Universität für Bodenkultur Wien

Department für Nachhaltige Agrarsysteme

Institut für Nutztierwissenschaften

Leiter: Univ. Prof. Dr. C. Winckler

Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft

Raumberg-Gumpenstein

Institut für Nutztierforschung

Leiter: Univ.-Doz. Dr. L. Gruber

Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern

Masterarbeit

eingereicht von Maria Ledinek

Betreuer:

Univ.-Doz. Dr. L. Gruber

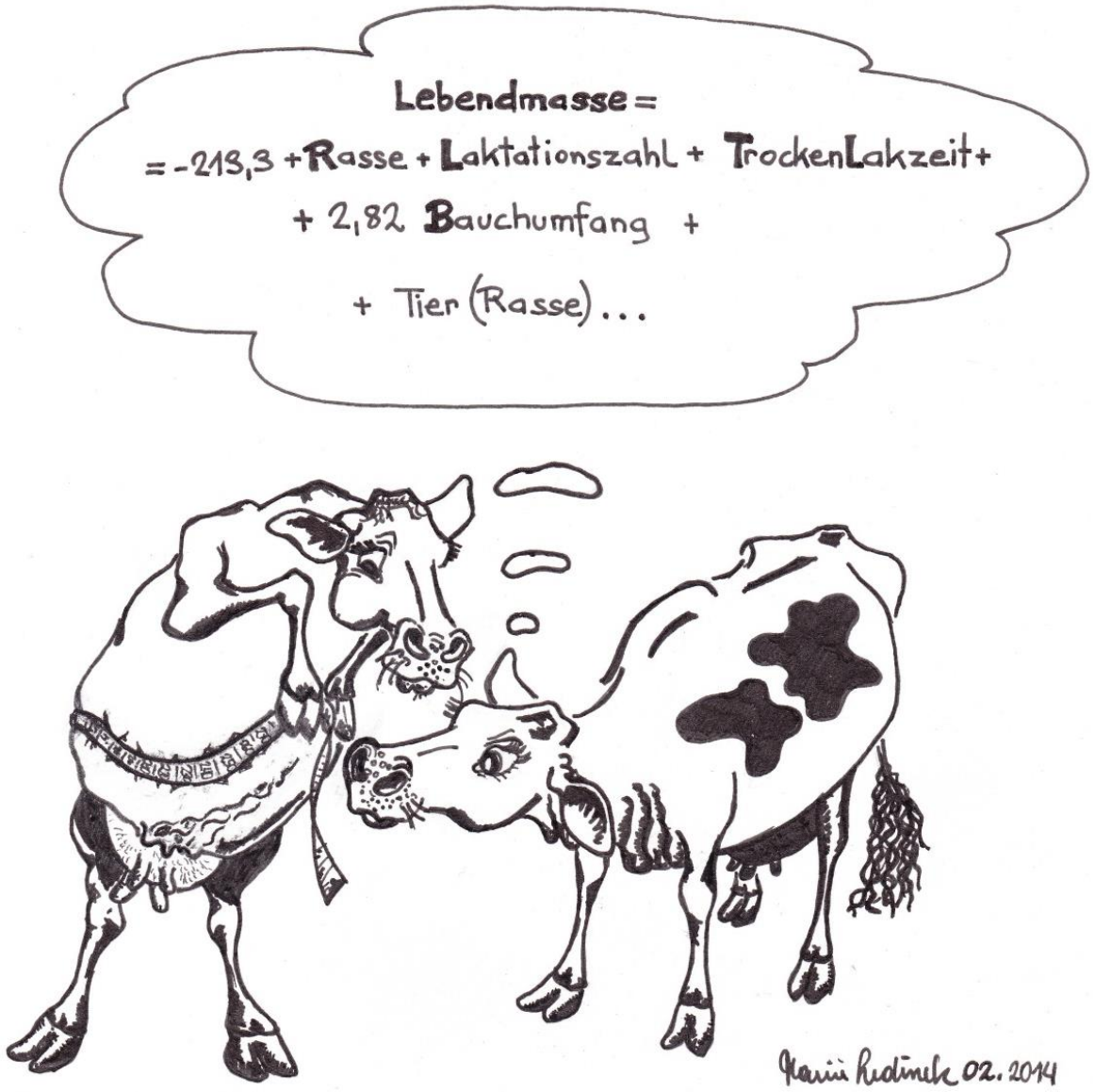
Priv.-Doz. Dr. B. Fürst-Waltl

Wien, im März 2014

Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei allen, die mir mit Rat und Tat – in fachlicher und menschlicher Hinsicht – geholfen haben, und bei allen, die jene Basis geschaffen haben, auf die ich aufbauen durfte.

Als Dankeschön widme ich allen diese Zeichnung!



Sag mir deinen ***Bauchumfang***,

und ich sag dir, wie ***schwer*** du bist!

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Literaturübersicht 3

2.1 Übersicht über die Futteraufnahme 3

2.2 Übersicht über die Milchleistung 4

2.3 Übersicht über die Energiebilanz 5

2.4 Energie- und Nährstoffverteilung im Stoffwechsel 7

2.5 Übersicht über Lebendmasse und Körpermaße 10

2.6 Übersicht über den BCS 12

2.7 Übersicht über die Rückenfettdicke 14

3 Material und Methoden 15

3.1 Versuchsdesign und Versuchsdurchführung 15

3.1.1 Tiere 15

3.1.2 Haltung und Fütterung 16

3.1.2.1 Haltung 16

3.1.2.2 Rationsberechnung und Zusammensetzung 16

3.1.3 Datenerhebung 18

3.1.3.1 Feststellung der Futteraufnahme und Futtermittelanalyse 18

3.1.3.2 Messung der Milchleistungsdaten und der Milchinhaltsstoffe 18

3.1.3.3 Messung der Lebendmasse und der Körpermaße 18

3.2 Datenaufbereitung und statistische Auswertung 20

3.2.1 Datenaufbereitung 20

3.2.2 Berechnung von Parametern 20

3.2.3 Beschreibung der Datenbasis 20

3.2.3.1 Datenverteilung und Klasseneinteilung 20

3.2.3.2 Beschreibung tier- und futterbedingter Parameter 21

3.2.4 Statistische Modelle 27

3.2.4.1 Auswertung Teil 1 – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Zeit 27

3.2.4.2 Auswertung Teil 2 – Schätzung der Lebendmasse 28

4 Ergebnisse und Diskussion 29

4.1 Teil 1 – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Zeit 29

4.1.1 Futteraufnahme 29

4.1.2 Nährstoffaufnahme 33

4.1.3 Nährstoffkonzentration und Kraftfutteranteil 36
4.1.3.1 Nährstoffkonzentration im Grundfutter 37
4.1.3.2 Kraftfutteranteil an der Gesamtration 38
4.1.3.3 Nährstoffkonzentration der Gesamtration 40
4.1.4 Milchleistung 42
4.1.5 Energieversorgung 47
4.1.6 Proteinversorgung 54
4.1.7 Lebendmasse und Körpermaße 56
4.1.7.1 Lebendmasse und BCS 57
4.1.7.2 Körpermaße 60
4.1.7.3 Rückenfettdicke und BCS 64
4.2 Teil 2 – Schätzung der Lebendmasse 70
4.2.1 Beziehung von Lebendmasse und Körpermaßen 70
4.2.2 Schätzformeln mit einem Körpermaß 71
4.2.2.1 Einfluss der Parameter auf die Schätzgenauigkeit von Modellen mit einem Körpermaß 72
4.2.2.2 Verhalten der Modellparameter in Modellen mit einem Körpermaß 73
4.2.3 Schätzformeln mit mehreren Körpermaßen 81
4.2.3.1 Einfluss der Parameter auf die Schätzgenauigkeit von Modellen mit drei Körpermaßen 81
4.2.3.2 Verhalten der Modellparameter in Modellen mit drei Körpermaßen 81
4.2.3.3 Vergleich Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ und Modell $_{BA\ BU\ BT}$ 84
5 Schlussfolgerungen 86
6 Zusammenfassung 88
7 Abstract 90
8 Literaturverzeichnis 92
Anhang 98

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: 305-Tage-Leistung der Kontrollkühe für die Rassen Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein-Friesian und Red Holstein-Friesian in Österreich, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen 2012 (ZAR 2013, LKV BW 2013, LKV BAYERN s.a., LKV NRW s.a.)... 5

Tabelle 2: Veränderungen im Stoffwechsel einer Milchkuh bei beginnender Laktation (STANGASSINGER 2003, verändert nach LEDINEK) 8

Tabelle 3: Rationszusammensetzung für Versuch 2 vom -14. Tag a.p. bis zum 121. Tag p.p. 17

Tabelle 4: Erhobene Körpermaße und deren Definition nach UTZ (1998) 19

Tabelle 5: Datengrundlage für die Auswertung geordnet nach fixen Effekten und Laktationsstadium 24

Tabelle 6: Charakterisierung von futterbedingten Parametern getrennt nach Laktation und Trockenstehzeit 25

Tabelle 7: Charakterisierung der Parameter von Milchleistung, Nährstoffversorgung und Körpermaßen getrennt nach Laktation und Trockenstehzeit 26

Tabelle 8: Futterbedingte Parameter für Rasse, Laktationszahl und Versuch (gleicher Buchstabe bedeutet nicht signifikant verschieden) 66

Tabelle 9: Futterbedingte Parameter für den fixen Effekt Zeit 67

Tabelle 10: Parameter der Milchleistung, Nährstoffversorgung und Körpermaße für Rasse, Laktationszahl, Versuch (gleicher Buchstabe bedeutet nicht signifikant verschieden) ... 68

Tabelle 11: Parameter der Milchleistung, Nährstoffversorgung und Körpermaße für den fixen Effekt Zeit 69

Tabelle 12: Pearson Korrelationen von Lebendmasse, Körpermaße, BCS und RFD für die Trockenstehzeit (unter der Diagonale) und Laktation (ober der Diagonale) 71

Tabelle 13: Intercept, Effekte (Rasse, Laktationszahl) und Kurvenmodelle (Effekt Zeit, Regressionskoeffizienten der Körpermaße) der Lebendmasseschätzformeln 85

Tabelle 14: Ergebnisse für Gesamtfutteraufnahme, Energiebilanz, Kraftfutteranteil und NDF-Gehalt der Gesamtration (Wechselwirkung Rasse × Zeit) 99

Tabelle 15: Ergebnisse für Milchmenge, Lebendmasse, Bauchumfang und BCS (Wechselwirkung Rasse × Zeit) 100

Tabelle 16: Ergebnisse der Lebendmasseschätzmodelle für Rasse, Laktationszahl und Zeit und Regressionskoeffizienten der Körpermaße 101

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Messpunkte der Körpermaße und wichtige Körpermerkmale beim Rind 19

Abbildung 2: Verlauf von Gesamtfutteraufnahme, Energiebilanz, Kraftfutter- und NDF-Anteil der Gesamtration (Trockenstehzeit, Laktation, Rasse × Zeit)..... 52

Abbildung 3: Verlauf von Milchmenge, Lebendmasse, Bauchumfang und BCS (Trockenstehzeit, Laktation, Rasse × Zeit) 53

Abbildung 4: Gegenseitige Beeinflussung der Regressionskoeffizienten von Brustumfang, Bauchumfang, BCS und Brusttiefe in ausgewählten, getesteten Modellen (Laktation) .. 78

Abbildung 5: Regressionskoeffizienten der Einzelmodellen (fixe Effekte Rasse, Laktationszahl, Zeit; zufälliger Effekt Tier) in der Trockenstehzeit und der Laktation 79

Abbildung 6: Regressionskoeffizienten im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ und Modell $_{BA\ BU\ BT}$ in der Trockenstehzeit und der Laktation 80

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	ante partum
AIC	Akaike-Informationskriterium
B_NEL	Energiebilanz (MJ NEL)
B_nXP	nXP-Bilanz
BA	Bauchumfang
BCS	Body Condition Score
BS	Brown Swiss
BT	Brusttiefe
BU	Brustumfang
b_{y-x}	Regressionskoeffizient von y auf x
CH	Schweiz
EB	Energiebilanz
ECM	energiekorrigierte Milch
EKF	Energiekraftfutter
ELOS	enzymlösliche organische Substanz
FV	Fleckvieh
FV100 , Rasse 1	Fleckvieh mit ≤ 7,5 % Fremdgenanteil
GES	Gesamt-(futter)
GF	Grundfutter
GH	Wachstumshormon, Growth Hormon
GnRH	Gonadotropin-Releasing-Hormon
HF	Holstein-Friesian
HF_BS25, Rasse 4	Holstein-Friesian mit 25 % Brown Swiss
HF_BS50, Rasse 3	Holstein-Friesian mit 50 % Brown Swiss
HF_FV12.5, Rasse 2	Holstein-Friesian mit 12,5 % Fleckvieh
HF100, Rasse 5	Holstein-Friesian mit ≤ 12,5 % Fremdgenanteil
I_NEL	intake, Energieaufnahme in MJ NEL
I_nXP	intake, Aufnahme an nutzbarem Rohprotein
IGF-I	Insulin like Growth Factor
KB	Körperbreite
KF	Kraftfutter
KH	Kreuzhöhe
KL	Körperlänge
KM	Körpermaße
L	Laktationszahl
LH	luteinisierendes Hormon
LM	Lebendmasse

LM^x	metabolische Lebendmasse
ME	umsetzbare Energie
MHL	Mittelhandlänge
MJ	Megajoule
N	Stickstoff
NDF	neutral detergent fiber, Neutral-Detergenzien-Faser
NEFA	unveresterte, freie Fettsäuren
NEL	Netto-Energie-Laktation
NFC	non fiber carbohydrate, Nichtfaser-Kohlenhydrate
nXP	nutzbares Rohprotein am Duodenum
NZ	Neuseeland
p.p.	post partum
PKF	Proteinkraftfutter
R	fixer Effekt Rasse
r	Korrelationskoeffizient
R_NEL	requirement, Energiebedarf in MJ NEL
R_nXP	requirement, Bedarf an nXP
R×Z	Wechselwirkung von Rasse und Zeit
R^2	Bestimmtheitsmaß
RFD	Rückenfettdicke
RH	Red Holstein-Friesian
RMSE	root mean sqare error
RNB	ruminale Stickstoffbilanz
sqrt	Quadratwurzel aus
T4	Thyroxin
TM	Trockenmasse
TMR	Totalmischration
UDP	im Pansen unabbaubares Protein
V	fixer Effekt Versuch
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein
Z	fixer Effekt Zeit

1 Einleitung

Die Zucht von Milchkühen mit hohen Milchleistungen bewirkte u. a. eine verkürzte Nutzungsdauer sowie schwerere und größere Tiere mit einem höheren Erhaltungsbedarf (KROGMEIER 2009).

Der Erhaltungsbedarf der Kühe steigt linear mit der metabolischen Lebendmasse (GfE 2001). Dadurch ist eine deutlich höhere Milchleistung schwerer Kühe nötig, um den Erhaltungsbedarf auf mehr kg Milch zu verteilen und dieselbe Futterkonvertierungseffizienz (kg ECM pro kg TM Futteraufnahme) leichterer Kühe zu erhalten (THOMET et al. 2002). Eine Kuh mit 850 kg Lebendmasse (LM) müsste 8100 kg Milch pro Jahr geben, um die Konvertierungseffizienz einer 550 kg schweren Kuh mit 5900 kg Milch zu erreichen (STEINWIDDER 2009). GRUBER (2013) hat auf Basis der Nährstoffbedarfsempfehlungen 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. Nach GRUBER et al. (2004) steigt die Gesamtfutteraufnahme pro zusätzliche 100 kg LM um durchschnittlich 1,3 kg Trockenmasse (TM) pro Tag und pro kg Milchleistung um 0,22 kg. Die Deckung des zusätzlichen Nährstoffbedarfes dieser Futteraufnahmesteigerung benötigt jedoch eine höhere Energiekonzentration in der Ration. Auf dieser Basis berechnet (STEINWIDDER 2009) einen Kraftfutteranteil von 18 % für eine Kuh mit 550 kg Lebendmasse, jedoch einen Anteil von 27 % für eine Kuh mit 850 kg LM. Dies entspricht einer Energiekonzentration von 6,35 MJ NEL statt 6,14 MJ NEL/kg TM im Durchschnitt des Jahres. Ohne diese Steigerung der Energiekonzentration sinkt die Futterkonvertierungseffizienz bei schweren Tieren, oder die Milchleistung basiert vermehrt auf Mobilisation von Körperreserven. THOMET et al. (2002) und STEINWIDDER (2009) kommen daher zum Schluss, dass für eine zukünftig effizientere Ressourcennutzung in die Milchrinderzucht die Einbeziehung der Lebendmasse nötig ist. Das Merkmal Milchleistung pro Tier und Jahr hängt zu stark von der Lebendmasse ab und eignet sich nicht zur Bewertung der Effizienz für die Futterumwandlung in Milch. Deshalb schlagen THOMET et al. (2002) als Effizienzmerkmal die Menge an energiekorregierter Milch bezogen auf die TM-Aufnahme (kg ECM/kg TM) vor. Er bezieht zusätzlich Nutzungsdauer, benötigte Anbaufläche und Aufzuchtperiode mit ein. Das Einbeziehen der Lebendmasse setzt deren Messbarkeit voraus. Das Abwägen ist aber im großen Maßstabe unter Praxisbedingungen schwierig (BANOS und COFFEY 2012). Daher ist eine Schätzung der Lebendmasse aus den in der linearen Nachzuchtbewertung erhobenen Körpermaßen sinnvoll. Da eine Zucht mit dem Ziel der Futtereffizienz Tiere mit starker Mobilisation bevorzugt, ist auch eine Einbeziehung der Körperkondition nötig, um eine hohe Milchleistung mit möglichst geringer Mobilisation zu erreichen (VALLIMONT et al. 2011). Die Erhebung der Körpermaße infolge der Nachzuchtbewertung zu verschiedenen Zeitpunkten setzt jedoch besonders die Beachtung des Einflusses von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium voraus.

Diese Arbeit beschäftigt sich weitgestreut mit den Parametern der Futteraufnahme, Milchleistung, Lebendmasse, Körpermaße sowie der Nährstoffaufnahme und der Energiebilanz. Sie beleuchtet Unterschiede zwischen der milchbetonten Zweinutzungsrasse

Holstein-Friesian und der in Österreich sehr bedeutenden kombinierten Zweinutzungsrasse Fleckvieh sowie den Einfluss des Laktationsstadiums und der Laktationszahl.

Folgende Ziele und Forschungsfragen verfolgt diese Arbeit:

Ziele der Arbeit:

1. Darstellung von Futteraufnahme, Milchleistung, Lebendmasse, Körpermaßen, Nährstoffaufnahme und Energiebilanz im Laufe der Laktation unter besonderer Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium
2. Schätzung der Lebendmasse mittels Körpermaßen unter besonderer Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium, wobei die Analysen der anderen Parameter (sh. 1.) die Basis bilden

Forschungsfragen:

1. Wie verhalten sich Futteraufnahme, Milchleistung, Lebendmasse, Körpermaße, Nährstoffaufnahme und Energiebilanz im Laufe der Laktation unter besonderer Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium, und welche Zusammenhänge ergeben sich?
2. Wie lässt sich die Lebendmasse durch die Körpermaße unter besonderer Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium beschreiben?

2 Literaturübersicht

2.1 Übersicht über die Futteraufnahme

Die Futteraufnahme, deren Regelungsmechanismen und Einflussfaktoren gelten als vielschichtig, komplex und schwer vorhersagbar (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000). Einerseits halten homöostatische Mechanismen mit Hilfe der Futteraufnahme den Auf- und Abbau des Körpergewebes im Gleichgewicht, andererseits unterstützen homöorhetische Mechanismen über die Futteraufnahme physiologische Stadien, wie z.B. Trächtigkeit und Laktation (MERTENS 1994). Diese grundlegenden Mechanismen bestimmen auch die Nährstoffverteilung entsprechend des physiologischen Stadiums zu den unterschiedlichen Körpergeweben (BAUMAN und CURRIE 1980, STANGASSINGER 2003, MARTENS 2012). Bei energiereichen Rationen frisst das Tier bis zu seiner physiologisch regulierten Bedarfsdeckung, bei energiearmen Rationen frisst es, bis es die physikalisch limitierende Kapazität des Verdauungstraktes erreicht (MERTENS 1994). Daher limitieren diese physiologischen und physikalischen Mechanismen in Abhängigkeit von der Futterqualität und dem Energiebedarf. Quantifiziert wird dies im NDF-Energy-Intake-System (Neutral-Detergenzienfaser). Nach MERTENS (1994) können Milchkühe 12,5 g NDF/kg LM aufnehmen. Bei energielimitierenden Futtermitteln liegen die Werte darunter, bei physikalisch limitierenden im Bereich von 12,5 g NDF/kg LM. Wirkt ein Futtermittel aufgrund seiner Feinheit pro NDF-Einheit weniger füllend als grob strukturiertes und langes Futter, sind auch NDF-Aufnahmen über 13,5 g NDF/kg TM möglich und zeigen, dass die NDF nicht den vollständigen Füllungseffekt eines Futtermittels repräsentiert. Gesundheitszustand, Fütterungsmanagement und Schmackhaftigkeit variieren physiologische Regulation und physikalische Limitation der Futteraufnahme.

Diese grundlegenden Regulationsmechanismen berücksichtigend entwickelten GRUBER et al. (2004) eine Schätzformel für die Futteraufnahme basierend auf Daten von Kühen der Rassen Fleckvieh (FV), Holstein-Friesian (HF) und Brown Swiss (BS). In Österreich hatten die milchbetonten HF (18,5 kg TM/d) bei hohem Managementniveau, gefolgt von BS, FV und HF bei niedrigem Managementniveau (17,5 kg) die höchste Futteraufnahme in der Laktation. Die geringere Futteraufnahme von erstlaktierenden Tieren wird mit dem noch nicht gänzlich ausgebildeten Verdauungstrakt begründet. Die sinkende Futteraufnahme bei Tieren in der ≥4. Laktation wird mit zunehmenden gesundheitlichen Problemen in Verbindung gebracht. Das als fixer Effekt modellierte Laktationsstadium zeigt Wechselwirkungen mit anderen Einflussfaktoren, wodurch sich deren Regressionskoeffizienten mit fortschreitender Laktation verändern. Am meisten fressen die Tiere pro kg Milch und Laktationstag zu Laktationsende, pro kg Lebendmasse und kg Kraftfutter allerdings zu Laktationsbeginn. Daher basiert die Milchproduktion anfangs stark auf Mobilisation und die Grundfutterverdrängung nimmt physiologisch reguliert gegen Laktationsende zu. Im Laktationsverlauf ergibt sich insgesamt eine am Laktationsbeginn typisch ansteigende Futteraufnahme und durch sinkende Milchleistung und Kraftfuttermengen gegen Laktationsende ein Abfall. Die Futteraufnahme steigt mit zunehmendem Energiegehalt der Grundfuttermittel.

INGVARTSEN und ANDERSEN (2000) führen die Futteraufnahmedepression im Zeitraum der Abkalbung hauptsächlich auf die Anpassung des Stoffwechsels von Trächtigkeit auf Laktation zurück, weniger auf die Verkleinerung des Bauchraumes durch die wachsenden Trächtigkeitsprodukte. Auch laut LINS et al. (2003) dominieren biochemische Regulationsmechanismen die Futteraufnahme im perinatalen Zeitraum. INGVARTSEN und ANDERSEN (2000) identifizieren z.B. Leptin und Insulin als wichtige Einflussfaktoren für den Aufbau von Körperfettreserven ante partum (a.p.). Leptin und Insulin vermindern ebenso wie Östrogen die Futteraufnahme. Östrogen bewirkt eine Depression besonders in der späten Trächtigkeit und in den ersten Laktationstagen. Die niedrige Futteraufnahme verringert wiederum Signale von Leptin, Insulin und ähnlich wirkenden Hormonen, was zur Steigerung der Futteraufnahme in der frühen Laktation anregt. Die bei Fettmobilisation entstehenden freien Fettsäuren (NEFA) reduzieren wiederum die Futteraufnahme im perinatalen Zeitraum. Zu starke Verfettung a.p. führt zu einem späterem Anstieg der Futteraufnahme post partum (p.p.) bei gleichzeitig höherer Einsatzleistung und daher intensiverer Mobilisation, verglichen mit bedarfsgerecht versorgten Kühen. Ante partum unterversorgte Tiere steigern die Futteraufnahme bei niedriger Einsatzleistung schneller (LINS et al. 2003).

Nach HÜTTMANN et al. (2009) ist die Heritabilität der Futteraufnahme mit 0,06 bis zum 30. Laktationstag gering und steigt mit dem Laktationsstadium auf 0,12 am 180. Laktationstag an. Die Heritabilität der Energiebilanz (EB) sinkt hingegen ab dem 30. Laktationstag von 0,34 auf 0,15. Diese Veränderungen weisen laut HÜTTMANN et al. (2009) auf das Wirken verschiedener Gene im Laktationsverlauf hin. Ergebnisse für Heritabilitäten und deren Verläufe sind jedoch in der Literatur sehr unterschiedlich.

2.2 Übersicht über die Milchleistung

Tabelle 1 zeigt die Standardlaktationsleistungen der Kontrollkühe ausgewählter Rassen in Österreich (ZAR 2013) und in den deutschen Bundesländern Bayern (LKV BAYERN s.a.), Baden-Württemberg (LKV BW 2013) und Nordrhein-Westfalen (LKV NRW s.a.). Die folgenden hier angeführten Daten stammen aus den Jahresberichten der Leistungsprüfung 2012 der jeweiligen (Bundes-)Länder. In Österreich dominiert die Rasse FV mit 72,5 % der Kontrollkühe. In Nordrhein-Westfalen hingegen dominiert HF mit 73,3 %. FV mit nur 2,5 % ist immerhin nach Red Holstein-Friesian (RH) die wichtigste Rasse. Die Rasse HF hat nur in Bayern (7,8 %) eine noch geringere Bedeutung als in Österreich (10,7 %). BS ist in Österreich, Bayern und Baden-Württemberg mit ca. 13 % ähnlich vertreten und in Nordrhein-Westfalen mit nur noch 969 Tieren.

Die 305-Tage-Leistung ist für BS und FV relativ ähnlich, verglichen mit der deutlichen Steigerung zu HF. Die höchsten Milchleistungen von HF und RH liegen in Nordrhein-Westfalen, wobei hier für die Rassen FV und BS keine 305-Tage-Leistung angeführt ist. Der LKV NRW (s.a.) merkt an, dass HF und RH durchschnittlich in der 4. Laktation ihre Höchstleistung erreichen, aber verhältnismäßig wenige Tiere mehr als 3 Laktationen abschließen und somit das Potential der meisten Tiere nicht vollständig genützt wird. Der Fettgehalt steigt bei allen Rassen mit der Laktationszahl in Nordrhein-Westfalen. Der

Eiweißgehalt sinkt ab der 2. Laktation (LKV NRW s.a.). Bayern und Baden-Württemberg zeigen bei Letzterem ein ähnliches Bild.

Tabelle 1: 305-Tage-Leistung der Kontrollkühe für die Rassen Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein-Friesian und Red Holstein-Friesian in Österreich, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen 2012 (ZAR 2013, LKV BW 2013, LKV BAYERN s.a., LKV NRW s.a.)**.**

Rasse	Anzahl	Milch_kg	Fett_%	Fett_kg	Eiw_%	Eiw_kg	Anmerkung
Österreich							
FV	247168	7039	4,15	292	3,42	241	
BS	44058	7094	4,15	295	3,46	246	
HF	36421	8473	4,10	347	3,29	279	
Bayern							
FV	621361	7065	4,11	289	3,48	246	
BS	103223	7026	4,15	291	3,53	249	
HF	58951	8276	4,02	330	3,33	275	
RH	15732	7942	4,12	326	3,39	269	
Baden-Württemberg							
FV	98945	6934	4,11	285	3,44	238	
BS	31919	7026	4,21	296	3,54	249	
HF	77582	8230	4,05	333	3,30	271	
RH	12960	7549	4,12	311	3,31	250	
Nordrhein-Westfalen							
FV	8234	7556	4,21	318 *	3,48	263 *	323 Melktage
BS	969	7558	4,37	330 *	3,63	274 *	326 Melktage
HF	200520	8840	4,03	356 *	3,33	294 *	
RH	50975	8138	4,18	340 *	3,36	273 *	

* eigene Berechnung, BS Brown Swiss, FV Fleckvieh, HF Holstein-Friesian, RH Red Holstein-Friesian

2.3 Übersicht über die Energiebilanz

Die EB ist die Differenz zwischen Energieaufnahme und Energiebedarf, bestimmt durch Futteraufnahme und Energiekonzentration, sowie Erhaltungs- und Leistungsbedarf des Tieres. Sie ergibt sich als tägliche Energiebilanz aus der Nettoenergieaufnahme und dem Nettoenergiebedarf eines Tages. Generell können Milchkühe kurz vor der Abkalbung, besonders aber in den ersten Wochen danach, ihren Energiebedarf mittels Futteraufnahme nicht decken (LINS et al. 2003). Mit optimierter Fütterung sollte eine ausgeglichene EB nach 6 bis 7 Wochen erreicht werden, um negative Auswirkungen auf Milchleistung, Fruchtbarkeit und Stoffwechsel zu vermeiden (KIRCHGESSNER et al. 2011). Nach Berechnungen von MARTENS (2012) hat die Züchtung in Richtung einer hohen Milchleistung im 1. Laktationsdrittel zur Verdrei- bis Vervierfachung der negativen Energiebilanz geführt, verglichen mit den 5 – 6 l Milch für die Bedarfsdeckung des Kalbes.

Dauer und Ausmaß der negativen Energiebilanz hängen von Fütterung, Milchleistung, Laktationszahl und Rasse bzw. Nutzungsrichtung ab. Eine Studie mit dänischen Holstein, Danish Red und Jersey, die mit einer bedarfsgerechten und einer unterversorgenden Ration gefüttert wurden, ergab eine signifikant durchschnittlich höhere Mobilisation bei den HF. Erstlaktierende Kühe mobilisierten jedoch signifikant geringer. Die Unterschiede verringerten sich zwischen Laktationszahlen und Rassen mit fortschreitender Laktation. Die bedarfsgerecht gefütterte Gruppe hatte ebenfalls eine signifikant höhere Energiebilanz, besonders zu Laktationsbeginn. Die milchbetonten Linien aller Rassen unterschieden sich

unwesentlich, aber doch signifikant von den kombinierten Linien dieser Rassen. Interaktionen zwischen Fütterung und Laktationszahl, sowie Rasse und Laktationszahl waren ebenfalls signifikant (FRIGGENS et al. 2007). Auch zahlreiche andere Studien, u. a. auch von BERRY et al. (2006), ergeben Effekte von Rasse, Laktationszahl oder Fütterung.

Eine Energieunterversorgung a.p. bewirkt bereits länger vor der Abkalbung eine Energiemobilisation, aber p.p. aufgrund einer geringeren Einsatzleistung bei gleichzeitig stärker steigender Futteraufnahme eine geringere Mobilisation. Eine Überversorgung a.p. erhöht das Energiedefizit und darausfolgend die Mobilisation aus gegenläufigen Gründen. Die negative Energiebilanz spiegelt sich in erhöhten Werten von freien Fettsäuren aus der Lipolyse, Ketonkörpern durch den Oxalacetatmangel im Zitronesäurezyklus und Triglyceriden im Lebergewebe wider. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit für Ketose und Fettlebersyndrom (LINS et al. 2003, GRUBER et al. 2014, URDL et al. 2014). REIST et al. (2002) identifizieren die Blutkonzentrationen von NEFA und Thyroxin (T4), sowie das Fett/Laktose-Verhältnis der Milch als die aussagekräftigsten Merkmale für die Vorhersage der EB auf Basis von Blutinhaltsstoffen und Milchleistungsmerkmalen.

Die Futteraufnahme beeinflusst besonders über die Energiebilanz die Fruchtbarkeit der Kühe. Tiere mit höherer Futteraufnahme oder positiverer Energiebilanz hatten mit höherer Wahrscheinlichkeit eine kürzere Serviceperiode (calving to conception interval) durch einen früheren Zyklusbeginn und einer erfolgreicheren Besamung. Ein stärker ausgeprägter Tiefpunkt des Body Condition Score (BCS) bewirkte dagegen eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine längere Serviceperiode. Ein tieferer BCS bei der Besamung verringerte die Wahrscheinlichkeit einer Trächtigkeit (PATTON et al. 2007). Nach LUCY et al. (1991) beeinflusst die Energiebilanz das Wachstum von Follikeln nur bis zum Zyklusbeginn und somit nur die Zeitspanne zur ersten Ovulation. In einem späteren Laktationsstadium, wenn der Zyklus bereits begonnen hatte, konnte kein Effekt nachgewiesen werden. Variiert wird dies durch andere Faktoren wie Fütterung. BUTLER und SMITH (1989) fassen 2 grundsätzliche Wirkungsweisen einer negativen Energiebilanz auf die Wiederaufnahme der Funktionstätigkeit von Eierstöcken zusammen: Erstens hemmt eine negative Energiebilanz die Fähigkeit der Hypothalamus-Hypophyseachse zur Reifung der Follikel über verminderte Impulse des luteinisierenden Hormones (LH) und des Gonadotropin-Releasing-Hormones (GnRH). Zweitens hemmt sie durch eine niedrige Insulinkonzentration die Sensibilität des Ovars auf die Gonadotropine.

Je nach Modell, Analysemethode und Versuchsaufbau ergeben sich in der Literatur teils sehr unterschiedliche Heritabilitäten für die EB (ca. 0,3) und genetische Korrelationen von Energiebilanz zu Futteraufnahme, Milchmenge und BCS. Nach HÜTTMANN et al. (2009) steigt die Heritabilität der Futteraufnahme mit dem Laktationsstadium, die der EB fällt ab dem 30. Laktationstag. Die genetischen Korrelationen von EB und BCS sinken im Laktationsverlauf und die EB ist mit der Milchmenge schwächer genetisch korreliert als mit der Futteraufnahme. Die Änderung der Heritabilitäten und der Korrelationen über die Laktation hinweg weist auf die Wirkung unterschiedlicher Gene zu unterschiedlichen Zeiten in der Laktation auf die EB hin (HÜTTMANN et al. 2009).

2.4 Energie- und Nährstoffverteilung im Stoffwechsel

Doch worin liegen die Unterschiede im Stoffwechsel für die Veränderungen gewisser Parameter während Laktation und Trächtigkeit in Abhängigkeit von der Rasse?

Grundsätzlich regeln Homöostase und Homöorhese die Verteilung der aufgenommenen Nährstoffe zu verschiedenen Geweben. Die Homöostase erhält gegenüber der Umwelt die Funktionen des Organismus in einem gewissen physiologischen Gleichgewicht oder Sollzustand aufrecht. Die Homöorhese gewährleistet langfristig einen gewissen physiologischen Zustand, wie z.B. Laktation und Trächtigkeit (BAUMAN und CURRIE 1980, STANGASSINGER 2003, MARTENS 2012). Die Änderung oder Erhaltung eines Zustandes geschieht über die Wirkung homöostatischer Hormone oder über die Veränderung der Sensibilität von Gewebe auf diese (STANGASSINGER 2003). Danach richtet sich also auch die Nährstoff- und Energieversorgung einzelner Gewebearten.

In der Trächtigkeit regeln der Fötus und die fötalen Membranen selbst das Zuteilen von Nährstoffen zu Conceptus (Fötus und fötale Membranen), Uterus und Milchdrüsen (BAUMAN und CURRIE 1980). Der 6 Monate alte Fötus erreicht nur 10 % seines Endgewichtes, weil in dieser Zeitspanne hauptsächlich Gebärmutter, Plazenta und Fruchtwasser bis zu 30 % ihres Endgewichtes ausbilden. In den letzten 6 Wochen der durchschnittlich 285 Tage dauernden Trächtigkeit wächst der Fötus um mehr als 65 % seines Endgewichtes. Dazu kommen Reservenbildung für die spätere Laktation und die vollständige Entwicklung der Milchdrüsen (KIRCHGESSNER et al. 2011). Dies bedingt eine wachsende Konkurrenz zwischen der Nährstoffverteilung für Trächtigkeit und Milchproduktion (BAUMAN und CURRIE 1980). Zusätzlich steigt der Grundumsatz der Kuh durch den intensivierten Stoffwechsel. Der Trächtigkeitsanabolismus selbst ist einerseits für die Bereitstellung der Körperreserven für die Milchbildung nötig. Andererseits führt eine übermäßige Mobilisierung von verfetteten Kühen zu Stoffwechselproblemen (KIRCHGESSNER et al. 2011, LINS et al. 2003). Daher ist eine optimale Körperkondition von 3,5 bis 3,8 BCS-Punkten je nach Rasse anzustreben (KIRCHGESSNER et al. 2011).

Zu Laktationsbeginn unterliegen der Stoffwechsel und die Nährstoffverteilung zwischen den Geweben der Kuh starken Veränderungen. Einerseits muss die Kuh ihren Eigenbedarf decken (STANGASSINGER 2003) und andererseits auch den Bedarf für die Milchsynthese. Insgesamt ist der neue physiologische Status aufrecht zu erhalten (BAUMAN und CURRIE 1980, STANGASSINGER 2003). Obwohl die Futteraufnahme der Kuh in der frühen Laktation ansteigt, ist für den Nährstoffbedarf der Milchsynthese Mobilisation von Fett aus dem Fettgewebe, von Proteinen aus den Skelettmuskeln, von Glycogenreserven und von Mineralstoffen aus dem Skelett nötig (BAUMAN und CURRIE 1980, STANGASSINGER 2003). Hierfür sind die homöostatischen und homöorhetischen Regulationsmechanismen für die Nährstoff- und Energieverteilung zu den unterschiedlichen Geweben, besonders zu Fettgewebe und Milchdrüse, für eine hohe Milchleistung unentbehrlich (BAUMAN und CURRIE 1980). Tabelle 2 zeigt Veränderungen im Stoffwechsel, physiologische Reaktionen und Prozesse einer Milchkuh zu Laktationsbeginn.

Tabelle 2: Veränderungen im Stoffwechsel einer Milchkuh bei beginnender Laktation (STANGASSINGER 2003, verändert nach LEDINEK)

Gewebe/Prozess	Metabolische/physiologische Anpassung	Veränderung
Milchdrüse/Milchsynthese	*Blutfluss*	+
	Substrataufnahme	+
	Syntheseleistung	+
Futteraufnahme	*Verzehrsmenge*	+
Verdauungstrakt	*Absorptionskapazität*	+
	Absorbtionsrate	+
Leber	*Organgröße*	+
	Gluconeogenese	+
	Glykogenabbau	+
	Proteinsynthese	+
Herzmuskel	*Blutausstoß*	+
Fettgewebe	*Lipogenese*	-
	Lipolyse	+
	Fettsäurenaufnahme	-
	Fettsäuren-Reveresterung	+
Skelettmuskel	*Glucoseumsatz*	-
	Proteinsynthese	-
	Proteinabbau	+
Skelett	*Aufnahme und*	-
	Abgabe von Ca und P	+
Plasma-Hormone	*Insulin*	-
	GH	+
	Prolactin	+
	Glucocorticoide	+
	Schilddrüsenhormone	-
	IGF-I	-

Zunahme (+), Abnahme (-), IGF Insulin like Growth Factor, GH Wachstumshormon

Nach der grafischen Zusammenfassung von HART (1983) speisen sowohl Futteraufnahme als auch Mobilisation und Gluconeogenese der Leber den Nährstoffpool für die anschließende Verteilung der Nährstoffe. Glucagon und Catecholamine stimulieren die Gluconeogenese direkt an der Leber und stellen über Mobilisation dafür benötigtes Glycerin und freie Fettsäuren aus dem Fettgewebe bereit. Glucocorticoide beeinflussen Lipolyse und Gluconeogenese. Auch Schilddrüsenhormone und Prostaglandine wirken sich besonders auf die Fettmoblilisation aus. Insulin schwächt hingegen die mobilisierende und gluco-neogenetische Wirkung von Catecholaminen und Glucagon. Das Verhältnis von Insulin zu katabolen Hormonen, vor allem zum Wachstumshormon (GH), kontrolliert großteils die Verteilung der bereitgestellten Nährstoffe zwischen Milchsynthese und Gewebe. Eine Unterdrückung von Insulin bei hochleistenden Tieren mit Energiemangel beschleunigt katabole Prozesse und verhindert die Einlagerung der Stoffwechselmetabolite ins Gewebe. GH verteilt Nährstoffe von Geweben zur Milchproduktion und steigert diese dadurch. Ob die Steigerung nur durch die zusätzliche Bereitstellung von Nährstoffen erfolgt, ist unsicher.

HART (1983) weist daher auf uneinheitliche Studienergebnisse hin. Auch ist die Rolle der Glucocorticoide im Verteilungsprozess unklar. Weiters beeinflusst die Fütterung Insulin und GH. Sehr energiereiche Rationen neigen zur Energieumverteilung hin zum Gewebe. Eine niedrige Abbaubarkeit von Protein im Pansen regt die GH-Sekretion an, was nicht unbedingt zu einer Steigerung der Milchproduktion führen muss (HART 1983).

VERNON (1989) vergleicht Nagetiere und Wiederkäuer bezüglich der Mechanismen für die Bereitstellung von Nährstoffen für die Milchdrüse. Er kommt zum Schluss, dass ein niedriger Blutinsulinspiegel und eine verminderte Reaktion des Fett- und Muskelgewebes auf Insulin die verbesserte Versorgung der Milchdüse sichert. Weiters regt die Hypoinsulinämie die Gluconeogenese in der Leber an, während die Milchdrüse verringert auf Insulin, jedoch vermehrt auf den Insulin like Growth Factor (IGF-I) reagiert. Dies erklärt die große Bedeutung des Wachstumshormons für das Zuteilen von Energie und Nährstoffen zur Milchdrüse.

So erhöhten GH-Injektionen in der Laktationsmitte die Milchmenge bei Milch- und Fleischkühen in proportionalem Ausmaß. Protein- und Laktosemenge stiegen an (BINES und HART 1978). Aufgrund einer unveränderten Fütterung basiert die zusätzliche Nährstoffmenge für die Milchbildung auf einer veränderten Nährstoffverteilung auf Körpergewebe und Euter (BINES und HART 1978). Die relativ zum Glucoseangebot geringe Steigerung der Milchleistung erklärt den höheren Blutzuckerspiegel der Fleischkühe. Bei einem weiteren Versuch (HART et al. 1978) mit Gruppen bzw. Rassen mit niedriger und hoher Milchleistung ergaben sich bei hochleistenden Tieren signifikant höhere und im Laktationsstadium sinkende Werte von GH und freien Fettsäuren, verbunden mit einem Körpermasseabbau. Die Glucosekonzentration war in der Trockenstehperdiode deutlich höher. Niederleistende Tiere hingegen hatten während der gesamten Laktation geringere β-Hydroxybutyratwerte, aber höhere Insulinwerte. Während der Trockenperiode wiesen die niedrigleistenden Tiere höhere Thyroxinwerte als zu Laktationsbeginn auf und auch höhere als die hochleistenden Kühe. In der Trockenperiode hatten jedoch beide Gruppen höhere Prolactinwerte (HART et al. 1978). Die Milchmenge korrelierte positiv mit dem GH/Insulin-Verhältnis und negativ mit Thyroxin. Die Lebendmasse hing negativ mit GH und positiv mit Insulin zusammen. GH war mit der Konzentration der NEFA positiv korreliert. GH kommt daher insgesamt eine katabole/mobilisierende und Insulin eine anabole Bedeutung zu (HART et al. 1979).

Auch YAN et al. (2006) kommen zum Schluss, dass sich die Energieverteilung zwischen Milchproduktion und Körpergewebe verschiedener Genotypen unterscheidet. Besonders deutlich treten diese Unterschiede in der ersten Laktationshälfte auf. Niederländische HF erbrachten eine höhere Milchleistung sowohl durch eine höhere Energieaufnahme als auch durch eine geringere Energieversorgung in Richtung Körpergewebe, besonders bei einer energiereichen Ration. Mit zunehmender Energiekonzentration scheint auch der zugeteilte Anteil an zusätzlich aufgenommener Energie für die Milch zu steigen. Die täglichen Zunahmen der HF waren über die gesamte Laktation und ab der Laktationsmitte niedriger als die der norwegischen Kühe, besonders bei einer energieärmeren Ration. Die Energieaufnahme der HF hingegen war nur bei der energiereichen Ration signifikant höher.

Ein weiterer wichtiger Zusammenhang ist die Verbindung von GH zu IGF-I über die somatotrope Achse. Das Wachstumshormon der Hypophyse stimuliert die Bildung von IGF-I in der Leber sowie die Bildung von Bindungsproteinen. Dies löst ein negatives Feedback zu GH aus. Untersuchungen von RADCLIFF et al. (2003) zeigen, dass ein im Geburtzeitraum gesenkter GH-Rezeptor-transcript (GHR-1A) die Ausbildung von GH-Rezeptoren an der Leber vermindert. Er führt so zu einer schwachen IGF-I-Bildung und weiters zu niedrigen IGF-I-BLutkonzentrationen. Dies verursacht wiederum einem Anstieg von GH im Blut. RADCLIFF et al. (2003) identifizieren somit die GHR-1A-mRNA-Ausprägung als Ursache für die Entkopplung der somatotropen Achse von Milchkühen im Abkalbungszeitraum.

LUCY et al. (2009) belegen Unterschiede in der Stärke und Dauer der Entkopplung der somatotropen Achse zwischen 2 neuseeländischen (NZ) und einer nordamerikanischen Holsteinlinie. Die nordamerikanischen HF gaben mehr Milch, verloren jedoch mehr Körperkondition bei gleichzeitig erhöhter GH- und verringerter IGF-I-Blutkonzentration. Ein gesteigertes Futterangebot änderte weder IGF-I noch Konditionsverlust bei nord-amerikanischen HF. Hingegen stiegen bei der profitbetonteren NZ-Linie die IGF-I-Werte. Der BCS-Verlust ging in der Frühlaktation zurück. Bei der weniger milchbetonten NZ-Linie war keine Entkopplung feststellbar. Sie wies auch die geringste BCS-Veränderung, die geringste GH-Konzentration sowie die höchsten IGF-I-Werte auf. Dies zeigt nach LUCY et al. (2009) die Regelung der somatotropen Achse von Körperkondition, Milchleistung abhängig von Futterangebot und genetischem Potential.

GH wirkt nicht direkt auf die Milchdrüsen (VERNON 1989). Allerdings weisen diese Rezeptoren für IGF-I auf. SPICER et al. (1990) wiesen eine erhöhte IGF-I-Serumkonzentration und eine erhöhte Progesteronsekretion in der Lutealphase bei HF nach, die eine positive Energiebilanz innerhalb der ersten 3 Laktationsmonate erreichten. Die negative EB reduziert über die geringere IGF-I-Konzentration die luteale Aktivität (SPICER et al. 1990). IGF-I selbst wirkt direkt auf die Progesteron- und Östradiolproduktion sowie auf die Zellproliferation der Granulosazellen. Dies ist abhängig von Dosis des Hormons und der Größe der Follikel (SPICER et al. 1993).

2.5 Übersicht über Lebendmasse und Körpermaße

Die Lebendmasse der Milchkühe unterliegt Schwankungen. Grundsätzlich zeigt sich ein Anstieg der LM besonders im letzten Trächtigkeitsdrittel und darausfolgend in der Trockenstehzeit (BELL et al. 1995). Dem punktuellen Gewichtsverlust durch die Abkalbung folgen eine Abnahme an Lebendmasse ca. bis zur 8. Laktationswoche und danach ein sich steigernder Zuwachs (DILLON et al. 2003a). Bei Untersuchungen der Körper-zusammensetzung von Milchkühen in unterschiedlichen physiologischen Stadien erreichen die Tiere um den 77. Laktationstag den geringsten Energiegehalt (ANDREW et al. 1994). Die Abnahme der Rückenfettdicke (RFD) sollte spätestens um den 90. Laktationstag beendet sein (SCHRÖDER und STAUFENBIEL 2003).

