

Original Article

Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz

MARIA LEDINEK¹ und L. GRUBER²

Zusammenfassung

Dieser Beitrag untersucht Energiebilanz, Lebendmasse, Körpermaße und BCS sowie deren Zusammenhänge im Laktationsverlauf. Weiterhin werden Formeln zur Schätzung der Lebendmasse von Milchkühen entwickelt. Die Datenerhebung lief über ein gesamtes Jahr im LFZ Raumberg-Gumpenstein (11 Messtermine je 63 Kühe). Die Rassen waren Fleckvieh (FV100), Holstein (HF100) und Kreuzungen. Die Ration war grobfutterbasiert und bedarfsgerecht gestaltet. Die Rasse beeinflusste Energiebilanz und deren Laktationsverlauf nicht. Lebendmasse und BCS sanken mit steigender Milchbetonung von FV100 (730 kg; 3,57 Pkt.) zu HF100 (613 kg; 2,76 Pkt.). FV100 unterschied sich damit signifikant von allen HF(-Kreuzungen). Bereits 12,5% FV-Anteil bei HF bewirkten eine signifikant höhere Lebendmasse und einen tendenziell höheren BCS als bei HF100. In der Trockenstehzeit korrelierten Lebendmasse und die meisten Körpermaße besonders mit dem BCS stärker als in der Laktation. Die zwei Lebendmasseschätzmodelle mit den drei Körpermaßen Bauch-, Brustumfang und BCS bzw. Brusttiefe hatten den geringsten Root Mean Square Error (17,0 bzw. 18,7 kg). Die Regressionskoeffizienten der Körpermaße veränderten sich im Laktationsverlauf. Schlussfolgerung: Besonders BCS und Lebendmasse zeigen deutliche Rassenunterschiede, abhängig von der Höhe des Fremdgenanteils und der Milchbetonung der Fremd rasse. Größere Ausmaße von Brust- und Bauchumfang, Brusttiefe und hinterer Körperbreite sind in der Trockenstehzeit stärker mit Verfettung verbunden als in der Laktation. Das physiologische Stadium ändert den Einfluss der Körpermaße auf die Lebendmasse im Laktationsverlauf.

Schlüsselwörter: Lebendmasseschätzung, Fleckvieh, Mobilisation, Brustumfang, physiologisches Stadium

Summary

Body measurements and BCS during lactation and their relationships to live weight and energy balance

This paper characterizes changes and relationships of energy balance, live weight, body measurements and BCS during lactation. Furthermore equations for predicting live weight are developed.

¹ Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur, A-1180 Wien, E-Mail: maria.ledinek@boku.ac.at

² Institut für Nutztierforschung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, E-Mail: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

Data were derived from Simmental (FV100), Holstein (HF100) and crossbred dairy cows of LFZ Raumberg-Gumpenstein. Parameters were measured during 11 experimental periods (63 cows each) during a whole year. Ration was forage-based with concentrate supplementation to meet individual requirements. Breed had no influence on energy balance and its development during lactation. Live weight and BCS decreased significantly with increasing genetic potential for milk performance from FV100 (730 kg, 3.57 points) to HF100 (613 kg, 2.76 points). FV100 differed significantly from all HF groups. A gene proportion of only 12.5% Simmental in Holstein cows caused a significantly higher live weight and tendentially more BCS compared to HF100. In the dry period correlation coefficients between live weight and most body measurements were higher, especially the relationship to BCS. The two models for live weight prediction with three body measurements as covariates (belly girth, heart girth, BCS or chest depth) had smallest Root Mean Square Error (17.0 and 18.7 kg). Regression coefficients changed during lactation. In conclusion breeds differ especially in BCS and live weight, depending on genetic proportion and their genetic potential for milk production. During the dry period bigger belly girth, heart girth, body width and chest depth depend more on fatness than on actual size of bones compared to lactation. Furthermore the physiological stage seems to change the influence of body measurements on live weight during lactation.

Keywords: Live weight prediction, Simmental, heart girth, mobilisation, physiological stage

1 Einleitung

Die Zucht von Milchkühen mit hohem Milchleistungspotenzial bewirkte eine verkürzte Nutzungsdauer sowie schwerere und größere Tiere mit einem höheren Erhaltungsbedarf (KROGMEIER, 2009). Eine 850 kg schwere Kuh müsste 8100 kg Milch pro Jahr geben, um die Futterkonvertierungseffizienz einer 550 kg schweren Kuh mit 5900 kg Milch zu erreichen (STEINWIDDER, 2009). Nach GRUBER et al. (2004) erhöht sich die Gesamtfutteraufnahme pro kg Milchleistung durchschnittlich nur um 0,22 kg. Daher ist eine höhere Energiekonzentration für die Deckung des zusätzlichen Nährstoffbedarfes nötig. Auf dieser Basis berechnete STEINWIDDER (2009) einen Kraftfutteranteil von 18% für eine 550 kg schwere Kuh, aber einen Anteil von 27% für eine Kuh mit 850 kg. Ohne diese Steigerung der Energiekonzentration erreichen schwere Kühe entweder die gewünschte Milchleistung nicht und verlieren daher an Effizienz, oder die Milchleistung basiert verstärkt auf der Mobilisation von Körperreserven. GRUBER (2013) hat auf Basis der Nährstoffversorgungsempfehlungen der GfE (2001) errechnet, dass Kühe im Durchschnitt um 844 kg ECM mehr leisten müssen, wenn ihre Lebendmasse um 100 kg ansteigt, um die gleiche Nährstoffnutzungseffizienz (4,75 MJ NEL pro kg ECM) zu erreichen. THOMET et al. (2002) und STEINWIDDER (2009) schließen, dass für eine zukünftig effiziente Ressourcennutzung die Einbeziehung der Lebendmasse in der Milchviehzucht nötig ist. Das Abwägen der Tiere ist jedoch unter Praxisverhältnissen schwierig (BANOS und COFFEY, 2012). Daher ist eine Schätzung der Lebendmasse mit Körpermaßen sinnvoll. Bindet die Zucht Futtereffizienz ein, werden stark mobilisierende Tiere bevorzugt. Dies erfordert eine Einbeziehung der Körperkondition (VALLIMONT et al., 2005). Die Erhebung der Körpermaße setzt jedoch besonders die Beachtung des Einflusses von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium voraus.

