine restriktive Fütterung in der Trockenperiode (N_{PRE}) resultierte im Vergleich zu M_{PRE} und H_{PRE} in einer weniger negativen Energiebilanz nach der Abkalbung (P < 0,001; Tabelle 3). Der Einfluss der Energieversorgung *post partum* auf die Energiebilanz war wesentlich stärker ausgeprägt. Alle Behandlungen unterschieden sich signifikant (69, 93, 103 % des Energiebedarfs in N_{POST}, M_{POST} und H_{POST}; P < 0,001; Tabelle 3). In den H_{POST} Behandlungen, den einzigen Gruppen mit tatsächlicher *ad libitum*-Fütterung, überstieg die Energieaufnahme den Bedarf im Mittel um nur 3 %.

Es wurden Wechselwirkungen zwischen der Energieversorgung *pre partum* und Energieversorgung *post partum* festgestellt, sowohl für die absolute (P < 0,05) als auch für die relative Energiebilanz (% des NEL Bedarfs; P < 0,001; Tabelle 4). Nach der Abkalbung hatten NH-Kühe einen besseren Energiestatus im Vergleich zu MH-Kühen und

Tabelle 2: Einfluss von Energieversorgung *pre partum* und Rasse auf Futteraufnahme, Körperkondition, Energiebilanz und Stoffwechselformparameter in der Periode *pre partum* (Spätlaktation und Trockenstehzeit)

Parameter	Energieniveau ¹			FV	Rasse ²		RMSE ³	E _{PRE}	P-Wert Rasse	Woche
	N	M	H		BS	HF				
Futteraufnahme (kg TM/d)	8,1 ^c	10,4 ^b	13,7 ^a	10,6 ^{ab}	10,5 ^b	11,1 ^a	1,5	<0,001	<0,05	<0,001
Körperkondition ⁴	2,85 ^b	3,00 ^b	3,34 ^a	3,55 ^a	3,12 ^b	2,54 ^c	0,47	0,001	<0,001	0,80
Energiebilanz ⁵ (MJ NEL/d)	-15,5 ^c	-3,1 ^b	14,6 ^a	-3,1 ^b	-2,0 ^b	1,0 ^a	6,3	<0,001	<0,001	<0,001
Energiebilanz ⁵ (%)	72 ^c	95 ^b	123 ^a	95 ^b	96 ^b	99 ^a	9	<0,001	<0,001	<0,001
Glucose (mmol/l)	3,08 ^b	3,20 ^b	3,33 ^a	3,23	3,24	3,14	0,40	<0,001	0,08	0,11
NEFA (mmol/l)	0,16 ^a	0,12 ^b	0,12 ^b	0,13	0,13	0,13	- ⁶	<0,001	0,86	<0,001
BHB (mmol/l)	0,71	0,71	0,65	0,62 ^b	0,73 ^a	0,72 ^a	- ⁶	0,13	0,003	<0,001
Bilirubin (µmol/l)	1,59 ^a	1,28 ^b	1,19 ^b	1,35	1,30	1,38	- ⁶	<0,001	0,63	<0,05
Harnstoff (mmol/l)	4,01 ^a	3,71 ^b	3,60 ^b	3,80 ^b	4,07 ^a	3,44 ^c	0,72	<0,001	<0,001	0,06
Cholesterin (mmol/l)	2,70	2,57	2,53	2,41	2,66	2,73	0,64	0,45	0,08	<0,001
AST (IU/l)	24,7 ^b	29,0 ^a	28,2 ^a	26,1 ^b	29,1 ^a	26,5 ^{ab}	- ⁶	0,001	0,04	<0,001
GLDH (IU/l)	3,28 ^c	4,29 ^b	5,41 ^a	4,12	4,51	4,10	- ⁶	<0,001	0,24	<0,001
Ca (mmol/l)	2,50	2,50	2,49	2,50	2,52	2,47	0,19	0,83	0,09	0,5
P (mmol/l)	1,85	1,82	1,83	1,85	1,82	1,83	0,27	0,55	0,64	<0,001
Mg (mmol/l)	1,00	1,01	1,00	0,96 ^b	1,05 ^a	0,99 ^b	0,13	0,64	<0,001	0,09

¹ Behandlungen: N, M, H (niedrig, mittel, hoch) bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001)

² Rasse: FV = Fleckvieh, BS = Brown Swiss, HF = Holstein

³ RMSE = root mean square error

⁴ Körperkondition = body condition score (nach EDMONSON et al. 1989), wöchentliche Erhebung

⁵ Energiebilanz = Energieaufnahme minus bzw. dividiert durch Energiebedarf (nach GfE 2001)

⁶ RMSE beruht auf logarithmischen Werten und wird daher nicht angegeben

^{a-c} Mittelwerte innerhalb einer Reihe mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ($P < 0,05$)

besonders zu HH-Kühen. In den restriktiven Fütterungsgruppen (N_{POST} und M_{POST}) konnte ein solcher Effekt nicht festgestellt werden. Kühe der Behandlungen NH, MH und HH erreichten eine positive Energiebilanz in Woche 3, 4 und 8 (*Abbildung 1*). Fleckvieh-Kühe hatten während der frühen Laktation eine weniger negative Energiebilanz als Brown Swiss und Holstein ($P = 0,004$; *Tabelle 3*).

3.3 Blutparameter

In der Phase *pre partum* war die Konzentration im Blut an NEFA bei den Kühen der Gruppen N_{PRE} höher als in den Gruppen M_{PRE} und H_{PRE} . Dies wurde auch für Gesamtbilirubin festgestellt, in der die Behandlung N_{PRE} zu höheren Werten als in den Gruppen M_{PRE} und H_{PRE} führten ($P < 0,001$). Die Konzentration im Blut an Glucose war in den über dem Bedarf gefütterten Tieren (H_{PRE}) höher als bei den Kühen, die entsprechend dem Bedarf oder restriktiv gefüttert wurden. Die mittleren Gehalte an den Leberenzymen GLDH und AST unterschieden sich ebenfalls signifikant ($P < 0,001$ und $P = 0,001$).

Die Konzentration im Blut an BHB der Fleckvieh-Kühe war niedriger als bei Brown Swiss und Holstein ($P = 0,003$). Die durchschnittliche AST-Aktivität war höher bei Brown Swiss-Kühen ($P = 0,04$) als bei Fleckvieh, während Holstein-Kühe zwischen beiden Rassen lagen (*Tabelle 2*). Eine Tendenz zu einer niedrigeren Blutglucose-Konzentration trat bei Holstein-Kühen im Vergleich zu den beiden anderen Rassen auf ($P = 0,08$). Es gab auch eine Tendenz zu Unterschieden zwischen den Rassen im Gehalt an Cholesterin ($P = 0,08$).

Effekte der *pre partum* Behandlungen auf die darauffolgende Laktation wurden für NEFA und Harnstoff und auch für die AST festgestellt (*Tabelle 3*). Der Gehalt an NEFA im Serum war bei Kühen der Behandlungen H_{PRE} höher gegenüber der Gruppe M_{PRE} und besonders im Vergleich zu Gruppe N_{PRE} ($P = 0,033$). Die Konzentration an Blutharnstoff war höher in den Gruppen M_{PRE} und H_{PRE} ($P < 0,001$).

Die Energieversorgung *post partum* beeinflusste die Profile an Stoffwechselformparametern im Blut während der ersten 105 Tage der Laktation signifikant (*Tabelle 3*). Die Konzentration an NEFA war in Gruppe N_{POST} im Vergleich zu M_{POST} und H_{POST} signifikant höher ($P < 0,001$; *Abbildung 2*). Die mittlere BHB-Konzentration nahm mit sinkender Energieversorgung signifikant zu (0,26, 0,14, 0,13 mM in N_{POST} , M_{POST} und H_{POST} ; *Tabelle 3* und *Abbildung 3*). Im Vergleich zu den beiden Gruppen M_{POST} und H_{POST} war bei den N_{POST} Kühen die Konzentration an Gesamtbilirubin höher und Glucose sowie GLDH signifikant niedriger ($P < 0,001$).

Der Versuchsfaktor 'Rasse' beeinflusste in der Frühaktation viele der Blutmetaboliten (*Tabelle 3*). Brown Swiss-Kühe wiesen die höchste β -Hydroxybutyrat-Konzentration auf, gefolgt von Holstein und Fleckvieh ($P < 0,011$). Fleckvieh-Kühe hatten einen höheren Blutglucosegehalt als die beiden anderen Rassen ($P < 0,001$). Die Gehalte an Gesamtbilirubin und Cholesterin und auch die AST-Aktivität ($P = 0,03$, $P = 0,002$ und $P < 0,001$) waren bei Fleckvieh-Kühen im Vergleich zu Holstein niedriger, wogegen sich Brown Swiss von der Rasse Fleckvieh nur hinsichtlich AST unterschieden. Der Gehalt an Blutharnstoff war am niedrigsten bei Holstein-Kühen ($P < 0,001$). Die Behandlungen hatten keinen Effekt auf den durchschnittlichen Gehalt an Cholesterin im Blut weder vor noch nach der Abkalbung, aber es zeigte sich ein deutlicher Zeiteffekt (Woche relativ zu Abkalbung; $P < 0,001$; Daten sind nicht dargestellt).

3.4 Korrelationen zwischen Energiebilanz und Blutmetaboliten

Die Pearson's Korrelationen der Energiebilanz mit den Serumgehalten an NEFA, BHB und Glucose sind in *Tabelle 5* angegeben. Alle Korrelationen waren signifikant ($P < 0,05$). In der *pre partum* Periode korrelierte die Energiebilanz am stärksten mit Glucose, gefolgt von NEFA und BHB. Während der Laktationsperiode waren alle Korrelationen zwischen der Energiebilanz und den Blutmetaboliten höher

Tabelle 3: Einfluss von Energieversorgung pre partum sowie post partum (Haupteffekte) und Rasse auf Futteraufnahme, Milchleistung, Körperkondition, Energiebilanz und Stoffwechselfaktor in der Periode post partum (Frühlaktation)

Parameter	pre partum			post partum			Rasse ²	HF	RMSE ³	E _{PRE}	E _{POST}	P-Wert Rasse	Woche E _{POST} × Woche
	N	M	H	N	M	H							
Futteraufnahme (kg TM/d)	17,9 ^b	18,6 ^b	19,0 ^a	13,8 ^c	19,5 ^b	22,2 ^a	17,6 ^b	18,4 ^b	1,9	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Milchleistung (kg ECM/d)	25,6 ^c	28,6 ^a	30,1 ^a	21,5 ^c	30,1 ^b	32,6 ^a	24,5 ^c	28,7 ^b	4,3	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Milchfett (%)	4,16	4,34	4,30	4,37 ^a	4,26 ^{ab}	4,16 ^b	4,04 ^b	4,37 ^a	0,06	0,05	<0,001	<0,001	<0,001
Milchprotein (%)	3,21 ^a	3,24 ^{ab}	3,28 ^b	2,98 ^c	3,30 ^b	3,43 ^a	3,29 ^a	3,24 ^{ab}	0,22	0,04	<0,001	<0,001	<0,001
Körperkondition ⁴	2,51 ^b	2,54 ^b	2,81 ^a	2,33 ^b	2,73 ^a	2,80 ^a	3,12 ^a	2,63 ^b	0,36	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Energiebilanz ⁵ (MJ NEL/d)	-8,3 ^a	-13,3 ^b	-16,7 ^c	-33,2 ^c	-9,9 ^b	4,8 ^a	-10,2 ^a	-13,4 ^{ab}	10,2	<0,001	<0,001	0,004	<0,001
Energiebilanz ⁶ (%)	91 ^a	88 ^b	87 ^b	69 ^c	93 ^b	103 ^a	90	87	7	<0,001	<0,001	0,08	<0,001
Glucose (mmol/l)	2,80	2,80	2,80	2,46 ^b	2,93 ^a	3,01 ^a	2,94 ^a	2,68 ^b	0,50	0,99	<0,001	<0,001	<0,001
NEFA (mmol/l)	0,15 ^b	0,17 ^{ab}	0,19 ^a	0,26 ^a	0,14 ^b	0,13 ^b	0,17	0,16	-6	0,033	<0,001	0,85	<0,001
BHB (mmol/l)	0,90	0,98	0,96	1,37 ^a	0,88 ^b	0,70 ^c	0,80 ^c	1,10 ^a	-6	0,38	<0,001	<0,001	0,02
Bilirubin (µmol/l)	1,33	1,35	1,43	1,70 ^a	1,24 ^b	1,22 ^b	1,31 ^b	1,34 ^{ab}	-6	0,28	<0,001	0,03	<0,001
Harnstoff (mmol/l)	3,62 ^b	4,00 ^a	4,02 ^a	3,87 ^{ab}	4,04 ^a	3,73 ^b	3,96 ^a	4,20 ^a	0,89	<0,001	0,018	<0,001	0,15
Cholesterin (mmol/l)	3,91	4,15	4,08	4,06	4,12	3,95	3,71 ^b	4,09 ^{ab}	0,87	0,37	0,63	0,002	<0,001
AST (IU/l)	33,9 ^b	37,7 ^a	35,6 ^{ab}	35,7	34,5	36,9	32,5 ^b	38,7 ^a	-6	0,003	0,11	<0,001	0,54
GLDH (IU/l)	5,96	6,05	6,42	5,28 ^b	6,27 ^a	6,99 ^a	5,82	6,30	-6	0,46	<0,001	0,35	<0,001
Ca (mmol/l)	2,45	2,45	2,47	2,50 ^a	2,46 ^b	2,43 ^b	2,44	2,48	0,19	0,44	<0,001	0,12	0,03
P (mmol/l)	1,83	1,80	1,82	1,83	1,83	1,79	1,84 ^a	1,78 ^b	0,28	0,62	0,31	0,03	<0,001
Mg (mmol/l)	1,07	1,09	1,08	1,10	1,07	1,07	1,04 ^b	1,14 ^a	0,15	0,30	0,25	<0,001	<0,001

¹ Behandlungen: N, M, H (niedrig, mittel, hoch) bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001)

² Rasse: FV = Fleckvieh, BS = Brown Swiss, HF = Holstein

³ RMSE = root mean square error

⁴ Körperkondition = body condition score (nach EDMONSON et al. 1989), wöchentliche Erhebung

⁵ Energiebilanz = Energieaufnahme minus bzw. dividiert durch Energiebedarf (nach GfE: 2001)

⁶ RMSE beruht auf logarithmischen Werten und wird daher nicht angegeben

^{a-c} Mittelwerte innerhalb einer Reihe mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant (P < 0,05)

als in der pre calving-Periode, wobei die Korrelation zwischen Energiebilanz und NEFA stärksten war. Wenn der gesamte Versuchszeitraum oder die Transitionperiode analysiert wurde, waren die Korrelationen zwischen Energiebilanz und Glucose oder auch BHB nahezu unverändert. Im Gegensatz dazu waren die Korrelationen zwischen Energiebilanz und NEFA bemerkenswert größer, wenn die Daten auf die Transitionperiode beschränkt waren. In *Abbildung 4* sind die Behandlungsmittelwerte (Haupteffekte und Wechselwirkungen $E_{PRE} \times E_{POST}$) der Konzentrationen von NEFA und BHB gegen die Energiebilanz geplottet, um diese Zusammenhänge darzustellen.

4. Diskussion

Um den Energiestatus (HEUER et al. 2000, REIST et al. 2002, CLARK et al. 2005), das Gesundheitsrisiko (OSPINA et al. 2010, STENGÄRDE et al. 2010, JORRITSMA et al. 2001), die Fruchtbarkeit (GIULIODORI et al. 2011) und die Leistung (DUFFIELD et al. 2009) von Milchkuhen in der frühen Laktation zu beschreiben, hat das sogenannte Metabolic Profiling von Milchkuhen im vergangenen Jahrzehnt erneutes Interesse erhalten. Die Verwendung der Energiebilanz auf der Ebene der individuellen Kuh – geschätzt aus den einfach verfügbaren Daten der Milchzusammensetzung – ist im Management ganzer Milchviehherden und im Decision Support von nur begrenztem Wert (LÖWENDAHL et al. 2010). WYLIE et al. (2008) brachten wieder Skepsis gegenüber der Aussagekraft von NEFA und BHB als alleinige Indikatoren für die Energiebilanz ins Spiel. In der vorliegenden Arbeit werden die Effekte der Energieversorgung *per se* diskutiert, d.h. die Energieaufnahme bzw. Energiekonzentration; aber die Energiebilanz und Blutmetaboliten von mehrkalbigen, hochleistenden Kühen werden außerdem auch von den Energiequelle (d.h. von den Rationskomponenten) beeinflusst, wie Van KNEGSEL et al. (2007a, b) berichtet haben.

4.1 Energiebilanz pre partum und post partum

In der vorliegenden Studie konnte in der Gruppe H_{POST} das geplante Ziel einer Energieübersorgung von 125 % des Bedarfs nicht erreicht werden und ebenso nicht in den letzten 4 Wochen vor dem Abkalben in der Behandlung H_{PRE} (*Abbildung 1*). In der Versuchsphase *pre partum* war das möglicherweise darauf zurückzuführen, dass eine Kraftfutterergänzung in diesem Leistungsstadium nicht vorgesehen war. Nur in der letzten Woche vor dem Abkalben

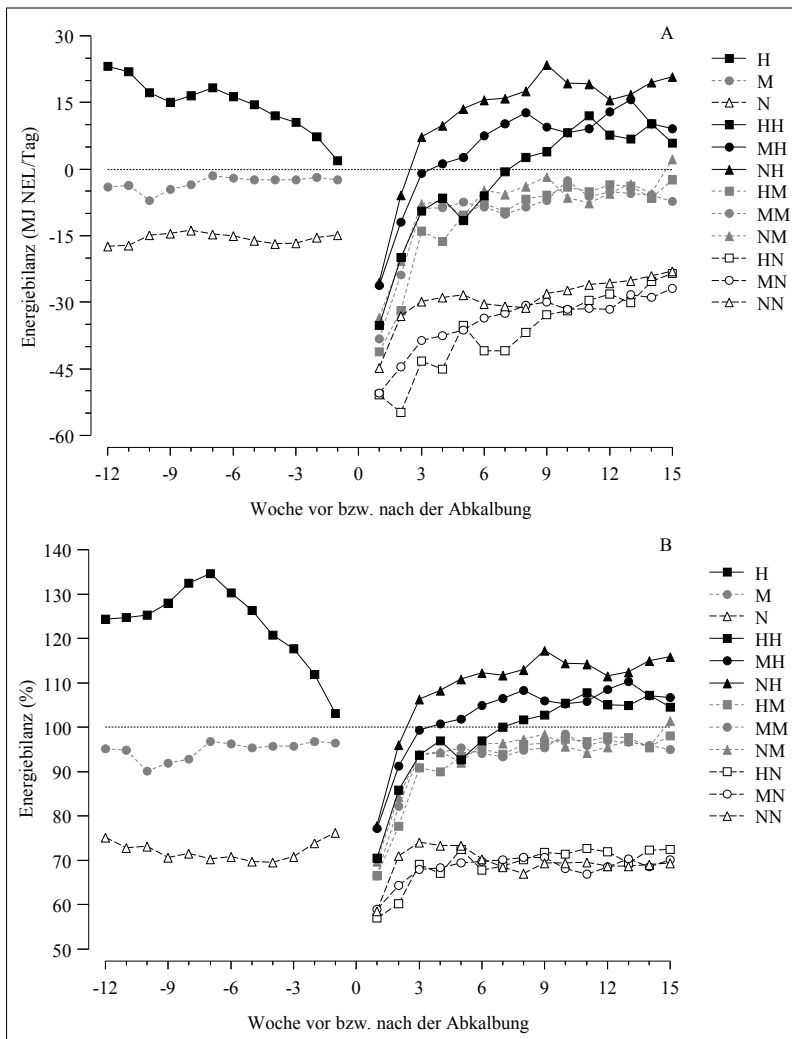


Abbildung 1: Energiebilanz in MJ NEL/d (A) und Energiebilanz in Prozent des Bedarfs (B) der Kühe in den Gruppen N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE} (Versuchsphase 'Trockenstehzeit'; *pre partum*) sowie in den Gruppen NN, NM, NH und MN, MM, MH und HN, HM, HH (Versuchsphase 'Laktation'; *post partum*)

erhielten die Kühe 1 kg Kraftfutter, um die Pansenbakterien auf die Ration in der Laktation vorzubereiten. MARTENS et al. (2012) betonen die Bedeutung dieser sogenannten *close-up diet* mindestens 2 Wochen vor der Abkalbung, um dem Pansenepithel die Möglichkeit zu einer Adaptation zu ermöglichen. Da eine Totalmischration (TMR) einen erhöhten Energiegehalt und somit eine erhöhte Energieaufnahme erlaubt (INGVARTSEN et al. 2001), ist in der getrennten Futtervorlage wie im vorliegenden Versuch eine der Ursachen dafür zu suchen, dass die geplante Überversorgung nicht erreicht werden konnte. Jedoch wurden auch in der Untersuchung von LAW et al. (2011) bei *ad libitum* Fütterung einer energiereichen TMR während der gesamten Trockenstehzeit der Energiebedarf in den letzten drei Wochen vor der Abkalbung nur leicht überschritten. Der Rückgang der Futteraufnahme der *ad libitum* gefütterten Kühe (H_{PRE} ; siehe Abschnitt A) und die daraus folgende abnehmende Energiebilanz vor der Abkalbung stimmt mit den Erfahrungen mehrerer anderer Autoren überein (GRUMMER 1995, INGVARTSEN und ANDERSEN 2000, DANN et al. 2005). Sowohl das abnehmende Volumen im Beckenbe-

reich (INGVARTSEN et al. 1992) als auch ein ansteigender Energiebedarf infolge des fötalen Wachstums tragen zu diesem Effekt bei (GfE 2001).

Die Wechselwirkung zwischen der Energieversorgung *pre partum* und *post partum* auf die Energiebilanz *post partum* kann einerseits durch die geringere Milchleistung der in der Phase *pre partum* unterversorgten H_{POST} Kühe (31,2, 33,2, 33,3 kg ECM in NH, MH, HH) und andererseits durch die geringere Futteraufnahme der in der Phase *pre partum* überversorgten H_{POST} Kühe (22,5, 22,5, 21,6 kg TM in NH, MH, HH) erklärt werden. Dies führte zu einer ungünstigeren Energiebilanz der in der Phase *pre partum* überversorgten Tiere (+12,1, +4,4, -2,0 MJ NEL in NH, MH, HH). Ähnliche Ergebnisse haben auch JANOVICK und DRACKLEY (2010) gefunden. In der Untersuchung von LAW et al. (2011) führte die *ad libitum* Fütterung einer energiereichen TMR mit einem Grundfutter/Kraftfutter-Verhältnis von 30:70 (TM-Basis) zu einer Energiebilanz von +24,0 MJ ME/Tag (entspricht ca. +14,0 MJ NEL/Tag). In der vorliegenden Untersuchung wurde *post partum* bei einem Grundfutter/Kraftfutter-Verhältnis von 46:54 eine Energiebilanz von +4,8 MJ NEL/Tag erreicht (d.h. +3 % des Energiebedarfs). Diese Ergebnisse zeigen, dass bei der getrennten Futtervorlage von Grundfutter und Kraftfutter eine deutlich über den Bedarf hinausgehende Energieaufnahme in der Früh-laktation sehr unwahrscheinlich ist. Andererseits berichten ØSTERGAARD und GRÖHN (2000) von einem gehäuftem Auftreten von Stoffwechselproblemen.

In der vorliegenden Studie wurde bei den kombinierten Fleckvieh-Kühen eine weniger negative Energiebilanz während der Früh-laktation ermittelt (-10,2, -13,4, -14,6 MJ NEL/d bei FV, BS, HF; *Tabelle 3*). Dies ist ein deutlicher Hinweis für einen genetisch verankerten Abbau von Körperenergie-reserven, wie auch FRIGGENS et al. (2007) festgestellt haben. Diese Unterschiede zwischen den Rassen in der Energiebilanz sind allerdings gering im Vergleich zu den Unterschieden in der Milchleistung (24,5, 28,7, 31,0 kg ECM bei FV, BS, HF; *Tabelle 3*). Auch die Entwicklung der Lebendmasse und des BCS bei den 3 Rassen während des Versuchsabschnittes *post partum* fügen sich gut in dieses Bild (*Tabelle 5* in Abschnitt A). Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Rassen, was mit den geringen Unterschieden in der Energiebilanz gut übereinstimmt. Daraus ist abzuleiten, dass die Aufteilung der Futterenergie in Richtung Milch bei den Rassen mit höherem Milchleistungspotenzial (Brown Swiss und Holstein) im Vergleich zu Fleckvieh größer gewesen sein muss, was frühere Untersuchungen von YAN et al. (2006) bestätigen. Bei längerer Versuchsdauer hätte die Entwicklung des BCS diese Zusammenhänge noch deutlicher

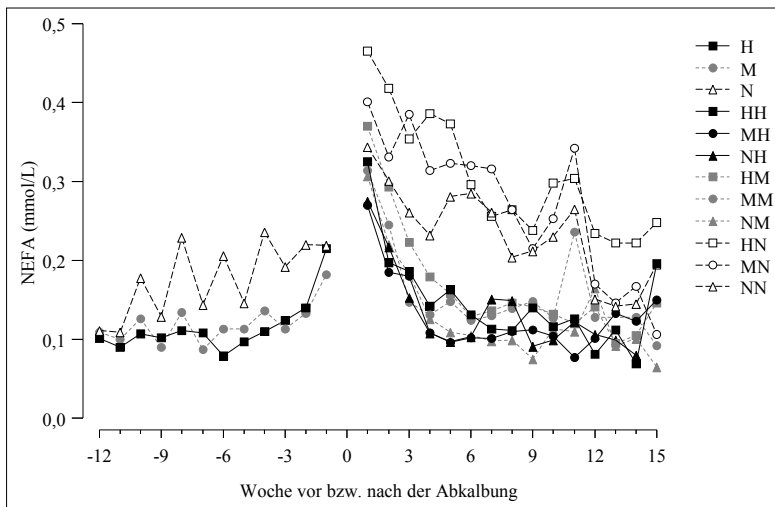


Abbildung 2: Gehalt des Serums der Kühe an nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) in den Gruppen N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE} (Versuchsphase 'Trockenstehzeit'; *pre partum*) sowie in den Gruppen NN, NM, NH und MN, MM, MH und HN, HM, HH (Versuchsphase 'Laktation'; *post partum*)

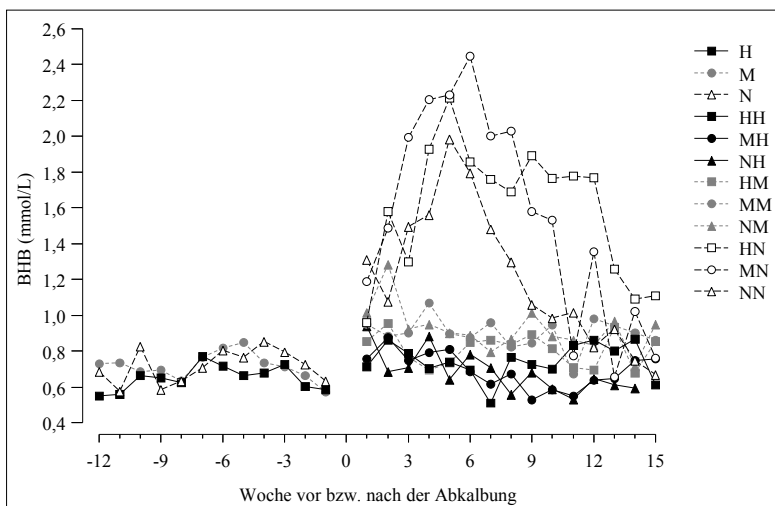


Abbildung 3: Gehalt des Serums der Kühe an β -Hydroxybuttersäure (BHB) in den Gruppen N_{PRE} , M_{PRE} und H_{PRE} (Versuchsphase 'Trockenstehzeit'; *pre partum*) sowie in den Gruppen NN, NM, NH und MN, MM, MH und HN, HM, HH (Versuchsphase 'Laktation'; *post partum*)

gemacht. Wie auch die Ergebnisse von YAN et al. (2006) sowie PATTON et al. (2008) zeigen, existieren zwischen den Genotypen Unterschiede auch im Zeitverlauf, was die Aufteilung der Futterenergie in Richtung Milch bzw. Körperansatz betrifft.

4.2 Einfluss der Energieversorgung *pre partum* auf die Blutmetaboliten

Eine höhere Blutglucose-Konzentration für H_{PRE} während der *pre calving*-Phase (Tabelle 2) stimmt mit früheren Ergebnissen überein, in denen energiereiche Rationen *pre partum* angewendet wurden (DANN et al. 2005, KEOGH et al. 2009, JANOVIK et al. 2011, LAW et al. 2011). Der enge Zusammenhang der Glucose-Produktion mit der Aufnahme an verdaulicher Energie ist allgemein erwiesen (BELL und BAUMANN 1997), obwohl nach der Abkalbung die Umwandlung des Propionates zu Glu-

cose in der Leber zur Nettoenergieaufnahme deutlicher in Verbindung steht (DRACKLEY et al. 2001).

Während der *pre partum* Periode hatten die Kühe der N_{PRE} Behandlung eine um 41 % höhere NEFA-Konzentration als Kühe der Behandlungen M_{PRE} und H_{PRE} (Abbildung 2, Tabelle 2). Das zeigt, dass bereits vor der Abkalbung eine Mobilisation aus dem Fettgewebe stattgefunden haben muss. Dies spiegelt sich auch in den Veränderungen der BCS-Werte und der Lebendmasse wider (Abschnitt A). DANN et al. (2005), ROCHE (2007) und JANOVIK et al. (2011) berichten von ähnlichen Unterschieden in der NEFA-Konzentration zwischen restriktiv gefütterten und überfütterten Tieren. Im Gegensatz dazu bewirkte in der Untersuchung von LAW et al. (2011) eine restriktive Fütterung keine Unterschiede in der NEFA-Konzentrationen des Blutes. Es wurde diskutiert, dass sich vor der Abkalbung eine mäßige Erhöhung der NEFA-Werte im Blut günstig auswirkt, um die Leber für die Körpermobilisation der Kühe in der Früh-laktation vorzubereiten (FRIGGENS et al. 2004). In der vorliegenden Untersuchung lag die NEFA-Konzentration der N_{PRE} Kühe unter den Referenzwerten für trockenstehende Kühe, die sich zwischen 0,26 (OSPINA et al. 2010) bis 1,00 mM (QUIROZ-ROCHA et al. 2009) bewegen. Jedoch kann die Dauer und das Ausmaß der Energierestriktion der vorliegenden Untersuchung eher zu Stoffwechselproblemen (wie Fettleber oder Ketose) *post partum* geführt haben, da diese durch eine starke Mobilisation von Körperfettreserven hervorgerufen wird (JORRITSMA et al. 2000).

Obwohl die Unterschiede in der Energiebilanz der trockenstehenden Kühe in der vorliegenden Untersuchung groß waren (72, 95, 123 % des Energiebedarfs in N_{PRE} , M_{PRE} , H_{PRE}), waren die *pre partum* BHB-Konzentrationen im Blut durch die Fütterungsgruppen nicht beeinflusst (Tabelle 2, Abbildung 2). In ähnlichen Untersuchungen (JANOVIK et al. 2011, LAW et al. 2011) hatte das Fütterungsniveau ebenfalls keinen Einfluss auf die BHB-Konzentration *pre partum*. Auch nicht, wenn die Unterschiede in der Energiebilanz (85 vs. 142 % des NEL-Bedarfes) noch größer waren (DANN et al. 2005). Andererseits berichtet ROCHE (2007) von einer Erhöhung der BHB-Konzentration *pre partum* bei Kühen, die während der letzten 3 Wochen vor der Abkalbung auf der Weide restriktiv gefüttert waren.

4.3 Einfluss der Energieversorgung *pre partum* \times Energieversorgung *post partum* auf die Blutmetaboliten

Der Einfluss des Energieniveaus *pre partum* hatte nur einen geringen Einfluss auf die Konzentration der Blut-

Tabelle 4: Einfluss von Energieversorgung *pre partum* und *post partum* (Wechselwirkung) auf Futteraufnahme, Milchleistung, Körperkondition, Energiebilanz und Stoffwechselformparameter in der Periode *post partum* (Frühlaktation)

Parameter	Energielevel (pre partum / post partum) ¹									RMSE ²	P-Wert E _{PRE} × E _{POST}
	NN	NM	NH	MN	MM	MH	HN	HM	HH		
Futteraufnahme (kg TM/d)	12,8 ^{cB}	18,3 ^{BD}	22,5 ^a	13,6 ^{AB}	19,6 ^{CD}	22,5 ^d	14,8 ^{IA}	20,5 ^{HC}	21,6 ^g	1,9	<0,01
Milchleistung (kg ECM/d)	18,6	26,9	31,2	21,8	30,7	33,2	24,3	32,6	33,3	4,3	0,37
Milchfett (%)	4,14	4,24	4,09	4,46	4,25	4,31	4,50	4,29	4,10	0,55	0,28
Milchprotein (%)	2,95 ^c	3,20 ^{BB}	3,46 ^a	2,96 ^e	3,32 ^{AB}	3,43 ^d	3,04 ^e	3,39 ^{IA}	3,40 ^f	0,22	0,01
Körperkondition ³	2,12	2,69	2,72	2,20	2,55	2,88	2,66	2,96	2,81	0,36	0,18
Energiebilanz ⁴ (MJ NEL/d)	-29,3 ^c	-7,6 ^b	12,0 ^{AA}	-34,4 ^f	-10,7 ^e	4,7 ^{AB}	-36,1 ⁱ	-11,3 ^h	-2,0 ^{BB}	10,6	<0,05
Energiebilanz ⁴ (%)	69 ^c	94 ^b	109 ^{AA}	68 ^f	92 ^e	103 ^{AB}	69 ⁱ	92 ^h	98 ^{BB}	7	<0,001
Glucose (mmol/l)	2,47	2,88	3,06	2,47	2,89	3,03	2,44	3,01	2,94	0,50	0,40
NEFA (mmol/l)	0,23	0,12	0,12	0,25	0,14	0,13	0,30	0,16	0,14	-5	0,88
BHB (mmol/l)	1,17	0,92	0,68	1,47	0,93	0,69	1,49	0,80	0,73	-5	0,12
Bilirubin (µmol/l)	1,68	1,15	1,23	1,66	1,27	1,17	1,76	1,30	1,28	-5	0,72
Harnstoff (mmol/l)	3,65	3,74	3,46	3,99	4,12	3,91	3,97	4,26	3,82	0,89	0,91
Cholesterin (mmol/l)	4,08	3,81	3,84	4,09	4,32	4,04	4,02	4,24	3,98	0,87	0,77
AST (IU/l)	31,8 ^{BB}	31,9 ^b	38,3 ^{ABC}	36,6 ^{AB}	36,4	40,2 ^C	39,0 ^{EA}	35,4 ^{CD}	32,8 ^{DD}	-5	<0,001
GLDH (IU/l)	4,01 ^{EB}	5,68 ^b	9,28 ^{BC}	5,61 ^A	5,58	7,07 ^{CD}	6,54 ^{DEA}	7,77 ^d	5,20 ^{ED}	-5	<0,001
Ca (mmol/l)	2,49	2,43	2,44	2,50	2,45	2,42	2,51	2,48	2,42	0,19	0,60
P (mmol/l)	1,91 ^A	1,76	1,82	1,72 ^{BB}	1,87 ^a	1,82 ^{ab}	1,86 ^{AB}	1,86	1,75	0,28	<0,001
Mg (mmol/l)	1,06	1,07	1,08	1,11	1,06	1,11	1,12 ^a	1,10 ^{ab}	1,03 ^b	0,15	<0,01

¹ Energielevel: N, M, H bzw. 75, 100, 125 % des Energiebedarfs nach GfE (2001) sowohl *pre partum* als auch *post partum*:

NN, NM, NH: Energieversorgung *pre partum*: N; Energieversorgung *post partum*: N, M, H

MN, MM, MH: Energieversorgung *pre partum*: M; Energieversorgung *post partum*: N, M, H

HN, HM, HH: Energieversorgung *pre partum*: H; Energieversorgung *post partum*: N, M, H

² RMSE = root mean square error

³ Körperkondition = body condition score (nach EDMONSON et al. 1989), wöchentliche Erhebung

⁴ Energiebilanz = Energieaufnahme minus bzw. dividiert durch Energiebedarf (nach GfE 2001)

⁵ RMSE beruht auf logarithmischen Werten und wird daher nicht angegeben

^{a-i} Mittelwerte innerhalb einer Reihe mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ($P < 0,05$)

Unterschiede zwischen E_{POST}-Gruppen innerhalb E_{PRE}-Behandlungen sind mit Kleinbuchstaben gekennzeichnet

Unterschiede zwischen E_{PRE}-Gruppen innerhalb E_{POST}-Behandlungen sind mit Großbuchstaben gekennzeichnet

metaboliten in der Phase nach der Abkalbung. Jedoch war die NEFA-Konzentration im Blut bei diesen Tieren höher, die eine hohe Energieversorgung vor dem Abkalben erfahren haben (Tabelle 3). Das stimmt mit den Ergebnissen von KEOGH et al. (2009), JANOVICK et al. (2011) und LAW et al. (2011) überein, die von ähnlichen Resultaten berichten. Wie bereits erwähnt, kann eine *pre partum* Vorbereitung der physiologischen Anpassungsfähigkeit der Kühe, mit den steigenden Blut-NEFA-Konzentrationen zu Beginn der Laktation umgehen zu können, diese Ergebnisse erklären. Es ist jedoch eher anzunehmen, dass die niedrigere Milchleistung (-4,5 kg ECM, siehe Abschnitt A) und die daraus resultierende weniger negative Energiebilanz die weniger ausgeprägte Mobilisation von Körperreserven der N_{PRE}-Behandlungen *post partum* bedingt hat.