In der Trächtigkeit ergeben sich durch den wachsenden graviden Uterus zusätzliche 24 bis 87 kg am 190. und am 285. Trachttag bei HF-Kühen (BELL et al. 1995). Die Autoren weisen jedoch auf die überdurchschnittlich hohe Lebendmasse der Versuchskühe von 714 kg und

Geburtsgewichte der Kälber von 46 kg hin. Bei ANDREW et al. (1994) wog der Fötus von HF-Kühen (584 kg LM) am -7. Tag a.p. mit 41 kg deutlich weniger als mit der Formel von BELL et al. (1995) vorausgesagt. Das Geburtsgewicht entspricht damit eher den durchschnittlichen Gewichten von 42,8 kg der fleischbetonten FV-Linie in Österreich (ZAR 2013). Weiters zeigen ANDREW et al. (1994) den Einfluss des physiologischen Stadiums besonders auf die relative Körperzusammensetzung von Milchkühen. So hatten hochlaktierende Tiere (63. Tag p.p.) den geringsten Protein- und Fettanteil am fettfreien leeren Körpergewicht verglichen mit Tieren am -7. a.p. und am 269. Tag p.p.. Der Wassergehalt war verglichen mit spätlaktierenden Tieren signifikant höher. In der Hochlaktation geschlachtete Tiere waren zwar um 29 kg nicht signifikant leichter als Tiere am -7. Tag a.p., hatten jedoch um 42 kg signifikant weniger Körperfett. Gleichzeitig war die Füllung des Verdauungstraktes signifikant höher als bei Kühen am -7. a.p. und am 269. Tag p.p.. Dies verdeutlicht die Abhängigkeit von Lebendmasse und Körperzusammensetzung vom physiologischen Stadium: im letzten Trächtigkeitsdrittel durch Uterus, Euterentwicklung und Abkalbung; im 1. Laktationsdrittel durch Futteraufnahme, verstärkte Mobilisation und Wassereinlagerung; gegen Laktationsende durch sinkende Futteraufnahme und Wiederauffüllung der Fettreserven (ANDREW et al. 1994). Das Ausmaß an mobilisierbarem Gewebe und die Energieversorgung p.p. beeinflussen den Abbau der Lebendmasse zu Laktationsbeginn. Wie viel mobilisierbares Gewebe vorhanden ist, hängt wiederum von der Energieversorgung a.p. ab. Präpartal unterversorgte Kühe mobilisieren stärker vor der Abkalbung, aber schwächer danach, während p.p. überversorgte und daher verfettete Tiere die a.p. aufgebauten großen Fettreserven hormonell und metabolisch reguliert schneller abbauen, was sich auf Fruchtbarkeit und Gesundheit negativ auswirkt. Die Lebendmasseveränderung ist aufgrund der vielen Einflüsse kein ausreichend genauer Indikator für den Energiestatus des Tieres (ANDREW et al. 1994, LINS et al. 2003). Die Bestimmung der Körperkondition via BCS umgeht dieses Problem (LINS et al. 2003).

Verlauf und Höhe der LM sind abhängig von Rasse, deren Milchbetonung und Laktationszahl. DILLON et al. (2003a) stellen eine signifikant niedrigere Lebendmasse und Körperkondition von dänischen HF vom 1. bis zum 280. Laktationstag fest, und eine signifikant geringere Lebendmassezunahme ab der 12. Woche im Vergleich zu French Montbeliarde und French Normande. In einer ebenfalls in Weidehaltung durchgeführten Schweizer (CH) Studie (PICCAND et al. 2013) unterschied sich die durchschnittliche Lebendmasse von laktierenden FV_{CH} und HF_{CH} nicht signifikant, BS_{CH} war signifikant leichter. Allerdings sind die FV_{CH} durchschnittlich zu 68 % Red Holstein. Bei BLÖTTNER et al. (2011) waren BS×HF-Kreuzungen in den ersten 2 Laktationen signifikant schwerer als reine HF, unterschieden sich aber sonst mit Ausnahme der Brustbreite in der 1. Laktation nicht. Bei einem in Stallhaltung laufenden Versuch von HAIGER und KNAUS (2010) waren HF-Kühe hochsignifikant leichter als FV. HF-Kühe waren ab der 1. Laktation signifikant länger und höher als FV. Die Tiere beider Rassen zeigten mit steigendem Alter zunehmende Typunterschiede, welche die Wirtschaftlichkeit der Rassen beeinflussten. Lebendmasse und Körpermaße stiegen in diesem Versuch von der 1. bis zur 3. Laktation an, wobei HF und Erstlaktierende über alle Laktationen stärker mobilisierten. Der simultane Anstieg von Körpermaßen und Lebendmasse mit steigendem Alter der Tiere wurde auch von ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) und YAN et al. (2009)

beobachtet und als Eignung der Körpermaße für die Lebendmasseschätzung gewertet. WALL et al. (2005) stellten bei der Modellierung von Körpermaßen erstlaktierender Kühe mittels Random-Regression neben der Veränderung der Körpermaße im Laktationsverlauf auch unterschiedlich schnelle Entwicklungen aufgrund verschiedener Väter fest. Körpertiefe und Brustbreite stiegen deutlich vom 10. bis 290. Laktationstag an, die Kreuzhöhe (KH) etwas geringer. Der BCS fiel am Beginn und Ende der Laktation ab. Auch die Heritabilitäten variieren mit dem Zeitverlauf.

Zur Schätzung der Lebendmasse mit Körpermaßen ist die relevante Literatur nicht sehr umfangreich. Davon betreffen die meisten Artikel die Rasse HF (OTTO et al. 1991, HEINRICHS et al. 1992, YAN et al. 2009, BANOS und COFFEY 2012). Nur ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) führen eine getrennte Schätzung anhand von Hüfthöhe, Hüftbreite und BCS für HF und dänische Jersey durch. HEINRICHS et al. (1992) untersuchten Brustumfang (BU), Widerristhöhe, Hüftbreite und Körperlänge von Kalbinnen. Alle anderen Studien beziehen sich auf laktierende Kühe. YAN et al. (2009) verwenden Brustumfang, Bauchumfang (BA), Widerristhöhe und Körperlänge (KL). BANOS und COFFEY (2012) beziehen sich in der endgültigen Formel auf Kreuzhöhe, Brustbreite, Körper- bzw. Bauchtiefe und Milchcharakter (Winkel und Öffnung der Rippen sowie Knochenqualität).

Unterschiede in der Verwendung und Messung der Körpermaße und voneinander abweichende statistische Modelle für die LM-Schätzung führen in der Literatur zu großen Unterschieden in den Regressionskoeffizienten der Körpermaße und in den fixen Effekten. Daten der Trockenstehzeit und mögliche Veränderungen der Regressionskoeffizienten im Laufe der Zeit (Trockenstehzeit und Laktationszeit) und damit durch das physiologische Stadium der Tiere bleiben bis jetzt in der Literatur unberücksichtigt – im Gegensatz zu vorliegenden Studie.

2.6 Übersicht über den BCS

Das subjektive Bestimmen der Körperkondition gilt als Methode zur Beschreibung der Energieversorgung und des Ernährungszustandes und somit der umsetzbaren Energie gespeichert in Fett und Muskeln eines lebenden Tieres (EDMONSON et al. 1989). Aus verschiedenen BCS-Systemen entwickelt, basiert das im vorliegenden Versuch verwendete 5-Punkte-System nach EDMONSON et al. (1989) auf der Bewertung der Muskel- und Fettauflage an 8 spezifischen Messpunkten entlang der Rückenlinie und im Beckenbereich. Die Gesamtnote ergibt sich aus den Einzelnoten dieser Merkmale. Sie gleicht unterschiedlich starke Ausprägungen von Mobilisation und Ansatz an den einzelnen Körperstellen aus. Die kontinuierliche Skala variiert zwischen 1 (hochgradig abgemagert) und 5 (hochgradig verfettet), eingeteilt in Abständen von 0,25 Punkten. Für extrem verfettete oder abgemagerte Tiere ist die Aussagekraft der Körperkonditionsbestimmung über deren Energiereserven begrenzt (ROCHE et al. 2009).

Der Verlauf der Körperkondition während der Zwischenkalbezeit spiegelt die Laktationskurve. Im ersten Drittel der Laktation verlieren Kühe an Körperkondition. Dies geschieht in den ersten Wochen nahezu unabhängig von Fütterung und Management. Die größte Bedeutung hat die Körperkondition zur Zeit der Abkalbung. Sie beeinflusst die

Futteraufnahme in der Frühlaktation, Milchleistung, Veränderung der Körperkondition und deren Nadir, Gesundheit und Fruchtbarkeit (ROCHE et al. 2009). Abweichungen von der idealen Körperkondition bei der Abkalbung führen zu verringerter Milchleistung, geringerer Fruchtbarkeit und höherer Krankheitsanfälligkeit. Aus dem Blickwinkel der Energieversorgung a.p. ergeben sich nach LINS et al. (2003), obwohl in der Literatur teilweise widersprüchlich diskutiert, ähnliche Schlussfolgerungen. Vor der Abkalbung bauen energieüberversorgte Kühe zwar größere Energiereserven auf, mobilisieren diese aber übermäßig in kurzer Zeit p.p., weil ihre Futteraufnahme trotz gleichzeitig höherer Einsatzleistung langsamer ansteigt. Dies verringert die Persistenz und führt verstärkt zu Gesundheitsproblemen. Präpartal unterversorgte Tiere mobilisieren bereits in den letzten Trächtigkeitswochen stärker. Nach der Abkalbung hingegen mobilisieren sie weniger, weil sie mehr Futter verzehren, aber gleichzeitig weniger Milch geben. Sie füllen bereits ihre Körperreserven auf. Dies führt zu einer ähnlichen Milchleistung wie bei überversorgten Tieren, allerdings mit höherer Persistenz. Für eine hohe Milchleistung ist eine Steigerung der Futteraufnahme p.p. und somit Verringerung des Energiedefizits durch die Anpassung der Pansenmikroben an die Laktationsration sinnvoll. Die unterschiedliche Energieversorgung und damit verbundene Mobilisationsvorgänge spiegeln sich in den Stoffwechselparametern wider. So weisen energieüberversorgte Kühe eine erhöhte Konzentration von in der Lipolyse freigesetzten freien Fettsäuren, Ketonkörper und Triglyzeriden im Lebergewebe auf. Gegensätzlich dazu verhalten sich diese Parameter bei a.p. unterversorgten Tieren. Ihre höheren Insulin-, Glycogen- und Glucosekonzentrationen sprechen für eine ausgeglichenere Energiebilanz.

Nicht nur die Energieversorgung beeinflusst Mobilisation und Körperkondition, sondern auch die genetischen Eigenschaften. In einem über 5 Jahre laufenden Versuch mit den Rassen Montbeliarde, Normande und irischen und niederländischen Holstein-Friesian (DILLON et al. 2003a) hatten niederländische HF die höhere Milchleistung und Futteraufnahme. In den ersten 8 Laktationswochen verloren sie aber signifikant mehr BCS-Pkt. und nahmen weniger BCS-Pkt. ab Laktationsmitte zu. Die Veränderung der Lebendmasse war in den ersten 12 Wochen bei allen Rassen ähnlich. Ab Laktationsmitte holten die niederländischen HF signifikant weniger ihres Verlustes auf. DILLON et al. (2003a) folgern daraus eine höhere Milchleistung auf Basis von stärkerer Mobilisation von Körperreserven bei den am stärksten milchbetonten niederländischen Tieren. Weiters wiesen die Tiere mit höheren BCS-Veränderungen innerhalb der ersten 8 Laktationswochen eine signifikant geringere Fruchtbarkeit auf (DILLON et al. 2003b).

Im Schweizer Projekt Weidekuh-Genetik (PICCAND et al. 2013) mit den Rassen Schweizer HF (HF_{CH}), Neuseeland HF (HF_{NZ}), Brown Swiss (BS_{CH}) und Schweizer Fleckvieh (FV_{CH}) hatten die HF_{CH} zwar die höchste Milchleistung und Laktationsspitze, aber eine signifikant geringere Körperkondition. Die höchste Körperkondition während der Laktation hatte FV_{CH}, gefolgt von BS_{CH}. Der BCS-Verlust p.p. wies keinen signifikanten Unterschied zwischen den Rassen auf. Allerdings zeigten die HF_{CH} einen höheren Gewichtsverlust sowie ein höheres Niveau von freien Fettsäuren und β-Hydroxybutyrat. Bemerkenswert ist ein zweiphasiger Körperkonditionsverlust beim FV_{CH} ab ca. 100 Tagen p.p.. PICCAND et al. (2013) vermuten

eine nicht vollständige Mobilisation kurz nach der Abkalbung und aufgrund insgesamt höherer Körperkondition eine weitere mögliche Mobilisierung bei restriktiver Fütterung. Die Fruchtbarkeitsleistung der Fleckviehkühe übertraf das Fruchtbarkeitsziel der HF_{NZ} Tiere durch einen frühen und regelmäßigen Zyklus und hohe Trächtigkeitsraten. Die HF_{CH} hatten den geringsten Anteil trächtiger Tiere, nahmen den Zyklus jedoch gleichzeitig mit den BS_{CH} in der Mitte von FV_{CH} und HF_{NZ} auf.

PRYCE et al. (2002) kommen aufgrund von negativ geschätzten genetischen Korrelationen zwischen BCS und Zwischenkalbezeit als Fruchtbarkeitsmerkmal zum Schluss, dass Kühe mit geringerem BCS längere Zwischenkalbezeiten aufweisen. Eine höhere Milchleistung verstärkt dies. In einer anderen Untersuchung ergaben sich ein niedrigerer BCS und ein höherer BCS-Verlust in der frühen Laktation für Kühe mit genetisch hohem Milchleistungsniveau im Vergleich zu durchschnittlichen Kühen (PRYCE et al. 2001). Der BCS-Verlust korreliert mit der Reproduktionsleistung unerwünscht negativ, was wiederum für eine schlechtere Fruchtbarkeit von genetisch hochleistenden Kühen spricht. Somit eignet sich die einfache Bestimmung der Körperkondition sowohl für Herdemanagementmaßnahmen, wie Fütterung, als auch als Hilfsmerkmal für die Fruchtbarkeit in der Tierzucht.

In einer Studie über Kühe der Rasse HF sind BCS und LM am selben Laktationstag genetisch korreliert (ca. 0,5), sowie auch deren Veränderung (BERRY et al. 2002). Die LM (ca. 0,45) ist etwas höher heritabel als der BCS (ca. 0,3). Veränderung von Lebendmasse und BCS sind deutlich geringer vererblich, aber einander ähnlich (ca. 0,07). Die Heritabilitäten von LM und BCS verändern sich mit dem Laktationsstadium, wobei der höchste heritable BCS auch gleich der tiefste im Bereich des 60. Laktationstages ist. BERRY et al. (2002) erklären dies mit einem geringeren Einfluss des Managements auf den BCS in der frühen Laktation.

2.7 Übersicht über die Rückenfettdicke

Die Messung der subkutanen Fettauflage mittels Ultraschall gilt als objektive Bestimmungsmethode für Körperfettreserven und Energiebilanz von Milchkühen. Der Messpunkt liegt senkrecht unterhalb der Schwanzwurzel auf der Verbindungslinie von Sitz- und Hüftbeinhöcker (STAUFENBIEL 1992). Pro mm RFD ergeben sich ca. 5 kg Körperfettgehalt (KLAWUHN und STAUFENBIEL 1997), ein zusätzlicher BCS-Punkt ergibt ca. 50 kg. Damit entspricht 1 BCS-Punkt ca. 10 mm RFD. Ein BCS von 3 bedeutet 20 mm RFD oder 122 kg Körperfettgehalt (STAUFENBIEL 1997). Nach den Referenzkurven von SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2003) bewegt sich die ideale RFD bei deutschen HF zu Laktationsbeginn ca. bei 22 mm, erreicht am 90. Laktationstag den Tiefpunkt von 13 mm, und steigt bis zum 350. Tag auf 23 mm an. In der Trockenstehzeit ist ein Herdenmittel von 22 bis 23 mm ideal. Die Mobilisation soll um den 90. Laktationstag enden und ein Herdenmittel von 13 mm RFD nicht unter- und eine Abbaurate von 0,14 mm/d nicht überschreiten. Kühe mit hohen Milchleistungen mobilisieren länger und intensiver Rückenfett (STAUFENBIEL et al. 2003). Die Zwischenkalbezeit verlängert sich hochsignifikant mit intensiverer Mobilisation.

Auch Unterschiede in Rasse und Laktationszahl sind bekannt. Reinrassige HF haben zumindest in der ersten Laktation eine signifikant niedrigere RFD als HF×BS-Tiere (BLÖTTNER et al. 2011). Im Vergleich zu Kreuzungen von Schwarzbuntem Milchrind und HF weisen HF-

Kühe bei einer signifikant höheren Milchleistung einen stärker von Mobilisation geprägten RFD-Verlauf auf (STAUFENBIEL et al. 2003). Die Laktationszahl beeinflusste den RFD-Verlauf ebenfalls signifikant (STAUFENBIEL et al. 2003).

Bei der Untersuchung der Aussagekraft von RFD-Messungen bei FV stellten SCHNEIDER et al. (2005) eine höhere Standardabweichung (1,4 mm) zwischen 2 aufeinanderfolgenden Messungen durch unterschiedliche Personen fest, als in der Literatur (1 mm) angegebenen. Da die untersuchten FV-Tiere eine geringere RFD bei gleichem BCS als die Referenzwerte für HF (STAUFENBIEL 1997) aufweisen, benötigt FV eine eigene Referenzkurve (SCHNEIDER et al. 2005). Die Autoren bestätigen auch die schlechtere Reproduzierbarkeit bei besser konditionierten Tieren, weil bei FV weniger Ultraschallbilder eindeutig auswertbar waren als für HF in der Literatur angegeben ist. Bei besonders fetten Tieren variierten aufeinanderfolgende Messungen teils um 5 mm, weil sich bei falschem/festem Druck des Ultraschallkopfes Gewebeschichten verschieben. Eine Messung an mehreren Punkten macht die Anwendung des Ultraschalls zu zeitaufwändig. Weiters bestätigen die Verfasser die Gefahr der Fehlinterpretation von Gewebeschichten, die genauso wie die individuelle Fettverteilung der Tiere beim Messpunkt zu stark abweichenden RFD-Werten führt. Daher schwankt die RFD bei der BCS-Note 4 zwischen 1,21 und 3,13 cm. Auch SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006) weisen auf starke Unterschiede der RFD von unterschiedlichen Studien hin. Insgesamt sehen aber SCHNEIDER et al. (2005) eine gute Reproduzierbarkeit. Der routinemäßige Einsatz am Praxisbetrieb ist jedoch nur bedingt empfehlenswert. Geeigneter ist die Erfassung der Körperkondition über BCS. Sowohl SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006) als auch SCHNEIDER et al. (2005) empfehlen die gemeinsame Anwendung von BCS und RFD zur Verbesserung der BCS-Schätzung. Ein Abgleich mit BCS-Werten beugt auch Fehlinterpretationen bei der RFD vor (SCHNEIDER et al. 2005).

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsdesign und Versuchsdurchführung

Die Datenerhebung lief über den Zeitraum eines Jahres von März 2012 bis Februar 2013 im Forschungsstall des LFZ Raumberg-Gumpenstein, Gumpenstein, 8952 Irdning.

3.1.1 Tiere

Die Versuchstiere repräsentieren mit der kombinierten Zweinutzungsrasse FV und mit der milchbetonten Zweinutzungsrasse HF 2 Nutzungstypen unterschiedlicher Lebendmasse. Übergänge zwischen diesen Typen ergeben sich durch HF×FV und HF×BS Kreuzungen unterschiedlich hoher Fremdgenanteile. Die regelmäßige Datenerhebung über ein Jahr gewährleistet die Erfassung des Einflusses von Laktationsstadium und Trockenstehzeit auf die gemessenen Parameter. Nach einer einmaligen Vorperiode von 4 Tagen erfolgte die Datenerhebung an 11 fünftägigen Terminen in regelmäßigem Abstand. Auch die Abkalbungen waren auf die gesamte Versuchszeit verteilt. Daher ergibt ein Messtermin für jedes Tier eine Momentaufnahme der erhobenen Parameter innerhalb der Trockenstehzeit bzw. Laktation. Ermittelt wurden Milchleistung, Futter- und Nährstoffaufnahme,

Lebendmasse und Körpermaße. Die Vorperiode diente der Messung der möglichen Futteraufnahme der Tiere für die Einwaage.

Ein Teil der Tiere war innerhalb des Erhebungsjahres 14 Tage a.p. bis 121 Tage p.p. einem zweiten Versuch zugeteilt, wodurch sich eine in der Auswertung zu berücksichtigende Fütterungsvariante für diese Tiere ausschließlich in diesen Zeiträumen ergibt. Im Falle einer unterschiedlichen Behandlung und Datenerhebung beider Versuche wird daher in der weiteren Arbeit zwischen Versuch 1 und Versuch 2 unterschieden. Versuch 2 betrifft diejenigen Daten, in denen einer der 11 Erhebungstermine in die Zeit der Fütterungsvariante eines daran teilnehmenden Tieres fällt.

Pro Erhebungstermin standen 63 Tiere im Versuch. Im Laufe des Jahres ergaben sich Abgänge und Einstallungen. Daher liegt die tatsächliche Anzahl aller Versuchstiere bei 90, 29 davon aus Versuch 2.

3.1.2 Haltung und Fütterung

3.1.2.1 Haltung

Der Forschungsstall des LFZ Raumberg-Gumpenstein ist als Liegeboxenlaufstall ausgeführt. Der Liegebereich ist mit Cuccetten überdacht. Die Tiefboxen sind mit einer Stroh-Mist-Matratze versehen und die planbefestigten Böden durchgehend mit Gummimatten ausgelegt.

3.1.2.2 Rationsberechnung und Zusammensetzung

Die Vorlage der Grundfuttermittel erfolgte getrennt, ad libitum und tierindividuell an Einzelfressplätzen (Calan-Gates-System). Die Fütterungszeiten sind ab 04:00 und ab 14:30 Uhr. Kraft- und Mineralfuttermittel erhalten die Tiere mittels Transponder in einer doppelten Kraftfutterstation mit elektronischer Tierwaage der Firma Wasserbauer.

- Versuch 1

Die Rationsgestaltung spiegelt eine leistungsgerechte und einheitliche Fütterung aller Kühe wider, basierend auf den Empfehlungen der GfE (2001). Die Rationsberechnung erfolgte tierindividuell über ein eigens für den Versuch entwickeltes Programm. Die Rations-komponenten wurden auf die im letzten Durchgang vorangegangenen Futteraufnahmen in kg TM und abhängig vom Abkalbedatum vor jedem Termin tierindividuell angepasst. Vom -28. Tag a.p. bis zur Abkalbung steigerte sich der Maissilageanteil von 0 auf 30 % der Grundfutterration, während der Anteil an Heu konstant bei 30 % lag. Somit verblieben für die Grassilage ein sinkender Anteil von 70 bis 40 % in der Vorbereitungsphase vor der Abkalbung. Zu Laktationsbeginn wurde den Tieren eine Ration mit 40 % Maissilage, 30 % Grassilage und mit konstant 30 % Heu angeboten. Der bis zum 308. Laktationstag auf 0 % sinkende Maissilageanteil berücksichtigt den zurückgehenden Energiebedarf durch die Milchleistung. In der Trockenstehzeit außerhalb der letzten 28 Tage a.p. bestand die GF-Ration aus 30 % Heu und 70 % Grassilage. Die Komponenten der gesamten Tagesration waren Heu, Grassilage, Maissilage aus den Schnitten 1 bis 3, Kraftfutter, 60 g Mineralstoffmischung, 30 g Viehsalz und während der Laktation zusätzlich 50 g Futterkalk.

Da im LFZ Raumberg-Gumpenstein eine bedarfsgerechte Fütterung üblich ist, war keine Versuchsvorperiode zur Gewöhnung der Tiere an die Fütterung notwendig.

Das vor Ort gemischte Energiekraftfutter (EKF) bestand aus 24 % Gerste, 25 % Mais, 8 % Trockenschnitzel, 8 % Weizen, 5 % Weizenkleie, 15 % Sojaextraktionsschrot und 15 % Rapsextraktionsschrot. Das Proteinkraftfutter (PKF) bestand aus 45,5 % Sojaextraktionsschrot44, 44,5 % Rapsextraktionsschrot, 5 % kohlensauren Kalk, 2 % Mineralstoffmischung und 2 % Viehsalz. Die Mineralstoffmischung Rimin Phos der Firma Garant enthielt 6 % Ca, 12 % P, 6 % Mg und 8 % Na.

- Versuch 2

Jene Tiere, die zusätzlich in Versuch 2 standen, hatten vom -14. Tag a.p. bis zum 121. Tag p.p. eine andere Ration bezüglich Grundfutter und Kraftfutteranteile. Die Rationsberechnung erfolgte wie in Versuch 1 tierindividuell.

Die prozentuellen Anteile von Heu, Maissilage, Grassilage, Gerste und PKF an der Gesamtration sowie deren fließende Anpassung in den Zeiträumen vom -14. bis zum -1. Tag a.p. und 1. bis zum 21. Tag p.p. sind in der Tabelle 3 angeführt. Die Anteile der Grundfuttermittel wurden bis zum 21. Tag p.p. soweit gesenkt, die von Gerste und PKF in einem Ausmaß erhöht, dass sich der für den Versuch 2 angestrebte Kraftfutteranteil von 50 % an der Gesamtration ergibt. Ab dem 21. Tag p.p. blieben die Futtermittelanteile bis zum 121. Tag p.p. mit 15 % Heu, 20 % Maissilage, 15 % Grassilage, 28,5 % Gerste und 11,5 % PKF konstant. Nach dem Versuchsende am 121. Tag p.p. erfolgte die Rationsgestaltung dieser Tiere wieder entsprechend dem Versuch 1. Die Gerste wurde in 3 verschiedenen Vorbehandlungsarten jeweils 10 Tieren mit den Grundfuttermitteln verabreicht. Die PKF-Mischung und Mineralstoffergänzungen entsprachen dem Versuch 1.

Tabelle 3: Rationszusammensetzung für Versuch 2 vom -14. Tag a.p. bis zum 121. Tag p.p.

Zeitraum (d)	**Futtermittel**	**Anteil** (% der Gesamtration)
-14 bis -1 a.p.		
	Heu 1.Schnitt	30 – 24
	Maissilage	40 – 32
	Grassilage 1. Schnitt	30 – 24
	Gerste	0 – 15,4
	PKF	0 – 4,6
1 bis 21 p.p.		
	Heu 1.Schnitt	24 – 15
	Maissilage	32 – 20
	Grassilage 1. Schnitt	24 – 15
	Gerste	15,4 – 28,5
	PKF	4,6 – 11,5

PKF Proteinkraftfutter

3.1.3 Datenerhebung

3.1.3.1 Feststellung der Futteraufnahme und Futtermittelanalyse

Die Futtermittel Heu, Grassilage und Maissilage wurden für jede Mahlzeit innerhalb der 5 Termintage nach den tierindividuellen Vorgaben der Rationsberechnung in getrennten Kisten eingewogen, und die Reste nach der Futteraufnahme rückgewogen. Die Gerste wurde im Versuch 2 mit dem Grundfutter morgens und abends verabreicht. Dies ermöglicht die Ermittlung der Futteraufnahme jedes Tieres für jedes Einzelfuttermittel zu jeder Fütterungszeit und ergibt tägliche Ein- und Rückwaagen morgens und abends. Die Probenahme für die Futtermittelanalyse erfolgte täglich für alle Tiere eines Versuches gemeinsam, aber getrennt nach Ein- und Rückwaagen. Für die TM-Bestimmung wurden die Einzelproben bei 104 °C für 24 h getrocknet. Die TM-Bestimmung der Rück- und Einwaagen von Mais- und Grassilage erfolgte in beiden Versuchen täglich. Für Heu und Kraftfutter wurden Sammelproben pro Versuchstermin im Versuch 1 und pro Woche im Versuch 2 getrocknet. Die Gerüstsubstanzen wurden nach VAN SOEST et al. (1991) analysiert. Die Richtlinien der VDLUFA (1976) gelten für TM und Rohnährstoffe, sowie speziell in Versuch 1 für die enzymlösliche organische Substanz (ELOS). Für die Nährstoffanalyse wurden die Tagesproben im Versuch 1 für jeden Termin gepoolt, im Versuch 2 über jeweils 4 Wochen. Die Bestimmung der TM für die Nährstoffanalyse erfolgte mittels Brabender MT-C Typ 890600. Rohprotein (XP) wurde mittels Kjeltec 2400, Rohfett (XL) mittels Soxtec avanti 2050 und die Gerüstsubstanzen mittels VELP Scientifica FIWE 6 im Labor des LFZ Raumberg-Gumpenstein analysiert.

Die für die Futterbewertung im Versuch 2 benötigten Verdaulichkeiten basieren auf Versuchen mit Hammeln. Die Ration bestand aus den über den gesamten Zeitraum des Versuches 2 gepoolten Proben der einzelnen Futtermittel.

3.1.3.2 Messung der Milchleistungsdaten und der Milchinhaltsstoffe

Die Kühe wurden zweimal täglich um 04:30 Uhr und 16:00 Uhr in einem 2 × 4 Autotandem-Melkstand der Andreas Graf Melktechnik mit Einzeltiererkennung und mit Nachmelk- und Abnahmeautomatik gemolken. Die Milchmengenmessung sowie die Probenahme fanden innerhalb der 5 Tage jedes Versuchstermins täglich statt. Dabei ergeben das Morgen- und Abendgemelk das Tagesgemelk eines Tieres und die Proben beider Gemelke die gepoolte Tagesprobe. Der Gehalt an Fett, Eiweiß und Laktose sowie die Zellzahl wurden im staatlich anerkannten Qualitätslabor St. Michael mit einem FOSS Milkoscan FT 6000 mit Fossomatic 5000 analysiert. In der Vorperiode erfolgte keine Probenahme.

3.1.3.3 Messung der Lebendmasse und der Körpermaße

- Lebendmasse

Eine elektronische Waage in der Kraftfutterstation wiegt die Tiere während jeder Kraftfutteraufnahme automatisch. Die Daten wurden innerhalb der 5 Tage jedes Versuchstermins täglich aufgezeichnet. Dies ergibt eine unterschiedliche Anzahl von Messungen pro Tier.

- Körpermaße und BCS

Die Erfassung der Körpermaße fand an den 11 Terminen jeweils einmal statt. Alle Tiere waren nach der Morgenmelkzeit während der Futteraufnahme am Futterplatz fixiert, um die Tiere im selben Zustand zu vermessen. Der gleiche Zeitpunkt gilt auch für die Körperkonditionsbeurteilung mit dem 5-Punkte-System nach EDMONSON et al. (1989). Jedoch beurteilten pro Termin 5 Personen jedes Tier, um deren Beurteilungen unter Berücksichtigung des Beurteilereffektes zu einem einzigen Wert pro Termin zusammenzufassen. Gemessen wurden die Körpermaße (Abbildung 1, Tabelle 4) mit Maßband oder Kuhmessstock. Ein Ultraschallgerät diente der RFD-Bestimmung nach der Methode von STAUFENBIEL (1992).

Tabelle 4: Erhobene Körpermaße und deren Definition nach UTZ (1998)

Parameter	Definition der Messpunkte (UTZ 1998, verändert nach LEDINEK)
Brustumfang	unmittelbar nach der Vorderhand
Bauchumfang	ist die Stelle mit größtem Umfang
Brusttiefe	unmittelbar nach der Vorderhand
Mittelhandlänge	von Widerristhöhe bis Kreuzhöhe
Kreuzhöhe	Mittelpunkt zwischen beiden Hüfthöckern
hintere Körperbreite	mit dem Kuhmessstock auf der Höhe des Kniegelenkes

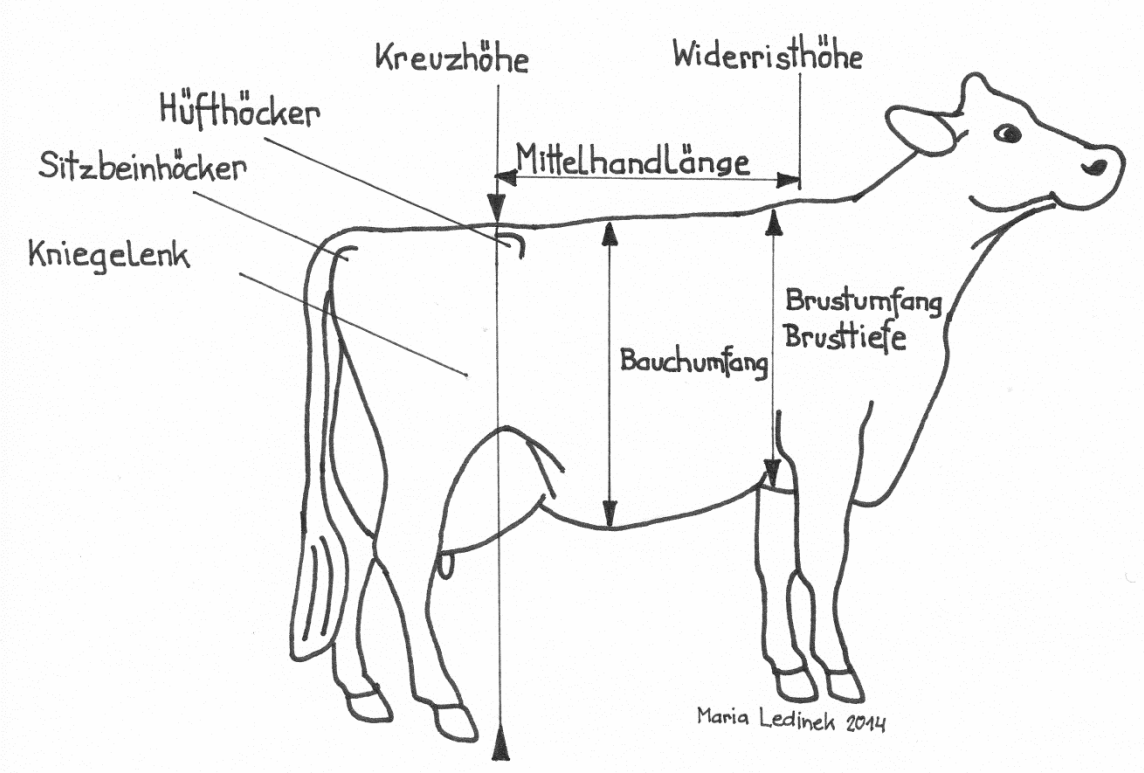


Abbildung 1: Messpunkte der Körpermaße und wichtige Körpermerkmale beim Rind

3.2 Datenaufbereitung und statistische Auswertung

3.2.1 Datenaufbereitung

Die Aufbereitung der Rohdaten fand mit Statgraphics Centurion 2002 statt. Die gemessenen und auf deren Basis berechneten Parameter wurden pro Termin und Tier über die 5 Tage arithmetisch gemittelt. Die Korrektur des Beurteilereffektes erfolgte für die BCS-Werte unter Konstanthaltung von Tier und Durchgang mittels Varianzanalyse. Auch der Einfluss der Tageszeit und der unterschiedlichen Anzahl der Wiegungen pro Kuh und Tag wurden berücksichtigt. Messungen von Tieren, welche während eines Termins abkalbten, wurden im betroffenen Termin getrennt für Trockenstehzeit bzw. Laktation gemittelt.

3.2.2 Berechnung von Parametern

Die Berechnung des Energiegehalts (ME und NEL) und der Umsetzbarkeit der Futtermittel erfolgten im Versuch 1 nach den Anweisungen der GfE (2008 und 2001) für Heu, Grassilage und Maissilage, und für die Kraftfuttermittel nach der GfE (2009 und 2001) und der Futterwerttabelle der DLG (1997). In Versuch 2 geschah die Energiebewertung mittels der verdaulichen Nährstoffe (GfE 2001). Der Gehalt an nutzbarem Rohprotein am Duodenum (nXP) erfolgte nach der Formel

g nXP = [11,93 – (6,82 × g UDP/ g XP)] × MJ ME/kg TM + 1,03 × g UDP (GfE 2001)

mit UDP-Werten (im Pansen unabbaubares Protein) aus den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997).

Für die Berechnung des Energiebedarfes (GfE 2001) wurde der Bedarf für Erhaltung (Formel 1.4.1.), für Milchleistung (Formel 1.4.3.), für Trächtigkeit (Formel 1.4.5.) und für den Ansatz im Euter mit

MJ ME/d= 0,01905 × Trachttag – 3,6619 (GfE 2001)

herangezogen. Der nXP-Bedarf enthält nur Erhaltungs- und Milchleistungsbedarf. Der Trächtigkeitsansatz an Protein ist für die Berechnung nicht relevant, weil die Erzeugung an Mikrobenprotein im Pansen den Bedarf des Wirtstieres übersteigt (GfE 2001).

Die tägliche Energie- und nXP-Bilanz ergeben sich aus der Differenz von Aufnahme und Bedarf des jeweiligen Nährstoffes, die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) nach der Formel der GfE (2001).

3.2.3 Beschreibung der Datenbasis

3.2.3.1 Datenverteilung und Klasseneinteilung

Der gesamte Datensatz (Tabelle 5) für die Auswertung enthält 614 Einzeldatensätze, davon 20 % aus dem Versuch 2 und 84 % von laktierenden Tieren. Insgesamt standen 90 Tiere im Versuch, die je nach Abkalbedatum während des Versuches in eine höhere Laktationszahl übergegangen waren, oder das Stadium laktierend und trocken gewechselt hatten. Weiters waren die im Versuch 2 stehenden Tiere vor dem -14. Tag a.p. und nach dem 121. Tag p.p.

im Versuch 1 eingeteilt. Dies bedingt in Summe eine höhere Tieranzahl in den Kategorien Laktationszahl, Stadium und Versuch als die tatsächliche Tieranzahl von 90.

Die Rassen ergeben durch eine Reihung nach der Milchbetonung und der Höhe des Fremdgenanteiles 5 voneinander klar abtrennbare Klassen. Rasse 1 steht für 14 FV-Kühe (FV100) mit < 7,5 % Fremdgenanteil. Rasse 2 betrifft 9 HF-Tiere mit einem Fleckviehanteil von 12,5 % (HF_FV12.5). Rasse 3 (HF_BS50) besteht aus 15 HF mit einem Fremdgenanteil von 50 % BS. Rasse 4 (HF_BS25) betrifft 19 HF mit einem BS-Fremdgenanteil von 25 % und Rasse 5 (HF100) 33 reinrassige HF mit ≤ 8,5 % Fremdgenanteil.

In der endgültigen Auswertung ergeben sich insgesamt 5 Klassen (0, 1, 2, 3, ≥4) für die Laktationszahl. Klasse 0 betrifft Datensätze kurz vor der Abkalbung eingestallter Kalbinnen, um wenn möglich den Bereich vor und nach der Abkalbung berücksichtigen zu können. In der Kategorie ≥4 sind Datensätze der 4. Laktation und aller höheren zusammengefasst, weil deren geringe Anzahl keine eigene Klasse ermöglicht, und ab der 3. Laktation viele Parameter z.B. Futteraufnahme und Milchleistung zurückgehen. Die Anzahl der Tiere und Datensätze sinkt mit steigender Laktationszahl, was z. T. auf Abgänge und Neueinstallungen erstlaktierender Tiere zurückzuführen ist. 34 % der Daten betreffen die 1. Laktation, 28 % die 2., 24 % die 3. und 13 % die Kategorie Laktationszahl ≥4.

Für die Berücksichtigung des Einflusses der Trockenstehzeit bzw. Laktation wurden diese für das statistische Modell im fixen Effekt Zeit kombiniert. Die Trockenstehzeit basiert auf den Trächtigkeitswochen der trockenstehenden Tiere, die ausgehend von der folgenden Abkalbung in Zweiwochenabständen a.p. eingeteilt wurden. So befinden sich Datensätze der letzten 2 Trachtwochen (41. und 40.) in der Zeitkategorie -2, der 39. bis 38. Woche in Kategorie -4 usw., in der Kategorie -10 wurden die Trächtigkeitswochen 27 bis 33 aufgrund der geringen Datenanzahl zusammengefasst. Die Daten der Laktationszeit sind nach Laktationsmonaten eingeteilt, wobei im Monat 12 wiederum alle weiteren zusammengefasst sind. Da die Messdaten innerhalb der Zeitklassen unregelmäßig anfallen, ergibt sich für Schätzwerte jeder Zeitklasse auch ein durchschnittlicher Tag der Trockensteh- bzw. Laktationszeit, der nicht unbedingt mit der Mitte der jeweiligen Zeitklasse zusammenfallen muss.

3.2.3.2 Beschreibung tier- und futterbedingter Parameter

Durchschnittlich nimmt eine laktierende Kuh 17,87 ± 3,57 kg TM/d auf, eine trockenstehende 12,87 ± 1,94 kg, davon 27,9 % bzw. 3,1 % Kraftfutter und entspricht insgesamt 2,78 und 1,76 % der Lebendmasse (Tabelle 6, Tabelle 7). Die Futteraufnahme in der Laktation liegt weit gestreut von 8,50 – 27,02 kg, in der Trockenstehzeit weit weniger gestreut von 7,10 – 17,18 kg. Der Kraftfutteranteil schwankt von 0,8 – 59,6 % in der Laktation, wobei sich hier der angestrebte Anteil von 50 % im Versuch 2 niederschlägt. Dies führt auch zu signifikanten Unterschieden zwischen beiden Versuchen, besonders in Bezug auf fütterungsbedingte Parameter.

Die durchschnittliche Ration in der Laktation enthält pro kg TM 152 g XP, 384 g NDF und 6,46 MJ NEL und führt zu einer beinahe ausgeglichenen RNB pro kg Gesamtration (0,82 ± 1,47 g/kg TM). Im Pansen ergibt sich durchschnittlich ein leichter Überschuss an Stickstoff

(N) mit 14,4 g/d. Allerdings reicht die Spannweite von -53,4 – 83,3 g/d und bedingt auch den 166 % hohen Variationskoeffizienten. Ein kg Grundfutter verursacht durchschnittlich eine leicht negative RNB (-0,85 ± 1,77g/kg TM). In der Trockenstehzeit sind sowohl die RNB des Grundfutters und der Gesamtration leicht positiv. Der durchschnittliche N-Überschuss im Pansen liegt mit 18,7 g/d etwas höher als in der Laktation, schwankt aber immerhin etwas geringer zwischen -49,9 und 72,8 g/d. Zwar enthält die durchschnittliche Gesamtration in der Trockenstehzeit nur 12 g weniger XP pro kg TM als in der Laktation, aber nur 5,90 MJ NEL, was sich in höheren NDF-Gehalten (447 vs. 384 g/kg TM) und in niedrigeren Gehalten an Nichtfaser-Kohlenhydraten (NFC) (269 vs. 341 g/kg TM) widerspiegelt.

Laktierende Kühe nehmen durchschnittlich 2652 g nXP pro Tag auf, die Streubreite liegt zwischen 1154 und 4222 g. Trockenstehende Tiere liegen deutlich darunter (1696 ± 291 g) mit einem gleichzeitig geringeren Variationskoeffizienten. Dies verdeutlicht insgesamt den fehlenden Bedarf für die Milchleistung. So lag der nXP-Bedarf in der Trockenstehzeit bei durchschnittlich 550 g/d, in der Laktation bei einer durchschnittlichen Milchleistung von 23,4 kg/d und 3,34 % Eiweißgehalt bei 2356 g/d. Die Milchmenge schwankt zwischen 2,1 und 48,9 kg und bildet alle Stadien der Laktation ab. Sie verursacht auch die großen Unterschiede im Proteinbedarf (728 – 3755 g nXP) in der Laktation. Ein ähnliches Verhalten zeigt auch die Energieversorgung der Tiere. Die NEL-Aufnahme liegt in der Laktation mit 116,4 MJ/d (53,3 – 181,0 MJ/d) deutlich höher als in der Trockenstehzeit mit durchschnittlich 76,1 MJ/d (42,4 – 105,6 MJ/d) und hat ebenfalls einen höheren Variationskoeffizienten. Der Energiebedarf verhält sich ähnlich.

Energie- und nXP-Bilanz zeigen jedoch, dass Aufnahme und Bedarf nicht immer miteinander einhergehen. So zeigt die Energiebilanz starke Energiedefizite bis deutliche Überschüsse (-103,3 – 68,4 MJ NEL/d), die einerseits von frischabgekalbten höchstlaktierenden Tieren mit geringer Futteraufnahme stammen, andererseits von Körperreserven wiederauffüllenden spätlaktierenden Tieren. Im Durchschnitt war die Energiebilanz in der Laktation nahezu ausgeglichen (-0,5 MJ NEL/d). Die mittlere Energiebilanz von 20,2 MJ NEL/d in der Trockenstehzeit weist auf eine Erhöhung der Körperkondition der Tiere hin. So waren trockenstehende Tiere um 94 kg schwerer und hatten mit 3,34 statt 2,97 Pkt. eine höhere Kondition. Die nXP-Bilanz streut in der Laktation ebenfalls von stark negativ bis positiv und ist in der Trockenstehzeit mit einem geringeren Variationskoeffizienten deutlich höher. Auch fällt das Minimum nicht in den negativen Bereich.

Die starken LM-Unterschiede in der Laktation (649 ± 80kg; 474 – 887 kg), sowie in der Trockenstehzeit (743 ± 101; 536 – 981 kg) zeigen einerseits die Verwendung von Tieren stark unterschiedlicher Lebendmasse in diesem Versuch, andererseits den signifikanten Einfluss von Trockenstehzeit und Laktation.

Die Körpermaße Brustumfang, Bauchumfang, Brusttiefe (BT), Mittelhandlänge (MHL), Kreuzhöhe (KH) und Körperbreite (KB) zeigen ebenfalls deutliche Differenzen innerhalb und zwischen den trockenstehenden und laktierenden Tieren. Der BCS weist ähnlich wie die LM einen Variationskoeffizienten von ca. 13 % auf. Die RFD liegt mit ca. 27 % deutlich über den restlichen Körpermaßen (2,8 – 6,8 %). Alle Körpermaße außer MHL und KH sind in der

Trockenstehzeit höher als in der Laktationszeit. Besonders deutlich verändert sich der Bauchumfang, was vor allem mit der Trächtigkeit zusammenhängt.

Die Milch (23,4 ± 7,42) hatte einen durchschnittlichen Gehalt von 4,33 % Fett, 3,34 % Eiweiß und 4,62 % Laktose. Die Spannweite von 2,1 – 48,9 kg Milch zeigt Kühe in jedem Laktations- und Leistungsstadium. Minimum und Maximum der Milchinhaltstoffgehalte liegen bei 2,65 – 7,18 % Fett, 2,45 – 4,48 % Eiweiß und 3,88 – 4,98 % Laktose.