Diese Arbeit befasst sich mit den Zusammenhängen von Energiebilanz, Lebendmasse, Körpermaßen und BCS von Milchkühen im Laufe der Laktation. Besonders berücksichtigt sie den Einfluss des Laktationsstadiums und dessen physiologische Hintergründe.

Auch Rassen mit unterschiedlichem Milchleistungspotenzial fließen ein. Zusätzlich werden Formeln zur Schätzung der Lebendmasse von Milchkühen vorgestellt.

2 Material und Methoden

Versuchsdesign

Der Versuch dauerte von März 2012 bis Februar 2013. Die Erhebungen fanden an 11 fünftägigen Terminen statt, um den Einfluss von Trockenstehzeit und Laktation zu erfassen, d.h. eine ganze Zwischenkalbezeit. Pro Termin waren 63 Kühe beteiligt. Abkalbungen waren auf die gesamte Versuchszeit verteilt. Daher ergibt ein Messtermin für jedes Tier eine Momentaufnahme der erhobenen Parameter innerhalb der Trockenstehzeit bzw. Laktation. Die Kühe repräsentieren mit Fleckvieh (FV) und Holstein (HF) zwei Nutzungstypen unterschiedlicher Lebendmasse. Übergänge zwischen diesen Typen ergeben sich aus Kreuzungen von FV, HF und Brown Swiss (BS) unterschiedlich hoher Fremdgenanteile.

Fütterung und Haltung

Die Kühe wurden im Forschungsstall (Liegeboxenlaufstall) des LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich, gehalten. Die Vorlage der Grobfuttermittel erfolgte getrennt, zur ad libitum-Aufnahme und tierindividuell an Einzelfressplätzen (Calan-Gates). Aus den Ein- und Rückwaagen errechnete sich unter Beachtung des Futtermittels die tägliche Futteraufnahme für jedes Tier. Kraft- und Mineralfuttermittel wurden in der Kraftfütterstation verabreicht. Dort wog gleichzeitig eine automatische Waage die Kühe.

Bezogen auf die Trockenmasse wurde die Grobfuttermittellaktation wie folgt zeitlich angepasst:

Trockenstehzeit: 30% Heu, 70% Grassilage

Vorbereitung (-28. bis -1. Tag vor der Abkalbung):

- 30% Heu
- 70 – 40% Grassilage
- 0 – 30% Maissilage

Laktation (1. bis 308. Laktationstag):

- 30% Heu
- 30 – 70% Grassilage
- 40 – 0% Maissilage

Komponenten des Energiekraftfutters:

24% Gerste, 25% Mais, 8% Trockenschnitzel, 8% Weizen, 5% Weizenkleie, 15% Sojaextraktionsschrot und 15% Rapsextraktionsschrot.

Komponenten des Proteinkraftfutters:

45,5% Sojaextraktionsschrot, 44,5% Rapsextraktionsschrot, 5% kohlensaurer Futterkalk, 2% Mineralstoffmischung und 2% Viehsalz.

Die Ration war bedarfsgerecht nach den Empfehlungen der GfE (2001) ausgelegt. Die Tiere erhielten täglich 30 g Viehsalz, in der Laktation zusätzlich 50 g Futterkalk und 60 g Mineralstoffmischung (Garant Rimin Phos mit 6% Ca, 12% P, 6% Mg und 8% Na).

Der Beginn der Fütterungszeiten war 04:00 und 14:30 Uhr. Die Kühe wurden zweimal täglich um 04:30 Uhr und 16:00 Uhr in einem 2 × 4 Autotandem-Melkstand gemolken. Milchmengenmessung und Probenahme erfolgten täglich während eines fünftägigen Termins (Qualitätslabor St. Michael).