Eine hohe Energieversorgung nach dem Abkalben (H_{POST}) resultierte in einer geringeren Konzentration von NEFA und BHB im Blut (Abbildung 3) und auch in höheren Glucosewerten als in der Gruppe mit niedriger Energieversorgung (N_{POST}, Tabelle 3). Nachdem erwartet werden kann, dass die Ketokörper-Produktion erhöht wird, wenn Fettsäuren mobilisiert und NEFA in der Leber oxidiert werden (JANOVICK et al. 2011), sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung hinsichtlich Energieversorgung nach der Abkalbung schlüssig und unterstützen das bisherige Wissen zu dieser Frage. Die zeitlich verzögerten Peaks der BHB-Konzentration im Vergleich zu den Peaks der NEFA-Konzentration in den Behandlungen N_{POST} (NN, MN, HN; Abbildung 2 und 3) weisen auf eine begrenzte Fettsäure-Oxidation in der Leber und auf eine verringerte, hepatische Gluco-

neogenese für den Stoffwechsel des Propionates hin, was auch MURONDOTI et al. (2004) für Kühe zeigten, deren Behandlung vergleichbar der Gruppe HN in der vorliegenden Untersuchung war.

In der vorliegenden Studie existieren keine Wechselwirkungen zwischen *pre partum* und *post partum* Fütterungsniveau hinsichtlich Blutglucose, NEFA und BHB. Jedoch hatten die Kühe der Behandlungen MN und HN um mehr als 25 % höhere BHB-Konzentrationen als NN Kühe (Tabelle 4). ROCHE (2007) berichtet von ähnlichen Effekten, was ebenfalls eine bessere Adaptation für die Fettmobilisation von Kühen zeigt, die *pre partum* restriktiv gefüttert wurden, im Vergleich zu Kühen, deren Restriktion erst bei der Abkalbung beginnt oder die *pre partum* überfüttert worden sind (HOLTENIUS und HOLTENIUS 1996). Die Untersuchung von NIELSEN et al. (2007) zeigt, dass die Response der Metaboliten auf die Veränderung der Energiekonzentration von ihrem jeweiligen Ausgangspunkt abhängt. Diese Beziehung kann zumindest teilweise die BHB-Konzentration der vorliegenden Untersuchung erklären, da ein Fütterungsregime von H_{PRE} zu N_{POST} zu der größten Response der BHB-Konzentration führte ($\Delta HN - HPRE = 0,85$ mM), wogegen die anderen Fütterungsregime geringere Differenzen nach sich zogen ($\Delta MN - MPRE = 0,76$ mM und $\Delta NN - NPRES = 0,46$ mM). Das Nicht-Vorhandensein von Carry over-Effekten auf die Glucosekonzentrationen, die in anderen Untersuchungen festgestellt wurden (McNAMARA et al. 2003, ROCHE 2007, JANOVICK et al. 2011), hat seine Ursache höchstwahrscheinlich in der kurzfristigen Natur der streng homöostatischen Regulation (GIESECKE 1987, BAUMANN 2000).

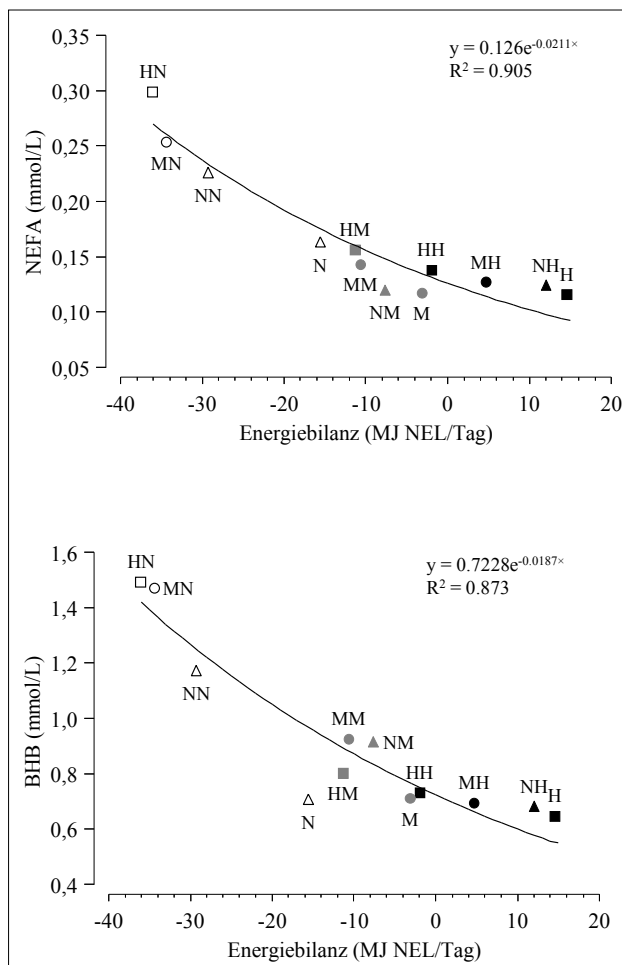


Abbildung 4: Beziehungen zwischen Energiebilanz und nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) bzw. β -Hydroxybuttersäure (BHB)

Tabelle 5: Pearson's Korrelationen zwischen der Energiebilanz und der Serumkonzentration an Glucose, an nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) sowie an β -Hydroxybuttersäure (BHB) in verschiedenen Versuchsphasen

Phase ¹	r	P-Wert
Pre partum		
Glucose	0,614	<0,001
NEFA	-0,584	<0,001
BHB	-0,340	0,043
Transition		
Glucose	0,764	<0,001
NEFA	-0,942	<0,001
BHB	-0,691	<0,001
Post partum		
Glucose	0,729	<0,001
NEFA	-0,855	<0,001
BHB	-0,691	<0,001
Gesamte Versuchsdauer		
Glucose	0,735	<0,001
NEFA	-0,839	<0,001
BHB	-0,686	<0,001

¹ Versuchsphasen:

pre partum = Tag 84 vor der Abkalbung bis zur Abkalbung (Spätlaktation und Trockenstehzeit)

Transitionperiode = Woche -3 bis +3 relativ zur Abkalbung

post partum = Abkalbung bis Tag 105 nach der Abkalbung (Frühlaktation)

Gesamte Versuchsdauer = Tag 84 vor der Abkalbung bis Tag 105 nach der Abkalbung (Frühlaktation)

4.4 Einfluss der Rasse auf die Blutmetaboliten

Das Fehlen von Rassen-Effekten auf die NEFA-Konzentration in der vorliegenden Untersuchung steht im Gegensatz zu Ergebnissen, die SCHAMS et al. (1991) und RASTANI et al. (2001) berichtet haben. In der Untersuchung von RASTANI et al. (2001) war die NEFA-Konzentration in der Tendenz bei Holstein-Kühen höher als bei Jersey-Kühen, wobei die Unterschiede zwischen den Rassen hinsichtlich Gewebeeenergiebilanz 17,6 MJ/Tag und hinsichtlich Milchleistung 14 kg FCM betragen. In der vorliegenden Untersuchung waren die Unterschiede zwischen den Rassen in der Energiebilanz (Δ EBHF – EBFV = 4,4 MJ NEL/Tag) und in der Milchleistung (Δ ECMHF – ECMFV = 6,5 kg ECM/Tag) geringer. Allerdings beeinflusste der Faktor Rasse die Konzentration an Glucose und BHB im Blut. Die kombinierte Zweinutzungsrasse Fleckvieh hatte im Vergleich zu den milchbetonten Rassen Brown Swiss und Holstein eine höhere Glucose-Konzentration *post partum* und eine niedrigere BHB-Konzentration sowohl *pre partum* als auch *post partum* (Tabelle 2 und 3). Es scheint allerdings, dass der Einfluss der Rasse auf die Veränderung in der Konzentration der Blutmetaboliten während der Transitionperiode von geringerer Bedeutung ist und dass physiologische Veränderungen hauptsächlich in den Unterschieden der Energiebilanz begründet sind. Diese ergeben sich aus unterschiedlicher Energie-Aufnahme und/oder unterschiedlichem Milchenergie-Output, was eine homeorhetische Regulation darstellt. Obwohl es nicht ein vorrangiges Ziel der vorliegenden Untersuchung war, ist es erwähnenswert, dass NIELSEN et al. (2007) keine Rassen-Effekte auf die Stoffwechsel-Parameter fand, als er den Einfluss einer Veränderung der Energiekonzentration bei Red Danish, Danish Holstein und Danish Jersey in der frühen Laktation untersuchte.

4.5 Metabolische Profile als Indikatoren und Vorhersage-Parameter des Energiestatus von Kühen

Die enge Korrelation zwischen der Energiebilanz und der Serumkonzentration von NEFA und BHB (Abbildung 4 und Tabelle 5) bestätigen die Aussage von QUIROZ-ROCHA et al. (2010), dass diese Metaboliten zu den am häufigsten verwendeten Blutparametern zur Beurteilung des Energiestoffwechsels und der Energiebilanz zählen. Höhere NEFA-Konzentrationen *post partum* von Kühen, die in der Trockenperiode überfüttert waren, weisen auch eine stärker negative Energiebilanz auf (Tabelle 3). Die Körperfettmobilisation ist weniger durch eine negative Energiebilanz *per se* durch bedingt, sondern es ist eher der folgende kausale Zusammenhang plausibel. Eine Überfütterung *pre partum* fördert die Mobilisation von Triglyceriden während der Laktation. Dadurch werden Milchfettgehalt und Milchleistung erhöht und das führt letztlich zu einem größeren Milchenergie-Output und zu einer entsprechend höher negativen Energiebilanz (JANOVICK und DRACKLEY 2010, JANOVICK et al. 2011). Auch in der Untersuchung von LAW et al. (2011) war die Erhöhung von NEFA sowie BHB mit einer stärker negativen Energiebilanz verbunden. Allerdings war das Bestimmtheitsmaß der Beziehung eher

schwach (28,4 % bzw. 9,7 % für NEFA und BHB). Ein Grund für den Unterschied zu den vorliegenden Ergebnissen ($R^2_{\text{NEFA}} = 90,5\%$ und $R^2_{\text{BHB}} = 87,3\%$) dürfte sein, dass unterschiedliche Auswertungsmethoden verwendet wurden. Während LAW et al. (2011) eine lineare Regression anwendeten, scheint das kurvenlineare Modell – wie in der vorliegenden Untersuchung zu Grunde gelegt – die Beziehung zwischen der Energiebilanz und den Blutparametern NEFA und BHB besser zu beschreiben (Abbildung 4). Dies haben auch schon frühere Untersuchungen gezeigt (DOREAU 1983, CHILLIARD et al. 1987). McNAMARA et al. (2003) fanden keine signifikante Korrelation zwischen Energiebilanz und NEFA, jedoch eine niedrige Korrelation von -0,29 zwischen Energiebilanz und BHB und stellten daher fest, dass Blutmetaboliten keine geeigneten Indikatoren zur Beschreibung der Energiebilanz seien. Im Gegensatz dazu zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die Energiebilanz mit NEFA ($r = -0,58, -0,94, -0,86$) besser vorausgesagt werden kann als mit BHB ($r = -0,34, -0,69, -0,69$) für die Zeit *pre partum*, Transition und *post partum* (Tabelle 5). Die engste Korrelation zwischen Energiebilanz und den Blutmetaboliten ergab sich für die Transitionperiode. Andererseits muss bedacht werden, dass die tierindividuelle Varianz, d.h. genetische Komponenten (DRACKLEY 2005), beachtliche Unterschiede in der BHB- und NEFA-Konzentration ausmachen können, trotz ähnlicher Energiebilanz *post partum* (KESSEL et al. 2008). Van DORLAND et al. (2011) spricht von einer homeorhetischen Regulation des Fettstoffwechsels bereits auf molekularem Niveau.

Die Bedeutung des Metabolic Profiling hat in letzter Zeit wieder zugenommen, trotz der Schwierigkeiten bei der Interpretation der Blutanalysen-Werte, wie z.B. niedrige Genauigkeit in der Schätzung der Energiebilanz von Einzeltieren (REIST et al. 2002) und des daraus resultierenden, erforderlichen Probenumfangs, um die Energiebilanz mit einer bestimmten Genauigkeit auf Herdenniveau zu schätzen (HEUER et al. 2000). Ein elektronisches Gerät – bei Verwendung von Vollblut – zur Untersuchung von subklinischer Ketose bei Milchkühen wurde bereits erfolgreich getestet (IWERSEN et al. 2009). Im Gegensatz zur Bestimmung der Körperkondition oder Rückenfettdicke, die eher den zurückliegenden und nicht so sehr den gegenwärtigen Ernährungszustand und nicht das aktuelle Herdenniveau widerspiegeln, erlaubt Metabolic Profiling Aussagen zum aktuellen Herdenstatus (SCHRÖDER und STAUFENBIEL 2006). KRONSNABL (2010) hat in letzter Zeit neue Referenzwerte und Vorhersagegrenzen für Blutparameter von deutschen Holstein- und Fleckvieh-Kühen erarbeitet. Die Anwendung dieser Ergebnisse über Computerprogramme könnte vorbeugende Herdenbeobachtungsprogramme verbessern als ein Tool für das Herdenmanagement von Hochleistungskühen.

5. Schlussfolgerungen

Jene Kühe, die *pre partum* unterversorgt waren, hatten eine höhere Konzentration an NEFA, was bedeutet, dass auch schon vor der Abkalbung eine Mobilisation von Körperreserven stattgefunden hat. Verglichen mit Kühen, die vor der Abkalbung eine über den Bedarf hinausgehende Energieversorgung erhalten haben, resultierte die Futterrestriktion in einer weniger negativen Energiebilanz *post partum*. Das Fütterungsniveau in der Trockenstehzeit hatte nur geringere

Auswirkungen auf den Stoffwechsel in der Laktationsperiode, aber eine niedrigere NEFA-Konzentration von *pre partum* niedrig versorgten Tieren spiegelt eine bessere Anpassung an die Mobilisation von Fettgewebe in der frühen Laktation wider. Eine Fütterung unter dem Bedarf nach der Abkalbung erhöhte das Ausmaß und die Dauer der negativen Energiebilanz und erhöhte die Konzentration an NEFA. Die BHB-Konzentration war auch bei Kühen erhöht, die entsprechend dem Bedarf gefüttert waren. Es wurde eine Wechselwirkung zwischen dem Fütterungsniveau *pre partum* und *post partum* auf die Energiebilanz nach dem Abkalben in dem Sinn festgestellt, dass eine Minderung der Energieaufnahme während der Trockenstehzeit für den Energiestatus der Kühe in der frühen Laktation von Vorteil ist. Jedoch muss dafür ein gewisser Rückgang der Milchleistung in Kauf genommen werden. Die Ergebnisse zeigen eine enge Beziehung zwischen Energiebilanz und den Blutmetaboliten NEFA und BHB besonders in der Transitionperiode.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen Mitarbeitern des Institutes für Nutztierforschung für ihren Einsatz und ihre Zusammenarbeit im Herdenmanagement, in der Erfassung der Daten und in der elektronischen Datenverarbeitung. Die Untersuchung wurde finanziert durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Projekt Stoffwechselversuch (Nr. 2912).

6. Literatur

- BAUMAN, D.E., 2000: Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis revisited. In: Cronjé, P.B. (ed.), Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth, and Reproduction. CABI publishing, Wallingford, UK, 311-328.
- BAUMAN, D.E. und W.B. CURRIE, 1980: Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J. Dairy Sci. 63, 1514-1529.
- BELL, A.W., 1995: Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. J. Dairy Sci. 73, 2804-2819.
- BELL, A.W. und D.E. BAUMAN, 1997: Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia 2, 265-278.
- CHILLIARD, Y., D. SAUVANT, P. MORAND-FEHR und C. DELOUIS, 1987: Relations entre le bilan énergétique et l'activité métabolique du tissu adipeux de la chèvre au cours de la première moitié de la lactation. Reproduction Nutrition Development 27, 307-308.
- CHILLIARD, Y., A. FERLAY, Y. FAULCONNIER, M. BONNET, J. ROUEL und F. BOCQUIER, 2000: Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. Proceedings of the Nutrition Society 59, 127-134.
- CLARK, C.E.F., W.J. FULKERSON, K.S. NANDRA, I. BARCHIA und K.L. McMILLAN, 2005: The use of indicators to assess the degree of mobilization of body reserves in dairy cows in early lactation on a pasture-based diet. Livest. Prod. Sci. 94, 199-211.
- DANN, H.M., D.E. MORIN, G.A. BOLLERO, M.R. MURPHY und J.K. DRACKLEY, 2005: Prepartum intake, postpartum induction of ketosis, and periparturient disorders affect the metabolic status of dairy cows. J. Dairy Sci. 88, 3249-3264.

- DOREAU, M., 1983: Effect of feeding on variations of different plasma components in cows during late pregnancy and early lactation. *Annales de Recherches Vétérinaires* 14, 39-48.
- DOUGLAS, G.N., T.R. OVERTON, H.G. BATEMAN, H.M. DANN und J.K. DRACKLEY, 2006: Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake. *J. Dairy Sci.* 89, 2141-2157.
- DRACKLEY, J.K., 1999: Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J. Dairy Sci.* 82, 2259-2273.
- DRACKLEY, J.K., T.R. OVERTON und G.N. DOUGLAS, 2001: Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 84, E100-E112.
- DRACKLEY, J.K., H.M. DANN, G.N. DOUGLAS, N.A. JANOVICK GURETZKY, N.B. LITHELAND, J.P. UNDERWOOD und J.J. LOOR, 2005: Physiological and pathological adaptations in dairy cows that may increase susceptibility to periparturient diseases and disorders. *Italian J. Anim. Sci.* 4, 323-344.
- DUFFIELD, T.F., K.D. LISSEMORE, B.W. McBRIDE und K.E. LESLIE, 2009: Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *J. Dairy Sci.* 92, 571-580.
- EDMONSON, A.J., I.J. LEAN, L.D. WEAVER, T. FARVER und G. WEBSTER, 1989: A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78.
- FRIGGENS, N.C., J.B. ANDERSEN, T. LARSEN, O. AAES und R. DEWHURST, 2005: Priming the dairy cow for lactation: A review of dry cow feeding strategies. *Anim. Res.* 53, 453-473.
- FRIGGENS, N.C., P. BERG, P. THEILGAARD, I.R. KORSGAARD, K.L. INGVARTESEN, P. LØVENDAHL und J. JENSEN, 2007: Breed and parity effects on energy balance profiles through lactation: Evidence of genetically driven body energy change. *J. Dairy Sci.* 90, 5291-5305.
- FRIGGENS, N.C., L. BRUN-LAFLEUR, P. FAVERDIN, D. SAUVANT und O. MARTIN, 2013: Advances in predicting nutrient partitioning in the dairy cow: recognizing the central role of genotype and its expression through time. *Animal* 7 (Suppl. 1), 89-101.
- 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.
- GIESECKE, D., 1987: Lipidmobilisation und Insulinfunktion bei Kühen mit hoher Milchleistung. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* Heft 18, Parey-Verlag, Hamburg/Berlin, 81 S.
- GIULIODORI, M.J., C. DELAUAUD, Y. CHILLIARD, D. BECÚ-VILLALOBOS, I. LACAU-MENGIDO und R. LUZBEL de la SOTA, 2011: High NEFA concentrations around parturition are associated with delayed ovulations in grazing dairy cows. *Livest. Sci.* 141, 123-128.
- GOFF, J.P. und R.L. HORST, 1997: Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80, 1260-1268.
- GRUBER, L., M. URDL, W. OBRITZHAUSER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER und B. STEINER, 2014: Influence of energy and nutrient supply pre and post partum on performance of multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in early lactation. *Animal* 8, 58-71.
- GRUMMER, R.R., 1993: Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882-3896.
- GRUMMER, R.R., 1995: Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Dairy Sci.* 73, 2820-2833.
- HERDT, T.H., 2000: Variability characteristics and test selection in herd-level nutritional and metabolic profile testing. *Veterinary Clinics of North America: Food Anim. Pract.* 16, 387-403.
- HEUER, C., W.M. Van STRAALLEN, Y.H. SCHUKKEN, A. DIRKZWAGER und J.P.T.M. NOORDHUIZEN, 2000: Prediction of energy balance in a high yielding dairy herd in early lactation: model development and precision. *Livest. Prod. Sci.* 65, 91-105.
- HOLCOMB, C.S., H.H. Van HORN, H.H. HEAD, M.B. HALL und C.J. WILCOX, 2001: Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2051-2058.
- HOLTENIUS, P. und K. HOLTENIUS, 1996: New aspects of ketone bodies in energy metabolism of dairy cows: A review. *J. Vet. Med.* 43, 579-587.
- HOLTENIUS, K., S. AGENÄS, C. DELAUAUD und Y. CHILLIARD, 2003: Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 86, 883-891.
- HUHTANEN, P., 1998: Supply of nutrients and productive responses in dairy cows given diets based on restrictively fermented silage. *Agric. a. Food Sci.* 7, 219-250.
- INGVARTSEN, K.L. und J.B. ANDERSEN, 2000: Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83, 1573-1597.
- INGVARTSEN, K.L., H.R. ANDERSEN und J. FOLDAGER, 1992: Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Anim. Sci.* 42, 40-46.
- INGVARTSEN, K.L., O. AAES und J.B. ANDERSEN, 2001: Effects of pattern of concentrate allocation in the dry period and early lactation on feed intake and lactational performance in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 71, 207-221.
- IWERSEN, M., U. FALKENBERG, R. VOIGTSBERGER, D. FORDERUNG und W. HEUWIESER, 2009: Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92, 2618-2624.
- JANOVICK, N.A. und J.K. DRACKLEY, 2010: Prepartum dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93, 3086-3102.
- JANOVICK, N.A., Y.R. BOISCLAIR und J.K. DRACKLEY, 2011: Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 94, 1385-1400.
- JORRITSMA, R., H. JORRITSMA, Y.H. SCHUKKEN und G.H. WENTINK, 2000: Relationships between fatty liver and fertility and some periparturient diseases in commercial Dutch dairy herds. *Theriogenology* 54, 1065-1074.
- JORRITSMA, R., H. JORRITSMA, Y.H. SCHUKKEN, P.C. BARTLETT, T. WENSING und G.H. WENTINK, 2001: Prevalence and indicators of post partum fatty infiltration of the liver in nine commercial dairy herds in The Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 68, 53-60.
- KEOGH, B., P. FRENCH, T. McGRATH, T. STOREY, F.J. MULLIGAN, 2009: Effect of three forages and two forage allowances offered to pregnant dry dairy cows in winter on periparturient performance and milk yield in early lactation. *Grass Forage Sci.* 64, 292-303.
- KESSEL, S., M. STROEHL, H.H.D. MEYER, S. HISS, H. SAUERWEIN, F.J. SCHWARZ und R.M. BRUCKMAIER, 2008: Individual variability in physiological adaptation to metabolic stress during early lactation in dairy cows kept under equal conditions. *J. Anim. Sci.* 86, 2903-2912.

- KRONSCHNABL, C., 2010: Ermittlung von laktationsspezifischen Prognosebereichen zur Beurteilung der Konzentration von Blutparametern beprobter Milchkühe. Diss. LMU München, 230 S.
- KUNZ, P. L., J.W. BLUM, I.C. HART, H. BICKEL und J. LANDIS, 1985: Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.* 40, 219-231.
- LAW, R.A., F.J. YOUNG, D.C. PATTERSON, D.J. KILPATRICK, A.R.G. WYLIE, K.L. INGVARTESEN, A. HAMELEERS, M.A. MCCOY, C.S. MAYNE und C.P. FERRIS, 2011: Effect of precalving and postcalving dietary energy level on performance and blood metabolite concentrations of dairy cows throughout lactation. *J. Dairy Sci.* 94, 808-823.
- LØVENDAHL, P., C. RIDDER und N.C. FRIGGENS, 2010: Limits to prediction of energy balance from milk composition measures at individual cow level. *J. Dairy Sci.* 93, 1998-2006.
- MARTENS, H., I. RABBANI, Z. SHEN, F. STUMPF und C. DEINER, 2012: Changes in rumen absorption processes during transition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 172, 95-102.
- MASHEK, D.G. und D.K. BEEDE, 2001: Peripartum responses of dairy cows fed energy-dense diets for 3 or 6 weeks prepartum. *J. Dairy Sci.* 84, 115-125.
- McNAMARA, S., J.J. MURPHY, M. RATH und F.P. O'MARA, 2003: Effects of different transition diets on energy balance, blood metabolites and reproductive performance in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 84, 195-206.
- MURONDOTI, A., R. JORRITSMA, A.C. BEYNEN, T. WENSING und M.J.H. GEELEN, 2004: Activities of the enzymes of hepatic gluconeogenesis in periparturient dairy cows with induced fatty liver. *J. Dairy Res.* 71, 129-134.
- NIELSEN, N.I., N.C. FRIGGENS, T. LARSEN, J.B. ANDERSEN, M.O. NIELSEN und K.L. INGVARTESEN, 2007: Effect of changes in diet energy density on feed intake, milk yield and metabolic parameters in dairy cows in early lactation. *Animal* 1, 335-346.
- NRC (National Research Council), 2001: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th Edition)*. National Academy Press, Washington, D.C., 381 S.
- OETZEL, G.R., 2004: Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Anim. Pract.* 20, 651-674.
- OLSSON, G., M. EMANUELSON und H. WIKTORSSON, 1998: Effects of different nutritional levels prepartum on the subsequent performance of dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 53, 279-290.
- OSPINA, P.A., D.V. NYDAM, T. STOKOL und T.R. OVERTON, 2010: Evaluation of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *J. Dairy Sci.* 93, 546-554.
- ØSTERGAARD, S. und Y.T. GRÖHN, 2000: Concentrate feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 65, 107-118.
- PATTON, J., J.J. MURPHY, F.P. O'MARA und S.T. BUTLER, 2008: A comparison of energy balance and metabolic profiles of the New Zealand and North American strains of Holstein Friesian dairy cow. *Animal* 2, 969-978.
- QUIROZ-ROCHA, G.F., S.J. LEBLANC, T.F. DUFFIELD, D. WOOD, K.E. LESLIE und R.M. JACOBS, 2009: Reference limits for biochemical and hematological analytes of dairy cows one week before and one week after parturition. *The Canadian Vet. Journal* 50, 383-388.
- QUIROZ-ROCHA, G.F., S.J. LEBLANC, T.F. DUFFIELD, B. JEFFERSON, D. WOOD, K.E. LESLIE und R.M. JACOBS, 2010: Short communication: Effect of sampling time relative to the first daily feeding on interpretation of serum fatty acid and β -hydroxybutyrate concentrations in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 93, 2030-2033.
- RABELO, E., R.L. REZENDE, S.J. BERTICS und R.R. GRUMMER, 2005: Effects of pre- and postfresh transition diets varying in dietary energy density on metabolic status of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 4375-4383.
- RASTANI, R.R., S.M. ANDREW, S.A. ZINN und C.J. SNIFFEN, 2001: Body composition and estimated tissue energy balance in Jersey and Holstein cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 84, 1201-1209.
- REIST, M., D. ERDIN, D. Von EUW, K. TSCHUEMPERLIN, H. LEUENBERGER, Y. CHILLIARD, H.M. HAMMON, C. MOREL, C. PHILIPONA, Y. ZBINDEN, N. KUENZI und J.W. BLUM, 2002: Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3314-3327.
- REMPPISS, S., H. STEINGASS, L. GRUBER und H. SCHENKEL, 2011: Effects of energy intake on performance, mobilization and retention of body tissue, and metabolic parameters in dairy cows with special regard to effects of pre-partum nutrition on lactation. A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24, 540-572.
- REYNOLDS, C.K., P.C. AIKMAN, B. LUPOLI, D.J. HUMPHRIES und D.E. BEEVER, 2003: Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci.* 86, 1201-1217.
- ROCHE, J.R., 2007: Milk production responses to pre- and postcalving dry matter intake in grazing dairy cows. *Livest. Sci.* 110, 12-24.
- ROCHE, J.R., E.S. KOLVER und J.K. KAY, 2005: Influence of precalving feed allowance on periparturient metabolic and hormonal responses and milk production in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 677-689.
- RUKKWAMSUK, T., M.J.H. GEELEN, T.A.M. KRUIP und T. WENSING, 2000: Interrelation of fatty acid composition in adipose tissue, serum, and liver of dairy cows during the development of fatty liver postpartum. *J. Dairy Sci.* 83, 52-59.
- RYAN, G., J.J. MURPHY, S. CROSSE und M. RATH, 2003: The effect of pre-calving diet on post-calving cow performance. *Livest. Prod. Sci.* 79, 61-71.
- SAS Institute Inc., 2010: *SAS/STAT 9.22 User's Guide*. Cary, NC (USA): SAS Institute Inc., 8460 S.
- SCHAMS, D., F. GRAF, B. GRAULE, M. ABELE und S. PROKOPP, 1991: Hormonal changes during lactation in cows of three different breeds. *Livest. Prod. Sci.* 27, 285-296.
- SCHRÖDER, U.J. und R. STAUFENBIEL, 2006: Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Dairy Sci.* 89, 1-14.
- STENGÄRDE, L., K. HOLTENIUS, M. TRÄVÉN, J. HULTGREN, R. NISKANEN und U. EMANUELSON, 2010: Blood profiles in dairy cows with displaced abomasum. *J. Dairy Sci.* 93, 4691-4699.
- URDL, M., L. GRUBER, W. OBRITZHAUSER und A. SCHAUER: Metabolic parameters and their relationship to energy balance in multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in the periparturient period as influenced by energy supply pre- and post-calving. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 99 (2015), im Druck.
- VANDEHAAR, M.J., G. YOUSIF, B.K. SHARMA, T.H. HERDT, R.S. EMERY, M.S. ALLEN und J.S. LIESMAN, 1999: Effect of energy and protein density of prepartum diets on fat and protein metabolism of dairy cattle in the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 82, 1282-1295.

- Van DORLAND, H.A., H. SADRI, I. MOREL und R.M. BRUCKMAIER, 2012: Coordinated gene expression in adipose tissue and liver differs between cows with high or low NEFA concentrations in early lactation. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 96, 137-147.
- Van KNEGSEL, A.T.M., H. Van den BRAND, J. DIJKSTRA und B. KEMP, 2007a: Effects of dietary energy source on energy balance, metabolites and reproduction variables in dairy cows in early lactation. *Theriogenology* 68, 274-280.
- Van KNEGSEL, A.T.M., H. Van den BRAND, J. DIJKSTRA, W.M. Van STRAALLEN, R. JORRITSMA, S. TAMMINGA und B. KEMP, 2007b: Effect of glucogenic vs. lipogenic diets on energy balance, blood metabolites, and reproduction in primiparous and multiparous dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 90, 3397-3409.
- WYLIE, A.R.G., S. WOODS, A.F. CARSON und M. McCOY, 2008: Periprandial changes in metabolite and metabolic hormone concentrations in high-genetic-merit dairy heifers and their relationship to energy balance in early lactation. *J. Dairy Sci.* 91, 577-586.
- YAN, T., C.S. MAYNE, T.W.J. KEADY und R.E. AGNEW, 2006: Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *J. Dairy Sci.* 89, 1031-1042.

Herausforderungen der Gärfutterproduktion im Hinblick auf erdige Futtermittelverschmutzung

Challenges in silage production with regard to soil contamination

Reinhard Resch^{1*}

Zusammenfassung

In österreichischen Grassilagen ist Futtermittelverschmutzung mit Erde ein weit verbreitetes und unterschätztes Problem. Rund 15 % der Grassilagen weisen über 120 g Rohasche bzw. mehr als 20 g Sand oder über 800 mg Eisen/kg TM und damit eine deutliche Erdbelastung auf. Erde führt bei Grassilagen zur Minderung von Gär- und Futterqualität sowie zu einer schlechteren Verwertung des aufgenommenen Futters. Nutztiere können Erde insbesondere in feuchten Grassilagen nicht selektieren, daher nimmt eine Milchkuh je nach Verschmutzungsgrad täglich 0,1 bis 1,5 kg Erde auf. Geringere Grundfutterleistungen und tiergesundheitliche Probleme sowie wirtschaftlicher Schaden sind die Folgen. Zur Reduzierung der erdigen Futtermittelverschmutzung sind gezielte Maßnahmen von Seiten der Landwirte anzustellen. Dazu gehören Bekämpfung tierischer Schädlinge und Verbesserung der Grasnarbendichte auf Grünlandflächen, Mahd bei abgetrocknetem Pflanzenbestand, bodenschonende Fahrtechnik und optimale Einstellung der Erntegeräte. Die Minimierung des Erdanteils im Erntegut hilft Infektionskreisläufe von unerwünschten Mikroorganismen (Clostridien u.a.) zu unterbrechen und durch Einhaltung der übrigen Silierregeln eine gute Milchsäuregärung sicherzustellen. Siliermittel können nur dann die Gärung verbessern, wenn geeignete Produkte ausgewählt werden und Dosierung sowie Verteilung passen. Qualitätsbewusste Landwirte kontrollieren die Silagequalität ihrer eingelagerten Futterpartien über die Futtermittelanalyse und erkennen am befundeten Rohasche-, Sand- bzw. Eisengehalt die Größenordnung der erdigen Verschmutzung in den wirtschaftseigenen Grassilagen. Alle Anstrengungen zur Vermeidung von erdiger Futtermittelverschmutzung machen sich auf dem Grünland- und Viehwirtschaftsbetrieb auf jeden Fall bezahlt!

Schlüsselwörter: Erdkontamination, Silagequalität, Buttersäure, Erdaufnahme, Siliermittel

Summary

Contamination of forage by adhered soil particles is a widespread problem in Austrian grass silages. Approximately 15% of sampled grass silages show crude ash contents above 120 g or more than 20 g sand and iron contents above 800 mg kg⁻¹ DM, respectively. Soil in grass silage results in reduction of fermentation and forage quality and decreases digestibility of ingested organic matter. Farm animals can not select soil particles of wet grass silage. Depending on degree of soil contamination, 0.1 to 1.5 kg adhered soil can be daily ingested. It leads to lower milk yields and determines animal health problems and economic disadvantages. Reduction of soil contamination requires targeted actions of farmers for example control of root vole, mole etc., improvement of sward density, mowing of dry forage plants, soil protecting driving technique and optimal approach of harvesting machinery. Minimization of soil contamination of harvested forage helps to cut off infection circles of unwanted microorganism (clostridia etc.). Silage additives can only improve fermentation quality in case of application of effective products, exact dosage and dispensation. Quality-consciousness farmers control grass silage by analysis. They identify the degree of soil contamination in grass silage via analysed contents of crude ash, acid insoluble residue of ash or iron. All efforts that minimize soil contamination in grass silage determine advantages for grassland and animal farmers.

Keywords: soil contamination, silage quality, butyric acid, soil ingestion, silage additives

1. Einleitung

In Österreich werden jährlich etwa 70 % des gesamten Grundfutters (Grünlandfutter und Silomais) in Form von Gärfutter konserviert (RESCH 2014a). Das steigende genetische Leistungspotenzial der Nutztiere kann nur dann optimal ausgeschöpft werden, wenn Silagen optimal vergären,

eine entsprechende Dichte an verwertbaren Inhaltsstoffen liefern und futterhygienische Unbedenklichkeit aufweisen. Erde ist in Grundfutter unter anderem als Ausgangspunkt für einige negative Auswirkungen, wie z.B. Buttersäuregärung verantwortlich (NUSSBAUM 2011a). Etwa 50 % der österreichischen Grünland- und Viehbetriebe dürften unabhängig vom Konservierungssystem (auch Heu) regel-

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

mäßig mit Erde im Grundfutter zu tun haben, 10 – 15 % der Landwirte kämpfen mit deutlichen bis massiven Verschmutzungsproblemen.