Tabelle 5: Datengrundlage für die Auswertung geordnet nach fixen Effekten und Laktationsstadium

Anzahl der Datensätze und Tiere in den Klassen der fixen Effekte Rasse, Laktationszahl und Versuch sowie zusätzlich Stadium																		
	Rasse					**Summe**	**Laktationszahl**					**Summe**	**Versuch**		**Summe**	**Stadium**		**Summe**
	1	2	3	4	5		0	1	2	3	≥4		1	2		trocken	laktierend	
Daten	106	67	119	112	210	**614**	6	207	174	148	79	**614**	493	121	**614**	97	517	**614**
Tiere	14	9	15	19	33	**90**	6	49	36	30	15	**136**	83	29	**112**	64	87	**151**

Anzahl der Datensätze für den fixen Effekt der Wechselwirkung Rasse × Zeit und den fixen Effekt Zeit																		
	Trockenstehzeit (Wochen a.p.)					**Laktation (Monate p.p.)**												**Summe**
	-10	-8	-6	-4	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Rasse 1	7	6	4	8	2	11	9	8	7	8	7	7	7	7	6	1	1	**106**
Rasse 2	0	3	2	1	2	6	6	6	4	5	5	2	5	6	3	3	8	**67**
Rasse 3	2	4	5	4	5	9	9	10	7	8	9	7	7	11	9	5	8	**119**
Rasse 4	2	2	3	1	6	12	12	11	10	12	8	5	8	5	6	5	4	**112**
Rasse 5	3	5	9	5	6	22	19	23	19	15	12	9	16	13	15	5	14	**210**
Summe	**14**	**20**	**23**	**19**	**21**	**60**	**55**	**58**	**47**	**48**	**41**	**30**	**43**	**42**	**39**	**19**	**35**	**614**

Tabelle 6: Charakterisierung von futterbedingten Parametern getrennt nach Laktation und Trockenstehzeit

Parameter	Einheit	Laktation						Trockenstehzeit					
		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum
Futteraufnahme													
GF	kg TM/d	517	12,47	2,17	17,4	6,35	18,10	97	12,45	1,80	14,4	6,27	17,09
KF	kg TM/d	517	5,40	3,53	65,4	0,13	12,95	97	0,43	0,79	187,0	0,00	3,58
GES	kg TM/d	517	17,87	3,57	20,0	8,50	27,02	97	12,87	1,94	15,0	7,10	17,18
GES_LM	% der LM	517	2,78	0,57	20,6	1,47	4,16	97	1,76	0,32	18,1	0,90	2,80
GES_LMx	g/kg LM^{x}	517	139,6	27,7	19,8	72,1	209,3	97	91,3	15,0	16,5	47,7	138,4
Nährstoffaufnahme													
XP	g/d	517	2742	680	24,8	946	4569	97	1813	395	21,8	836	2746
nXP	g/d	517	2652	650	24,5	1154	4222	97	1696	291	17,2	918	2390
RNB	g/d	517	14,4	23,9	166,0	-53,4	83,3	97	18,7	30,8	164,4	-49,9	72,8
NEL	MJ/d	517	116,4	27,4	23,5	53,3	181,0	97	76,1	12,5	16,5	42,4	105,6
XF_LM	g/kg LM	517	5,4	0,9	16,7	3,4	8,7	97	4,3	0,8	18,1	2,1	6,2
NDF_LM	g/kg LM	517	10,5	1,7	16,2	6,5	16,3	97	7,8	1,4	17,9	4,0	11,3
Kraftfutteranteil und Nährstoffkonzentration Grundfutter													
XP	g/kg TM	517	126	13	10,5	88	165	97	138	17	12,7	108	165
nXP	g/kg TM	517	130	4	3,0	124	138	97	130	4	3,3	124	138
RNB	g/kg TM	517	-0,58	1,77	-303,4	-5,68	4,53	97	1,28	2,32	180,7	-3,75	5,13
XF	g/kg TM	517	253	12	4,6	228	282	97	254	14	5,5	227	276
NDF	g/kg TM	517	461	17	3,6	414	495	97	457	21	4,7	414	493
NFC	g/kg TM	517	283	23	8,2	230	337	97	264	26	9,9	229	326
ME	MJ/kg TM	517	10,01	0,26	2,6	9,47	10,57	97	9,87	0,25	2,6	9,48	10,51
NEL	MJ/kg TM	517	5,98	0,19	3,2	5,60	6,36	97	5,88	0,18	3,1	5,60	6,33
Gesamtration													
KF_%	% der TM	517	27,9	17,0	60,7	0,8	59,6	97	3,1	5,4	173,2	0,0	23,7
XP	g/kg TM	517	152	15	9,7	100	193	97	140	18	13,0	107	172
nXP	g/kg TM	517	147	11	7,3	122	167	97	131	5	4,2	123	147
RNB	g/kg TM	517	0,82	1,47	177,8	-4,84	5,80	97	1,40	2,36	168,9	-3,72	5,09
XF	g/kg TM	517	200	34	16,8	135	271	97	247	15	6,2	219	276
NDF	g/kg TM	517	384	45	11,8	308	476	97	447	23	5,2	400	493
NFC	g/kg TM	517	341	56	16,4	227	449	97	269	30	11,3	228	350
ME	MJ/kg TM	517	10,66	0,51	4,8	9,33	11,48	97	9,89	0,27	2,7	9,41	10,42
NEL	MJ/kg TM	517	6,46	0,37	5,7	5,52	7,06	97	5,90	0,19	3,2	5,56	6,29

Tabelle 7: Charakterisierung der Parameter von Milchleistung, Nährstoffversorgung und Körpermaßen getrennt nach Laktation und Trockenstehzeit

Parameter	Einheit	Laktation						Trockenstehzeit					
		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum
Milchleistung													
Milch	kg/d	506	23,4	7,42	31,7	2,1	48,9						
ECM	kg/d	506	24,0	7,20	30,0	2,1	51,2						
Fett_%	%	506	4,33	0,58	13,3	2,65	7,18						
Eiw_%	%	506	3,34	0,33	9,7	2,45	4,48						
Lakt_%	%	506	4,62	0,18	3,8	3,88	4,98						
Fett_g	g/d	506	1001	316	31,6	87	2361						
Eiw_g	g/d	506	774	234	30,2	74	1418						
Lakt_g	g/d	506	1089	360	33,1	87	2210						
Energieversorgung													
R_NEL	MJ/d	506	117,7	23,2	19,7	49,9	207,8	97	55,9	6,4	11,4	37,2	72,1
B_NEL	MJ/d	506	-0,5	22,0	-4241	-103,3	68,4	97	20,2	14,1	69,5	-19,0	61,6
B_NEL	%	506	100,4	18,6	18,6	38,4	169,1	97	138,1	28,3	20,5	69,0	241,0
Proteinversorgung													
R_nXP	g/d	506	2356	574	24,4	728	3755	97	550	59	10,7	384	683
B_nXP	g/d	506	315	415	131,5	-1446	1763	97	1146	235	20,5	533	1736
B_nXP	%	506	115,4	21,0	18,4	46,4	233,4	97	306,3	23,9	7,8	238,7	366,2
Lebendmasse und Körpermaße													
LM	kg	517	649	80	12,3	474	887	97	743	101	13,6	536	981
BU	cm	511	203	8,5	4,2	178	230	94	211	10,1	4,8	186	235
BA	cm	511	248	12,1	4,9	216	286	94	263	14,7	5,6	223	297
BT	cm	511	78	2,8	3,6	70	87	94	79	2,8	3,5	72	85
MHL	cm	511	95	5,7	6,0	74	108	94	94	5,6	5,9	80	108
KH	cm	512	146	4,2	2,9	134	157	93	145	4,1	2,8	136	155
KB	cm	511	53	3,0	5,7	46	65	94	55	3,7	6,8	49	65
BCS	Pkt.	516	2,97	0,41	13,8	1,61	4,34	96	3,34	0,44	13,3	2,60	4,48
RFD	mm	411	10,0	2,8	28,4	7,0	30,0	61	11,9	3,2	26,6	7,0	20,0

3.2.4 Statistische Modelle

3.2.4.1 Auswertung Teil 1 – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Zeit

Für die Entwicklung des endgültigen Modelles zur Auswertung aller Parameter wurden systematisch Haupteffekte (Rasse, Laktationszahl, Zeit), Nebeneffekte (Versuch, Versuchstermin, Stadium) und als zufälliger Effekt Tier genestet in der Rasse getestet. Mit zusätzlicher Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Zeit × Laktationszahl und/oder Laktationszahl × Rasse waren die die Fragestellung betreffenden Haupteffekte nicht schätzbar. Versuchstermin und Stadium waren nicht signifikant oder führten zu einer Überparametrisierung des Modelles.

Die Auswertung basiert auf der Procedure Mixed des Programmes SAS 9.22 (2010; Version 9.22, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) mit der Varianzkomponentenschätzung Methode *REML*, der Freiheitsgradapproximation nach *Kenward-Roger* und der nach dem Akaike-Informationskriterium (AIC) ausgewählten Kovarianzstruktur *VC*. Als Signifikanzniveau für die paarweisen Mittelwertvergleiche nach *Tukey-Kramer* wurde ein Alpha von 0,05 herangezogen.

$$Y_{ijklmn} = \mu + R_i + L_j + Z_k + V_l + (R \times Z)_{ik} + T(R)_m + \varepsilon_{ijklmn}$$

Y_{ijklmn} = Beobachtungswert des abhängigen Parameters

μ = Intercept

R_i = fixer Effekt der Rasse i (i = 1, 2, 3, 4, 5)

L_j = fixer Effekt der Laktationszahl j (j =0, 1, 2, 3, ≥4)

Z_k = fixer Effekt der Zeit k (k = -10, -8, -6, -4, -2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)

V_l = fixer Effekt des Versuches l (l = 1, 2)

$(R \times Z)_{ik}$ = Wechselwirkung zwischen Rasse i und Zeit k

$T(R)_m$ = zufälliger Effekt Tier genestet in der Rasse

ε_{ijklmn} = Restkomponente

In den Ergebnistabellen sind die LS-Means der fixen Effekte, die P-Werte der fixen Effekte und die der Wechselwirkung sowie der RMSE (root mean sqare error) der Schätzung angeführt (Tabelle 8, Tabelle 9, Tabelle 10, Tabelle 11). Die LS-Means der wichtigsten Parameter für Rasse × Zeit sind in Tabellen im Anhang einsehbar (Tabelle 14, Tabelle 15), die dazugehörigen Wechselwirkungsgrafiken im Ergebnisteil.

3.2.4.2 Auswertung Teil 2 – Schätzung der Lebendmasse

Ziel ist es, einerseits den Einfluss von einzelnen Körpermaßen, von BCS und RFD auf die Lebendmasse im Laufe der Zeit zu ergründen, und andererseits aus der Kombination der einflussreichsten Körpermaße und gegebenenfalls auch gemeinsam mit BCS und RFD eine Schätzformel für die LM in Abhängigkeit von der Zeit zu entwickeln. Die fixen Haupteffekte Rasse, Laktationszahl und Zeit sind zu berücksichtigen. Die Gestaltung der Zeit als fixer Effekt ermöglicht die Modellierung von Wechselwirkungen der Regressionsvariablen innerhalb der Zeitstufen (GRUBER et al. 2004). Für eine Anwendung in der Praxis ist eine möglichst genaue, aber auf zuverlässig und einfach erhebbaren Merkmalen basierende robuste Schätzformel nötig. Bewertungskriterien waren daher nicht nur der AIC-Wert und der RMSE für die Schätzgenauigkeit des Modelles, sondern auch die Auswirkungen auf die Signifikanzen der Haupteffekte. Während des Testens stellte sich das Verhalten der Regressionskoeffizienten der Körpermaße im Laufe der Zeit als wichtiges Bewertungskriterium heraus.

$$LM_{ijklmn} = \mu + R_i + L_j + Z_k + \sum b_l \times X_l + T(R)_m + \varepsilon_{ijklmn}$$

LM_{ijklmn} = Beobachtungswert des abhängigen Parameters LM

μ = Intercept

R_i = fixer Effekt der Rasse i (i = 1, 2, 3, 4, 5)

L_j = fixer Effekt der Laktationszahl j (j =0, 1, 2, 3, ≥4)

Z_k = fixer Effekt der Zeit k (k = -10, -8, -6, -4, -2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)

b_l = linearer Regressionskoeffzient des l-ten Körpermaßes bzw. BCS oder RFD X_l

$T(R)_m$ = zufälliger Effekt Tier genestet in der Rasse

ε_{ijklmn} = Restkomponente

Das Ausgangsmodell bildete das zuvor entwickelte allgemeine Modell zur Auswertung aller Parameter. Zahlreiche Tests mit zusätzlichen Körpermaßen führten zur Reduktion des fixen Effektes Versuch und der Wechselwirkung Rasse × Zeit. Um den Einfluss der einzelnen Parameter auf die LM festzustellen, wurden Körpermaße, BCS und RFD im nun entwickelten Modell einzeln mit linearen und quadratischen Effekten getestet. Die Bewertung der Einzelmodelle nach dem AIC-Wert, der Signifikanz der quadratischen Effekte sowie deren Auswirkungen auf den Verlauf der Regressionskoeffizienten in der Zeit und auf die Haupteffekte führten zu einer Reduktion der Modelle auf einfache lineare Regressions-parameter. Danach wurden die 2 nach dem AIC-Wert und dem RMSE günstigsten Körpermaße (BA, BU) mit den nächstbesten Körpermaßen sowie mit BCS und RFD zu einem Modell mit jeweils 3 Regressionsvariablen kombiniert. Eine ähnliche stufenweise Vorgangsweise nehmen auch YAN et al. (2009) sowie BANOS und COFFEY (2012) für deren LM-Vorhersage vor. Die Testung von Modellen mit mehr als 3 Regressionsvariablen verbesserte die Schätzgenauigkeit und den AIC-Wert unwesentlich, ergab jedoch verstärkt

schwankende Regressionskoeffizienten im Laufe der Zeit (Abbildung 4). Daher wurden aus den Modellen mit 3 Parametern diejenigen mit der höchsten Schätzgenauigkeit, mit dem niedrigsten AIC-Wert und mit der geringsten Streuung der Regressionskoeffizienten gewählt.

Die endgültigen und wichtigsten Schätzformeln sind in Tabelle 13 im Ergebnisteil so angeführt, dass man je nach Rasse und Laktationszahl die Klasseneffekte und das Intercept aufsummieren kann. Die Regressionskoeffizienten der Körpermaße und der fixe Effekt Zeit sind dabei nach den angepassten Kurven zu berechnen. Da die Zeit als fixer Effekt in das Modell einbezogen wurde, beugt die angepasste Kurve „Sprüngen" zwischen den Zeitklassen vor. Die ursprünglichen Schätzwerte befinden sich im Anhang (Tabelle 16). In der Trockenstehzeit waren Parameter aufgrund der geringen Datenmenge teilweise nicht schätzbar. Der Verlauf der Regressionskoeffizienten ist grafisch im Ergebnisteil dargestellt (Abbildung 5, Abbildung 6).

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Teil 1 – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Zeit

4.1.1 Futteraufnahme

Die Rasse hat auf die GF-Aufnahme keinen signifikanten Einfluss, auf die KF- und die GES-Aufnahme jedoch schon. In der KF-Aufnahme unterscheidet sich nur FV100 (3,85 kg TM/d) signifikant mit dem geringsten KF-Verzehr von HF_BS25 (5,46 kg TM/d) mit dem höchsten. In der GES-Aufnahme unterscheidet sich FV100 nur von den 2 am höchsten ECM-leistenden Gruppen HF_BS25 und HF_FV12.5, obwohl alle HF-Gruppen signifikant mehr Milch produzieren als FV100. Die tendenzielle Differenz zwischen FV100 und HF100, welche die geringste Futteraufnahme und Milchleistung aller HF-Gruppen haben, wird unter der Berücksichtigung der LM signifikant. Betrachtet man die Milchleistung, so geben alle HF-Gruppen um durchschnittlich 4,78 kg mehr ECM als FV100, fressen aber nur um 1,44 kg TM/d mehr, davon 1,01 kg Kraftfutter. Die höhere Futteraufnahme von milchbetonten Rassen und von Tieren mit höherer Milchleistung bestätigen auch zahlreiche andere Studien (GRUBER et al. 1995 und 2004, DILLON et al. 2003a, SÆTHER et al. 2010).

FV_HF12.5 weist mit 12,68 kg TM/d die höchste GF-Aufnahme auf, FV100 mit 11,74 kg TM/d die geringste. HF_FV12.5 erreicht aufgrund der höchsten GF-Aufnahme und der dritthöchsten KF-Aufnahme von 4,71 kg die höchste GES-Aufnahme von 17,41 kg TM/d. HF_BS25 hat zwar den zweitniedrigsten GF-Verzehr, aber mit 5,46 kg den höchsten KF-Verzehr und erreicht damit die zweithöchste GES-Aufnahme. Ein hoher KF-Verzehr reduziert die GF-Aufnahme bei gleicher GF-Qualität und erhöht die GES-Aufnahme (GRUBER et al. 1995). Die aktuelle Studie hat eine ähnliche GF-Qualität, aber einen höheren KF-Anteil als im angeführten Versuch. Daher ist die GES-Aufnahme der Rassen HF und FV in der aktuellen Studie höher, die GF-Aufnahme geringer als bei GRUBER et al. (1995).

Die GF-Qualität ist im aktuellen Versuch zwischen den Rassen statistisch ident. Daher hängen Rassenunterschiede in der GES-Aufnahme hauptsächlich 1. mit der durch den KF-Anteil tendenziell besseren GES-Qualität für die HF-Gruppen und 2. mit deren höheren

Leistungsbedarf zusammen. Da aber eine höhere Milchleistung bei bedarfsgerechter Fütterung auch eine höhere Energiekonzentration bedingt, sind im Modell des aktuellen Versuches diese 2 Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme nicht getrennt. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Energiekonzentration und der Milchleistung reduziert sich die erhöhte Futteraufnahme für milchbetonte Rassen auf deren durch den intensiveren Stoffwechsel erhöhten Erhaltungsbedarf (GRUBER et al. 2004).

FV100 verzehrt 2,10% seiner LM, um 0,5 %-Pkt. signifikant weniger als HF100 und um 0,48 %-Pkt. weniger als der Durchschnitt der HF-Gruppen. HF_FV12.5 hat von den HF-Gruppen trotz der höchsten Futteraufnahme die geringste prozentuelle Aufnahme (2,49 %). Bezogen auf die metabolische Lebendmasse (LM^x) liegt die Aufnahme von HF100 um 19 % und von HF_BS25 um 23 % höher als von FV100 mit 109,1 g/kg LM^x. Die FV-Gruppen sind auch die schwersten Gruppen. Die HF-Kühe bei GRUBER et al. (1995) schneiden mit 131,9 g/kg LM^x ähnlich wie im aktuellen Versuch ab, während FV mit 114,1 g/kg LM^x etwas höher liegt. Tiere mit einer kraftfutterbetonten Fütterung steigern ebenfalls die Futteraufnahme bezogen auf die LM. Die Werte von GRUBER et al. (1995) betreffen jedoch nur die Laktation, und die Lebendmasse der Rassen ist ebenfalls nicht gleich. DILLON et al. (2003a) erreichen in einem weidebasierten System ebenfalls höhere Futteraufnahmen mit und ohne Bezug auf die Lebendmasse absteigend von dänischen HF, irischen HF zu den weniger milchbetonten französischen Montbeliarde- und Normande-Kühen. Die Resultate der aktuellen Studie bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Versuche, dass ein höherer KF-Anteil auch die Futteraufnahme pro kg LM^x steigert und milchbetontere Kühe eine höhere Aufnahme haben.

Die Laktationszahl beeinflusst die Aufnahme an GF, KF und GES stärker als die Rasse ($P = 0{,}001$; $< 0{,}0001$; $< 0{,}0001$). Bezogen auf die LM ist nur ein tendenzieller Einfluss zu bemerken. Dies bedeutet, dass sich die Futteraufnahme mit der Lebendmasse und damit mit dem Rahmen entwickelt. Es zeichnet sich eine Steigerung aller Parameter bis zur 3. Laktation, und ein leichter Rückgang in der ≥4. Laktation ab. Nur hinsichtlich GF-Aufnahme fressen Kühe der ≥4. Laktation mit 12,64 kg geringfügig mehr als in der 3. Laktation. Die 1. Laktation unterscheidet sich bezüglich GF- und GES-Verzehr von allen anderen signifikant. Der KF-Verzehr von 1. und 2. Laktation ist statistisch ident. Die 2. Laktation unterscheidet sich nur hinsichtlich KF- und GES-Aufnahme von der 3. Laktation signifikant, aber nicht bezüglich GF-Aufnahme. Auch bei MOORE und MAO (1990) erreicht die GES-Aufnahme in der 3. und 4. Laktation das Maximum. Der Anstieg der Futteraufnahme fällt in der 3. Laktation zu Laktationsbeginn geringer als bei jüngeren Tieren aus, und das Maximum liegt erst am 100. Tag p.p.. Erstlaktierende Kühe fressen bereits am 50. Tag p.p. am meisten, die Futteraufnahme sinkt allerdings auch geringer ab.

In der aktuellen Studie fressen Erstlaktierende mit 11,67 kg nur um durchschnittlich 0,97 kg weniger GF als Tiere in der ≥4. Laktation. Drittlaktierende Tiere verzehren um 1,58 kg mehr KF als in der 1. Laktation, um 2,72 kg insgesamt mehr und geben um 4,68 kg mehr Milch. Erstlaktierende nehmen mit 15,76 kg insgesamt um 1,38 kg signifikant weniger als Tiere der 2. Laktation auf. Die Steigerung um 1,34 kg/TM d von der 2. zur 3. Laktation mit 18,48 kg ist ebenfalls signifikant. Unter Berücksichtigung der Lebendmasse haben drittlaktierende Tiere

mit 2,59 % und 133,6 g/kg LM^x die tendenziell höchste GES-Aufnahme. Tiere in der ≥4. Laktation haben sogar eine geringere als in der 2. Laktation, sind aber auch um 39 kg schwerer.

Auch in der aktuellen Studie sind wieder die Effekte von Kraftfutteranteil, Futterqualität und Milchleistung auf die Futteraufnahme mit der Laktationszahl vermengt, ähnlich wie in der Untersuchung von MOORE und MAO (1990). Die Autoren begründen den Effekt der Laktationszahl, der ähnlich wie in der aktuellen Studie ausfällt, mit den Unterschieden in Leistung und Wachstum. Unter Berücksichtigung all dieser Einflussfaktoren erklären GRUBER et al. (2004) die sich trotzdem ergebende geringere Aufnahme erstlaktierender Tiere mit dem noch nicht voll entwickelten Verdauungsraum. Die leichte Abnahme in der 4. Laktation basiert auf vermehrten Gesundheitsproblemen.

Deutlich wird der Einfluss des KF im hochsignifikanten Effekt der Fütterung. Tiere im Versuch 2 fraßen 1,38 kg weniger GF, 3,56 kg mehr KF und mit 17,70 kg insgesamt um 2,05 kg mehr als im Versuch 1. Einerseits wird die GF-Verdrängung bei hohen Kraftfutterrationen in Abhängigkeit von der Deckung der Energiebilanz physiologisch geregelt. Andererseits hemmt der durch den sinkenden pH-Wert im Pansen reduzierte Abbau von Faserkohlenhydraten die GF-Aufnahme (KIRCHGESSNER et al. 2011). Dies erklärt, warum 1 kg KF zusätzlich im 1. Laktationsdrittel die Futteraufnahme mehr als am Laktationsende steigert (GRUBER et al. 2004). Der Energiegehalt beider Rationen liegt jedoch ident bei 6,26 MJ NEL/kg TM. Der NFC-Gehalt war im Versuch 2 aber um 66 g höher. Weiters betrifft der kraftfutterbetonte Versuch 2 nur die ersten 121 Laktationstage. Dies lässt darauf schließen, dass nicht die Deckung des Energiebedarfes die ausschlaggebende Rolle in der GF-Aufnahme spielt, sondern ein niedrigerer pH-Wert. Weiters führt die kraftfutterreiche Ration zu keiner Steigerung der Milchmenge, aber zumindest signifikant zu höheren Eiweißgehalten und Eiweißmengen (+61 g/d) und geringerem Milchfett (-92 g/d) als im Versuch 1. Tiere mit der kraftfutterreichen Ration fraßen hochsignifikant mehr in Bezug auf die Lebendmasse und waren dementsprechend energetisch hochsignifikant überversorgt.

Der Einfluss des Laktationsstadiums ist für alle in der Tabelle 9 angeführten Parameter der Futteraufnahme hochsignifikant ($P < 0,0001$). Die GF-Aufnahme in den Zeitstufen der Trockenstehzeit unterscheidet sich nicht signifikant und liegt zwischen 11,59 und 12,32 kg TM. Am 17. und 42. Laktationstag nach der Abkalbung fressen die Tiere um 1,7 und 1,54 kg signifikant weniger als am -6. Tag a.p.. Vom 17. bis zum 97. Laktationstag steigern die Kühe die GF-Aufnahme von 10,60 kg nur um 0,9 kg. Das geht mit der besonders starken Steigerung des KF-Verzehrs um 2,54 kg in den ersten 42 Laktationstagen und mit dem Erreichen dessen Maximums von 8,57 kg am 97. Laktationstag einher. Auch GRUBER et al. (1995) vermerken eine deutlich geringere Steigerung des GF-Verzehrs bei bedarfsgerechter Kraftfutterergänzung verglichen mit nicht bedarfsgerecht ergänzten Fütterungsgruppen, jedoch zu Laktationsbeginn auf höherem Niveau als in der aktuellen Studie. Dies resultiert aus dem höheren KF-Verzehr in der aktuellen Studie in diesem Zeitraum. Wiederum bestätigen sich die Ergebnisse von GRUBER et al. (1995), dass ein höheres Kraftfutterangebot bei gleicher GF-Qualität die GF-Aufnahme verringert. Gegenläufig zum KF-Verzehr erhöht sich die GF-Aufnahme im aktuellen Versuch zwischen 97. und 125.

Laktationstag während einer Reduktion des Kraftfutters um 1,24 kg sprunghaft um 0,84 kg. Danach verbleibt die GF-Aufnahme wie bei GRUBER et al. (1995) zwischen 12,34 und 13,03 kg, während die KF-Aufnahme stetig auf 3,67 kg bis zum 293. Laktationstag zurückgeht. Am 209. Laktationstag erreichen die Tiere mit 13,03 kg den höchsten GF-Verzehr, dem ebenfalls eine verhältnismäßig starke Reduktion des KF-Verzehrs auf 6,26 kg zwischen 184. und 209. Laktationstag vorangeht. Davor liegt der KF-Verzehr vom 42. bis 184. Tag im Bereich von 7,00 bis 8,57 kg.

Die KF-Aufnahme sinkt in der Trockenstehzeit nicht signifikant von 2,35 kg auf 0,61 kg vom -68. bis zum -6. Tag a.p.. Die Kühe nehmen am -6. Tag a.p. sehr signifikant weniger auf als in allen Laktationsmonaten und zeigen damit den deutlichen Unterschied zwischen Trockenstehzeit und Laktation. Die GES-Aufnahme schwankt nicht signifikant in der Trockenstehzeit zwischen 12,93 und 14,25 kg und liegt durchschnittlich bei 13,5 kg. Damit ist sie höher als in der Fütterungsgruppe mit guter GF-Qualität und bedarfsgerechter KF-Ergänzung bei GRUBER et al. (1995), die einen geringeren KF-Anteil und eine etwas geringere GF-Qualität verwendeten. Unter Berücksichtigung der Lebendmasse sinkt die prozentuelle Futteraufnahme nicht signifikant von 2,05 % auf 1,71 % der Lebendmasse bis zum -6. Tag a.p..

Zu Laktationsbeginn fressen die Kühe mit 15,57 kg (2,45 % der LM) signifikant mehr als am -6. Tag a.p.. Sie steigern die GES-Aufnahme, ähnlich wie die bedarfsgerecht ergänzte und mit guter GF-Qualität versorgte Fütterungsgruppe von GRUBER et al. (1995), bis zum 97. Laktationstag auf 20,02 kg (3,10 %). Während danach die GES-Aufnahme in der Studie von GRUBER et al. (1995) beinahe linear abfällt, verbleibt sie in der aktuellen Studie vom Maximum bis zum 209. Laktationstag im Bereich von 29,26 und 20,02 kg auf einem Plateau. Anschließend fällt sie auf 17,16 kg, nämlich um 2,1 kg TM, davon sind aber 1,82 kg Kraftfutter. Ab dem 238. Laktationstag pendeln sich KF-Anteil, GF- und GES-Aufnahme auf dem Niveau der Ergebnisse von GRUBER et al. (1995) ein. Dies bedeutet, dass diese hohe GES-Aufnahme nur durch den hohen KF-Anteil aufrechterhalten wurde, und die GES-Aufnahme durch ein höheres KF-Niveau steigt (GRUBER et al. 1995).

Ähnlich verhält sich auch die Futteraufnahme bezogen auf die metabolische Lebendmasse. In der Laktation nehmen die Tiere zu Beginn 122,7 g TM/kg LM^x auf, und erreichen die signifikant höchste Aufnahme mit 156,0 g TM/kg LM^x wieder am 97. Laktationstag und senken den Verzehr danach auf 121,3 g TM/kg LM^x ab. In der Trockenstehzeit sinkt die auf die LM^x bezogene Futteraufnahme nicht signifikant von 104,2 auf 89,5 g TM/kg LM^x. Wieder ist eine plateauförmige Kurve mit dem deutlichen Abfall hin zum 238. Laktationstag erkennbar.

Obwohl der Rückgang der Futteraufnahmeparameter vor der Abkalbung nicht unbedingt statistisch signifikant ist, ist er gut erkennbar. Der Einbruch der Futteraufnahme im perinatalem Zeitraum basiert auf der Anpassung des Stoffwechsels von der Trächtigkeit zur Laktation und unterliegt hauptsächlich biochemischen Regulationsmechanismen (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000, LINS et al. 2003). Leptin, Insulin, Östrogen, Oxytozin und durch die Mobilisation entstehende NEFA hemmen die Futteraufnahme. Auch die in der aktuellen

Studie starke Steigerung der Futteraufnahme nach der Abkalbung ist demnach ein Resultat dieser Regelungsmechanismen und spiegelt die unterschiedlichen physiologischen Stadien im Zeitverlauf wider.

Nach der Futteraufnahmeschätzformel von GRUBER et al. (2004) nehmen Kühe im 1. Monat um 3 kg TM weniger auf als am Laktationsende und steigern die Futteraufnahme bis Laktationsende. Dies ergibt sich nur mit der zusätzlichen Berücksichtigung von Milchleistung und Kraftfutter sowie anderer Faktoren im statistischen Modell. Es zeigt sich auch, dass der Einfluss der Milchleistung mit dem Laktationsstadium ansteigt und der Einfluss der Kraftfuttermenge abnimmt, was eine zunehmende GF-Verdrängung mit sinkender Leistung und daher geringerem Energiebedarf bedeutet.

In der GF- und KF-Aufnahme gab es keine Wechselwirkung von Rasse und Zeit (P = 0,356; 0,070), in der GES-Aufnahme und in der Futteraufnahme bezogen auf die (metabolische) Lebendmasse schon. Man muss allerdings bedenken, dass gegen Laktationsende weniger Daten vorhanden und Schätzungen ungenauer sind. Wenige Tiere beeinflussen die Werte stärker.

4.1.2 Nährstoffaufnahme

Wie auf die Futteraufnahmeparameter wirkt sich die Rasse nur signifikant auf die Protein- und Energieaufnahme aus, die Laktationszahl jedoch hochsignifikant. Die Laktationszahl beeinflusst im Gegensatz zur Rasse NDF- und XF-Aufnahme bezogen auf die Lebendmasse nicht. Der Faktor „Versuch“ hatte nur tendenzielle Auswirkungen auf die XP-Aufnahme, jedoch hochsignifikante auf die nXP- und NEL-Aufnahme. Bezüglich Faseraufnahme war nur die XF-Aufnahme signifikant. Die RNB wird nur vom Versuch hochsignifikant beeinflusst. Für alle Parameter tritt eine tendenzielle bis signifikante Wechselwirkung zwischen Zeit und Rasse auf.

FV100 nimmt durchschnittlich um 257 g XP, 248 g nXP und um 10,2 MJ NEL pro Tag weniger als die 4 HF-Gruppen auf. Trotzdem unterscheidet sich FV100 ähnlich wie in der KF-Aufnahme nur von BS_HF25 mit den höchsten Aufnahmen signifikant. HF100 nimmt von allen anderen HF-Gruppen mit 2406 g XP, 2352 g nXP und 104,1 MJ NEL am geringsten Nährstoffe auf, hat aber auch die geringste Milchleistung. Die Milchleistung bleibt in diesem statistischen Modell unberücksichtigt. Die RNB schwankt zwischen 8,5 (HF100, HF_FV12.5) und 13,8 g N bei HF_BS25. Hinsichtlich der Aufnahme von XF (P < 0,007) und NDF/kg LM (P < 0,008) jedoch reicht der Unterschied zwischen FV100 und allen anderen HF-Gruppen für eine Signifikanz aus. Durchschnittlich nimmt FV100 um 0,9 g weniger XF und um 1,7 g weniger NDF pro kg Lebendmasse auf. Die HF-Gruppen sind statistisch ident. Die höchste Aufnahme weist HF100 mit 5,3 g XF und 10,2 g NDF auf, gefolgt von HF_BS25. Die physikalisch limitierende NDF-Aufnahme von 12,5 g /kg LM wird von keiner Rasse erreicht und spricht für eine zum Bedarf relativ energiereiche Versorgung (MERTENS 1994). Eine niedrigere XP-, nXP- und Energieaufnahme von FV als HF vermerken auch GRUBER et al. (1995). Hinsichtlich Energieaufnahme sind ebenfalls milchbetonte Rassen den kombinierten Zweinutzungsrassen überlegen (SÆTHER et al. 2010).

In den statistischen Modellen der angeführten Studien bleibt jedoch der erhöhte Bedarf durch die Milchleistung als Faktor für die Nährstoff- und Energieaufnahme unberücksichtigt. Auch unter Konstanthaltung dieser und der Lebendmasse ergibt sich wie bei der Futteraufnahme ein höherer Energiebedarf für milchbetonte Rassen, was GRUBER et al. (2007) wieder mit dem intensiveren Stoffwechsel und mit dem daher höheren Erhaltungsbedarf hochleistender Tiere begründen.

Wie die GES-Aufnahme steigt die Nährstoffaufnahme bis zur 3. Laktation an, und geht in der ≥4. Laktation leicht zurück. Kühe in der 3. Laktation weisen ein (hoch)signifikant höhere Protein- und Energieaufnahme als in der 1. und 2. Laktation auf, aber eine nicht signifikant höhere als ältere Tiere. Die 2. Laktation unterscheidet sich wie bei der Futteraufnahme nur tendenziell von der ≥4. Laktation. Die Aufnahme steigt um 177 g XP, 190 g nXP und 8,6 MJ NEL von der 1. zur 2. Laktation (P = 0,056; 0,013; 0,005), jedoch deutlicher von der 2. zur 3. um 273 g XP, 246 g nXP und 10 MJ NEL. Dies steht im Gegensatz zu den Beobachtungen von BERRY et al. (2006), in deren Studie sich 2. und 3. Laktation bezüglich Energieaufnahme weitaus ähnlicher waren. In der aktuellen Studie hatten Tiere der 2. Laktation – wenn auch nur tendenziell signifikant – die geringste Rationsqualität. Die Futteraufnahme entspricht dem Mittel von 1. und 3. Laktation, aber die Nährstoffaufnahme liegt geringfügig darunter. Weiters steigt die Futteraufnahme mit höherer Rationsqualität (GRUBER et al. 1995) und damit auch zusätzlich die Energie- und die Nährstoffaufnahme (GRUBER et al. 1995, BERRY et al. 2006). Die tendenziell geringere Futterqualität hat demnach auch die Futteraufnahme in der 2. Laktation verhältnismäßig reduziert.

Auch bleibt der Bedarf durch die Steigerung der Milchleistung unberücksichtigt. Unter Konstanthaltung dieser interpretieren GRUBER et al. (2007) Unterschiede im Energiebedarf der Laktationen mit der zunehmenden Verfettung im Alter. Die Milchleistung in der aktuellen Studie steigt gegenteilig zur Nährstoffaufnahme von der 1. zur 2. Laktation mit 2,94 kg stärker als von der 2. zur 3. mit 1,75 kg an, was zu einer ähnlich tiefen Energiebilanz von 2. und 3. Laktation führt. Die RNB ist bei den zweitlaktierenden Tieren mit 7,6 g/d N am geringsten und in der 3. und ≥4. Laktation am höchsten, aber insgesamt statistisch ident. Die Werte nahe 0 zeigen eine ausgeglichene Energie- und N-Versorgung der Pansenmikroben (GfE 2001).

Die XF-Aufnahme sinkt von der 1. Laktation mit 5,1 g nicht signifikant auf 4,9 g bis zur ≥4. Laktation und auch die NDF-Aufnahme geht von 9,8 auf 9,3 g/kg LM zurück. Die in den Rationen der ersten 2 Laktationen etwas höheren Fasergehalte gleichen deren geringeren Futteraufnahmen aus. Der höhere KF-Anteil von 3. und ≥4. Laktation zeichnet sich ab. Wiederum ist die Futteraufnahme nicht durch die Füllwirkung von NDF limitiert und spricht für eine relativ zum Bedarf gute Energieversorgung durch die Ration (MERTENS 1994).

Insgesamt gesehen gehen die Unterschiede in der Nährstoffaufnahme hauptsächlich von den signifikant unterschiedlichen Futteraufnahmemengen aus, weil Nährstoff- und Energiegehalte der Gesamtration für Rasse und Laktationszahl nur tendenziell unterschiedlich sind, außer bei NDF bezüglich Laktationszahl.

Die kraftfutterbetonte Fütterung im Versuch 2 steigert die GES-Aufnahme und beeinflusst die Nährstoffkonzentration mit Ausnahme des Energiegehaltes der Gesamtration meistens hochsignifikant. Somit nehmen Tiere im kraftfutterbetonten Versuch 2 um 124 g XP, 253 g nXP und 13,2 MJ NEL mehr auf. Die kraftfutterbetonte Ration hatte geringere Proteingehalte und einen höheren NFC-Gehalt. Die positive RNB von 20,8 g/d im Versuch 1 spricht für einen Überschuss an ruminal abbaubarem Stickstoff, liegt aber noch im tolerablen positiven Bereich von unter 50 g/d (GfE 2001). Die XF-Aufnahmen von 5,1 g/kg LM im Versuch 1 und 4,9 g /kg LM im Versuch 2 gelten als statistisch unterschiedlich, die NDF-Aufnahmen hingegen nicht. Die tatsächlichen Unterschiede beider Parameter sind allerdings gering. Die NDF-Aufnahmen liegen ebenfalls nicht im physikalisch limitierenden Bereich von 12,5 g NDF/kg LM (MERTENS 1994).

Die höchste Aufnahme von XP, nXP, und MJ NEL fällt mit dem Maximum der GES-Aufnahme, der Nährstoffgehalte und des KF-Anteils am 97. Tag p.p. zusammen. Vom 69. bis 209. Laktationstag bilden Protein- und Energieaufnahme genauso wie die GES-Aufnahme ein Plateau auf hohem Niveau. Vom 17. bis 42. Laktationstag sind Protein- und Energieaufnahme geringer, weil die entsprechenden Nährstoffgehalte und die Futteraufnahme anfangs geringer sind. Am 17. Laktationstag nehmen die Tiere hochsignifikant um 851 g weniger XP, um 775 g weniger nXP und um 32,8 MJ NEL weniger Energie auf als am 97. Tag mit 3096 g XP, 3074 g nXP und 134,9 MJ NEL. Bis zum 209. Laktationstag bleibt die Aufnahme von XP über 2938 g, von nXP über 2842 g und von Energie über 124,7 MJ NEL. Danach fallen Energie- und Proteinaufnahme gleich der GES-Aufnahme auf ein signifikant niedrigeres Niveau. Gleichzeitig sinkt der KF-Anteil um 8,7 %-Pkt., und die GF-Aufnahme bleibt beinahe konstant. Dies verdeutlicht wiederum den enormen Einfluss der Rationsqualität und damit des KF-Anteiles auf die Aufnahme an Futter, Nährstoffen und Energie (GRUBER et al. 1995, GRUBER et al. 2004, BERRY et al. 2006).

In der Laktation sind XF- und NDF-Aufnahme im ersten Laktationsmonat mit 4,7 g XF und 9,3 g NDF am geringsten. Die höchsten Aufnahmen von Gerüstsubstanzen bezogen auf die Lebendmasse erreichen die Kühe im Gegensatz zu den anderen Nährstoffen erst vom 125. bis zum 209. Laktationstag mit 5,6 und 5,8 g XF und 11,0 und 11,3 g NDF. Dies geht mit einem bereits reduzierten KF-Anteil und mit steigenden XF- und NDF-Gehalten der Gesamtration und mit einem hohen Futteraufnahmeniveau einher. Wie die Protein- und Energieaufnahme sinkt die Faseraufnahme ab dem 238. Laktationstag auf signifikant niedrigerem Niveau und bis zum 293. Tag auf 5,1 g XF und 9,5 g NDF weiter. Eine physikalische Regulation der Futteraufnahme wird nach dem NDF/NEL-System von MERTENS (1994) in keinem Monat erreicht, was für eine relativ zum Bedarf hohe Futterqualität spricht.

Trotzdem zeigen die Tiere in den ca. ersten 80 Tagen einen Energiemangel. Dies erklärt sich über die größere Bedeutung der Regulation der Futteraufnahme über Hormone und Stoffwechselmetabolite im Abkalbungszeitraum und zu Laktationsbeginn im Gegensatz zur physikalischen Regulation (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000, LINS et al. 2003). Ähnliches bestätigen GRUBER et al. (2007). Kühe im 1. Laktationsmonat nehmen unter Berücksichtigung der Milchleistung ca. -25 MJ NEL/d weniger auf, als für eine ausgeglichene

Energiebilanz nötig ist. Sie erreichen im 3. Monat den positiven Bereich und beginnen danach ihre Körperreserven wieder aufzufüllen.

Die RNB erreicht in der aktuellen Studie nach einem Beginn bei -8,8 g/d bereits am 42. Laktationstag beinahe den positiven Bereich und steigt bis zum 293. Tag auf 18,4 g/d. Im Laufe der Laktation steigt das Protein/Energie-Verhältnis, weil Maissilage- und KF-Anteil reduziert werden. Weiters wurde PKF ergänzt. Nach STEINWIDDER und GRUBER (2001) überschreitet die RNB ohne PKF-Ergänzung bei einer vergleichbaren GF-Ration und einer Milchleistung von 6000 kg die tolerable Untergrenze. Folglich liegt die RNB bei -27 g/d im 1. Monat und gelangt erst vor dem 9. Monat in den positiven Bereich. Ein Protein/Energie-Verhältnis über 23 g XP/MJ NEL wirkt sich zusätzlich positiv auf die Futteraufnahme aus, darunter negativ (GRUBER et al. 2004). Ein N-Mangel im Pansen, der durch den ruminohepatischen N-Kreislauf nicht mehr ausgeglichen werden kann, beeinträchtigt die Pansenfermentation, das Wachstum der Mikroben (GfE 2001) und damit die Futteraufnahme (GRUBER et al. 2004). Das XP/Energie-Verhältnis bleibt im statistischen Modell dieser Auswertung unberücksichtigt. Wie in der Trockenstehzeit liegt die RNB in einem ausgeglichenen Bereich und belastet weder Tier noch Umwelt (GfE 2001).

In der Trockenstehzeit verringern sich Protein-, Faser- und Energieaufnahme wie die GES-Aufnahme nicht signifikant mit zunehmend näherer Abkalbung. Die RNB sinkt jedoch hochsignifikant von 21,4 g/d auf -12,2 g/d. Am -6. Tag a.p. nehmen Kühe um 384 g XP, um 163 g nXP und um 5,9 MJ NEL durchschnittlich weniger auf als vom -68. bis -32. Tag a.p.. Auch die Nährstoffkonzentrationen ändern sich teils signifikant in der Ration, was der zunehmende Maissilageanteil bei gleichzeitig abnehmendem KF-Anteil erklärt. Weiters wirkt sich ein höherer Maissilageanteil positiv auf die Futteraufnahme aus (GRUBER et al. 2004). Energie- und Proteinaufnahme vom 17. Tag p.p. sind verglichen mit dem -6. Tag a.p. um 617 g XP, um 594 g nXP und um 24,4 MJ NEL hochsignifikant höher. Die Steigerung in der Faseraufnahme ist mit 0,4 g XF/kg LM tendenziell signifikant, mit 1,5 g NDF/kg LM hochsignifikant. Die RNB hingegen erreicht im Zeitraum der Abkalbung die tiefsten Werte. Insgesamt ist die Nährstoffaufnahme kurz vor der Geburt niedriger als im 1. Monat p.p., und diese wiederum geringer als in den meisten Laktationsmonaten. Damit ist die von INGVARTSEN und ANDERSEN (2000) und LINS et al. (2003) charakterisierte Futter- und damit Nährstoffaufnahmedepression im perinatalen Zeitraum gut erkennbar.

Allerdings sind auch die deutlich geringere Datenanzahl, aber vor allem die Unterschiede in der Klassenbesetzung in der Trockenstehzeit und auch gegen Laktationsende zu bedenken. Weiters ist zu berücksichtigen, dass nicht unbedingt dieselben Kühe aufgrund von Abgängen und Einstallungen an aufeinanderfolgenden Terminen beteiligt waren. Die Qualität der Schätzwerte ist geringer, die Schwankungen der LS-Means hingegen verstärkt.

4.1.3 Nährstoffkonzentration und Kraftfutteranteil

Im Gegensatz zu den Parametern in allen anderen Bereichen fällt der fast ausnahmslos fehlende signifikante Einfluss von Rasse und Laktationszahl auf. Nur im NDF-Gehalt des Grundfutters und der Gesamtration sowie im XF- und NFC-Gehalt der Gesamtration treten signifikante Unterschiede auf (P = 0,005 – 0,02). Im Gegensatz zum Grundfutter liegen die P-

Werte für die Gesamtration zwischen 0,092 und 0,476 im tendenziellen Bereich, was mit signifikant unterschiedlichen KF-Anteilen einhergeht. Es ergibt sich auch eine hoch-signifikante bis tendenzielle Wechselwirkung in der Gesamtration zwischen Rasse und Zeit. Die unterschiedliche Fütterung in Versuch 1 und 2 spiegelt sich in der Gesamtration fast ausschließlich hochsignifikant wider (P < 0,0001), mit Ausnahme der Energiekonzentration.

4.1.3.1 Nährstoffkonzentration im Grundfutter

Die GF-Ration besteht aus Heu, Maissilage und Grassilage. Die Einzelfuttermittel werden zwecks Nährstoff- und Energieaufnahme als Aufgabenstellung dieser Arbeit nicht getrennt behandelt.

Der XP-Gehalt liegt für alle Rassen und Laktationen zwischen 125 und 128 g, der nXP-Gehalt bei 128 g/kg TM. Daraus resultiert eine durchschnittlich ausgeglichene Energie- und N-Versorgung im Pansen und daher eine ausgeglichenen RNB von -0,38 bis 0,00 g N/kg TM. Mit steigender Laktationszahl und höherer Milchmenge sinkt die RNB. Die Proteingehalte sinken nicht unter 125 g/kg TM und entsprechen einer hohen GF-Qualität ähnlich der Studie von GRUBER et al. (1995). Die FV- und HF-Kühe der erwähnten Studie sind mit 114 und mit 115 g/kg TM mit etwas geringerer Qualität versorgt.

Der XF-Gehalt schwankt von 255 g/kg TM (FV100) bis 258 g/kg TM (HF_BS25), der NDF-Gehalt zwischen 463 und 467 g /kg TM. Der XF-Gehalt der aktuellen Studie ist kleiner als bei der guten GF-Qualität mit 273 g XF bei GRUBER et al. (1995). Erstlaktierende Tiere nehmen tendenziell mit 254 g weniger XF pro kg TM auf als Tiere höherer Laktationszahl. Bezüglich NDF-Gehalt unterscheidet sich die 1. Laktation mit 459 g/kg TM von der 2. Laktation mit 464 g/kg TM signifikant. Der NFC-Gehalt liegt insgesamt für den Effekt Rasse und Laktationszahl zwischen 276 und 280 g/kg TM. Auch der Energiegehalt (5,82 – 5,85 MJ NEL/kg TM) unterscheidet sich für Rassen und Laktationszahlen nicht und zeugt ebenfalls von der guten und einheitlichen Qualität der Futtermittel. Die am wenigsten milchleistende Rasse FV100 und die Laktationszahl 1 weisen einen geringfügig höheren NEL-Gehalt auf. Insgesamt erkennt man eine einheitlich hohe GF-Qualität für Tiere aller Rassen und Laktationszahlen. Die wenn auch manchmal signifikanten Veränderungen spielen sich im Bereich von höchstens 4 g/kg TM, also von 0,4 % ab. Die höchsten Differenzen des Energiegehaltes sind 0,03 MJ NEL/kg TM und 0,05 MJ ME/kg TM.

Die größten Unterschiede der GF-Ration treten erwartungsgemäß zwischen Versuch 1 und 2 auf. Versuch 2 bietet um 7 g/kg TM mehr XF, um 6 g/kg TM mehr NDF, aber um 12 g/kg TM mehr NFC als in der Ration von Versuch 1 an. Die Ration von Versuch 2 führt im Gegensatz zu der im Versuch 1 zu einer negativen RNB (-0,66 g N/kg TM), und die Proteingehalte sind geringer. Die GF-Ration von Versuch 2 enthält um 0,32 MJ NEL weniger Energie. Sie ist aber mit 5,68 MJ NEL/kg TM mit den 5,72 MJ NEL der guten GF-Qualität von GRUBER et. al. (1995) vergleichbar.

Die Veränderungen im Laufe der Trockenstehzeit und Laktation spiegeln die Anpassung der GF-Komponenten an den (Leistungs)bedarf der Tiere wider. Der XP-Gehalt schwankt vom Laktationsbeginn bis zum 157. Tag zwischen 115 und 118 g/kg TM und überschreitet danach rasch ansteigend ab dem 238. Laktationstag 130 g/kg TM (P < 0,0001). Der nXP-Gehalt

bewegt sich hingegen zwischen 129 g zu Laktationsbeginn und 127 g am 293. Laktationstag. Dies ergibt einen leichten Mangel an ruminal abbaubarem Stickstoff bei einer RNB von -2,16 g N im 1. Monat. Die RNB steigt bis zum 237. Tag hochsignifikant auf 0,33 g N/kg TM an. Dies geht mit der kontinuierlichen Reduktion des Maissilageanteiles an der GF-Ration von 40 auf 0 % bis zum 308. Laktationstag einher. Je nach Erntezeitpunkt verursacht Maissilage eine RNB von -4 – -9 g N/kg TM (DLG 1997). Daher bedürfen GF-Rationen mit Maissilageanteilen besonders in den ersten Laktationsmonaten einer PKF-Ergänzung für eine tolerable RNB (STEINWIDDER und GRUBER 2001). Der XF-Gehalt sinkt vom 17. bis 97. Laktationstag von 253 auf 251 g und bewegt sich nicht signifikant unterschiedlich ab dem 125. Tag zwischen 255 und 261 g. Ähnlich dazu bewegt sich der NDF-Gehalt in der gesamten Laktationszeit zwischen 462 und 472 g, während der NFC-Gehalt vom Laktationsbeginn von 301 auf 265 g am 293. Tag sinkt ($P < 0,0001$). Der Energiegehalt bewegt sich vom 17. bis zum 97. Laktationstag in einem ähnlichen Bereich von durchschnittlich 10,02 MJ ME bzw. 5,98 MJ NEL, überschreitet aber nie 6,0 MJ NEL. Bis zum 293. Laktationstag sinkt der Energiegehalt auf 9,66 MJ ME ($P < 0,0001$) bzw. 5,73 MJ NEL ($P < 0,0001$).