Körpermaße und BCS

Einmal pro Termin wurden die Tiere während der Morgenfütterung nach dem Melken vermessen und deren BCS bestimmt. Fünf Personen beurteilten nach dem 5-Punkte-System nach EDMONSON et al. (1989). Unter Berücksichtigung des Beurteilereffektes ergeben die Bewertungen einen Wert pro Tier und Termin. Folgende Körpermaße wurden mit Maßband oder Kuhmessstock erhoben (Utz, 1998; ergänzt LEDINEK, 2014):

- Brustumfang: direkt hinter Vorderhand
- Bauchumfang: umfangreichste Stelle
- Brusttiefe: direkt hinter Vorderhand
- Mittelhandlänge: Widerrist- bis Kreuzhöhe
- hintere Körperbreite: auf Höhe des Kniegelenkes

Futtermittelanalyse

Täglich wurden aus Ein- und Rückwaagen Proben für alle Futtermittel entnommen. Die Bestimmung der Trockenmasse (TM) von Mais- und Grassilage erfolgte täglich (104°C für 24 h; TM-Korrektur nach WEISSBACH und KUHLA, 1995), für Heu und Kraftfutter aus Sammelproben pro Termin. Für die Nährstoffanalyse wurden die Tagesproben für jeden Termin gepoolt. Die Gerüstsubstanzen wurden nach VAN SOEST et al. (1991) bzw. VDLUFA (1976) analysiert. Die Richtlinien des VDLUFA (1976) gelten auch für TM, Weender-Analyse und für die enzymlösliche organische Substanz (ELOS). Rohprotein (XP) wurde mittels Kjeltec 2400, Rohfett (XL) mittels Soxtec 2050 und die Gerüstsubstanzen mittels VELD FIWE 6 im Labor des LFZ Raumberg-Gumpenstein analysiert.

Berechnung von Parametern

Die Energiebewertung erfolgte für Heu, Gras- und Maissilage nach den Angaben der GfE (2001 und 2008), für Kraftfuttermittel nach der GfE (2001 und 2009) sowie nach den DLG-Futterwerttabellen (Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle, 1997).

Der Gehalt an nutzbarem Rohprotein am Dünndarm (nXP) wurde mit UDP-Werten (im Pansen unabbaubares Protein) der DLG-Futterwerttabellen (Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle, 1997) nach der GfE (2001) bestimmt.

Die Berechnung des Energiebedarfes der Kühe (GfE, 2001) berücksichtigte den Bedarf für Erhaltung, für Milchleistung, für Trächtigkeit und für den Ansatz im Euter. Der nXP-Bedarf enthält nur Erhaltungs- und Milchleistungsbedarf. Der Trächtigungsansatz an Protein ist für die Berechnung auch in der Trockenstehzeit nicht relevant, weil die Erzeugung an Mikrobenprotein im Pansen den Bedarf des Wirtstieres übersteigt (GfE, 2001).

Die tägliche Energiebilanz ist die Differenz zwischen Aufnahme und Bedarf. Die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) ergibt sich nach der Formel der GfE (2001).

Für jedes Tier wurden die Werte der Parameter pro Termin arithmetisch gemittelt. Der Einfluss der Tageszeit der Wägung auf die Lebendmasse und des Beurteilers auf den BCS wurden davor berücksichtigt.

Tab. 1. Charakterisierung von futter- und tierbedingten Parametern in der Laktation
Characterization of feed- and animal-related parameters during lactation

Parameter	Einheit	Anzahl	Mittelw.	Stabw.	Varkoeff.	Min.	Max.
Nährstoffkonzentration im Grobfutter							
XP	g/kg TM	517	126	13	10,5	88	165
NDF	g/kg TM	517	461	17	3,6	414	495
NEL	MJ/kg TM	517	5,98	0,19	3,2	5,60	6,36
Nährstoffkonzentration im Gesamtfutter							
XP	g/kg TM	517	152	15	9,7	100	193
RNB	g/kg TM	517	0,82	1,47	177,8	-4,84	5,80
XF	g/kg TM	517	200	34	16,8	135	271
NDF	g/kg TM	517	384	45	11,8	308	476
NEL	MJ/kg TM	517	6,46	0,37	5,7	5,52	7,06
Futtermittelaufnahme							
Grobfutter	kg TM/d	517	12,47	2,17	17,4	6,35	18,10
Kraftfutter	kg TM/d	517	5,40	3,53	65,4	0,13	12,95
Gesamtfutter	kg TM/d	517	17,87	3,57	20,0	8,50	27,02
Milchleistung und Energieversorgung							
ECM	kg/d	506	24,0	7,20	30,0	2,1	51,2
Energieaufnahme	MJ/d	517	116,4	27,4	23,5	53,3	181,0
Energiebedarf	MJ/d	506	117,7	23,2	19,7	49,9	207,8
Energiebilanz	MJ/d	506	-0,5	22,0	-4241	-103,3	68,4
Lebendmasse, Körpermaße und BCS							
Lebendmasse	kg	517	649	80	12,3	474	887
Brustumfang	cm	511	203	8,5	4,2	178	230
Bauchumfang	cm	511	248	12,1	4,9	216	286
Brusttiefe	cm	511	78	2,8	3,6	70	87
Mittelhandlänge	cm	511	95	5,7	6,0	74	108
hintere Körperbreite	cm	511	53	3,0	5,7	46	65
BCS	Pkt.	516	2,97	0,41	13,8	1,61	4,34

Beschreibung tier- und futterbedingter Parameter

Tabelle 1 bietet einen Überblick über die wichtigsten Parameter. Die durchschnittliche Ration in der Laktation enthielt pro kg TM 152 g XP (Rohprotein), 384 g NDF (Neutral-Detergenzienfaser) und 6,46 MJ NEL und führte zu einer beinahe ausgeglichenen RNB pro kg ($0,82 \pm 1,47$ g/kg TM). Ein kg Grobfutter-TM enthielt durchschnittlich 5,98 MJ NEL, 126 g XP und 461 g NDF.