Erdboden ist mit einem Nährsubstrat vergleichbar, das je nach Struktur, Zusammensetzung und Umweltbedingungen eine Vielzahl von Lebewesen beherbergen kann. In Grünlandböden leben etwa 5 bis 15 Tonnen Organismen, davon etwa drei Viertel Pilze und Bakterien. Die meisten im Boden lebenden Organismen sind vorteilhaft für das Ökosystem, es gibt aber auch pathogene Bakterien und Parasiten, die Krankheiten auslösen können. Von landwirtschaftlicher Relevanz sind z.B. Clostridienarten als Verursacher von Botulismus, Tetanus, Buttersäuregärung und Proteinabbau in Silagen (RESCH et al. 2014a). Die Ausbringung organischer Düngemittel kann Boden und Grünlandpflanzen mit Parasiten und pathogenen Keimen belasten (WYSS 2014). Auf diese Weise können Infektions-Kreisläufe auf dem Betrieb geschlossen werden, die unweigerlich zu Problemen führen können. In Abhängigkeit der geologischen Formation kommen im Boden verschiedenste mineralische Elemente vor, die je nach Säuregrad (pH-Wert) löslich werden. Darunter befinden sich nach FLEMING (1986) auch giftige Schwermetalle wie Arsen, Blei, Cadmium, Molybdän und andere. Zwischen 30 und 97 % der tierischen Probleme mit Schwermetallvergiftungen haben erhöhte Erdaufnahme als Ursache. Durch den Wind können Staubteile wie radioaktive Kontaminanten über extrem weite Strecken verfrachtet werden (SUMMERLING 1981), in den Oberboden gelangen und in der Folge Futterpflanzen, Nutztiere und Menschen gesundheitlich belasten.

Dieser Beitrag befasst sich mit den Herausforderungen der Erdkontamination in der Grassilage, weil erdige Futtermittelverschmutzung deren Futter- und Gärqualität vermindert und in weiterer Folge tierische Leistung, Tiergesundheit und wirtschaftlichen Betriebserfolg schmälern kann und diskutiert, wie ELSÄSSER et al. (2004), Möglichkeiten der Problemreduktion.

2. Material und Methoden

Erdig Verschmutzung wird in seiner vielschichtigen Problemstellung von den Landwirten unterschätzt, deswegen gilt es die kausalen Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung zu ergründen. Die Erfassung der erdigen Futtermittelverschmutzung in Grassilage setzt anerkannte Parameter und Methoden der Analyse voraus.

2.1 Probenahme

Die Probenziehung ist die Grundvoraussetzung für eine repräsentative Aussage zur Qualität eines beprobten Futtermittels. Bei den österreichischen LK-Silageprojekten und im Rahmen der Erprobung der Arbeitskreise Milchproduktion erfolgt die Probenahme mit standardisierten Edelstahlbohrern, um einen Querschnitt aus dem Futterstock zu erhalten (GUGGENBERGER und RESCH 2001). Die Ziehung der Proben wird größtenteils durch erfahrene Probenzieher (Landwirtschaftskammer, Maschinenring Tirol etc.) durchgeführt. Von der Gesamtprobe werden ca. ein bis zwei Kilogramm Grassilage an das Futtermittellabor Rosenau (LK Niederösterreich), oder andere Labors für die chemische Analyse geschickt.

2.2 Laboranalyse

In den LK-Silageprojekten wurde ein Mindestumfang für die chemische Analyse festgelegt, das war die Weender-Untersuchung von Trockenmasse (TM) und Roh Nährstoffen, die Gärqualität (pH, Gärsäuren und Ammoniak) sowie die Berechnung von nutzbarem Protein (nXP) und ruminaler Stickstoffbilanz (RNB). Die chemische Analyse der Silageproben erfolgte im Futtermittellabor Rosenau mittels nasschemischer Standardmethoden für Nährstoffe, Gerüstsubstanzen, Mengen- und Spurenelemente sowie der Gärqualität. Die Verdaulichkeit, Umsetzbare Energie (ME) und Nettoenergie-Laktation (NEL) wurden in Rosenau durch Regressionskoeffizienten (GRUBER et al. 1997) geschätzt. An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde darüber hinaus die *in vitro*-Verdaulichkeit der organischen Masse nach TILLEY und TERRY (1963) analysiert.

2.3 Daten

Die LK-Silageprojekte waren Kooperationsprojekte zwischen den Landwirtschaftskammern, der Arbeitskreisberatung Milchproduktion und dessen interessierten Mitgliedern und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Ziel war es eine Verbindung zwischen chemischen Analysen der Grassilageproben und abgefragten Managementparametern herzustellen. Die Daten stammten aus den Erntejahren 2003, 2005, 2007 und 2009 (RESCH 2010) und umfassten insgesamt 2.824 Datensätze mit chemischen Analysen. Von allen Gärfutterproben standen auswertbare Fragebogendaten zur Verfügung. Die meisten Proben konnten dem 1. Aufwuchs (82 %) zugeordnet werden, 13 % waren vom 2. Aufwuchs. Um die Auswertung von Aufwuchs 4 bis 6 zu ermöglichen, wurden diese Proben gemeinsam mit dem 3. Aufwuchs in einer Gruppe zusammengefasst. Im Erhebungsbogen wurde die Futterzusammensetzung der eingesendeten Silageprobe abgefragt. Der Großteil (98 %) der Proben stammte aus Dauergrünlandflächen, der Rest teilte sich auf Feldfutter (Rotklee, Luzerne, Klee gras, Luzerne gras) auf. Die geringe Probenanzahl bei Feldfutter war statistisch nicht auswertbar, daher wurde auf eine Darstellung verzichtet. In den LK-Silageprojekten wurden nur wenige Proben auf Eisen und keine auf Sandanteil (Salzsäure unlösliche Asche) untersucht, daher standen diese beiden Verschmutzungsindikatoren nicht für eine multivariate Auswertung zur Verfügung.

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Das Grünland im Berggebiet Österreichs“ wurde unter dem UNESCO-Programm Man and Biosphere (MaB 6/21) in den Jahren 1997 bis 2001 durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 1.911 Grünlandflächen unterschiedlicher Nutzungsart und -intensität untersucht (Bodenzustand, Pflanzenbestand, Ertrag, Futterqualität) und sozioökonomische Betriebserhebungen angestellt. Aufgrund der umfangreichen Datenlage war dieses Projekt für mehrfaktorielle Auswertungen im Hinblick auf Futtermittelverschmutzung ideal.

Die LK-Heuprojekte verfolgten in den Jahren 2008, 2010 und 2012 im Prinzip die gleichen Ziele wie die LK-Silageprojekte, jedoch für Raufutter. Die ca. 2.000 Datensätze wurden für diese Arbeit herangezogen, weil im Projekt die Bestandesfeuchte bei der Mahd abgefragt wurde und dies ein relevanter Parameter für Futtermittelverschmutzung mit Erde sein kann.

2.4 Statistische Auswertung

Die Daten wurden in den Bundesländern über eine einheitliche MS-Access-Eingabemaske erfasst und kontrolliert. Nach Sammlung der gesamten Daten an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein erfolgte eine Plausibilitätsprüfung und Validierung der Daten. Die statistischen Berechnungen wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit der Software Statgrafics (Version Centurion XV) und mit IBM SPSS Statistics 22.0 durchgeführt. Für die mehrfaktoriellen Analysen wurde das GLM-Verfahren (Allgemeine lineare Modellierung) herangezogen. Die Mittelwertvergleiche wurden mit der Methode TUKEY-HSD (Honestly Significant Difference) durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Erkennung einer erdigen Futtermittelverschmutzung

Nach Meinung der Fachbereiche Tierernährung (z.B. SPIEKERS 2011) und Futtermittelkonservierung (z.B. KALZENDORF und THAYSEN 2011, HÜNTING und THAYSEN 2011, BUCHGRABER et al. 2003) soll das Maß von 100 g Rohasche/kg TM nicht überschritten werden, weil der Eintrag nicht pflanzlicher mineralischer Substanz den Futterwert stark mindert und ein hohes Risiko einer Buttersäuregärung bei Grassilage darstellt. Untersuchungen an österreichischem Wiesenfutter unterschiedlicher Konservierung (Grünfutter, Grassilage, Heu) ergaben nach RESCH et al. (2006), dass sich im Laufe der Vegetationsdauer bzw. mit Erhöhung des Rohfasergehaltes der Rohaschegehalt verringert und sich der 1. Aufwuchs im Aschegehalt von den Folgeaufwüchsen unterscheidet (Abbildung 1). Dazu kommt noch, dass blattreiche Pflanzen (Kleearten, Kräuter) höhere Rohaschegehalte enthalten als Gräser (DLG 1997, RESCH et al. 2009, RESCH et al. 2014b). Es gibt also schlagkräftige Hinweise dafür, dass der Parameter Rohasche, insbesondere der Orientierungswert von

100 g/kg TM, ein zu wenig präziser Indikator für den Verschmutzungsgrad von Futtermitteln ist. In der Wertanalyse wurde die Schwachstelle Rohaschegehalt zwar erkannt, aber in österreichischen Beratungsempfehlungen wurde bisher nicht am Orientierungswert gerüttelt bzw. löste bislang kein alternativer Indikator wie z.B. der Sandanteil oder der Eisengehalt den Rohaschegehalt ab.

Rohaschegehalt

In der nasschemischen Futteranalyse wird der Rohaschegehalt durch Verbrennung des Futtermittels bei 550 °C bis zur Gewichtskonstanz ermittelt (VDLUFA-Methodenbuch 1997a). Die Rohascheanalyse der Futterprobe berücksichtigt nur den mineralischen Anteil der Erdverschmutzung, d.h. je humusreicher der Erdboden (z.B. Moorboden), umso schlechter ist die Aussagekraft der Rohascheanalyse hinsichtlich Erdbelastung. Grünlanderde enthält 20 bis über 95 % Rohasche.

Der Rohaschegehalt umfasst die Summe aller mineralischen Elemente plus Sandanteil. Die Mineralstoffe werden im Untersuchungsbefund allerdings in Element- und nicht in der vorkommenden Oxidform ausgewiesen (RESCH et al. 2014b). Daher entsteht eine Lücke (Abbildung 2 – weißer Bereich), die jedoch keine Erdkontamination darstellt.

Sandanteil

In Futtermittelablabors wird die Sandanalyse bei Grundfuttermitteln auf Anfrage durchgeführt. Bei der Bestimmung der salzsäureunlöslichen Asche (auch als „Sandanteil“ bekannt) wird die Pflanzenasche mit Salzsäure versetzt (VDLUFA-Methodenbuch 1997b). Der ungelöste Rest besteht hauptsächlich aus Silizium. Der natürliche Siliziumgehalt in Pflanzen (Kieselsäure) ist mit rund 15 g/kg TM relativ konstant, sodass Sandgehalte ab 20 g/kg TM auf eine Erdkontamination hinweisen. Auswertungen des Sandanteils im Futter durch die HBLFA Raumberg-Gumpenstein ergaben ein höheres Risiko der Erdverschmutzung bei Rohfasergehalten unter 240 g/kg TM (Abbildung 2). Davon

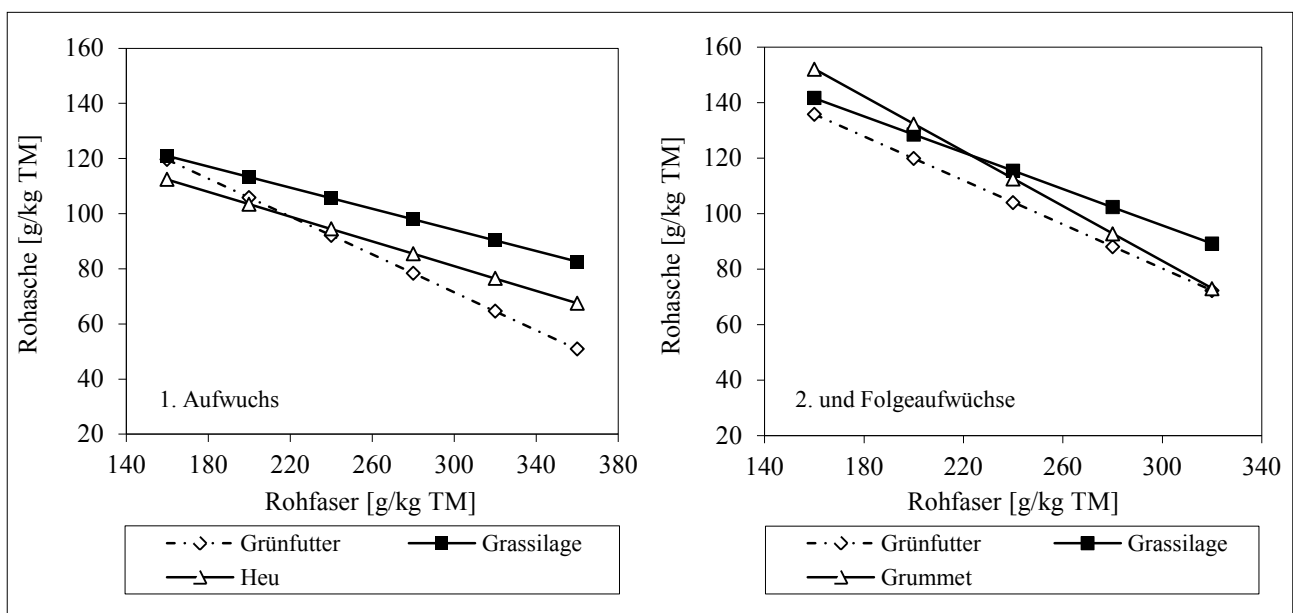


Abbildung 1: Rohaschegehalte von Wiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierung und Rohfasergehalt im 1. Aufwuchs bzw. in den Folgeaufwüchsen (Daten: Projekt MaB 6/21, LK-Silageprojekte, LK-Heuprojekt)

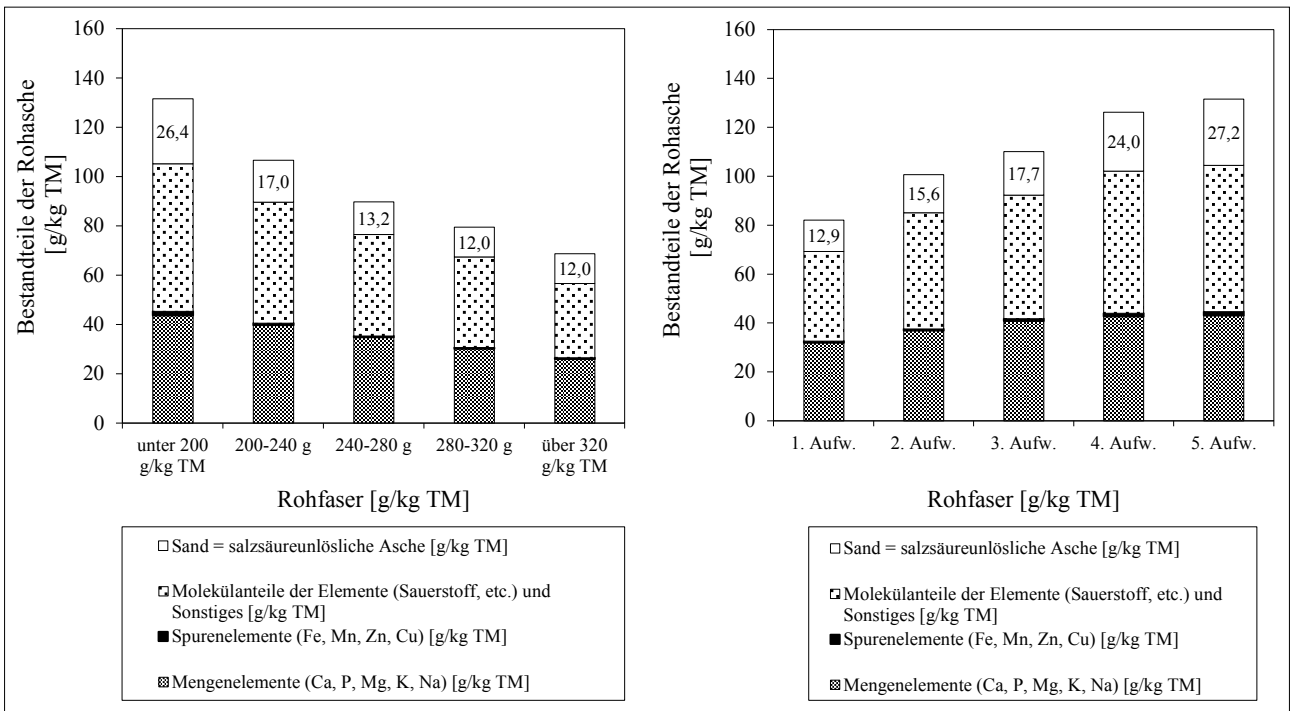


Abbildung 2: Zusammensetzung der Rohasche aus Wiesenfutterproben in Abhängigkeit des Rohfasergehaltes bzw. Aufwuchses (Daten: Projekt MaB 6/21)

sind hauptsächlich die letzten Aufwüchse im Spätsommer bzw. Futter aus Wiesen mit vier oder mehr Nutzungen pro Jahr betroffen.

Eisengehalt

Die Eisenuntersuchung von Grundfutterproben (VDLUFA-Methodenbuch 1997c) wird im Zuge der ICP-Analyse gemeinsam mit den Spurenelementen Zink, Mangan und

Kupfer durchgeführt. Rohasche und Eisen stehen im Grundfutter in relativ enger Beziehung zueinander (RESCH und STEINER 2013). Je höher der Aschegehalt im Futter ansteigt, umso höher steigen auch die Eisenwerte (Abbildung 3). Berücksichtigt man den natürlichen Eisengehalt von Wiesenfutter und den Bodengehalt an Eisen, so beginnt die relevante Erdverschmutzung etwa ab einem Gehalt von 500 mg Eisen/kg Futter-TM. Eine noch wesentlich stärkere

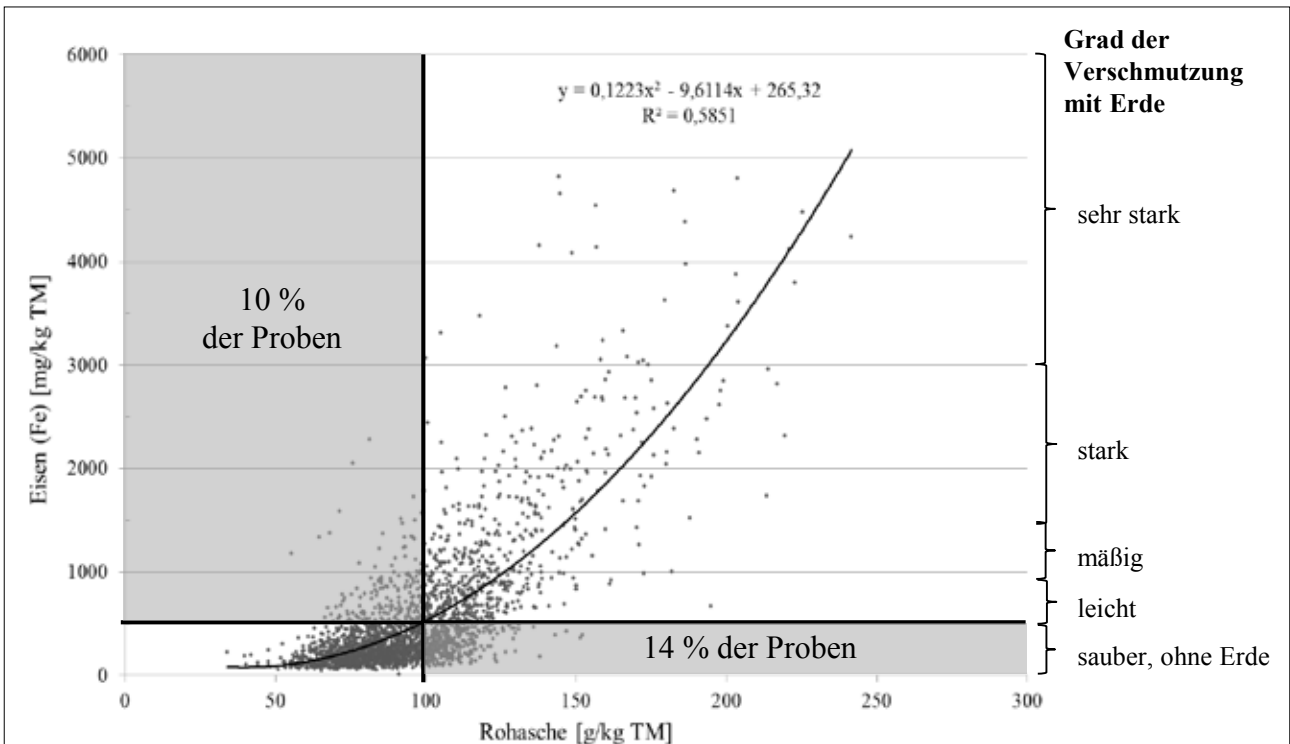


Abbildung 3: Beziehung zwischen Rohasche und Eisengehalt in Grünlandfutter (Daten: Projekt MaB 6/21)

Korrelation besteht zwischen Sandanteil und Eisengehalt. Daher ist der Eisenwert ähnlich zuverlässig in der Bewertung der erdigen Futtermittelverschmutzung wie der Sandanteil (RESCH et al. 2013). Die höchsten Eisengehalte können bei Rohfasergehalten unter 200 g/kg TM, also bei sehr jungem Futter, festgestellt werden. Der Eisengehalt im Futter steigt vom 1. Aufwuchs über die Folgeaufwüchse an und ist bei Grünfutter niedriger als in Grassilage und Heu.

Die Problembereiche der Beurteilung des Verschmutzungsgrades lassen sich anhand der grau hinterlegten Bereiche in *Abbildung 3* erkennen. Das Fenster links oben enthält 10 % der gesamten Proben. Diese weisen erhöhte Eisenwerte von über 500 mg/kg TM auf, würden aber mit der geltenden Rohaschebewertung als unverschmutzt eingestuft, weil die Rohaschegehalte unter 100 g/kg TM liegen. Im grauen Fenster rechts unten werden 14 % der gesamten Grünfutterproben über das Rohaschesystem als verschmutzt bewertet (über 100 g Rohasche/kg TM), obwohl die Proben unbedenkliche Eisenwerte unter 500 mg/kg TM aufweisen. In Summe gesehen ist daher die Bewertung der erdigen Futtermittelverschmutzung mittels Rohaschegehalt bei jeder vierten Probe fragwürdig bis problematisch, sofern der Eisenwert von 500 mg/kg TM als Maßstab herangezogen wird.

3.2 Futtermittelverschmutzung österreichischer Grassilagen

Die Untersuchung von 3.612 Grassilagen ergab, dass 48 % der Proben über 100 g Rohasche/kg TM enthielten (STÖGMÜLLER 2014). Rund 15 % der eingesendeten Silagen wiesen Rohaschegehalte über 120 g/kg TM auf. Extremwerte lagen jenseits der 200 g Rohasche/kg TM (*Abbildung 4*). In einer GLM-Analyse (RESCH 2010) wurden 10 fixe Effekte (Jahr, Wirtschaftsweise, Futterzusammensetzung, Aufwuchs, Mähgerät, Schnitthöhe, Zetthäufigkeit, Feldphase, Witterung und Erntegerät) und 3 Kovariablen (Trockenmasse, Rohprotein, Rohfaser) eingesetzt, um deren Auswirkungen auf den Rohaschegehalt zu ermitteln. Mit dem linearen Modell konnte die Datenvarianz der Rohaschegehalte in Grassilagen aus den angeführten Parametern nur

geringfügig erklärt werden ($r^2 \sim 22\%$), d.h. andere Faktoren trugen maßgeblich zur Höhe des Rohaschegehaltes bei.

Faktoren mit signifikanten Effekten auf den Rohaschegehalt waren Rohfaser- und Rohproteingehalt, Aufwuchs, Schnitthöhe, TM-Gehalt und der Jahreseffekt. Außerdem stieg der Rohaschegehalt mit zunehmender Anzahl an Erdhaufen von Wühlmäusen bzw. Maulwürfen signifikant an.

3.3 Auswirkungen der Futtermittelverschmutzung in Grassilagen

Futtermittelverschmutzung mit Erde ist in der Praxis ein großes Problem, weil je nach Kontaminationsgrad des Futters mehr oder weniger ungünstige Folgen in vielen Richtungen zu erwarten sind (RESCH et al. 2014a). Die Erdaufnahme aus Futtermitteln kann bei Wiederkäuern sehr unterschiedlich sein (HERLIN und ANDERSSON 1996). Bei Stallvorlage von grob strukturiertem Grünfutter und insbesondere von Heu haben Tiere die Möglichkeit zu selektieren, daher wird einiges an Erde im Futterrest übrig bleiben. Bei Gärfutter mit hohem Wassergehalt oder bei Mischrationen wird meist ein Großteil der Erde aus dem Futter gefressen, weil die Tiere kaum selektieren können. Bei einer Futteraufnahme von 10 kg TM einer stark verschmutzten Grassilage (200 g Rohasche/kg TM) nimmt eine Kuh am Tag etwa 1,2 kg Erde auf.

Futterinhaltsstoffe und Energie werden verdrängt

Verschmutzung mit Erde hat zur Folge, dass sich die qualitative Zusammensetzung des Futters verändert. Die Zunahme von 10 g Rohasche/kg TM in Grassilage verringert den Rohproteingehalt um 1,6 g und den Rohfasergehalt um 3,8 g/kg TM. Die Energiekonzentration wird um durchschnittlich 0,1 MJ NEL/kg TM reduziert.

Eine sehr stark verschmutzte Futterpartie (220 g Rohasche/kg TM), im Ähren-/Rispenstoppeln geerntet, verliert je kg Trockenmasse 23 g an Rohprotein bzw. 1,17 MJ NEL gegenüber sauber konservierter Grassilage (*Tabelle 1*). Auch die organischen Bestandteile der Erde (Humus) verdrängen wertvolle Futterinhaltsstoffe. Die reduzierende Wirkung

$$r^2 = 0,009 \quad \text{TM-Effekt} = -0,04 \text{ g}$$

$$r^2 = 0,084 \quad \text{XF-Effekt} = -0,32 \text{ g}$$

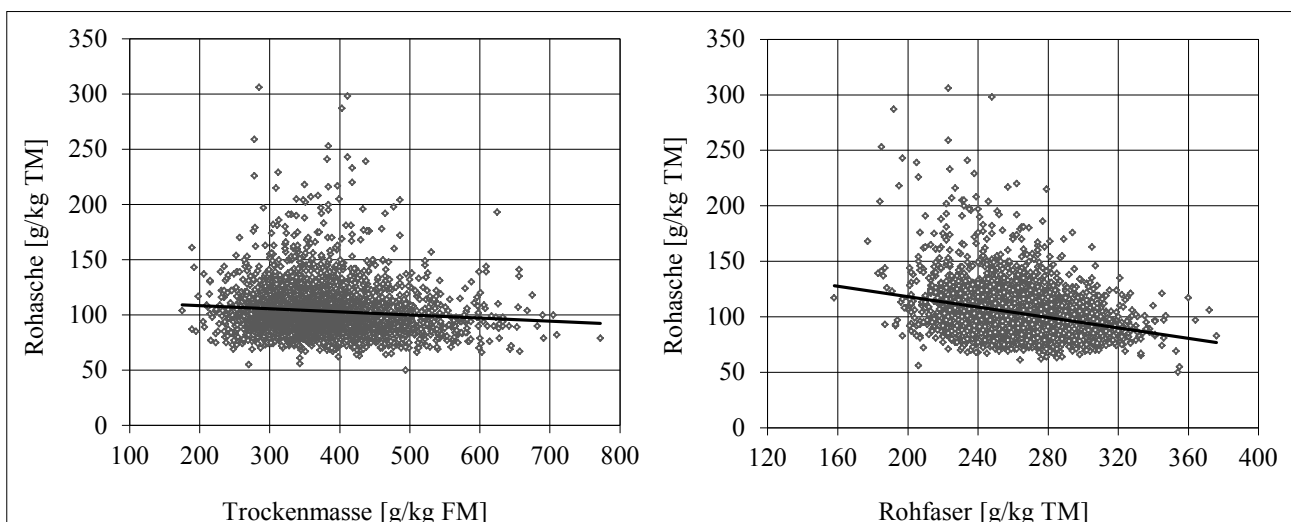


Abbildung 4: Rohaschegehalte österreichischer Grassilagen in Abhängigkeit des Trockenmasse- und Rohfasergehaltes (Daten: LK-Silageprojekte 2003/05/07/09)

Tabelle 1: Veränderung von Nährstoffgehalten, Energiedichte und Buttersäuregehalt bei zunehmender erdiger Futtermittelverschmutzung von Grassilage

Verschmutzungsanzeiger			Futterinhaltsstoffe				Energie	Gärung
Rohasche [g/kg TM]	Sand [g/kg TM]	Eisen (Fe) [g/kg TM]	Organische Masse [g/kg TM]	Rohprotein [g/kg TM]	Rohfaser [g/kg TM]	Rohfett [g/kg TM]	NEL [g/kg TM]	Buttersäure [g/kg TM]
90	13	400	910	160	248	31	6,17	7,1
110	17	700	890	156	244	30	6,00	7,8
140	27	1.300	860	151	235	29	5,73	9,2
180	45	2.500	820	144	227	28	5,36	12,0
220	69	4.100	780	137	219	27	5,00	15,8

*Futterbasis: Dauerwiese 1. Aufwuchs, Ähren-/Rispenstängel, TM-Gehalt 38 %

organischer Bodenanteile auf Futterprotein, -energie und -aufnahme kann anhand fehlender Bodendaten nicht abgebildet werden. Dem Problem organischer Verunreinigungen sollte in Zukunft mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Erdbelastung verschlechtert Gärqualität

Ein Maßstab für die Silierbarkeit von Pflanzen ist die Pufferkapazität (JÄNICKE 2011). Sie ist neben dem Rohproteinanteil auch wesentlich vom Rohaschegehalt abhängig. Je höher der Rohaschegehalt im Futter ist, umso mehr Milchsäure muss durch die Vergärung von Zucker zur pH-Absenkung und damit zur Silagestabilisierung produziert werden. Folglich geht die Silierbarkeit des Futters mit steigendem Rohaschegehalt zurück und das Risiko einer Fehlgärung steigt (NUSSBAUM 2011b). Verschmutzung mit Erde wirkt sich in der Regel negativ auf die Gärqualität aus (Tabelle 1). Die Zunahme um 10 g Rohasche erhöht den Buttersäuregehalt um ~0,4 g/kg TM und den Proteinabbau um 0,3 % (Anteil Ammoniak-Stickstoff [NH₃] am Gesamtstickstoff). Nimmt man den Eisengehalt als Indikator für Futtermittelverschmutzung, so zeichnet sich hier ein noch deutlicherer Effekt als bei Rohasche-Erhöhung ab. Die Zunahme von 100 mg Eisen/kg TM erhöht den Buttersäuregehalt um 0,33 g/kg TM (Abbildung 5).

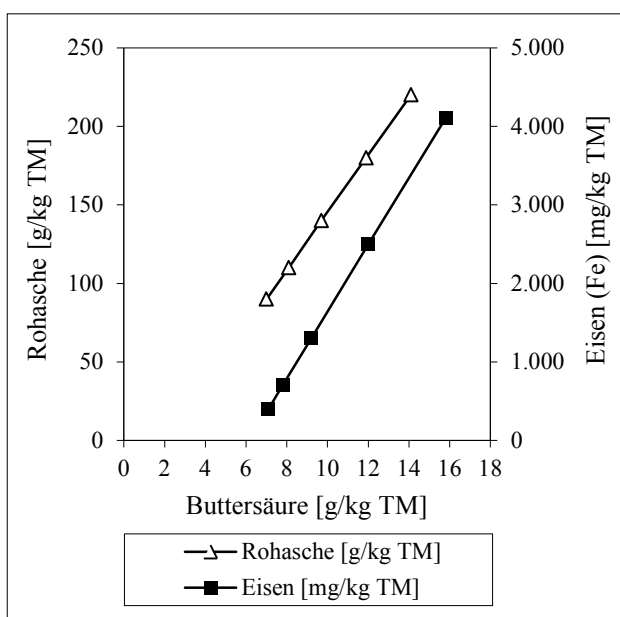


Abbildung 5: Einfluss von Rohasche- bzw. Eisengehalt auf den Buttersäuregehalt von Grassilagen (Daten: LK-Silageprojekte 2003/05/07/09)

Der negative Effekt des Rohaschegehaltes ist in puncto Buttersäuregärung allerdings etwas geringer als ein zu hoher Rohfasergehalt bzw. ein zu niedriger TM- oder Rohproteinanteil im Erntegut (RESCH 2008). Die Kombination von erdiger Futtermittelverschmutzung mit geringer Anwelkung (TM-Gehalt unter 30 %) und zu spätem Erntezeitpunkt (Rohfaser-Gehalte über 270 g/kg TM) kann die Gärqualität von Grassilagen und damit deren Futterwert massiv verschlechtern. Das Aroma von Grundfutter wird durch Erde negativ verändert, was in der Folge die Futterakzeptanz verschlechtern kann.

Verdaulichkeit sinkt durch Erde im Futter

Die Zunahme von Rohasche wirkt sich massiv auf die Verwertbarkeit von Grassilage aus. Den ersten Beweis dazu liefert die Untersuchung der Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) von 1.336 österreichischen Grassilageproben nach TILLEY und TERRY (1963), einer in vitro-Labormethode mit Pansensaft. Bei Annahme eines durchschnittlichen Rohfasergehaltes von 248 g/kg TM führte der Anstieg von 10 g Rohasche/kg TM zu einer Reduktion des Gehaltes an verdaulicher OM um 8,6 g/kg TM (Abbildung 6).

Da Rohaschegehalte hinsichtlich erdiger Verschmutzung trügerisch sein können, wurde mit den oben angeführten

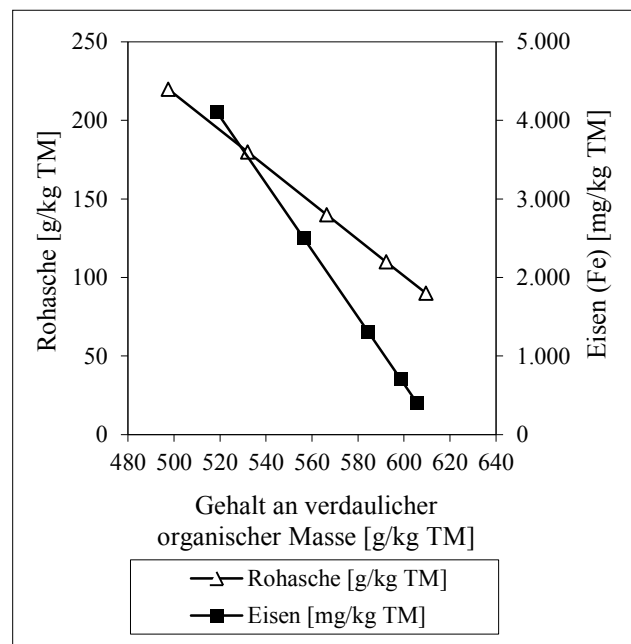


Abbildung 6: Einfluss von Rohasche- bzw. Eisengehalt auf den Gehalt an verdaulicher organischer Masse von Grünlandfutter mit 248 g Rohfaser/kg TM (Daten: Projekt MaB 6/21)

Proben auch der Einfluss des Eisengehaltes auf die OM-Verdaulichkeit überprüft. Wenn infolge von Erdverschmutzung der Eisengehalt im Futter um 100 mg/kg TM ansteigt, führt dies zu einer Reduktion des Gehalts an verdaulicher OM um 2,3 g/kg TM (*Abbildung 6*). Erdige Verschmutzung, ablesbar an vergleichsweise höheren Rohasche- und Eisengehalten, resultiert somit bei gleichem Rohfasergehalt in einer geringeren OM-Verdaulichkeit des Grundfutters.

3.4 Tiergesundheitliche Probleme durch Futtermittelverschmutzung

Erdaufnahme kann zur Störung der Verdauungsorgane und Nährstoffbalance führen und subklinische bzw. klinische Befunde bei den Tieren hervorrufen. Die Verfütterung von erdig verunreinigten Futtermitteln kann als Hauptursache für das Krankheitsbild der Pansen-, Labmagen- und Darmversandung von Rindern angesehen werden. Bei Versandung der Vormägen findet man an Krankheitserscheinungen eine allmählich sinkende Fresslust, eine verminderte Pansen-tätigkeit, immer wiederkehrende Pansenblähungen und typischerweise Durchfall sowie vermehrten Speichelfluss. Aufgrund der verminderten Futtermittelaufnahme kommt es zur chronischen Abmagerung und zu verminderter Milchleistung (RESCH et al. 2014c). Mit Fortdauer der Erkrankung sowie in schwerwiegenden Fällen zeigen die Tiere Leerkaugen und Zähneknirschen. Die Störungen der Fresslust sind auf die Schmerzhaftigkeit der Magenschleimhautentzündung zurückzuführen, welche aufgrund der starken mechanischen Reizung durch den Sand und die Steinchen entsteht.

Wenn das Futter unverhältnismäßig stark verunreinigt ist, gelangt der Sand auch vermehrt in die hinteren Abschnitte des Verdauungstraktes, also in den Labmagen und in die Darmschlingen. Die Tiere magern ab, der Kot wird in diesem Fall dünnbreiig und aufgrund von Blutbeimengungen dunkel. Sandablagerungen im Labmagen können auch bei der Entstehung von Labmagengeschwüren eine ursächliche Rolle spielen. Auch Fälle von Koliken und akutem Darmverschluss sind möglich.