In der Trockenstehzeit zeigen der Rückgang des XP-Gehaltes am -6. Tag a.p. auf 121 g ($P = 0,008$) sowie der hochsignifikante NFC-Anstieg die Rationsanpassung ab dem -28. Tag a.p. anhand eines steigenden Maissilageanteiles. Wieder bleibt der nXP-Gehalt in einem Bereich von 127 – 129 g verhältnismäßig stabil, was zu einem Sinken der RNB bis in den negativen Bereich am -6. Tag a.p. führt ($P < 0,045$). Insgesamt erreicht die Energiekonzentration kurz vor der Abkalbung die höchsten Werte von 9,93 MJ ME bzw. 5,91 MJ NEL/kg TM in der Trockenstehzeit. So ist die Differenz von allen Parametern zumindest zwischen -6. a.p. und 17. Tag p.p. nicht signifikant im Gegensatz zu den Parametern der Nährstoff- und Futteraufnahme.

Sowohl die GF-Ration in der Trockenstehzeit als auch in der Laktation sind von durchgehend guter Qualität und ausgeglichener Protein- und Energieversorgung.

4.1.3.2 Kraftfutteranteil an der Gesamtration

Der Anteil des Kraftfutters an der GES-Aufnahme unterscheidet sich signifikant zwischen Rassen und Laktationen, hochsignifikant zwischen den Fütterungsvarianten und weist eine knapp signifikante Wechselwirkung zwischen Rasse und Zeit auf ($P = 0,044$).

Da sich FV100 und die HF-Gruppen trotz signifikant unterschiedlicher Milchleistung weder in der GF-Aufnahme noch in den GF-Nährstoffgehalten signifikant unterscheiden, müssen die Rationskomponenten der Gesamtration für die unterschiedliche GES-Aufnahme ausschlaggebend sein. So erhöht sich die GES-Aufnahme mit steigendem KF-Anteil, und unabhängig vom KF-Niveau weisen die milchbetonten HF-Kühe den höheren Anteil auf als FV (GRUBER et al. 1995). Auch bei SÆTHER et al. (2010) hat das milchbetonte Norwegian Red einen höheren KF-Anteil als die nicht auf Milchleistung gezüchteten Vergleichsrassen. Übereinstimmend mit diesen Erkenntnissen basiert die Ration der höchstleistenden Rasse HF_BS25, unabhängig von Laktationsstadium und Alter, auf 27,9 % Kraftfutter, unterscheidet sich aber als einzige von FV100 mit der geringsten Leistung. HF_BS25 gibt pro Prozent

Kraftfutter 0,87 kg ECM, FV100 0,96 kg, und HF100 1,03 kg. GRUBER et al. (1995) stellen bei HF-Kühen eine höhere KF-Effizienz fest als bei FV. Sie resultiert aus der unterschiedlichen Nährstoffverteilung zwischen Milch und Körpergewebe. Eine unterschiedliche Nährstoffverteilung tritt in der 1. Laktationshälfte besonders mit einer energiereichen Ration auf (YAN et al. 2006). Sie führen die höhere Milchmenge von niederländischen HF verglichen mit norwegischen Kühen auf eine höhere Energieaufnahme und eine schlechtere Versorgung des Körpergewebes zurück.

Betrachtet man Trockenstehzeit und Laktation getrennt, so liegt in der Trockenstehzeit der durchschnittliche KF-Anteil zwischen 4,98 % (HF_FV12.5) und 10,52 % (HF_BS50). In der Laktation erhöht er sich bei FV100 am geringsten auf 26,4 % und bei HF100 und HF_BS50 um durchschnittlich 22,6 %-Pkt. auf 32,2 %. HF_FV12.5 steigert ihn stärker bis auf das Niveau von HF100 und HF_BS50. Die höchste Steigerung und das höchste KF-Niveau verbucht HF_BS25 mit 28,5 %-Pkt. auf 38,1 % in der Laktation. Dies entspricht dem geringsten durchschnittlichen NDF-Anteil von 377 g/kg TM bei HF_BS25 und dem höchsten von 393 g/kg TM bei FV100 in der Laktation.

Auch im Laktationsverlauf verhalten sich die Rassen bezüglich KF-Anteil signifikant und hinsichtlich NDF-Anteil tendenziell unterschiedlich. Zu Laktationsbeginn starten die Rassen sehr ähnlich mit einem KF-Anteil zwischen 25,5 % (HF100) bis 34,1 % (HF_BS25) und steigern ihn am 97. Laktationstag auf durchschnittlich 41,3 %. GRUBER et al. (1995) stellen fest, dass mit hoher GF-Qualität versorgte Tiere höchstens 35 % Kraftfutter für ihre Bedarfsdeckung benötigen, bei niederer Qualität hingegen 40 %. Die Kühe in diesem Versuch waren jedoch mit einer noch höheren GF-Qualität versorgt. Während sich der KF-Anteil von HF100 und HF_BS50 ähnlich absenkt, verbleibt er bei HF_BS25 auf deutlich höherem Niveau. Die Milchleistungskurve von HF_BS25 steigert sich jedoch nicht entsprechend dem KF-Niveau. Diese Rasse hat daher die geringste Effizienz aller Gruppen. In der Ration von FV100 sinkt der KF-Anteil ähnlich wie die Milchleistungskurve rasch ab. Die LS-Means von HF_FV12.5 schwanken sehr stark und zeigen einen auch in der GES-Aufnahme abgeschwächten Einbruch am 125. Laktationstag, und danach eine deutliche Erhöhung. Dies verdeutlicht wiederum den Einfluss von Kraftfutter auf die Futter- und Nährstoffaufnahme (GRUBER et al. 1995, BERRY et al. 2006).

Dementsprechend beinahe gegenteilig zum KF-Anteil entwickelt sich der NDF-Gehalt in der Gesamtration. Beginnend zwischen 375 (HF_BS25) und 396 g/kg TM (HF100) sinkt er am 97. Laktationstag auf 340 (HF_BS50) bis 359 g/kg TM (HF100) und steigt danach auf durchschnittlich 413 g/kg TM am 293. Laktationstag an. Mit durchschnittlich 35 % NDF-Anteil in der Gesamtration und 46 % im Grundfutter wird das Minimum von 14 % NDF im Grundfutter am 97. Laktationstag bei weitem nicht unterschritten. Damit ist eine wiederkäuergerechte Ration gewährleistet (NRC 2001). Allerdings sind bei einer getrennten Verabreichung der Futtermittel höhere Fasergehalte nötig, als bei einer Totalmischration (TMR).

Das „sprunghafte“ Verhalten der LS-Means, besonders bei HF_FV12.5 und FV100, hängt mit Schwankungen in der Klassenbesetzung zusammen. Weiters sind HF_FV12.5 und FV100 die

kleinsten Gruppen. Dies ist auch besonders in der Trockenstehzeit mit weit geringerer Datenanzahl für alle Rassen sichtbar.

Der Einfluss des Laktationsstadiums auf den KF-Anteil ist hochsignifikant. Dieser steigert sich bis zum 97. Laktationstag von 29,3 auf 41,3 % ($P < 0,0001$), jedoch am stärksten vom 17. bis 42. Tag um 9,8 %-Pkt.. Der hohe KF-Anteil zeigt auch in diesem Versuch deutlich das Spannungsfeld zwischen ausreichender Energieversorgung der hochlaktierenden Kuh und der Wiederkäuergerechtheit der Ration, was durch eine geringere GF-Qualität verschärft wird (GRUBER et al. 1995). Dies ist mit leicht über 5,97 MJ NEL/kg TM in diesem Versuch zwar nicht der Fall, aber der KF-Anteil ist deutlich höher als in der Studie bei GRUBER et al. (1995). Er befindet sich ab dem 42. bis zum 97. Tag bei ca. 40 % und danach bis zum 209. Tag zwischen 35,2 bis 30,7 % auf höherem Niveau. Besonders in der 1. Laktationshälfte fressen die Kühe daher dementsprechend weniger GF als in der angeführten Studie. Die GES-Aufnahme liegt jedoch bis zum 209. Tag darüber. Dies bestätigt, dass ein höheres KF-Niveau die GF-Aufnahme bei gleicher GF-Qualität senkt und die GES-Aufnahme erhöht (GRUBER et al. 1995). Der KF-Anteil sinkt in mehreren Stufen, die sich in Futter-, Nährstoffaufnahme und in den Gehalten der Gesamtration wiederfinden. Auch dies zeigt die große Bedeutung des Kraftfutters für die Futter- und Nährstoffaufnahme (GRUBER et al. 1995, BERRY et al. 2006). Die starke Reduktion im letzten Laktationsdrittel ist laut KIRCHGESSNER et al. (2011) aufgrund der überproportional ansteigenden GF-Aufnahme bei Kraftfutterreduktion im letzten Laktationsdrittel möglich. In der Trockenstehzeit sinkt der KF-Anteil von 12,5 auf 3,5 % nicht signifikant ab und steigt hochsignifikant um 25 %-Pkt. zu Laktationsbeginn an. Durchschnittlich liegt er in der Trockenstehzeit bei 10,5 % und in der Laktation bei 31,6 %, was der Gruppe mit vollständiger Bedarfsdeckung mittels Kraftfutter im Versuch von GRUBER et al. (1995) mit 28,7 % entspricht.

Die Ration in der 1. und 2. Laktation besteht durchschnittlich zu 23,6 % aus KF, in der 3. und ≥4. aus 27,7 %. Aber nur 1. und 3. Laktation unterscheiden sich mit einer Differenz von 4,6 %-Pkt. KF signifikant ($P = 0,038$). Auch die Futteraufnahmeschätzformel von GRUBER et al. (2004) ergibt einen höheren KF-Anteil in der Ration von drittlaktierenden Kühen als in der von erstlaktierenden unter konstanten Bedingungen. Unabhängig von der Rasse geben Kühe der aktuellen Studie in der 3. Laktation pro Prozent KF 0,90 kg, in der 1. Laktation 0,85 kg und in der 2. Laktation 0,96 kg ECM. In der 3. Laktation geben sie um 5,24 kg mehr ECM als in der 1. Laktation, fressen um 2,72 kg insgesamt mehr, davon 1,58 kg Kraftfutter. Das entspricht einem KF-Anteil von 58,1 % in der zusätzlichen Futteraufnahme.

Der KF-Anteil für Tiere im Versuch 2 ist mit 31,6 % unabhängig von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium ca. doppelt so hoch wie im Versuch 1. Versuch 2 lief aber auch nur vom -14. Tag a.p. bis zum 121. Laktationstag.

4.1.3.3 Nährstoffkonzentration der Gesamtration

Die Inhaltsstoffkonzentrationen zeigen kaum signifikante Unterschiede zwischen Rassen und Laktationszahlen. Jedoch weisen die höherleistenden Rassen und Laktationszahlen eine tendenziell höhere Futterqualität auf. Insgesamt unterscheiden sich Rassen und Laktationszahlen höchstens um 15 g/kg TM eines Inhaltsstoffes, also um 1,5 %. Durch das

zusätzliche KF wird die bereits gute Futterqualität des GF in der Gesamtration weiter gesteigert. Der XP-Gehalt pro kg TM reicht von 142 g/kg TM (FV100) bis 149 g/kg TM (HF_BS25), und von 143 bis 147 g/kg TM von 2. bis zur 3. und ≥4. Laktation. Der nXP-Gehalt verhält sich wie der XP-Gehalt, schwankt jedoch geringer auf etwas niederem Niveau, sodass die RNB von 0,35 bis 0,79 g N/kg TM einen leichten Proteinüberschuss aufweist. Somit wird die leicht negative RNB des GF ausgeglichen. Der XF-Gehalt schwankt nicht signifikant von 206 (HF_BS25) bis 217 g/kg TM (FV100) und von 203 bis 211 g/kg TM für 3. und 2. Laktation. Die für XF- und NFC-Gehalt angezeigte Signifikanz betrifft nur die in dieser Arbeit nicht weiter beschriebenen Kalbinnen, die kurz vor dem Abkalben eingestallt wurden. Der NDF-Gehalt liegt zwischen 392 (HF_BS25) und 408 g/kg TM (FV100) und zwischen 399 und 388 g/kg TM in der 2. und 3. Laktation (P = 0,043). Der NFC-Gehalt ist dementsprechend für FV100 am geringsten mit 323 g/kg TM und für HF_BS25 mit 338 g/kg TM am höchsten. Genauso verhält sich auch die NFC-Konzentration in den Rationen der Laktationszahlen. Beide Veränderungen sind jedoch nicht signifikant. Schlussendlich nimmt FV100 mit 6,20 MJ NEL die geringste Energie pro kg TM der Gesamtration auf, um 0,12 MJ NEL weniger als HF_BS25. Zweitlaktierende Kühe haben eine um 0,07 MJ NEL geringere Energieaufnahme pro kg ihrer Ration als Tiere in der 3. Laktation.

Die unterschiedliche Fütterung der Kühe, die auch am Versuch 2 teilnahmen, wirkt sich hochsignifikant auf die Inhaltsstoffkonzentrationen aus. So bekamen Tiere im Versuch 2 unabhängig von Alter und Rasse 10 g weniger XP, 2 g weniger nXP, 34 g weniger NDF, dafür 66 g mehr NFC pro kg TM angeboten. Im Versuch 2 war die RNB erwartungsgemäß leicht negativ. Der höhere KF-Anteil im Versuch 2 gleicht die hochsignifikant geringere Energiekonzentration der GF-Ration verglichen mit Versuch 1 aus. Zwar werden die von der NRC (2001) vorgeschlagenen Grenzwerte für den NDF- und NFC-Gehalt in Gesamtration und Grobfutter eingehalten, allerdings entspricht die getrennte Fütterung sowie die nur zweimal tägliche Verabreichung von Gerste im Versuch 2 nicht den Anforderungen des NRC (2001). Eine TMR mit langsam abbaubarem Maisschrot ist ideal. Die Wiederkäuergerechtheit der Ration sinkt daher. Außerdem gab es Einzeltiere mit einem weit höheren KF-Anteil.

Die Rationszusammensetzung und daher auch ihre Inhaltsstoffe ändern sich hochsignifikant im Laufe einer Zwischenkalbezeit. In der Gesamtration erreicht der XP-Gehalt sein Maximum von 153 g/kg TM um den 69. und 97. Laktationstag (P < 0,0001). Danach schwankt er in einem Bereich zwischen 146 und 151 g/kg TM nicht signifikant und sinkt am 293. Laktationstag auf 144 g/kg TM. Der nXP-Gehalt entwickelt sich so, dass sich die tiefste RNB pro kg Gesamtration zu Laktationsbeginn mit -0,86 g N/kg TM (P = 0,007) ergibt. Bis zum 157. Laktationstag schwankt die RNB knapp um den Nullpunkt. Erst ab dem 184. Laktationstag steigt sie signifikant von 0,38 auf 1,16 g N/kg TM. Der XF-Gehalt sinkt hochsignifikant von 197 auf 174 g/kg TM vom 17. bis zum 97. Laktationstag und steigt danach kontinuierlich von 190 auf 224 g/kg TM vom 125. bis zum 293. Laktationstag signifikant an. In der GF-Ration lag der XF-Gehalt insgesamt zwischen 251 und 261 g/kg TM. Ähnlich sinkt der NDF-Gehalt von 387 g/kg auf seinen Tiefpunkt am 97. Laktationstag mit 352 g/kg TM (P < 0,0001) und steigt danach signifikant bis 413 g/kg TM am 293. Laktationstag an. Der NFC-Gehalt verläuft gegenläufig dazu. Er steigt von 365 auf 388 g/kg TM bis zum 97. Laktationstag (P = 0,003)

und sinkt danach hochsignifikant von 370 auf 310 g/kg TM bis zum 293. Laktationstag. Dementsprechend steigt auch die Energiekonzentration von 10,72 auf 11,01 MJ ME/kg TM bis zum 97. Tag (P = 0,002) und sinkt danach stetig auf 10,11 MJ ME/kg TM gegen Laktationsende (P < 0,0001). Dies entspricht einer Ration von 6,50 bis 6,71 MJ NEL/kg TM (P = 0,001) und einer hochsignifikanten Reduktion des Energiegehaltes auf 6,07 MJ NEL/kg TM.

In der Trockenstehzeit erkennt man wieder die Vorbereitungsfütterung ab dem -28. Tag a.p.. Der XP-Gehalt fällt signifikant von durchschnittlich 143 g/kg TM (-68. – -32. Tag a.p.) auf 123 g am -6. Tag a.p.. Der nXP-Gehalt fällt kontinuierlich aber nicht signifikant von 133 auf 130 g/kg TM. Diese Entwicklungen verursachen den signifikanten Tiefpunkt der RNB kurz vor der Abkalbung mit -1,12 g N/kg TM. Die höchsten Gehalte an XF, NDF und Energie treten kurz vor der Abkalbung auf, sind aber nicht signifikant. Die Unterschiede zwischen -6. Tag a.p. und 17. Tag p.p. sind für alle Parameter außer für die RNB hochsignifikant. Eine wie hier ausgeglichene RNB ist anzustreben (GfE 2001). Trotz dieser Unterschiede liegt der Energiegehalt in der Trockenstehzeit mit durchschnittlich 5,91 MJ NEL auf verhältnismäßig hohem Niveau. In der Laktation ist er mit 6,45 MJ NEL höher als in der Ration der bedarfsgerecht versorgten Gruppe (6,27 MJ NEL) in der Studie von GRUBER et al. (1995).

4.1.4 Milchleistung

FV100 gibt signifikant weniger Milch und ECM als alle anderen Rassen. Innerhalb dieser produzieren die HF-Kreuzungen nicht signifikant mehr Milch als die reinrassigen HF100. Die 305-Tage-Leistung liegt bei FV100 mit 5676 kg, bei HF100 mit 6954 kg, bei HF_BS25 mit 7363 kg, bei HF_BS50 mit 7064 kg und bei HF_FV12.5 mit 6.972 kg weit unter dem Durchschnitt der österreichischen Kontrollkühe (ZAR 2013, Tabelle 1). Österreichweit leisten HF um 20,4 % mehr Milch als FV, und in der aktuellen Studie leisten HF100 um 22,5 % mehr als FV100. Das Verhältnis beider Rassen ist also ähnlich. In der Studie liegen die Inhaltsstoffe auf höherem Niveau als bei den Kontrollkühen. Österreichweit hat HF geringere Milchfett- und Milcheiweißgehalte als FV und diese einen geringeren Eiweißgehalt als BS (ZAR 2013). Der Eiweißgehalt in dieser Studie fällt tendenziell von den FV-Gruppen zu HF (3,44 %), und der Fettgehalt von HF100 ist nicht signifikant höher als von FV100 und den BS-Gruppen. Die Inhaltsstoffgehalte sind in dieser Studie für alle Rassen statistisch ident. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von GRUBER et al. (1995) und DILLON et al. (2003a). In der Untersuchung von GRUBER et al. (1995) haben HF-Kühe mit 4,55 % einen signifikant höheren Milchfettgehalt als FV mit 4,41 %, aber mit 2,97 und 4,71 % einen geringeren Eiweiß- und Laktosegehalt. In den Ergebnissen von DILLON et al. (2003a) haben HF-Kühe bei einer höheren Milchmenge mit 3,90 % einen höheren Fettgehalt als französische Montbeliarde (3,81 %), sowie mit 3,39 und 4,62 % geringere Protein- und Laktosewerte als weniger milchbetonte Montbeliarde (3,49; 4,73 %) und Normande (3,60; 4,79 %). Insgesamt bewegen sich Fett- und Laktosewerte in der Studie von GRUBER et al. (1995) bei geringerer Milchmenge auf höherem Niveau als in der aktuellen Studie. Der Proteingehalt ist jedoch deutlich niedriger. Im weidebasierten Versuch von DILLON et al. (2003a) liegen die Fettgehalte auf niedrigerem und die Laktosegehalte auf höherem Niveau. Die Kühe produzieren eine deutlich geringere Milchmenge als in der aktuellen Studie. HF_FV12.5 hat mit 4,41 % den höchsten Milchfettgehalt, gefolgt von HF100 mit 4,29 %. FV100 weist den

geringsten Fettgehalt auf (4,24 %), besitzt jedoch den höchsten Eiweiß- und Laktosegehalt (3,57; 4,62 %). Den geringsten Eiweißgehalt hat HF100 (3,44 %), den geringsten Laktosegehalt HF_BS25 (4,54 %).

Alle Rassen steigern ihre Milchmenge gemessen in ECM: FV100 um 2,5 %, HF100 um 3,0 %, die Gruppe HF_BS25 mit der höchsten Milchmenge jedoch nur um 0,8 %. Auch bei GRUBER et al. (1995) steigert HF die ECM-Menge geringfügig mehr als FV. HF_FV12.5 überholt mit einer Steigerung von 4,5 % die Gruppe HF_BS50. HF_FV12.5 haben auch den höchsten Fett- und zweithöchsten Eiweiß- sowie Laktosegehalt. FV100 liefert trotz hoher Inhaltsstoffgehalte signifikant geringere Milchinhaltsstoffmengen als die anderen Rassen, und HF_BS25 gibt trotzdem die höchsten. Die Unterschiede der Inhaltsstoffmengen gehen hauptsächlich auf die Unterschiede zwischen den Milchmengen zurück, was u. a. auch SHARMA et al. (1990) feststellen. HF100 weist mit 957 g/d unter den HF-Gruppen die geringste Fettmenge trotz höherem Fettgehalt als die BS-Gruppen auf. Auch produzieren HF100 die geringste Eiweißmenge aller HF-Gruppen (778 g/d). HF100 gibt jedoch um 24,6 % mehr Fett, um 17,0 % mehr Eiweiß und um 20,6 % mehr Laktose pro Tag als FV100. HF_BS25 produziert hingegen nur um 4,3 % mehr Fett, aber um 13,5 und 5,8 % mehr Eiweiß und Laktose als HF100. HF100 hat wie bei der Milchmenge bei allen Inhaltsstoffmengen ein nicht signifikant geringeres Niveau als die HF-Kreuzungen. Eine Erklärung für die Unterlegenheit von HF100 hinsichtlich seiner Kreuzungen ist der Heterosiseffekt. Dieser verstärkt sich mit steigender Laktationszahl (DECHOW et al. 2007). Allerdings waren Fett- und Proteinmenge der untersuchten HF×BS-Kühe nur in der 2. und 3. Laktation numerisch und nur in der 3. Laktation signifikant höher (DECHOW et al. 2007). Außerdem sind die HF100 in der aktuellen Studie unterdurchschnittlich kleine und leichte Kühe (sh. Kapitel Lebendmasse und Körpermaße).

Die österreichischen FV-Kontrollkühe liegen mit 957 g/d Milchfett und 790 g/d Milcheiweiß genauso wie die HF-Kontrollkühe mit 1137 g und 914 g deutlich über den Leistungen der Versuchskühe (ZAR 2013). Österreichweit leisten HF um 15,7 % mehr Eiweiß als FV. Dies ist wieder ähnlich wie in der aktuellen Studie. Die Steigerung in der Fettmenge ist jedoch in der Studie mit 24,6 % stärker ausgeprägt als österreichweit mit 18,8 % (ZAR 2013). Die Überlegenheit von HF oder milchbetonten Rassen gegenüber kombinierten Rassen in Milch- und Inhaltsstoffmenge zeigen viele Studien (GRUBER et al. 1995, DILLON et al. 2003a, HAIGER und KNAUS 2010, YAN et al. 2006, SÆTHER et al. 2010). Sie beruht z.B. auf höheren GH-Konzentrationen und auf dem höheren GH/Insulin-Verhältnis im Blut während der Laktation (HART et al. 1978, HART et al. 1979). Die Überlegenheit von HF steigert sich aber mit dem KF-Niveau (GRUBER et al. 1995). Bei den bedarfsgerecht und mit guter GF-Qualität versorgten Kühen sind Unterschiede zwischen HF und FV am stärksten ausgeprägt. Da durchschnittliche GF-Qualität und mittlerer KF-Anteil in der Laktation in beiden Studien gut übereinstimmen, ist die Annahme gerechtfertigt, dass die HF-Gruppen in der aktuellen Studie ihre Überlegenheit voll ausnutzten. Daraus entspringt auch die tendenzielle Wechselwirkung in den Mengenparametern der Milchleistung.

Die ECM-Menge der Rassen verhält sich im Laktationsverlauf zumindest tendenziell unterschiedlich (Abbildung 3). Alle Gruppen setzen zu Laktationsbeginn mit durchschnittlich

29,53 kg auf ähnlichem Niveau ein. Am wenigsten leistet FV100 (28,56 kg ECM) und am meisten HF100 mit 30,37 kg ECM. Während sich alle HF-Gruppen ähnlich entwickeln, fällt die Kurve von FV100 deutlich steiler ab. Daraus folgt eine Differenz von 10,89 kg am 266. Tag. SÆTHER et al. (2010) beobachten in der Milchleistung keine Wechselwirkungen zwischen milchbetonten und kombinierten Kühen. Die Leistung der milchbetonten Kühe entspricht der von HF100, die der kombinierten liegt jedoch weit unter FV100. In der Studie von YAN et al. (2006) geben HF-Kühe unabhängig vom KF-Niveau mehr Milch bei gleichzeitig höherer Energieaufnahme als norwegische Kühe. Mit steigendem KF-Anteil erhöht sich jedoch bei HF auch der Anteil, der von der zusätzlich aufgenommenen Energie in die Milchproduktion fließt und nicht dem Körpergewebe zur Verfügung steht. Dies geschieht hauptsächlich bis zur Laktationsmitte, wodurch in der Spätlaktation Unterschiede im Verhältnis von Milchenergieoutput und Energieaufnahme zwischen milchbetonten und kombinierten Rassen zurückgehen.

Die Laktationszahl hat auf alle Milchleistungsparameter außer dem Fettgehalt (P = 0,086) einen hochsignifikanten Einfluss. Kühe der 3. Laktation haben die höchsten Milch-, ECM- und Milchinhaltsstoffmengen sowie Fett- und Proteingehalte. Nur der Laktosegehalt ist geringer als in den ersten 2 Laktationen. In jedem signifikanten Parameter unterscheiden sich die Erstlaktierenden signifikant von allen anderen Laktationen. Die Leistung von Tieren der 2. Laktation liegt bei allen Parametern zwischen der 1. und der 3. Laktation und auf geringfügig niedrigerem Niveau als in der ≥4. Laktation – den nicht signifikanten Fettgehalt ausgenommen. Folglich unterscheiden sich 2. und ≥4. Laktation außer im Laktosegehalt in keinem Parameter signifikant. Auch 2. und 3. Laktation differieren in der Milchmenge, im Eiweißgehalt und in der Laktosemenge nicht. Hingegen steigen ECM, Fett- und Eiweißmenge signifikant an, und der Laktosegehalt sinkt signifikant. In der 3. und ≥4. Laktation verhalten sich Kühe trotz geringerer Leistung der älteren statistisch ident.

Sowohl bezüglich Milchmenge und ECM leisten Kühe in der 3. Laktation mit 24,10 kg Milch und 25,07 kg ECM am meisten. Dies sind 7,8 % und signifikante 8,9 % mehr als in der 2. Laktation. Kühe in der 2. Laktation produzieren wiederum mit 22,35 und 23,02 kg signifikant um 15 % und 16 % mehr Milch und ECM als in der 1. Laktation. Die Differenz zwischen 1. und 2. Laktation beträgt 0,11 %-Pkt. für den Fettgehalt und signifikante 0,17 %-Pkt. für den Eiweißgehalt, und zwischen 2. und 3. Laktation nicht signifikante 0,11 und 0,06 %-Pkt.. Der Laktosegehalt sinkt von der 1. Laktation (4,71 %) zur 2. signifikant um 0,11 %-Pkt., von der 2. zur 3. um 0,08 %-Pkt. auf den geringsten Gehalt von 4,49 % in der ≥4. Laktation. Die prozentuellen Veränderungen und Differenzen zeigen, dass die größten Veränderungen zwischen den ersten beiden Laktationen stattfinden.

In der 3. Laktation erbringen Kühe mit 1046 und 850 g/d die höchste Fett- und Eiweißmenge und leisten damit zumindest signifikant um 11,0 % und 9,7 % mehr als Kühe in der 2. Laktation. Die Steigerung von 1. zur 2. Laktation auf 942 g/kg Fett und 775 g/kg Eiweiß fällt mit 19 % und 18 % stärker aus. Obwohl der Laktosegehalt mit steigender Laktationszahl sinkt, leisten Tiere nach der 3. Abkalbung eine um 21,2 % signifikant höhere Laktosemenge als nach der 1. Abkalbung. Dies liegt an der Steigerung der Milchmenge um 24,2 %. Ab der 2. Laktation bleibt die Laktosemenge statistisch ident. Die Steigerung der Milchinhaltsstoffe

fällt von 1. zur 2. Laktation stärker aus als von 2. zur 3. Laktation. Daher sind sich wiederum diese in der Milchleistung ähnlicher. Hinsichtlich Energie- und Nährstoffaufnahme ist die 2. Laktation der 1. ähnlicher und die GES-Aufnahme liegt im Mittelfeld.

Die 305-Tage-Leistung der 1. bis ≥4. Laktation liegt mit 5920, 6817, 7351 und 7137 kg im Bereich der österreichischen FV-Herdebuchkühe (ZAR 2013) mit 6419, 7105, 7481 und 7383 kg/d. In der aktuellen Studie steigt die Milchleistung besonders von der 1. zur 2. Laktation stark an, während die prozentuellen Veränderungen für die Herdebuchkühe geringer ausfallen. Österreichweit liegt die maximale Leistung von Milch-, Fett- und Eiweißmenge wie in der aktuellen Studie am häufigsten in der 3. Laktation. BS leistet in Österreich und Bayern sowie HF und RH in Nordrhein-Westfahlen in der (≥)4. Laktation am meisten (ZAR 2013, LKV BW 2013, LKV BAYERN s.a., LKV NRW s.a.). Die Fett- und Proteingehalte sind in der aktuellen Studie in jeder Laktation höher als bei den Herdebuchkühen der entsprechenden Rassen in Österreich. Während BS und FV in der 2. Laktation die höchsten Gehalte aufweisen, erreichen HF den höchsten Eiweißgehalt in der 2. Laktation und den höchsten Fettgehalt in der ≥4. Laktation (ZAR 2013). In der aktuellen Studie hingegen hat die Milch in der 3. Laktation den höchsten Fett- und Eiweißgehalt. Wieder haben die Versuchstiere das geringere Milchleistungsniveau.

Tiere im Versuch 1 geben nicht signifikant mehr Milch als bei der kraftfutterbetonten Fütterung des Versuchs 2 (22,45 vs. 22,18 kg). Die Differenz vergrößert sich etwas bei der ECM. Die Fütterung verändert den Fettgehalt ($P = 0,006$), aber besonders den Eiweißgehalt ($P < 0,0001$). Tiere mit der kraftfutterbetonten Ration haben einen um 0,22 %-Pkt. geringeren Fettgehalt von 4,18 %, hingegen einen um 0,28 %-Pkt. höheren Eiweißgehalt (3,63 vs. 3,35 %). Bei statistisch identer Milchmenge schlägt sich dies mit einer um 82 g/d signifikant geringeren Fettmenge von 894 g/d und einer um 62 g/d hochsignifikant höheren Eiweißmenge von 804 g/d nieder. Menge und Gehalt an Laktose bleiben unverändert. Da die produzierte Milchmenge über osmotische Vorgänge durch die Laktoseproduktion gesteuert wird, beeinflussen nur extreme Fütterungssituationen den Laktosegehalt (KIRCHGESSNER et al. 2011). Zu diesem Ergebnis kommen auch GRUBER et al. (1995). Allerdings steigert die bedarfsgerecht gefütterte Gruppe alle anderen Milchleistungsparameter hochsignifikant verglichen mit der nicht bedarfsgerecht ernährten Gruppe. In der aktuellen Studie wurden alle Tiere ihrem Bedarf entsprechend gefüttert.

Nach dem Überblick von KIRCHGESSNER et al. (2011) erhöht eine energiereiche Ration den Eiweißgehalt der Milch, weil dieser unmittelbar von der nXP-Anflutung abhängt. Allerdings war der Energiegehalt beider Rationen statistisch gleich, die GES-Aufnahme und der NFC-Gehalt aber höher. Die Senkung des Milchfettgehaltes erklärt sich durch den niedrigen NDF- und hohen NFC-Gehalt. Eine stärkereiche Ration enthält eine geringere Faserkohlenhydratmenge und hemmt deren Abbau durch rascher entstehende und geringer gepufferte Propionsäure. Dadurch verringert sich das Essigsäure/Propionsäure-Verhältnis und damit auch der Milchfettgehalt. Eine Milchfettdepression tritt aber erst bei nicht wiederkäuergerechten Rationen auf. Der NRC (2001) legt Grenzwerte dafür mit einem minimalen NDF-Gehalt von 25 % und einem maximalen Gehalt von 44 % NFC der TM bei 19 % NDF im Grobfutter fest. Diese Grenzwerte werden mit 38,4 % NDF und 36,5 % NFC bei

46,8 % NDF in der GF-Ration zwar eingehalten, gelten aber nur für eine TMR mit ausreichender Größe und Länge der Partikel sowie bei getrocknetem Maisschrot. Mehr NDF ist bei getrennter Fütterung der Futtermittel, geringerer Partikelgröße und bei schnell abbaubarem Kraftfutter gefordert (NRC 2001). Dies gilt auch für die Verabreichung von Gerste, aufgeteilt auf die 2 Hauptfütterungszeiten morgens und abends, sowie für die separate Fütterung der Grundfuttermittel.

Das Laktationsstadium beeinflusst alle Milchleistungsparameter hochsignifikant. Die Tiere erreichen am 42. Laktationstag mit 30,40 kg Milch und 29,75 kg ECM ihre Höchstleistung. Jedoch weist die ECM zu Beginn ein höheres Niveau auf und steigt daher nur mehr um 0,22 kg nicht signifikant an, während die Milchmenge um 2,5 kg tendenziell signifikant steigt. Auch fällt die ECM mit -13,1 kg (vs. -14,87 kg Milch) nicht so stark gegen Laktationsende ab. Die Unterschiede zwischen ECM- und Milchkurve liegen an höheren Fett- und Proteingehalten am Beginn und Ende der Laktation. Nach Berechnungen von BAUMAN und CURRIE (1980) gipfelt die Milchmenge in der 3. bis zur 4. Woche. Maximum bzw. Anstieg der ECM verringert sich mit sinkender GF-Qualität und unzureichender Bedarfsdeckung und wird entweder früher oder gar nicht erreicht, weil die Tiere ihr Leistungspotential nicht ausnützen können (GRUBER et al. 1995). Die Milchleistungskurve der aktuellen Studie entspricht wie erwartet derjenigen Gruppe, die mit guter GF-Qualität und mit KF bedarfsgerecht versorgt wurde (GRUBER et al. 1995).

Am 17. Laktationstag enthält die Milch 4,47 % Fett, 3,23 % Eiweiß und 4,71 % Laktose. In den ersten Wochen p.p. kann der Fettgehalt aufgrund von überhöhtem Fettabbau mehr als 5 % erreichen (KIRCHGESSNER et al. 2011). Während die Laktosekonzentration beinahe stetig auf 4,46 % am 293. Tag abfällt, erreichen Fett und Eiweiß mit der maximalen Milchleistung am 42. Laktationstag die geringste Konzentration von 4,03 und 3,12 % und nehmen bis auf 4,47 und 3,72 % am 293. Tag zu. Die Veränderungen sind hochsignifikant. Auch SHARMA et al. (1990) verzeichnen ähnliche Verläufe, jedoch steigen Fett- und Eiweißgehalt deutlich später an. Der Fettgehalt in der aktuellen Studie erreicht am 293. Tag den Gehalt zu Laktationsbeginn, der Eiweißgehalt liegt bereits 15,2 % darüber. Da der Eiweißgehalt sehr von der Energieversorgung der Mikroben und des Wirtstieres abhängt, ist er in Zeiten eines Energiemangels, also vor allem zu Laktationsbeginn – Kolostrum ausgenommen – geringer (KIRCHGESSNER et al. 2011). Die Fettmenge sinkt von 1236 g/d im 1. Laktationsmonat trotz der höchsten Milchmengen im 1. Laktationsdrittel aufgrund der geringen Konzentrationen stetig. Danach fällt sie wegen der abnehmenden Milchmenge bis auf 681 g/d am 293. Tag. Die Laktosemenge fällt von 1318 auf 700 g/d und die Eiweißmenge von 895 auf 594 g/kg. Beide bilden im Gegensatz zur Fettmenge ein Maximum während der Höchstlaktation aus, was SHARMA et al. (1990) nicht bestätigen können. Zu Laktationsende entsprechen Fett-, Eiweiß- und Laktosemenge 55 %, 66 % und 53 % der anfänglichen Menge.

Der Hormonhaushalt spielt eine wichtige Rolle im Hintergrund dieser Leistungsverläufe. Der Vergleich von Blutparametern zwischen Hochlaktation und Trockenstehzeit ergibt einen signifikanten Rückgang von GH und NEFA sowie einen signifikanten Anstieg von Glucose im Blut von höherleistenden Tieren (HART et al. 1979). In der Trockenstehzeit hingegen ist bei wenig- und bei hochleistenden Tieren die Prolactinkonzentration höher. In der Laktation sind

die Thyroxingehalte für beide Gruppen während des Leistungsmaximums gleich niedrig und geringer als in der Trockenstehzeit. Aber gering leistende Kühe haben signifikant höhere Werte in der Trockenstehzeit als hochleistende. Veränderungen des Thyroxingehaltes sind negativ mit Änderungen der Milchleistung korreliert und das GH/Insulin-Verhältnis positiv (HART et al. 1978). Zwar entspricht die Höchstmenge (24,8 kg) der höherleistenden Rassen nicht dem Niveau der aktuellen Studie, zeigt aber dennoch die Veränderung der auf die Milchleistung einflussnehmenden Hormone im Laufe des Laktationsstadiums und deren Abhängigkeit vom Milchleistungspotential. Die Untersuchung verdeutlicht die Regelung der Nährstoffverteilung durch Homöostase und Homöorhese (BAUMAN und CURRIE 1980). Der Einfluss des Trächtigkeitsstadiums ist in der aktuellen Studie nicht berücksichtigt. Wechselwirkungen zwischen Trächtigkeits- und Laktationsstadium sind gering bis nicht vorhanden (SHARMA et al. 1990, LOKER et al. 2009). Milch- und Fettmenge sinken jedoch von Beginn der Trächtigkeit ab dem 4. Trächtigkeitsmonat, die Eiweißmenge bereits ab dem 2. Monat. Zusätzlich steigt die Milchmenge proportional mit einer längeren Rastzeit (LOKER et al. 2009). Bei HF-Kühen erklärt das Laktationsstadium 25,8 %, 13,9 %, 16,4 % und 25,8 % der Streuung von Milch-, Fett-, Eiweißmenge und Laktose- plus Mineralienmenge und 3 %, 9,9 %, 4,6 % bei den entsprechenden Gehalten. Das Trächtigkeitsstadium erklärt hingegen mit nur 0,2 bis 1,3 % der Streuung aller Merkmale einen weitaus geringeren, aber dennoch signifikanten Anteil (SHARMA et al. 2009).

4.1.5 Energieversorgung

Während die Rasse die Energieaufnahme signifikant beeinflusst (P = 0,025), zeigt der Energiebedarf mit einem P-Wert von 0,111 nur eine starke Tendenz. HF_FV12.5 und HF_BS25 weisen als Gruppen mit den höchsten ECM-Mengen sowohl mit 110,4 und 111,0 MJ NEL/d die höchsten Aufnahmen als auch mit 101,3 und 101,7 MJ NEL/d den höchsten Bedarf auf. Ihre Energiebilanzen sind jedoch nicht signifikant am höchsten. Bezüglich Energieaufnahme unterscheiden sich nur FV100 mit einer Differenz von 13,3 MJ NEL/d von HF_BS25 mit der höchsten Aufnahme von 111,0 MJ NEL/d signifikant. Der Energiebedarf ist um 10,5 MJ NEL/d nur tendenziell höher. FV100 nimmt durchschnittlich um 6,4 MJ NEL/d weniger auf als HF100 und hat einen um 6,3 MJ NEL/d geringeren Bedarf. Insgesamt führen diese geringen Unterschiede zu einem statistisch identen Verhalten der Rassen bezüglich Energiebilanz (P = 0,930). Diese liegt zwischen 6,7 MJ NEL/d (FV100) und 9,8 MJ NEL/d (HF_FV12.5; HF_BS25). Damit liegen alle Rassen durchschnittlich im positiven Bereich.

Betrachtet man aber das Verhalten der Rassen in der Zwischenkalbezeit getrennt nach Trockenstehzeit und Laktation, erkennt man, dass HF100 a.p. mit 29,0 MJ NEL/d und die BS-Gruppen mit durchschnittlich 26,0 MJ NEL/d besser versorgt sind als FV100 und HF_FV12.5 mit durchschnittlich 18,8 MJ NEL/d. In der Laktation hingegen sinkt die Energiebilanz aller Rassen auf ein ähnliches Durchschnittsniveau zwischen 0,8 (HF100) und 4,6 MJ NEL/d (HF_BS25). Dies erklärt das über die gesamte Zwischenkalbezeit durchschnittlich höhere Niveau aller HF-Gruppen. Den geringsten Veränderungen zwischen Trockenstehzeit und Laktation unterliegen jedoch die FV-Gruppen mit 17,1 MJ NEL/d mit dem geringsten Energieüberschuss a.p., gefolgt von den HF×BS-Kreuzungen mit durchschnittlich

23,1 MJ NEL/d. HF100 fällt vom höchsten Niveau a.p. um 28,2 MJ NEL auf das tiefste p.p.. Nach LINS et al. (2003) führt eine Überversorgung a.p. zu verstärkter Mobilisation p.p.. Allerdings waren die betroffenen Gruppen nicht überkonditioniert. Auch der mittlere BCS-Verlust war bei HF100 mit 0,29 Pkt. am höchsten, gefolgt von den HF×BS-Kreuzungen. Laut BUCKLEY et al. (2000) verlieren Kühe mit genetisch hohem Milchleistungspotential mehr BCS in der Laktation, füllen ihre Reserven verglichen mit nicht milchbetonten Tieren besonders ausgeprägt in der Trockenstehzeit auf. Dieser Umstand bietet sich in der aktuellen Studie als Erklärung für den durchschnittlich höheren Energieversorgungsgrad der HF100 und HF×BS-Kreuzungen in der Trockenstehzeit an, sowie für den fehlenden Einfluss der Rasse auf die Nährstoffbilanzen über die gesamte Zwischenkalbezeit. Allerdings ist auch Folgendes zu beachten: Daten wurden nicht an einem bestimmten Laktationstag jeder Kuh erfasst, sondern an jenem Tag, der sich für eine Kuh während eines Versuchstermins ergab. So kann eine Kuh z. B. zu Beginn des 1. Monats im Versuch stehen, eine andere hingegen am Ende. Damit werden extreme Verläufe abgeflacht.

Weiters zeigt das Wechselwirkungsdiagramm der EB (Abbildung 2), dass FV100 mit -25,2 und HF100 mit -27,9 MJ NEL/d die stärkste Mobilisation am 17. Laktationstag aufweisen, HF_BS50 mit -20,9 MJ NEL/d die geringste. Trotzdem hat FV100 am 42. Laktationstag bereits das geringste Energiedefizit. Diese Rasse erreicht um den 60. Tag eine ausgeglichene Bilanz, und HF_BS25 ca. am 69. Tag. HF100 und HF_BS50 erreichen ca. um den 90. Tag den positiven Bereich. HF_FV12.5 mit der zweithöchsten ECM-Menge weist ca. bis zum 125. Tag ein leichtes Energiedefizit auf. Auch unter Berücksichtigung von Milchleistung und Lebendmasse im Schätzmodell nimmt die am stärksten milchbetonte Rasse HF mit ca. 120,6 MJ NEL die meiste Energie pro Tag vor BS mit 115,2 und FV mit 114,6 MJ NEL auf (GRUBER et al. 2007). Dies resultiert aus den Unterschieden im Erhaltungsbedarf aufgrund eines intensiveren Stoffwechsels und einer proteinreicheren Körperzusammensetzung von hochleistenden Kühen (GRUBER et al. 2007). In anderen Studien sind Unterschiede in der Energieaufnahme und/oder Energiebilanz zwischen den höher milchleistenden HF und anderen Rassen wie Danish Red und Jersey (FRIGGENS et al. 2007), wie norwegischen Milchkühen (YAN et al. 2006) und wie FV (GRUBER et al. 1995) weitaus signifikanter ausgeprägt. Die genannten Studien verarbeiten allerdings auch nur Daten der Laktation. Weiters werden in der aktuellen Studie Daten nicht für alle Kühe am gleichen Laktationstag erfasst, sondern an jenem Tag, der sich durch den Versuchstermin ergibt.

Auffallend sind zunehmend sprunghafte Veränderungen der LS-Means der Energiebilanz ab dem 97. Tag z. T. in den negativen Bereich besonders bei FV100 und HF_FV12.5. Dies ist durch starke Schwankungen der Tieranzahl in den Klassen bedingt und daher nicht für diese Rassen zu verallgemeinern. Einige wenige Tiere bestimmen die Schätzwerte. Ähnliches gilt auch für die Trockenstehzeit. Allerdings ist auf die Ernährungssituation dieser Kühe hinzuweisen. Am 157. Tag sowie am Laktationsende geraten die FV100-Kühe in den leicht negativen Bereich. Dies geht mit Erhöhungen des NDF-Gehaltes und entsprechender Senkung des KF-Anteils und damit der GES-Aufnahme einher. Ähnlich spiegeln sich auch Schwankungen von Futteraufnahme, KF-Anteil und NDF-Anteil abgeschwächt in der Energiebilanz der anderen Rassen, besonders aber bei HF_FV12.5 wider. So ist auch die

Wechselwirkung Rasse × Zeit für KF-Anteil, XP- und Energiegehalt in der Gesamtration signifikant, für die sonstigen Inhaltsstoffe der Gesamtration tendenziell signifikant, für Nährstoff-, Energie- und Futteraufnahme zumindest tendenziell signifikant, für die Energiebilanz jedoch nicht mehr. Die prozentuelle Bedarfsdeckung hingegen weist eine sehr signifikante Wechselwirkung auf. In der Trockenstehzeit grenzen sich die BS-Gruppen und HF100 deutlicher von den FV-Gruppen auf höherem Niveau als in der Laktation ab, wodurch sie größeren Veränderungen von der Trockenstehzeit zur Laktation unterliegen. Die tendenzielle Wechselwirkung beim Energiebedarf liegt an der rasch sinkenden Milchleistung von FV100. Dies wird ebenfalls von einer tendenziellen Signifikanz der Wechselwirkung für Milch- und Inhaltsstoffmengen begleitet. HF_FV12.5 hingegen gibt trotz geringerer Gesamtfutter- und Nährstoffaufnahme um den 125. Tag genauso viel Milch wie die besser versorgten restlichen HF-Gruppen, weshalb sie erst später als alle anderen Gruppen eine positive Bilanz erreichen. Bei GRUBER et al. (1995) gelangte die bedarfsgerecht ernährte Versuchsgruppe bei schlechter GF-Qualität am 100. Tag, bei mit guter Qualität bereits am 50. Tag in den positiven Bereich. Bei gutem Grundfutter erreichte die mit niedrigerem KF-Anteil nicht bedarfsgerecht gefütterte Gruppe erst am 170. Tag die positive Energiebilanz. Sie hatte aber im Gegensatz zu den bedarfsgerecht und mit guter GF-Qualität ernährten Tieren eine deutlich geringere Leistung, was bei HF_FV12.5 in diesem Zeitraum nicht der Fall ist.

Betrachtet man den fixen Effekt Zeit, steigern die Kühe unabhängig von Rasse und Laktationszahl ihre Energieaufnahme von 102,2 MJ auf 134,9 MJ NEL/d vom 14. bis zum 97. Laktationstag und senken sie bis zum 293. Tag auf 100,9 MJ NEL/d. Damit entwickelt sich die Energieaufnahme wie die GES-Aufnahme, die beim höchsten KF-Anteil und KF-Verzehr am 97. Tag ebenfalls den höchsten Wert erreicht. Gleich dieser fällt die Energieaufnahme stufenweise nach dem 97. und 209. Tag ab und verdeutlicht den enormen Effekt des Kraftfuttereinsatzes. Den höchsten Bedarf mit 134,8 MJ NEL/d haben die Kühe jedoch am 42. Tag, nämlich am Tag der höchsten Milchleistung. Danach sinkt der Bedarf bis zum 293. Tag auf ebenfalls 100,9 MJ NEL/d. Durch diese gegenüber der Milchleistung verzögerte Futter- und damit Energieaufnahme ergibt sich eine negative Energiebilanz von -24,0 MJ (81,2 %) am 14. Tag bis ca. zum 80. Tag. Diese Zeitspanne und Zeitpunkte der Maxima stimmen gut mit den Berechnungen von BAUMAN und CURRIE (1980) überein, in denen im 1. Laktationsdrittel eine negative Energiebilanz vorherrscht und im letzten Drittel die Energiereserven aufgefüllt werden. Die Energiebilanz der aktuellen Studie steigt jedoch rascher im 2. Laktationsdrittel bis zum 209. Tag auf 15,2 MJ NEL/d (111,1 %) an, um danach auf einem niedrigeren Niveau von 6,7 auf -0,1 MJ NEL/d (96,8 %) am 293. Tag abzufallen. In der gesamten Laktation betrug die Deckung wie bei der bedarfsgerecht gefütterten Gruppe bei GRUBER et al. (1995) durchschnittlich 100 %. Damit konnten die Kühe ihre Fettreserven bis zum Laktationsende wieder auffüllen.