Der Futtermittelverzehr lag im Mittel bei 12,5 kg TM Grobfutter, 5,4 kg TM Kraftfutter und insgesamt 17,9 kg TM pro Tag, wobei die Unterschiede zwischen den Einzeltieren groß waren.

Die tägliche Menge an energiekorrigierter Milch (ECM) schwankte zwischen 2,1 und 51,2 kg und erfasste somit Kühe in allen Leistungs- und Laktationsstadien. Die durchschnittliche tägliche NEL-Aufnahme lag in der Laktation bei 116,4 MJ (53,3 – 181,0 MJ), der durchschnittliche NEL-Bedarf bei 117,7 MJ. Die Spannweite der Energiebilanz zeigt jedoch, dass Aufnahme und Bedarf nicht immer miteinander einhergehen. So waren manche Tiere stark unter- bzw. überversorgt (-103,3 – 68,4 MJ NEL/Tag). Einerseits stammen diese Daten von frischabgekalbten, hochlaktierenden Tieren mit geringer Futtermittelaufnahme, andererseits von spätlaktierenden Tieren. Durchschnittlich war die Energiebilanz in der Laktation nahezu ausgeglichen (-0,5 MJ NEL/Tag).

Die durchschnittliche Kuh wog ca. 650 kg, hatte einen Brustumfang von 203 cm und einen Bauchumfang von 248 cm sowie eine Brusttiefe von 78 cm. Die Mittelhand war 95 cm lang und die hintere Körperbreite betrug 53 cm. Mit einem BCS von 2,97 lag die durchschnittliche Kuh im mittleren BCS-Bereich. Die Unterschiede zwischen Einzeltieren waren jedoch sehr groß.

Statistische Auswertung

Das Datenmaterial umfasste 614 Einzeldatensätze (90 Kühe), davon 84% von laktierenden Tieren. FV100 steht für 14 FV-Kühe mit < 7,5% Fremdgenanteil. HF_FV12.5 betrifft 9 HF-Tiere mit einem Fleckviehanteil von 12,5%. HF_BS50 besteht aus 15 HF mit einem Fremdgenanteil von 50% BS. HF_BS25 betrifft 19 HF mit einem BS-Fremdgenanteil von 25% und HF100 33 reinrassige HF mit ≤ 8,5% Fremdgenanteil.

Die Anzahl der Datensätze sinkt mit steigender Laktationszahl, was z.T. auf Abgänge und Einstellungen erstlaktierender Tiere zurückzuführen ist. 34% der Daten betreffen die 1. Laktation, 28% die 2., 24% die 3. und 13% die Kategorie Laktationszahl ≥ 4.

Der fixe Effekt Zeit kombiniert zweiwöchige Abschnitte der Trockenstehzeit mit den Laktationsmonaten für eine gemeinsame Auswertung.

Die Auswertung basiert auf der Prozedur 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.

Das Schätzmodell für die Auswertung aller Parameter lautet (siehe Abschnitt 3.1):

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + L_j + Z_k + (R \times Z)_{ik} + T(R)_1 + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl}	=	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 ($j = 1, 2, 3, \geq 4$)
Z_k	=	fixer Effekt der Zeit ($k = -10, -8, -6, -4, -2, 1, 2, \dots, 11, 12$)
$(R \times Z)_{ik}$	=	Wechselwirkung zwischen Rasse i und Zeit k
$T(R)_1$	=	zufälliger Effekt Tier genestet in der Rasse
ε_{ijkl}	=	Restkomponente

Das Modell für die Schätzung der Lebendmasse und Testung der Körpermaße lautet (siehe Abschnitt 3.2):

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

LM_{ijklm} = Beobachtungswert des abhängigen Parameters Lebendmasse

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

Die Wechselwirkung Rasse \times Zeit war im Lebendmasseschätzmodell nicht signifikant, genauso wie die quadratischen Effekte der Regressionskoeffizienten für die Körpermaße. Auch bei YAN et al. (2009) führten quadratische Effekte zu keiner Verbesserung und bei BANOS und COFFEY (2012) ergaben sich ebenfalls nur lineare Regressionskoeffizienten.

Die Zeit floss als fixer Effekt ein. Dies erfasst Veränderungen des Einflusses von Körpermaßen auf die Lebendmasse durch unterschiedliche physiologische Stadien. Andere Studien berücksichtigen diese Zusammenhänge nicht (YAN et al., 2009; BANOS und COFFEY, 2012; ENEVOLDSEN und KRISTENSEN, 1997). WALL et al. (2005) wiesen in ihrer Untersuchung genau auf dieses Problem hin.

Zuerst wurde der Einfluss aller Körpermaße auf die Lebendmasse einzeln getestet, danach ein Körpermaß nach dem anderen hinzugefügt, beginnend mit dem geringsten AIC-Wert und dem geringsten Schätzfehler (RMSE = Root Mean Square Error).