Erdverschmutzung kann Spurenelemente festlegen

Spurenelemente erfüllen vielfältige und wichtige Aufgaben im Organismus. Die Bioverfügbarkeit von Mengen- und Spurenelementen kann durch die Fütterung erdig verschmutzter Grundfüttermittel negativ beeinträchtigt werden. Eisen ist im Erdboden meist reichlich vorhanden und kann bei entsprechender Aufnahme ein Auslöser für die Blockade anderer Elemente sein. Durch Komplexbildung von Calcium, Eisen und Aluminium kann es im Tier zu einer verminderten Resorption von Phosphor kommen, der Effekt ist ein Phosphor-Mangel. Kupfer-, Mangan- und Zinkmangel können ebenfalls durch zu hohe Gehalte an Eisen aus Erde verursacht werden. Kupfer und Mangan werden teilweise über die gleichen Transportwege absorbiert wie das Eisen. Die Eisenzufuhr ist im Körper sehr streng geregelt, weil zu viel an freiem Eisen hochtoxisch im Körperinneren wirkt. Bei zu hoher Eisenzufuhr werden deshalb die Eisen-transportpfade massiv heruntergeregelt und damit auch die Fähigkeit zur Absorption von Kupfer und Mangan. Bei knapper Kupfer-, Zink- bzw. Mangan-Versorgung kann es daher leicht zu einem sekundären Kupfer- und Zinkmangel, weniger häufig zu einem Manganmangel kommen. Kupfer

kann auch durch hohe Schwefel- oder Molybdän-Gehalte festgelegt werden. Der hervorgerufene Mangel an Spurenelementen kann zur Herabsetzung der Fruchtbarkeit der Tiere führen. Verschärft kann der Mineralstoffmangel zusätzlich noch durch pansenazidotische Verhältnisse werden, weil tiefe pH-Werte im Pansen eine verminderte Resorption von Mineralstoffen nach sich ziehen.

3.5 Ansatzpunkte zur Problemreduktion

Um sich mit der Reduktion der Futtermittelverschmutzung kritisch auseinandersetzen zu können, ist es notwendig, sich erst mit den Ursachen des Erdeintrages in das Grundfutter zu beschäftigen. Kommt es dennoch zu einer erdigen Verschmutzung des Futters, stellt sich die Frage inwieweit die Gärung durch Silierhilfsmittel positiv beeinflusst werden kann (RESCH et al. 2011).

Wetterbedingungen beachten

Winderosion von Bodenteilchen kann auf krummentrockenen Standorten insbesondere in den Sommermonaten zur Kontamination der Futterpflanzen mit Erde führen. In der Feldstudie MaB 6/21 (1997 – 2001) konnte auf 21 Praxisflächen mit krummentrockenen Böden festgestellt werden, dass das Futter dieser Flächen einen Rohaschegehalt von 127 g/kg TM aufwies und vergleichbares Dauerwiesenfutter von rund 1.500 gut mit Wasser versorgten Flächen nur 98 g Rohasche/kg TM enthielt. Kräuterreiche Pflanzenbestände sind einem höheren Risiko der Verschmutzung ausgesetzt als Grasbestände (NUSSBAUM 2011a, RESCH et al. 2014a). In Exaktversuchen konnten LI et al. (1994) nachweisen, dass Gräser durch Wetterereignisse mit etwas weniger Erde (6 g Erde/kg Futter-TM) kontaminiert wurden als zweikeimblättrige Pflanzen wie Leguminosen und Kräuter (10 g Erde/kg Futter-TM). Bei krautigen Pflanzen wurden 70 % der Erdverunreinigung durch Regenfall verursacht, während bei Gräsern 53 % der Erdbelastung von Winderosion stammten. In den letzten Jahren führten kleinräumige Extremereignisse mit Hagelschlag, Überschwemmungen und Vermurungen, aber auch Trockenheit verstärkt zu teils katastrophalen Schäden an Futterpflanzen. Wasserbedingte Schäden können die Ernte durch massive Kontamination mit Erde, Schlamm, Sand, Steinen und allerlei Treibgut (Holz, Müll etc.) zerstören. „Verdreckte“ Futterpartien dürfen nicht siliert und auch nicht den Tieren vorgelegt werden, weil die Tiere davon erkranken können.

Lückige Grasnarbe verhindern

Eine optimale Narbendichte des Grünlandbestandes verringert den Erdeintrag in das Futter (JÄNICKE 2011). Die Untersuchung von 1.884 österreichischen Grünlandflächen ergab eine durchschnittliche Lückigkeit (offener Boden) von 2,5 %. Der höchste Lückenanteil lag bei 50 % offenem Boden. Besonders auf trockenen bis halbtrockenen Standorten war die Lückigkeit mit durchschnittlich 7 % offenem Boden deutlich höher als bei frischen, feuchten oder gar nassen Verhältnissen. Die Förderung von narbenverdichtenden Bestandesbildnern wie z.B. Wiesenrispe, Englisches Raygras und Weißklee ist durch eine bedarfsgerechte Düngung und Nutzung bzw. Nach-/Übersaat zielführend, um einen hohen Bedeckungsgrad zu erreichen (KRAUTZER et al. 2011). Aus neuseeländischen Weideversuchen (HEALY

1968) ging hervor, dass fette Bestände mit intensivem Pflanzenwachstum zu weniger als 2 % Erdaufnahme, bezogen auf die TM-Aufnahme, führten. Magere, lückige Bestände verursachten bis zu 14 % Erdaufnahme.

Extensiv geführte Dauergrünlandbestände mit später Schnittnutzung weisen häufig aufgelockerte Grasnarben und auch erhöhten Unkrautdruck auf. Feldfuttermischungen, aber auch Überdüngung mit Stickstoff führen bei den Beständen auch zu geringerer Narbendichte, wodurch sich das Verschmutzungsrisiko erhöht. In lückigen Beständen findet man Erdbesatz auf den Pflanzen größtenteils bis 10 cm über dem Boden. Lücken im Pflanzenbestand sollten rasch durch eine umbruchlose Regeneration geschlossen werden, bevor minderwertige Lückenfüller wie die Gemeine Rispe (*Poa trivialis*) und andere diese offenen Stellen besiedeln. Je größer die Bestandeslückigkeit und die Regenmengen, umso stärker sind die Pflanzenverschmutzungen mit Erde ausgeprägt (HINTON et al. 1995).

Tierische Schädlinge bekämpfen

In Österreich werden jährlich etwa 300.000 ha an Grünlandnarben durch wühlende und grabende Wirbeltiere (Wühlmaus, Maulwurf, Feldmaus, Wildschwein etc.) sowie ca. 5.000 ha durch Insektenlarven (Engerlinge von Maikäfer, Gartenlaubkäfer etc.), Ameisen und sonstigem Getier geschädigt bis zerstört (PÖTSCH et al. 1997). Insbesondere Wühlmaus und Maulwurf bereiten dem Futterkonservierer durch ihren Erdauswurf größte Probleme hinsichtlich Futtermittelverschmutzung (Abbildung 7). Exakten Erhebungen zufolge können bei starkem Schädlingsbesatz auf einem Hektar bis ca. 20.000 Erdhaufen auftreten, was gewichtsmäßig über 80 Tonnen Erde/ha an Erdaushub entspricht.

Eine Maßnahme, die zumindest kurzfristig die Erdhaufen einebnet, ist das Abschleppen im Frühjahr mittels Wiesenschleppe. Die Bestandeslückigkeit machte bei exakten Beobachtungen auf „vermausten“ Flächen vor dem Ab-

schleppen 2 bis 32 % aus. Nach dem Abschleppen betrug die Lückigkeit 16 bis 95 %. Die Problemstellung zeigt auf, dass es nicht beim Abschleppen als alleinige Maßnahme bleiben kann, weil mit der Schleppe die Schädlinge nicht oder nur geringfügig vertrieben werden. Aufgrund der teilweise extrem hohen Besatzdichten an Wühlmäusen haben sich Landwirtschaftskammern, Maschinenringe und einzelne Landwirte schwerpunktmäßig der Mäusebekämpfung verschrieben (HAUER und FRÜHWIRTH 2012, RESCH 2014b). Es werden regionale Fangkurse angeboten (Info bei Landwirtschaftskammer, Maschinenring etc.), um den betroffenen Landwirten den professionellen Wühlmausfang zu zeigen. Beim Maulwurf, im Volksmund auch als „Scher“ bekannt, ist in einigen österreichischen Bundesländern zu beachten, dass dieser unter Naturschutz stehen kann und in diesem Fall nicht getötet werden darf!

Zunehmend werden massive Flurschäden auf Grünland und sogar auf Almflächen durch Wildschweine verursacht. Rotten mit mehreren Tieren ziehen meist nachts durch und reißen die Grasnarbe mit dem Rüssel teilweise extrem auf, sodass bei der Futterernte ganze Wasenstücke mit Erde in das Erntegut gelangen können. In diesem Fall ist die Jägerschaft gefordert den Jagddruck auf das Schwarzwild zu erhöhen.

Fahrstil auf Grünlandflächen

Die Ursache der Futtermittelverschmutzung mit Erde steht in vielen Fällen mit der Arbeitsweise der Landwirte in Verbindung. Eine Befahrung bei feuchten Bodenverhältnissen, insbesondere auf hängigen Flächen bzw. mit schwerem Gerät, führt leicht zu Narbenverletzungen. Hervorgerufen werden diese durch Schlupf der Antriebsräder oder Abdrift in Hanglagen. Bei Durchfahrt auf feuchten Wiesen wird die Grasnarbe bereits bei 15 % Schlupf vom Unterboden abgerissen und in Fahrtrichtung verschoben (OTT 1991). Dadurch kann es zu einem Eintrag von Wurzel- und Erdmassen bei der Futterernte kommen. Der gleiche Effekt der Narbenschädigung kann bei zu engem Vorgehände auftreten. Optimale Reifenwahl und geringer Luftdruck in den Reifen verringern die Narbenschädigung.

Erntetechnik richtig einsetzen

Die maschinelle Technik der Futterernte kann auch zu spürbaren Erdeinträgen in das Futter führen. Im LK-Heuprojekt, einer österreichweiten Feldstudie, bewirkten feuchte bis nasse Bestände zum Zeitpunkt der Mahd deutlich erhöhte Rohaschegehalte im Futter. Deswegen sollte die Mahd erst dann erfolgen, wenn der Pflanzenbestand abgetrocknet und der Boden nicht mehr zu feucht ist.

Ebenso kritisch muss die Einstellung der Schnitthöhe des Mähwerkes betrachtet werden. Futter, welches unter 5 cm Schnitthöhe gemäht bzw. „abasiert“ wurde, hatte deutlich höhere Erdanteile (Abbildung 8) als jenes, das über 5 cm geschnitten wurde (NUSSBAUM 2011b, WYSS 2014). Die Futtermittelverschmutzung mit Erde kann bei der Mahd noch verstärkt werden, wenn sehr schnell rotierende Techniken eingesetzt werden, welche einen Saugeffekt Richtung Boden ausüben (wie z.B. Mähauflbereiter). „Staubsaugende“ Mähetechniken sind besonders verschmutzungsrelevant bei lückigen Futterbeständen (z.B. Feldfutter), Flächen mit Wühlmausbefall, aber auch bei stark ausgetrockneten Böden. Mähauflbereiter sind insofern kritisch, weil bei in-

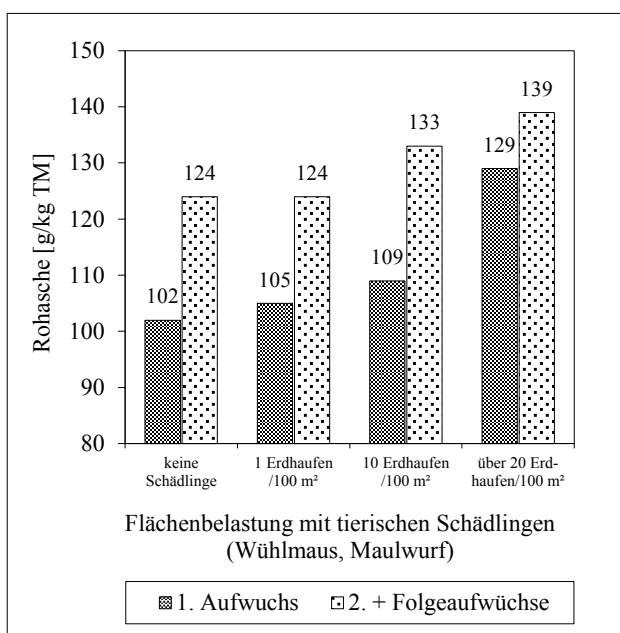


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Anzahl Erdhaufen und Rohaschegehalt in der Grassilage (Daten: LK-Silageprojekte 2003/05/07/09)

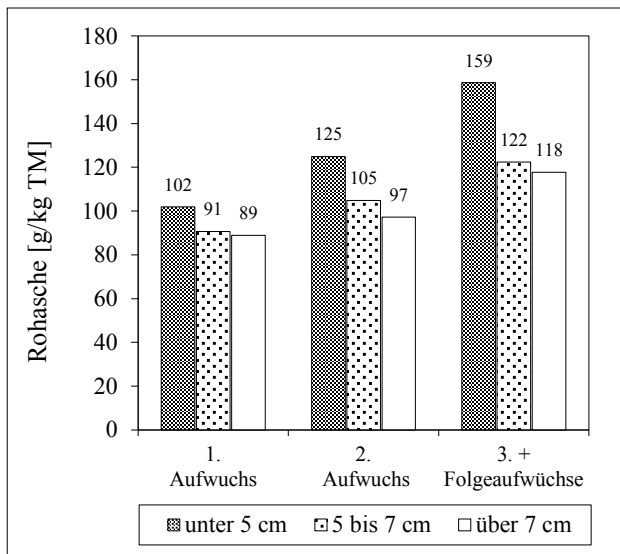


Abbildung 8: Einfluss der Schnitthöhe auf den Rohaschegehalt in unterschiedlichen Grünlandaufwüchsen (Daten: LK-Silageprojekte 2003/05/07/09)

tensiv aufbereitetem Futter aus den verletzten Pflanzenteilen zuckerhaltiger Zellsaft austritt, woran Erdpartikel sehr gut haften bleiben. Moderne Mähtechnik mit Boden Anpassung kann hinsichtlich Verschmutzung umso besser abschneiden, wenn neben der optimalen Geräteeinstellung und Fahrgeschwindigkeit auch die Feldbedingungen (dichte Grasnarbe, keine Erdhaufen) passen und die Mähmodule nicht breiter als 3 Meter sind (LÖFFLER 2014). Bei Feldfutterbeständen ist eine Mindestschnitthöhe von 7 – 8 cm empfehlenswert, um den Erdanteil entsprechend zu reduzieren.

Die Voreinstellung der Werbegeräte (Zettwender, Schwader) sollte grundsätzlich auf festen Untergrund am Hof durchgeführt werden. Die endgültige Einstellung muss auf dem Feld überprüft werden und ist je nach Feldbeschaffenheit anzupassen. Der Abstand der Federzinken wäre mit 2 – 3 cm Abstand zum Boden optimal. Bei lückigen Beständen, wo Futter direkt am Boden liegt, führt eine „optimale“ Geräteeinstellung zu ungünstigen Rechercheergebnissen, weil einiges an Futtermasse liegen bleibt. Wird in diesem Fall der Abstand zum Boden verringert, verbessert sich zwar die Schwadarbeit, allerdings nimmt das Verschmutzungsrisiko mit Erde stark zu. Zu tief eingestellte Geräte (Zetter, Schwader, Pick-up) kratzen und erhöhen damit das Futterverschmutzungsrisiko.

Bei der Schwad-Zusammenlegung konnte nachgewiesen werden, dass Seitenschwader zu höheren Verschmutzungen mit Erde führten als Mittelschwader (GERIGHAUSEN und THAYSEN 2011). Pickup-Schwader formen alle Kulturen ohne Steine, Erde und sonstige Verschmutzungen locker zum Schwad, allerdings ohne exakte Ablagekante. Boden Anpassung durch Tasträder und richtig vorgewählte Fahrgeschwindigkeit (in Abhängigkeit der Futtermasse: Kreiseln max. 5 km/h, Schwaden max. 8 – 10 km/h) verringern das Risiko der Erdkontamination.

Futteranwelkung optimieren

Die höchsten Konzentrationen an Erde findet man im Weidfutter, gefolgt von Grünfutter. Im Silofutter, Gärheu und Heu gehen die erdigen Verschmutzungen zurück, d.h. die

Anwelkung hat grundsätzlich eine senkende Wirkung auf den Erdbesatz (FRIES et al. 1982, WYSS 2014). Die Zunahme von 2,5 % TM senkt den Rohaschegehalt im Durchschnitt um 1 g/kg TM (RESCH 2010). Die Futteranwelkung alleine ist aber kein Garant für erdfreies Futter. Der optimale Anwelkggrad für Grassilage liegt zwischen 300 und 400 g TM/kg Frischmasse. Die Spannweite des TM-Gehaltes im Erntegut sollte nicht mehr als 50 g TM betragen.

Vorplatz von Flachsilos befestigen

Unbefestigte Flächen unmittelbar vor Flachsilos oder Feldhaufen sind eine Möglichkeit Erde über das Reifenprofil auf den Futterstock zu verschleppen und für eine entsprechende Kontamination zu sorgen. In der Folge kann diese Verschmutzung zu Fehlgärungen in der Futterkonserve führen. Auf- bzw. Abfahrten zu Flachsilos sollten daher befestigt ausgeführt werden, um diese Eintragsquelle auszuschließen.

Infektionskreisläufe unterbrechen

Bei unzureichendem Hygienemanagement können durch die Ausbringung von Wirtschaftsdünger Boden und Grünlandpflanzen mit Parasiten und pathogenen Keimen belastet werden. Betriebsinterne Infektionskreisläufe können geschlossen werden, wenn Tiere erdig verschmutztes, mit schädlichen Keimen behaftetes Grundfutter aufnehmen, der infizierte Kot über den Wirtschaftsdünger (Gülle und Mist) auf die Felder ausgebracht und schließlich wieder verschmutztes Futter (Weide, Grassilage, Heu) dieser Grünlandflächen von den Tieren gefressen wird (BUCHGRABER und GINDL 2004). Landwirte sind gefordert vor allem den Infektionskreislauf der Buttersäurebildner (Clostridien) zu unterbrechen, ansonsten können Probleme bei Futterqualität, Tiergesundheit und Rohmilchqualität auftreten.

Siliermitteleinsatz?

In Österreich werden ca. 5 bis 10 % der Futterpartien mit Silierhilfsmitteln behandelt. Grundsätzlich kann die Anwendung eines Präparates nur dann erfolgreich sein, wenn die empfohlene Dosierung eingehalten und das Produkt gleichmäßig im Futter verteilt wird (LÖFFLER 2014). In den österreichweiten LK-Silageprojekten zeigte sich, dass jene Landwirte, welche ihren Zusatz händisch verteilten, einen signifikant höheren Buttersäuregehalt in der Grassilage hatten als die Anwender von Dosierautomaten (Abbildung 9). Ideal wären flüssige Produkte, weil sie im Siliergut noch besser verteilt werden können als Granulate oder Pulver.

Impfkulturen mit Bakterien (Milch-, Essig- und Propionsäure-Bakterien) können bei gräserbetontem Erntegut unter besten Silierbedingungen (Anwelkung auf 30 – 40 % TM, Rohfaser 220 – 260 g/kg TM, gute Verdichtung, keine bis geringfügige erdige Verschmutzung) den Gärverlauf durch eine beschleunigte Milchsäuregärung verbessern (RESCH et al. 2011, NUSSBAUM 2011b).

Bei nassem Futter (TM-Gehalt unter 28 %), Reinbeständen von Klee oder Luzerne, erdig verschmutzten Futterpartien oder bei Temperaturen unter 8 °C (letzter Schnitt im Herbst) ist der Einsatz von Bakterien-Impfkulturen nicht sinnvoll. Ist eine Schadensbegrenzung aufgrund von Risikobedingungen (nasses, angeregnetes oder mit Erde verschmutztes Futter, grobstängeliges Erntegut, klee- oder kräuterreicher

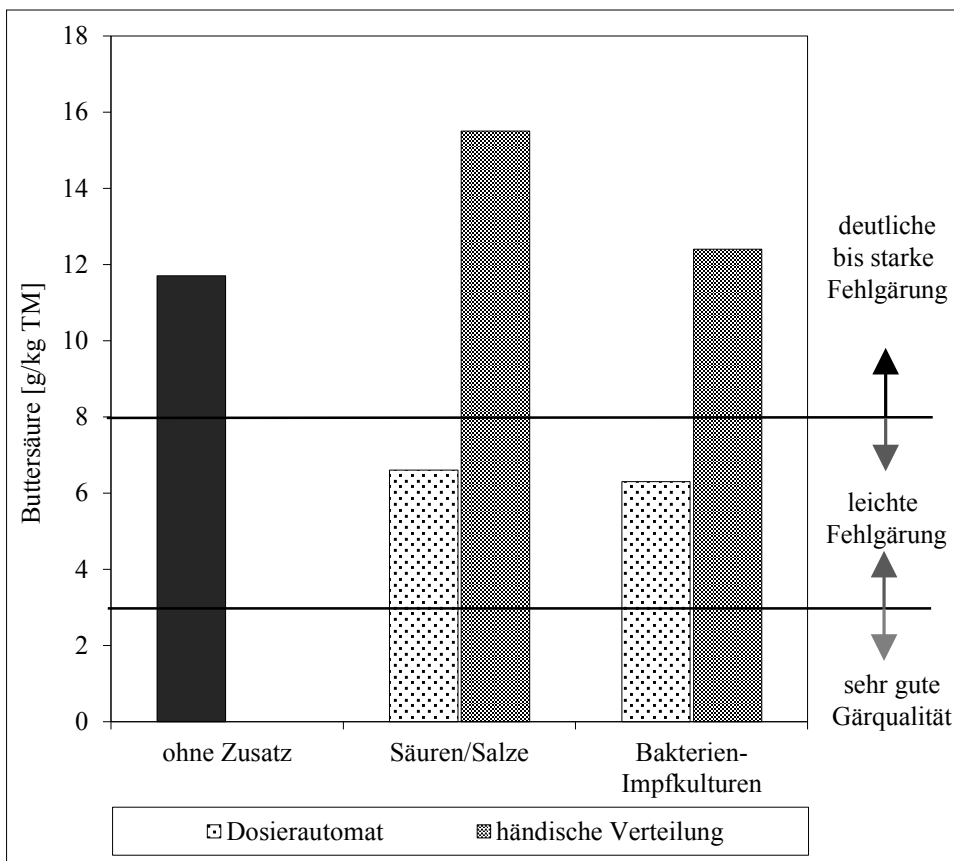


Abbildung 9: Einfluss von Silierhilfsmitteln und deren Verteilung/Dosierung auf den Buttersäuregehalt von Grassilage (Daten: LK-Silageprojekte 2003/05/07/09)

Bestand, unzureichende Verdichtung, zu stark angewelltes Futter) erforderlich, um eine Fehlgärung oder Nacherwärmung einzudämmen, so können nur mehr organische Säuren (Ameisen-, Propion-, Sorbin- und Benzoesäure), Salze von organischen Säuren (Formiat, Propionat, Benzoat etc.) oder chemische Konservierungsstoffe (Natriumnitrit, Hexamethyltetramin etc.) helfen. Werden chemische Konservierungssalze verwendet, so sind bei manchen Produkten Wartezeiten bis zu 8 Wochen einzuhalten, bis gewisse Stoffe durch die Gärung vollständig abgebaut werden. Im LK-Silageprojekt 2009 verwendeten Landwirte die Säuren bzw. Salze verstärkt im feuchteren TM-Bereich, bei Erntegut mit erhöhten Rohaschegehalten (über 120 g Asche/kg TM) oder bei Anwelkung über 40 % TM, und konnten dabei einen mäßigen bis leichten Erfolg verbuchen (RESCH et al. 2011).

Organische Säuren und chemische Salzverbindungen können bis zu einem TM-Gehalt von 55 % bzw. einem Rohfasergehalt von 180 bis 300 g/kg TM empfohlen werden. Nicht zuletzt ist auch ein gewisser Nitratgehalt im Grünfutter eine Voraussetzung für das Gelingen einer Anwelksilage. Das im Zuge einer Umwandlung (Reduktion) während der Silierung daraus entstehende Nitrit hilft, die Clostridien in der ersten Gärungsphase niedrig zu halten. Wenig gedüngtes oder in einem sehr späten Entwicklungsstadium geerntetes Futter kann einen zu geringen Nitratgehalt aufweisen und ist dann sehr anfällig gegenüber der Buttersäuregärung. Abhilfe kann in diesem Fall der Zusatz nitrithaltiger Siliermittel schaffen. Bei verschmutztem Grünlandfutter mit mehr als 300 g Rohfaser/kg TM können auch Säuren und Salze keine Wunder wirken, deshalb sollte altes, verschmutztes

Grünlandfutter möglichst nicht einsiliert werden. Bei der Siliermittelwahl sollten nach NUSSBAUM (2014) Produkte mit DLG-Gütezeichen der Wirkungsrichtung 1a – schwer silierbares Futter bevorzugt werden (siehe www.guetezeichen.de).

4. Fazit für die Praxis

Futtermittelverschmutzung mit Erde ist in der Praxis weit verbreitet und führt bei Grassilagen zur Minderung von Gär- und Futterqualität sowie zu einer schlechteren Verwertung des aufgenommenen Futters bis hin zu tiergesundheitlichen Problemen. Qualitätsbewusste Landwirte setzen gezielte Maßnahmen zur Bekämpfung tierischer Schädlinge, Verdichtung der Grasnarbe, Mahd bei abgetrocknetem Pflanzenbestand, bodenschonender Fahrtechnik und optimaler Einstellung der Erntegeräte. Durch Reduktion des Erdanteils im Erntegut auf ein Minimum können

Infektionskreisläufe von unerwünschten Mikroorganismen (Clostridien u.a.) unterbrochen und durch Einhaltung der übrigen Silierregeln eine gute Milchsäuregärung sichergestellt werden. Siliermittel können bei Erdverschmutzung keine Wunder bewirken, aber das Risiko einer Fehlgärung vermindern, wenn richtige Produktwahl, Dosierung und optimale Verteilung berücksichtigt werden. Die Futtermittelanalyse bietet Landwirten gute Möglichkeiten die Größenordnung der erdigen Verschmutzung in Grassilagen zu erkennen, um sich der Problemdimension bewusst zu werden.

5. Literatur

- BUCHGRABER, K., E.M. PÖTSCH, R. RESCH und A. PÖLLINGER, 2003: Erfolgreich silieren – Spitzenqualitäten bei Grassilagen. ÖAG-Broschüre 3/2003, 12 S.
- BUCHGRABER, K. und G. GINDL, 2004: Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. 2. Auflage, Stocker-Verlag Graz, 192 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.
- ELSÄSSER, M., H. NUSSBAUM, N. FELDWISCH und O. EHRMANN, 2004: Maßnahmenkatalog zur verschmutzungssarmen Nutzpflanzen-ernte. 48. AGGF-Jahrestagung, 19-22.
- FLEMING, G.A., 1986: Soil ingestion by grazing animals. A factor in sludge-treated grassland. In: R.D. DAVIES, H. HAENI und P. L'HERMITE (eds). Factors influencing sludge utilization practices in Europe. Elsevier Applied Science Publishers, 43-50.
- FRIES, G.F., G. MARROW und P.A. SNOW, 1982: Soil ingestion by dairy cattle. J. Dairy Sci. 65, 611-618.

- GERIGHAUSEN, H.-G. und J. THAYSEN, 2011: Grobfutter- und Substraternte. In: DLG-Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 55-72.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 1997: Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (2. Auflage 1997).
- GUGGENBERGER, T. und R. RESCH, 2001: Wie Sie die Proben richtig ziehen. top agrar, Heft 10, 20-23.
- HAUER, M. und P. FRÜHWIRTH, 2012: Wühlmausbekämpfung. Bericht zur 18. Wintertagung, 16.-17. Februar 2012, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 15-16.
- HEALEY, W.B., 1968: The influence of soil type on ingestion of soil by grazing animals. International Society Soil Science Transactions, 9th Congr. 3, 437-445.
- HERLIN, A.H. und I. ANDERSSON, 1996: Soil ingestion in farm animals. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Biosystems and Technology, Report 105, 35 S.
- HINTON, T.G., J.M. TOLL und L. TOBLER, 1995: Soil Contamination of Plant Surfaces from Grazing and Rainfall Interactions. J. Environ. Radioactivity 29, 11-26.
- HÜNTING, K. und J. THAYSEN, 2011: Ziele der Futtermittelkonservierung für Schafe, Ziegen und Wildtiere. In: DLG-Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 19-21.
- JÄNICKE, H., 2011: Grobfutter und Substraterzeugung. In: DLG-Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 23-35.
- KALZENDORF, C. und J. THAYSEN, 2011: Ziele der Graskonservierungsqualität in der Pferdefütterung. In: DLG-Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 18-19.
- KRAUTZER, B., G. PERATONER, P. FRÜHWIRTH, E.M. PÖTSCH, K. BUCHGRABER und J. GALLER, 2011: ÖAG-Saatgutmischungen – Spitzenqualität setzt sich durch. ÖAG-Broschüre 6/2011, 12 S.
- LI, J.G., M.H. GERZABEK und K. MÜCK, 1994: An experimental study on mass loading of soil particles on plant surfaces. Die Bodenkultur 45, 15-24.
- LÖFFLER, C., 2014: Trends bei der Produktion von Grassilage. Bericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 9-14.
- NUSSBAUM, H.J., 2011a: Schmutz in der Grassilage vermeiden. Milchpraxis 49(2), 44-47.
- NUSSBAUM, H.J., 2011b: Schmutz. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Auflage, Kapitel I Konservierungsverfahren, 72.
- NUSSBAUM, H.J., 2014: Siliermittel, Silobau und Siloabdeckung: Aktuelles aus Recht und Beratung. Bericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 15-20.
- OTT, A., 1991: Schlupf auf Wiesen – Ertragseinbußen und Futtermittelverschmutzung. FAT-Bericht 403, Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon, 7 S.
- PÖTSCH, E.M., H. STRASSER und K. BERGER, 1997: Was Sie über tierische Schädlinge am Grünland wissen sollten. ÖAG-Broschüre 6/1997, 9 S.
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG-Broschüre 8/2006, 20 S.
- RESCH, R., 2008: Description of significant influence factors on butyric acid content of grass silage by means of a multi-factorial linear model. Proceedings of the 13th International Conference „Forage Conservation“, 3rd - 5th Sept. 2008, Nitra, Slovak Republic, 123-125.
- RESCH, R., L. GRUBER, J. GASTEINER, K. BUCHGRABER, G. WIEDNER, E.M. PÖTSCH und T. GUGGENBERGER, 2009: Mineralstoffgehalte machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. ÖAG-Broschüre 8/2009, 8 S.
- RESCH, R., 2010: Qualitätsbewertung von österreichischen Grassilagen und Silomais aus Praxisbetrieben. Abschlussbericht des DaFNE-Projektes Silagequalität (100535), LFZ Raumberg-Gumpenstein, 86 S.
- RESCH, R., A. ADLER, P. FRANK, A. PÖLLINGER, G. PERATONER, F. TIEFENTHALLER, C. MEUSBURGER, G. WIEDNER und K. BUCHGRABER, 2011: Top-Grassilage durch optimale Milchsäuregärung. ÖAG-Broschüre 7/2011, 11 S.
- RESCH, R. und B. STEINER, 2013: Schätzung der salzsäureunlöslichen Asche von Grünlandfuttermitteln anhand des Eisengehaltes. ALVA-Tagungsbericht 2013, Klosterneuburg, 23.-24. Mai 2013, 83-85.
- RESCH, R., G. WIEDNER, K. BUCHGRABER, J. KAUFMANN und E.M. PÖTSCH, 2013: Bedeutung des Eisengehaltes als Indikator für die Futtermittelverschmutzung von Grünlandfuttermitteln. ALVA-Tagungsbericht 2013, Klosterneuburg, 23.-24. Mai 2013, 86-88.
- RESCH, R., 2014a: Futter-, Energie- und Rohproteinerträge für Grünland in Österreich 2013. Grüner Bericht 2014, BMLFUW-Faustzahlen für Wirtschafts- und Extensivgrünland, Feldfutterbau, Silomais und Futterrüben.
- RESCH, R., 2014b: Einmaleins der Wühlmausbekämpfung. Der Fortschrittliche Landwirt (16), 18-19.
- RESCH, R., G. PERATONER und P. FRANK, 2014a: Futtermittelverschmutzung mit Erde – Ursachen und Lösungsansätze. Der Fortschrittliche Landwirt (16), 20-25.
- RESCH, R., G. PERATONER, G. STÖGMÜLLER, F. TIEFENTHALLER, A. ADLER und E.M. PÖTSCH, 2014b: Wie erkennt man erdige Futtermittelverschmutzung? Der Fortschrittliche Landwirt (17), 20-22.
- RESCH, R., J. GASTEINER, G. STÖGMÜLLER, F. TIEFENTHALLER, P. FRANK und A. ADLER, 2014c: Auswirkungen von erdiger Futtermittelverschmutzung. Der Fortschrittliche Landwirt (18), 20-25.
- SPIEKERS, H., 2011: Ziele in der Wiederkäuerfütterung. In: Praxishandbuch Futtermittelkonservierung, 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 13-17.
- STÖGMÜLLER, G., 2014: Futtermittelverschmutzung in Grassilagen österreichischer Praxisbetriebe. Bericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 3. April 2014, 27-33.
- SUMMERLING, T.J., 1981: In-vivo Estimates for the uptake of caesium-137 by cattle grazing contaminated pasture around the Esk and Irt Estuaries, Cumbria, U.K. The Science of the Total Environment 22, 39-50.
- TILLEY, J.M.A. und R.A. TERRY, 1963: A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18, 104-111.
- VDLUFA-Methodenbuch Band III, 4. Ergänzungslieferung, 1997a: Bestimmung der Rohasche. Amtliche Methode, Kapitel 8.1, 2 S.
- VDLUFA-Methodenbuch, Band III, 4. Ergänzungslieferung, 1997b: Bestimmung von salzsäureunlöslicher Asche. Amtliche Methode, Kapitel 8.2, 3 S.
- VDLUFA-Methodenbuch, Band III, 4. Ergänzungslieferung, 1997c: Bestimmung von Eisen. Amtliche Methode, Kapitel 11.1.2, 5 S.
- WYSS, U., 2014: Einfluss von Schnitthöhe und Gülleapplikation auf die Qualität von Grassilagen. Bericht zum 19. Alpenländischen Expertenforum, 3. April 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 21-25.

Effiziente Weidehaltung durch betriebsangepasste Weidesysteme und Weidestrategien

Efficient grazing management by farm adapted grazing-systems and grazing-strategies

Andreas Steinwiddler¹ und Johann Häusler²

Zusammenfassung

Steigende Kosten für Ergänzungsfuttermittel, Maschinen, Gebäude, Energie sowie Arbeit erhöhen in vielen Teilen der Welt das Interesse an der Weidehaltung. Die Produktivität der Weide hängt wesentlich von den Klimabedingungen, der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, dem Düngermanagement und dem Weidesystem ab. Bei intensiver Beweidung werden horstbildende Gräser zurückgedrängt und Weidepflanzenbestände (*Lolium perenne*, *Poa pratensis* etc.) gewinnen an Bedeutung. Durch die Weideführung werden auch die Weidefutterverluste beeinflusst. Beispielsweise führt bei verspäteter Beweidung die Beschattung der tief gelegenen Bereiche des Pflanzenbestandes zum frühzeitigen Absterben von Blättern. Effiziente Weidesysteme versuchen die Anforderungen des Weidepflanzenbestandes und den Bedarf der Weidetiere bestmöglich zu erfüllen bzw. aufeinander abzustimmen.

Bei Kurzrasenweide muss der tägliche Futterzuwachs auf den Weidefutterbedarf der Tiere abgestimmt werden. Die angestrebte Weidefutter-Aufwuchshöhe sollte über die gesamte Vegetationsperiode zwischen 5 und 7 cm (Deckelmethode) liegen. Daher muss die Größe der Weideflächen (oder die Tieranzahl/ha) regelmäßig mit dem aktuellen Weidefutterwachstum abgestimmt werden. Bei hochproduktiver Koppelwirtschaft bleiben die Rinder maximal 2 – 4 Tage in einer Koppel. Diese kurze Beweidungsdauer verhindert, dass frisch nachwachsende junge Blätter frühzeitig wieder abgegrast werden. Intensive Koppelweidesysteme gehen häufig in Richtung Portionsweidehaltung – die Rinder kommen dabei täglich oder zweimal täglich auf einen neuen Weidestreifen. Auch hier müssen die abgeweideten Streifen nach 4 Tagen konsequent abgezäunt werden. Mit Koppel- und Portionsweide kann eine hohe Produktivität (kg Milch/ha) erreicht werden, wenn die Grasaufwuchshöhe am ersten Beweidungstag bei 10 – 15 cm liegt und der Pflanzenbestand tief abgegrast (3 – 5 cm; jeweils Deckelmethode) in die nächste Ruheperiode geht. Auf Betrieben mit zwei Leistungsgruppen können die höherleistenden Rinder vorausgrasen (z.B. die ersten zwei Beweidungstage einer

Summary

The rising costs for external energy, supplemental feedstuffs, machinery, housing and labour lead to a rejuvenated interest in pasture-based feeding systems in many regions of the world. The productivity of pastures depends mainly on climate conditions, species composition, nutrient supply and the grazing system. Intense grazing reduces the growth of erect species and increases the growth of prostrate species such as *Lolium perenne* and *Poa pratensis*. Shading of the lower parts of the plants causes death of the lower leaves and increases the amount of pasture that is wasted. Effective grazing systems attempt to satisfy the requirements of the pastures and the livestock.