Die Zeitspanne der negativen Energiebilanz und die Zeitpunkte der Maxima von Bedarf und Aufnahme variieren in der Literatur. Mit Weidehaltung und Kraftfutterergänzung erreichten die Kühe bei BERRY et al. (2006) das Aufnahmemaximum zwischen 185. und 225. Tag deutlich später und gelangten früher zwischen 60. und 73. Tag in den positiven Bereich. In

der Studie von FRIGGENS et al. (2007) machte die Futteraufnahme bis zum 14. Tag p.p. nicht mehr als 80 % der maximalen Futteraufnahme aus und verursachte in diesem Zeitraum das größte Energiedefizit. Aufgrund der möglichst vollständigen Ausschaltung von umweltbedingter Mobilisation schließen FRIGGENS et al. (2007) auf einen „genetically driven body energy change“ besonders in der frühen Laktation. Dieser kann durch eine verbesserte Fütterung nicht behoben werden. Bei der Schätzung des Energiebedarfs mittels Energieaufnahme unter zusätzlicher Berücksichtigung von Milchleistung und Lebendmasse spiegelt der Effekt des Laktationsstadiums die physiologische Situation der Kuh genauer wieder als z.B. die Lebendmasseveränderung (GRUBER et al. 2007). Auch die Futteraufnahme steigt wie die Energieaufnahme von Beginn und Ende der Laktation an, wenn man zusätzlich die Futterqualität und Leistung der Kühe berücksichtigt (GRUBER et al. 2004). Deren Einfluss bleibt im Modell der aktuellen Studie unberücksichtigt, weshalb sich die Energieaufnahme stark mit dem KF-Anteil entwickelt. Allerdings ist in der aktuellen Studie im letzten Laktationsdrittel auch die Klassenbesetzung sehr unterschiedlich, und einzelne Tiere wirken sich verstärkt aus. Die sehr signifikante Veränderung der Energiebilanz nach dem 209. Tag geht mit der ebenfalls sehr signifikanten Senkung des KF-Anteils von 30,7 auf 22,0 % einher. Gleichzeitig nehmen die Tiere am 209. Laktationstag das meiste GF auf und verbleiben danach auf diesem hohen Niveau. Nach KIRCHGESSNER et al. (2011) ist eine starke Absenkung des KF-Anteiles im letzten Laktationsdrittel möglich, weil das GF-Aufnahmevermögen überproportional bei einer KF-Verringerung steigt. Allerdings reichte die im aktuellen Versuch auf hohem Niveau bleibende GF-Aufnahme bzw. die Futterqualität für die Deckung der EB letztlich nicht aus. Trotzdem zeigt die NDF-Aufnahme mit 9,5 g/kg LM nach MERTENS (1994) keine physikalische Limitierung der Futteraufnahme an.

Zu Laktationsbeginn unterscheidet sich die Energiebilanz hochsignifikant von allen anderen Monaten und auch die Differenz von 36,5 MJ NEL/d im Abkalbungszeitraum ist hochsignifikant. Ähnliches gilt für Energieaufnahme und -bedarf. Vom -68. a.p. bis zum -6. Tag a.p. steigt der Energiebedarf von 48,5 auf 65,2 MJ NEL/d tendenziell signifikant. Ab dem -18. Tag a.p. reduzieren die Kühe ihre Energieaufnahme nicht signifikant. Dies führt zu einer von 36,1 auf 12,5 MJ NEL/d signifikant sinkenden Energiebilanz. Die Tiere fressen zwar gleich viel GF, aber immer weniger KF. Trotzdem liegt die Bedarfsdeckung mit 120,7 % im Gegensatz zu Erkenntnissen der Literaturübersicht von LINS et al. (2003) auch im Zeitraum vor der Abkalbung im positiven Bereich. Keine der Rassen muss mobilisieren (Abbildung 2). Da die Werte in den jeweiligen Zeitabschnitten gemittelt sind, ist eine Mobilisation direkt vor der Abkalbung nicht auszuschließen und wird auch nicht abgebildet.

Die Laktationszahl hingegen erklärt die Streuung von Aufnahme und Bedarf hochsignifikant, von der Energiebilanz mit einer starken Tendenz (P = 0,099) und von der prozentuellen Bedarfsdeckung sehr signifikant. Tatsächlich sind aber alle Energiebilanzparameter zwischen den Laktationszahlen 1 – 4 statistisch ident. Die vor dem Abkalben eingestellten Kalbinnen sind für den niedrigen P-Wert verantwortlich. In der 3. Laktation erreichen Kühe das Maximum von Milchleistung, Energieaufnahme und -bedarf (107,2 MJ NEL/d) und haben mit 11,0 MJ NEL/d die geringste positive Energiebilanz. Diese ist statistisch nicht signifikant. Auch bei BERRY et al. (2006) haben Tiere in der 3. Laktation gefolgt von denen in der 2. Laktation

die negativste Energiebilanz bei der gleichzeitig höchsten Energieaufnahme. In der 1. Laktation decken Kühe den geringeren Energiebedarf besser. In der aktuellen Studie steigert sich der Energiebedarf hochsignifikant von 1. zur 2. Laktation um 9,1 MJ NEL, von 2. zur 3. Laktation um 10,8 MJ NEL/d, die Energieaufnahme um 8,6 MJ NEL (P = 0,005) und 10,0 MJ NEL (P = 0,002). Die 2. Laktation jedoch ähnelt bezüglich Energiebedarf und -aufnahme nicht der 3. Laktation, weist aber eine ähnlich tiefe Energiebilanz auf. Auch bei BERRY et al. (2006) zeigen Kühe der 2. und 3. Laktation ähnlich tiefe Werte auf und erreichen den positiven Bereich am 60. und 73. Tag p.p.. Erstlaktierende und ≥4. laktierende Tiere der aktuellen Studie weisen mit durchschnittlich 13,3 MJ NEL/d die positivste Energiebilanz auf und liegen damit durchschnittlich 18,3 % über ihrem Bedarf. Unterschiede in der Energiebilanz sind jedoch nicht signifikant. In der 1. Laktation dauert die negative Phase länger als in der 2. (BERRY et al. 2006). Die Ausmaße der Mobilisation steigen mit der Laktationszahl, wobei Jersey Kühe in der 1. Laktation stärker mobilisieren als dänische HF (FRIGGENS et al. 2007). Insgesamt sind in der aktuellen Studie wiederum die Unterschiede in der Energiebilanz zwischen den Laktationszahlen deutlich geringer ausgeprägt als in den angeführten Studien. Allerdings fließt in diese Daten nur die Laktation ein. Berücksichtigt man im Schätzmodell für die Energieaufnahme zusätzlich Lebendmasse und Milchleistung, reduzieren sich die Unterschiede zwischen den Laktationen auf Unterschiede in Stoffwechselintensität und Körperzusammensetzung. In der ≥4. Laktation weisen Kühe wegen einer stärkeren Verfettung den geringsten Bedarf auf. In der 2. und 3. Laktation benötigen Kühe etwas mehr Energie als in der 1. Laktation (GRUBER et al. 2007).

Die Faktor „Versuch“ beeinflusst den Energiebedarf nicht, jedoch die Energieaufnahme und damit die Energiebilanz hochsignifikant. So nehmen Tiere in der kraftfutterbetonten Fütterung (Versuch 2) um 13,5 MJ NEL/d mehr auf. Sie haben im Gegensatz zur ausgeglichenen Bilanz bei der Fütterung im Versuch 1 (0,6 MJ NEL/d) einen Energieüberschuss von 16,1 MJ NEL/d (17,8 %) und dies bereits in den ersten 121. Laktationstagen. Bei BERRY et al. (2006) nimmt die Energieaufnahme zu Laktationsbeginn in der kraftfutterbetontesten Fütterungsvariante am meisten zu. Eine Veränderung der Dauer der negativen Energiebilanz bleibt jedoch aus. Dies spricht für eine verstärkte Nutzung der zusätzlichen Energie für die Milchleistung.

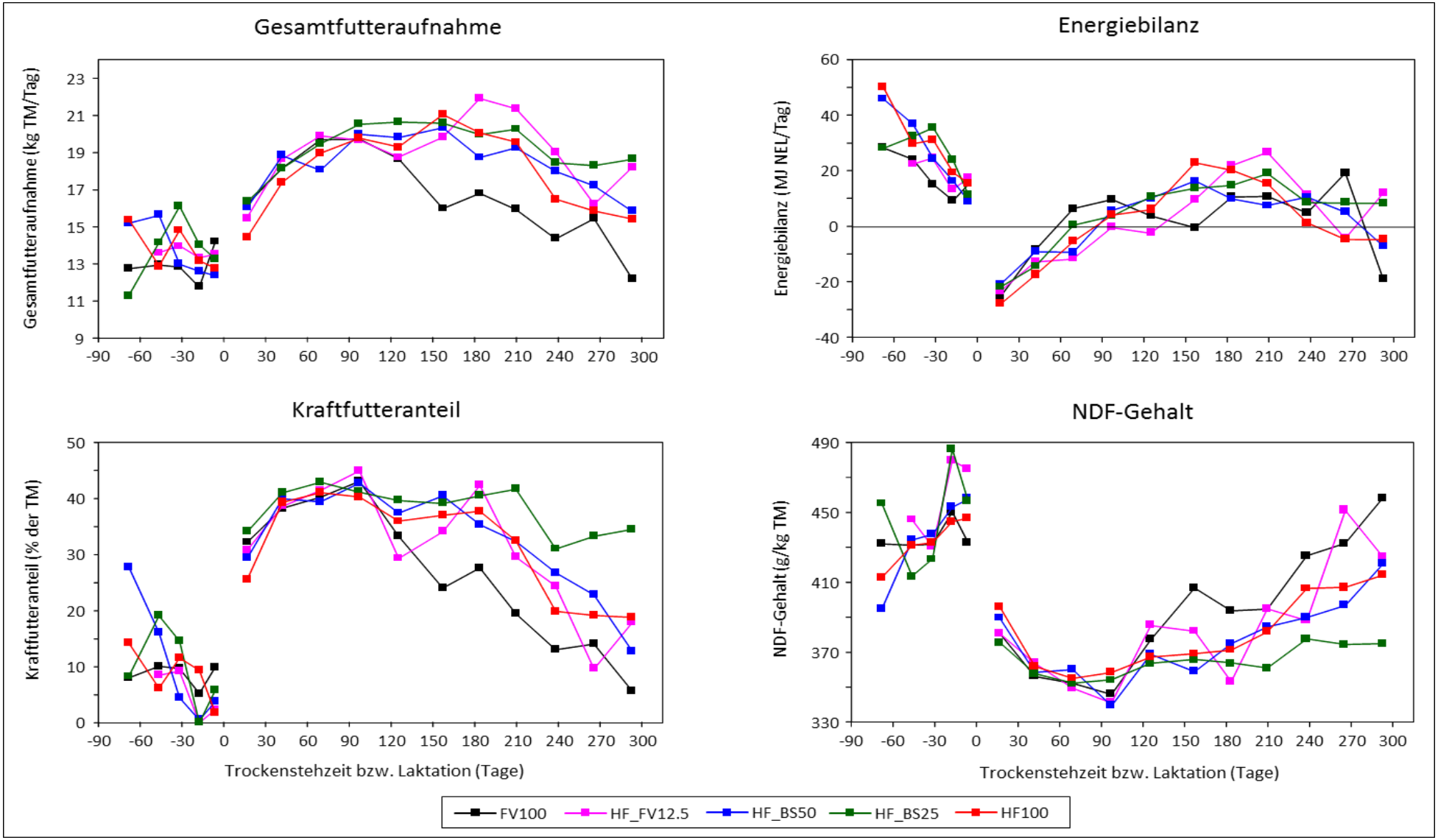


Abbildung 2: Verlauf von Gesamtfutteraufnahme, Energiebilanz, Kraftfutter- und NDF-Anteil der Gesamtration (Trockenstehzeit, Laktation, Rasse × Zeit)

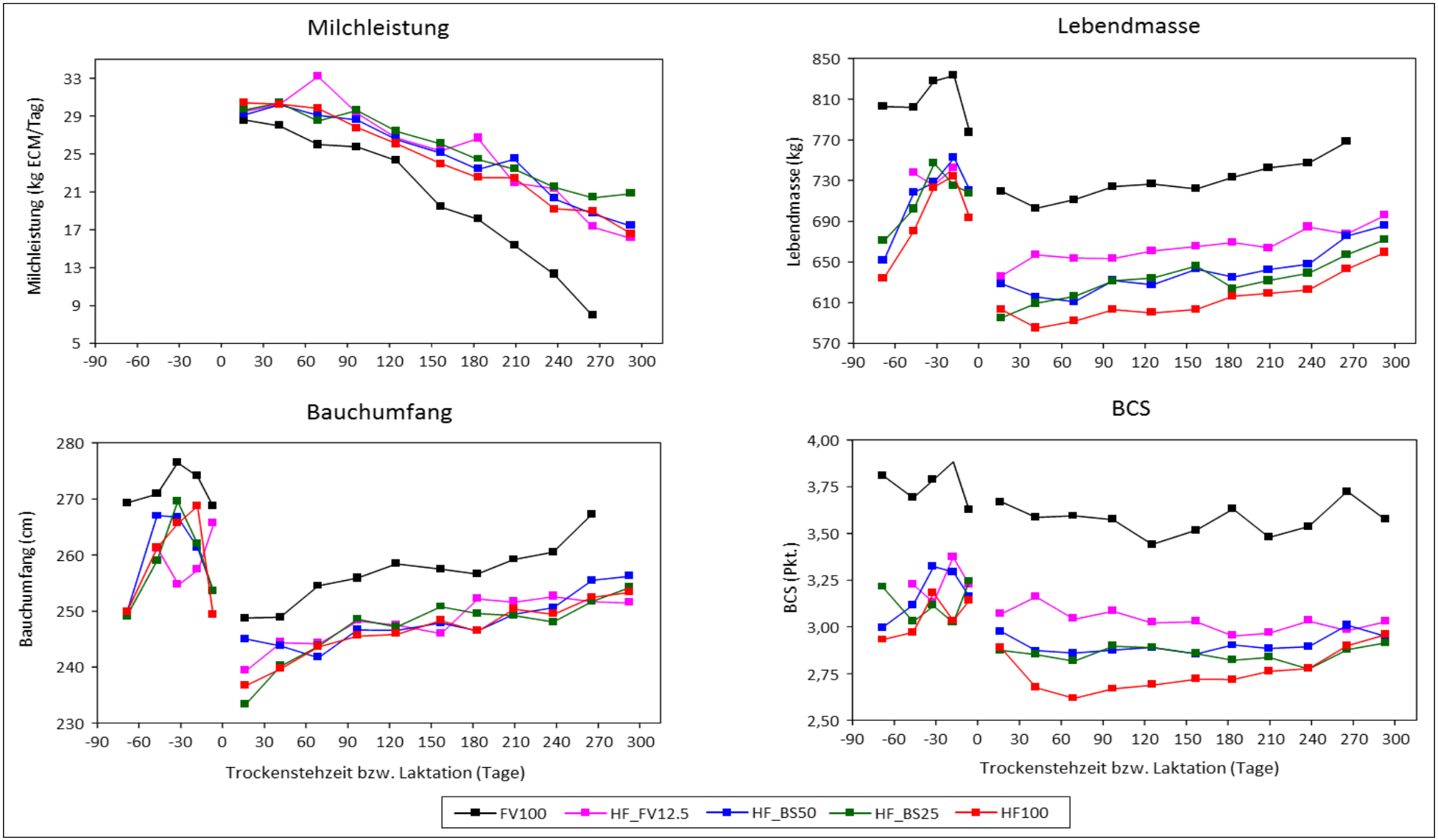


Abbildung 3: Verlauf von Milchmenge, Lebendmasse, Bauchumfang und BCS (Trockenstehzeit, Laktation, Rasse × Zeit)

4.1.6 Proteinversorgung

Im Gegensatz zur Energieversorgung beeinflusst die Rasse sowohl die nXP-Aufnahme als auch den Bedarf signifikant (P = 0,023; 0,011). Die nXP-Bilanz und die prozentuelle Bedarfsdeckung bleiben wiederum unbeeinflusst (P = 0,930; 0,952). Auch die Laktationszahl trägt wieder hochsignifikant zur Klärung der Streuung von Aufnahme und Bedarf bei. Sie beeinflusst die nXP-Bilanz nur tendenziell und die prozentuelle Bedarfsdeckung sehr signifikant (P = 0,002). Letzteres ergibt sich wieder aus dem abweichenden Verhalten der Kalbinnen. Die Wechselwirkung Rasse × Zeit ist bezüglich nXP-Aufnahme und prozentueller Bedarfsdeckung signifikant (P = 0,023; 0,0002), bezüglich Bedarf und nXP-Bilanz nur tendenziell (P = 0,071; 0,253).

Gleich der Energieaufnahme unterscheidet sich FV100 (2194 g/d) nur von HF_BS25, der Rasse mit der höchsten Milchleistung, signifikant um 333 g/d in der nXP-Aufnahme. Hinsichtlich nXP-Bedarf ist jedoch auch die Differenz zu HF_FV12.5 signifikant. HF100 nimmt um 158 g/d mehr als FV100 auf und hat einen um 230 g/d höheren Bedarf. Trotzdem reichen diese Differenzen nur zu einer Tendenz. Durchschnittlich haben die höherleistenden HF-Gruppen einen Mehrbedarf von 270 g/d gegenüber FV100, nehmen aber nur um 248 g/d mehr nXP auf. Dies bedingt eine durchschnittlich um 17 g/d niedrigere, wenn auch deutlich positive nXP-Bilanz von 564 g/d. HF100 hat im Gegensatz zur Energiebilanz eine niedrigere nXP-Versorgung als FV100, was mit den Beobachtungen von GRUBER et al. (1995) übereinstimmt. Im Gegensatz zu GRUBER et al. (1995) sind Rassenunterschiede in der nXP-Bilanz allerdings nicht signifikant, weshalb wieder eine getrennte Betrachtung von Trockenstehzeit und Laktation angebracht ist.

In der Trockenstehzeit sind die FV-Gruppen FV100 (1104 g/d) und HF_FV12.5 (1118 g/d) am geringsten überversorgt. Die höchsten Werte haben HF_BS50 (1208 g/d) und HF100 (1205 g/d). Die geringste Reduktion der nXP-Versorgung von Trockenstehzeit zur Laktation weisen FV100 und FV12.5 mit 765 und 787 g/d auf, die höchsten HF_BS50 und HF100 mit 911 und 925 g/d. Die am meisten milchproduzierende Gruppe HF_BS25 verändert sich um 822 g/d. Wie bei der Energiebilanz fallen die Gruppen von unterschiedlichem Niveau in der Trockenstehzeit auf ein verhältnismäßig ähnliches zwischen 279 g/d (HF100) und 348 g/d (HF_BS25) liegendes Niveau in der Laktation ab. Die FV-Gruppen unterliegen wieder den geringsten Veränderungen zwischen Trockenstehzeit und Laktation. In der Trockenperiode sind sie ebenfalls am geringsten überversorgt.

Wie bei der Energiebilanz beginnen HF100 und FV100 mit -193 und -127 g/d mit der negativsten nXP-Bilanz. Die restlichen Gruppen liegen zwischen -22 g/d (HF_FV12.5) und -65 g/d (HF_BS50). Am 42. Tag befindet sich FV100 bereits bei 205 g/d. Der Anstieg auf 33 und 39 g/d in den positiven Bereich fällt für HF_FV12.5 und HF_BS25 geringer aus als für HF_BS50. HF100 bleibt als einzige Rasse auch am 42. Tag mit -5 g/d defizitär. Insgesamt ist die Mobilisation in der aktuellen Studie gering. Die bei ähnlicher Milchleistung und Fütterung maximal akzeptablen nXP-Unterversorgungsgrenzen von -345 und -5 g/d im 1. und 2. Monat werden eingehalten (STEINWIDDER und GRUBER 2001). ANDREW et al. (1994) stellen bei geschlachteten Kühen keine signifikante Veränderung des Körperproteingehalts am 63.

Laktationstag verglichen mit der Trockenstehzeit fest. Sie vermuten aber in Hinblick auf Ergebnisse anderer Studien, die sehr wohl Proteinmobilisation abhängig von Milchleistungspotential und Ernährung feststellen, dass die Proteinreserven bereits aufgefüllt waren. Im Laufe der Laktation unterliegen die Rassen hinsichtlich nXP- und Energiebilanz dem gleichen Trend, nur dass sie sich schon früher und insgesamt in einem deutlich überversorgten Bereich befinden. Dies stellen auch GRUBER et al. (1995) fest. Eine bessere Energieversorgung steigert das Mikrobenwachstum und damit das nXP-Angebot für die Kuh (KIRCHGESSNER et al. 2011).

Das Laktationsstadium selbst bzw. die Trockenstehzeit beeinflussen alle Parameter hochsignifikant. Ähnlich wie die GES-Aufnahme steigt die nXP-Aufnahme hochsignifikant von 2299 auf 3074 g/d vom 17. bis zum 97. Laktationstag und verbleibt bis zum 209. auf ähnlichem Niveau. Ab dem 238. Laktationstag sinkt sie auf tieferem Niveau weiter auf 2273 g/d. Der Bedarf erreicht jedoch sein Maximum ebenfalls am 97. Tag mit 2745 g/d. Er fällt damit nicht wie der maximale Energiebedarf mit der höchsten Milchleistung am 42.Tag zusammen. Der nXP-Bedarf sinkt stetig bis zum 209. Tag auf 2316 g/d ab. Auch er sinkt ab dem 238. Tag auf geringerem Niveau weiter ab. Wieder zeigt sich der bereits diskutierte Einfluss des KF-Anteiles in der Ration. Die Kühe haben am 17. Laktationstag ein nXP-Defizit von -98 g/d und gelangen vor dem 40. Tag in den positiven Bereich. Damit beanspruchen die Kühe Proteinreserven weniger und um ca. 40 Tage kürzer im Vergleich zu Fettreserven. Bei einem N-Bilanzversuch (GRUBER et al. 1995) zu je 3 Laktationsstadien füllten die Kühe bereits am 75. Tag ihre Körperreserven auf. Nur die Gruppe mit niedriger GF-Qualität und ohne KF-Ergänzung war zu diesem Zeitpunkt noch im negativen Bereich. Modellberechnungen (STEINWIDDER und GRUBER 2001) ergeben bei einer EKF- und PKF-Ergänzung ein mögliches Defizit von 345 g/d im 1. und 5 g/d im 2. Monat, ohne die maximalen Unterversorgungsgrenze zu übertreten. Milchleistung, GF-Ration und -Qualität waren in der aktuellen Studie ähnlich. Demnach waren die Tiere verhältnismäßig besser versorgt. Vom 184. bis 209. Tag ist die Bedarfsdeckung am höchsten und pendelt sich nach dem 209. Tag auf ein nicht signifikant niedrigeres Niveau ein. Dies fällt mit einem starken Rückgang der Aufnahme, aber mit einem geringeren des Bedarfes zusammen. In diesem Zeitraum wurde auch der KF-Anteil deutlich gesenkt. Durchschnittlich können Kühe mit 112 % Bedarfsdeckung in der Laktation ihre Reserven wieder auffüllen. Dies stimmt mit den Ergebnissen von GRUBER et al. (1995) überein.

Die nXP-Bilanz zwischen dem -6. Tag a.p. und dem 1. Laktationsmonat verzeichnet mit einer Differenz von 1181 g eine hochsignifikante Reduktion des Versorgungsgrades von 299,9 auf 94,6 %. Bedarf und Aufnahme sind zu Laktationsbeginn signifikant um 1912 g und 594 g höher als am -6. Tag a.p.. In der Trockenstehzeit sind die Veränderungen von Aufnahme und Bedarf nicht signifikant. Allerdings verringert sich die Bedarfsdeckung geringfügig auf hohem Niveau. Trotz Rückgang der GES-Aufnahme kurz vor der Geburt sind die Tiere weder energie- noch proteinunterversorgt. Der zu Laktationsbeginn enorm gesteigerte Energie- und nXP-Bedarf kann trotz bedarfsgerechter Versorgung nicht gedeckt werden. Dies stellen auch GRUBER et al. (1995) fest. Weiters geht die Fruchtbarkeit der bedarfsgerecht gefütterten Tiere tendenziell zurück. Hochversorgte Tiere neigen zu hohen Milchleistungen und sind

daher stärker belastet als geringer versorgte Tiere mit geringerer Leistung, weil sie trotzdem mobilisieren müssen. Vergleicht man die prozentuelle Bedarfsdeckung von Energie und nXP, so beträgt das Energiedefizit im 1. Monat -18,8 %, das nXP-Defizit nur -5,4 %. Dies bedeutet, dass Energie die knappere Ressource ist, bzw. mehr Fett als Protein mobilisiert werden kann. So war der Körperfettgehalt von Kühen am 63. Laktationstag um 42,4 kg geringer als kurz vor der Abkalbung, während Veränderungen im Proteingehalt nicht signifikant waren (ANDREW et al. 1994). ANDREW et al. (1994) vermuten jedoch, dass die Reserven am 63. Tag bereits wieder aufgefüllt waren.

Kühe verschiedener Laktationszahlen verhalten sich wiederum in der nXP-Versorgung statistisch gleich wie in der Energieversorgung. Wiederum ist nur das Versorgungsniveau höher. Kühe in der 3. Laktation haben mit 2675 g einen um 13,1 % höheren Bedarf als Tiere der 2. Laktation ($P < 0,0001$) und nehmen aber nur um 10,1 % täglich mehr auf ($P < 0,0001$). Verglichen mit der 1. Laktation steigert sich der Bedarf in der 2. Laktation um 13,6 % hochsignifikant, die Aufnahme jedoch nur um 8,5 %. Demnach erreichen erstlaktierende Tiere mit einer 653 g/d eine, wenn auch nicht signifikant höhere Bilanz als Tiere der 2. und 3. Laktation. Durchschnittlich sind Kühe jeder Laktationszahl überversorgt, was auch die prozentuelle Bedarfsdeckung zwischen 171,4 und 177,5 % anzeigt. Die ≥4. Laktationsgruppe ähnelt wieder der 1. Laktation. Die Laktationszahl hat genauso wie die Rasse keinen Einfluss auf die nXP-Bilanz. Eine getrennte Betrachtung von Trockenstehzeit und Laktation ist aufgrund des dafür unzureichenden Datenmaterials nicht möglich.

Die kraftfutterbetonte Fütterung im Versuch 2 bewirkte durch die höhere GES-Aufnahme ähnlich wie bei der NEL-Aufnahme eine um 235 g/d hochsignifikant höhere nXP-Aufnahme. Die Kühe produzierten eine höhere Milcheiweißmenge, hatten einen hochsignifikanten Mehrbedarf von 209 g/d und trotzdem eine um 111 g/d signifikant höhere nXP-Bilanz. Der Energiebedarf hingegen war für beide Fütterungsvarianten gleich. Die prozentuelle Bedarfsdeckung zeigt daher, dass die Tiere im Versuch 2 prozentuell einen größeren Energie- als Proteinüberschuss verglichen mit der kraftfutterärmeren Ernährung haben. Dies stimmt mit den Versuchen von GRUBER et al. (1995) überein. Demnach steigt die N-Bilanz mit der GF-Qualität und dem Kraftfutterniveau signifikant an. Die dem aktuellen Versuch entsprechende Gruppe mit hoher GF-Qualität und bedarfsgerechter KF-Ergänzung ist ebenfalls energetisch überversorgt. Daraus resultiert eine über dem Bedarf liegende nXP-Versorgung. GRUBER et al. (1995) weisen auch eine geringere N-Ausscheidung als bei niedriger Energieversorgung nach und schließen auf eine vermehrte Rückführung des N über den ruminohepatischen Kreislauf.

4.1.7 Lebendmasse und Körpermaße

Die Rasse übt auf alle Körpermaßeparameter einen hochsignifikanten Einfluss aus, außer auf Brustumfang ($P = 0,016$), Bauchumfang ($P = 0,001$) und Brusttiefe ($P = 0,765$). Der Effekt der Laktationszahl ist nur bei BCS ($P = 0,004$) und RFD (0,123) nicht hochsignifikant. Der Faktor „Versuch“ wirkt sich nicht auf BU, KH, BCS und RFD aus. Der fixe Effekt Zeit verhält sich außer bei der KH ($P = 0,032$) immer hochsignifikant. In keinem Parameter tritt eine Wechselwirkung von Rasse × Zeit auf. Die wichtigsten Parameter (LM, BA und BCS) sind in

Wechselwirkungsdiagrammen (Abbildung 3) ersichtlich. Das „sprunghafte“ Verhalten der LS-Means in der Trockenstehzeit sowie am Laktationsende beruht auf dem geringen Datenmaterial und der ungleichen Verteilung der Rassen in diesen Zeiträumen. Zusätzlich dazu sind die Werte außer beim BCS mit 5 Beurteilern das Resultat einer einmaligen Messung pro Termin und daher keine Mittelung über mehrere Tage, wie bei den Leistungs- und Ernährungsparametern. Die Darstellung von Trockenstehzeit und Laktationszeit in diesen Diagrammen dient daher nur der Veranschaulichung des signifikanten Unterschiedes zwischen diesen physiologischen Stadien, aber nicht weiteren Analysen in den „sprunghaften“ Bereichen.

4.1.7.1 Lebendmasse und BCS

Lebendmasse, BCS und RFD sinken stetig von FV100 (757 kg; 3,66 Pkt.) zu den reinrassigen HF (640 kg; 2,85 Pkt.) mit zunehmendem HF-Anteil und Milchbetonung der Rassen ab. Dabei unterscheidet sich FV100 von allen anderen Rassen, und HF100 von allen FV-Kategorien in der LM, bezüglich BCS jedoch knapp nicht signifikant von HF_FV12.5. Die HF×BS-Gruppen sind einander sehr ähnlich und unterscheiden sich von den reinrassigen HF und den HF_FV12.5 nicht signifikant.

Die meisten Studien befassen sich nur mit der Laktationszeit. Der Vergleich ähnlicher Studien ergibt eine große Spannweite der Lebendmasse innerhalb der Rassen im selben Laktationszeitraum. In der Laktation wiegt FV100 730 kg, HF100 613 kg und die BS-Gruppen wiegen durchschnittlich 636 kg. Lebendmasseangaben ähnlicher Studien reichen bei FV von 646 – 720 kg und bei HF von 589 – 688 kg (GRUBER et al. 1995, HAIGER und KNAUS 2010). Die Lebensleistungslinie von HF wiegt 597 kg (HAIGER und KNAUS 2010). Im Versuch von BLÖTTNER et al. (2011) sind reine HF in den ersten 2 Laktationen signifikant leichter als HF×BS, wobei die Kreuzungstiere mit 669 kg etwas schwerer als in der aktuellen Studie sind. Auch bei DILLON et al. (2003a) sind die milchbetonten HF-Kühe mit 565 kg in der gesamten Laktation signifikant leichter als French Normande (593 kg) und außer zu Laktationsende auch leichter als French Montbeliarde (606 kg). Deutlicher sind die Unterschiede im BCS ausgeprägt. Hier haben HF durchschnittlich 2,63 Pkt., Normande 3,15 Pkt. und Montbeliarde 3,16 Pkt.. Die 2 weniger milchbetonten Rassen waren genauso wie FV100 und HF_FV12.5 in der gesamten Laktation besser konditioniert als HF.

Dies zeigen auch die Wechselwirkungsdiagramme von BCS und LM der aktuellen Studie (Abbildung 3). Sehr gut erkennbar ist die besondere Ähnlichkeit von den BS-Gruppen und die gegen Laktationsende schwindenden Unterschiede zwischen den verschiedenen HF-Kreuzungen und HF100. FV100 ist immer sowohl in der Trockenstehzeit als auch in der Laktation deutlich von allen anderen abgegrenzt. Während HF_FV12.5 auf höherem BCS-Niveau beginnend ständig leicht an Kondition verliert, verzeichnet HF100 am 69. Tag einen Tiefpunkt von 2,62 Pkt. und gelangt am 293. Tag wieder in den Bereich der HF-Kreuzungen. Trotzdem gibt es keine signifikante Wechselwirkung. Die BS-Gruppen verändern die Kondition kaum. Laut DILLON et al. (2003a) hat HF in den ersten 12 Laktationswochen zwar einen signifikant höheren BCS-Verlust als Normande und Montbeliarde, jedoch anschließend eine geringere Steigerung bis zur 40. Woche. Auch BUCKLEY et al. (2000) vermerken einen

signifikant geringeren BCS während der Laktation bei höherem genetischen Milchleistungspotential. In der frühen Laktation nimmt der BCS signifikant stärker ab und in der Trockenperiode steigt die Lebendmasse signifikant stärker. Damit macht HF die höheren Verluste besonders in der Trockenstehzeit wett. HF×BS verändert das Gewicht in der 2. und 3. Laktation, wenn auch nicht signifikant geringer als HF (BLÖTTNER et al. 2011).

Die getrennte Betrachtung von Trockenstehzeit und Laktation ergibt die geringste durchschnittliche BCS-Reduktion mit 0,19 und 0,21 Pkt. für FV100 und HF_FV12.5, idente Verluste für die BS-Gruppen mit 0,27 und die höchsten mit 0,29 Pkt. für HF100. HF100 hat in jedem Zeitabschnitt die durchschnittlich geringste Körperkondition. Die FV-Gruppen unterliegen wieder den schwächsten und HF100 den stärksten durchschnittlichen Veränderungen zwischen Trockenstehzeit und Laktation. Damit stimmen die mittleren Veränderungen beim BCS gut mit denen der Nährstoffbilanzen überein. Die Abnahme der Lebendmasse ist hingegen bei HF100 und FV100 mit ca. 79 kg gleich und bei HF_FV12.5 mit 70 kg am geringsten. Hingegen treten zwischen HF_BS50 mit 74 kg und HF_BS25 mit 80 kg deutlichere Unterschiede auf. Daher bilden die mittleren Veränderungen der LM die Nährstoffbilanzen nicht ab. Allerdings schwankt z.B. auch die Masse des graviden Uterus zwischen ca. 70 – 80 kg (KIRCHGESSNER et al. 2011) und beeinflusst daher die Differenz genauso wie die unterschiedliche Füllung des Verdauungstraktes (ANDREW et al. 1994, LINS et al. 2003). FV100 liegt mit 3,63 Punkten kurz vor der Abkalbung im rassenabhängigen Optimalbereich von 3,5 – 3,8 Pkt. (KIRCHGESSNER et al. 2011). Alle anderen Gruppen sind allen voran HF100 mit 3,14 Pkt. unterkonditioniert. In der Studie von DILLON et al. (2003a) waren es sogar nur 3,04 Pkt., aber auch die BCS-Angaben variieren in der Literatur. Verglichen mit dem weidebasierten Versuch von DILLON et al. (2003a) fallen die durchschnittlichen Veränderungen des BCS zwischen Trockenstehzeit und Laktation sowie innerhalb der Laktation gering aus. Aber auch in der aktuellen Studie sind die milchbetonten HF-Kühe die leichtesten und am geringsten konditionierten Tiere und neigen gleichzeitig zu den größten Veränderungen.

In der 1. Laktation (640 kg) sind Kühe um 100 kg leichter als in der ≥4. Laktation. Bereits bis zur 2. Laktation nehmen sie 61 kg zu, aber nur mehr 26 kg von der 2. zur 3. Laktation, sowie 13 kg von der 3. zur ≥4. Laktation. So unterscheiden sich letztere Laktationen nicht signifikant voneinander, aber die ersten 2 Laktationen von allen anderen. Anstiege dieser Größenordnung sind nicht ungewöhnlich, wie 88 kg und 100 kg bei HF×BS und HF von 1. zur 3. Laktation zeigen (BLÖTTNER et al. 2011). Diese degressive Steigerung der LM mit dem Alter des Tieres vermerken auch ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997), BERRY et al. (2006) und YAN et al. (2009). Die LM entwickelt sich simultan zu anderen Körpermaßen und steht damit in engem Zusammenhang mit dem Skelettwachstum (YAN et al. 2009). In der aktuellen Studie haben Tiere in der 2. Laktation die höchste BCS-Note mit 3,17 Pkt., in der 3. und ≥4. Laktation jedoch nur 3,13 und 3,15 Pkt.. Aber nur 1. (3,06 Pkt.) und 2. Laktation sind mit einer Differenz von 0,11 Pkt. signifikant unterschiedlich. Der BCS verhält sich bezüglich Laktationszahlen in der Literatur unterschiedlich. Teils haben erstlaktierende Kühe den höchsten BCS zu Beginn und Ende der Laktation (HORAN et al. 2005, BERRY et al. 2006) oder auch den durchschnittlich geringsten (BUCKLEY et al. 2000). Bei BERRY et al. (2006) verhält

sich der BCS wie die Energiebilanz, die in der 3. Laktation am geringsten und ähnlich wie die EB in der 2. Laktation ist. Ähnlich dazu haben Kühe der 1. Laktation bei der Abkalbung und zu Laktationsende den höchsten BCS, während Kühe in der 3. Laktation zu Laktationsende den geringsten haben (HORAN et al. 2005). Tiere der 2. Laktation zeigen die geringsten LM- und BCS-Verluste zwischen Abkalbung und Tiefpunkt. Die Milchleistung war auch hier in der 3. Laktation am höchsten, in der 1. am geringsten (HORAN et al. 2005). Die angeführten Studien berücksichtigen allerdings nur Daten während der Laktation und sollen die BCS-Veränderung im Zusammenhang mit der Nährstoffversorgung und Leistung untersuchen. Die aktuelle Studie bezieht auch die Trockenstehzeit in die Schätzung mit ein. Zusätzlich steigt der Grad der Verfettung mit dem Alter des Tieres an. Daher ergibt sich auch bei Kühen der ≥4. Laktation ein geringerer Erhaltungsbedarf als bei jüngeren, der u.a. auf die steigende Verfettung zurückgeführt wird (GRUBER et al. 2007).

Wie erwartet hat das Laktationsstadium einen hochsignifikanten Einfluss. Am 17. Laktationstag sind die Kühe um 99 kg hochsignifikant ($P < 0,0001$) leichter und um 0,22 Pkt. signifikant geringer konditioniert verglichen mit dem -6. Tag a.p.. Der gravide Uterus wiegt am 285. Laktationstag ca. 70 – 80 kg (KIRCHGESSNER et al. 2011), nach Berechnungen von BELL et al. (1995) sogar 87 kg. In der aktuellen Studie erhöht ein BCS-Punkt unabhängig von Rasse und Laktationszahl die LM um durchschnittlich 75,7 kg in diesem Zeitraum. Damit haben die Kühe bereits 16,6 kg mobilisiert, was den restlichen Lebendmasseverlust gut ergänzt. Die Kühe erreichen den nicht signifikanten Tiefpunkt der Lebendmasse (631 kg) am 42. Tag während der maximalen Milchleistung und gewinnen bereits vor dem Erlangen der positiven Energiebilanz am 80. Tag wieder an Lebendmasse. Der BCS hingegen sinkt bis zum 69. Tag signifikant und erreicht erst nach 80. Tag, nämlich am 97., das Niveau vor dem Tiefpunkt (nicht signifikant). Bis zum 238. Tag pendelt er sich auf einem Niveau von 3,01 – 3,04 Pkt. ein, um anschließend signifikant auf das Niveau des 17. Tages von durchschnittlich 3,13 Pkt. anzusteigen. ANDREW et al. (1994) stellen den geringsten Körperenergiegehalt von HF am 77. Tag fest, aber keine signifikanten Veränderungen der LM verglichen mit anderen Laktationsstadien. Auch bei DILLON et al. (2003a) verbleibt der BCS auf ähnlichem Niveau und steigt bei BERRY et al. (2006) erst ab dem 200. Tag deutlich an, während die Lebendmasse bereits früher ihr Minimum erreicht und ansteigt. Diese Diskrepanz von BCS- und LM-Veränderung in den ersten 56 Tagen lässt DILLON et al. (2003a) vermuten, dass die LM die Gewebemobilisation besonders in diesem Zeitraum nicht widerspiegelt. Die unterschiedliche Füllung des Verdauungstraktes und Wassereinlagerung bei der Mobilisation verfälschen die Aussagekraft der LM-Veränderung. ANDREW et al. (1994) sehen hauptsächlich die Unterschiede in der Futteraufnahme als Grund für die nicht signifikanten Veränderungen der LM in ihrer Studie. Diese Übereinstimmungen bestätigen die LM als unzureichenden Mobilisationsindikator (LINS et al. 2003).

In der aktuellen Studie verläuft die LM-Kurve entsprechend einer bedarfsgerecht ernährten Gruppe, entsprechend dem Versuch von GRUBER et al. (1995). Die bedarfsgerecht gefütterte Gruppe verliert mit 30 – 40 kg in den ersten 30 – 50 Tagen weniger als die nicht bedarfsgerecht ernährte (GRUBER et al. 1995). Insgesamt mobilisieren die Tiere der aktuellen Studie mit einem BCS-Verlust von ca. 0,3 Pkt. relativ wenig. Dies entspricht einem

Abbau von ca. 25 kg LM. Diese erreicht mit 694 kg am 293. Tag beinahe das Niveau zu Beginn der Trockenstehzeit mit 705 kg, und auch der BCS unterscheidet sich ab dem 266. Tag nicht mehr signifikant von der Trockenstehzeit. Wie bei den bedarfsgerecht ergänzten Gruppen bei GRUBER et al. (1995) wurde die LM zu Laktationsbeginn übertroffen. Wie die negative Energiebilanz zeigen die Veränderungen von BCS und LM, dass Mobilisation in der frühen Laktation trotz bedarfsgerechter Fütterung nicht zu verhindern ist. Dies spricht wieder für einen genetischen Hintergrund der Mobilisation (FRIGGENS et al. 2007). In einer Studie mit HF (BERRY et al. 2002) verändern sich die Heritabilitäten von LM und BCS im Laufe der Laktation. Die höchste BCS-Heritabilität trat beim BCS-Minimum am 60. Laktationstag auf, was auf den geringen Einfluss von Management und Fütterung auf den BCS in der frühen Laktation zurückgeführt wird. Der geringe Verlust an BCS und Lebendmasse kann auch an der Erhebung der Daten liegen, wie bereits bei der Energiebilanz erwähnt. Daten wurden nicht an einem bestimmten Laktationstag erhoben, sondern an jenem Tag, der sich für eine Kuh im Versuchstermin ergab. Somit sind die LS-Means zusätzlich „Mittelwerte“ der Zeitstufen. Auch die Angabe des Tages, z.B. 17. Laktationstag ergibt sich aus der „Mittelung“ der Zeitpunkte aller Messwerte – in diesem Fall des 1. Laktationsmonats.

In der Trockenstehzeit nehmen die Tiere hochsignifikant von 705 auf 763 kg bis zum -18. Tag a.p. zu und verlieren tendenziell bis zum -6. Tag a.p. 27 kg. Ein nicht signifikanter BCS-Rückgang setzt bereits früher ein. Die deutlich positive Energiebilanz in der Trockenstehzeit legt jedoch die Vermutung nahe, dass der Gewichtsverlust in diesem Zeitraum mit dem Wegfallen einiger FV100-Tiere zusammenhängt. Damit erfolgt eine Verteilung der Rassen hin zu leichteren HF-Tieren.

4.1.7.2 Körpermaße

Die Rasse beeinflusst alle Körpermaße meist hochsignifikant – die Brusttiefe (78 – 79 cm) ausgenommen. Die HF-Gruppen unterscheiden sich bezüglich der restlichen Körpermaße voneinander nie signifikant, FV100 von HF100 hingegen immer, nämlich hinsichtlich BU, BA und KB, weil FV100 mit 210, 261 und 57 cm die umfangreichste und breiteste Rasse ist, oder weil FV100 bezüglich Mittelhandlänge und Kreuzhöhe mit 88 und 142 cm die kürzeste und kleinste ist. Während FV100-Kühe bezogen auf BA und KB von allen anderen Rassen ebenfalls signifikant abweichen, haben sie einen statistisch identen BU mit HF_FV12.5 (206 cm) und HF_BS25 (205 cm). Weiters sind sie bezüglich MHL und KH mit HF_BS50 (94; 146 cm) ident. Die statistische Beziehung von HF_FV12.5 zu den anderen Gruppen ist hingegen unterschiedlich. Einerseits liegen die Werte von BU, BA und KB numerisch zwischen FV100 und den HF×BS-Gruppen. Andererseits ist HF_FV12.5 länger und höher als HF100. HF_FV12.5 (252 cm) hat einen um 9 cm signifikant geringeren Bauchumfang als FV100 und ähnelt damit vermehrt den restlichen HF-Gruppen (251 cm). Hingegen verhält sich die Körperbreite tendenziell unterschiedlich zu den anderen HF-Gruppen, aber signifikant unterschiedlich zu FV100. Auch hinsichtlich BU folgt HF_FV12.5 mit 206 cm gleich auf FV100. Jedoch variieren die LS-Means von BU mehr als von BA und KB, deren Werte für HF×BS und HF100 numerisch beinahe ident sind. Der BU reduziert sich von FV100 zu HF_FV12.5 um 4 cm nicht signifikant, danach zentimeterweise ab 205 cm (HF_BS25) zu HF100 und HF_BS50. HF_FV12.5 ist mit 100 cm die längste und mit 147 cm die zweithöchste

Rasse und unterscheidet sich daher signifikant vom kleinsten und kürzesten FV100. HF_BS50 (94 cm) differiert von den längsten HF_FV12.5 und HF_BS25 mit 100 cm nicht signifikant. HF100 ist um ca. 9 cm länger und um 4 cm signifikant höher als FV100, hat einen um 6 cm und 10 cm kleineren Bauch- und Brustumfang und einen um 4 cm schmäleren Körper. Weiters sind HF um 0,81 Pkt. geringer konditioniert und um 117 kg deutlich leichter als FV100.

Diese Typunterschiede ergibt auch der Vergleich von HAIGER und KNAUS (2010). Ab dem 2. Lebensjahr ist HF signifikant größer und länger als FV, gemessen an Widerrist- und Kreuzhöhe sowie Rumpflänge. Verglichen mit den Ergebnissen der aktuellen Studie ist FV100 in der Laktation ähnlich schwer, aber um 6 cm kleiner als bei HAIGER (s.a.). HF100 ist um 75 kg leichter und um 5 cm kleiner als HF. Die geringen Unterschiede von FV100 zu FV bezüglich LM trotz großer hinsichtlich KH sind möglicherweise auf eine unterschiedliche Kondition zurückzuführen, denn in der erwähnten Studie (HAIGER und KNAUS 2010) wurde kein Kraftfutter ergänzt. In der aktuellen Studie hingegen bewegt sich der BCS von FV100 in der Laktation nie unter 3,44 Pkt.. Diese Typunterschiede bewirken die Eignung für jeweils andere Produktionsbedingungen. Während HF in High-Input-Systemen wirtschaftlicher ist, eignet sich FV für die Acker/Grünland-Region. Der Vergleich von HF×BS und HF (BLÖTTNER et al. 2011) ergab in den ersten 2 Laktationen signifikant schwerere HF×BS-Kühe und mit einer in allen Laktationen um 2 cm signifikant größeren Brustbreite von 48 cm. In allen anderen Merkmalen fanden sich genauso wie in der aktuellen Studie keine signifikanten Unterschiede. Der Brustumfang liegt bei HF und HF×BS mit 203 und 204 cm im Bereich der aktuellen Messwerte.

Die Ergebnisse der 2 angeführten Studien bestätigen die aktuellen. Auch im Wechselwirkungsdiagramm des BA (Abbildung 3) sieht man deutlich die Unterschiede zwischen FV100 und allen HF-Gruppen, besonders in der Laktationszeit. In der Laktation beginnen HF100 und HF_BS25 auf dem tiefsten Niveau mit 237 und 233 cm und FV100 mit 249 cm auf dem höchsten. Die HF-Gruppen verringern den Abstand zueinander von 12 auf 5 cm im Laufe der Laktation. Es gibt aber keine signifikante Wechselwirkung. Die größte durchschnittliche Abnahme von Trockenstehzeit und Laktation unterliegt mit 15 cm FV100, gefolgt von HF100 mit 13 cm und den 3 HF-Kreuzungen mit 12 cm.