An die Regressionskoeffizienten der Körpermaße und an die Schätzwerte des fixen Effektes Zeit wurden Kurven angepasst, um eine stufenlose Schätzung der Lebendmasse auf Tagesbasis zu ermöglichen. Allerdings sind die Kurven ausschließlich im definierten Bereich vom 10. bis 350. Laktationstag anwendbar.

Diese Arbeit bezieht sich auf die Entwicklung des fixen Effektes Zeit in der Laktation, bzw. auf den Zeitraum der Abkalbung. Anhand Energiebilanz, Lebendmasse und BCS werden gleich zu Beginn speziell auch Rassenunterschiede beleuchtet. Von den Schätzformeln für die Lebendmasse wird das Modell mit den drei Regressionsvariablen Bauchumfang (BA), Brustumfang (BU) und Brusttiefe (BT) als Modell_{BA BU BT} näher vorgestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Einfluss von Rasse und Laktationsstadium

Energiebilanz, Lebendmasse und BCS – Haupteffekt Rasse und Wechselwirkung Rasse \times Zeit

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich Rasse in der Energiebilanz, jedoch hochsignifikante bei Lebendmasse und BCS. FV100 unterschied sich immer von HF100. Unterschiede zwischen den HF-Gruppen waren nicht signifikant – HF_FV12.5 und HF100 bezüglich Lebendmasse ausgenommen (Tabelle 2). In den Wechselwirkungsdiagrammen (Abbildung 1) sind Trockenstehzeit und Laktation gemeinsam dargestellt. Es ist zu berücksichtigen, dass die Schätzwerte in der Trockenstehzeit auf einer geringen Datenbasis beruhen. Wenige Tiere beeinflussen die Schätzwerte. Auf die Darstellung der Trockenstehzeit wurde dennoch nicht verzichtet, um auf das unterschiedliche Verhalten der Parameter in der gesamten Zwischenkalbezeit hinzuweisen.

Im Mittel der Laktation (vom 17. bis zum 293. Laktationstag) lag die Energiebilanz aller Rassen auf einem ähnlichen Niveau zwischen 0,8 (HF100) und 4,6 MJ NEL/d (HF_BS25). Damit füllten alle Rassen ihre Reserven innerhalb der Laktation wieder auf.

Das Wechselwirkungsdiagramm (Abbildung 1) der EB zeigt, dass FV100 mit -25,2 und HF100 mit -27,9 MJ NEL/d die stärkste Mobilisation am 17. Laktationstag aufwiesen, HF_BS50 mit -20,9 MJ NEL/d die geringste. Allerdings hatte FV100 am 42. Laktations-

Tab. 2. Futteraufnahme, Milchleistung, Energieversorgung, Lebendmasse und BCS
Feed intake, milk performance, energy supply, live weight and BCS

Parameter	Einheit	Rasse (R)					RMSE	P-Wert	
		FV100	HF_FV12.5	HF_BS50	HF_BS25	HF100		R	R × Z
Gesamtfutteraufnahme und Kraftfutter-(KF)-Anteil									
Gesamt	kg TM/d	16,63 ^a	18,99 ^b	18,37 ^{ab}	19,21 ^b	18,00 ^{ab}	2,46	0,020	0,036
KF	% der TM	26,4 ^a	31,2 ^{ab}	32,6 ^{ab}	38,1 ^b	31,5 ^{ab}	9,5	0,030	0,044
Milchleistung und Energieversorgung									
ECM	kg/d	19,08 ^a	23,88 ^b	23,72 ^b	24,34 ^b	23,49 ^b	3,64	0,004	0,062
I_NEL	MJ/d	107,0 ^a	123,6 ^{ab}	120,3 ^{ab}	126,5 ^b	117,0 ^{ab}	18,7	0,025	0,033
R_NEL	MJ/d	106,9	121,9	119,9	122,4	116,9	12,8	0,111	0,052
B_NEL	MJ/d	1,0	2,4	1,6	4,6	0,8	17	0,924	0,444
Lebendmasse, Körpermaße und BCS									
LM	kg	730 ^c	665 ^b	640 ^{ab}	632 ^{ab}	613 ^a	27	< 0,0001	0,560
Brustumfg.	cm	208 ^b	204 ^{ab}	201 ^a	203 ^{ab}	201 ^a	3,4	0,016	0,421
Bauchumfg.	cm	257 ^b	248 ^a	248 ^a	247 ^a	246 ^a	6,3	0,001	0,371
Brusttiefe	cm	78	79	78	79	78	1,2	0,765	0,725
MHL	cm	88 ^a	100 ^b	93 ^{ab}	99 ^b	96 ^b	3	0,0004	0,559
hintere KB	cm	56 ^b	54 ^a	53 ^a	53 ^a	53 ^a	1,7	< 0,0001	0,206
BCS	Pkt.	3,57 ^b	3,03 ^a	2,90 ^a	2,86 ^a	2,76 ^a	0,17	< 0,0001	0,382

ECM energiekorrigierte Milch, I_NEL Energieaufnahme, R_NEL Energiebedarf, B_NEL Energiebilanz, Z Zeit, RMSE Root Mean Square Error, KB Körperbreite, MHL Mittelhandlänge, d Tag
Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Rassen

tag bereits das geringste Energiedefizit. Diese Rasse erreichte um den 60. Tag eine ausgeglichene Bilanz und HF_BS25 ca. am 69. Tag. HF100 und HF_BS50 erreichten um den 90. Tag den positiven Bereich. HF_FV12.5 mit der zweithöchsten ECM-Menge wies ca. bis zum 125. Tag ein leichtes Energiedefizit auf. In anderen Studien waren Unterschiede in der Energieaufnahme und 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 stärker ausgeprägt.