Continuous grazing systems (set-stocking) are successful, when pasture grows at the same rate as the cattle consume it. Target sward height varies between 5 and 7 cm (bucket cover method) during grazing period and pasture area has to be adjusted to actual grass growth. High productive rotational grazing systems use (permanently) fenced paddocks and cattle stay within one paddock for 2 – 4 days – this period is the maximum desirable to minimise the risk that the newly grown tillers will be eaten off as soon as they emerge. In high intensive rotational systems (strip grazing) the herd moves onto a fresh area after each day or each milking time. But it is also necessary that the grazed area gets fenced off after 4 days. A high efficiency (milk/ha pasture) can be achieved in rotational systems, when sward height at the first grazing day of a paddock varies between 10 – 15 cm and at the end of the grazing rotation between 3 – 5 cm (bucket cover method). When there are two groups of stock with different requirements on a farm, it is possible to graze them in separate groups (leader follower grazing). The herd with the higher requirements is the leader group and grazes first on a paddock (e.g. 2 days) and the follower group grazes second.

Depending on the farm conditions and goals different grazing strategies can be applied. Those farms where cattle are only for a few hours per day on pasture primarily can reduce the concentrate input and increase the

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8952 Irdning-Donnersbachtal
Ansprechpartner: Priv.-Doz. Dr. Andreas Steinwiddler, email: andreas.steinwiddler@raumberg-gumpenstein.at

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, A-8952 Irdning-Donnersbachtal
Ansprechpartner: Johann Häusler, email: johann.hacusler@raumberg-gumpenstein.at

Koppel) und die niedriger leistende Gruppe gras in den Folgetagen nach (leader follower grazing).

Je nach Betriebsbedingungen und Zielen können unterschiedliche Weidestrategien auf Rinderbetrieben umgesetzt werden. Betriebe, die Stundenweidehaltung betreiben, können den Kraftfutteraufwand reduzieren und die Grundfutterleistung erhöhen. Mit steigendem Weidefutteranteil an der Tagesration muss der Kraftfuttereinsatz reduziert werden. Hinsichtlich Versorgung mit Strukturkohlenhydraten und leicht fermentierbaren Kohlenhydraten müssen die Minimal- bzw. Maximalgrenzwerte auch bei Weidehaltung eingehalten werden. Weideverhalten, Weidefutteraufnahme und Weideeffizienz werden wesentlich von der Ergänzungsfütterung mitbeeinflusst. Studien zeigen, dass bei Weidehaltung mit einer geringeren Kraftfuttermittel-effizienz als bei ganzjähriger Stallhaltung gerechnet werden muss. Bei Vollweidehaltung von Kühen konnten keine positiven Effekte einer Heuergänzung festgestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigt Maissilage eine gute Ergänzungswirkung und kann die Milchleistung pro Kuh steigern.

Obwohl auf Grund der Klimabedingungen in unseren Regionen im Vergleich zu Weidegunstlagen die Vegetationsperiode verkürzt und die Stallfütterungszeit verlängert ist, bestätigen Studien aus der Schweiz, Deutschland und Österreich das hohe Potential von weidebasierten Produktionssystemen in alpinen Gebieten.

Schlagwörter: Kurzrasenweide, Koppelweide, Portionsweide, Stundenweide, Halbtagsweide, Ganztagsweide, Vollweide, Rinder, Low Input

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat die Weidehaltung von Rindern auch in Österreich wieder an Beachtung und Bedeutung gewonnen. Die Weide liefert bei optimalem Management ein preiswertes Futter mit hoher Qualität, wodurch Kraftfutter eingespart werden kann und die Futterkosten reduziert werden können. Darüber hinaus zählt die Weidehaltung zu den wiederkäuergerechtesten Tierhaltungssystemen und liefert die Basis für Produkte mit hoher Qualität. Die natürlichen Standortfaktoren wie Klima, Boden, Pflanzenbestand, Hangneigung, Lage zum Hof etc. bestimmen, ob und wie eine Grünlandfläche als Weide genutzt werden kann. Ein ausgewogener Weidepflanzenbestand bildet die Basis für geringe Trittschäden und einen guten und nachhaltigen Ertrag. Typische Schnittwiesen müssen daher vor einer zukünftigen möglichen Weidenutzung in eine Weide übergeführt werden. Das Weidesystem beschreibt im Wesentlichen, wie lange sich die Tiere auf einer Weidefläche befinden und bei welcher Weideaufwuchshöhe die Flächen bestoßen, beweidet bzw. abgetrieben werden. Das Weidesystem muss bestmöglich an die Standortbedingungen und die Betriebsstrategie angepasst werden. Die Weidestrategie eines Betriebes entscheidet darüber, wie hoch der Beitrag der Weide zur Deckung des Jahresfutterbedarfs ist. Sie wird wesentlich von der Weidedauer in der Vegetationsperiode, der Weidefresszeit pro Tag sowie der Menge der im Stall vorgelegten Ergänzungsfuttermittel beeinflusst. Im vorliegenden Beitrag sollen die wichtigsten Weidesysteme vorgestellt und insbesondere auf den täglichen Weidefutteranteil

production out of forage. The higher the grazed forage amount per day is, the lower the concentrate input has to be. The minimal structural carbohydrate and maximal non fibre carbohydrate requirements of cattle have to be fulfilled at any time. The grazing behaviour of cattle is significantly influenced by the amount of supplemental feeds. Supplemental feeds have a significant impact on pasture consumption, productivity and efficiency. Studies show that the concentrate efficiency is lower in grazing systems than in barn feeding strategies. No positive effects of supplemental hay to full-time grazing cows were found but positive effects on milk yield can be expected with supplemental corn silage.

Even though the harsher climate conditions shorten the grass growing season and therefore require a longer barn feeding period, studies in Switzerland, Austria and Southern Germany proved the high potential of grazing strategies in Alpine regions.

Keywords: continuous grazing, set-stocking, rotational grazing, strip grazing, leader follower grazing, on-off grazing, full-time grazing, cattle, low-input

und die sich daraus ergebenden Ergänzungsfütterungsstrategien eingegangen werden. Ausführliche Ergebnisse und Empfehlungen aus der Forschung, Umsetzung und Praxis zum Thema Weidehaltung sind auch in STEINWIDDER und STARZ (2015) nachzulesen.

2. Weidesysteme

Das optimale Weidesystem muss eine gute Ausnutzung des Graszuwachses für die Milch- und Fleischerzeugung ermöglichen und zu einem stabilen Pflanzenbestand führen. Ein möglichst gleichbleibendes Weideangebot (hohe Qualität und gleichbleibende Menge) wird angestrebt und es sollen nur minimale Weidefuttermittelverluste auftreten. Aus ökologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht sind nachhaltige, verlustarme und arbeitssparende Weideformen gefragt.

Der Weidepflanzenbestand ist ein entscheidender Faktor hinsichtlich Futterqualität und Ertragssicherheit. Er beeinflusst auch die Wahl des Weidesystems. In unseren Breiten sind das Wiesenrispengras, das Englische Raygras und der Weißklee die wertvollsten Hauptarten in einer intensiv genutzten Dauerweide. Diese drei Hauptarten sollten ca. 80 % des Bestandes ausmachen, wobei der Weißklee einen Anteil von 30 % nicht überschreiten sollte. Wiesenrispengras und Weißklee bilden Ausläufer und sind somit auf eine Versammlung nicht unbedingt angewiesen. Das Englische Raygras bildet Horste mit kurzen Seitentrieben, die durch die Beweidung gefördert werden und so einen dichten Rasen bilden. Wenn Schnittwiesen in Weiden übergeführt werden oder Lücken entstehen, muss Wiesenrispengras

und Englisches Raygras übergesät werden (STARZ et al. 2014a und 2014b, STEINWIDDER und STARZ 2015). Die Blattlebensdauer ist ein wichtiges Maß für die Beschreibung der Weideverträglichkeit einer Pflanze. Englisches Raygras und Wiesenrispengras besitzen beispielsweise die Fähigkeit, bei intensiver Nutzung die Blattlebensdauer zu reduzieren (SCHLEIP et al. 2013). Gräser mit einer kurzen Blattlebensdauer bilden auch rascher neue grüne Blätter sowie Seitentriebe und sind deshalb an einen ständigen Verbiss auf der Weide besser angepasst. In diesem Zusammenhang spielt die sogenannte Rückzahlzeit („payback time“) eines Blattes eine wichtige Rolle. Nach der Abtrennung eines Grasblattes durch das Mähwerk oder das Maul des Tieres sind die Prozesse in der Graspflanze darauf ausgelegt, neue Blätter zu bilden. Zur Bildung dieses Blattes wird vor allem Zucker benötigt, wofür die Pflanze auch Reservestoffe verbraucht. Sobald die grüne Blattspitze des neu gebildeten Blattes an das Sonnenlicht kommt, beginnt das Blatt mit der Photosynthese und produziert neuen Zucker. Die Zeitspanne, die verstreicht, bis der verbrauchte Zucker wieder neu aufgebaut wird, wird als Rückzahlzeit („payback time“) bezeichnet. Der ideale Nutzungszeitpunkt liegt demnach nach dem Überschreiten der Rückzahlzeit. Im Durchschnitt entspricht dies dem 3-Blattstadium einer Weidepflanze. Werden die Pflanzen immer vor dem Ende dieser Rückzahlzeit genutzt, führt dies zu einem raschen Absterben der gesamten Pflanze. Aus dieser Tatsache lässt sich ableiten, dass insbesondere Pflanzen mit einer kurzen Rückzahlzeit sich gut an das System Weide anpassen können. An die Weide angepasste Gräser reagieren auf einen intensiven Weidedruck nicht nur mit einer reduzierten Blattlebensdauer und damit einem rascheren und billigeren Bau von Blättern, sondern zeigen auch ein verändertes Wachstumsverhalten der Grastriebe. Auf intensiv genutzten Dauerweiden beginnen die Grastriebe sich so nah wie möglich an den Boden zu legen. Dadurch versuchen sich die Pflanzen unterhalb der Bisshöhe der Tiere zu bringen. Durch diesen geänderten Wuchs werden beim Abfressen nicht die gesamten Pflanzentriebe verzehrt, sondern immer nur die obersten Teile der Blätter, die zugleich die inhaltstoffreichsten Teile der Pflanzen darstellen. Da aber nicht der gesamte Trieb gefressen wird, bleiben noch grüne Blattreste zurück, die weiterhin Fotosynthese betreiben und somit Zucker produzieren können. In Folge wird die Rückzahlzeit („payback time“) verkürzt, denn es werden weniger Reserven für die Blattneubildung benötigt als bei Nutzung der gesamten grünen Masse, wie es beispielsweise bei der Schnittnutzung der Fall ist (vergl. STEINWIDDER und STARZ 2015).

Neben dem Pflanzenbestand spielt bei der Weideführung die Aufwuchshöhe – je nach System die Höhe bei Eintrieb und Austrieb bzw. im Mittel der Weideperiode – sowie die Futterdichte eine wichtige Rolle. Zur Erfassung der Aufwuchshöhe werden international unterschiedliche Methoden angewandt, wobei sich die Höhenangaben zwischen diesen deutlich unterscheiden. In der Forschung bzw. in Weideregionen wird zur Messung der Weidefutteraufwuchshöhe bzw. des Futtervorrates meist ein spezielles Aufwuchshöhenmessgerät verwendet („Plate Pasture Meter“ oder „Rising Plate Pasture Meter“; Jenquip, Feilding, NZ). Dieses ist hinsichtlich Aufлагengewicht (6,8 kg/m²) und Aufлагfläche (35 cm Durchmesser) genormt, sodass die Ergebnisse unterschiedlicher Studien weltweit vergleichbar

sind. Die Anzahl der angestrebten Messungen pro Koppel kann eingegeben werden und das Gerät erfasst in 0,5 cm Abstufungen („1 click“ = 0,5 cm) jeweils die gemessene Aufwuchshöhe und errechnet nach der letzten Messung direkt die durchschnittliche Aufwuchshöhe je Koppel. Die Kosten belaufen sich je nach Ausführung auf etwa 400 bis 900 Euro. In Neuseeland wurde in den letzten Jahren auch das „C-DAX Pasture Meter“ (CPM, C-DAX Ltd., Turitea, NZ) entwickelt. Dieses Messinstrument wird an ein Fahrzeug (Quad, Traktor, Motorrad) angehängt und über die Weide gezogen. Dabei wird die Aufwuchshöhe über Lichtstrahlen und Fotodioden ermittelt. Die Anschaffungskosten liegen derzeit jedoch noch im Bereich von 3.500 bis 4.000 Euro! Beide beschriebenen Geräte können über Gleichungen die Grasmasse in kg TM/ha direkt abschätzen. Für die Praxis kann die kostengünstige Zollstabmethode in Kombination mit einem gelochten Plastikdeckel empfohlen werden. Dieses Verfahren wurde an der LfL in Bayern für Praxisbetriebe ausgearbeitet. Eine Kopiervorlage für das Aufzeichnungsblatt kann kostenlos über folgenden Link bezogen werden: www.raumberg-gumpenstein.at/weideinfos. Die Zollstabmethode (Doppelmeter-Methode) ohne Deckel misst die Grasaufwuchshöhe ohne Verdichtung des Pflanzenbestandes. Dabei lässt die Messperson den Daumen entlang des Messstabes nach unten gleiten, bis das erste Blatt oder der erste Stängel berührt wird. Die Zahl an der Daumenspitze wird abgelesen und dann in eine Liste eingetragen. Je Weidefläche werden 30 bis 50 zufällige Messungen durchgeführt. Mit folgenden Gleichungen können unterschiedlich gemessene Aufwuchshöhen zum Vergleich näherungsweise umgerechnet werden (STEINWIDDER und STARZ 2015):

- Y cm Zollstab × 0,56 entspricht ca. X cm Rising Plate Pasture Meter
- Y cm Zollstab × 0,79 entspricht ca. X cm Plastik-Deckel-Methode
- Y cm Rising Plate Pasture Meter × 1,34 entspricht ca. X cm Plastik-Deckel-Methode
- Y cm Plastik-Deckel-Methode × 0,75 entspricht ca. X cm Rising Plate Pasture Meter

Die Futterdichte (kg TM/cm Aufwuchshöhe) wird, neben der Aufwuchs-Messmethode, wesentlich vom Pflanzenbestand, der Jahreszeit und dem Aufwuchshöhenbereich bestimmt. Pflanzenbestände mit hohen Anteilen an Horstgräsern sind im Schnitt weniger dicht als rasenbetonte Pflanzenbestände. Je geringer der Gräseranteil, desto geringer ist die Futterdichte. Üblicherweise sind Weiden im Herbst weniger dicht als im Frühjahr und insbesondere im Sommer. Die Futterdichte nimmt mit steigender Aufwuchshöhe – in den oberen Horizonten im Vergleich zur Basis – ab. Nach MOSIMANN et al. (2005) schwankt die Futterdichte bei einer Messung mit dem Rising Plate Pasture Meter in dem für die Kühe verfügbaren Pflanzenbestandsbereich zwischen etwa 180 und 240 kg TM je cm Aufwuchshöhe (min. 140 kg; max. 260 kg TM). Dies entspricht bei der einfachen Deckelmessmethode einer Futterdichte zwischen etwa 130 bis 180 kg TM je cm Aufwuchshöhe. Da Kurzrasenweiden bei geringerer Aufwuchshöhe geführt werden und der Pflanzenbestand dichter ist, können hier auch höhere Futterdichten festgestellt werden. Weitere Ergebnisse dazu können bei SCHORI (2013) nachgelesen werden. Im Jahr 2013 wurde

Tabelle 1: Futterdichte (Höhenmessung mittels RPM) bei simulierter Kurzrasenweide im Jahr 2013 auf einer Wiesenrispengras-Englisch Raygras-Weißklee-Weide des Bio-Instituts HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Parameter	Datum	25.04.2013	17.05.2013	18.06.2013	16.07.2013	16.08.2013	20.09.2013	23.10.2013
Dichte	kg TM/cm	279	239	315	321	408	311	356
Aufwuchshöhe	cm	8,9	11,4	8,9	9,2	6,8	8,2	5,2
Reststoppelhöhe	cm	3,7	4,3	3,8	3,4	3,0	3,3	3,1

auf einer langjährigen Dauerweide des Bio-Instituts an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein die Futterdichte mit dem Rising Plate Pasture Meter (RPM) erhoben. Dazu wurde die Wiesenrispengras-Englisch Raygras-Weißklee-Weide mit Weidekörben versehen und siebenmal beerntet. In *Tabelle 1* können die Futterdichten des untergrasbetonten Weidebestandes abgelesen werden. Die sehr hohe Anzahl an gebildeten Nebentrieben ist für die hohen Futterdichten der Kurzrasenweide verantwortlich (STEINWIDDER und STARZ 2015).

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei Weidehaltung ist der Zusammenhang zwischen Einzeltierleistung und Flächenleistung. Wenn bei Weidehaltung eine hohe Flächenleistung (kg Milch/ha und Jahr bzw. kg Zunahmen/ha und Jahr) angestrebt wird, dann darf bzw. kann die Einzeltierleistung nicht maximiert werden! Eine hohe Einzeltierleistung (Milch/Kuh und Tag bzw. Tageszunahmen/Tier) erfordert nämlich ein hohes Weidefutterangebot. In diesem Fall beginnen die Rinder jedoch zunehmend zu selektieren und sie grasen den Pflanzenbestand auch weniger tief ab. Damit nehmen die Futterverluste zu, viele Blätter sterben ungenutzt ab, viele tote Pflanzenteile stehen auf der Fläche und es kommt durch die Beschattung zu einer weniger guten Ausnutzung der Sonnenenergie. Durch Weidestrategien, bei denen niedrig leistende Tiergruppen hoch leistenden Tieren bei Koppel- oder Portionsweide gesteuert nachfolgen, können trotz Minimierung der Futterverluste höhere Einzeltierleistungen erzielt werden (leader follower grazing). Die „Leader-Tiere“ haben die Möglichkeit zu selektieren und können pro Bissen auch mehr Futter aufnehmen, während die „Follower“ die Aufgabe haben, den Restbestand auf die gewünscht niedrige Aufwuchshöhe zu bringen.

2.1 Kurzrasenweide (intensive Standweide)

Bei Kurzrasenweidehaltung wird über die gesamte Vegetationsperiode mit hohem Weidedruck gearbeitet. Dabei wird die Weide nicht bzw. in max. 4 Schläge unterteilt. Betriebe, die keine große zusammenhängende Weidefläche haben, rotieren ständig zwischen 2 – 4 Weideflächen. Die Fläche ist praktisch über die gesamte Weidesaison besetzt, d.h. es gibt keine bzw. nur kurze Ruhezeiten. Eine Ruhezeit dauert nie länger als eine Woche. Es muss täglich so viel nachwachsen, wie die Tiere täglich fressen: „Das Futter muss den Tieren in das Maul wachsen“. Bei Kurzrasenweide müssen die Fut-
teraufwuchshöhen ständig kontrolliert werden. Zumindest eine Aufwuchshöhenmessung pro Woche ist notwendig. Bei Bedarf muss die Fläche an den Tierbesatz bzw. der Tierbesatz an die Fläche angepasst werden. Die anzustrebende durchschnittliche Aufwuchshöhe, gemessen mit der Deckelmethode, beträgt etwa 5 – 6 cm im Frühjahr und max.

6 – 7 cm im Sommer. Es wird empfohlen, im Frühjahr zeitig mit der Beweidung zu beginnen und die gesamte Weidefläche einmal zu überweiden. Danach muss mit hohem Weidedruck gearbeitet werden, damit die Gräser im vegetativen Stadium bleiben bzw. ins vegetative Stadium übergehen. Durch eine stärkere Bestockung soll sich ein dichter Bestand bilden. Im Jahresverlauf muss die Fläche zumindest 2 – 3mal vergrößert werden, da der tägliche Futterzuwachs nach dem 1. Aufwuchs zurückgeht. In *Tabelle 2* sind Richtwerte zum Tierbesatz im Jahresverlauf angeführt. Bei Halbtags- oder Stundenweide kann auf Grund der geringeren Weidefutteraufnahme ein um 50 – 70 % niedrigerer Flächenbedarf als bei Ganztags- oder Vollweidehaltung eingesetzt werden.

Die Kurzrasenweide ist eine sehr intensive Form der Grünlandnutzung und nur für Gunstandorte mit guter Nährstoffversorgung geeignet, da der ständige Verbiss den Pflanzen Energie kostet und sie sehr viele Nährstoffe aus dem Boden benötigen. Daher müssen die Böden von Kurzrasenweiden hochaktiv sein und eine gute Wasserversorgung sowie eine hohe Umsetzungsrate aufweisen, damit die Weidepflanzen richtig und ausreichend ernährt werden können. Die Weideflächen sollten eben oder höchstens leicht geneigt und homogen sein. Wünschenswert ist eine gute Niederschlagsverteilung über die gesamte Vegetationsperiode. Ungünstig für Kurzrasenweiden sind hügelige Geländeformen, lange schlauchförmige Parzellen bzw. Flächen mit einem hohem Anteil Waldrand. Eine ausreichende Düngung sowie eine gute Verteilung der Ausscheidungen auf der Weide (gleichmäßige Beweidung durch Lenkung der Weidetiere) sind von großer Bedeutung (STEINWIDDER und STARZ 2015). Die Düngung sollte bei Regenwetter erfolgen, damit die Ruhezeiten kurz gehalten werden können. Über die Homepage des Bio-Instituts kann kostenlos ein Excel-Formular zur Düngerplanung bezogen werden (www.raumberg-gumpenstein.at/weideinfos).

2.2 Umtriebsweide (Koppelweide)

Bei der Umtriebsweidehaltung wird die Weidefläche in möglichst gleich große Koppeln unterteilt. In der Hauptwachstumsphase sind zumindest 4 – 6 Koppeln und im Herbst 8 – 12 Koppeln notwendig (*Tabelle 3*). Jede Koppel wird von den Tieren während einer Besatzzeit von 2 – 4 (7) Tagen (längere Perioden bei Jungtieren oder Mutterkühen

Tabelle 2: Richtwerte zum Tierbesatz je ha bei Kurzrasenweidehaltung (wüchsiger Standort; Angabe in Tiere je ha, STEINWIDDER und STARZ 2015)

	Weideperiode	
	Hauptwachstumsphase	ab Ende August
Milchkühe – Stundenweide	8 – 12 Tiere/ha	8 – 2 Tiere/ha
Milchkühe – Ganztagsweide ¹⁾	4 – 6 Tiere/ha	4 – 1 Tiere/ha
Mutterkuh trocken – Ganztagsweide	5 – 7 Tiere/ha	3 – 1 Tiere/ha
Aufzucht-, Mastrind 400 – 500 kg – Ganztagsweide	8 – 10 Tiere/ha	5 – 2 Tiere/ha

¹⁾ entspricht etwa auch 1 Mutterkuh inkl. Jungkuh bei Kuh

möglich) beweidet. Die abgeweideten Koppeln sollten in der Hauptwachstumsphase etwa alle 14–20 Tage bestoßen werden. Im Vegetationsverlauf nehmen die Koppelruhezeiten zu! Beim Neueintrieb in die Koppel ist eine Grasaufwuchshöhe von etwa 8–15 cm (Deckelmethode) anzustreben. Eine hohe Flächenleistung wird dann erreicht, wenn die Koppeln tief abgegrast (4–5 cm; Deckelmethode) in die nächste Ruhezeit gehen. Auch bei Koppelwirtschaft wird eine zeitige Überweidung (z.B. gesamte Fläche der ersten 4 Koppeln) im Frühjahr empfohlen. Darüber hinaus ist aber auch eine Schnittnutzung bereits abgeweideter Koppeln für die Winterfütterung möglich, wenn Koppeln bei weiteren Umläufen nicht benötigt werden. Die Koppelgröße ist mit der Tieranzahl abzustimmen. Eine Vollweidemilchkuh (bzw. Mutterkuh + Kalb) benötigt bei mittleren Standortverhältnissen etwa 1 Ar pro Tag. Bei 20 Milchkühen sind hier bei sechstägiger Beweidung etwa 1 ha große Koppeln erforderlich (Tabelle 4). Mit eingeschränkter täglicher Weidedauer verringert sich der Flächenbedarf entsprechend der Weidefutteraufnahme. Bei Koppelweide ist das Futterangebot relativ gut überschaubar und steuerbar, das ist insbesondere in Trockenzeiten von Vorteil. Auch die Düngung während der Weidezeit bzw. eventuell notwendige Pflegemaßnahmen sind einfacher durchführbar als bei Kurzrasenweide. Demgegenüber ist der Arbeits- und Materialaufwand höher und auch das Risiko für Trittschäden und Blähungen steigt (STEINWIDDER und STARZ 2015). In Neuseeland (Lincoln Universität) wurde eine intensive und hochproduktive Koppelweideführung für Vollweide-Milchkühe entwickelt. Dabei werden die Halbtags- oder Tageskoppeln bei sehr geringer Aufwuchshöhe (7 cm im Frühjahr und 9 cm im Sommer/Herbst; gemessen mit dem Rising Plate Meter) mit vier bis fünf Kühen/ha bestoßen. Die Koppeln werden tief auf 3,5 cm abgegrast und die Rotationsdauer beträgt 12 bis 14 Tage im Frühling bzw. 20 bis 25 Tage im Sommer/Herbst. Das Wichtigste bei dieser Form der Koppelweide ist, die Weide wie eine Ackerkultur zu behandeln und Weidereste möglichst gering zu halten. Zielwert bei Weidaustrieb sind sieben „clicks“ auf dem Rising-Plate-Meter (Grasmesser), das entspricht ca. 3,5 cm Aufwuchshöhe. Die Konservierungsschnitte werden ebenfalls tief vorgenommen, auch hier

Tabelle 3: Richtwerte zur notwendigen Koppelanzahl je nach Beweidungsdauer einer Koppel

	Beweidungsdauer je Koppel		
	3-tägig	6-tägig	10-tägig ¹⁾
Hauptwachstumsphase	6–9 Koppeln	3–5 Koppeln	2–3 Koppeln
Ab Ende August	12–16 Koppeln	5–8 Koppeln	3–5 Koppeln

¹⁾ nicht für hochleistende Tiere empfohlen

Tabelle 4: Richtwerte zur notwendigen Koppelgröße für zehn Tiere je nach Beweidungsdauer pro Koppel

Koppelgröße für:	Beweidungsdauer je Koppel		
	3-tägig	6-tägig	10-tägig ²⁾
10 Milchkühe – Ganztagsweide ¹⁾	0,3 ha	0,5 ha	
10 Milchkühe – Stundenweide	0,1–0,2 ha	0,3 ha	
10 Mutterkühe trocken (ohne Jungrinder) – Ganztagsweide		0,4 ha	0,7 ha
10 Aufzucht- oder Mastrinder (400–500 kg) – Ganztagsweide		0,3 ha	0,6 ha

¹⁾ entspricht etwa auch einer Mutterkuh inkl. Jungrind

²⁾ nicht für hochleistende Tiere empfohlen

sind sieben „clicks“ anzustreben. Die Kühe müssen darauf trainiert werden, den Bestand tief abzufressen. Mit Hilfe eines Futtermittels („feed wedge“) werden die Weiden kontrolliert, sodass nur eine Weide pro Tag beweidet werden kann (PITT und KÄCH PITT 2014).

Ein Excel-Formular zur Koppelweideplanung und zum Futtermittelskeil kann über die Homepage des Bio-Instituts kostenlos bezogen werden (www.raumberg-gumpenstein.at/weideinfos).

2.3 Leistungsvergleich Koppel- und Kurzrasenweide

Die Vorteile der Koppelweide liegen in der guten Steuerbarkeit des Futterangebots durch die Anpassung der Parzellengröße und die Dauer des Umtriebs. Vor allem bei ungünstiger Weidestruktur (Flächengestaltung, hügelig, Steiflächen) ist eine gleichmäßige Beweidung mit einer guten Verteilung der Kühe auf der Weidefläche bei Koppelweide leichter zu steuern. In Trockenzeiten sind Koppelweiden weniger empfindlich (Bodenbeschattung) als Kurzrasenweiden. Auch Düngungs- und Pflegemaßnahmen während der Vegetationsperiode können bei Koppelnutzung einfacher durchgeführt werden. Die Koppelwirtschaft ist gut mit der Mähnutzung, aber auch der Portionsweidehaltung kombinierbar. Zudem ist die Umtriebsweide unter ungünstigeren Weidebedingungen (z.B. hügeliges Gelände, Trockenheit) ertragsstabiler. In der Milchviehhaltung verursacht der tägliche Eintrieb zum Melken bei Koppelweidehaltung weniger Arbeit als bei Kurzrasenweide, weil die Flächen kleiner und die Wegstrecken somit meist kürzer sind. Nachteilig ist das höhere Risiko für Trittschäden sowie das höhere Blährisiko. Trittschäden treten bei Koppelweide an Regentagen deswegen leichter auf, weil der Tierbesatz auf der Fläche hoch ist und die Tiere, besonders am 1. Tag in der neuen Koppel, meist auch etwas unruhiger sind. In Regenperioden sollten Koppeln vorübergehend nicht zu lange bestoßen und nicht zu tief abgegrast werden und vor allem sollten auch Koppeln mit nicht zu hohem Bestand beweidet werden. Bei gutem Management fressen die Tiere am ersten Beweidungstag die am leichtesten verdaulichen Pflanzenbereiche und am letzten die unteren stängelreicheren Bereiche. Damit schwankt die Nährstoffaufnahme und Leistung von Tag zu Tag. Mit dem oben beschriebenen „leader follower grazing“ können diese Schwankungen minimiert und die Einzeltierleistungen erhöht werden. Obwohl auch bei der Koppel- bzw. Umtriebsweide eine hohe Nutzungsfrequenz gegeben ist, ist die Bestockung des Grases etwas weniger stark ausgebildet und damit die Grasnarbe etwas weniger dicht als bei Kurzrasenweide. Durch niedrige Aufwuchshöhen beim Eintrieb und kurze Umtriebszeiten wird die Bestandesdichte gefördert.

Der Material- und Arbeitsaufwand (Wasser, Zaun, Vorstecken) ist bei Koppelweiden höher als bei Standweiden.

BERANGER und MICOL (1986; zit. nach PEYRAUD und DELABY 2005) verglichen Literaturergebnisse zur Milchflächenleistung von Milchkühen auf Kurzrasenweide bzw. in Koppelweidesystemen. Im Durchschnitt aller

Versuche schnitt die Koppelweide in der Flächenleistung geringfügig besser als die Kurzrasenweide ab (*Abbildung 1*). In der Schweiz wurden in einer vierjährigen Studie die Milchleistungen von Milchkühen auf Kurzrasen- bzw. Koppelweide, jeweils unter Verabreichung einer Ergänzungsfütterung (Mittel: 7,5 kg TM/Kuh und Tag), verglichen. Dabei schnitten die Kühe bei Koppelweidehaltung tendenziell besser ab als bei Kurzrasenweidehaltung (MÜNGER 2003). STARZ et al. (2013) verglichen auf einem trockenheitsgefährdeten Standort den Ertrag einer Dauerweide bei simulierter Kurzrasen- bzw. Koppelweide. Der Trockenmasseertrag der Kurzrasenweide lag mit 7,8 t/ha im Vergleich zur Koppelweide mit 10,6 t/ha und Jahr signifikant tiefer. Auch im Rohprotein- (+ 280 kg/ha) und Energieertrag (+ 15.500 MJ NEL) schnitt die Koppelweide deutlich besser ab.

In einer Literaturübersichtsarbeit von THOMET et al. (2000) wurden die Mastleistungen von Rindern bei Koppel- bzw. Kurzrasenweidehaltung verglichen (*Abbildung 2*). Im Mittel schnitten auch hier die Tiere auf Kurzrasenweide in der Gewichtszunahme pro Hektar etwas schlechter ab (- 5,5 %) als jene auf Koppelweide. Auch ein Versuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit Aufzuchtalbinnen der Rassen Fleckvieh und Holstein zeigte ein vergleichbares

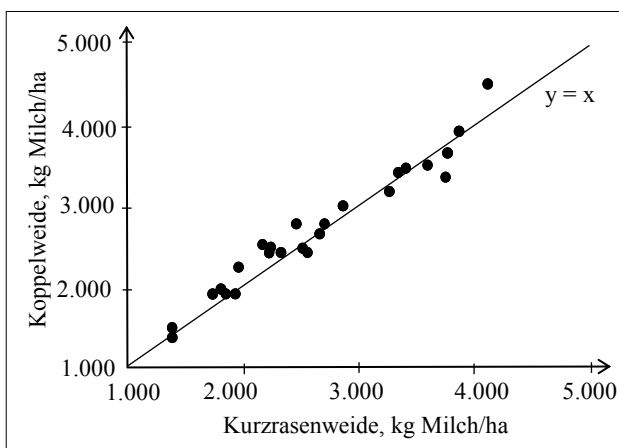


Abbildung 1: Vergleich der Milchleistung bei Kurzrasenweide bzw. Koppelweide (verändert nach PEYRAUD und DELABY 2005)

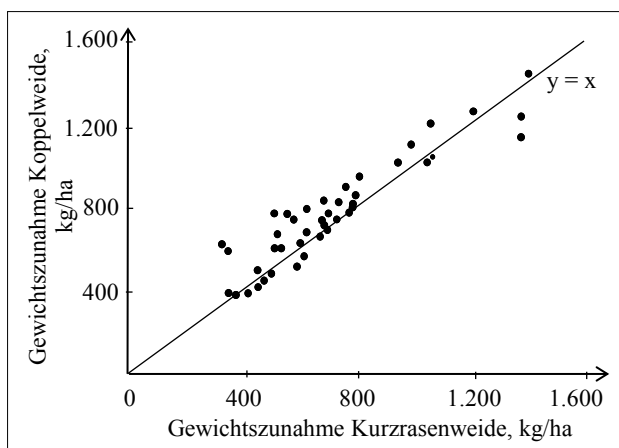


Abbildung 2: Vergleich der Mastleistung von Rindern bei Kurzrasenweide bzw. Koppelweide (verändert nach THOMET et al. 2000)

Ergebnis. Im Lebendgewichtsbereich zwischen 280 und 380 kg betragen die Tageszunahmen bei Kurzrasenweidehaltung 923 g und bei Koppelweidehaltung 1.013 g (HÄUSLER et al. 2008b).

2.4 Portionsweide (intensive Umtriebsweide)

Bei Portionsweidehaltung wird den Tieren bei jedem Auftrieb innerhalb eines Schlages zusätzlich zur bisherigen Weidefläche eine neue Weidefläche (70 – 110 m² pro Kuh und Tag) angeboten. Eine laufende Beobachtung des Futterbestandes ist erforderlich, damit täglich ausreichend hochwertiges Futter vorhanden ist. Die Aufwuchshöhe des Futters im täglich frisch zugeteilten Bereich soll bei etwa 15 cm (Deckelmethode) liegen. Damit das Futter nicht auswächst, ist es ratsam, regelmäßig neue Koppeln (Koppelwechsel je nach Graswachstum zwischen 5 und 10 Tagen) zu bestoßen. Die Portionsweide ist sehr leistungsfähig und bei gutem Management auch für Hochleistungstiere geeignet. Sie kann gut mit der Koppelwirtschaft kombiniert werden, der Aufwand an Arbeitszeit und Material ist jedoch hoch. Ungünstig sind Portionsweiden, bei denen dieselbe Fläche mehrere Wochen beweidet wird. Hier vertreten die Tiere den Folgeaufwuchs und grasen die Neutriebe frühzeitig ab („payback time“ wird unterschritten). Zusätzlich ist das Futter in den letzten Portionsstreifen meist bereits überständig, wodurch es zu starken Schwankungen in der Nährstoffversorgung kommt. An nassen Tagen können auf Portionsweiden, bedingt durch die kleine Fläche, beachtenswerte Trittschäden und Bodenverdichtungen auftreten. Besonders bei der Herbstbeweidung von Schnittflächen ist das oft problematisch. Das Blährisiko ist auf Grund des hastigen Fressens (mehr Futter pro Bissen durch den höheren Aufwuchs) im Vergleich zur Kurzrasenweide erhöht.