Die 1. und 2. Laktation unterscheiden sich in allen Körpermaßen (hoch)signifikant von allen anderen. Dies spiegelt das Wachstum der Tiere wieder und wird in ähnlicher Form in anderen Studien beobachtet. Das Wachstum der meisten Körpermaße erfolgt wie die Zunahme der Lebendmasse degressiv, nur die hintere Körperbreite verändert sich mit ca. 1 cm/Laktation annähernd linear. Auch die Mittelhandlänge steigt um 8 cm/Laktation bis zur 3. Laktation, von 3. zur ≥4. immerhin signifikant um 7 cm. Damit wird eine weitere Ausnahme bei der Entwicklung der Körpermaße mit dem Alter des Tieres sichtbar. Bei allen Körpermaßen, selbst der hinteren Körperbreite sind 3. und ≥4. Laktation statistisch ident. Nur die Mittelhandlänge steigert sich signifikant in jeder Laktation. Am meisten steigern sich mit der Laktationszahl BU mit 4,0 %, 1,9 %, 0,9 %, BA mit 3,2 %, 1,2 % und 0,4 %, BT mit 2,5 %, 1,3 % und 1,3 % und MHL mit 9,1 %, 8,3 % und 6,7 %. Kreuzhöhe und Körperbreite verändern sich prozentuell am geringsten. Die Lebendmasse hingegen steigert sich um

9,5 %, 3,7 % und 1,8 %. Die prozentuelle Veränderung der Körpermaße fällt verglichen mit der ECM-Leistung mit 16 %, 8,9 % und einem Rückgang um 5,5 % von der 3. zur ≥4. Laktation gering aus.

Der BU steigt von der 1. Laktation mit 200 cm auf 214 cm in der ≥4. Laktation an. Der BA steigt von der 1. Laktation mit 248 auf 260 cm. In der 1. Laktation haben Kühe mit 77 cm eine um 4 cm geringere Brusttiefe als in der ≥4. Laktation. Am meisten steigt die Mittelhandlänge mit insgesamt 23 cm von der 1. zur ≥4. Laktation (111 cm). Hingegen wächst die Rumpflänge nur um ca. 6,5 cm von 1. bis ≥3. Laktation (HAIGER s.a.). In der aktuellen Studie sind Kühe in der ≥4. Laktation mit einer KH von 148 cm am größten und um 4 cm größer als in der 1. Laktation. Ähnlich steigerte sich die Widerristhöhe mit 3 – 5 cm von der 1. zur ≥3. Laktation (HAIGER s.a.). Die KH wuchs jedoch geringer als die Widerristhöhe, sodass deren Differenz von 5 cm in der 1. Laktation auf 3 cm ab der 4. Abkalbung zurückging. In der aktuellen Studie steigt die KB pro Laktation um ca. 1 cm von 53 auf 56 cm. Damit übereinstimmend nimmt die unadjustierte Hüftbreite bei Danish Friesians zentimeterweise von 1. zur ≥5. Laktation zu (ENEVOLDSEN und KRISTENSEN 1997).

Wie verändert aber nun das Laktationsstadium die Körpermaße? In der Trockenstehzeit bewegt sich der BU nicht signifikant zwischen 209 und 212 cm. Der Verlust von 9 cm im Zeitraum der Abkalbung ist jedoch hochsignifikant und wird bis zum 293. Laktationstag nicht aufgeholt (P = 0,010). Am 42. Laktationstag p.p. erreicht der BU seinen Tiefpunkt (201 cm) und steigt signifikant auf 206 cm bis zum 266. Tag. Hingegen erweitert sich der BA in der Trockenstehzeit signifikant von 256 auf 266 cm, verringert sich aber bis zum -6. Tag a.p. auf 256 cm. Dieser signifikante Rückgang des BA ist zu hinterfragen. Vermutlich beruht er auf der schwankenden Klassenbesetzung innerhalb der Rassen. Der Umfangsverlust im Bereich der Abkalbung beträgt hochsignifikante 16 cm auf 240 cm. Der BA steigt im Gegensatz zum BU bereits vom 1. Monat an. Ab dem 266. Tag erreicht er mit 255 cm die Ausmaße zu Beginn der Trockenstehzeit. Der Trend des BU und des BA ähneln dem des BCS und der LM. Der BA ist jedoch stärker als der BU von der Futteraufnahme abhängig (YAN et al. 2009). Dies bietet sich als Erklärung für den sofortigen Anstieg des BA nach der Abkalbung an, weil die Futteraufnahme besonders zu Beginn stark ansteigt. Die höhere Steigerung des BA in der Trockenstehzeit im Gegensatz zum BU erklärt sich mit der Trächtigkeit. Der gravide Uterus nimmt vom 7. bis 9. Trächtigkeitsmonat von ca. 24 auf 80 kg stark zu (KIRCHGESSNER et al. 2011). In der Laktation ist die Wiederauffüllung der Reserven für beide Körpermaße mit einer Vergrößerung verbunden, wie die Korrelationskoeffizienten von 0,52 (BU) und 0,40 (BA) zum BCS zeigen. Diese Beziehung erfährt eine Verstärkung in der Trockenstehzeit auf 0,71 und 0,61. Die Ähnlichkeit des Trends zur LM in der Laktation bestätigen die Korrelationskoeffizienten von 0,81 zwischen LM zu BU und BA. In der Trockenperiode vertieft sich die Beziehung zwischen BA und BU zu LM mit 0,85 im Gegensatz zum BCS gering. Zusätzlich verstärkt sich auch die Beziehung zwischen LM und BCS von 0,62 auf 0,72. Demnach ist die LM in der Trockenstehzeit verhältnismäßig mehr an die Verfettung als an den Rahmen gebunden. Dies erklärt sich physiologisch mit der Reserveauffüllung während der Trockenstehzeit. So hatten am -7. Tag a.p. geschlachtete Kühe mit 89,9 kg Fett signifikant mehr Fett als am 63. Laktationstag mit 47,5 kg und in der Spätlaktation wieder 80,9 kg

(ANDREW et al. 1994). Dies bekräftigt damit die Abhängigkeit der Körperzusammensetzung vom physiologischen Stadium. Auch der Erhaltungsbedarf geht aufgrund zunehmender Verfettung zurück und die LM verliert daher im Laufe des Laktationsstadiums an Einfluss auf die Energie- und Futteraufnahme (GRUBER et al. 2004, GRUBER et al. 2007). Die signifikante Umfangsreduktion vom -6. Tag a.p. bis 17. Tag p.p. resultiert unter der Beachtung dieser Zusammenhänge sowohl aus der Abkalbung selbst als auch aus der Mobilisation, sichtbar am BCS-Verlust im gleichen Zeitraum.

Auch die Brusttiefe verändert sich im Zeitverlauf hochsignifikant, auch wenn sich die LS-Means nur im Bereich von 78 und 79 cm bewegen. Der Tiefpunkt wird am 69. Tag noch während der negativen Energiebilanz erreicht, aber später als beim BA und BU. Bis zum 293. Tag steigt die BT signifikant auf 79 cm. In der Trockenstehzeit steigt sie nicht signifikant von 78 auf 79 cm und ihr Unterschied zwischen Ende der Trockenstehzeit und der Laktation ist vom 42. bis 97. Tag hochsignifikant. Die Beziehung der Brusttiefe zur LM ist in der Trockenstehzeit und Laktation ähnlich (r = 0,55), aber deutlich schwächer als von BU und BA. Während der Trockenstehzeit verstärkt sich die schwach positive Beziehung zu BCS auf 0,22. Damit geht in der Trockenstehzeit eine größere Brusttiefe weniger mit der Verfettung des Tieres einher als größere Messwerte von BU, BA und KB. Der starke Anstieg der Körpertiefe verlief in der Studie von WALL et al. (2005) linear. Jedoch bezieht sich die Untersuchung nur auf erstlaktierende und somit stärker wachsende Kühe.

Die Mittelhandlänge steigt hingegen in der Trockenstehzeit signifikant von 95 auf 99 cm. In der Laktationszeit steigt sie von Beginn an signifikant von 91 auf 98 cm. Sie zeigt sich aber mit Korrelationskoeffizienten von 0,38 in der Laktation und 0,19 in der Trockenperiode deutlich schwächer mit der LM korreliert als die vorhergehenden Merkmale. Die schwache Beziehung zum BCS verläuft sogar leicht negativ. Das bedeutet, dass längere Kühe zwar schwerer sind, aber nicht fetter. Damit basiert die Zunahme der Mittelhandlänge nicht auf dem Wiederauffüllen der Reserven, sondern auf dem Wachstum der Tiere. Die Mittelhandlänge ist auch dasjenige Körpermaß, das sich mit ca. 7 – 8 cm pro Laktation am stärksten verändert. Die Differenz im Zeitraum der Abkalbung ist signifikant, lässt sich aber durch die Abkalbung selbst nicht erklären. Der Standardfehler der LS-Means liegt bei ca. 1 cm und entspricht dem des deutlich größeren Brustumfanges und deutet auf größere Messfehler hin.

Die Veränderungen der KH sind mit einem P-Wert von 0,032 gerade noch signifikant. Tatsächlich bewegt sie sich im Bereich von 145 und 146 cm sowohl in der Trockenstehzeit als auch in der Laktation. Der Standardfehler der LS-Means liegt bei ca. 0,5 cm. Die KH weist mit Korrelationskoeffizienten von 0,10 und 0,14 in der Trockenstehzeit und Laktation die geringste Beziehung aller Merkmale zur LM auf und korreliert ebenfalls mit dem BCS negativ. Die KH unterliegt auch bezüglich des Effektes der Laktationszahl prozentuell den geringsten Veränderungen. In der Untersuchung von WALL et al. (2005) zeigt sich das Höhenwachstum bei erstlaktierenden HF-Kühen im Vergleich zur Entwicklung von Brustbreite und Körpertiefe am geringsten ausgeprägt.

Die Veränderung der Körperbreite hingegen ist hochsignifikant. In der Laktation geht sie bis zum 69. Tag nicht signifikant zurück und erweitert sich signifikant auf 55 cm. In der Trockenstehzeit nimmt sie von 55 auf 56 cm bis zum -18. Tag a.p. zu. Danach fällt sie bis zur Abkalbung auf 54 cm. Dies kann aber aufgrund der positiven Energiebilanz zu diesem Zeitpunkt nicht auf Mobilisation basieren, sondern eher auf einer schwankenden Klassenbesetzung in der Trockenstehzeit. Die Veränderungen in der Trockenstehzeit sind nicht signifikant. In den Ergebnissen von WALL et al. (2005) war die Brustbreite in der 1. Laktation einem starken linearen Anstieg unterworfen. Die KB korreliert mit der LM mit ca. 0,77 in Trockenperiode und Laktation stark positiv. Mit einem Anstieg des Korrelationskoeffizienten von KB und BCS von 0,51 in der Laktation auf 0,75 in der Trockenstehzeit ist die KB der Kühe am stärksten mit der Kondition und damit der Reservenauffüllung sowie Verfettung verbunden.

WALL et al. (2005) betrachten den genetischen Hintergrund zur Veränderung der Körpermaße im Laktationsverlauf. Sie modellieren Körpermaße von erstlaktierenden Kühen mittels Random-Regression-Modell, um die Veränderungen der Körperform und des Verfettungsgrad beeinflusst durch Laktation, Wachstum und Alter zu berücksichtigen. Der Trend von BCS, Körpertiefe, Brustbreite und Kreuzhöhe verläuft grundsätzlich ansteigend entsprechend dem Wachstum der Tiere und damit ähnlich wie in der aktuellen Studie. Allerdings berücksichtigen WALL et al. (2005) zusätzlich andere Effekte wie Kalbealter und Alter des Tieres. Auch entwickeln sich die Körpermaße von Töchtern unterschiedlicher Väter abweichend voneinander. Diejenigen mit hoher Milchleistung waren anfangs schwerer, wuchsen aber langsamer und umgekehrt. Die Autoren schließen deshalb auf eine unterschiedliche Nährstoffverteilung zwischen Milchproduktion und Körpergewebe abhängig vom Vater. Weiters ändern sich auch die Heritabilitäten im Laktationsverlauf. Dies bedeutet wiederum, dass Fütterung und Management einen unterschiedlich hohen Einfluss auf Körpermaße im Laktationsverlauf haben.

Im kraftfutterbetonten Versuch 2 haben Kühe keinen signifikant unterschiedlichen BU, aber einen um 2 cm signifikant höheren BA, eine um 1 cm tiefere Brust und sind mit 97 cm um 2 cm länger als Kühe im Versuch 1. Sie sind mit 146 cm gleich hoch, hatten aber ein um 1 cm breiteres Becken von 55 cm. BCS und RFD bleiben unverändert, obwohl die Energiebilanz mit 117,5 MJ NEL um 12 MJ hochsignifikant höher als im Versuch 1 ist. Dafür sind Tiere im Versuch 2 signifikant schwerer und die Futteraufnahme höher. Wie bereits diskutiert, verlieren mit guter Futterqualität und bedarfsgerecht versorgte Kühe am geringsten Lebendmasse, haben die höchste GES-Aufnahme und eine höhere Energiebilanz (GRUBER et al. 1995). Es ist zusätzlich zu beachten, dass die kraftfutterbetonte Fütterung nur vom -14. Tag a.p. bis 121. p.p. stattfindet und der BCS, verglichen mit der LM, später und erst ab dem 238. Laktationstag deutlich ansteigt und die Lebendmasse sowie der BA stark von der Futteraufnahme beeinflusst sind.

4.1.7.3 Rückenfettdicke und BCS

Die Rasse erklärt die Streuung der RFD hochsignifikant. Die RFD sinkt wie der BCS von FV100 (13 mm) zu HF×BS und HF100 (ca. 10 mm). FV100 hat eine signifikant stärkere Fettauflage

bei einem BCS von 3,66. Dies zeigt wieder die bereits diskutierte unterschiedliche Milchbetonung der Rassen auf. In der Studie von BLÖTTNER et al. (2011) unterschieden sich HF×BS von HF nur in der 1. Laktation mit 18,2 und 15,8 mm, danach nicht mehr. Bei SCHNEIDER et al. (2005) hatte FV bei einem beinahe identen BCS von 3,67 Punkten 17,3 mm Fettauflage, was sich deutlich von den 13 mm bei FV100 unterscheidet. Ein BCS von 3,5 bei HF bedeutet 25 mm RFD oder 146 kg Körperfettgehalt (STAUFENBIEL 1997). Wie in der Untersuchung von SCHNEIDER et al. (2005) ergibt sich, dass die Referenzwerte von HF für FV nicht geeignet sind. Weiters weisen Studien sehr unterschiedliche RFD-Niveaus auf. Dies merken auch SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006) an. Ein BCS von 3 entspricht in der aktuellen Studie einer RFD von ca. 10 mm. Die RFD von HF100 verhält sich wie der BCS. Zu- und Abnahme sind ausgeprägter als bei den anderen Gruppen. HF nutzen ihre Energiereserven in der Laktation stärker (STAUFENBIEL et al. 2003). Im Gegensatz zu den anderen Gruppen unterliegen die LS-Means von FV100 in der Laktation enormen Schwankungen von beinahe 4 mm in aufeinanderfolgenden Monaten. Diese sind in Betracht anderer Parameter nicht physiologisch erklärbar. Jedoch stellten SCHNEIDER et al. (2005) eine schlechtere Messbarkeit bei fetteren Tieren fest und eine schlechtere Auswertbarkeit des Ultraschallbildes bei FV als bei HF. Die Standardabweichung der LS-Means liegt bei ca. 1 mm in der Laktation und 2 mm in der Trockenstehzeit und zeigt, dass das statistische Modell die Streuung nicht ausreichend erklären kann.

Im Gegensatz zum BCS erklärt die Laktationszahl Unterschiede in der RFD nur tendenziell (P = 0,123). Wie der BCS ist sie in der 1. Laktation (10 mm) am geringsten, aber in der 4. am höchsten (12 mm). Bei BLÖTTNER et al. (2011) haben die Tiere in der 2. Laktation die niedrigste RFD und in der 3. Laktation die höchste. Allerdings ist wieder zu berücksichtigen, dass diese Werte nur die Laktation und nicht wie in der aktuellen Studie auch die Trockenstehzeit einbeziehen. Wie bereits erläutert verhalten sich auch die Laktationszahlen bei den BCS-Ergebnissen für die Laktationszahlen in anderen Studien unterschiedlich.

Der Einfluss des Laktationsstadiums ist hochsignifikant. RFD und BCS korrelieren zwar in der Laktation (r = 0,69) und in der Trockenstehzeit (r = 0,80) stark, verhalten sich allerdings unterschiedlich. Während der BCS am 69. Tag seinen Tiefpunkt erreicht, sinkt die RFD, wenn auch nicht stetig, bis 209. Tag und verliert ab Laktationsbeginn 3 mm. Gleichzeitig am 209. Tag verzeichnet die Energiebilanz den höchsten Energieüberschuss. Als einziger Körpermaßeparameter zeigt die RFD keinen signifikanten Unterschied vom -6. Tag a.p. zum 17. Tag p.p.. Erst danach sinkt sie hochsignifikant um insgesamt 3 mm bis zum 209. Tag ab und bleibt auf diesem Niveau im Gegensatz zum BCS, der wieder auf das Niveau vom 14. Tag p.p. ansteigt. Dieser RFD-Verlauf entspricht nicht der Referenzkurve von SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2003), die ab dem 90. Tag stetig auf das Ausgangsniveau ansteigt und kann weiters weder durch Nährstoffversorgung oder BCS der aktuellen Studie begründet werden.

Tabelle 8: Futterbedingte Parameter für Rasse, Laktationszahl und Versuch (gleicher Buchstabe bedeutet nicht signifikant verschieden)

Parameter	Einheit	Rasse (R)					Laktationszahl (L)				Versuch (V)		RMSE	P-Wert			
		1	2	3	4	5	1	2	3	≥4	1	2		R	L	V	R × Z
Futteraufnahme																	
GF	kg TM/d	11,74	12,68	11,94	11,83	12,01	11,67 ^{a}	12,45 ^{b}	12,53 ^{b}	12,64 ^{b}	12,73	11,35	1,38	0,331	0,001	< 0,0001	0,356
KF	kg TM/d	3,85 ^{a}	4,71 ^{ab}	4,80 ^{ab}	5,46 ^{b}	4,47 ^{ab}	4,24 ^{a}	4,73 ^{ab}	5,82 ^{c}	5,67 ^{bc}	2,88	6,44	2,00	0,025	< 0,0001	< 0,0001	0,070
GES	kg TM/d	15,52 ^{a}	17,41 ^{b}	16,65 ^{ab}	17,33 ^{b}	16,45 ^{ab}	15,76 ^{a}	17,14 ^{b}	18,48 ^{c}	18,41 ^{bc}	15,65	17,70	2,46	0,020	< 0,0001	< 0,0001	0,036
GES_LM	% der LM	2,10 ^{a}	2,49 ^{b}	2,56 ^{b}	2,66 ^{b}	2,60 ^{b}	2,54	2,56	2,59	2,45	2,33	2,63	0,36	< 0,0001	0,214	< 0,0001	0,007
GES_LM^{x}	g/kg LM^{x}	109,1 ^{a}	128,1 ^{b}	128,9 ^{b}	134,2 ^{b}	130,1 ^{b}	126,5	130,1	133,6	128,4	106,0	118,5	18,2	< 0,0001	0,057	< 0,0001	0,013
Nährstoffaufnahme																	
XP	g/d	2249 ^{a}	2544 ^{ab}	2460 ^{ab}	2615 ^{b}	2406 ^{ab}	2301 ^{a}	2478 ^{ab}	2751 ^{c}	2747 ^{bc}	2395	2515	489	0,032	< 0,0001	0,1	0,015
nXP	g/d	2194 ^{a}	2491 ^{ab}	2399 ^{ab}	2527 ^{b}	2352 ^{ab}	2239 ^{a}	2429 ^{b}	2675 ^{c}	2668 ^{bc}	2266	2519	445	0,023	< 0,0001	0,0001	0,023
RNB	g/d	8,6	8,5	9,5	13,8	8,5	9,6	7,6	12,3	12,4	20,8	-1,3	18,2	0,575	0,453	< 0,0001	0,216
NEL	MJ/d	97,7 ^{a}	110,4 ^{ab}	106,2 ^{ab}	111,0 ^{b}	104,1 ^{ab}	99,6 ^{a}	108,2 ^{b}	118,3 ^{c}	117,4 ^{bc}	99,3	112,5	18,7	0,025	< 0,0001	< 0,0001	0,033
XF_LM	g/kg LM	4,3 ^{a}	5,1 ^{b}	5,1 ^{b}	5,2 ^{b}	5,3 ^{b}	5,1	5,1	5,0	4,9	5,1	4,9	0,6	< 0,0001	0,402	0,034	0,069
NDF_LM	g/kg LM	8,3 ^{a}	9,8 ^{b}	9,9 ^{b}	10,1 ^{b}	10,2 ^{b}	9,8	9,9	9,6	9,3	9,6	9,7	1,1	< 0,0001	0,440	0,382	0,026
Kraftfutteranteil und Nährstoffkonzentration Grundfutter																	
XP	g/kg TM	128	125	126	126	125	128	127	127	126	132	121	10	0,612	0,429	< 0,0001	0,536
nXP	g/kg TM	128	128	128	128	128	128	128	128	128	131	125	3	0,569	0,749	< 0,0001	0,922
RNB	g/kg TM	-0,09	-0,38	-0,26	-0,28	-0,38	0,00	-0,11	-0,16	-0,23	0,11	-0,66	1,28	0,751	0,506	< 0,0001	0,227
XF	g/kg TM	255	257	257	258	256	254	257	256	257	253	260	12	0,575	0,08	< 0,0001	0,667
NDF	g/kg TM	463	465	465	467	464	459 ^{a}	464 ^{b}	462 ^{ab}	463 ^{ab}	462	468	17	0,408	0,019	0,002	0,770
NFC	g/kg TM	278	278	278	276	279	280	276	279	277	272	284	17	0,625	0,397	< 0,0001	0,365
ME	MJ/kg TM	9,84	9,80	9,82	9,81	9,82	9,82	9,80	9,81	9,79	10,04	9,60	0,21	0,819	0,792	< 0,0001	0,521
NEL	MJ/kg TM	5,85	5,83	5,84	5,83	5,84	5,84	5,83	5,83	5,82	6,00	5,68	0,15	0,82	0,784	< 0,0001	0,561
Kraftfutter																	
KF_%	% der TM	19,9 ^{a}	23,1 ^{ab}	23,8 ^{ab}	27,9 ^{b}	22,9 ^{ab}	23,2 ^{a}	23,9 ^{ab}	27,8 ^{b}	27,5 ^{ab}	15,5	31,6	9,5	0,030	0,012	< 0,0001	0,044
XP	g/kg TM	142	142	144	149	143	145	143	147	147	149	139	12	0,167	0,154	< 0,0001	0,066
nXP	g/kg TM	139	140	141	144	140	141	140	143	143	142	140	7	0,092	0,126	0,050	0,006
RNB	g/kg TM	0,57	0,35	0,50	0,79	0,45	0,73	0,53	0,73	0,75	1,18	-0,12	1,18	0,476	0,352	< 0,0001	0,215
XF	g/kg TM	217	213	211	206	213	209 ^{a}	211 ^{a}	203 ^{a}	206 ^{a}	225	199	20	0,155	0,017	< 0,0001	0,228
NDF	g/kg TM	408	404	400	392	402	395 ^{ab}	399 ^{b}	388 ^{a}	391 ^{ab}	418	384	29	0,183	0,005	< 0,0001	0,196
NFC	g/kg TM	323	331	333	338	332	335 ^{a}	333 ^{a}	343 ^{a}	339 ^{a}	299	365	27	0,215	0,020	< 0,0001	0,143
ME	MJ/kg TM	10,29	10,36	10,41	10,47	10,36	10,39	10,35	10,45	10,43	10,37	10,38	0,33	0,189	0,261	0,885	0,017
NEL	MJ/kg TM	6,20	6,24	6,28	6,32	6,25	6,27	6,24	6,31	6,30	6,26	6,26	0,24	0,200	0,26	0,915	0,023

Rasse: 1 FV100; 2 HF_FV12.5; 3 HF_BS50; 4 HF_BS25; 5 HF100; Z fixer Effekt Zeit

Tabelle 9: Futterbedingte Parameter für den fixen Effekt Zeit

Parameter	Einheit	Trockenstehzeit (Wochen a.p.)					Laktation (Monate p.p.)											P-Wert
		-10	-8	-6	-4	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Zeit
Futteraufnahme																		
GF	kg TM/d	11,59	11,64	12,32	11,96	12,30	10,60	10,76	11,14	11,50	12,34	12,67	12,34	13,03	12,75	12,66	12,76	< 0,0001
KF	kg TM/d	2,35	2,23	1,95	0,95	0,61	5,01	7,38	8,07	8,57	7,33	7,25	7,00	6,26	4,44	3,90	3,67	< 0,0001
GES	kg TM/d	13,97	13,85	14,25	12,93	12,93	15,57	18,11	19,17	20,02	19,57	19,83	19,27	19,26	17,16	16,55	16,45	< 0,0001
GES_LM	% der LM	2,05	1,92	1,92	1,71	1,71	2,45	2,87	3,03	3,10	3,03	3,05	2,96	2,97	2,60	2,43	2,37	< 0,0001
GES_LM^{x}	g/kg LM^{x}	104,2	99,4	99,7	89,5	89,7	122,7	143,5	151,5	156,0	152,3	153,5	149,3	149,4	131,4	123,7	121,3	< 0,0001
Nährstoffaufnahme																		
XP	g/d	2005	2023	2008	1734	1628	2245	2769	2958	3096	2945	2991	2958	2938	2549	2448	2390	< 0,0001
nXP	g/d	1871	1850	1883	1700	1705	2299	2769	2938	3074	2938	2968	2883	2842	2443	2318	2273	< 0,0001
RNB	g/d	21,4	27,5	19,3	5,6	-12,2	-8,8	-0,2	3,2	3,5	0,9	3,6	11,6	15,1	16,8	20,5	18,4	< 0,0001
NEL	MJ/d	83,7	82,3	84,8	76,4	77,7	102,1	121,4	128,8	134,9	129,3	130,2	125,9	124,7	108,1	102,6	100,9	< 0,0001
XF_LM	g/kg LM	4,5	4,4	4,3	4,2	4,3	4,7	5,1	5,3	5,3	5,6	5,8	5,7	5,8	5,3	5,2	5,1	< 0,0001
NDF_LM	g/kg LM	8,4	8,1	8,0	7,7	7,8	9,3	10,2	10,6	10,8	11,1	11,3	11,0	11,2	10,2	9,7	9,5	< 0,0001
Kraftfutteranteil und Nährstoffkonzentration Grundfutter																		
XP	g/kg TM	137	142	139	130	121	115	115	117	118	117	116	120	125	130	134	132	< 0,0001
nXP	g/kg TM	127	128	129	128	129	129	128	129	129	128	127	127	128	128	128	127	0,027
RNB	g/kg TM	1,52	2,21	1,62	0,33	-1,17	-2,16	-2,15	-1,81	-1,71	-1,68	-1,63	-1,02	-0,41	0,33	0,88	0,82	< 0,0001
XF	g/kg TM	257	260	256	258	253	253	253	252	251	255	259	261	259	256	258	261	0,0008
NDF	g/kg TM	460	461	457	466	465	468	470	465	462	465	471	472	468	460	462	464	0,008
NFC	g/kg TM	260	249	263	269	292	301	298	296	297	293	287	278	276	274	266	265	< 0,0001
ME	MJ/kg TM	9,64	9,61	9,71	9,76	9,93	10,04	10,01	10,01	10,02	9,93	9,84	9,79	9,82	9,79	9,74	9,66	< 0,0001
NEL	MJ/kg TM	5,72	5,70	5,77	5,79	5,91	5,99	5,97	5,97	5,98	5,92	5,85	5,82	5,84	5,82	5,78	5,73	< 0,0001
Gesamtration																		
KF_%	% der TM	12,5	10,9	9,2	5,8	3,5	29,3	39,1	40,7	41,3	35,2	35,0	35,0	30,7	22,0	19,9	19,0	< 0,0001
XP	g/kg TM	142	146	140	133	123	140	151	153	153	147	147	151	150	146	146	144	< 0,0001
nXP	g/kg TM	133	132	131	130	130	146	152	153	153	148	148	148	146	140	138	137	< 0,0001
RNB	g/kg TM	1,48	2,23	1,45	0,45	-1,12	-0,86	-0,13	0,03	0,04	-0,16	-0,10	0,38	0,61	0,94	1,28	1,16	< 0,0001
XF	g/kg TM	232	238	239	247	246	197	179	176	174	190	193	194	200	213	220	224	< 0,0001
NDF	g/kg TM	425	432	434	451	455	387	361	355	352	372	376	377	384	400	409	413	< 0,0001
NFC	g/kg TM	294	277	287	282	300	365	382	385	388	370	366	359	349	326	313	310	< 0,0001
ME	MJ/kg TM	9,94	9,85	9,87	9,86	9,99	10,72	10,94	10,98	11,01	10,78	10,73	10,70	10,60	10,32	10,19	10,11	< 0,0001
NEL	MJ/kg TM	5,94	5,88	5,89	5,87	5,96	6,50	6,67	6,69	6,71	6,55	6,51	6,49	6,42	6,22	6,13	6,07	< 0,0001

Tabelle 10: Parameter der Milchleistung, Nährstoffversorgung und Körpermaße für Rasse, Laktationszahl, Versuch (gleicher Buchstabe bedeutet nicht signifikant verschieden)

Parameter	Einheit	Rasse (R)					Laktationszahl (L)				Versuch (V)		RMSE	P-Wert			
		1	2	3	4	5	1	2	3	≥4	1	2		R	L	V	R × Z
Milchleistung																	
Milch	kg/d	18,61 ^{a}	22,86 ^{b}	23,16 ^{b}	24,14 ^{b}	22,80 ^{b}	19,41 ^{a}	22,35 ^{b}	24,10 ^{b}	23,40 ^{b}	22,45	22,18	3,8	0,005	< 0,0001	0,694	0,236
ECM	kg/d	19,08 ^{a}	23,88 ^{b}	23,72 ^{b}	24,34 ^{b}	23,49 ^{b}	19,83 ^{a}	23,02 ^{b}	25,07 ^{c}	23,69 ^{bc}	23,08	22,73	3,64	0,004	< 0,0001	0,599	0,062
Fett_%	%	4,24	4,41	4,26	4,25	4,29	4,19	4,30	4,41	4,26	4,40	4,18	0,45	0,813	0,086	0,006	0,831
Eiw_%	%	3,57	3,52	3,45	3,49	3,44	3,35 ^{a}	3,52 ^{b}	3,58 ^{b}	3,53 ^{b}	3,35	3,63	0,21	0,394	< 0,0001	< 0,0001	0,732
Lakt_%	%	4,62	4,59	4,59	4,54	4,56	4,71 ^{c}	4,60 ^{b}	4,52 ^{a}	4,49 ^{a}	4,57	4,59	0,11	0,498	< 0,0001	0,573	0,082
Fett_g	g/d	768 ^{a}	985 ^{b}	967 ^{b}	998 ^{b}	957 ^{b}	791 ^{a}	942 ^{b}	1046 ^{c}	960 ^{bc}	976	894	179	0,004	< 0,0001	0,011	0,157
Eiw_g	g/d	665 ^{a}	795 ^{b}	797 ^{b}	833 ^{b}	778 ^{b}	652 ^{a}	775 ^{b}	850 ^{c}	817 ^{bc}	742	804	132	0,014	< 0,0001	0,010	0,172
Lakt_g	g/d	871 ^{a}	1064 ^{b}	1066 ^{b}	1111 ^{b}	1050 ^{b}	913 ^{a}	1036 ^{b}	1107 ^{b}	1074 ^{b}	1037	1028	186	0,013	< 0,0001	0,781	0,247
Energieversorgung																	
l_NEL	MJ/d	97,7 ^{a}	110,4 ^{ab}	106,2 ^{ab}	111,0 ^{b}	104,1 ^{ab}	99,6 ^{a}	108,2 ^{b}	118,3 ^{c}	117,4 ^{bc}	99,3	112,5	18,7	0,025	< 0,0001	< 0,0001	0,033
R_NEL	MJ/d	91,2	101,3	99,4	101,7	97,4	87,3 ^{a}	96,4 ^{b}	107,2 ^{c}	107,0 ^{c}	98,4	98,0	12,8	0,111	< 0,0001	0,840	0,052
B_NEL	MJ/d	6,7	9,8	7,8	9,8	7,6	13,5	11,3	11,0	13,2	0,6	16,1	17	0,924	0,099	< 0,0001	0,444
B_NEL	%	108,2	113,0	111,5	113,7	112,6	118,4 ^{a}	115,8 ^{a}	115,3 ^{a}	118,2 ^{a}	105,8	117,8	16,8	0,682	0,009	< 0,0001	0,002
Proteinversorgung																	
l_nXP	g/d	2194 ^{a}	2491 ^{ab}	2399 ^{ab}	2527 ^{b}	2352 ^{ab}	2239 ^{a}	2429 ^{b}	2675 ^{c}	2668 ^{bc}	2266	2519	445	0,023	< 0,0001	0,0001	0,023
R_nXP	g/d	1623 ^{a}	1912 ^{b}	1886 ^{ab}	1981 ^{b}	1853 ^{ab}	1615 ^{a}	1834 ^{b}	2075 ^{c}	2073 ^{c}	1746	1955	322	0,011	< 0,0001	< 0,0001	0,071
B_nXP	g/d	581	601	545	571	539	653	596	612	674	512	623	321	0,930	0,117	0,026	0,253
B_nXP	%	171,4	169,3	168,0	168,6	168,7	177,5 ^{a}	171,4 ^{a}	172,7 ^{a}	175,9 ^{a}	167,6	170,8	18,2	0,952	0,002	0,242	0,0002
Lebendmasse und Körpermaße																	
LM	kg	757 ^{c}	693 ^{b}	663 ^{ab}	659 ^{ab}	640 ^{a}	640 ^{a}	701 ^{b}	727 ^{c}	740 ^{c}	676	689	27	< 0,0001	< 0,0001	0,010	0,560
BU	cm	210 ^{b}	206 ^{ab}	203 ^{a}	205 ^{ab}	204 ^{a}	200 ^{a}	208 ^{b}	212 ^{c}	214 ^{c}	206	206	3,4	0,016	< 0,0001	0,377	0,421
BA	cm	261 ^{b}	252 ^{a}	251 ^{a}	251 ^{a}	251 ^{a}	248 ^{a}	256 ^{b}	259 ^{c}	260 ^{c}	252	254	6,3	0,001	< 0,0001	0,032	0,371
BT	cm	78	79	78	79	78	77 ^{a}	79 ^{b}	80 ^{c}	81 ^{c}	78	79	1,2	0,765	< 0,0001	0,001	0,725
MHL	cm	88 ^{a}	100 ^{b}	94 ^{ab}	100 ^{b}	97 ^{b}	88 ^{a}	96 ^{b}	104 ^{c}	111 ^{d}	95	97	3	0,0004	< 0,0001	< 0,0001	0,559
KH	cm	142 ^{a}	147 ^{b}	146 ^{ab}	148 ^{b}	146 ^{b}	144 ^{a}	146 ^{b}	147 ^{c}	148 ^{c}	146	146	1,3	0,0004	< 0,0001	0,153	0,205
KB	cm	57 ^{b}	55 ^{a}	53 ^{a}	53 ^{a}	53 ^{a}	53 ^{a}	54 ^{b}	55 ^{c}	56 ^{c}	54	55	1,7	< 0,0001	< 0,0001	0,002	0,206
BCS	Pkt.	3,66 ^{b}	3,16 ^{a}	3,01 ^{a}	2,97 ^{a}	2,85 ^{a}	3,06 ^{a}	3,17 ^{b}	3,13 ^{ab}	3,15 ^{ab}	3,13	3,13	0,17	< 0,0001	0,004	0,850	0,382
RFD	mm	13,4 ^{b}	10,7 ^{a}	9,9 ^{a}	9,8 ^{a}	9,9 ^{a}	10,2	10,8	10,5	11,6	10,9	10,6	1,9	< 0,0001	0,123	0,331	0,381

Rasse: 1 FV100; 2 HF_FV12.5; 3 HF_BS50; 4 HF_BS25; 5 HF100; Z fixer Effekt Zeit

Tabelle 11: Parameter der Milchleistung, Nährstoffversorgung und Körpermaße für den fixen Effekt Zeit

Parameter	Einheit	Trockenstehzeit (Wochen a.p.)					Laktation (Monate p.p.)											P-Wert
		-10	-8	-6	-4	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Zeit
Milchleistung																		
Milch	kg/d						27,90	30,40	29,20	28,01	25,39	23,25	21,57	20,66	18,10	16,25	15,53	< 0,0001
ECM	kg/d						29,53	29,75	29,03	27,96	26,03	23,78	22,29	21,41	18,62	16,99	16,65	< 0,0001
Fett_%	%						4,47	4,03	4,10	4,11	4,27	4,16	4,31	4,30	4,25	4,34	4,47	< 0,0001
Eiw_%	%						3,23	3,12	3,25	3,36	3,48	3,55	3,55	3,59	3,57	3,64	3,72	< 0,0001
Lakt_%	%						4,71	4,72	4,70	4,69	4,63	4,58	4,53	4,54	4,51	4,47	4,46	< 0,0001
Fett_g	g/d						1236	1224	1193	1140	1064	950	908	867	746	686	681	< 0,0001
Eiw_g	g/d						895	947	944	938	883	829	767	746	658	603	594	< 0,0001
Lakt_g	g/d						1318	1438	1375	1318	1178	1069	981	944	821	733	700	< 0,0001
Energieversorgung																		
l_NEL	MJ/d	83,7	82,3	84,8	76,4	77,7	102,1	121,4	128,8	134,9	129,3	130,2	125,9	124,7	108,1	102,6	100,9	< 0,0001
R_NEL	MJ/d	48,5	54,4	57,8	61,8	65,2	131,8	134,8	132,7	130,0	123,5	116,7	111,8	109,7	101,6	99,3	100,9	< 0,0001
B_NEL	MJ/d	36,1	28,8	27,2	14,9	12,5	-24,0	-13,2	-3,7	4,9	6,6	14,1	15,0	15,2	6,7	3,4	-0,1	< 0,0001
B_NEL	%	169,0	149,3	142,2	122,2	120,7	81,2	88,5	95,9	102,1	102,4	109,2	110,4	111,1	103,0	101,0	96,8	< 0,0001
Proteinversorgung																		
l_nXP	g/d	1871	1850	1883	1700	1705	2299	2769	2938	3074	2938	2968	2883	2842	2443	2318	2273	< 0,0001
R_nXP	g/d	679	719	693	617	629	2541	2706	2731	2745	2621	2520	2356	2316	2065	1940	1949	< 0,0001
B_nXP	g/d	1218	1169	1208	1105	1083	-98	66	212	332	348	477	562	547	397	398	335	< 0,0001
B_nXP	%	310,6	308,4	306,1	295,7	299,9	94,6	99,6	105,7	109,9	109,7	116,0	121,6	122,3	117,9	121,5	115,7	< 0,0001
Lebendmasse und Körpermaße																		
LM	kg	705	727	755	763	736	637	631	635	648	648	654	654	659	666	685	694	< 0,0001
BU	cm	211	209	212	212	211	202	201	201	202	203	203	203	205	205	206	206	< 0,0001
BA	cm	256	263	267	266	256	240	243	245	248	249	250	249	252	252	255	255	< 0,0001
BT	cm	78	79	79	79	79	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	< 0,0001
MHL	cm	95	97	98	99	98	91	92	93	94	95	96	96	96	96	97	98	< 0,0001
KH	cm	146	146	146	146	145	145	146	145	146	146	146	146	146	146	146	146	0,032
KB	cm	55	55	55	56	54	53	53	53	53	53	54	54	54	54	54	55	< 0,0001
BCS	Pkt.	3,27	3,22	3,38	3,34	3,33	3,13	3,03	2,98	3,02	3,01	3,02	3,04	3,02	3,03	3,14	3,11	< 0,0001
RFD	mm	13,5	10,5	11,4	12,4	12,5	12,3	10,5	10,2	9,7	9,8	10,4	9,5	9,4	10,0	10,0	9,9	< 0,0001

4.2 Teil 2 – Schätzung der Lebendmasse

4.2.1 Beziehung von Lebendmasse und Körpermaßen

Bedeutend für die Eignung der Schätzung eines Parameters sind Stärke und Art seiner Beziehung zu den unabhängigen Variablen und deren Beziehungen untereinander. Tabelle 12 zeigt die Korrelationskoeffizienten von der abhängigen Variablen Lebendmasse, den Körpermaßen sowie von BCS und RFD getrennt nach Laktation und Trockenstehzeit. Vergleichswerte der Literatur basieren nur auf laktierenden Kühen.

Alle Körpermaße, BCS und RFD stehen in positiver Beziehung zur Lebendmasse. In der Laktationszeit liegt der BA leicht vor dem BU, gefolgt von der KB, BCS, BT, RFD, MHL und KH mit Korrelationskoeffizienten von 0,81 bis 0,10. In der Trockenstehzeit ergeben sich höhere Werte von 0,85 bis 0,14. Die RFD steigt deutlich von 0,43 auf 0,58 und reiht sich damit vor die BT. Auch die Beziehung von BCS zur Lebendmasse verstärkt sich von 0,62 auf 0,72. BERRY et al. (2002) erhalten einen in der Laktation etwas geringeren Korrelationskoeffizienten von 0,50. Sehr stark sinkt hingegen die Bedeutung der Mittelhandlänge von 0,38 auf 0,19. YAN et al. (2009) erhalten bei laktierenden HF eine stärkere Beziehung von BA und BU zur Lebendmasse (r = 0,88). Allerdings liegt die Bedeutung des Brustumfangs knapp vor dem Bauchumfang.

Maße, welche die Höhe betreffen, scheinen verglichen mit anderen Körpermaßen den geringsten Einfluss auf die Lebendmasse zu haben. Die Widerristhöhe korreliert mit 0,67 (YAN et al. 2009), die Hüfthöhe mit 0,25 (ENEVOLDSEN und KRISTENSEN 1997) und die Kreuzhöhe mit 0,10 im aktuellen Versuch am geringsten mit der LM verglichen mit den anderen untersuchten Körpermaßen der jeweiligen Studien. Für BANOS und COFFEY (2012) hingegen korreliert die Kreuzhöhe (r = 0,49) stärker mit der LM als die Körpertiefe (r = 0,35). Die höhere Aussagekraft von Umfangsmessungen sprechen YAN et al. (2009) der stärkeren, positiven Beziehung von Bauch- und Brustumfang zur Körperkondition zu. Dies wird durch die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigt. Die Korrelation von BU und BA zum BCS liegt in der Laktation bei 0,52 und 0,40, in der Trockenstehzeit deutlich höher bei 0,71 und 0,61. Ähnliches zeigt sich auf tieferem Niveau bezüglich RFD. Die Lebendmasseveränderung pro BCS-Punkt schwankt für HF in der Literatur zwischen 34 kg (ENEVOLDSEN und KRISTENSEN 1997) und 85 kg (FOX et al. 1999) und beträgt in der aktuellen Studie im Einzelmodell $_{BCS}$ 90,3 kg und im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ 49,0 kg. Die Mittelhandlänge korreliert hingegen in jedem Zeitabschnitt mit BCS und auch RFD leicht negativ, ist aber quasi unabhängig. Die Kreuzhöhe korreliert in der Laktation mit BCS (-0,34) und RFD (-0,25) negativ. Der Zusammenhang schwächt sich in der Trockenstehzeit noch mehr ab. Auch die Hüfthöhe steht mit dem BCS in der Laktation mit -0,09 in einem schwach negativen Zusammenhang, allerdings nur für die Rasse HF (ENEVOLDSEN und KRISTENSEN 1997). Größere und längere Tiere tendieren demnach zu einem geringeren BCS und RFD. Auch die Beziehung der Körperbreite zu MHL und KH sinkt während der Trockenstehzeit in den leicht negativen Bereich, ist aber kaum vorhanden. In der Trockenstehzeit steigt die Korrelation von KB und BCS von 0,51 auf 0,75 stark an. Der Zusammenhang von Hüftbreite und BCS fällt bei ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) mit 0,29 in der Laktation schwächer aus. Der Brustumfang korreliert in der

Laktationszeit am stärksten mit der BT, gefolgt von BA, KB und BCS. In der Trockenstehzeit tritt die Körperkondition in den Vordergrund. Die Brusttiefe verliert hingegen an Einfluss. Die Korrelation von RFD und BCS liegt bei 0,69 in der Laktation und bei 0,80 in der Trockenstehzeit und fällt in den laut SCHNEIDER et al. (2005) in der Literatur am häufigsten auftretenden Bereich von 0,65 und 0,85.

Tabelle 12: Pearson Korrelationen von Lebendmasse, Körpermaße, BCS und RFD für die Trockenstehzeit (unter der Diagonale) und Laktation (ober der Diagonale)

Parameter	LM	BU	BA	BT	MHL	KH	KB	BCS	RFD
LM		0,81	0,81	0,56	0,38	0,10	0,77	0,62	0,43
BU	0,85		0,70	0,71	0,36	0,21	0,61	0,52	0,39
BA	0,85	0,77		0,51	0,36	0,11	0,63	0,40	0,24
BT	0,54	0,66	0,47		0,47	0,48	0,44	0,12	0,11
MHL	0,19	0,13	0,14	0,37		0,50	0,30	-0,10	-0,09
KH	0,14	0,13	0,14	0,53	0,42		0,03	-0,34	-0,25
KB	0,78	0,68	0,67	0,35	-0,02	-0,10		0,51	0,40
BCS	0,72	0,71	0,61	0,22	-0,13	-0,28	0,75		0,69
RFD	0,58	0,53	0,36	0,23	-0,07	-0,14	0,55	0,80	

n = 94 in Trockenstehzeit, n = 511 in Laktation

Zusammenfassend zeigt sich in der Literatur eine große Variationsbreite der Stärke von Beziehungen zwischen den Körpermaßen. Die Differenzen der Korrelationskoeffizienten in der Trockenstehzeit und Laktation lassen die Auswirkung des physiologischen Stadiums vermuten, besonders weil die Beziehung der meisten Körpermaße zu den Parametern der Körperkondition in der Trockenstehzeit verstärkt ist und trockenstehende Kühe größere Fettreserven als laktierende haben (ANDREW et al. 1994). Eine ähnliche Abhängigkeit von BCS und Rahmen stellen OTTO et al. (1991) beim Vermessen von Hüft- und Sitzbeinhöcker fest. Sie führen dies weniger darauf zurück, dass großrahmige Tiere fetter sind, sondern dass die zusätzlichen Gewebeschichten bei einem höheren BCS mitgemessen werden und somit die tatsächliche Rahmengröße gleich bleibt. Auch die genetischen Korrelationen und Heritabilitäten von LM und BCS unterliegen Veränderungen im Laktationsverlauf (BERRY et al. 2002). Andererseits ist die geringe Datenmenge im Vergleich zur Laktation zu berücksichtigen.

4.2.2 Schätzformeln mit einem Körpermaß

Die Originalschätzwerte der Modelle sind in Tabelle 16 im Anhang angeführt. Für weitere Erläuterungen werden allerdings Kurven für die Regressionskoeffizienten und den fixen Effekt Zeit an die Schätzwerte der statistischen Ausgangsmodelle angepasst (Tabelle 13, Abbildung 5) und deren Verläufe und Werte beschrieben. Die getrennte Anpassung der Kurven für Trockenstehzeit und Laktation berücksichtigt einen möglichen Einfluss des Laktationsstadiums auf die Regressionskoeffizienten und auf den fixen Effekt Zeit. Diese Kurven ermöglichen eine stufenlose Anpassung der LM-Schätzung an den Laktations- und

Trockenstehzeittag. Allerdings sind die Kurven ausschließlich in den definierten Bereichen vom -70. bis -6. Tag a.p. und vom 10. bis 350. Tag p.p. anwendbar! Weiters gelten die Kurven in der Trockenstehzeit aufgrund von unzureichendem Datenmaterial noch als Zwischenschritt zur Entwicklung einer allgemein anwendbaren Schätzformel in weiteren Projekten und dienen hier nur der Veranschaulichung möglicher Unterschiede zwischen Trockenstehzeit und Laktation. Die Bezeichnung der Schätzmodelle benennt immer die darin verwendeten Körpermaße. Im Modell $_{BCS}$ wurde also der Parameter BCS getestet, im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ fließen folglich diese 3 Parameter in die Schätzung der Lebendmasse ein.