Die meisten Studien befassen sich nur mit der Laktationszeit. Der Vergleich ähnlicher Studien ergab eine große Spannweite der Lebendmasse innerhalb der Rassen im selben Laktationszeitraum. In der Laktation waren FV100 730 kg und HF100 613 kg schwer. Die BS-Gruppen wogen durchschnittlich 636 kg. Schätzwerte vergleichbarer Studien reichten für FV von 646 – 720 kg und für HF von 589 – 688 kg (GRUBER et al., 1995; HAIGER und KNAUS, 2010). Die HF-Kühe der Lebensleistungslinie waren hingegen nur 597 kg schwer (HAIGER und KNAUS, 2010). Im Versuch von BLÖTTNER et al. (2011) wog HF in den ersten zwei Laktationen signifikant weniger als HF×BS, wobei die Kreuzungstiere

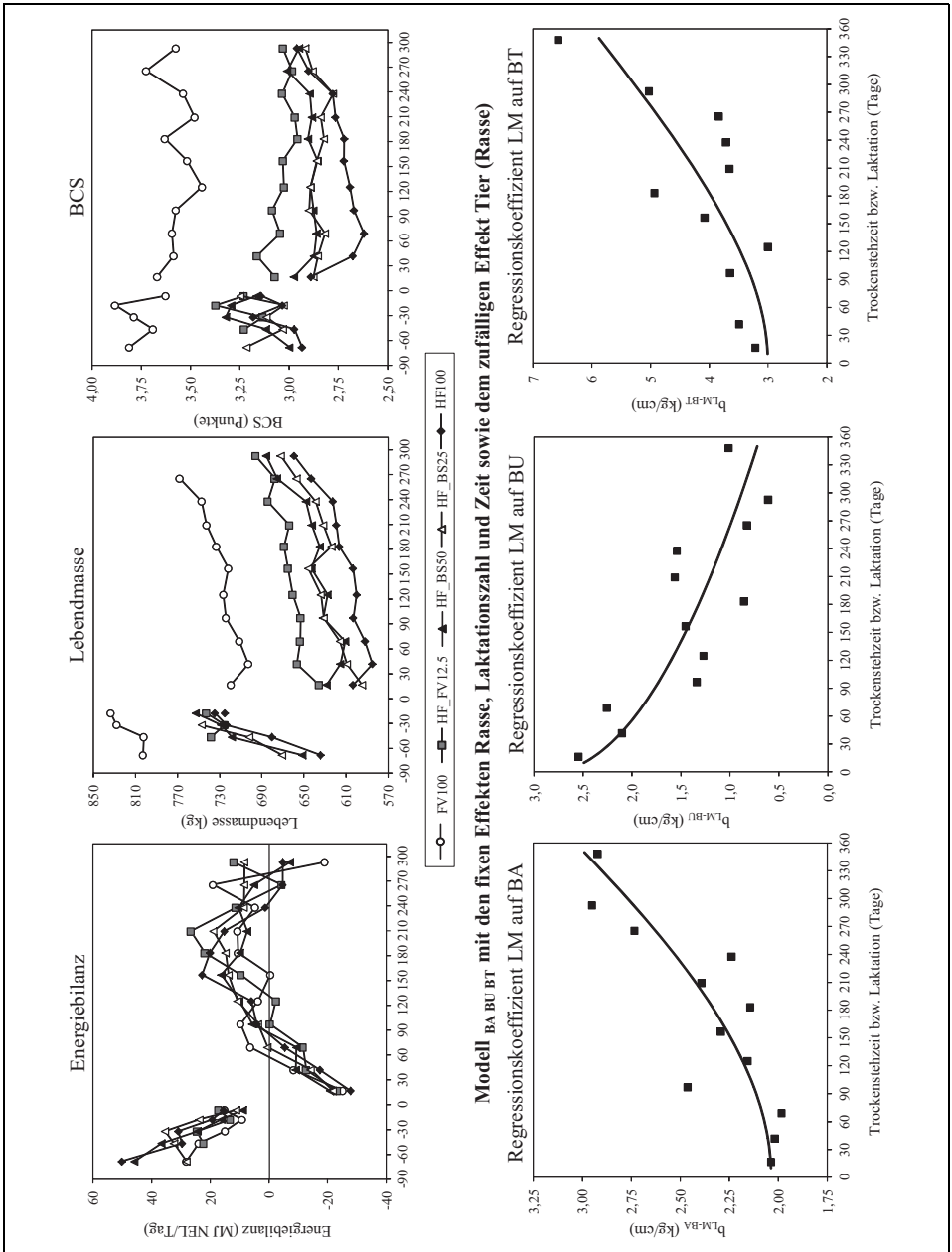


Abb. 1. Energiebilanz, Lebendmasse und BCS (Rasse × Zeit) und Regressionskoeffizienten im Modell_{BA BU BT} in der Laktation
 Energy balance, live weight and BCS (breed × time) and regression coefficients of modell_{BA BU BT} during lactation