2.5 Extensive Standweide

Eine extensive Standweide weist sehr lange Besatzzeiten auf. Es liegen keine oder maximal 3 Koppelunterteilungen vor. Als Nachteile dieses Systems sind teilweise große Futterreste (30 – 40 %), eine uneinheitliche Entwicklung des Pflanzenbestandes und ein jahreszeitlich unregelmäßiges Futterangebot (Menge und Qualität) und daraus resultierende schwankende bzw. eingeschränkte tierische Leistungen anzuführen. Die extensive Standweide ist bei entsprechendem Flächenangebot für trockenstehende Kühe, niedrig leistende Mutterkühe und ältere Kalbinnen geeignet. In der Milchviehhaltung ist dieses System nur bei großem Flächenangebot unter Tolerierung hoher Futterverluste und mit konsequenter Mahd nach jeder Weideperiode möglich. Auch „leader follower grazing“-Strategien könnten unter Umständen eine sinnvolle Nutzung von extensiven Standweiden durch Milchvieh ermöglichen. Zur praktischen Anwendung kommen solche Strategien vor allem auf Almen, die sowohl mit Milchvieh als auch mit Aufzuchtalbinnen bestoßen werden.

3. Weidestrategien und Ergänzungsfütterung

Jede Weidestrategie hat individuelle Stärken und Schwächen und muss daher bestmöglich an die Betriebsziele angepasst werden (*Tabelle 5*).

- Je mehr weidefähige Flächen zur Verfügung stehen, umso höher kann der Weidegrasanteil an der Jahresration sein.
- Bei begrenzter Weidefläche, erhöhtem Beobachtungsbedarf sowie bei hoher Hitze- oder Fliegenbelastung und vor allem dann, wenn mittels gezielter Ergänzungsfütterung hohe Einzeltierleistungen angestrebt werden, sollte nur Stunden- oder Halbtagsweidehaltung betrieben werden.

Die Ergänzungsfütterung beeinflusst nämlich das Weideverhalten, die Weidefressaktivität und somit die Weidefutterausnutzung und die Futteraufnahme. Die Futteraufnahme auf der Weide ist im Vergleich zur Stallfutteraufnahme für die Tiere wesentlich aufwändiger. Wenn im Stall größere Mengen Ergänzungsfutter vorgelegt werden, geht die Weideaktivität überproportional zurück. Eine hohe Weideflächeneffizienz wird nur dann erreicht, wenn der Ergänzungsfutteranteil im Stall begrenzt ist. Es ist auch zu beachten, dass Rinder hinsichtlich Futteraufnahme „Gewohnheitstiere“ sind. Eine hohe Weidefutteraufnahme wird deshalb zu Weidebeginn erst nach etwa zwei bis drei Weidewochen erreicht.

3.1 Stunden- und Halbtagsweide

Von Halbtagsweide spricht man, wenn die Rinder etwa sieben bis zehn Stunden pro Tag auf der Weide gehalten werden. Dies erfolgt üblicherweise entweder über den Tag (Tagweide) oder über die Nacht (Nachtweide). Bei Halbtagsweide nehmen Rinder etwa 30 – 65 % der Tagesfutter-Trockenmasse über die Weide auf (z.B. Milchkühe etwa 7 – 11 kg TM/Tag). Da Rinder bei Dunkelheit weniger grasen, ist es bei Nachtweidehaltung wichtig, dass die Tiere nicht zu spät auf die Weide kommen. Trotzdem wird in der Nacht zumeist etwas weniger Weidefutter aufgenommen als bei Tag, vor allem im Spätsommer und Herbst, wenn

die Tage kürzer werden. Bei Stundenweide kommen die Rinder täglich zwischen zwei und sechs Stunden auf die Weide. Bei gutem Weidefutterangebot nehmen intensiv weidende Milchkühe etwa 1 – 2 (max. 3) kg Trockenmasse Weidefutter je Stunde auf (STEINWIDDER und STARZ 2015).

In der Praxis steigt das Interesse an Stunden- oder Halbtagsweide, da dadurch die Grundfutterleistung erhöht und der Kraftfuttereinsatz (insbesondere die immer teurer werdende Eiweißergänzung) reduziert werden können. Welches Potenzial die Weide auch auf intensiven TMR-Betrieben haben kann, zeigen die Ergebnisse eines Versuchs mit hochleistenden HF-Kühen in den USA (Tabelle 6; VIBART et al. 2008). Vier Fütterungsgruppen mit jeweils 30 Kühen wurden sowohl im Frühling als auch im Herbst untersucht. Die Kontrollgruppe erhielt ausschließlich eine TMR, die sich zu 40 % der Trockenmasse aus Luzerne- und Maissilage und zu 60 % aus Kraftfutter, Nebenprodukten und Mineralstoffen zusammensetzte. Die Weideversuchsgruppen 1 bis 3 hatten zusätzlich zur im Stall verabreichten TMR in steigendem Ausmaß (15 %, 30 % bzw. 45 % Weideanteil an der Tagesration) Zugang zu guter Weide. Wie die Ergebnisse zeigen, halbierte sich der Kraftfuttereinsatz der TMR-Kontrollgruppe von 14 – 15 kg TM auf etwas mehr als 7 kg TM in der 45 %-Weidegruppe. Mit steigendem Weideanteil ging zwar die Milchleistung zurück, jedoch in deutlich geringerem Ausmaß, als der Bedarf an Kraftfutter bzw. TMR sank. Vor allem bei hohen Kraftfutterkosten (z.B. Soja!) wird daher der Einbau von Weidefutter in die Ration, auch in intensiven Betrieben, wieder interessant. Darüber hinaus zeigte sich in dieser Untersuchung auch, dass durch das Weidefutter die Versorgung der Kühe mit wertvollen Fettsäuren verbessert werden kann und die ernährungsphysiologische Qualität des Milchfetts zunimmt.

Tabelle 5: Weidestrategien in der Milchviehhaltung

	Vollweide	Ganztagsweide	Halbtagsweide	Stundenweide
Bedarf an arrondierten Weideflächen	hoch	hoch	mittel	gering
Ergänzungsfutter zur Weide	sehr gering bzw. keines	ja	ja, bedeutend	ja, sehr bedeutend
Möglicher Weidegrasanteil an der Gesamtjahresration (% der TM) ¹⁾	45 – 60	30 – 45	15 – 30	bis 15
Sehr hohe Einzeltierleistungen in der Praxis	nein ²⁾	nein ²⁾	ja/nein	ja
Saisonale Abkalbung	ja	günstig	nicht üblich	nicht üblich
„Low-Input“-Strategie	ja	ja/nein	nein	nein

¹⁾ Realistische Werte für Österreich je nach Klimabedingungen und Umsetzung der Strategie, in Weidegunstlagen Europas sind +5 bis +15 % möglich

²⁾ Bei früher Winterabkalbung sind höhere Leistungen möglich

Tabelle 6: Einfluss steigender Weidefutteranteile in der Gesamtration auf Kraftfutterbedarf, Milchleistung und Milchfettqualität (VIBART et al. 2008)

	TMR	15 % Weide + TMR	30 % Weide + TMR	45 % Weide + TMR	
<i>Frühling</i>					
TMR-Aufnahme	kg TM	24,9	18,2	15,4	12,6
davon Kraftfutter in TMR	kg TM	14,3	10,5	8,9	7,2
Milchleistung	kg	36,6	36,7	31,9	32,7
Eiweiß	%	2,84	2,84	2,91	2,86
Fett	%	3,31	3,50	3,50	3,68
Omega-3-Fettsäuren	g/100 g Fettsäuren	0,37	0,52	0,49	0,57
<i>Herbst</i>					
TMR-Aufnahme	kg TM	25,8	17,3	14,7	12,4
davon Kraftfutter in TMR	kg TM	14,8	9,9	8,5	7,1
Milchleistung	kg/Tag	34,1	33,2	30,0	32,9
Eiweiß	%	2,94	2,92	3,12	2,84
Fett	%	3,63	3,76	4,07	3,89
Omega-3-Fettsäuren	g/100 g Fettsäuren	0,26	0,43	0,43	0,49

In Nordrhein-Westfalen untersuchten PRIES et al. (2004) die Ergänzungswirkung von Kraftfutter bei Halbtagsweide von Milchkühen. Im Gegensatz zur Stallfütterungsperiode zeigte die Erhöhung der Kraftfuttermenge von 4,2 kg TM/Tag auf 5,7 kg TM/Tag keinen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung, die errechnete Weidefutteraufnahme ging jedoch von 5,5 auf 3,5 kg TM/Tier und Tag deutlich zurück (Tabelle 7). Diese Ergebnisse deckten sich mit jenen aus früheren Weideversuchen des Hauses Riswick, bei denen Kraftfuttergaben über 6 kg/Tag ebenfalls ohne Mehrleistungen blieben (PRIES et al. 2004).

Tabelle 7: Futteraufnahme und Milchleistung bei Halbtagsweide und unterschiedlicher Kraftfutterzuteilung (PRIES et al. 2004)

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe (KF+)
Grundfutteraufnahme, kg TM	10,4	9,7
errechnete Weidefutteraufnahme, kg TM	5,5	3,5
Kraftfutter, kg TM	4,2	5,7
Milchmenge, kg/Tag	28,0	28,2
ECM-Menge, kg/Tag	28,3	27,4
Fett, %	4,19	3,85
Eiweiß, %	3,19	3,24
Milchharnstoff, mg/100 ml	25	26

Tabelle 8: Stundenweide (Kurzasenweide) und Stallhaltung von Milchkühen im Vergleich (HÄUSLER et al. 2011)

	Stundenweide ¹⁾	Stallhaltung ²⁾
Weidetage	168	-
Milchleistung, kg/Tag	22,5	18,8
ECM, kg/Tag	22,3	18,4
Fett, %	4,08	4,13
Eiweiß, %	3,16	2,90
Zellzahl, n × 1.000	142	217
Milchharnstoff, mg	31	17
Kraftfutteraufwand, g/kg Milch	132	155
Proteinkraftfutter, g/kg Milch	0	2,1
Milch in Weideperiode von 8 Versuchskühen, kg ECM	30.236	24.401

¹⁾ Weidegruppe: 2–(4) kg Heu und abends Grassilage zur freien Aufnahme im Stall, Kraftfutter ab 16 kg Milch (0,44 kg TM/kg Mehrmilchleistung, kein Eiweißkraftfutter; 6 Weidestunden/Tag (Morgen bis Mittag) auf Kurzasenweide

²⁾ Stallgruppe: 4 kg Heu und Grassilage zur freien Aufnahme, Kraftfutter ab 15 kg Milch (0,5 kg TM/kg Milchleistung) und Proteinkraftfutter ab 19 kg Milch (max. 12,5 % von Gesamt-Kraftfutter)

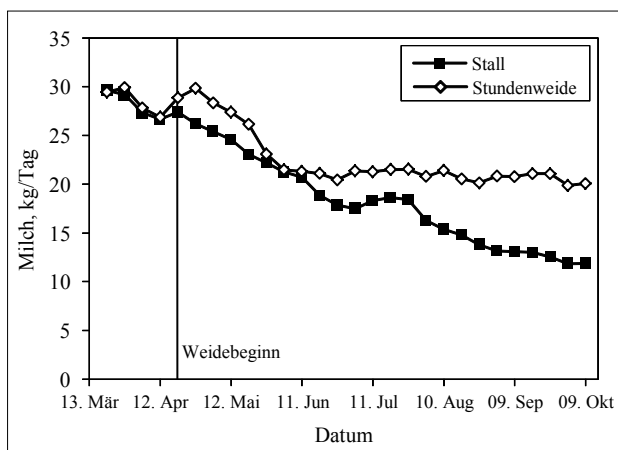


Abbildung 3: Milchleistungsverlauf im Vergleich – Stundenweide und Stallhaltung von Milchkühen (HÄUSLER et al. 2011)

HÄUSLER et al. (2011) stellten bei Stundenweidehaltung und Verzicht auf Eiweißergänzung im Vergleich zur ganztägigen Stallfütterung mit Eiweißergänzung eine signifikant höhere Milchleistung in der Weidegruppe fest (Tabelle 8, Abbildung 3).

Vorteile der Stunden- bzw. Halbtagsweide:

- Kraftfutter (insbesondere Eiweißkraftfutter) kann, im Vergleich zur reinen Stallfütterung mit Futterkonserven, gezielt gespart werden.
- Höhere Grundfütterleistungen als bei reiner Fütterung mit konserviertem Futter können erzielt werden.
- Jede Form der Weidehaltung ist im Vergleich zur Stallhaltung artgerechter und die Brunsterkennung wird erleichtert.
- Im Vergleich zur Ganztagsweide ist bei Stunden- oder Halbtagsweide weniger Weidefläche erforderlich. Die Ration kann besser an die Leistung angepasst werden und die Einzeltierbeobachtung ist einfacher, weil die Tiere nur zum Fressen auf die Weide gelassen werden.
- Nährstoffschwankungen des Weidefutters können durch eine gezielte Ergänzungsfütterung besser ausgeglichen werden.
- In Kombination mit Unterstand/Stall ist dieses Weidesystem auch für Jungtiere unter einem halben Jahr gut geeignet.

Nachteile der Stunden- bzw. Halbtagsweide:

- Im Vergleich zur Ganztagsweide ist sie arbeitsaufwändiger; es fallen höhere Futterkosten an und die Tiere zeigen ein unruhigeres Weideverhalten.
- Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen kann diese Form der Weidehaltung nur auf stallnahen Flächen praktiziert werden.
- Eine schonende Ergänzungsfütterung (Kraftfutter reduzieren und anpassen!) ist notwendig.
- Im Tagesverlauf kommt es zu schwankenden Pansenbedingungen (Wechsel zwischen Weide- bzw. Stallfutter).

Mit steigendem Weidefutteranteil muss aus pansenphysiologischen Gründen die Kraftfuttermenge reduziert werden. Zusätzlich zeigen mehrere Versuchsergebnisse, dass die Verdrängung von Weidefutter durch Kraftfutter sehr hoch ist, wodurch auch die Kraftfüttereffizienz sinkt. Bei Halbtags- bzw. Stundenweidehaltung sollte die tägliche Kraftfuttergabe 5 – 8 kg (sinkende Menge mit steigendem Weidefutteranteil!) auch bei hoher Tagesmilchleistung nicht überschreiten. Je höher der Weidegrasanteil in der Ration, desto wichtiger ist der Einbau von langsam abbaubaren Komponenten (Körnermais, Kleien, Trockenschnitzel etc.) in die Kraftfuttermischung. Ein verstärktes Auftreten von Klauenreihen weist häufig auf Störungen des Pansenstoffwechsels (Acidose) hin.

In der Milchviehhaltung kann in der Weidezeit meist auf eine Eiweißergänzung verzichtet werden. Eine Ergänzung mit eiweißreichen Komponenten ist erst bei hohen Tagesmilchleistungen (je nach Weide- bzw. Maissilageanteil ab 25 – 32 kg Milch) notwendig. Rückschlüsse über die Proteinversorgung lassen sich aus dem Harnstoffgehalt der Milch ziehen. Bei Weidehaltung und Milchharnstoffgehalten über 15 – 20 mg ist keine Eiweißergänzung notwendig.

Auch in der Kalbinnenaufzucht und in der Rindermast sowie der Mutterkuhhaltung kann zumeist vollständig auf eine Ergänzung mit eiweißreichen Komponenten verzichtet werden.

Bei Stundenweidehaltung sollten die Rinder vor allem zum Fressen und nicht zum Liegen auf der Weide sein! Da Rinder in den frühen Morgen- bzw. Abendstunden die Hauptfressaktivität zeigen, müssen die Milchkühe dann nach der Melkung für zumindest zwei bis drei Stunden zum Gras auf die Weide kommen. Bei Dunkelheit, aber auch von 11 bis 15 Uhr wird bei üblicher Weidehaltung wenig gegrast. Zwei Weidegänge täglich (morgens und abends) sind aus pansenphysiologischer Sicht günstiger als ein einmaliger Weidegang. Stundenweidebetriebe füttern im Stall die übliche Grundfütterration weiter. Günstig ist, wenn in der Ration auch etwas Heu enthalten ist. Auch Maissilage, sofern vorhanden, hat bei Stunden- und Halbtagsweide eine gute Ergänzungswirkung. Trotz Ergänzungsfütterung sollten Kühe aber generell hungrig auf die Weide getrieben werden (Ausnahme: Weidebeginn im Frühjahr bzw. bei blähendem Futter). Da die Tiere den größten Teil des Tages im Stall verbringen, fällt der Großteil der Ausscheidungen im Stall an. Und nicht zuletzt ist bei kürzerem Aufenthalt auf der Weide die Hitze- und Fliegenbelastung für die Tiere meist geringer. Gute Ergebnisse (Leistungen, Arbeitszeit!) können bei Stundenweidehaltung auch mit dem Weidesystem „Kurzasenweide“ erzielt werden (STEINWIDDER und STARZ 2015).

3.2 Ganztags- und Vollweide

Bei *Ganztagsweide* bleiben die Tiere praktisch den ganzen Tag auf der Weide (nur Milchkühe kommen zur Melkzeit in den Stall) – die Weidedauer beträgt daher 18 bis 24 Stunden pro Tag. Für dieses Verfahren wird pro Tier am meisten Weidefläche benötigt. Das Weidefutter ist die Allein- bzw. Hauptfutterart. Wenn eine Kraftfutterergänzung erfolgt (Milchviehhaltung, Jungrind in der Mutterkuhhaltung), dann muss die Einsatzmenge pro Teilgabe bzw. Tag begrenzt werden. In der Milchviehhaltung sollten bei Ganztagsweide pro Teilgabe nicht mehr als 2 (2,5) kg und pro Tag maximal 4 (5) kg Kraftfutter verfüttert werden. Höherleistende Tiere brauchen gute Standorte und optimales Weidemanagement, um eine gleichbleibende Futterqualität sicherzustellen. Auf hoffernen Flächen können in der Praxis nur Aufzucht- und Masttiere, Mutterkühe oder trockenstehende Kühe ganztägig gehalten werden. Auch extensive Standorte lassen sich durch die Beweidung mit niedrigleistenden Tieren (Aufzucht, trockenstehende Kühe etc.) gut und nachhaltig bewirtschaften.

Bei Ganztagsweidehaltung ist die Fresszeit im Stall begrenzt oder entfällt vollständig. Zur Aufnahme von Mineralstoffen (z.B. Viehsalz, Spurenelemente) reicht die Zeit im Stall für eine ausreichende Aufnahme oft nicht aus. In diesem Fall müssen Lecksteine (vor Regen schützen) auf der Weide angeboten werden. Darüber hinaus ist ständiger Zugang zu sauberem Wasser notwendig. Betriebe im Berggebiet setzen teilweise auf Ganztagsweidestrategien, bei denen die Kühe die Nachtstunden (Dunkelheit) im Stall verbringen. Damit fällt auch ein Teil des Düngers im Stall an, wodurch die ebenen (Liege-)Flächenteile nicht überdüngt werden.

Vorteile der Ganztagsweide:

- Deutlich weniger Stallarbeitszeit (Füttern, Einstreuen, Boxenpflege, Reinigungsarbeiten etc.)
- Kostenreduktion
- Ruhigere Weidetiere
- Artgerechte Haltungform (Alternative zu Stallumbau bei Anbindehaltung)

Nachteile der Ganztagsweide:

- Viel weidefähige Fläche wird benötigt
- Begrenzte Einzeltierleistung, insbesondere in der Milchviehhaltung (Menge, Inhaltsstoffe)
- Mitunter schwankende Weidefutterqualität, die sich auf die Leistung niederschlägt – gutes Weidemanagement ist sehr wichtig
- Erhöhter Beobachtungsaufwand auf der Weide

Die Vollweidestrategie versucht, eine hohe Effizienz nicht durch Maximierung des Outputs sondern durch Minimierung der Produktionskosten und der eingesetzten Produktionsmittel zu erreichen. Bei Low-Input Strategien muss der Einsatz von Maschinen und Geräten, Zukauffutter, Arbeitszeit etc. kurz-, mittel- und langfristig konsequent verringert werden. In der Wiederkäuerfütterung ist das Weidefutter das preiswerteste Futtermittel. Daher versuchen Low-Input-Betriebe durch beste Ausnutzung der Weide den Anteil an konserviertem Futter und Kraftfutter in der Jahresration so weit wie möglich zu reduzieren. Ziel ist eine nahezu vollständig auf betriebseigenem Grundfutter basierende Milchproduktion. Hohe Einzeltierleistungen stehen bewusst nicht im Vordergrund, es wird jedoch eine hohe Flächenproduktivität und eine hohe Umwandlungseffizienz von Grünlandfutter in Milch angestrebt. In typischen Weideregionen wird daher auch der Laktationsverlauf bestmöglich an die Vegetationsperiode angepasst (saisonale Milchproduktion). Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Milchproduktion in den „Vollweide-Regionen“ Neuseeland, Australien und Irland zeigen, dass diese Produktionsform bei konsequenter Umsetzung sehr konkurrenzfähig sein kann. In den letzten Jahren liefen auch mehrere wissenschaftliche Untersuchungen zur Vollweidehaltung im Voralpen- und Alpengebiet (Schweiz, Österreich, Bayern, Baden-Württemberg). Dabei zeigte sich, dass bei passenden Rahmenbedingungen und standortangepasster Umsetzungsstrategie dieses Betriebskonzept auch in alpinen Regionen erfolgversprechend umgesetzt werden kann (DURGIAI und MÜLLER 2004, STEINWIDDER et al. 2010, STEINBERGER et al. 2012).

Ergänzungsfütterung

Bei Ganztagsweide- und Vollweidehaltung liegt die Kraftfuttereffizienz (kg Milchleistungsanstieg/kg TM Kraftfuttererhöhung) im Durchschnitt zwischen 1,2 und 0,5 kg und damit auf niedrigem Niveau. Im Rahmen eines Versuches aus den USA erhielten je die Hälfte der Milchkühe ein hohes bzw. geringes Weideangebot (25 bzw. 40 kg TM/Tier u. Tag), das jeweils mit wenig oder viel Kraftfutter ergänzt wurde (*Tabelle 9*; BARGO et al. 2002). Dabei lag die Grundfutterverdrängung durch das Kraftfutter je nach Weideangebot bei 0,3 bzw. 0,6 kg TM und die Milchleistungssteigerung pro kg zugelegtem Kraftfutter bei 1,0 bzw. 0,7 kg. Zu beachten ist dabei auch

Tabelle 9: Einfluss des Weidefutterangebots und des Kraftfutterniveaus auf Milchleistung, Weidefutterverdrängung und Kraftfuttereffizienz (BARGO et al. 2002)

	Weideangebot gering			Weideangebot hoch			P-Werte	Weide	KF × Weide
	KF gering	KF hoch	Diff.	KF gering	KF hoch	Diff.			
Kraftfutter, kg TM	0,8	8,6	7,8	0,7	8,7	8	< 0,01	0,56	0,36
Futteraufnahme, kg TM	18,3	24,1	5,8	21,2	24,8	3,6	< 0,01	< 0,01	0,01
Milch, kg	19,1	29,7	10,6	22,2	29,9	7,7	< 0,01	0,04	0,03
FCM, kg	20,3	28,4	8,1	23,3	28,9	5,6	< 0,01	0,05	0,05
Fett, %	3,82	3,29	-0,53	3,79	3,32	-0,47	< 0,01	0,96	0,53
Eiweiß, %	2,98	3,08	0,10	2,93	3,11	0,18	< 0,01	0,71	0,27
GF-Verdrängung, kg/kg		-0,3			-0,6				
KF-Effizienz, kg FCM/kg KF		1,0			0,7				

Tabelle 10: Milchleistung bei unterschiedlicher Kraftfutterzuteilung zur Vollweide (PRIES und VERHOEVEN 2013)

Versuchsjahr	2010		2011	
	Weide	Weide + 4 kg KF	Weide	Weide + KF über 25 kg Milch
Milchmenge, kg	24,1	25,8	24,1	24,8
ECM, kg	23,5	25,5	23,9	24,2
Fett, %	3,93	4,03	4,04	3,90
Eiweiß, %	3,19	3,26	3,24	3,21
Harnstoff, mg/100 ml	36	34	33	33
Zellzahl × 1.000	107	143	192	158

der deutliche Rückgang des Milchfettgehaltes bei hoher Kraftfuttermittelversorgung (über 8 kg/Tag) – somit ein Hinweis auf einen Strukturmangel bzw. auf Überschüsse an schnell fermentierbaren Kohlenhydraten. In Folge wurde in diesen Gruppen ein tieferer pH-Wert im Pansen, ein Rückgang der Weidefutter- und Gerüstsubstanzverdaulichkeit sowie der Grasedauer festgestellt.

PRIES und VERHOEVEN (2013) prüften über zwei Vegetationsperioden Kraftfutter-Zufütterungsstrategien zur Vollweidehaltung (Tabelle 10). Im ersten Versuchsjahr (2010) erhielten die Kraftfutter-Versuchskühe zusätzlich zur Kurzrasenweide täglich 4 kg Milchleistungsfutter. Die Beifütterung erbrachte eine Erhöhung der ECM-Leistung um knapp 2 kg je Tier und Tag, wobei lediglich in den ersten 150 Laktationstagen ein positiver Effekt gegeben war. Im zweiten Versuchsjahr (2011) wurde in der Versuchsgruppe eine tierindividuelle Kraftfutter-Zuteilung ab einer Milchleistung von 25 kg durchgeführt. Auch diese Variante führte nur zu einer minimalen Milchleistungssteigerung (0,3 kg ECM).

Laut internationalen Studien wird die Kraftfuttereffizienz und Weidefutterverdrängung bei Weidekühen vom Weidefutterangebot (Menge und Qualität), dem Weidefutteranteil der Tagesration, dem Milchleistungsniveau der Tiere und der Kraftfutterzuteilung (Menge, Menge/Teilgaben, Kraftfutterzusammensetzung) sowie von pansenphysiologischen Veränderungen und Veränderungen des Verhaltens auf der Weide entscheidend beeinflusst. Im Mittel muss mit einer größeren Grundfutterverdrängung durch Kraftfutter bzw. einer geringeren Kraftfuttereffizienz bei Weidehaltung im Vergleich zur Stallfütterung gerechnet werden.

Zur Heuergänzung bei Weidehaltung liegen mehrere Untersuchungen, insbesondere bei Ganztagsweide (Vollweide), vor. In den überwiegenden Fällen wurde hier Heu eingesetzt,

um die Strukturversorgung zu erhöhen und ein mögliches Blährisiko zu mindern bzw. die Kotkonsistenz oder den Fettgehalt der Milch positiv zu beeinflussen. GRAF et al. (2003 und 2004) untersuchten in der Schweiz die Heuergänzung zur Weide bzw. zu Grünfutter. Die Heubeifütterung (Abend) zur Weide hatte keinen positiven Effekt auf den pH-Wert – die Heugruppe zeigte in der Weidezeit sogar niedrigere pH-Werte. Auch bei Heuergänzung zu Grünfutter im Stall wurden keine wesentlichen Veränderungen festgestellt, wobei die Autoren für Heugaben jedenfalls eine möglichst gleichmäßige tageszeitliche Zufütterung empfehlen. MÜNGER (2003) schließt aus eigenen Versuchsergebnissen, dass die Wirkung der Heuzufütterung meist überschätzt wird, denn einerseits ist das Problem des Strukturmangels im Gras über weite Teile der Weidesaison nicht gegeben und andererseits müsste Heu, wenn es zugefüttert wird, möglichst „synchron“ verzehrt werden. Bei Vollweidehaltung muss aufgrund des Fettsäuremusters im Weidegras mit geringeren Milchfettgehalten gerechnet werden, eine Heuergänzung zeigt hier keine wesentlichen Einflüsse. Der Milchfettgehalt ist bei grünfutterbetonter Fütterung auch kein geeigneter Indikator zur Beurteilung der Strukturversorgung (MÜNGER 2003). HÄUSLER et al. (2008a) untersuchten den Effekt unterschiedlicher Ergänzungsfütterungsstrategien bei Vollweidehaltung von Milchkühen. Bei einer Heuergänzung im Ausmaß von 4 bzw. 3,5 kg TM/Tag in der Vollweidesaison ging die Milchleistung durch die geringere Weidefutteraufnahme und Rationsverdünnung signifikant zurück (Abbildung 4). Demgegenüber stellten BISCHOF und STEINWIDDER (2012) bei einer Heuergänzung von 2 kg pro Kuh und Tag noch keine negativen Auswirkungen auf die Milchleistung fest, durch das Heu wurde aber auch die Kotkonsistenz nicht beeinflusst. Wenn man die Ergebnisse zur Heuergänzung zusammenfasst, dann muss bei einem täglichen Heueinsatz von mehr als ca. 2 kg bei Vollweidehaltung mit einem Rückgang der Weideaktivität, der Weidefutteraufnahme und in Folge mit verringerter Leistung gerechnet werden. Eine kleine Heuergänzung (bis 2 kg/Tag) verteuert zwar die Fütterung, erhöht jedoch die Rationsvielfalt und kann damit zu höherer Rationsstabilität beitragen. Auf biologisch wirtschaftenden Weidebetrieben wird daher zumeist eine geringe Menge an Heu gefüttert. Eine Heuergänzung zur Minderung des Blährisikos erfordert jedoch deutlich höhere Mengen.

Maissilage zeigt bei Weidehaltung aufgrund des Nährstoffgehaltes (Verringerung des Eiweißüberschusses, Erhöhung der Energieversorgung, günstigere Kotkonsistenz) eine gute Ergänzungswirkung. HÄUSLER et al. (2008a) stellten bei Maissilageergänzung (3,5 – 2,5 kg TM/Tag) zu einer

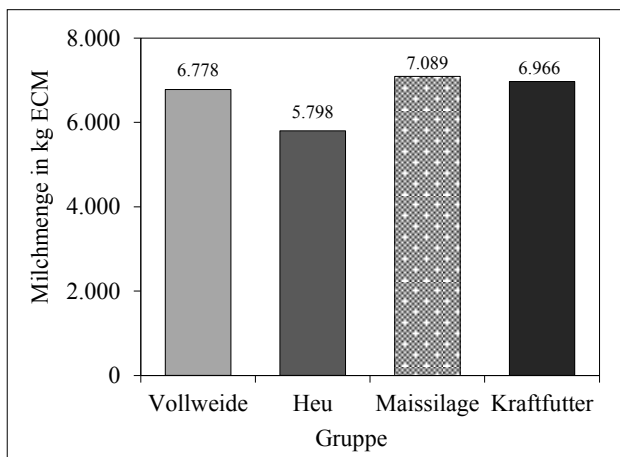


Abbildung 4: Auswirkungen unterschiedlicher Ergänzungsfuttermittel auf die Laktationsleistung von Milchkühen (HÄUSLER et al. 2008a)

Kurzrasenweide eine Erhöhung der Milchleistung um ca. 300 kg ECM pro Laktation fest (Abbildung 4), wobei dieser Anstieg teilweise auf die besseren Milchinhaltsstoffe zurückzuführen war. Die Autoren vermuten, dass durch die Vorlage von Maissilage im Gegensatz zu Heu und Kraftfutter, weniger Weidefutter verdrängt wurde. Zusätzlich hatte die Maissilage einen ähnlich hohen Energiegehalt wie das Weidefutter, lieferte im Gegensatz zu Kraftfutter ausreichend Struktur und verbesserte darüber hinaus das Energie/Rohprotein-Verhältnis der Ration. In der Praxis hat die Ergänzungsfütterung mit Maissilage bedingt durch die geringen Silageentnahmemengen im Sommer (höheres Risiko einer Nacherwärmung) und die höheren Futterkosten keine große Bedeutung.

Wenn Grassilagen zur Weide eingesetzt werden, dann zeigt häufig der erste Aufwuchs eine bessere Ergänzungswirkung als die Folgeaufwüchse. Auch hier kann es in den Sommermonaten bei zu geringer Entnahme bzw. zu geringem Vorschub (bei Fahrsilos) zu Nacherwärmungen kommen, weshalb viele Betriebe auf Siloballen zurückgreifen. Die Konservierung und Lagerung des Wiesenfutters in Form von Ballen kann – beispielsweise als Futterreserve zur Überbrückung von Weidefuttermangelsituationen bei Vollweidehaltung – zusätzlich zur Schaffung von Heureserven empfohlen werden.

4. Erfolgsfaktoren für die Weidehaltung

- Anpassung des Weidesystems und des möglichen Weidefutteranteiles der Ration an die natürlichen Produktionsbedingungen des Betriebes; persönliche Vorlieben und Interessen des Betriebsführers und seiner Familie, sowie eventuell auch zusätzliche Vermarktungsmöglichkeiten sind zu berücksichtigen!
- Für Vollweide sind zumindest 0,3 – 0,6 ha Weidefläche pro Kuh notwendig, für Stunden- bzw. Halbtagsweide reichen 0,1 – 0,3 ha!
- Anpassung und Optimierung des Herden- und Betriebsmanagements an die Rahmenbedingungen; arbeitssparende Weidesysteme, die zum Betrieb und zum Bestand passen, anwenden!
- Das hohe Potenzial der Weide wirklich ausschöpfen!

- Hohe Effizienz wird durch beste Weidenutzung und konsequente Kosten- und Arbeitszeitminimierung erreicht!
- Wer im Stall viel beifüttert, ist auf der Weide ineffizient (Weidefutterverdrängung und Verhaltensänderung, bei Zufütterung muss die Weidezeit eingeschränkt werden)!
- Ein eher „geiziger Umgang“ mit der Weide erhöht die Flächenproduktivität!
- Hoher Weidegrasanteil und Kraftfutter passen nicht zusammen!
- Hohe Einzeltierleistungen sind daher bei Vollweide nicht möglich; die Einzeltierleistung darf deshalb nicht im Vordergrund stehen!
- Langfristig vor allem bei Vollweide auf weidetauglichere Genetik setzen (kleinere Kühe, gute Persistenz etc.)!
- Bei Vollweide eine geblockte Abkalbung anstreben (beste Ausnützung des billigen Weidefutters)!
- Umstellung gezielt durchführen; bisher schnittgenutzte Wiesen müssen langsam in eine Weide übergeführt werden (Weidegräseranteil fördern, eventuell Übersaat/Nachsaat etc.)!
- Kühe und Weidepflanzen besser kennenlernen (Weidemanagement ist mehr, als die Kühe aus dem Stall zu lassen)!
- Im Frühling möglichst rasch mit dem Weiden beginnen (große Fläche vorgeben – wenn möglich Überweidung der gesamten Fläche)!
- Vor der Hauptwachstumszeit (= ca. drei Wochen vor dem 1. Schnitt) müssen die Kühe und der Pansen auf die Weide umgestellt sein!
- Auf Euterpflege und Eutergesundheit besonderes Augenmerk legen (Sonnenbrand)!
- In der Hauptvegetationszeit soll bei Vollweide Ganztagsweidehaltung durchgeführt werden!
- Bei Regenperioden geeignete Weideflächen beweiden und diese möglichst großflächig vorgeben! Eventuell vorübergehend Weidezeit verkürzen – Weidegras muss aber immer angeboten werden, bei Vollweide soll es Hauptfutter bleiben!
- Keine trockenstehenden Kühe auf hochwertige Talweiden treiben (Gefahr der Verfettung)!
- Die Kühe müssen immer Zugang zu sauberem Wasser haben (günstig sind mehrere Tränkestellen)!

5. Literatur

- BARGO F., L.D. MULLER, J.E. DELAHOY und T.W. CASSIDY, 2002: Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J. Dairy Sci.* 85, 1777-1792.
- BISCHOF, A. und A. STEINWIDDER, 2012: Heuration zur Vollweide. *Blick ins Land* 9, 16.
- DURGIAI, B. und R. MÜLLER, 2004: Projekt Opti-Milch – Betriebswirtschaftliche Ergebnisse. *Agrarforschung Schweiz* 11, 126-131.
- GRAF, C.M., M. KREUZER und F. DOHME, 2004: Einfluss der Häufigkeit von Heuzufütterung zu Gras auf Kauaktivität, Pansenfermentation und Faserverdauung von Milchkühen. In: *Lipide in Fleisch, Milch und Ei – Herausforderungen für die Tierernährung*, (Hrsg: Kreuzer, Wenk und Lanzini), Tagungsbericht, Band 25 (Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften ETH Zürich), 232-234.