4.2.2.1 Einfluss der Parameter auf die Schätzgenauigkeit von Modellen mit einem Körpermaß

In den Einzelmodellen erwies sich der Bauchumfang als einflussreichstes Körpermaß mit dem niedrigsten RMSE (19,7 kg) und dem niedrigsten AIC-Wert, gefolgt von Brustumfang (23,0 kg), Körperbreite (24,3 kg), Brusttiefe (24,5 kg) und Kreuzhöhe (25,7 kg). Bauchumfang und Brustumfang korrelieren auch am stärksten mit der LM (r = 0,84). YAN et al. (2009) verzeichnen zwar eine höhere und eine ebenfalls für beide Körpermaße gleich hohe Korrelation (r = 0,88), allerdings erreicht der Brustumfang im Einzelmodell ein höheres Bestimmtheitsmaß (R^2 = 0,78) und einen RMSE von 36,3 kg. HEINRICHS et al. (1992) verzeichnen bei HF-Kalbinnen mittels einfacher linearer Regression und der Hüftweite das höchste Bestimmtheitsmaß (R^2 = 0,95), gefolgt vom Brustumfang (R^2 = 0,94). Bei der Erweiterung um quadratische und kubische Koeffizienten erreicht der BU die höchste Aussagekraft (R^2 = 0,99). Jedoch sind in deren Versuch weder Rasse noch Laktationszahlen zu berücksichtigen. Quadratische Effekte der Regressionskoeffizienten sind in der aktuellen Studie nicht signifikant und erhöhen die Schätzgenauigkeit der Formel nicht, oder wirken sich negativ auf das Verhalten der Regressionskoeffizienten im Zeitverlauf aus. Auch bei YAN et al. (2009) führen quadratische Effekte zu keiner Verbesserung und auch BANOS und COFFEY (2012) arbeiten nur mit linearer Regression.

Der BCS reiht sich mit einem RMSE von 22,2 kg und seinem AIC-Wert zwischen BU und BA ein. Die RFD weist den niedrigsten AIC-Wert aller Regressionsvariablen auf, allerdings einen höheren RMSE als BA und BU. Weiters beeinflusst die RFD bei einem Signifikanzniveau von 0,05 und einem P-Wert von 0,068 die LM nur noch tendenziell, im Modell $_{BA\ BU\ RFD}$ (P = 0,498) nicht mehr. Auch die Zeit verliert ihren Einfluss auf die Lebendmasse, obwohl dieser im Teil 1 der Arbeit für alle Körpermaße hochsignifikant war (P < 0,0001). Im Modell $_{BA\ BU\ RFD}$ ist der RMSE zusätzlich höher als in den weiteren Dreifachmodellen mit BCS, BT und KB. Daher wird die RFD für eine Modellierung nicht mehr weiter in Betracht gezogen. Die Mittelhandlänge hatte von allen Körpermaßen den höchsten RMSE und AIC-Wert, sodass auch sie für weitere Ausführungen in dieser Arbeit ausgeschieden ist.

Allgemein ist der RMSE in dieser Studie bei den Einzelmodellen sehr gering. Die Restkomponenten der Einzelmodelle BA, BCS und BU sind geringer als im Modell $_{BU\ BA\ KL}$ von YAN et al. (2009) mit 23,2 kg. BANOS und COFFEY (2012) erreichen mit ihrem Vorhersagemodell für die 1. Laktation 36,7 kg und für alle Laktationen von 104,8 kg

basierend auf insgesamt 613 HF-Kühen. Direkt vergleichbar sind die Modelle aufgrund teils unterschiedlicher verwendeter Körpermaßeparameter und fixer Effekte jedoch nicht.

4.2.2.2 Verhalten der Modellparameter in Modellen mit einem Körpermaß

Rasse, Laktationszahl und die Körpermaße sind in allen in Tabelle 13 angeführten Einzelmodellen hochsignifikant (P < 0,0001), außer der Effekt Rasse im Modell $_{BCS}$ mit einem noch signifikanten P-Wert von 0,043. Der Einfluss der Zeit ist in den Modellen mit BT, KH und KB gerade noch hochsignifikant (P = 0,001), in den Modellen mit BU und BCS mit einem P-Wert von 0,002 und 0,007 immerhin sehr signifikant. Nur im Modell $_{BA}$ verliert die Zeit ihren Einfluss (P = 0,408).

Wie in der Auswertung im Teil 1 dieser Arbeit sinkt die Lebendmasse in den Einzelmodellen mit steigendem Genanteil der milchbetonten Rassen BS und HF in den Modellen BU, BT, KH, KB und BCS unabhängig von Laktationsstadium und Laktationszahl. Nur im Modell $_{BA}$ weichen die HF×BS-Gruppen mit ca. 19 kg gleich stark von HF100 ab. Die Differenz zwischen FV100 und HF100 reicht von 123,2 kg im Modell $_{KH}$ bis 46,3 kg im Modell $_{BCS}$. Allerdings ist der Einfluss der Rasse im Modell $_{BCS}$ nur knapp signifikant, im Modell $_{KH}$ hochsignifikant. Die meisten Studien für die Schätzung der Lebendmasse basieren jedoch auf der Rasse HF (BANOS und COFFEY 2012, HEINRICHS et al. 1992, OTTO et al. 1991, YAN et al. 2009).

Der in jedem Einzelmodell hochsignifikante Effekt der Laktationszahl zeigt sich in einer Zunahme der Lebendmasse von der 1. zur 4. Laktation. Der größte Anstieg erfolgt zwischen 1. und 2. Laktation und liegt zwischen 33,9 kg (Modell $_{BU}$) und 55,6 kg (Modell $_{KH}$). Diese Differenz liegt in der Studie von ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) mit 18 kg deutlich darunter. Die Steigerung der Lebendmasse von 1. zu ≥4. Laktation liegt zwischen 54,9 (Modell $_{BU}$) und 93,6 kg (Modell $_{BCS}$), jedoch nur bei 39 kg in der Studie von ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997). Dies liegt auch daran, dass erst die 5. Laktation mit den höheren zusammengefasst wurde. Vergleicht man nun 1. mit ≥5. Laktation, steigt die Differenz auf 53 kg. Zusätzlich sind in diesem Modell 2 weitere Körpermaße berücksichtigt, welche den Effekt jedes einzelnen verringern. Diese simultane Entwicklung von Körpermaßen und LM mit dem steigendem Alter ergeben sich auch im 1. Teil der aktuellen Arbeit und auch in den Studien von ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) und YAN et al. (2009). Daher eignen sich Körpermaße für die Schätzung der Lebendmasse besonders gut.

Der Einfluss der Zeit ist in den statistischen Ausgangsmodellen unterschiedlich stark signifikant. Allgemein entwickeln sich die Schätzwerte der Zeitstufen in den Modellen mit nur einem Regressionskoeffizienten zu dessen Verlauf spiegelbildlich, aber auf anderem Niveau. Somit ähneln auch die hier diskutierten, daran angepassten Kurvenmodelle einer Spiegelung des jeweiligen in Abbildung 5 gezeigten Regressionskoeffizienten.

Der Regressionskoeffizient für den BU steigt vom -60. bis zum -5. Tag a.p. von 3,18 auf 3,89 kg/cm mit einem P-Wert von 0,513 ohne signifikanten Einfluss der Zeit an. Der Einstieg in die Laktation erfolgt mit 4,50 kg/cm deutlich abgesetzt vom Ende der Trockenstehzeit, wobei der Regressionskoeffizient bis zum 350. Tag auf 2,87 kg/cm absinkt (P = 0,001). Eine Steigerung des BU um 1 cm bedeutet – unabhängig von Rasse und Laktationszahl – eine um durchschnittlich 3,50 kg schwerere Kuh über die gesamte Zeit, eine um 3,54 kg schwerere in

der Trockenstehzeit und eine um 3,49 kg schwerere in der Laktation. Im Einzelmodell $_{BU}$ für laktierende HF-Kühe (YAN et al. 2009) liegt der Regressionskoeffizient mit 6,37 kg/cm deutlich darüber. In einem einfachen linearen Regressionsmodell für HF-Kalbinnen (HEINRICHS et al. 1992) liegen die Regressionskoeffizienten mit 4,18 kg/cm ebenfalls über dem durchschnittlichen Koeffizienten in der Laktation. Betrachtet man den P-Wert für den fixen Effekt Zeit im ursprünglichen statistischen Modell $_{BU}$, ist er mit 0,002 sehr signifikant. In der Trockenstehzeit sinkt die Kurve der Zeit von 136,4 auf 39,8 kg und beträgt durchschnittlich 87,7 kg (P = 0,673), in der Laktation steigt sie von -189,6 kg stark in den positiven Bereich auf 183,9 kg und beträgt durchschnittlich 48,5 kg (P = 0,001). Dies bedeutet, dass Kühe von gleicher Rasse, Laktationszahl und von gleichem BU zu Beginn der Laktation um 373,5 kg leichter sind als am Ende. Selbstverständlich wiegt eine Kuh nicht tatsächlich um diesen Betrag weniger, weil an den BU ebenfalls zusätzliche Kilogramm gebunden sind und die Kuh zu Laktationsbeginn und -ende nicht den gleichen Umfang hat. Der BU ist zwar zu Laktationsbeginn signifikant geringer als am Ende, dafür sein Einfluss signifikant größer. In der Trockenstehzeit hingegen verändert sich der BU laut Teil 1 der Arbeit nicht signifikant und sein Einfluss auf die LM steigt an, wenn auch nicht signifikant.

Der Regressionskoeffizient des BA sinkt in der Trockenstehzeit von 3,14 auf 2,42 kg/cm. In der Laktation steigt er von 2,56 kontinuierlich auf 3,29 kg/cm an. Auch ist die Differenz zwischen Ende der Trockenstehzeit und Laktationsbeginn deutlich geringer als beim BU. Der Durchschnitt beträgt im gesamten Zeitraum sowie in der Laktation 2,82 und in der Trockenstehzeit 2,78 kg/cm. Das bedeutet, dass eine um 1 cm umfangreichere Kuh – egal welcher Rasse oder Laktationszahl – um diese Beträge schwerer ist. Der Regressionskoeffizient des BA liegt deutlich höher als im Modell $_{BU\ KL\ BA}$ (1,50 kg/cm) von YAN et al. (2009). Dies ist ebenfalls teils auf die zusätzlichen Regressionskoeffizienten von BU und KL und teils auf den geringeren Einfluss von BA, verglichen mit dem BU, in der Studie von YAN et al. (2009) zurückzuführen. Auffallend ist der schwache Einfluss der Zeit beim Modell $_{BA}$, der im statistischen Ausgangsmodell bei einem P-Wert von 0,408 liegt. Auch die Veränderungen des Regressionskoeffizienten des BA und des fixen Effektes der Zeit in den Kurvenmodellen sind nur in der Laktationszeit signifikant (P = 0,020 und 0,046). Der Effekt der Zeit für Modell $_{BA}$ steigt spiegelbildlich zum Regressionskoeffizienten des BA von 114,9 auf 346,7 kg in der Trockenstehzeit an und sinkt von Tag 10 bis 350 p.p. von 232,3 auf 79,4 kg. Damit ist er durchschnittlich mit 231,8 kg in der Trockenstehzeit höher als mit 179,9 kg während der Laktation und beträgt über die gesamte Zeitspanne durchschnittlich 188,8 kg. Dies ergibt, dass eine Kuh bei gleichbleibendem BA zu Beginn und Ende der Laktation um 152,9 kg leichter ist. Die tatsächliche Lebendmasse erhöht sich jedoch, weil auch der BA und dessen Einfluss im Zeitverlauf signifikant zunehmen. In der Trockenstehzeit steigt der BA signifikant laut Teil 1 der aktuellen Arbeit, während sein Einfluss auf die LM nicht signifikant zurückgeht.

Der Regressionskoeffizient der BT sinkt in der Trockenstehzeit unter nicht signifikantem Einfluss der Zeit leicht von 5,91 auf 5,62 kg/cm, setzt aber mit 6,77 kg/cm deutlich höher in der Laktation ein, bis er auf 8,03 kg/cm ansteigt. Der durchschnittliche Regressionskoeffizient beträgt 5,76, 7,22 und 6,98 kg/cm in der Trockenstehzeit, in der Laktation und im

gesamten Zeitraum. Auch die Brustbreite beeinflusst die LM mit 9,06 kg/cm in der 1. Laktation und mit 9,43 kg/cm in allen Laktationen nach der Schätzformel von BANOS und COFFEY (2012) stark. Allerdings bewegen sich auch die anderen Regressionskoeffizienten in dieser Schätzgleichung auf einem durchschnittlich höheren Niveau als in der aktuellen Studie. Insgesamt zeichnen sich jedoch Messungen im Brustbereich als sehr aussagekräftig aus (HEINRICHS et al. 1992, YAN et. al. 2009, BANOS und COFFEY 2012). Im Kurvenmodell für den fixen Effekt Zeit steigt dieser von 265,2 auf 350,2 kg vom -70. bis -6. Tag a.p. an, um in der Laktation von einem deutlich tieferen Niveau mit 134,3 beginnend auf 103,2 kg zu sinken. Die Veränderungen des Regressionskoeffizienten der BT sowie des fixen Effektes Zeit sind in den Kurvenmodellen in keinem Laktationsstadium signifikant. Dies widerspricht auf dem ersten Blick dem hochsignifikanten P-Wert für die Zeit im ursprünglichen statistischen Modell. Jedoch muss man die gemeinsame Auswertung der Trockenstehzeit und Laktation beachten. Daraus resultieren über die gesamte Zeitspanne größere und daher auch signifikante Veränderungen, besonders aber die Differenz im Zeitraum der Abkalbung. Zu Laktationsbeginn ist eine Kuh also um 31,1 kg schwerer als am Laktationsende, wenn man den Effekt Zeit betrachtet. Die Brusttiefe nimmt aber signifikant und deren Einfluss nicht signifikant zu, was insgesamt einen Anstieg der Lebendmasse ergibt. In der Trockenstehzeit steigt die Brusttiefe laut 1. Teil der Arbeit nicht signifikant, während ihr Einfluss auf die LM nun ebenfalls nicht signifikant zurückgeht.

Für den Regressionskoeffizienten der Kreuzhöhe war in der Trockenstehzeit wegen eines zu geringen Datenmaterials keine Kurvenanpassung möglich. In der Laktation sinkt der Regressionskoeffizient hochsignifikant von der Zeit abhängig von 3,40 auf 0,80 kg/cm und beträgt durchschnittlich 2,39 kg/cm. BANOS und COFFEY (2012) erhalten einen deutlich höheren Regressionskoeffizienten von 10,6 kg/cm, allerdings haben alle Regressions-koeffizienten ein höheres Niveau als in der aktuellen Studie. Der Regressionskoeffizient für die Widerristhöhe von HF-Kalbinnen in der einfachen linearen Regression von HEINRICHS et al. (1992) liegt ebenfalls deutlich höher bei 7,81 kg/cm und erreicht im Vergleich zu den entsprechenden Regressionsmodellen mit BU, Hüftbreite und Körperlänge das geringste Bestimmtheitsmaß. Auch bei YAN et al. (2009) hat die Widerristhöhe genauso wie die Kreuzhöhe in der aktuellen Studie die schwächste Beziehung zur Lebendmasse und wird in deren endgültigen Schätzformel auch nicht verwendet. Laut UTZ (1998) ist die Kreuzhöhe der Widerristhöhe aufgrund der besseren Wiederholbarkeit der Messung vorzuziehen. Der Effekt der Zeit steigt von -467,4 kg zu Laktationsbeginn auf -56,1 kg an und eine Kurve ist für die Trockenstehzeit ebenfalls nicht anpassbar. Durchschnittlich beträgt der Effekt in der Laktation -326,7 kg. Auch hier ist die Veränderung im Laufe der Zeit hochsignifikant (P = 0,0004). Zu Laktationsbeginn ist eine Kuh somit unabhängig von Rasse, Laktationszahl und Kreuzhöhe deutlich um 411,3 kg leichter als zu Laktationsende. Auch dieser Anstieg wird ähnlich wie im Modell $_{BU}$ durch den anfänglich hohen Einfluss der KH, und deren nicht signifikanter Anstieg gegen Laktationsende bei jedoch signifikant sinkendem Einfluss ausgeglichen. Der Anstieg der KH war im Teil 1 der Arbeit in keinem Zeitabschnitt signifikant.

Der Regressionskoeffizient der KB sinkt in der Trockenstehzeit von 5,56 auf 4,33 kg/cm, setzt nach der Abkalbung mit 6,79 kg/cm deutlich höher ein, um auf 3,96 kg/cm zu sinken. In der

Trockenstehzeit bedeutet 1 cm Körperbreite zusätzlich eine um durchschnittlich 4,94 kg, in der Laktation um 5,04 kg und insgesamt eine um 5,04 kg schwerere Kuh, unabhängig von Rasse oder Laktationszahl. In der Literatur findet hingegen häufiger die Hüftbreite Verwendung. In der einfachen linearen Regressionsgleichung von HEINRICHS et al. (1992) erreicht der Regressionskoeffizient 10,76 kg/cm. In der Studie von ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) liegt er in Verbindung mit den Regressionskoeffizienten für Hüfthöhe und BCS bei 4,2 kg/cm und damit etwas unter den Ergebnissen der aktuellen Studie. Die Veränderungen des Koeffizienten im Laufe der Zeit sind nur in der Laktation signifikant. Der fixe Effekt Zeit erhöht sich vom -60. bis zum -5. Tag a.p. von -87,1 auf 58,9 kg, um in der Laktation auf einem deutlich tieferen Niveau von -215,6 kg beginnend auf -15,9 kg anzusteigen. Durchschnittlich beträgt der Effekt in der Trockenstehzeit -13,5 kg, in der Laktationszeit -92,4 kg und insgesamt -79,3 kg. Die Veränderungen des Regressionskoeffizienten für die KB und des fixen Effektes der Zeit sind nur in der Laktation signifikant. Im statistischen Ausgangsmodell wirkt sich die Zeit jedoch hochsignifikant aus. Auch hier ist die große Veränderung um die Zeit der Abkalbung beim Effekt Zeit mit einer Reduktion von 274,5 kg und bei gleichzeitiger Steigerung des Regressionskoeffizienten um 2,46 kg/cm zu beachten. Das Modell$_{KB}$ ist das einzige der Einzelmodelle, in dem der Einfluss des Körpermaßes sowohl in der Trockenstehzeit als auch in der Laktation sinkt bzw. die Lebendmasse unabhängig von Rasse, Laktationszahl und Körperbreite im Zeitverlauf stetig steigt. Die KB steigt laut Teil 1 der Arbeit in der Trockenperiode nicht signifikant und in der Laktation signifikant. Genauso sinkt der Einfluss auf die LM nur in der Laktation signifikant.

Der Regressionskoeffizient des BCS zeichnet sich in erster Linie durch durchschnittlich 87,8 kg/Pkt. in der Laktation und 90,3 kg/Pkt. in der Trockenstehzeit aus. Pro BCS-Punkt bedeutet dies über den gesamten Zeitraum 88,2 kg mehr Lebendmasse. In der Literatur schwanken die Werte bei einfachen linearen Regressionsmodellen für HF zwischen 56 kg (OTTO et al. 1991) und 85 kg/Pkt. (FOX et al. 1999). Keine dieser Studien berücksichtigt die Füllung des Verdauungstraktes. Allerdings überschätzen ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) die Lebendmasse bei Weidekühen um 43 kg, und zwar mit Schätzformeln entwickelt unter Stallhaltungsbedingungen, und erklären dies mit einer geringeren Füllung des Verdauungstraktes während des Weidens. In der Laktation nimmt der Koeffizient des BCS von 86,3 auf 91 kg/Pkt. nicht signifikant zu (P = 0,513). Sein Rückgang von ca. 116 auf 65 kg/Pkt. in der Trockenstehzeit fällt hingegen mit einem P-Wert von 0,084 tendenziell stärker aus. Auch die Kurve des fixen Effektes Zeit steigt in der Trockenstehzeit tendenziell (P = 0,054) und verändert sich aber auch in der Laktation tendenziell. Betrachtet man das ursprüngliche statistische Modell$_{BCS}$, so ist der Einfluss der Zeit auf die Lebendmasse (P = 0,007) immerhin sehr signifikant. In den daran angepassten Kurven steigt der fixe Effekt Zeit in der Trockenstehzeit von -86,9 auf 139,8 kg steil an. Ab dem 10. Tag p.p. steigt die Kurve hingegen nur leicht von -53,1 auf -6,5 kg. In der Laktation fällt der gemeinsame Anstieg von Regressionskoeffizienten und fixen Effekt Zeit auf, weil deren Kurven in allen anderen Einzelmodellen zueinander eine gegenläufige Steigung aufweisen. Somit ist eine Kuh – unabhängig von ihrer Rasse, Laktationszahl und Körperkondition – zu Laktationsbeginn um 46,6 kg leichter als am Ende, und die tatsächliche Lebendmasse vergrößert sich zusätzlich durch den stärker werdenden Einfluss des BCS im Laufe der Laktation. Laut Auswertung im

Teil 1 verliert jedoch eine Kuh in der aktuellen Arbeit bis zum 69. Tag an Kondition, um erst ab dem 238. Tag signifikant zuzunehmen. Bis zu diesem Zeitpunkt hat das Tier unter Berücksichtigung von Rasse und Laktationszahl seit dem Tiefpunkt am 42. Tag erst 35 kg zugenommen, vom 238. bis 293. Tag – in nicht einmal einem Drittel der Zeit – jedoch 28 kg. Die Veränderungen des BCS waren im Teil 1 der Arbeit nur in der Laktation signifikant, während sein Einfluss auf die LM nur in der Trockenstehzeit signifikant sinkt.

Das Verhalten der Regressionskoeffizienten in den verschiedenen Modellen, aber auch das Verhalten der Körpermaße im Laufe der Zeit im 1. Teil der Arbeit, zeigt eine hohe Vielfalt. Warum jedoch sich der Regressionskoeffizient eines Körpermaßes so verhält, wie es die Ergebnisse zeigen, ist in dieser Arbeit nicht klärbar. Die Datenbasis ist zu klein, und es gibt keine vergleichbaren Daten in anderen Studien, weil diese den Einfluss des Laktationsstadiums in der Lebendmasseschätzung nicht berücksichtigen.

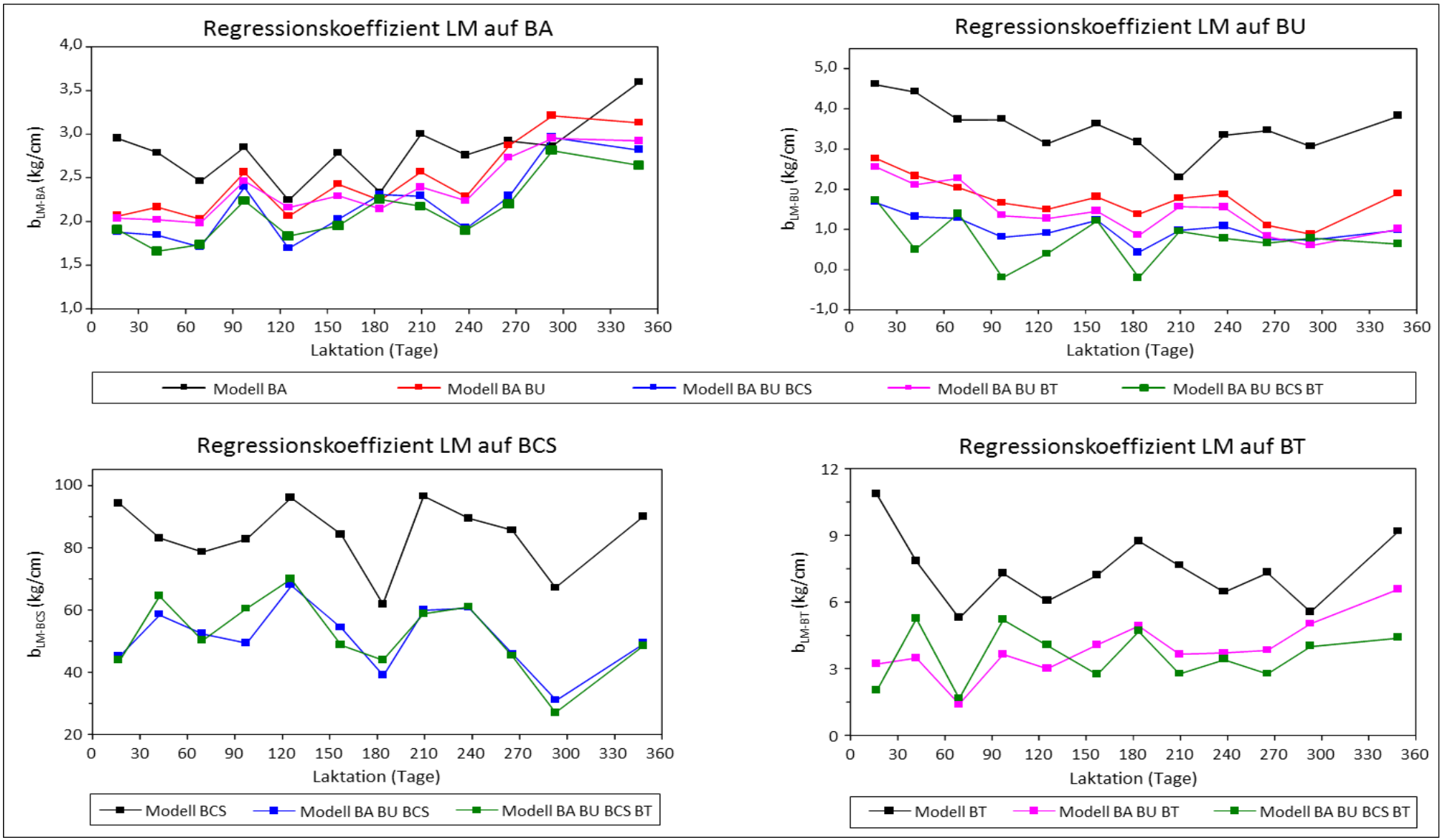


Abbildung 4: Gegenseitige Beeinflussung der Regressionskoeffizienten von Brustumfang, Bauchumfang, BCS und Brusttiefe in ausgewählten, getesteten Modellen (Laktation)

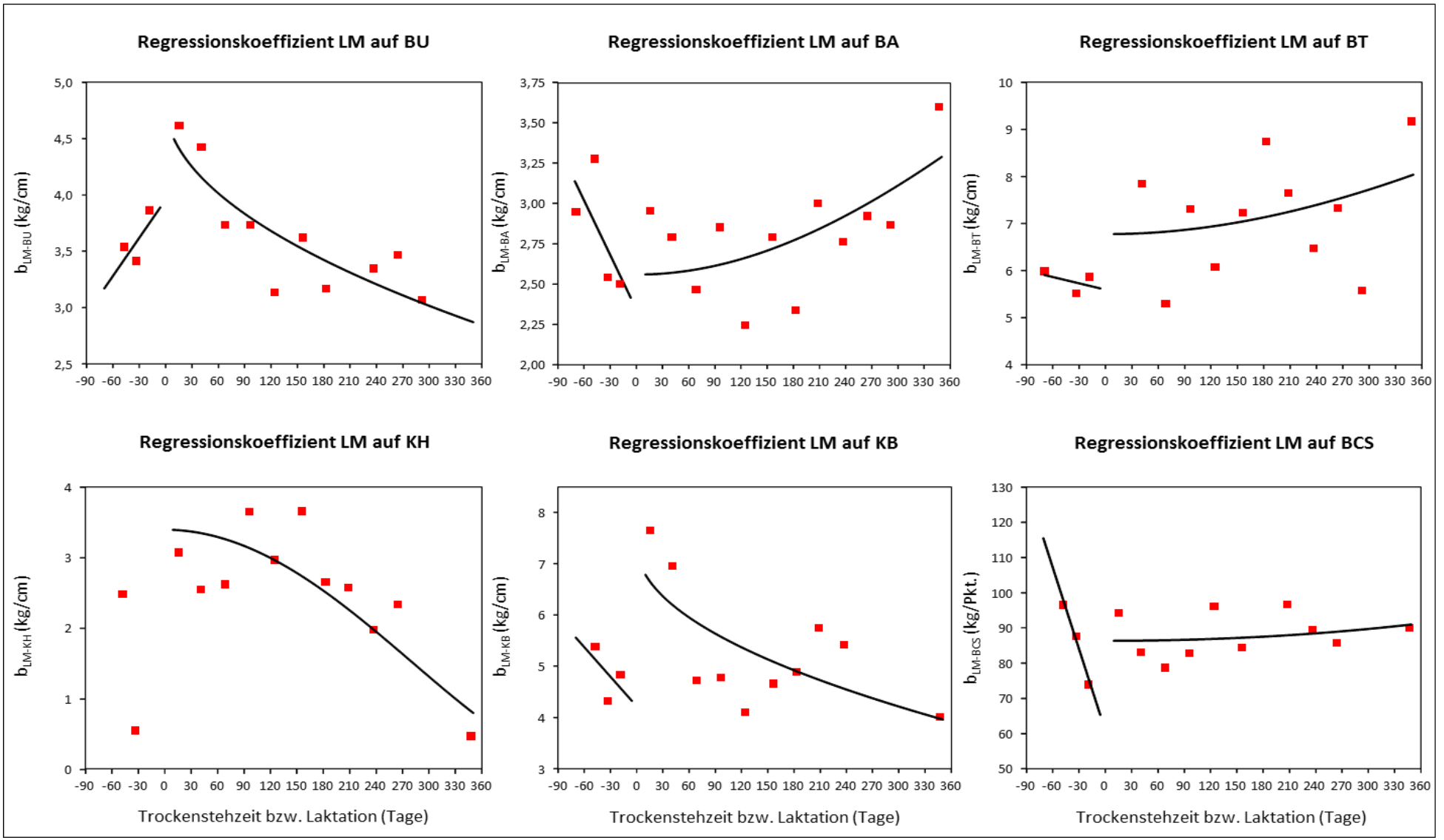


Abbildung 5: Regressionskoeffizienten der Einzelmodellen (fixe Effekte Rasse, Laktationszahl, Zeit; zufälliger Effekt Tier) in der Trockenstehzeit und der Laktation

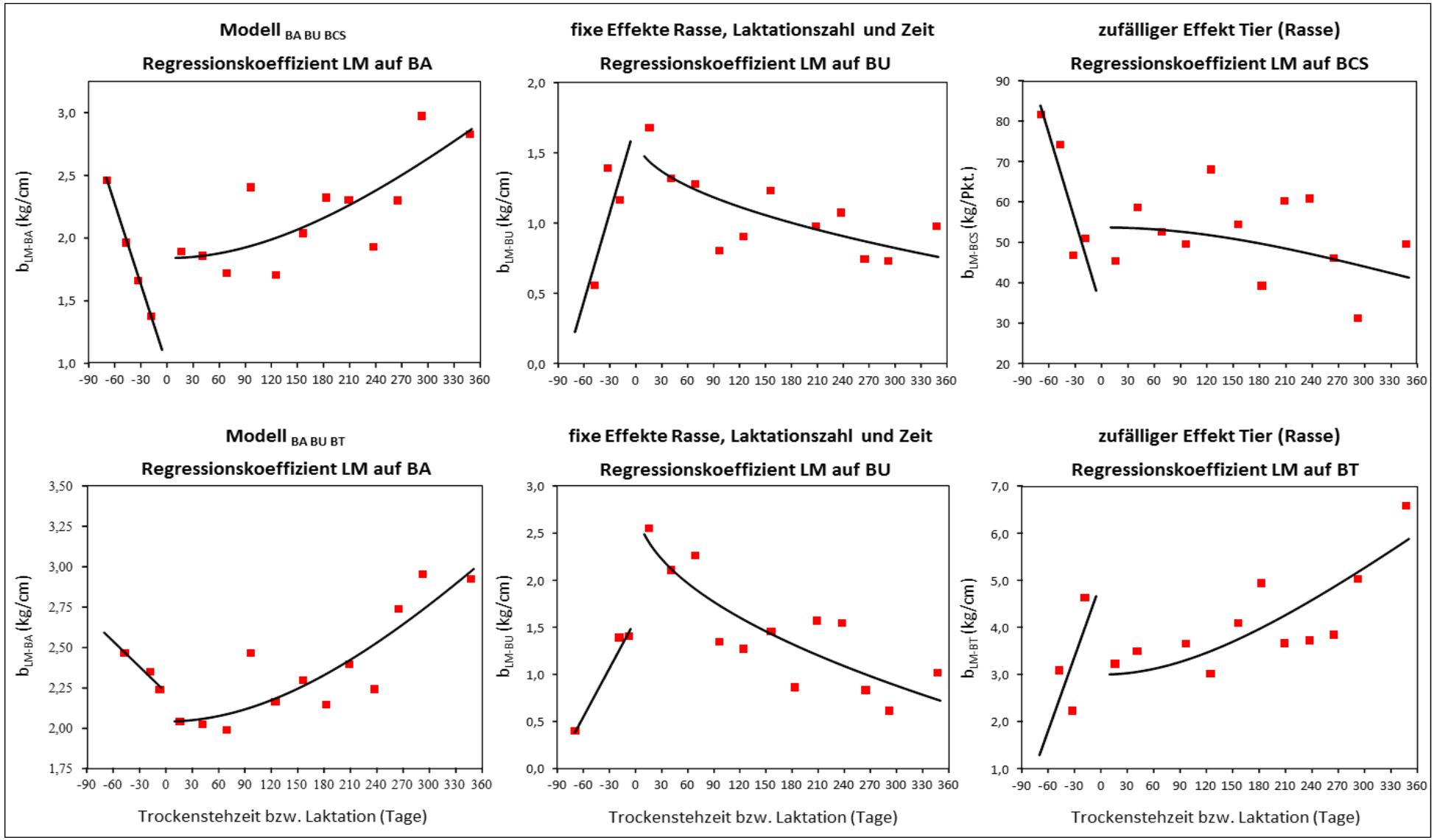


Abbildung 6: Regressionskoeffizienten im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ und Modell $_{BA\ BU\ BT}$ in der Trockenstehzeit und der Laktation

4.2.3 Schätzformeln mit mehreren Körpermaßen

4.2.3.1 Einfluss der Parameter auf die Schätzgenauigkeit von Modellen mit drei Körpermaßen

In den Einzelmodellen schätzen BA und BU die LM am genauesten. Daher wurden zum Modell $_{BA\ BU}$ weitere Körpermaße, BCS und RFD einzeln hinzugefügt. Die Wahl fiel auf die genauesten Schätzmodelle.

Die zwei aussagekräftigsten Modelle sind das Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ mit dem niedrigsten RMSE (17,0 kg) und AIC-Wert, und das Modell $_{BA\ BU\ BT}$ (18,7 kg). Die Berücksichtigung eines dritten Körpermaßes verbessert den AIC-Wert und den RMSE von 19,3 kg des Modelles $_{BA\ BU}$. Obwohl die Körperbreite in den Einzelmodellen die Lebendmasse genauer als die Brusttiefe schätzt, ist sie in der Kombination mit BA und BU geringfügig ungenauer. YAN et al. (2009) erreichen in ihrem Modell $_{BU\ BA\ KL}$ einen RMSPE von 23,2 kg und ein Bestimmtheitsmaß von 0,90. Somit verbessern die zusätzlichen Körpermaße ebenfalls das Ausgangsmodell mit Brustumfang (R^2 = 0,78). Mit den 3 Regressionsvariablen Hüfthöhe, Hüftbreite und BCS erreichten ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) ein Bestimmtheitsmaß von 0,80.

4.2.3.2 Verhalten der Modellparameter in Modellen mit drei Körpermaßen

Für den fixen Effekt Zeit und die Regressionskoeffizienten der statistischen Ausgangsmodelle für Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ und Modell $_{BA\ BU\ BT}$ (Abbildung 6, Tabelle 13) wurden wie bei den Einzelmodellen Kurven im Zeitverlauf getrennt für Trockenstehzeit und Laktation angepasst. Diese Einflussvariablen werden wieder folglich anhand dieser Kurvenmodelle diskutiert.

Die Laktationszahl ist in beiden statistischen Ausgangsmodellen Modellen wieder hochsignifikant (P < 0,0001). Die Rasse beeinflusst die LM im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ sehr signifikant (P = 0,005) und im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ hingegen hochsignifikant (P < 0,0001). Der Einfluss der Zeit ist im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ ebenfalls größer (P = 0,006 vs. 0,027). Im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ sind alle Regressionsvariablen hochsignifikant, während der Brustumfang im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ im Vergleich zum Modell $_{BU}$ an Signifikanz einbüßt, aber noch immer hochsignifikant bleibt.

Auch in den Mehrfachmodellen sinkt die Lebendmasse von FV100 bis HF100 entsprechend der Milchbetonung der Rasse. Nur im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ unterscheiden sich HF_BS50 und HF_BS25 nicht. Die Differenz zwischen FV100 und HF100 ist mit 42,2 kg im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ um 36,5 kg geringer als im Modell $_{BA\ BU\ BT}$, wofür auch die geringere Signifikanz der Rasse spricht. Auch im Modell $_{BCS}$ wirkt sich die Rasse auf die LM gerade noch signifikant aus (P = 0,043), im Gegensatz zum hochsignifikanten Einfluss in allen anderen Einzelmodellen.

Wie in den Einzelmodellen nimmt die Lebendmasse mit der Laktationszahl degressiv zu. Im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ sind erstlaktierende Tiere um 61,0 kg und im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ um 43,4 kg leichter als Tiere in der ≥4. Laktation und liegen damit im Bereich der 53 kg zwischen 1. und ≥5. Laktation im Modell mit Hüftbreite, Hüfthöhe und BCS von ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997).

Der Regressionskoeffizient des BA sinkt im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ in der Trockenstehzeit von 2,48 auf 1,10 kg/cm, im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ von 2,59 auf 2,25 kg/cm. Die Laktation beginnt im

Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ mit 1,84 kg/cm auf höherem Niveau, deutlich vom Ende der Trockenstehzeit abgesetzt, und endet mit einem Regressionskoeffizienten von 2,87 kg/cm. Im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ wirkt sich der Bauchumfang mit 2,04 kg/cm zu Laktationsbeginn stärker auf die Lebendmasse als im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ aus, steigt aber nicht so stark auf 2,99 kg/cm am 350. Laktationstag an. Weiters beginnt er verglichen mit dem Ende der Trockenstehzeit auf etwas tieferem Niveau. Durchschnittlich zeigt der Koeffizient in der Trockenstehzeit mit 1,79 kg/cm (Modell $_{BA\ BU\ BCS}$) und 2,42 kg/cm (Modell $_{BA\ BU\ BT}$), in der Laktationszeit mit 2,22 und 2,39 kg/cm und im gesamten Verlauf mit durchschnittlich 2,15 und 2,39 kg/cm einen höheren Einfluss des BA auf die LM im zweiten Modell. Damit liegt der Regressionskoeffizient des BA im Modell $_{BU\ KL\ BA}$ bei YAN et al. (2009) mit 1,81 kg/cm im Bereich der Trockenstehzeit des Modell $_{BA\ BU\ BCS}$. Die Veränderungen des Koeffizienten in der Zeit sind im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ in der Trockenstehzeit hochsignifikant und in der Laktation signifikant, für Modell $_{BA\ BU\ BT}$ nicht signifikant (P = 0,150) bzw. hochsignifikant.

Der Regressionskoeffizient des BU steigt in beiden Modellen in der Trockenstehzeit und fällt in der Laktationszeit ab. Besonders fällt der Anstieg von 1 kg/cm um die Abkalbung im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ auf, während im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ der Regressionskoeffizient in der Laktation mit 1,48 kg/cm auf einem nur geringfügig niedrigeren Niveau als am Ende der Trockenstehzeit beginnt. In dieser verändert sich der Regressionskoeffizient von 0,22 auf 1,58 kg/cm (Modell $_{BA\ BU\ BCS}$) und von 0,38 auf 1,49 kg/cm (Modell $_{BA\ BU\ BT}$). Durchschnittlich beträgt er ähnliche 0,91 und 0,94 kg/cm. In der Laktation sinkt der Einfluss von 1,48 auf 0,76 kg/cm bei Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ und von 2,49 auf 0,72 kg/cm bei Modell $_{BA\ BU\ BT}$. Je nach Laktations- oder Trockenstehzeittag ist eine Kuh mit 1 cm mehr BU – unabhängig von deren Rasse und Laktationszahl – um diese Werte schwerer, als eine Kuh mit gleich großen restlichen Körpermaßen. Im Mittel ist der Einfluss des Brustumfanges in der Laktation mit 1,40 kg/cm im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ deutlicher stärker als im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ mit 1,04 kg/cm. Insgesamt liegen die Werte noch immer unter dem Regressionskoeffizienten für den BU (3,08 kg/cm) bei YAN et al. (2009). Allerdings hat der BU bei YAN et al. (2009) eine geringfügig stärkere Beziehung zur Lebendmasse verglichen mit dem BA, im Gegensatz zum aktuellen Versuch. Veränderungen des Koeffizienten sind bei beiden Modellen in der Trockenstehzeit nicht signifikant, Modell $_{BA\ BU\ BT}$ weist jedoch eine Tendenz dazu auf (P = 0,099). Auch verändert sich der Regressionskoeffizient in der Laktation im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ stärker (P = 0,001) als im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ (P = 0,008). Dies ist auch an der Signifikanz des Einflusses des Brustumfanges in den statistischen Ausgangsmodellen beobachtbar.

Im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ unterliegt der Regressionskoeffizient des BCS in der Trockenstehzeit einer Verringerung von 83,9 auf 38,2 kg/Pkt. und beträgt durchschnittlich 60,8 kg/Pkt.. In der Laktation sinkt er von 53,8 auf 41,3 kg/Pkt. und beträgt durchschnittlich 49,0 kg/Pkt.. Dies bedeutet, dass eine Kuh bei gleicher Rasse, Laktationszahl und gleichem Stadium um diese Beträge schwerer ist, vorausgesetzt auch BU und BA der Vergleichskühe sind gleich. Verglichen mit dem Einzelmodell $_{BCS}$ verzeichnet der Regressionskoeffizient in der Laktation jedoch einen leichten Anstieg. Über die gesamte Zeitspanne gesehen bedeutet ein BCS-Punkt 51 kg zusätzlich, im Gegensatz zum Einzelmodell mit 88,2 kg/Pkt.. Dies hebt die Auswirkungen der zwei zusätzlichen Regressionsvariablen BA und BU hervor. ENEVOLDSEN

und KRISTENSEN (1997) verzeichnen einen durchschnittlichen Effekt von 37,5 kg unter Einbeziehung von Hüftbreite und Hüfthöhe in einem Datensatz von laktierenden HF, während OTTO et al. (1991) in einem einfachen Regressionsmodell auf 56 kg/Pkt. kommen. Die Veränderung des Regressionskoeffizienten des BCS im Zeitverlauf ist für Trockenstehzeit und Laktation tendenziell signifikant und spiegelt sich auch im geringeren Einfluss des fixen Effektes Zeit im statistischen Ausgangsmodell wider (P = 0,027).

Im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ steigert sich der Regressionskoeffizient der BT in der Trockenstehzeit nicht signifikant von 1,30 auf 4,67 kg/cm. Durchschnittlich beträgt er 3,00 kg/cm. In der Laktation hingegen bedeutet ein zusätzlicher Zentimeter BT durchschnittlich um 4,12 kg schwerere Tiere mit gleichem BU und BA. Der Anstieg von 3,01 auf 5,87 kg/cm ist mit einem P-Wert von 0,003 sehr signifikant. Im Einzelmodell $_{BT}$ hingegen fällt der Regressionskoeffizient in der Trockenstehzeit auf einem höheren Niveau verglichen mit dem Modell $_{BA\ BU\ BT}$ sogar leicht ab, und in der Laktation steigt er auf einem durchschnittlich um 3,1 kg höheren Niveau allerdings nicht so stark an. Über die gesamte Zeit beträgt der Regressionskoeffizient für die BT im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ 3,49 kg/cm. Der Koeffizient für Brustbreite im Schätzmodell von BANOS und COFFEY (2012) liegt mit 9,06 kg/cm bei erstlaktierenden und 9,43 kg/cm bei allen Laktationen deutlich über dem Niveau des Einzelmodelles $_{BT}$ und des Modelles $_{BA\ BU\ BT}$ in der aktuellen Studie. Ein weiterer Unterschied zwischen Modell $_{BA\ BU\ BT}$ und Modell $_{BT}$ charakterisiert den Laktationsbeginn, welcher beim Einzelmodell $_{BT}$ über dem Niveau der Trockenstehzeit liegt, im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ jedoch genau in deren Mittel.

Die Kurve des fixen Effektes Zeit steigt bei Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ von 113,9 auf 399,7 kg in der Trockenstehzeit. In der Laktation zeichnet sich der Verlauf durch einen Polynom 2. Grades aus, welcher mit 97,2 kg beginnt, am 146. Tag mit 165,9 kg das Maximum erreicht und bis 10,5 kg absinkt. Der durchschnittliche Effekt beträgt somit 258,1 kg (Trockenstehzeit), 125,4 kg (Laktation) und 147,4 kg im gesamten Zeitraum. Die Veränderung des Effektes ist in keinem Zeitabschnitt signifikant, wenn auch tendenziell vorhanden. Im statistischen Ausgangsmodell $_{BA\ BU\ BCS}$ hingegen wirkt sich die Zeit sehr wohl signifikant aus. Laktation und Trockenstehzeit werden allerdings gemeinsam ausgewertet.

Im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ ist eine Kurve aufgrund mangelnder Schätzwerte in der Trockenstehzeit nicht anpassbar. In der Laktationszeit ergibt sich wie im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ ein Polynom 2. Grades für den fixen Effekt Zeit. Beginnend mit 149,4 kg erreicht er den Hochpunkt von 319,9 kg etwas später am 157. Laktationstag und endet danach mit 25,5 kg. Der durchschnittliche Effekt beträgt 239,1 kg und ist somit deutlich höher als im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$. Die Veränderung im Laufe der Zeit ist mit einem P-Wert von 0,004 sehr signifikant. ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) berücksichtigen den Laktationstag als Regressionsvariable. Jeder zusätzliche Laktationstag ergibt 0,15 kg mehr Lebendmasse und somit einen linearen Anstieg über die Laktation. Dies wirkt widersprüchlich zum polynomischen Verlauf des fixen Effektes Zeit in der aktuellen Arbeit. Das Polynom ergibt sich nämlich aus der Veränderung der Regressionskoeffizienten der Körpermaße im Laufe der Zeit. Der Einfluss des Laktationsstadiums findet aber in der derzeit vorliegenden Literatur keine Berücksichtigung.

Das grundsätzliche Muster vom Steigen oder Sinken der Regressionskoeffizienten hat sich in den Modellen mit 3 Regressionsparametern verglichen mit den Einzelmodellen nicht geändert. Deutlich ist jedoch anhand des allgemein niedrigeren Niveaus und den geringeren Schwankungen im Zeitverlauf (Abbildung 4), dass die Körpermaße einander an Einfluss auf die LM wegnehmen und den Verlauf der Regressionskoeffizienten in der Zeit glätten. Auch die Differenzen im Abkalbungszeitraum werden verändert. Diese gegenseitige Beeinflussung von Regressionskoeffizienten, abhängig von Parameter und von Anzahl, beobachteten auch GRUBER et al. (2004) bei der Schätzung der Futteraufnahme. Wie genau das Verhalten der Regressionskoeffizienten im Zeitverlauf physiologisch und damit durch die Veränderung der Gestalt des Tieres durch Wachstum, Mobilisation, Verfettung und Trächtigkeit interpretierbar ist, muss erst untersucht werden. In der Literatur existieren vergleichbare Schätzformeln für die Lebendmasse noch nicht. Die unterschiedliche Entwicklung der Regressionskoeffizienten in Laktation und Trockenstehzeit und die Änderungen der Korrelationen der Körpermaße zur Lebendmasse und Körperkondition sprechen für eine unterschiedliche Bedeutung der Körpermaße im Zeitverlauf. Damit hängt diese vom physiologischen Stadium und von der Entwicklung der Körperform des Tieres ab, was WALL et al. (2005) bereits anmerken.

4.2.3.3 Vergleich Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ und Modell $_{BA\ BU\ BT}$

Die Wahl des Modelles für die Schätzformel der Lebendmasse fällt trotz etwas größerem RMSE auf Modell $_{BA\ BU\ BT}$. Der BCS hängt als subjektive Methode von den beurteilten Körperstellen des Tieres und der Erfahrung der Beurteiler ab. Dies zeigen Untersuchungen von FERGUSON et al. (1994) und KLEIBÖHMER et al. (1998). Schätzwerte erfahrener Beurteiler weichen bei einer mittleren Körperkondition zu 58,1 % voneinander nicht ab, zu 32,6 % um ±0,25 Pkt. und zu 9,3 % um ±0,5 Pkt.. Bei einer Kondition unter 2,5 und über 4,0 Pkt. konnte die Skala nur mehr in 0,5 Pkt. geteilt werden (FERGUSON et al. 1994). In der Studie von KLEIBÖHMER et al. (1998) stimmen ungeübte Beurteiler zu 38,5 % genau mit dem Vergleichswert überein. 45,5 % der Beurteilungen weichen um ±0,25 Pkt. und 12,8 % um ±0,5 Pkt. ab.

Wie wirkt sich dies nun in den Schätzformeln aus? Eine Abweichung von ±0,25 Pkt. entspricht im Modell $_{BCS}$ je nach Zeitpunkt und Größe des Regressionskoeffizienten ±28,9 kg, bei ±0,5 Pkt. ±57,8 kg. Die geringste Abweichung ergibt zu Laktationsbeginn mit ±17,1 kg und ±34,1 kg. Im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ beträgt die höchste Abweichung bei 0,25 Pkt. ±21 kg, bei 0,5 Pkt. ±42 kg, die geringste mit ±9,5 und ±19,1 kg. Eine Fehlmessung der BT um ±3 cm wirkt sich im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ mit ±3,9 bis ±17,6 kg aus. Dies entspricht ungefähr der geringsten Fehlschätzung von 0,25 und 0,5 Pkt. beim Modell $_{BA\ BU\ BCS}$. Zusätzlich dazu zeigen die Regressionskoeffizienten im Modell $_{BA\ BU\ BCS}$ im Zeitverlauf größere Schwankungen als im Modell $_{BA\ BU\ BT}$ (Abbildung 4).