mit 669 kg etwas schwerer als in der aktuellen Studie waren. Auch bei DILLON et al. (2003) wogen die milchbetonten HF-Kühe mit 565 kg in der gesamten Laktation signifikant weniger als Normande (593 kg) und auch weniger als Montbeliarde (606 kg), außer zu Laktationsende. Noch deutlicher zeigten sich Unterschiede beim BCS. Hier hatte HF durchschnittlich 2,63 Pkt., Normande 3,15 Pkt. und Montbeliarde 3,16 Pkt.. Die zwei weniger milchbetonten Rassen waren ähnlich wie FV100 (3,57 Pkt.) und HF_FV12.5 (3,03 Pkt.) in der gesamten Laktation besser konditioniert als HF100 (2,76 Pkt.). HF_FV12.5 hatte einen tendenziell höheren BCS als HF100. Die BS-Gruppe mit 50% HF-Anteil war mit 2,90 BCS-Pkt. nicht signifikant besser konditioniert als die Gruppe mit 75% HF-Anteil (2,86 Pkt.). Der Einfluss der zunehmenden Milchbetonung der Versuchsgruppen auf BCS und Lebendmasse ist gut ersichtlich.

Dies zeigen auch die Wechselwirkungsdiagramme von BCS und Lebendmasse der aktuellen Studie (Abbildung 1). Sehr gut erkennbar ist die Ähnlichkeit der zwei BS-Gruppen. Unterschiede zwischen den verschiedenen HF-Kreuzungen und HF100 schwanden gegen Laktationsende. FV100 war immer sowohl in der Trockenstehzeit als auch in der Laktation deutlich von allen anderen abgegrenzt.

Während HF_FV12.5 auf höherem BCS-Niveau beginnend nicht signifikant an Kondition verlor, verzeichnete HF100 am 69. Tag einen Tiefpunkt von 2,62 Pkt. und gelangte am 293. Tag wieder in den Bereich der HF-Kreuzungen. Trotzdem tritt keine signifikante Wechselwirkung auf. Die BS-Gruppen veränderten die Kondition kaum. Laut DILLON et al. (2003) hatte 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) vermerkten einen signifikant geringeren BCS während der Laktation bei höherem genetischen Milchleistungspotenzial. In der frühen Laktation verloren HF-Kühe auch signifikant mehr BCS-Punkte und in der Trockenstehzeit nahmen sie aber signifikant mehr Lebendmasse zu. Damit füllten HF-Kühe ihre Körperreserven besonders in der Trockenstehzeit wieder auf. HF×BS-Kühe veränderten ihre Lebendmasse während der 2. und 3. Laktation geringer als reinrassige HF (BLÖTTNER et al., 2011). Signifikant war dies wie in der aktuellen Studie nicht.

In der aktuellen Studie waren Rassenunterschiede in der Energiebilanz nicht signifikant. Auch im Verlauf von BCS und Lebendmasse gibt es keine Wechselwirkungen, die auf eine signifikant stärkere Mobilisation von HF100 hinweisen. Dies liegt an der zeitlichen Einteilung der Datenerhebung. Daten wurden nicht an einem bestimmten Laktationstag jeder Kuh erfasst, sondern an jenem Tag, der sich für eine Kuh während eines Versuchstermins ergab. Dies dämpft mögliche abweichende Entwicklungen einer Rasse. Weiters wurden Laktation und Trockenstehzeit gemeinsam ausgewertet.

Einfluss des Laktationsstadiums auf die Energiebilanz

In Tabelle 3 sind die LS-Means des fixen Effektes Zeit angeführt. Das Maximum der Energieaufnahme lag am 97. Tag. Den höchsten Bedarf (134,8 MJ NEL/d) hatten die Kühe bereits am 42. Tag. An diesem produzierten sie auch die meiste Milch. Durch diese gegenüber der Milchleistung verzögerte Energieaufnahme ergab sich eine negative Energiebilanz am 14. Tag (-24,0 MJ) bis ca. zum 80. Tag. Diese Zeitspanne und die Zeitpunkte der Maxima fügen sich gut zu den Erkenntnissen von BAUMAN und CURRIE (1980). Sie dritteln die Laktation in folgende Abschnitte: Mobilisation, ausgeglichene Energiebilanz und Wiederauffüllung der Energiereserven. In der aktuellen Studie waren die Kühe jedoch so gut versorgt, dass die Energiebilanz im 2. Laktationsdrittel ein verhältnismäßig hohes Niveau aufweist. 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 Gewebereserven bis zum Laktationsende wieder auffüllen.