- GRAF, C.M., M. KREUZER und F. DOHME, 2003: Der Einfluss verschiedener Weidesysteme auf den ruminalen pH-Verlauf, die Kauaktivität und die Leistung von Milchkühen. In: Gesunde Nutztiere – heutiger Stellenwert der Futterzusatzstoffe in der Tierernährung, (Hrsg: Kreuzer, Wenk und Lanzini), Tagungsbericht, Band 24 (Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften ETH Zürich), 155-156.
- HÄUSLER, J., T. GUGGENBERGER, R. RESCH und J. WILDLING, 2008a: Ergebnisse zur Ergänzungsfütterung bei Ganztagsweidehaltung von Milchkühen. Tagungsbericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein. 4. Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 81-95.
- HÄUSLER, J., M. VELIK, D. EINGANG und J. WILDLING, 2008b: Ergebnisse zur Weideaufzucht von Kalbinnen. Tagungsbericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 4. Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 97-104.
- HÄUSLER, J., D. EINGANG und J. WILDLING, 2011: Mit Weide Kraftfutter sparen. Der fortschrittliche Landwirt 17, 26-27.
- MOSIMANN, E., J. PITT und M. LOBSIGER, 2005: Weiden von Milchkühen. Umtriebsweide: Grashöhe und Weidevorrat. Information AGFF W16, 2.
- MÜNGER, A., 2003: Intensive Milchproduktion und maximale Weidenutzung – Möglichkeiten, Grenzen, spezielle Fütterungsaspekte. Bericht BAL Gumpenstein. 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 24. bis 25. April, 1-6.
- PEYRAUD, J.L. und L. DELABY, 2005: Combiner la gestion optimale du pâturage et les performances des vaches laitières: enjeux et outils. INRA Prod. Anim. 18(4), 231-240.
- PITT, J. und S. KÄCH PITT, 2014: LUDF-Weidemanagement – Das LUDF-Weidemanagement-System: Inspiration und Hilfsmittel für Schweizer Vollweidebauern. URL: <http://www.weidemilch.ch/index.php?id=44> [abgerufen im August 2014]
- PRIES, M. und A. VERHOEVEN, 2013: Hohe Leistungen mit der Kurzrasenweide. URL: http://www.lk-wl.de/riswick/pdf/top_agrar_weidehaltung_pries_und_verhoeven.pdf [abgerufen im Mai 2014]
- SCHLEIP, I., F.A. LATTANZI und H. SCHNYDER, 2013: Common leaf life span of co-dominant species in a continuously grazed temperate pasture. Basic and Applied Ecology 14(1), 54-63.
- SCHORI, F., 2013: Die Wuchshöhe von Weiden und Wiesen messen. ALP aktuell, Agroscope (Hrsg.), Merkblatt Nr. 48, 1-4.
- STARZ, W., J. KREUZER, A. STEINWIDDER, H. ROHRER und R. PFISTER, 2013: Kurzrasen- und Koppelweide auf einem trockenheitsgefährdeten Dauergrünlandstandort. Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein zur 9. Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 7. November, 103-106.
- STARZ, W., A. STEINWIDDER, R. PFISTER und H. ROHRER, 2014a: Inhaltsstoffverläufe im Weidefutter auf vielfältigen Dauerweidebeständen im inneralpiner Klimaraum. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 16, Grasland- und weidebasierte Milchproduktion, (Hrsg: B. Reidy, B. Gregis und P. Thomet), Internationale Weidetagung 21.-22.08.2014, Zollikofen, Schweiz, 142-147.
- STARZ, W., A. STEINWIDDER, R. PFISTER und H. ROHRER, 2014b: Unterschiedliche Aufwuchshöhen bei simuliertem Koppelsystem und deren Auswirkung auf Ertrag und Graszuwachs. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 16, Grasland- und weidebasierte Milchproduktion, (Hrsg: B. Reidy, B. Gregis und P. Thomet), Internationale Weidetagung 21.-22.08.2014, Zollikofen, Schweiz, 123-126.
- STEINBERGER, S., P. RAUCH, H. SPIEKERS, G. HOFMANN, und G. DORFNER, 2012: Vollweide mit Winterkalbung – Ergebnisse von Pilotbetrieben. In: Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 5, 102 S.
- STEINWIDDER, A., W. STARZ, L. PODSTATZKY, L. KIRNER, E.M. PÖTSCH, R. PFISTER und M. GALLNBÖCK, 2010: Low-Input-Vollweidehaltung von Milchkühen im Berggebiet Österreichs – Ergebnisse von Pilotbetrieben bei der Betriebsumstellung. Züchtungskunde 82, 241-252.
- STEINWIDDER, A. und W. STARZ, 2015: Gras dich fit – Weidewirtschaft erfolgreich umsetzen. Ergebnisse aus Forschung, Beratung und Praxis. Fachbuch, Leopold Stocker Verlag, Graz, ca. 300 S.
- THOMET, P., M. HADORN und J. TROXLER, 2000: Leistungsvergleich zwischen Kurzrasen- und Umtriebsweide mit Ochsen. Agrarforschung 7(10), 472-477.
- VIBART, R.E., V. FELLNER, J.C. BURNS, G.B. HUNTINGTON und J.T. GREEN, 2008: Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. J. Dairy Res. 75(4), 471-480.

Die Treibhausgasemissionen der Viehwirtschaft – ClimCattle

Greenhousegas emissions of livestock – ClimCattle

Christian Fasching^{1*}

Zusammenfassung

Mit rund 40 % der weltweiten Landfläche ist Dauergrünland ein ebenso großer Kohlenstoffspeicher wie jener der Wälder. Dass diese Funktion nur in Kombination mit dem Wiederkäuer möglich ist, bleibt bei der Bewertung der Klimawirkung von Wiederkäuern unberücksichtigt. So kommt es, dass die verdauungsbedingten Methanemissionen der Wiederkäuer immer wieder für den Klimawandel verantwortlich gemacht werden. Ihr Anteil an den nationalen THG-Emissionen beträgt 3,7 %. Dieser ist seit 1990 als Folge der Reduktion des Rinderbestandes kontinuierlich gesunken. Die Emissionen je Kuh hingegen nehmen auf Grund der steigenden Milchleistung zu. Um den Klimawandel entgegen zu wirken, sind alle Sektoren aufgefordert, Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen zu treffen. Um auch das Klimaschutzpotenzial bei den verdauungsbedingten Methanemissionen der Wiederkäuer zu nutzen, wird in Raumberg-Gumpenstein eine Respirationanlage errichtet. Damit können Maßnahmen entwickelt werden, um die verdauungsbedingte Methanproduktion der Wiederkäuer zu reduzieren.

Schlagwörter: Emission, Klimaschutz, Methan, Respirationanlage, Wiederkäuer

Summary

With about 40% of the global land surface, pasture represents an equally great carbon sequestration as forests. The fact that this function is only possible in combination with ruminants, is disregarded in evaluating the climate impact of ruminants. Thus, it comes that the digestion-related methane emissions of ruminants are blamed repeatedly for climate change. Their contributions to the national THG emissions is 3.7%. This proportion has fallen steadily since 1990 as a result of the reduction of the cattle population. The emission per cow, however, are increasing due to the growing milk production.

In order to counteract climate change, all sectors are encouraged to take measures to reduce THG-emissions. In order to use the potential of climate protection in the digestive methane emissions of ruminants, a respiration chamber will be established in Raumberg-Gumpenstein. With this construction, measures can be developed in order to reduce the digestive-related methane production of ruminants.

Keywords: Emission, Climate protection, Methane, Respiration Facility, Ruminant

Einleitung

Die Methanbildung in Folge der mikrobiellen Umsetzung wurde bereits vor mehr als 100 Jahren erwähnt. Im Fokus standen die Methanverluste im Pansen. Sie wurden mit rund 10 % der nutzbaren Energie beziffert (KELLNER 1905).

Heute werden die verdauungsbedingten Emissionen der Tierhaltung auf Grund ihrer klimarelevanten Wirkung diskutiert. So kommt es, dass die Kuh immer wieder für den Klimawandel verantwortlich gemacht wird und als Klimakiller gilt. Häufig beschreiben Medien die Situation unvollständig und veröffentlichen missverständliche Artikel. Dabei wird vergessen, dass dem Wiederkäuer eine ganz zentrale Funktion in der Mensch-Tier Beziehung zukommt. Mit seinem Vormagensystem schafft er es aus Futtermitteln, welche für die menschliche Ernährung wertlos sind, hochwertige Lebensmittel wie Milch und Fleisch zu produzieren. Das Geheimnis ist die Pansenfermentation, ein mikrobiologischer Gärprozess von Futtermitteln bei dem Methan gebildet und in Folge des Ruktus freigegeben wird.

Die verdauungsbedingte Freisetzung von Kohlenstoff in Form von Methan ist eine Funktion, welche sich seit jeher bewehrt. Sie sichert den Fortbestand der Wiederkäuer und damit auch den des Menschen. Entgegen dem Kohlenstoff aus fossilen (Energie-) Quellen, entstammt das vom Wiederkäuer produzierte Methan einem natürlichen Kreislauf. Bei graslandbasierten Produktionssystemen beeinflusst es die atmosphärische Kohlenstoffbilanz nicht. Im Gegenteil! Das Dauergrünland stellt mit knapp 40 % der weltweiten Landfläche einen enormen Kohlenstoffspeicher dar – mindestens so groß wie der der Wälder. Es entwickelte sich über Jahrtausende in Ko-Evolution mit Wiederkäuern. Durch die Humusbildung in Folge der Beweidung entstanden teilweise meterdicke (Schwarz-) Erdeböden. Ohne der schützenden Grasnarbe würden diese Böden über kurz oder lang erodieren. Die Funktion als Kohlenstoffspeicher würde verloren gehen und die Atmosphäre mit zusätzlichem CO₂ belastet werden (IDEL 2012).

Um aber von den eigentlichen Emissionsquellen abzulenken wird die Diskussion immer wieder in Richtung der Kühe

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

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Christian Fasching, email: christian.fasching@raumberg-gumpenstein.at

gelenkt. Dies ist auf Grund der Komplexität des Themas und der zunehmenden Sensibilisierung der Gesellschaft bezüglich Klimawandel und Landwirtschaft einfach möglich. Gemäß dem Motto – „Angriff ist die beste Verteidigung“ wird die Kuh fälschlicher Weise als Klimakiller dargestellt.

Die Situation in Österreich

Nach den international gültigen Klimabilanzierungsregeln emittierte Österreich im Jahr 2012 insgesamt 80,1 Mio. Tonnen CO₂-äquivalente THG-Emissionen. Mit einem Anteil von 30,8 % hat der Sektor Industrie und produzierendes Gewerbe den größten Anteil zu verantworten. Gefolgt vom Sektor Verkehr (27,1 %), Energieaufbringung (15,5 %) und Raumwärme, sowie sonstiger Kleinverbrauch (11,9 %). Der Sektor Landwirtschaft liegt mit einem Anteil von 9,4 % an fünfter Stelle. Die restlichen rund 5,0 % entfallen auf die Bereiche Abfallwirtschaft, Fluorierte Gase und sonstige Emissionen (ANDERL et al. 2014).

In den Sektoren Verkehr sowie Industrie und produzierendes Gewerbe kam es von 1990 bis 2012 zum Anstieg der THG-Emissionen um 54,2 % bzw. 16,1 %. Der Sektor Landwirtschaft verzeichnet für denselben Zeitraum einen Rückgang um 12,4 % (ANDERL et al. 2014).

Die Emissionen im Sektor Landwirtschaft sind auf verschiedene Quelle zurückzuführen. So beträgt der Anteil der verdauungsbedingten Emissionen der Wiederkäuer an den nationalen THG-Emissionen 3,7 %. Weitere 3,8 % (vor allem Lachgas) entstehen bei der Düngung landwirtschaftlicher Böden. Der Lagerung von Wirtschaftsdünger (Wirtschaftsdünger-Management) sind Methan und Lachgasemissionen im Umfang von 1,6 % zuzuschreiben. In Summe emittiert die österreichische Landwirtschaft 7,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (2012) und damit 9,4 % der nationalen THG-Emissionen (ANDERL et al. 2014).

Bei den verdauungsbedingten Emissionen kam es seit 1990 in Folge der Reduktion des Rinderbestandes zum Rückgang um 15,9 %. Absolut sinkt der Anteil, auf Grund der zunehmenden Milchleistung steigen jedoch die Emissionen je Kuh deutlich an (ANDERL et al. 2014).

Die globale Situation

Die Welternährungsorganisation der vereinigten Nationen (FAO) beziffert den globalen Anteil der Viehwirtschaft an den THG-Emissionen mit 18 % (STEINFELD et al. 2006). Auf Grund der zunehmenden Nachfrage an tierischen Lebensmitteln steigt auch die Anzahl der gehaltenen Wiederkäuer und damit auch die mit ihnen verbundenen Emissionen. Dies führte mitunter dazu, dass von 1990 - 2005 die weltweiten Methan- und Lachgasemissionen um 17 % zunahm (METZ et al. 2007).

Die anthropogenen Methanemissionen gehen zu rund 35 - 40 % auf das Konto der Landwirtschaft. Sie resultieren zu 80 % aus der mikrobiellen Pansenfermentation, sowie den Methanemissionen aus Lagerung und Ausbringen von Wirtschaftsdünger (STEINFELD et al. 2006).

Vor allem bei den verdauungsbedingten Methanemissionen kommt es regional zu großen Unterschieden auf Grund der unterschiedlichen Anzahl an gehaltenen Wiederkäuern. So fällt der Anteil West- und Osteuropas mit 6,7 % bzw. 6,6 % vergleichsweise niedrig aus. Die Viehwirtschaft Mittel- und

Südamerikas hingegen muss 24,7 % der verdauungsbedingten Methanemissionen verantworten (STEINFELD et al. 2006). Nachdem aber ein erheblicher Teil des Fleisches Südamerikas in Europa konsumiert wird, stellt sich die Frage, wer für die Emissionen der südamerikanischen Landwirtschaft aufkommt.

Beitrag zum Klimaschutz

Um das Klimaschutzpotenzial im Bereich der Tierhaltung zu nutzen, bestehen verschiedene Möglichkeiten. So reduzieren grünlandbasierte Produktionssysteme die Emissionen insofern, als dass weniger Wiederkäuer gehalten werden und damit die absoluten Emissionen sinken. Andere Maßnahmen wiederum zielen auf die Reduktion der Emissionen je Wiederkäuer ab. Das Potenzial derartiger Maßnahmen ist mitunter beträchtlich. So variieren beispielsweise die Methanausscheidungen in Abhängigkeit der Rationsgestaltung zwischen 2 % und 15 % der aufgenommenen Bruttoenergie (HOLTER und YOUNG 1992). Gelingt es, durch gezielte Rationsgestaltung, die mikrobiologische Methanproduktion im Pansen zu reduzieren, so stellt dies einerseits einen Sektor-spezifischen Beitrag zum Klimaschutz dar und andererseits einen bedeutenden Beitrag zur Reduktion der Energieverluste in Form von Methan. Folglich kommt es zur Effizienzsteigerung und damit zur Sicherstellung der Energieversorgung.

Neben den Bemühungen die Methanemissionen über die Futtermittelinhaltsstoffe bzw. die Rationsgestaltung zu senken wird versucht, eine Reduktion über Futterzusatzstoffe herbeizuführen. Dazu suchen Versuchsansteller nach Substanzen mit antimethanogener Wirkung. So sind bereits bei *in vitro* Versuchen zahlreiche Pflanzen entdeckt worden, welche die Methanproduktion, ohne nachteilige Effekte auf die Verdaulichkeit, um mehr als 25 % senken können (BODAS et al. 2008). Nachdem es aber bei diesen Substanzen immer wieder zu Gewöhnungseffekten oder zur Beeinflussung der Futteraufnahme kommt, müssen diese zwingend auch im Rahmen von Respirationsmessungen an Wiederkäuern untersucht werden.

Ein weiteres Klimaschutzpotenzial wird in der genetischen Variation vermutet. Nachdem aber zu wenige Informationen über Einzeltiere vorliegen, werden aktuell in einer groß angelegten COST-Aktion weltweite Respirationsmessungen an Wiederkäuern durchgeführt. Erst die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen gesicherte Aussagen über die genetisch-züchterische Einflussnahme erwarten.

Um Maßnahmen zu erarbeiten, mit welchen die Klimaschutzpotenziale genutzt werden können, sind Methoden zur exakten Erfassung der verdauungsbedingten Emissionen unverzichtbar. Um derartige Maßnahmen auch auf nationaler Ebene zu entwickeln, wird an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, eine in Österreich bislang einzigartige Respirationsanlage errichtet. Ab 2016 können tierindividuelle Emissionen erhoben werden. Das Erarbeiten von Sektor-spezifischen Klimaschutzmaßnahmen, sowie das Prüfen des Potenzials dieser Maßnahmen, werden auf nationaler Ebene möglich. Des Weiteren ermöglicht die Respirationsanlage auch die Mitarbeit bei der internationalen COST-Aktion „*Large-scale methan measurements on individual ruminants for genetic evaluations*“, bei welcher der Einfluss der genetischen Veranlagung auf die Methanemission un-

tersucht wird. Im Rahmen des Projektes „MilchEffizienz“ wird auch geklärt, inwieweit die Methanemissionen vom Nutzungstyp, der Lebendmasse, dem Erstkalbealter, der Krafftterintensität und der Futteraufnahme beeinflusst werden.

Das Funktionsprinzip der Respirationsanlage

Bei einer Respirationsmessung hält sich die Kuh für zwei bis drei Tage in einer dichten Kammer mit kontrollierter Lüftung auf. Indem die Gaskonzentration der Zu- und Abluft, sowie der Volumenstrom der Lüftung erfasst werden, ist die Errechnung der tierindividuellen Emissionen möglich. Die Heizleistung von mindestens 1 kW je Kuh und der Anfall von über 40 l Kondensat täglich, erfordern eine Vollklimatisierung. Auf Grund der niedrigen Lüftungsrate, welche aus messtechnischen Gründen erforderlich ist, erfolgt die Klimatisierung im Rahmen einer Umluft-Führung. Indem die Anlage mit Unterdruck betrieben wird und das Personal die Kammer ausschließlich durch eine Luftschleuse betritt, wird das unkontrollierte Eintreten von Fremdluft verhindert.

Treibhausgase

Die zunehmenden Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) werden für den Klimawandel verantwortlich gemacht (Abbildung 1). Entsprechend dem Kyoto-Protokoll gelten Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas und Fluorierte Gase als Treibhausgas (THG) (UNFCCC 1998). Sie werden entsprechend ihrem Treibhausgas-Potenzial (THG-Potenzial) gewichtet und als CO₂-Äquivalent ausgedrückt. CO₂ hat den größten Anteil an den THG-Emissionen. Es entspricht dem THG-Potenzial von 1, gefolgt von Methan und Lachgas mit einem THG-Potenzial von 21 bzw. 310. Trotz des hohen THG-Potenzials (140 - 23.900) nehmen die Fluorierten

Gase den geringsten Anteil in Anspruch (HOUGHTON et al. 1996).

Der internationale Anteil der Viehwirtschaft an den THG-Emissionen wird von der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) mit 18 % beziffert. Rund neun Prozent der weltweit vom Mensch verursachten CO₂ Emissionen gehen auf das Konto der Tierhaltung. Sie resultieren vorwiegend aus der Abholzung von Wäldern für die Gewinnung von Weideflächen und Ackerland. Die anthropogenen Methanemissionen werden zu 35 - 40 % der Tierhaltung zugeschrieben. Sie entstehen zu 80 % bei der Pansenfermentation, sowie bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern. Der globale Anteil der von der Tierhaltung verursachten Lachgasemissionen beträgt 65 %. Sie entstehen ebenfalls bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (STEINFELD et al. 2006).

Literatur

ANDERL, M., W. BEDNAR, G. GÖSSL, S. HAIDER, C. HELLER, H. JOBSTMANN, C. LAMPERT, L. MOOSMANN, K. PAZDERNIK, S. POUPA, W. SCHIEDER, J. SCHNEIDER, K. SEUSS, G. STRANNER, A. STORCH, P. WEISS, H. WIESENBERGER, R. WINTER, A. ZECHMEISTER und G. ZETHNER, 2014: Klimaschutzbericht 2014. Umweltbundesamt, Wien, 168 S.

BODAS, R., S. LÓPEZ, M. FERNÁNDEZ, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, A.B. RODRÍGUEZ, R.J. WALLACE und J.S. GONZÁLEZ, 2008: *In vitro* screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. Anim. Feed Sci. Technol. 145, 245-258.

HOLTER, J.B. und A.J. YOUNG, 1992: Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 75, 2165-2175.

HOUGHTON, J.T., L.G. MEIRA-FILHO, B.A. CALLANDER, N. HARRIS, A. KATTENBERG und K. MASKELL, 1996: Climate change 1995: The science of climate change: contribution of working group

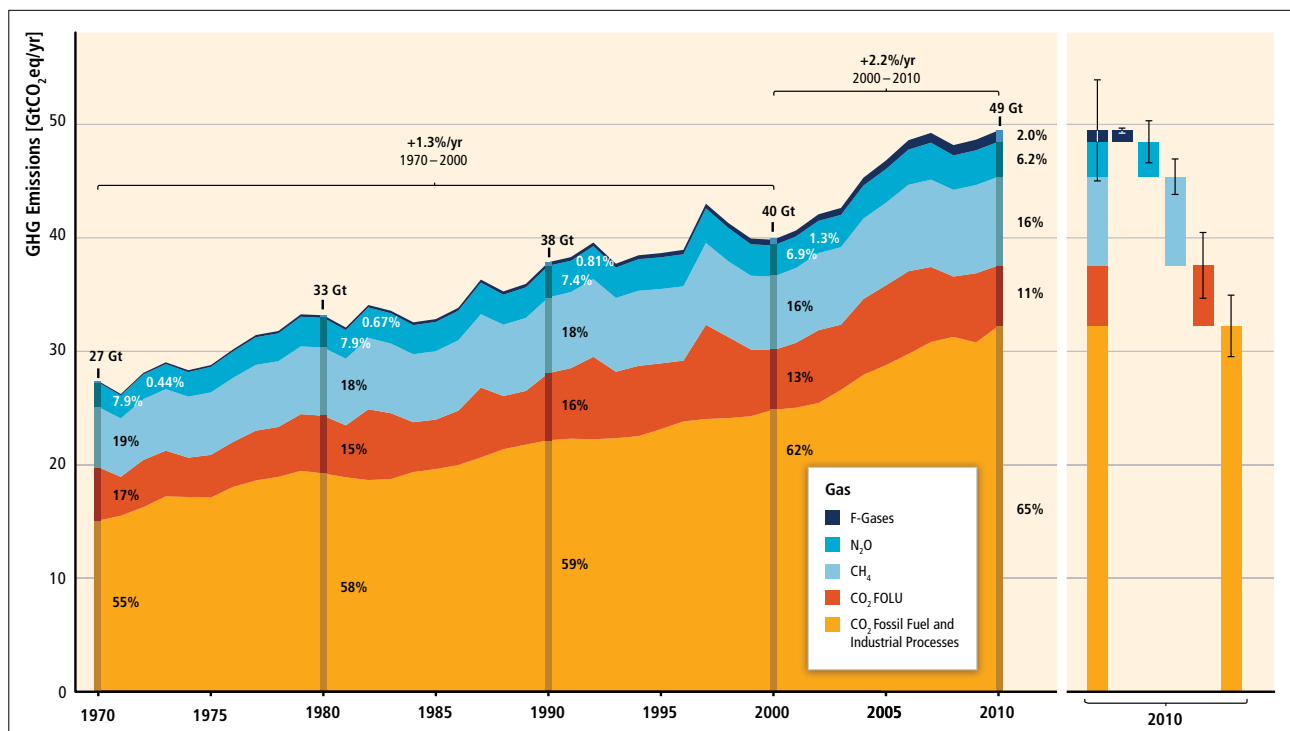


Abbildung 1: Anthropogene THG-Emissionen pro Jahr von 1970-2010 (PACHAURI 2014)

- I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change 1996, New York, 574 S.
- IDEL, A., 2012: Klimaschützer Kuh: Kritische Anmerkungen zu einer aktuellen Debatte. Der kritische Agrarbericht 2012, 227-232.
- KELLNER, O., 1905: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere: Lehrbuch auf der Grundlage physiologischer Forschung und praktischer Erfahrung. Parey, Berlin, 594 S.
- METZ, B., O.R. DAVIDSON, P.R. BOSCH, R. DAVE und L.A. MEYER, 2007: Contribution of Working Group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf, 851 S.
- PACHAURI, R.K., (CHAIR), 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf, 132 S.
- STEINFELD, H., P. GERBER, T. WASSENAAR, V. CASTEL, M. ROSALES und C.D. HAAN, 2006: Livestock's long shadow: Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 390 S.
- UNFCCC, 1998: Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change, 21 S.

Zur Bedeutung nachhaltiger Beweidung und Graslandbewirtschaftung für die Entstehung von Bodenfruchtbarkeit

The importance of sustainable grazing and pasture use for the development of soil fertility

Anita Idel^{1*}

Zusammenfassung

Gras ist letztlich unverzichtbarer Teil der Lebensgrundlagen des Menschen. Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Lebewesen – auf und im Boden sowie in der Luft und im Wasser – sind teilweise „in Vergessenheit geraten“, noch ehe ihre Dynamiken richtig verstanden waren. Das gilt insbesondere für die Bedeutung des Graslandes – als Proteinressource und darüber hinaus durch sein Potenzial zur Bodenbildung durch Humusanreicherung – nachhaltige Beweidung vorausgesetzt.

Die heutigen Kornkammern sind Steppenböden – ihre gigantische Fruchtbarkeit ist durch jahrtausendelange Beweidung entstanden. Verkannt wird dieses Potenzial durch Forschungsansätze mit zu eng gesetzten Systemgrenzen. So fallen die Ergebnisse zwangsläufig zulasten der Methan bildenden Wiederkäuer aus, wenn nur Emissionen berücksichtigt werden, während die Kohlenstoffspeicherung nicht berechnet wird.

Schlagwörter: Beweidungsmanagement, Humus, Kohlenstoffspeicherung, Nachhaltigkeit, Steppenböden

Summary

Pasture is an essential part of human livelihood. Interrelations between the development of different creatures – living on and into the soil as well as in the air – are partly forgotten, even prior to understand their dynamics. That particularly applies to pasture and its two huge potentials – as resource of protein and as developer of topsoil by enriching humus – given a sustainable grazing system.

The granaries of today are steppes – their gigantic fertility is based on millennia-long grazing. This potential is misjudged – by research approaches with system areas spaced too closely. The results will inevitably be as a disadvantage for the methane building ruminants, if only emissions are considered, while carbon sequestration has not been calculated.

Keywords: grazing management, top soil, carbon sequestration, sustainability, steppes

Einleitung

Die Welternährungsorganisation FAO (2013) gibt die Zahl der Rinder und Büffel mit weltweit über 1,6 Mrd. an – doppelt so viele, wie vor fünfzig, sechzig Jahren. Vor dieser Zeit lebten diese Wiederkäuer überwiegend dort, wo ihre Nahrung wuchs, nämlich auf dem Grasland. Seitdem sind weitere ca. 800 Mio. dazugekommen, die quasi auf dem Ackerland stehen, weil wir sie zu Nahrungskonkurrenten gemacht haben. Denn für sie wird Futter angebaut, während sie überwiegend ohne Weidegang in Ställen oder Feedlots leben.

Auch wenn darüber diskutiert werden kann und soll, ob und in welchem Ausmaß eine Zufütterung von Kraftfutter für die Gesundheit der Tiere und die Ökologie vertretbar oder sogar wünschenswert ist: Für jeden landwirtschaftlichen Betrieb stellt die Antwort auf die Frage, in welche Richtung die Rinderfütterung entwickelt werden soll, eine Grundentscheidung dar: Denn entweder Sie versuchen zu intensivieren und verdrängen das Grund- und Raufutter Ihrer Kühe durch immer mehr Kraftfutter oder Sie entscheiden sich dafür, immer mehr Kraftfutter durch Gras zu ersetzen.

Zur Entwicklung besonders fruchtbarer Steppenböden seit der letzten Eiszeit

Die Tierzeichnungen in der Höhle von Chauvet in Südfrankreich zählen mit 30 - 40.000 Jahren zu den ältesten weltweit (*Abbildung 1*). Wir sehen überwiegend Grasfresser. In der Mitte ein Nashorn, eine Art, welche in Europa die Eiszeit nicht überlebt hat. Aber der Auerochse, das Wildpferd und das Wisent – der europäische Bison – haben überlebt. Weidetiere haben seit der letzten Eiszeit einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung der Böden und deren Fruchtbarkeit geleistet.

Vielen Menschen ist das nur für die Zeit nach der Domestikation bewusst. Aber wo war zuvor bereits fruchtbares Land, als die Menschen begannen, sesshaft zu werden? Bzw. wo sind heutzutage die weltweit fruchtbarsten Ebenen? Und was ist das gemeinsame Merkmal dieser sogenannten Kornkammern, den Regionen, auf denen seit Jahrzehnten mit riesigen Monokulturen hohe Erträge von Getreide, Mais und Soja erzielt werden?

Ob die Prärie in Nordamerika, die Pampa in Argentinien, die Schwarzerdeböden in der Ukraine – sie alle sind Steppen-

¹ Mediation und Projektmanagement Agrobiodiversität, Unterer Sommerberg 12, D-36325 Feldatal

* Ansprechpartner: Dr. med. vet. Anita Idel, email: anita.idel@t-online.de



Abbildung 1: Tierzeichnungen in der Höhle von Chauvet

böden, die ihre gigantische Fruchtbarkeit ihrer Nutzungsart verdanken: Jahrtausendelange Beweidung hat meterdicke Humusschichten entstehen lassen und bewahrt.

Aber je länger die Weidetiere schon durch Verdrängung und/oder Ausrottung aus dem Blickfeld verschwunden sind, desto eher wird vergessen, dass Steppe immer bedeutet: **Gras und Weidetier**. Denn kein Grasland bleibt erhalten, wenn es dauerhaft ungenutzt bleibt. Ohne Beweidung entsteht nach und nach Wald, wenn es nicht zu kalt und/oder zu trocken ist, sonst können nur Büsche wachsen.

Nach SUTTI et al. (2005) ist Gras weltweit immer noch die größte Biomasse: Stellt man sich den Wasseranteil vor und zieht den Anteil Wasser ab, bleibt die globale Landfläche übrig; deren größter Teil wird von Gras bewachsen.

In der Natur gibt es keine Monokulturen, auch Gräser leben immer als Gesellschaft. Gras kommt in und zwischen vier Extremen vor – Hitze und Kälte, Trockenheit und Nässe: Gräser überstehen die extreme Kälte oberhalb der Baumgrenzen ebenso wie die extreme Hitze des Sahels. Gräser leben in feuchten Gebieten wie den Auenlandschaften ebenso wie in der trockenen Serengeti. Das Erfolgsprinzip liegt in der Biodiversität: der regionenspezifischen Zusammensetzung aus mehr- und einjährigen Gräsern, mit der sie so flexibel auf schwankende Umweltbedingungen reagieren können wie keine andere Pflanzengesellschaft.

Das gilt auch für alle Übergangs- und Mischformen zwischen nass, kalt, trocken und heiß – in Kombination und im Wechsel. Deshalb überleben Grasgesellschaften auch in Regionen, in denen sich Überschwemmungen und Trockenzeiten abwechseln.

Nordamerika

Geschätzte 40 Millionen Bisons lebten in Nordamerika. Weil dort der Höhepunkt der Ausrottung der Weidetiere erst in den 70er und 80er Jahren des 19. Jahrhunderts erfolgte, ist im kollektiven Gedächtnis der Menschen in den Prärieregionen Nordamerikas immer noch verankert, dass die heutigen fruchtbaren Äcker früher Weideland waren.

Weil die Amerikaner bereits seit Jahrzehnten Höchstern produzieren, liegt es nahe zu glauben, sie wüssten, wie es geht... ein Irrtum. Denn wer das behauptet, „macht die Rechnung ohne den Wirt“: den Boden. Produktion ist nur möglich, solange der Boden noch Reserven hat – und die

schrumpfen. Wissenschaftlich belegt u.a. durch FRANZ-LUEBBERS und FOLLETT (2005), aber öffentlich wenig bekannt ist dieser Verlust der Bodenfruchtbarkeit Nordamerikas innerhalb der letzten 100 Jahre: 25 - 30%. Deshalb hat sich der Weltagrarrat im Weltagrarricht (2009) auf die Erhaltung natürlicher Ressourcen und speziell auf die Vermeidung der durch Erosion und Verdichtung bedingten Degradierung der Bodenfruchtbarkeit konzentriert.

In den USA und Kanada gibt es Erfahrungen mit der Revitalisierung degradierter Böden durch nachhaltiges Beweidungsmanagement. Ursprünglich vom Naturschutz initiiert, entwickeln inzwischen auch Farmer nachhaltige Beweidungsprojekte und nutzen Bisons – ohne Endmast mit Mais oder Getreide – für die kommerzielle Produktion von Fleisch. Vgl. Eagle's Wing Ranch.

Südamerika

Ebenfalls auf ca. 40 Millionen Weidetiere wird die Zahl der Guanakos geschätzt, die als Stammform der Lamas die Pampa Argentinien bei der Ankunft der Spanier im 16. Jahrhundert besiedelten. Das ist heute in der Bevölkerung Argentinien kaum bekannt. Denn die Guanakos wurden aus der fruchtbaren Ebene mehr und mehr nach Westen in die Berge verdrängt oder regional ausgerottet, sodass die Menschen vergaßen, dass sie einstmals riesige Flächen beweideten.

Dass neben der dramatischen Regenwaldrodung der Graslandumbruch dominiert, zeigt die Zusammenstellung von GERMANWATCH (2011) bezüglich der Landnutzungsänderungen in Südamerika (Abbildung 2).

Sojaanbau und Landnutzungsänderungen				
Flächenänderung im Sojaanbau	Regenwald	Savanne mit Bäumen	Grasland, Savanne/Weide	Andere Ackerflächen
Argentinien	17,50 %		48,75 %	33,75 %
Brasilien	20 %	47 %	23 %	10 %
Paraguay	35 %		45 %	20 %
GERMANWATCH 2011				

Abbildung 2: Zusammenstellung der Landnutzungsänderungen

Wer an Südamerika und an Fleisch denkt, stellt sich meist saftige Weiden vor. Für meine Recherchen 2013 und 2014 in Argentinien bin ich über 10.000 Kilometer über Land gefahren worden. Dabei dominierten sowohl die durch Anbau von gentechnisch manipulierter Soja mit Glyphosateinsatz in Monokultur degradierten Ackerböden als in gleichem Ausmaß auch degradiertes Weideland infolge von Über- und Unterbeweidung.

Diese Fotomontage aus Südamerika auf dem Titel einer chilenischen Agrarzeitschrift steht sinnbildlich für die Art von Agrarsystem, für die ich, bevor ich Tierärztin wurde, in meinem Agrarstudium ausgebildet worden war (Abbil-

führt eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung des Bodens zu einer Belastung der Atmosphäre.

Humus besteht zu mehr als 50 Prozent aus Kohlenstoff (C)

Jede zusätzliche Tonne Humus im Boden entzieht der Atmosphäre ca. 1,8 Tonnen CO₂:

$$\begin{array}{r} 0,55 \text{ to C} \\ 1,25 \text{ to O}_2 \\ \hline 1,80 \text{ to CO}_2 \\ \hline \hline \end{array}$$

(Verborgene) Potentiale der Weidetiere

Alle Weidetiere sind Mittler zwischen den unterschiedlichen Lebensräumen. Mit ihren Fäkalien geben sie dem Boden einen Teil dessen zurück, was sie gefressen haben. Ihr potenzieller Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit geht aber weit darüber hinaus, Kot und Urin zu produzieren. Dauergrasland stellt eine Proteinressource mit großer Bedeutung für die Welternährung dar. In der Lebensgemeinschaft von Weidetier und Weidegras liegt zudem das Potenzial zur Bodenbildung.

In meinem Buch „Die Kuh ist kein Klima-Killer“ (IDEL 2014, 5. Auflage) konzentriere ich mich auf die Böden, die so steil, steinig, nass oder trocken sind, dass sie nicht beackert aber beweidet werden sollten. Sei es im Donau-Moos oder in den Rhein-Auen – eine gesunde Grasnarbe ist die Voraussetzung, um Böden bei Überflutungen durch Festhalten zu erhalten. Statt Schäden in Milliardenhöhe zu begleichen, sollten Millionen in langfristige Programme für hochwassergefährdete Gebiete investiert werden: Statt Ackerbau bis nahe an die Flüsse sollte so Beweidung dauerhaft etabliert werden.

Ein weiteres Beispiel für die verborgenen Potenziale grasbasierter Tierzucht und Tierhaltung durch nachhaltige Beweidung liegt in der entscheidenden Rolle, die Grasland aufgrund seiner weltweit gigantischen Ausdehnung für die Regeneration des Grundwassers spielt.

Seit die Rinderzucht auf immer höhere Leistungen zielt, expandiert auch für Hochleistungsrinder der Anbau von Kraftfutter auf immer mehr Ackerland. Damit steigt auch der Einsatz von synthetischem Stickstoffdünger: Seine Herstellung verursacht hohe CO₂-Emissionen, weil dabei viel Energie verbraucht wird; pro Tonne des zur Herstellung von Stickstoffdünger benötigten Ammoniaks (NH₃) gelangen circa fünf Tonnen CO₂ wieder in die Atmosphäre. Bei seiner Anwendung auf dem Acker entsteht Lachgas: N₂O ist mehr als 300 mal so klimarelevant wie CO₂. Das ist wenig bekannt und noch weniger die Folgen: Lachgas bildet den größten Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel. Je mehr gedüngt wird und je weniger Sauerstoff – verdichteter – Boden enthält, desto mehr Lachgas entsteht und entweicht. Entsprechend dem Europäischen Stickstoffassessment (ENA) entweichen pro 100 Tonnen Dünger zwei bis fünf Tonnen Lachgas (SUTTON et al. 2011).