Tabelle 13: Intercept, Effekte (Rasse, Laktationszahl) und Kurvenmodelle (Effekt Zeit, Regressionskoeffizienten der Körpermaße) der Lebendmasseschätzformeln

Parameter	Einheit	Intercept		Rasse (R)				Laktationszahl (L)				RMSE		P-Wert		
			a	1	2	3	4	1	2	3	a	Gesmodell		R	L	
			b	Kurvenmodelle für fixen Effekt Zeit (Z)							b	Kurvenmodelle Zeit				Gesmodell
				Trockenstehzeit (Tag = -70 a.p. bis -6 a.p.)				Laktation (Tag = 10 p.p. bis 350 p.p.)				trocken	laktierend	trocken	laktierend	
			c	Kurvenmodelle für Regressionskoeffizienten Körpermaße (KM)							c	Kurvenmodelle für Körpermaße (KM)				Z
				Trockenstehzeit (Tag = -70 a.p. bis -6 a.p.)				Laktation (Tag = 10 p.p. bis 350 p.p.)				trocken	laktierend	trocken	laktierend	KM
Modelle mit einzeln getesteten Körpermaßeparametern																
	kg	-96,0	a	87,3	41,4	21,8	14,8	-54,9	-21,0	-3,4	a	23,0		<0,0001	<0,0001	
BU	kg		b	30,7538 – 1,50858 × Tag				-265,584 + 24,0144 × sqrt(Tag)			b	54,7	55,2	0,673	0,001	0,002
	kg/cm		c	3,95496 + 0,0111333 × Tag				4,82776 – 0,104676 × sqrt(Tag)			c	0,237	0,285	0,513	0,001	<0,0001
	kg	-213,3	a	83,7	46,8	19,1	19,2	-73,6	-34,3	-11,4	a	19,7		<0,0001	<0,0001	
BA	kg		b	368,402 + 3,62097 × Tag				232,39 – 0,00124913 × Tag^2			b	93,4	69,3	0,283	0,046	0,408
	kg/cm		c	2,34907 – 0,0113126 × Tag				sqrt(6,55713 + 0,0000349953 × Tag^2)			c	0,332	1,604	0,330	0,020	<0,0001
	kg	-18,7	a	117,8	48,3	22,0	14,1	-73,0	-29,8	-9,6	a	24,5		<0,0001	<0,0001	
BT	kg		b	358,116 + 1,32718 × Tag				134,358 – 0,000254067 × Tag^2			b	30,0	98,9	0,349	0,765	0,001
	kg/cm		c	5,59534 – 0,00446029 × Tag				sqrt(45,8298 + 0,000152718 × Tag^2)			c	0,305	17,54	0,684	0,324	<0,0001
	kg	639,1	a	123,2	50,1	21,4	10,2	-93,2	-37,6	-8,2	a	25,7		<0,0001	<0,0001	
KH	kg		b					-467,733 + 0,00336003 × Tag^2			b		71,3		0,0004	0,001
	kg/cm		c					(1,84464 – 0,00000774608 × Tag^2)^2			c		0,182		0,001	<0,0001
	kg	497,0	a	92,9	45,4	22,1	18,4	-89,6	-39,4	-14,1	a	24,3		<0,0001	<0,0001	
KB	kg		b	72,555 + 2,28138 × Tag				-256,229 + 12,8444 × sqrt(Tag)			b	45,1	49,5	0,490	0,009	0,001
	kg/cm		c	4,21029 – 0,019287 × Tag				7,36092 – 0,181688 × sqrt(Tag)			c	0,637	0,935	0,647	0,034	<0,0001
	kg	449,2	a	46,3	27,8	8,6	10,0	-93,6	-40,9	-9,7	a	22,2		0,043	<0,0001	
BCS	kg		b	161,068 + 3,54289				-62,558 + 2,9962 × sqrt(Tag)			b	6,2	20,5	0,054	0,077	0,007
	kg/Pkt.		c	60,7477 – 0,782674 × Tag				1/(0,0115942 – 4,81303E-9 × Tag^2)			c	2,118	0,001	0,084	0,513	<0,0001
Modell mit den Körpermaßeparametern Bauchumfang, Brustumfang und BCS																
	kg	-364,9	a	42,2	28,2	10,7	11,0	-61,0	-28,9	-7,3	a	17,0		0,005	<0,0001	
Zeit	kg		b	426,538 + 4,46625 × Tag				86,759 + 1,08565 × Tag – 0,00372449 × Tag^2			b	48,5	49,4	0,311	0,059	0,027
BA	kg/cm		c	0,974572 – 0,0214922 × Tag				sqrt(3,37516 + 0,0000394702 × Tag^2)			c	0,020	1,216	0,001	0,002	<0,0001
BU	kg/cm		c	1,71034 + 0,0212337 × Tag				1,62517 – 0,0461414 × sqrt(Tag)			c	0,429	0,203	0,496	0,008	0,0004
BCS	kg/Pkt.		c	33,9016 – 0,713562 × Tag				1/(0,0185813 + 4,59436E-8 × Tag^2)			c	9,210	0,005	0,101	0,237	<0,0001
Modell mit den Körpermaßeparametern Bauchumfang, Brustumfang und Brusttiefe																
	kg	-780,4	a	78,7	42,1	20,4	14,5	-43,4	-22,2	-7,8	a	18,7		<0,0001	<0,0001	
Zeit	kg		b					125,406 + 2,47828 × Tag – 0,00789654 × Tag^2			b		56,3		0,004	0,006
BA	kg/cm		c	2,22129 – 0,0052873 × Tag				sqrt(4,15066 + 0,000038991 × Tag^2)			c	0,037	0,842	0,150	0,0002	<0,0001
BU	kg/cm		c	1,5885 + 0,0172474 × Tag				2,84829 – 0,11373 × sqrt(Tag)			c	0,127	0,336	0,099	0,001	0,0001
BT	kg/cm		c	4,98895 + 0,0527575 × Tag				sqrt(9,02018 + 0,000208051 × Tag^2)			c	1,339	6,097	0,568	0,003	<0,0001

5 Schlussfolgerungen

Die genaue Einteilung der Rassen nach Höhe von Fremdgenanteil und Milchbetonung der Fremdrasse ist sinnvoll. Lebendmasse und Körperkondition sinken stetig mit steigender Milchbetonung. Bereits 12,5 % FV-Anteil bei HF-Kühen bewirkt eine signifikant höhere Lebendmasse und eine tendenziell höhere Körperkondition als bei reinrassigen HF. In der frühen Laktation neigen HF100 zu einem stärkeren Absinken des BCS trotz geringerer Milchleistung als die Kreuzungen, machen dies aber in der Spätlaktation wett. Je milchbetonter die Kühe sind, desto höher ist ihre Energiebilanz gegenüber Fleckvieh in der Trockenstehzeit. Folglich beeinflusst die Rasse Nährstoffbilanzen nicht signifikant, weil HF×BS und HF100 in der Trockenstehzeit verstärkt ihre Reserven auffüllen und Trockenstehzeit und Laktation gemeinsam ausgewertet werden. Andererseits sind möglicherweise durch die zeitliche Einteilung der Datenerfassung verstärkt abweichende Entwicklungen der Rassen gedämpft. Die EB der Rassen verläuft in der Laktation ähnlich wie die Futteraufnahme und in dieser spiegelt sich wiederum der KF-Anteil wider. Die signifikant geringere Milchleistung und deren früheres Absinken bei FV100 verglichen mit den HF-Gruppen führen trotz geringerer Futteraufnahme zu einem geringeren KF-Anteil. Alle HF-Kreuzungen geben auf gleichem Niveau signifikant mehr Milch als FV100, ihre GF-Aufnahme steigt aber nicht signifikant. KF hat daher maßgeblich Anteil an der bedarfsgerechten Versorgung milchbetonter Kühe.

Die Laktationszahl spiegelt gut ersichtlich an den Körpermaßen (KM) das degressive Wachstum der Kühe von der 1. zur ≥4. Laktation wider. LM und KM entwickeln sich gleichgerichtet. Die 3. und ≥4. Laktation sind zumeist statistisch ident. BCS und RFD steigen nicht degressiv und werden von der Laktationszahl verhältnismäßig am wenigsten im Vergleich zu den übrigen Körpermaßeparametern beeinflusst. Erstlaktierende Tiere unterscheiden sich bezüglich Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Milchleistung und Körpermaße immer signifikant von der 3. und ≥4. Laktation, von der 2. Laktation besonders hinsichtlich Milchleistung und Körpermaße. Die GES-Aufnahme, aber nicht die GF-Aufnahme, steigert sich mit der ECM nur bis zur 3. Laktation. Pro kg LM bleibt die Futteraufnahme statistisch gleich und entwickelt sich daher parallel zum Rahmen. Die Laktationszahl übt keinen Einfluss auf die Nährstoffbilanzen aus. Dies liegt vermutlich an der gemeinsamen Auswertung von Trockenstehzeit und Laktation. In der 2. und 3. Laktation scheinen Kühe jedoch die niedrigsten Bilanzen zu haben.

Das Laktationsstadium ist der bedeutendste Einflussfaktor. Nährstoff- und Futteraufnahme sinken a.p. kaum signifikant, BA, LM und BCS steigen hingegen. Am stärksten verändern sich die Parameter zwischen Ende der Trockenstehzeit und Laktationsbeginn, also im Abkalbungszeitraum. Die Steigerung der Futteraufnahme in der Frühlaktation geht mit hohem KF-Anteil ohne physikalische Limitation einher. Die trotzdem negative EB spricht für eine chemische-biologische Regulation der Futteraufnahme und für einen geringen Einfluss der Fütterung auf katabole Prozesse in diesem Zeitraum. Die Milchleistung der Versuchskühe aller Rassen ist so hoch, dass nicht einmal die bedarfsgerechte und energiereiche Versorgung die Mobilisation in der frühen Laktation verhindern kann. Sie ermöglicht aber das

Wiederauffüllen der Reserven bis zum Laktationsende. Dies zeigt auch der BCS-Verlauf. Der Anstieg von LM und BA in der Laktation sind im Gegensatz zum BCS vermehrt von der Futteraufnahme beeinflusst. Hingegen korreliert der BU stärker mit der Körperkondition als der BA. Die Entwicklung von LM, KB, BA und BU ist in der Trockenperiode stärker an die Verfettung des Tieres als an den Rahmen gebunden und bestätigt die Annahme, dass das physiologische Stadium der Kuh Zusammenhänge zwischen den Parametern verändert.

Die Schätzung der LM mittels KM ist mit hoher Genauigkeit möglich. Die Abhängigkeit der KM und deren Einfluss auf die LM vom physiologischen Stadium bestätigen sich, weil sich deren Regressionskoeffizienten im Zeitverlauf verändern. Warum sich welche Koeffizienten wie verhalten, bleibt jedoch mangels Daten und vergleichbarer Studien vorerst unklar. Werden mehrere Körpermaße in einem Schätzmodell verwendet, beeinflussen deren Regressionskoeffizienten einander in Niveau und Verhalten im Zeitverlauf. Das grundlegende Muster von Anstieg oder Sinken der Regressionskoeffizienten, das in den Einzelmodellen auftritt, bleibt jedoch erhalten. Der BA schätzt die LM im Einzelmodell am genauesten, gefolgt von BU und BCS. Eine Formel mit mehr als drei KM verbessert die Genauigkeit kaum, wirkt sich aber negativ auf die Signifikanz der Haupteffekte aus. Die Einbindung von BCS in die Schätzformel ist nicht zu empfehlen, weil Abweichungen in der Bewertung eines Tieres zu verhältnismäßig großen Fehlschätzungen führen. Für weitere Versuche der LM-Schätzung ist eine Berücksichtigung des physiologischen Stadiums unumgänglich und wieder ein stufenweises Hinzufügen der aussagekräftigsten KM empfehlenswert.

6 Zusammenfassung

Diese Studie hatte folgende Ziele:

1. Darstellung von Futteraufnahme, Milchleistung, Lebendmasse, Körpermaßen und Energiebilanz im Laufe der Laktation unter besonderer Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium

2. Schätzung der Lebendmasse mittels Körpermaßen, und die Untersuchung der Auswirkung des Laktationsstadiums auf die Beziehung der Körpermaße zur Lebendmasse

Das Datenmaterial stammt von insgesamt 90 Milchkühen des LFZ Raumberg-Gumpenstein (Irdning, Österreich), die zu je 63 Tieren an 11 regelmäßigen fünftägigen Erhebungsterminen im Versuch standen. Das einjährige Experiment lief von März 2012 bis Februar 2013. Zur Untersuchung der Auswirkung unterschiedlicher Milchbetonung und Lebendmasse (LM) wurde reinrassiges Fleckvieh (FV100), reinrassige Holstein-Friesian (HF100), HF×FV-Kreuzungen (HF_FV12.5) und Kreuzungen zwischen Holstein × Brown Swiss (HF_BS50, HF_BS25) verwendet. Die Messung aller Parameter – Körpermaße und BCS ausgenommen – erfolgte täglich. Die grundfutterbasierte und mit Kraftfutter ergänzte Ration war tierindividuell, bedarfsgerecht und ad libitum ausgelegt.

Die Milchleistung der HF-Gruppen war ähnlich und signifikant höher als von FV100 (19,1 kg ECM). Die Grundfutteraufnahme unterschied sich jedoch nicht signifikant. Die Gesamtfutter-aufnahme von FV100 (15,5 kg TM) war signifikant geringer im Vergleich zu HF_FV12.5 und HF_BS25 (17,4 kg TM) mit der höchsten ECM-Leistung (24,1 kg/d). Die Rasse beeinflusste die Nährstoffbilanzen nicht signifikant, jedoch hatten die HF×BS-Gruppen in der Trockenstehzeit und besonders HF100 ein nicht signifikant höheres Versorgungsniveau als die FV-Gruppen, in der Laktation ein einander ähnliches. In der frühen Laktation bildet HF100 im BCS-Verlauf einen nicht signifikanten Tiefpunkt aus und gleicht sich gegen Ende den Kreuzungstieren an. FV100 hatte den größten Bauchumfang, Brustumfang und die größte Körperbreite, war jedoch die kürzeste und kleinste Rasse. Lebendmasse und BCS sinken mit steigender Milchbetonung von FV100 zu HF100 von 757 auf 640 kg und von 3,66 auf 2,85 Pkt..

Der Effekt der Laktationszahl offenbart einen degressiven Anstieg von Körpermaßen und Lebendmasse von 1. (640 kg) zur ≥4. Laktation (740 kg). Ähnlich dazu verhalten sich Milchleistung und Futteraufnahme, nur dass sie in der 3. Laktation (18,5 kg TM, 25,1 kg ECM) am höchsten sind. Futteraufnahme, Milchleistung, Lebendmasse und Körpermaße unterscheiden sich signifikant zwischen 1. und ≥3. Laktation – BCS ausgenommen. Die Nährstoffbilanzen bleiben wiederum unbeeinflusst. Dies liegt wahrscheinlich an der kombinierten Auswertung von Trockenstehzeit und Laktation. In der 2. und 3. Laktation scheinen Kühe die geringsten Nährstoffbilanzen zu haben.

Der Effekt der Trockenstehzeit und des Laktationsstadiums wirkte sich am meisten auf die Messwerte aus. Die Parameter zeigten die größte und meistens auch signifikante Differenz zwischen Trockenstehzeitende und Laktationsbeginn. Die Grundfutteraufnahme ist zu Laktationsbeginn signifikant um 1,7 kg TM geringer, die Kraftfutteraufnahme um 4,4 kg TM höher. Die Energiebilanz ist 80 und die nXP-Bilanz 40 Tage lang negativ. Über die gesamte

Laktation betrachtet sind beide positiv. Der Rückgang von Futteraufnahme und Energiebilanz ist a.p. nicht signifikant, während Lebendmasse, Bauchumfang und Mittelhandlänge sich signifikant vergrößern. Die meisten Körpermaße steigen signifikant mit fortschreitender Laktation an. Die Lebendmasse steigt im Gegensatz zum BCS bereits vor dem Erreichen der positiven Energiebilanz an. Die Beziehung zwischen Lebendmasse und den meisten Körpermaßen verstärkt sich in der Trockenstehzeit und besonders auch deren Beziehung zum BCS.

In LM-Schätzmodellen, basierend auf nur einem Körpermaß, schätzt der Bauchumfang gefolgt von Brustumfang und BCS die Lebendmasse am genauesten. Die Modelle mit den drei Regressionsvariablen Bauchumfang, Brustumfang und BCS oder Brusttiefe haben den geringsten RMSE (17,0; 18,7 kg). Der Regressionskoeffizient für den Bauchumfang sinkt in der Laktation und steigt in der Trockenstehzeit, gegenteilig entwickelt sich der Regressionskoeffizient des Brustumfanges. Alle Regressionskoeffizienten der Körpermaße verändern sich im Zeitverlauf.

Schlussfolgernd ist festzustellen, dass die leistungsgerechte Nährstoffversorgung von Kühen in der Hochlaktation nur mit verhältnismäßig hohem Kraftfuttereinsatz möglich ist. Trotzdem verhindert sie eine Mobilisation im 1. Laktationsdrittel nicht. Dies resultiert aus der chemisch-biologischen Regulation der Futteraufnahme im Abkalbungszeitraum und spricht auch für einen geringen Einfluss der Fütterung auf katabole Prozesse in der frühen Laktation. Die Kühe füllen aber ihre Reserven bis zum Laktationsende wieder auf. Besonders HF100 scheint mehr zu mobilisieren, macht dies aber in der Spätlaktation wett. Der trotzdem fehlende Einfluss der Rasse auf die Nährstoffbilanzen beruht einerseits auf einer intensiveren Reserveauffüllung von stärker milchbetonten Kühen in der Trockenstehzeit. Andererseits dämpft die zeitliche Einteilung der Datenerhebung möglicherweise abweichende Entwicklungen der Rassen. Kraftfutter bestätigt sich als bedeutender Bestandteil einer bedarfsgerechten Ration milchbetonter Kühe.

Besonders Körpermaße, Lebendmasse und BCS bilden die verschiedenen Nutzungstypen und daher die unterschiedliche Milchbetonung der Gruppen ab. Auch das Wachstum der Kühe ist besonders bei der Lebendmasse und den Körpermaßen gut ersichtlich. Der zeitliche Verlauf der Parameter spiegelt den starken Einfluss des physiologischen Stadiums der Kuh zwischen zwei Abkalbungen wider, d.h. eine anabole Situation zu Laktationsende und in der Trockenstehzeit sowie eine katabole Situation zu Laktationsbeginn.

Eine relativ genaue Schätzung der Lebendmasse mittels Körpermaße ist möglich. Das physiologische Stadium beeinflusst das Verhalten der Regressionskoeffizienten und damit deren Einfluss auf die Lebendmasse. Aufgrund fehlender Vergleichsmöglichkeiten mit Literaturdaten ist eine genauere Interpretation nicht möglich. In der Trockenstehzeit sind im Vergleich zur Laktation größere Körpermaße stark mit dem Verfettungsgrad und verhältnismäßig weniger mit einem größeren Rahmen verbunden.

7 Abstract

The objectives were:

1) Characterizing feed intake, milk performance, energy balance, live weight and body measurements during dry period and lactation, taking into account especially the effect of breed, parity and stage of lactation

2) Estimating body weight using body measurements and examining the influence of stage of lactation on regression coefficients

The data were derived from 90 dairy cows of AREC Raumberg-Gumpenstein (Irdning, Austria) during a 1-year experiment from March 2012 to February 2013. Measurements were taken periodically during 11 5-day experimental periods to cover changes in physiological stage. Pure Simmental (FV100), pure Holstein-Friesian (HF100), HF×FV crossbreds (HF_FV12.5) as well as two groups of Holstein × Brown Swiss crossbreds (HF_BS50 and HF_BS25) of parity 1 to ≥4 were available. Diet was based on grass silage, maize silage and hay with concentrate supplementation adapting its proportion in total ration according to individual requirements. Feedstuff was offered separately and ad libitum.

Milk performance of all HF-groups was similar and significantly higher than of FV100 (19.1 kg ECM), but forage intake did not differ significantly. Daily total DM intake of FV100 (15.5 kg DM) was only significantly lower compared to the two highest milk yielding breeds HF_BS25 and HF_FV12.5 (17.4 kg DM, 24.1 kg ECM). There was no significant difference between breeds in energy balance (EB) and nXP balance. Average surplus of energy and nXP was not significantly higher for HF100 and HF×BS than for the two FV groups during dry period and lower but more similar to each other during lactation. HF100 seemed to have a nadir in BCS in early lactation and to recover later. FV100 had largest belly girth, heart girth, body width and was the smallest and shortest group. Live weight and BCS declined with increasing milk potential from 757 to 640 kg and from 3.66 to 2.85 points in FV100 to HF100 cows.

The effect of parity revealed the degressive increase of live weight and body measurements of 1-lactation to ≥4-lactation cows (640 – 740 kg). This was similar to daily milk yield and total feed intake, except they peaked in 3rd parity (18.5 kg DM, 25.1 kg ECM). The 1-lactation cows had significantly lower feed intake, milk performance, live weight and body measurements compared to ≥3-lactation cows, except in BCS. EB and nXP balance was not affected by parity, but cows of 2nd and 3rd parity seemed to have a lower one.

The measurements were significantly influenced by the effect of dry period and stage of lactation. Parameters showed large and mostly significant differences at time of parturition. Cows consumed 1.7 kg DM less forage and 4.4 kg more concentrate at begin of lactation than at the end of dry period. The EB was negative in the first 80 days of lactation and the nXP balance in the first 40 days of lactation, but when considering total lactation they were positive on an average. Decrease in feed intake and EB was not significant during dry period, contrary to the increase of body weight, body length and belly girth. Most body

measurements increased significantly during lactation, but in contrast to BCS, live weight started to increase while energy balance was still negative. Relationships between body weight and most body measurements were stronger in dry period than in lactation, and correlation coefficients between BCS and live weight, belly girth, heart girth and especially body width were higher in the dry period.

In models predicting body weight with a single body measurement, belly girth followed by heart girth had lowest RMSE. Combining belly girth, heart girth with BCS or chest depth resulted in the most accurate prediction models with a RMSE of 17.0 and 18.7 kg. Regression coefficients of belly girth decreased in the dry period and increased during lactation in contrast to heart girth. Other regression coefficients changed with stage of lactation, too.

It can be concluded, that meeting nutritional requirements of cows in early lactation is possible only with high concentrate supplementation, but this cannot avoid mobilisation in early lactation. This is a result of biological-chemical limitation of feed intake as well as a strong argument for a genetically driven change of body energy in early lactation. Of al HF genotypes, especially HF100 seem to mobilise most intensively at start of lactation, but is able to recover during late lactation. The lack of breed effect on nutrient balances seems to reflect the more intensive replenishing of body reserves of cows with higher potential in the dry period. Another reason is the special timing of collecting data, which reduces contrary trends of breeds. Furthermore concentrate is an important part of the diet, especially for cows with high milk potential.

The differences of breed groups in body measurements reflect their increasing genetic potential. The increase of parameters with parity due to growth and maturity occurs particularly in body measurements in parallel with body weight. Measurements in dry period and in lactation reflect the strong influence of physiological stage the cow undergoes.

An accurate prediction of live weight is possible. The physiological stage seems to influence the value of regression coefficients and therefore seems to change the influence of body measurements on live weight during lactation and dry period. Because of a lack of literature this behaviour of regression coefficients cannot be interpreted more exactly. The increase of body measurements and live weight in the dry period depends relatively to a higher extent on the degree of fatness than on actual size of bones than during lactation.

8 Literaturverzeichnis

ANDREW, S.M., D.R. WALDO und R.A. ERDMAN, 1994: Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages. J. Dairy Sci. 77, 3022-3033.

BANOS, G. und M.P. COFFEY, 2012: Technical note: Prediction of liveweight from linear conformation traits in dairy cattle. J. Dairy Sci. 95, 2170-2175.

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., R. SLEPETIS und R.A. EHRHARDT, 1995: Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows. J. Dairy Sci. 78, 1954-1961.

BERRY, D.P., F. BUCKLEY, P. DILLON, R.D. EVANS, M. RATH und R.F. VEERKAMP, 2002: Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. J. Dairy Sci. 85, 2030-3039.

BERRY, D.P., R.F. VEERKAMP und P. DILLON, 2006: Phenotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. Livest. Prod. Sci. 104, 1-12.

BINES, J.A. und I.C. HART, 1978: Hormonal regulation of the partition of energy between milk and body tissue in adult cattle. Proc. Nutr. Soc. 37, 281-287.

BLÖTTNER, S., B.J. HEINS, M. WENSCH-DORENDORF, L.B. HANSEN und H.H. SWALVE, 2011: Brown Swiss × Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for calving traits, body weight, back fat thickness, fertility and body measurements. J. Dairy Sci. 94, 1058-1068.

BUCKLEY, F., P. DILLON, S. CROSSE, F. FLYNN und M. RATH, 2000: The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. Livest. Prod. Sci. 64, 107-119.

BUTLER, W.R. und R.D. SMITH, 1989: Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. J. Dairy Sci. 72, 767-783.

DECHOW, C.D., G.W. ROGERS, J.B. COOPER, M.I. PHELPS und A.L. MOSHOLDER, 2007: Milk, fat, protein somatic cell score, and days open among Holstein, Brown Swiss, and their crosses. J. Dairy Sci. 90, 3542-3549.

DILLON, P., F. BUCKLEY, P.O. CONNOR, D. HEGARTY und M. RATH, 2003a: 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, 21-33.

DILLON, P., S. SNIJDERS, F. BUCKLEY, B. HARRIS, P.O. CONNOR und J.F. MEE, 2003b: A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 2. Reproduction and survival. Livest. Prod. Sci. 83, 35-42.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.

FERGUSON, J.F., D.T. GALLIGAN und N. THOMSEN, 1994: Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. J. Dairy Sci. 77, 2695-2703.

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.

ENEVOLDSEN, C. und T. KRISTENSEN, 1997: Estimation of body weight from body size measurements and body condition scores in dairy cows. J. Dairy Sci. 80, 1988-1995.

FOX, D.G., M.E. VAN AMBURGH und T.P. TYLUTKI, 1999: Predicting requirements for growth, maturity, and body reserves in dairy cattle. J. Dairy Sci. 82, 1968-1977.

FRIGGENS, N.C., P. BERG, P. THEILGAARD, I.R. KORSGAARD, K.L. INGVARTSEN, P. LØVENDAHL und J. JENSEN, 2007: Breed and parity effects on energy balance of genetically driven body energy change. J. Dairy Sci. 90, 5291-5305.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 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.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2009: Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Neue Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie von Mischfuttermitteln für Rinder. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 18, 143-146.

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. Sept. 2004, Kongressband, Rostock, 484-504.

GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluß von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. 22. Tierzuchttagung, 9.-10. Mai 1995, Bericht BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning, 1-49.

GRUBER, L., A. SUSENBETH, F.J. SCHWARZ, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG und A. OBERMAIER, 2007: Bewertung des NEL-Systems und Schätzung des Energiebedarfs von Milchkühen auf der Basis von umfangreichen Fütterungsversuchen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. 119. VDLUFA-Kongress, 18.-21. Sept. 2007, Kongressband, Göttingen, 479-502.

GRUBER, L., 2013: Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Tagungsband ZAR-Seminar, 21.03.2013, 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.

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.

HAIGER, A., s.a.: „Ganzheitlicher Rinderrassenvergleich auf betriebseigener Futterbasis“. Bericht Forschungsprojekt Nr. 1266, 40 S.

HART, I.C., 1983: Endocrine control of nutrient partition in lactating ruminants. Proc. Nutr. Soc. 42, 181-194.

HART, I.C., J.A. BINES und S.V. MORANT, 1979: Endocrine control of energy metabolism in the cow: Correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation. J. Dairy Sci. 62, 270-277.

HART, I.C., J.A. BINES, S.V. MORANT und J.L. RIDLEY, 1978: Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high- and low-yielding cattle at various stages of lactation. J. Endocrinology 77, 333-345.

HEINRICHS, A.J., G.W. ROGERS und J.B. COOPERS, 1992: Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. J. Dairy Sci. 75, 3576-3581.

HORAN, B., P. DILLON, P. FAVERDIN, L. DELABY, F. BUCKLEY und M. RATH, 2005: The interaction of strain of Holstein-Friesian cows and pasture-based feed systems on milk yield, body weight, and body condition score. J. Dairy Sci. 88, 1231-1243.

HÜTTMANN, H., E. STAMER, W. JUNGE, G. THALLER und E. KALM, 2009: Analysis of feed intake and energy balance of high-yielding first lactating Holstein cows with fixed and random regression models. Animal 3, 181-188.

INGVARTSEN, K.L. und J.B. ANDERSEN, 2000: Symposium: Dry Matter intake of lactating dairy cattle. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. J. Dairy Sci. 83, 1573-1597.

KIRCHGESSNER, M., F.X. ROTH, F.J. SCHWARZ und G.I. STANGL, 2011: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. überarb. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 643 S.

KLAWUHN, D. und R. STAUFENBIEL, 1997: Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. Tierärztl. Prax. 25, 133-138.

KLEIBÖHMER, C., W. HEUWIESER, J. BERGMANN und A. OCHSMANN, 1998: Untersuchung zur Erlernbarkeit und Genauigkeit der Körperkonditionsbeurteilung (BCS) beim Rind. Prakt. Tierarzt 79, 50-61.

KROGMEIER, D., 2009: Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystemes bei Braunvieh und Fleckvieh. Züchtungskde. 81, 328-340.

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. Tierern. 31, 75-120.

LKV BAYERN (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern), s.a.: Leistung- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2012. Ergebnisse und Auswertungen. LKV Bayern, München, 97 S.

LKV BW (Landesverband Baden-Württemberg für Leistungsprüfung in der Tierzucht), 2013: Ergebnisse der Milchleistungsprüfung Baden-Württemberg 2012. Jahresbericht 2012. LKV BW, Stuttgart, 112 S.

LKV NRW (Landeskontrollverband Nordrhein-Westfalen), s.a.: Jahresbericht 2012. LKV NRW, Krefeld, 82 S.

LOKER, S. F. MIGLIOR, J. BOHMANOVA, J. JAMROZIK und L.R. SCHAEFFER, 2009: Phenotypic analysis of pregnancy effect on milk, fat, and protein yields of Canadian Ayrshire, Jersey, Brown Swiss, and Guernsey breeds. J. Dairy Sci. 92, 1300-1312.

LUCY, M.C., C.R. STAPLES, F.M. MICHEL und W.W. THATCHER, 1991: Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. J. Dairy Sci. 74, 473-482.

LUCY, M.C., G.A. VERKERK, B.E. WHYTE, K.A. McDONALD, L. BURTON, R.T. CURSONS, J.R. ROCHE und C.W. HOLMES, 2009: Somatotropic axis and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system. J. Dairy Sci. 92, 526-539.

MARTENS, H., 2012: Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird! 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. April 2012, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, 35-42.

MERTENS, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization. (G.C. Fahey, Ed.), 450-493.

MOORE, T.L. und I.L. MAO, 1990: Prediction of total intake of dry matter and net energy in lactation. J. Dairy Sci. 73, 1255-1262.

NRC (National Research Council), 2001: Nutrient requirements of dairy cattle. 7. überarb. Auflage, National Academy Press, Washington, 34-42.

OTTO, K.L., J.D. FERGUSON, D.G. FOX und C.J. SNIFFEN, 1991: Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 74, 852-859.

PATTON, J., D.A. KENNY, S. McNAMARA, J.F. MEE, F.P. O'MARA, M.G. DISKIN und J.J. MURPHY, 2007: Relationships among milk production, energy balance, plasma analytes, and reproduction in Holstein-Friesian cows. J. Dairy Sci. 90, 659-658.

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., M.P. COFFEY und G. SIMM, 2001: The relationship between body condition score and reproductive performance. J. Dairy Sci. 84, 1508-1515.

PRYCE, J.E., M.P. COFFEY, S.H. BROTHERSTONE und J.A. WOOLLIAMS, 2002: Genetic relationships between calving interval and body condition score conditional on milk yield. J. Dairy Sci. 85, 1590-1595.

RADCLIFF, R.P., B.L. McCORMACK, B.A. BROOKER und M.C. LUCY, 2003: Growth hormone (GH) binding and expression of GH receptor 1A mRNA in hepatic tissue of periparturient cows. J. Dairy Sci. 86, 3933-3940.

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.

ROCHE, J.R., N.C. FRIGGENS, J.K. KAY, M.W. FISCHER, K.J. STAFFORD und D.B. BERRY, 2009: Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. J. Dairy Sci. 92, 5769-5801.

SÆTHER, N., Ø. HAVREVOLL, E. THUEN und O. VANGEN, 2010: Differences in energy balance and energy efficiency between an old endangered and a modern Norwegian dairy cattle breed in a traditional indoor feeding system. Acta Agric. Scand. Section A - Anim. Sci. 60, 23-31.

SAS Institute Inc., 2010: SAS/STAT 9.22 User`s Guide. SAS Institute Inc., Cary. NC(USA), 8460 S.

SCHNEIDER, S., G. BELLOF, W. PREISSINGER, H. SPIEKERS und L. HITZLSPERGER, 2005: Die Aussagefähigkeit und der Einsatz der Rückenfettdickenmessung mittels Ultraschall bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh. Forum angewandte Forschung in der Rinder- u. Schweinefütterung, Fulda, Tagungsband, Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 85-90.

SCHRÖDER, U.J. und R. STAUFENBIEL, 2003: Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 3: Berechnung von Referenzwerten. Tierärztl. Prax. 31 (G), 300-305.

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.

SHARMA, A.K., C.J. WILCOX, F.G. MARTIN und W.W. THATCHER, 1990: Effects of stage of lactation and pregnancy and their interactions on milk yield and constituents. J. Dairy Sci. 73, 1586-1592.

SPICER, L.J., E. ALPIZAR und S.E. ECHTERNKAMP, 1993: Effects of insulin, insulin-like growth factor I, and Gonadotropins on bovine granulosa cell proliferation, progesterone production, estradiol production, and(or) insulin-like growth factor I production in vitro. J. Anim. Sci. 71, 1232-1241.

SPICER, L.J., W.B. TUCKER und G.D. ADAMS, 1990: Insulin-like growth factor-I in dairy cows: Relationship among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behaviour. J. Dairy Sci. 73, 929-937.

STANGASSINGER, M., 2003: Beurteilung und Aussagekraft der Untersuchung von Blut-parametern zur Erkennung von Fütterungsfehlern. 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 24.-25. April 2003, Bericht BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning, 1-9.

STAUFENBIEL, R., 1992: Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes. Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. Mh. Vet. Med. 47, 467-474.

STAUFENBIEL, R., 1997: Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickenmessung. Prakt. Tierarzt Coll. Vet. 27, 87-92.

STAUFENBIEL, R., U. SCHRÖDER, C.-C. GELFERT und L. PANICKE, 2003: Körperkondition und Stoffwechselstabilität als Grundlage für eine hohe Milchleistung bei ungestörter Fruchtbarkeit und allgemeiner Gesundheit von Milchkühen. Archiv Tierz. 46, 513-526.

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 Ökolog. Landbau, 11.-13. Febr. 2009, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 30-33.

STEINWIDDER, A. und L. GRUBER, 2001: Einfluss der biologischen Wirtschaftsweise auf die Energie- und Proteinversorgung von Milchkühen – Modellkalkulationen auf der Basis neuer gesetzlicher Normen. Die Bodenkultur 52, 71-83.

THOMET, P., H. RÄTZER und B. DURGIAI, 2002: Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. Agrarforschung 9, 404-409.

URDL, M., L. GRUBER, W. OBRITZHAUSER und A. SCHAUER, 2014: 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. Anim. Nutr. (in Druck).

UTZ, J., 1998: Tierbeurteilung Rinder: Lineare Beschreibung: Messen – Beschreiben – Bewerten. Landwirtschaftl. Bildberatungsstelle e. V., München, 44 S.

VAN SOEST, P.J., J.P. 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.

VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, C.M. BARLIEB, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 2011: Short communication: Heratibility of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. J. Dairy Sci. 94, 2108-2113.

VERNON, R.G., 1989: Endocrine control of metabolic adaption during lactation. Proc. Nutr. Soc., 48, 23-32.

WALL, E., M.P. COFFEY und S. BROTHERSTONE, 2005: Body trait profiles in Holstein-Friesians modeled using random regression. J. Dairy Sci. 88, 3663-3671.

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, 1031-1041.

YAN, T., C.S. MAYNE, D.C. PATTERSON und R.E. AGNEW, 2009: Prediction of body weight and empty body composition using body size measurements in lactating dairy cows. Livest. Sci. 124, 233-241.

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter) 2013: Die österreichische Rinderzucht 2012. ZAR, Wien, 181 S.

Anhang

Tabelle 14: Ergebnisse für Gesamtfutteraufnahme, Energiebilanz, Kraftfutteranteil und NDF-Gehalt der Gesamtration (Wechselwirkung Rasse × Zeit)

Parameter	Einheit	Rasse	Trockenstehzeit (Wochen a.p.)					Laktation (Monate p.p.)										
			-10	-8	-6	-4	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GES	kg TM/d	1	12,73	12,92	12,81	11,75	14,19	16,20	18,15	19,66	19,70	18,64	15,97	16,79	15,92	14,34	15,42	12,18
		2		13,57	13,94	13,29	13,48	15,46	18,62	19,89	19,66	18,74	19,81	21,91	21,35	19,02	16,19	18,19
		3	15,20	15,62	12,98	12,60	12,37	16,03	18,84	18,05	19,99	19,81	20,34	18,74	19,25	17,99	17,21	15,83
		4	11,26	14,15	16,08	14,01	13,24	16,34	18,14	19,47	20,52	20,64	20,58	19,97	20,25	18,43	18,29	18,63
		5	15,36	12,85	14,79	13,14	12,73	14,40	17,38	18,95	19,75	19,28	21,04	20,04	19,54	16,46	15,82	15,38
B_NEL	MJ/d	1	28,1	23,9	15,0	9,1	15,1	-25,2	-8,5	6,3	9,6	3,6	-0,5	10,5	10,7	4,7	19,1	-19,0
		2		22,3	24,5	13,2	17,2	-23,4	-12,7	-11,7	-0,4	-2,4	9,6	21,8	26,6	11,3	-4,4	12,1
		3	45,8	36,6	24,2	16,2	8,8	-20,9	-9,2	-9,4	5,6	10,0	16,2	9,8	7,4	10,3	5,0	-7,2
		4	28,0	32,3	35,4	23,7	11,1	-21,8	-14,4	0,4	3,6	10,7	13,7	14,7	18,9	8,5	8,4	8,3
		5	50,1	29,5	30,9	19,2	15,3	-27,9	-17,4	-5,5	4,0	5,9	22,7	20,0	15,2	1,2	-4,8	-4,8
KF_%	% der TM	1	8,0	10,0	9,6	5,2	9,8	32,1	38,2	40,2	43,0	33,2	24,0	27,6	19,4	13,0	14,0	5,6
		2		8,4	9,2	0	2,3	30,8	38,6	41,5	44,9	29,3	34,1	42,3	29,5	24,4	9,6	17,9
		3	27,8	16,1	4,5	0,5	3,7	29,4	39,9	39,4	42,7	37,4	40,5	35,3	32,3	26,7	22,8	12,7
		4	8,3	19,1	14,6	0	5,7	34,1	41,0	42,9	41,2	39,6	39,1	40,5	41,7	31,0	33,3	34,5
		5	14,1	6,1	11,5	9,3	1,7	25,5	39,3	41,0	40,2	35,9	37,0	37,7	32,4	19,8	19,1	18,7
NDF	g/kg TM	1	432	431	432	450	433	381	356	353	346	377	407	394	395	425	432	458
		2		446	431	480	475	381	364	350	341	386	382	353	395	388	451	425
		3	395	434	438	453	458	390	359	360	340	369	359	375	385	390	397	421
		4	455	413	423	486	457	375	358	352	354	364	366	364	361	377	374	375
		5	413	431	433	445	447	396	362	355	359	367	369	371	382	407	407	414

Rasse: 1 FV100; 2 HF_FV12.5; 3 HF_BS50; 4 HF_BS25; 5 HF100

Tabelle 15: Ergebnisse für Milchmenge, Lebendmasse, Bauchumfang und BCS (Wechselwirkung Rasse × Zeit)

Parameter	Einheit	Rasse	Trockenstehzeit (Wochen a.p.)					Laktation (Monate p.p.)										
			-10	-8	-6	-4	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ECM	kg/d	1						28,56	27,94	25,97	25,73	24,28	19,39	18,09	15,36	12,28	7,93	
		2						29,50	30,23	33,21	29,33	26,69	25,35	26,66	21,95	21,37	17,29	16,12
		3						29,18	30,25	29,12	28,64	26,56	25,14	23,41	24,48	20,28	18,71	17,41
		4						29,67	30,45	28,53	29,64	27,42	26,10	24,45	23,44	21,52	20,39	20,84
		5						30,37	30,25	29,77	27,77	26,06	23,93	22,46	22,44	19,16	18,90	16,52
LM	kg	1	803	802	828	834	777	719	703	711	724	727	722	733	742	747	768	
		2		738	725	743		636	657	653	653	660	665	669	664	684	677	696
		3	651	718	728	753	720	628	615	611	631	627	643	635	642	648	675	686
		4	670	702	747	725	717	595	609	616	631	634	646	624	631	639	657	672
		5	634	680	723	734	693	603	585	592	603	600	603	616	619	622	643	659
BA	cm	1	269	271	276	274	269	249	249	254	256	258	257	257	259	260	267	
		2		261	255	257	266	239	244	244	248	248	246	252	252	253	252	251
		3	250	267	267	261	254	245	244	242	247	247	248	246	249	251	255	256
		4	249	259	269	262	254	233	240	244	249	247	251	250	249	248	252	254
		5	250	261	266	269	249	237	240	244	246	246	248	246	250	249	252	253
BCS	Pkt.	1	3,81	3,69	3,79	3,88	3,63	3,67	3,59	3,59	3,57	3,44	3,52	3,63	3,48	3,54	3,72	3,57
		2		3,23	3,13	3,37	3,23	3,07	3,16	3,04	3,09	3,02	3,03	2,96	2,97	3,03	2,98	3,03
		3	3,00	3,12	3,32	3,29	3,16	2,97	2,87	2,86	2,87	2,89	2,85	2,90	2,88	2,89	3,01	2,95
		4	3,22	3,03	3,11	3,03	3,25	2,88	2,85	2,82	2,90	2,89	2,86	2,82	2,84	2,78	2,88	2,92
		5	2,93	2,97	3,18	3,03	3,14	2,89	2,68	2,62	2,67	2,69	2,72	2,72	2,76	2,78	2,90	2,96

Rasse: 1 FV100; 2 HF_FV12.5; 3 HF_BS50; 4 HF_BS25; 5 HF100

Tabelle 16: Ergebnisse der Lebendmasseschätzmodelle für Rasse, Laktationszahl und Zeit und Regressionskoeffizienten der Körpermaße

Para-meter	Einheit	Intercept		Rasse (R)				Laktationszahl (L)											RMSE	P-Wert	
			a	1	2	3	4	1	2	3										R	L
			b	Trockenstehzeit (Wochen a.p.)				Laktation (Monate p.p.)												Z	
				-10	-8	-6	-4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
			c	Regressionskoeffizienten der Körpermaße (KM) in der Trockenstehzeit bzw. Laktation																	
				-10	-8	-6	-4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	KM		
Modelle mit einzeln getesteten Körpermaßeparametern																					
	kg	-96,0	a	87,3	41,4	21,8	14,8	-54,9	-21,0	-3,4									23	<0,0001	<0,0001
BU	kg		b		79,0	123,4	34,6	-202,4	-164,0	-21,4	-11,2	104,4	8,3	100,4		73,0	60,4	154,9		0,002	
	kg/cm		c		3,5323	3,4075	3,8574	4,6060	4,4187	3,7252	3,7298	3,1295	3,6166	3,1642		3,3440	3,4590	3,0619		<0,0001	
	kg	-213,3	a	83,7	46,8	19,1	19,2	-73,6	-34,3	-11,4									19,7	<0,0001	<0,0001
BA	kg		b	172,1	88,1	299,1	319,8	155,1	178,0	255,2	163,8	312,6	179,0	294,7	126,2	193,6	161,3	183,9		0,408	
	kg/cm		c	2,9427	3,2724	2,5394	2,4993	2,9484	2,7877	2,4591	2,8471	2,2431	2,7868	2,3327	2,9972	2,7588	2,9176	2,8635	3,5946	<0,0001	
	kg	-18,7	a	117,8	48,3	22,0	14,1	-73,0	-29,8	-9,6									24,5	<0,0001	<0,0001
BT	kg		b	260,8		339,6	317,7		46,2	247,8	105,0	195,6	109,2	-11,0	81,1	180,0	128,5	276,6		0,001	
	kg/cm		c	5,9675		5,4961	5,8474		7,8291	5,2852	7,2918	6,0539	7,2069	8,7394	7,6371	6,4524	7,3139	5,5644	9,1580	<0,0001	
	kg	639,1	a	123,2	50,1	21,4	10,2	-93,2	-37,6	-8,2									25,7	<0,0001	<0,0001
KH	kg		b		-268,4	49,2		-434,3	-366,3	-371,4	-509,6	-416,3	-510,2	-365,4	-347,2	-252,6	-285,5			0,001	
	kg/cm		c		2,4759	0,5400		3,0612	2,5387	2,6103	3,6391	2,9560	3,6469	2,6442	2,5634	1,9673	2,3208		0,4588	<0,0001	
	kg	497,0	a	92,9	45,4	22,1	18,4	-89,6	-39,4	-14,1									24,3	<0,0001	<0,0001
KB	kg		b		-51,6	36,8	13,7	-247,7	-212,7	-92,0	-84,4	-50,2	-75,7	-88,8	-132,9	-106,2				0,001	
	kg/cm		c		5,3626	4,3037	4,8142	7,6366	6,9307	4,7079	4,7637	4,0923	4,6429	4,8774	5,7405	5,4082			3,9903	<0,0001	
	kg	449,2	a	46,3	27,8	8,6	10,0	-93,6	-40,9	-9,7									22,2	0,043	<0,0001
BCS	kg		b		-1,2	43,4	101,3	-70,3	-32,8	-12,1	-14,3	-55,9	-17,2		-48,5	-21,3	-1,6			0,007	
	kg/Pkt.		c		96,29	87,37	73,64	93,98	82,95	78,49	82,62	95,87	84,15		96,40	89,30	85,49		89,78	<0,0001	
Modell mit den Körpermaßeparametern Bauchumfang, Brustumfang und BCS																					
	kg	-364,9	a	42,2	28,2	10,7	11,0	-61,0	-28,9	-7,3									17,0	0,005	<0,0001
Zeit	kg		b		238,3	244,9	368,1	88,5	125,9	186,0	125,1	222,0	114,1		82,8	160,9	181,7	68,8		0,027	
BA	kg/cm		c		1,9541	1,6509	1,3665	1,8832	1,8496	1,7122	2,3968	1,6973	2,0317		2,2954	1,9242	2,2935	2,9665	2,8213	<0,0001	
BU	kg/cm		c		0,5510	1,3851	1,1586	1,6738	1,3145	1,2738	0,7991	0,8984	1,2250		0,9738	1,0694	0,7414	0,7282	0,9758	0,0004	
BCS	kg/cm		c		74,01	46,50	50,75	45,32	58,49	52,40	49,47	67,91	54,30		60,07	60,66	45,88	31,14	49,34	<0,0001	
Modell mit den Körpermaßeparametern Bauchumfang, Brustumfang und Brusttiefe																					
	kg	-780,4	a	78,7	42,1	20,4	14,5	-43,4	-22,2	-7,8									18,7	<0,0001	<0,0001
Zeit	kg		b				256,2	161,5	226,2		261,3	397,1	242,6	337,4	227,5	273,1	290,6	197,3		0,006	
BA	kg/cm		c				2,3437	2,0350	2,0171		2,4604	2,1561	2,2914	2,1415	2,3915	2,2367	2,7322	2,9481	2,9199	<0,0001	
BU	kg/cm		c				1,3821	2,5418	2,0992		1,3379	1,2670	1,4507	0,8546	1,5611	1,5397	0,8245	0,6067	1,0115	0,0001	
BT	kg/cm		c				4,6163	3,2111	3,4849		3,6419	2,9967	4,0765	4,9281	3,6501	3,7114	3,8285	5,0227	6,5672	<0,0001	

Rasse: 1 FV100; 2 HF_FV12.5; 3 HF_BS50; 4 HF_BS25; 5 HF100; Z fixer Effekt Zeit