Dass beim Rülpsen Methan entweicht – 25 mal klimarelevant als CO₂ – war hingegen solange kein Problem, wie der jahrtausendelange Kreislauf des Kohlenstoffs (C) zwischen den Lebensräumen funktionierte. Aber eine Rinderhaltung auf Spaltenböden und Beton statt auf der Weide stellt der Belastung der Atmosphäre durch Methan keine Entlastung durch Humusbildung mehr gegenüber. Dabei gerät der

eigentliche Verursacher aus dem Blick: Der Klima-Killer ist immer der Mensch.

Beispielsweise errechnen fast alle Studien zur Bedeutung der Rinder für den Klimawandel gar keine Bilanzen, sondern nur die Freisetzung (Emission) klimarelevanter Gase und nicht deren Speicherung (Sequestrierung). Wenn aber die Systemgrenzen in Forschungsprojekten so gesetzt werden, dass das Potential der Methan rülpsenden Wiederkäuer, durch nachhaltige Beweidung Bodenentwicklung und Bodenfruchtbarkeit zu fördern, nicht berücksichtigt wird, führen die Ergebnisse zwangsläufig zu ihrem schlechten wissenschaftlichen Image als Klimakiller (IDEL und REICHERT 2013).

Literatur

Eagle's Wing Ranch: <http://www.eagleswingnaturalbison.com/pages/why-grassfed>.

FAO - <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QA/E>

FAO/World Bank Cooperative Programme, 2014: FAO / Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture DIRECTIONS IN INVESTMENT. Food and agriculture organization of the united nations rome, 2014. http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/10/27/000470435_20141027113422/Rendered/PDF/918500WPUKRA10E0Box385344B000UO090.pdf

FRANZLUEBBERS, A. und R. FOLLETT, 2005: Greenhouse gas contributions and mitigation potential in agricultural regions of North America – Introduction. In: Soil & Tillage Research 83, pp 1-8, Amsterdam, 1-8.

IDEL, A., 2014: Die Kuh ist kein Klima-Killer. Metropolis, Marburg, 5. Auflage.

IDEL, A. und T. REICHERT, 2013: Livestock production and food security in a context of climate-change and environmental and health challenges. In: Wake up before it is too late. Transforming Agriculture to cope with climate change and assure food security. UNCTAD Trade and Environment Review 2013, Hoffmann, U. (Ed.) Geneva. <http://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=666>.

SUTTI, J., S. REYNOLDS und C. BATELLO (eds.), 2005: Grasslands of the World. FAO, Rom 2005.

SUTTON, M.A., C.M. HOWARD, J.W. ERISMAN, G. BILLEN, A. BLEEKER, P. GRENNFELT, H. Van GRINSVEN und B. GRIZZETTI, (eds.), 2011: The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge.

Verein zur Förderung des „Auerochsen“ (VFA) e.V.: www.aurochsen.de. Weltagrarbericht – IAASTD www.weltagrarbericht.de.

Abbildungen

1. La Grotte Chauvet Pont d'Arc

http://de.wikipedia.org/wiki/Chauvet-H%C3%B6hle#mediaviewer/File:Chauvet%2%B4s_cave_horses.jpg

2. REICHERT, T. und M. REICHARDT, 2013: Saumagen und Regenwald. Klima- und Umweltwirkungen deutscher Agrarrohstoffimporte am Beispiel Sojaschrot: Ansatzpunkte für eine zukunftsfähige Gestaltung, 18.

3. <http://www.mundoagro.cl>

4. KUTSCHERA, L. und E. LICHTENEGGER, 1982: Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band I: Monocotyledoneae.

Treibhausgasemissionen aus Milchproduktionssystemen basierend auf einer Langlebigkeitsstrategie im Vergleich zu herkömmlichen Systemen

Greenhouse gas emissions of dairy production systems based on longevity as compared to conventional systems

Florian Grandl^{1*}, Marisa Furger², Angela Schwarm¹, Simon Peter³ und Michael Kreuzer¹

Zusammenfassung

Mit steigenden Milchleistungen in modernen Milchproduktionssystemen waren und sind ein steigender Einsatz von Kraftfutter und ein Rückgang der Nutzungsdauer der Milchkühe zu beobachten. Verschiedene Überlegungen zur Nahrungskonkurrenz sowie ökonomische und ökologische Gründe führen dazu, über Alternativen zu High-Input-High-Output-Systemen nachzudenken. Im vorliegenden Projekt steht die Analyse einer Langlebigkeitsstrategie mit geringem Kraftfuttereinsatz und moderaten Milchleistungen im Vergleich zu einer Hochleistungsstrategie mit kürzerer Nutzungsdauer hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Kriterien im Zentrum. Zu diesem Zweck wurde ein Experiment durchgeführt, bei dem der Einfluss des Alters auf die Methanbildung von Milchkühen sowie einer Vielzahl weiterer Parameter mit herkömmlicher und kraftfutterfreier Fütterung untersucht wurden. Erste Ergebnisse zeigen, dass die altersabhängige Entwicklung von Methan ausstoß und anderen umweltrelevanten Größen nicht dagegen sprechen, die Nutzungsdauer zu erhöhen. Die Methanemissionen scheinen sogar zurückzugehen. Eine umfassende umweltökonomische Analyse des gesamten Milchproduktionssystems einschließlich aller verwendeten Inputs sowie der Auswirkungen auf die gekoppelte Rindfleischproduktion wird nun mittels Simulationsanalysen durchgeführt.

Schlagwörter: Milchkühe, Nutzungsdauer, Fütterung, Methan, Produktionsstrategie

Summary

With increasing milk yield in modern dairy production systems, a growing use of concentrate and a decreasing length of productive life of dairy cows have been and still are observed. Different considerations such as food competition or economic and ecological reasons draw attention to alternatives of high-input-high-output systems. The present project aims at analysing a production strategy focusing on longevity, reduced concentrate input and moderate milk yield compared to a high yield strategy with short productive life with regard to ecological and economic criteria. To this end, the effect of age on methane emissions and a number of other characteristics of dairy cows fed either a Swiss standard diet or a diet without concentrates were investigated in an extensive experiment. First results show no adverse trends in methane emissions and other relevant traits in older cows which might otherwise argue against increasing the length of productive life. The methane emission even seems to decline with age. Entire milk production systems will now be comprehensively assessed by environmental-economic simulations and by including all inputs used. The implications on beef production as a by-product will be considered as well.

Keywords: Dairy cows, length of productive life, feeding, methane, production strategy

1. Einleitung

Die Milchleistung von Kühen stieg in den letzten Jahrzehnten in modernen Milcherzeugungssystemen stark an und dieser Anstieg erfolgt ungebrochen weiter. Dies ist die Folge von züchterischen Maßnahmen, Verbesserungen in Haltung und Management sowie einer veränderten Fütterung, insbesondere mit Verwendung von Rationen mit stark verbesserter Grundfutterqualität oder hohen Kraftfutteranteilen oder beidem. Kühe mit zunehmender Milchleistung benötigen unter ansonsten gleichen Bedingungen im Verhältnis zur Milchproduktion immer weniger Nährstoffe für den Er-

haltungsbedarf, wodurch sie – zumindest kurzfristig – als effizienter in der Verwertung von Nährstoffen gelten. Diesen Effekt bezeichneten BAUMAN et al. (1985) als „dilution of maintenance“ (Verdünnung des Erhaltungsbedarfs). Daher wird die Erhöhung der Produktivität regelmäßig als einer der vielversprechendsten Ansätze zur Verringerung der Treibhausgasemissionen aus der Milchproduktion angeführt (z. B. CAPPER und BAUMAN 2013; *Abbildung 1*).

Diese Intensivierung war und ist jedoch mit einer abnehmenden Nutzungsdauer der Kühe verbunden, sei es einerseits wegen Euter-, Klauen- oder Fruchtbarkeitsproblemen

¹ ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, CH-8092 Zürich

² LBBZ Plantahof, CH-7302 Landquart

³ ETH Zürich, Institut für Umweltentscheidungen, CH-8092 Zürich

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Florian Grandl, email: florian.grandl@usys.ethz.ch

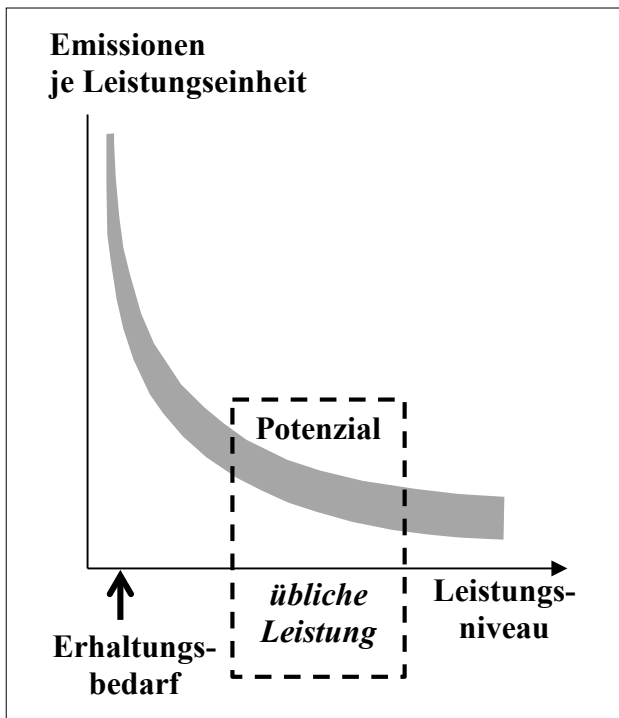


Abbildung 1: Schema der Veränderungen der Emissionen je Leistungseinheit mit steigendem Leistungsniveau unter Konstanthaltung aller weiteren Parameter (ohne Berücksichtigung der Emissionen, die bei der Remontierung entstehen)

oder andererseits auch wegen der Merzung von Kühen, die notwendig ist, um die Herdenleistung zu steigern bzw. das Potential des züchterischen Fortschritts schnellstmöglich zu nutzen. Heute erreichen Kühe in Österreich im Schnitt 3,4 (Holstein) bis 4,0 (Fleckvieh) Abkalbungen, die durchschnittliche Nutzungsdauer bei Schweizer Kühen beträgt rund 3,7 Laktationen (BURREN 2011). In den USA ermittelten HARE et al. (2006) für die Anzahl an Abkalbungen von fünf Milchrasen einen Bereich von 2,6 bis 3,2. Angesichts der Tatsache, dass die Milchleistung in der Regel in den ersten Laktationen ansteigt und anschließend ein Plateau erreicht und dann erst ein Rückgang der Laktationsleistungen zu beobachten ist, geht mit durchschnittlichen Nutzungsdauern von rund drei Laktationen ein großes Potential an hochproduktiver Zeit systematisch verloren. Abgesehen davon, dass mit längerer Nutzungsdauer in den Herden der Anteil von Kühen in höheren und damit profitableren Laktationen ansteigt, reduziert eine längere Nutzungsdauer den Remontierungsaufwand. Die Aufzucht, im engeren Sinne eine unproduktive Periode, dauert mindestens zwei Jahre, was unter gegenwärtigen Bedingungen rund einem Drittel der gesamten Lebenszeit eines Tieres entspricht. Eine kurze Nutzungsdauer verringert somit den Zeitraum, in dem der Aufwand für die Aufzuchtphase „abgeschrieben“ werden kann. Dies gilt für die ökonomischen Kosten (Abbildung 2). Gleichmaßen kann dieses Prinzip aber auch für die „Umweltkosten“ wie beispielsweise die Treibhausgasemissionen aus der Aufzuchtphase angewendet werden.

Eine Fokussierung der Milchproduktionssysteme auf hohe Laktationsleistungen bedingt meist auch eine Erhöhung des Kraftfutteranteils in den Rationen. Abgesehen von der Frage, inwieweit kraftfutterreiche Rationen noch den Anforderungen eines Wiederkäuers entsprechen, stellt

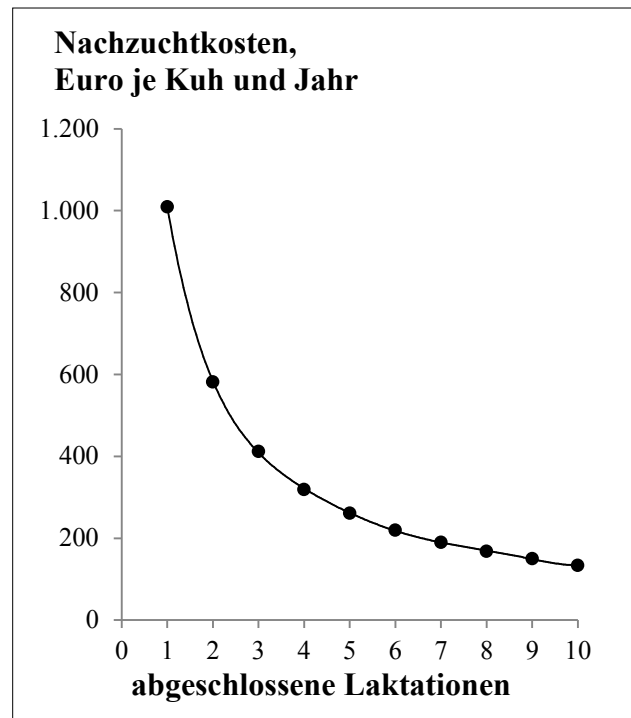


Abbildung 2: Schema der Veränderungen der AufzuchtKosten (Euro pro Kuh und Jahr) mit der Nutzungsdauer (Daten aus HORN et al. 2012)

der Einsatz von großen Mengen an Kraftfutter auch ein Ressourcenproblem dar. Kraftfutter wird meist mit einem großen Aufwand von Ressourcen (Energie, Wasser, Dünger, Ackerland etc.) produziert und steht damit in Konkurrenz zur pflanzlichen Produktion für die menschliche Ernährung, die auf dieselben Ressourcen angewiesen ist (OLTJEN und BECKETT 1996).

Eine Alternative zu einer High-Input-High-Output-Strategie könnte darin bestehen, mit einer Low-Input-Moderate-Output-Strategie eine effiziente Milchproduktion mit langlebigen Kühen bei begrenztem Kraftfuttereinsatz anzustreben. Dabei sollen Einsparungen durch weniger Nachzucht und reduziertem Einsatz von zugekauftem Futter niedrigere Einzeltierleistungen kompensieren. Aus Umweltsichtspunkten müssen jedoch gewisse Schwierigkeiten berücksichtigt werden. Eine hohe Raufutteraufnahme und geringe Kraftfutteranteile in der Ration steigern nämlich die Methanbildung im Tier, während gleichzeitig auch weniger Milch produziert wird. Außerdem kann eine solche Strategie nur erfolgreich sein, wenn die Effizienz der Kühe in höheren Laktationen nicht stark zurückgeht beziehungsweise die Emissionen je Einheit Futter oder Milch nicht stark ansteigen. Es ist bekannt, dass es eine tierindividuelle Variation in der Methanbildung je kg Futter gibt. PINARES-PATINO et al. (2007) konnte solche Unterschiede zum Teil auf eine unterschiedliche Physiologie der Verdauung zurückführen. Gleichzeitig gibt es auch Hinweise, dass sich solche Parameter zumindest zwischen erst- und höherlaktierenden Tieren unterscheiden (MAEKAWA et al. 2002). ZEITZ et al. (2012) fanden in einer Übersichtsarbeit zu den Emissionen aus der schweizerischen Rinderhaltung einen Anstieg der Methanemissionen mit zunehmenden Alter bei Maststieren und die Werte bei den ausgewachsenen Milchkühen lagen noch höher (Abbildung 3). Innerhalb der Kühe wurde aber

nicht nach Alter unterschieden. In *Abbildung 3* sind zusätzlich die vom IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) veröffentlichten Standardwerte für Methanemissionen von Rationen mit < 90 % Kraftfutter (Standardwert 6,5) und ≥ 90 % (Standardwert 3,0) dargestellt. Untersuchungen, die speziell die physiologischen Parameter von alten Kühen erheben, fehlen bisher.

Im Projekt „Treibhausgasemissionen aus Milchproduktionssystemen basierend auf einer Langlebigekeitsstrategie im Vergleich zu herkömmlichen Systemen“ erfolgt eine Analyse der Langlebigekeitsstrategie im Vergleich mit der High-Input-High-Output-Strategie mit kürzerer Nutzungsdauer. Zunächst wird in einem Exaktversuch geklärt, wie sich die Methanbildung und andere Verdauungs- und Produktionsparameter mit zunehmendem Alter und bei unterschiedlichen Fütterungsstrategien beim Milchvieh verhalten. Für eine umfassende Betrachtung muss weiter mit einbezogen werden, wie sich die „grauen“ Emissionen (z. B. Treibhausgase, die bei der Herstellung von Kraftfutter oder dem Einsatz von Dünger freigesetzt werden) zwischen den beiden Strategien unterscheiden. Daher werden die Strategien hinsichtlich des Treibhausgaspotenzials des gesamten Milchproduktionssystems analysiert.

2. Milchviehexperiment auf dem Plantahof und am Agrovet-Strickhof

2.1 Versuchsbeschreibung

Im Jahr 2003 wurde die bestehende Braunviehherde des Plantahofs in Landquart (Graubünden, CH) in sogenannte Raufutter- und Leistungsherden aufgeteilt (BRANDENBURGER et al. 2008). Seither erhalten alle Kühe zwar das gleiche Grundfutter, jedoch wird nur bei der Leistungsherde die Ration mit Kraftfutter ergänzt. Somit bot dieser Betrieb ideale Voraussetzungen für ein kontrolliertes Experiment, in dem Alterseffekte zugleich für zwei genau definierte Produktionsstrategien separat untersucht werden konnten.

Tabelle 1: Beschreibung der für den Versuch ausgewählten laktierenden Kühe

Merkmal		Herdenzugehörigkeit	
		Raufutterherde	Leistungsherde
Altersspanne	Tage	1.076 – 3.629	865 – 3.638
Laktationszahl		1 – 7	1 – 7
Tage nach Abkalbung	Tage	111 \pm 68	127 \pm 57
Körpergewicht	kg	667 \pm 51	710 \pm 53
Milchleistung ¹	kg/Tag	26,0 \pm 4,5	29,0 \pm 3,6
Fettgehalt	%	3,63 \pm 0,09	3,61 \pm 0,07
Eiweißgehalt	%	3,09 \pm 0,07	3,44 \pm 0,06

¹energiekorrigierte Milch

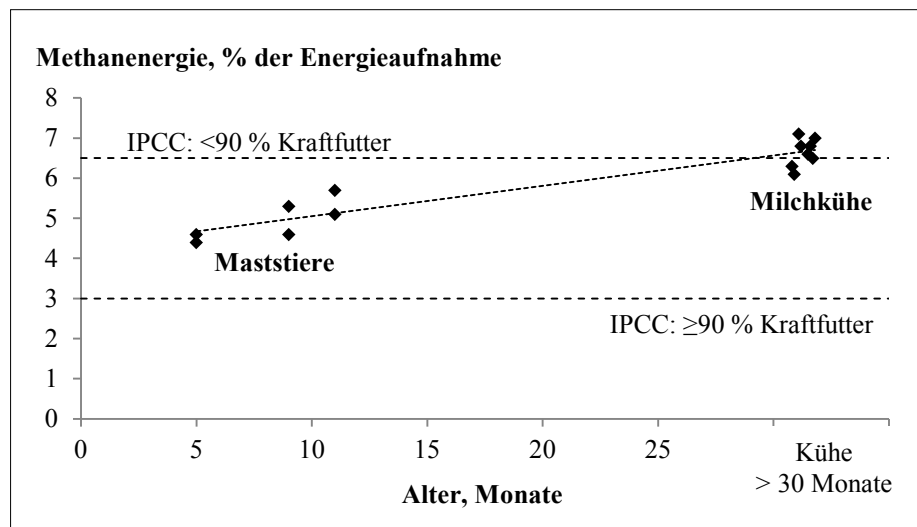


Abbildung 3: Anstieg der Methanemissionen mit dem Alter am Beispiel von Maststieren und ausgewachsenen Milchkühen bei grundfutterbasierten Rationen (Daten aus ZEITZ et al. 2012)

Insgesamt wurden 30 laktierende Kühe mit einer möglichst breiten Altersspanne (*Tabelle 1*) sowie 12 Nachzuchtrinder (7 aus der Raufutter- und 5 aus der Leistungsherde) im Alter von ca. einem halben Jahr bis zwei Jahre untersucht. Weitere Charakteristika der eingesetzten Milchkühe finden sich in *Tabelle 1*.

Das Messprogramm fand dabei an zwei verschiedenen Orten statt. Zunächst wurden die Tiere paarweise vom Plantahof zum Provisorium Agrovet-Strickhof in Eschikon (Zürich, CH) transportiert und dort für drei Tage in Respirationsskammern gehalten, die nach dem offenen Prinzip arbeiten (*Abbildung 4*). Mit diesen Kammern, die von frischer Luft durchströmt werden, ist es möglich, die Methanausscheidung der einzelnen Tiere direkt zu messen. Das übliche Futter der Tiere wurde zusammen mit den Tieren vom Plantahof zum Agrovet-Strickhof gebracht und alle täglichen Routinen wurden möglichst beibehalten.

Nach diesen drei Tagen wurden die Tiere zurück in den Milchvieh-Anbindestall am Plantahof geführt, wo sie für weitere acht Tage im Versuch waren. In dieser Zeit wurden die Dauer und die Anzahl an Kauschlägen der Fress- und Wiederkauaktivität mit Hilfe von in Halfter eingebauten Drucksensoren (BRAUN et al. 2013; *Abbildung 5 links*) aufgezeichnet. Weiters wurde den Tieren ein Urinal angeschallt, mit dem der gesamte produzierte Harn in einen Kanister abgeführt wurde (*Abbildung 5 rechts*). Der gesamte Kot wurde in Wannen aufgefangen. Auch die Tröge im Anbindestall wurden so modifiziert, dass keine Kuh vom Futter der Nachbarkuh fressen konnte (*Abbildung 5 links*). Zu Beginn der Versuchsdurchgänge wurden den Tieren einmalig unverdauliche Marker verabreicht, deren Wiederfindung im Kot zu bestimmten Zeiten nach der Aufnahme erfasst wurde. Schließlich erhielt die Hälfte der Tiere einen Sensor in den Pansen, der per Funk den aktuellen pH-Wert im Pansensaft nach außen weitergab. All diese Vorrichtungen erlaubten es, die folgenden Variablen am Tier zu messen, die helfen sollten, mögliche Altersunterschiede aufzuzeigen und mögliche Effekte auf die Methanemissionen zu erklären: Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung und -zusammensetzung, Wiederkauaktivität und Kautätigkeit, pH-Wert



Foto: Katrin Bühler



Foto: Florian Grandl

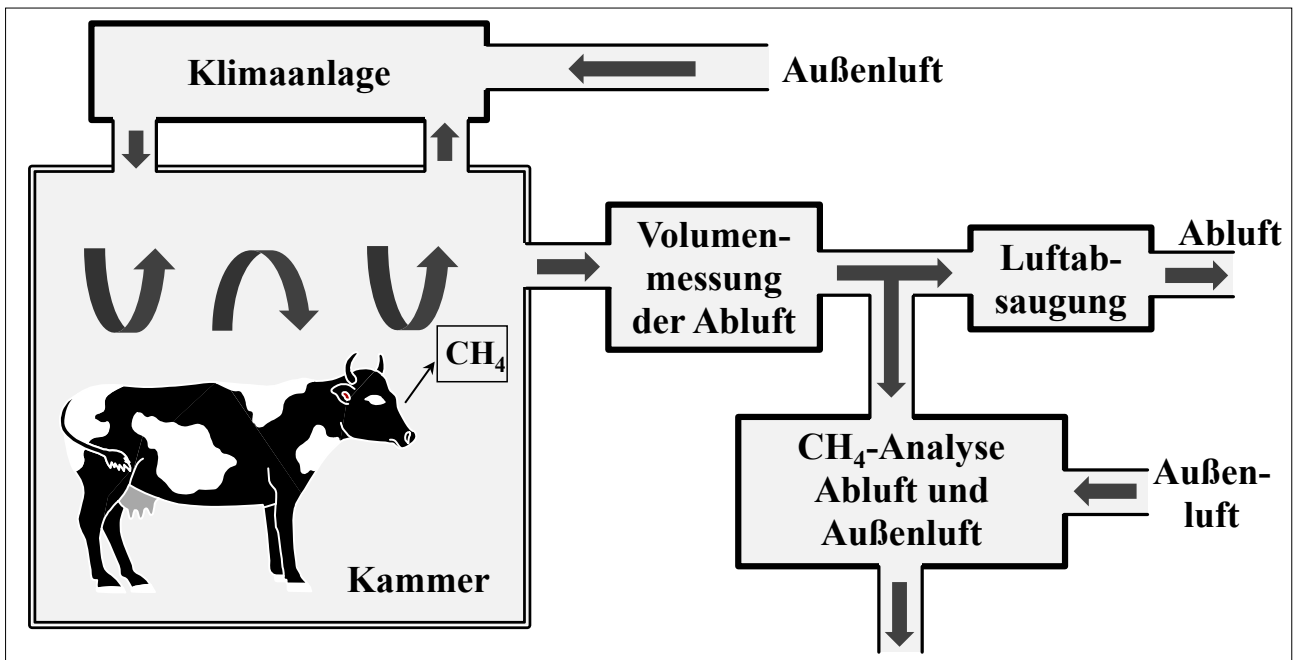


Abbildung 4: Ansicht Respirationskammern am Provisorium Agrovet-Strickhof (oben) und Funktionsschema von Respirationskammern mit offenem Prinzip (unten)



Foto: Florian Grandl



Foto: Florian Grandl

Abbildung 5: Kühe am Plantahof, ausgestattet mit Kausensoren (links) und mit Urinalen (rechts)

im Pansensaft, Verdaulichkeit des Futters, Passagezeit des Futters durch den Verdauungstrakt sowie Stickstoff- und Energieverwertung.

Während des Versuchs wurden den Kühen die in *Tabelle 2* beschriebenen täglichen Mengen (kg Frischmasse) an

einzelnen Futtermitteln vorgelegt. Dies entsprach in etwa auch der Aufnahme, wobei jedoch vom Heu etwas weniger verzehrt wurde als angeboten worden war. Die Jungtiere wurden für den Versuch nur mit Heu (plus Mineralergänzung) gefüttert.

Tabelle 2: Futtervorlage in kg Frischmasse pro Tag

Futterart	Herdenzugehörigkeit	
	Raufutterherde	Leistungsherde
Heu	13,0	12,0
Maissilage	22,0	27,0
Grascobs	5,0	3,0
Milchleistungsfutter	-	3,0
Eiweißkonzentrat	-	2,0
Mineralfutter und Salz	0,15	0,15

Die statistische Auswertung erfolgte primär mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse. Dazu wurden Mittelwerte je Tier gebildet. Die Zielvariablen wurden den Eingangsvariablen Alter und Herdenzugehörigkeit gegenübergestellt; Körpergewicht und Milchleistung wurden als Kovariablen berücksichtigt. Die Variablen wurden zudem in linearer sowie quadratisch und logarithmisch transformierter Form getestet, um nicht-lineare Verlaufskurven beschreiben zu können.

2.2 Erste Resultate

Die auf Lebendmasse und Milchleistung korrigierte Futteraufnahme erstlaktierender Kühe war erwartungsgemäß geringer im Vergleich zu Kühen mit mehreren Laktationen. Ab der zweiten Laktation waren keine deutlichen Änderungen der Futteraufnahme mit zunehmendem Alter mehr erkennbar, was auch auf die im Versuch gemessene Milchleistung zutrifft. Bei der Fress- und Wiederkauzeit pro Tag und beim pH-Wert im Pansen war kein Einfluss des Alters erkennbar. Dagegen wies die Fress- und Wiederkauzeit je kg verzehrte Faser aus dem Futter ein Minimum in der dritten/vierten Laktation auf. Ob dies an einer verbesserten Kaeffizienz älterer Tiere liegt, ist nicht eindeutig zu beantworten. Die Vermutung liegt nahe, insbesondere weil die Jungtiere sogar besonders viel Zeit für das Fressen und Wiederkauen verwendeten. Möglicherweise ist aber auch die Zeit festgelegt, welche die Kühe für Fressen und Wiederkauen aufwenden, selbst wenn eine unterschiedliche Futtermenge zu bewältigen ist. Die Verweilzeit des Futters im Verdauungstrakt zeigte einen Anstieg mit dem Alter. Dementsprechend war die Füllung des Verdauungstraktes mit dem Alter größer und die Verdaulichkeit der organischen Masse stieg an. Trotz all dieser Veränderungen zeigten die Methanemissionen je kg Futtertrockenmasse-Aufnahme und je kg Milch nach einem anfänglichen Anstieg bis etwa zur dritten Laktation eine kontinuierliche Abnahme bis zu den ältesten Kühen.

Die meisten Alterseffekte waren gleichermaßen in der Raufutterherde und in der Leistungsherde zu finden. Zwischen den Herden bestand bei der Futteraufnahme trotz gewisser Milchleistungsunterschiede (Tabelle 1) kein bedeutender Unterschied (Raufutterherde 21 kg und Leistungsherde 22 kg Trockenmasse pro Tag). Die Tiere der Raufutterherde nahmen aber aufgrund des Kraftfuttermittels mehr Faser auf, wodurch die Verdaulichkeit der organischen Masse leicht niedriger war. Dieser Unterschied in der Verdaulichkeit (Raufutterherde 67,9 %, Leistungsherde 69,3 %) fiel aber vergleichsweise moderat aus, möglicherweise weil das Kraftfutter zumindest teilweise durch Grascobs mit hoher Verdaulichkeit ersetzt wurde. Die Faserverdaulichkeit hingegen war bei der Raufutterherde tendenziell höher. Die

Verweildauer des Futters im Verdauungstrakt war in beiden Herden gleich. Die Kühe der Raufutterherde bildeten absolut mehr Methan. Je kg Futter-Trockensubstanz, Milch und verdaulicher organischer Masse betrug die Differenz in der Methanbildung zur Leistungsherde 15 bis 18 %. Dies war wegen der entsprechend höheren Aufnahme an Faser, dem Nährstoff mit dem höchsten Methanbildungspotenzial, zu erwarten. Entsprechend ergab sich bezogen auf die verdauliche Faser kein Unterschied im Methan.

Die Erklärung für die Abnahme der Methanemission der Kühe mit zunehmendem Alter muss erst noch genauer analysiert werden. Die altersbedingten Veränderungen in den erklärenden Variablen, die dazu gemessen wurden, hätten eher das Gegenteil erwarten lassen. So gäbe es z. B. mit längerer Verweildauer des Futters im Pansen auch mehr Zeit, Methan zu bilden. Allerdings war ein leichter Rückgang der Faserverdaulichkeit bei den ältesten Kühen zu beobachten.

3. Konsequenzen für die Treibhausgasbilanz der Milchproduktionssysteme

ZEHETMEIER et al. (2014) unterstreichen die große Bedeutung von Milchleistung und Remontierungsrate als entscheidende Indikatoren für Unterschiede in den Treibhausgasemissionen. Diese Erkenntnis stammt aus der Analyse von 53 Milchviehbetrieben in West- und Süddeutschland. Auch wenn die Erklärungen für die im Versuch beobachteten Änderungen der Methanemissionen mit dem Alter noch nicht vollständig sind, lässt sich als generelle Erkenntnis aus dem Versuch feststellen, dass die Methanemissionen kein Hindernis für eine ökologisch nachhaltige Langlebigekeitsstrategie sind. Weitere Auswertungen werden zeigen, ob beziehungsweise wo ein Optimum der Nutzungsdauer hinsichtlich der Gesamtemissionen aus der Milchproduktion existiert. Da sich Langlebigekeits- und die High-Input-High-Output-Strategie auch im Rationstyp unterscheiden, ist der Vergleich von Raufutter- und Leistungsherde hier ebenfalls von großem Interesse. Es hat sich gezeigt, dass etwas Kraftfutter zwar das Methan leicht senkt (stärker bei Bezug auf die erzeugte Milch), die Emissionen, die im Zuge der Bereitstellung des Kraftfutters entstehen, könnten das aber aufwiegen. Tatsächlich zeigten erste Berechnungen (MENGELT 2014) ein vergleichbares Gesamttreibhausgaspotenzial pro kg aktuell produzierter Milch von Raufutter- und Leistungsherde.

Neben den Emissionen, welche die Milchkühe selbst produzieren, sowie diejenigen, die im Zuge von Her- und Bereitstellungen der Inputs für die Milchproduktion anfallen, ist für eine umfassende Systembewertung auch die enge Verknüpfung mit der Rindfleischproduktion zu beachten (ZEHETMEIER et al. 2012). Kälber, die nicht zur Nachzucht verwendet werden und in verschiedensten Formen der Großviehmast verwendet werden, spielen in vielen Ländern eine wesentliche Rolle in der Rindfleischversorgung. Daneben spielt insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Nutzungsdauer auch der Anfall an Altkühen eine Rolle für die Rindfleischversorgung. Somit wird die Berücksichtigung von Angebot und Nachfrage im Rindfleischsektor für die künftige Entwicklung von Strategien für die Milchproduktion ebenfalls mitentscheidend sein.

4. Danksagung

Angehörige des Plantahofs (Landquart): Andrea Accola, Dino Balestra, Carl Brandenburger, Kaspar Freuler, Josef Jenewein, Peter Kuchler; Angehörige des Strickhofs (Eschikon): Mirjam Hunziker, Hanspeter Renfer, Sabine Rinderknecht, Ueli Voegeli; Angehörige des Provisoriums Agrovet-Strickhof: Sergej Amelchanka, Carla Soliva, Rudolf Stoz; Angehörige der ETH Zürich: Florian Leiber, Simon Peter Luzi, Regula Mengelt, Johanna Zeitz; Tiertransporteur: Armin Mark.

Das Projekt wird durch das Mercator-Forschungsprogramm des World Food System Center der ETH Zürich gefördert.

5. Literatur

- BAUMAN, D.E., S.N. McCUTCHEON, W.D. STEINHOOR, P.J. EPPARD und S.J. SECHEN, 1985: Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cow: a review. *J. Anim. Sci.* 60, 583-592.
- BRANDENBURGER, C., E. VON AH und A. LATSCHA, 2008: Herdentrennung am LBBZ Plantahof Erfahrungen und Resultate aus dem Praxisversuch von 2003 bis 2007. In: *Praxis trifft Forschung: Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2008, Landbauforschung, Sonderheft 320*. Braunschweig, VTI, 119-130.
- BRAUN, U., L. TRÖSCH, F. NYDEGGER und M. HÄSSIG, 2013: Evaluation of eating and rumination behaviour in cows using a noseband pressure sensor. *BMC Vet. Res.* 9, 164.
- BURREN, A., 2011: Das Maximum oder das Optimum Anstreben. *Die Grüne* 21, 28-30.
- CAPPER, J.L. und D.E. BAUMAN, 2013: The role of productivity in improving the environmental sustainability of ruminant production systems. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 1, 469-489.
- HARE, E., H.D. NORMAN und J.R. WRIGHT, 2006: Survival rates and productive herd life of dairy cattle in the United States. *J. Dairy Sci.* 89, 3713-3720.
- HORN, M., W. KNAUS, L. KIRNER und A. STEINWIDDER, 2012: Economic evaluation of longevity in organic dairy cows. *Org. Agr.* 2, 127-143.
- MAEKAWA, M., K.A. BEAUCHEMIN und D.A. CHRISTENSEN, 2002: Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 1176-1182.
- MENGELT, R., 2014: Futtererzeugung und tierische Emissionen als Bestimmungsgrößen der Treibhausgasbilanz der Milchproduktion – Einfluss der Fütterungsstrategie. Bachelorarbeit, ETH Zürich, 32 S.
- OLTJEN, J.W. und J.L. BECKETT, 1996: Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *J. Anim. Sci.* 74, 1406-1409.
- PINARES-PATINO, C.S., G.C. WAGHORN, A. MACHMÜLLER, B. VLAMING, G. MOLANO, A. CAVANAGH und H. CLARK, 2007: Methane emissions and digestive physiology of non-lactating dairy cows fed pasture forage. *Can. J. Anim. Sci.* 87, 601-613.
- ZEHETMEIER, M., J. BAUDRACCO, H. HOFFMANN und A. HEISENHUBER, 2012: Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6, 154-166.
- ZEHETMEIER, M., H. HOFFMANN, J. SAUER, G. HOFMANN, G. DORFNER und D. O'BRIEN, 2014: A dominance analysis of greenhouse gas emissions, beef output and land use of German dairy farms. *Agric. Syst.* 129, 55-67.
- ZEITZ, J.O., C.R. SOLIVA und M. KREUZER, 2012: Swiss diet types for cattle: how accurately are they reflected by the Intergovernmental Panel on Climate Change default values? *J. Integrat. Environm. Sci.* 9, 199-216.

Bericht

42. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2015

Herausgeber:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein

Druck, Verlag und © 2015

ISBN-13: 978-902849-18-2

ISSN: 1818-7722