Tab. 3. Futteraufnahme, Milchleistung, Energieversorgung, Lebendmasse, Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation
Feed intake, milk performance, energy supply, live weight, body measurements and BCS during lactation

Parameter	Einheit	Fixer Effekt Zeit (Laktationsstadium in Laktationstagen)												P-Wert	
		17	42	69	97	125	157	184	209	238	266	293	Zeit	Zeit	
Gesamtfutteraufnahme und Kraffutter-(KF)-Anteil															
Gesamt	kg TM/d	15,57	18,11	19,17	20,02	19,57	19,83	19,27	19,26	17,16	16,55	16,45	< 0,0001		
KF	% der TM	29,3	39,1	40,7	41,3	35,2	35,0	35,0	30,7	22,0	19,9	19,0	< 0,0001		
Milchleistung und Energieversorgung															
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		
Energieaufnahme	MJ/d	102,1	121,4	128,8	134,9	129,3	130,2	125,9	124,7	108,1	102,6	100,9	< 0,0001		
Energiebedarf	MJ/d	131,8	134,8	132,7	130,0	123,5	116,7	111,8	109,7	101,6	99,3	100,9	< 0,0001		
Energiebilanz	MJ/d	-24,0	-13,2	-3,7	4,9	6,6	14,1	15,0	15,2	6,7	3,4	-0,1	< 0,0001		
Lebendmasse, Körpermaße und BCS															
Lebendmasse	kg	637	631	635	648	648	654	654	659	666	685	694	< 0,0001		
Brustumfang	cm	202	201	201	202	203	203	203	205	205	206	206	< 0,0001		
Bauchumfang	cm	240	243	245	248	249	250	249	252	252	255	255	< 0,0001		
Brusttiefe	cm	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	< 0,0001		
Mittelhandlänge	cm	91	92	93	94	95	96	96	96	96	97	98	< 0,0001		
hintere KB	cm	53	53	53	53	53	54	54	54	54	54	55	< 0,0001		
BCS	Pkt.	3,13	3,03	2,98	3,02	3,01	3,02	3,04	3,02	3,03	3,14	3,11	< 0,0001		

d Tag, ECM energiekorrigierte Milch, KB Körperbreite

Die Zeitspanne der negativen Energiebilanz und die Zeitpunkte der Maxima von Bedarf und Aufnahme variieren in der Literatur. Mit Weidehaltung und Kraffutterergänzung erreichten die Kühe bei BERRY et al. (2006) das Aufnahmemaximum zwischen 185. und 225. Tag deutlich später. Die Kühe hatten jedoch bereits zwischen 60. und 73. Tag eine

positive Bilanz. Bei FRIGGENS et al. (2007) erreichten Kühe bis zum 14. Laktationstag nicht mehr als 80% der maximalen Futterraufnahme. Sie gerieten in diesem Zeitraum in das größte Energiedefizit. Da FRIGGENS et al. (2007) eine umweltbedingte Mobilisation vermieden, schließen sie auf einen „genetically driven body energy change“. Dieser kann durch eine verbesserte Fütterung nicht behoben werden und tritt hauptsächlich in der frühen Laktation auf. GRUBER et al. (2007) schätzten den Energiebedarf über die Futter- bzw. Energieaufnahme. Zusätzlich berücksichtigten sie Milchleistung und Lebendmasse im statistischen Modell. In diesem Modell spiegelt der Effekt des Laktationsstadiums die physiologische Situation der Kuh genauer wider als z.B. die Lebendmasseveränderung (GRUBER et al., 2007). Auch die Futterraufnahme steigt wie die Energieaufnahme von Beginn bis zum Ende der Laktation an, sofern man zusätzlich Futterqualität und Leistung der Kühe miteinbezieht (GRUBER et al., 2004). Der Einfluss von Futterqualität und Leistung bleibt im statistischen Modell der aktuellen Studie unberücksichtigt. Deshalb verhält sich die Energieaufnahme ähnlich wie der Kraftfutteranteil der Gesamtration.

Einfluss des Laktationsstadiums auf Lebendmasse und BCS

Die Rasse übte auf alle Parameter der Körpermaße einen signifikanten Einfluss aus (ausgenommen Brusttiefe; $P = 0,765$), wie in Tabelle 2 ersichtlich. Veränderungen im Laufe der Zeit waren für jeden Parameter signifikant. Eine Wechselwirkung von Rasse \times Zeit trat nicht auf. Das „sprunghafte“ Verhalten der LS-Means am Laktationsende basiert auf der geringeren Datenbasis und einer ungleichen Verteilung der Rassen in diesen Zeiträumen.

Das Laktationsstadium hatte einen hochsignifikanten Einfluss auf Lebendmasse und BCS (Tab. 3). Am 17. Laktationstag waren die Kühe um 99 kg signifikant leichter und um 0,22 Pkt. signifikant geringer konditioniert verglichen mit dem -6. Tag vor der Abkalbung. Der gravide Uterus wiegt am 285. Laktationstag ca. 70 – 80 kg (KIRCHGESSNER et al., 2011), nach Untersuchungen von BELL et al. (1995) sogar 87 kg. In der aktuellen Studie bedeutet ein BCS-Punkt unabhängig von Laktationszahl und Rasse durchschnittlich 75,7 kg in diesem Zeitraum. Damit hatten die Kühe bereits 16,6 kg mobilisiert. Am leichtesten waren sie am 42. Tag (631 kg), an dem sie auch die meiste Milch produzierten. Sie nahmen bereits vor dem Erlangen der positiven Energiebilanz am 80. Tag wieder zu. Der BCS hingegen verminderte sich bis zum 69. Tag signifikant und erreichte erst am 97. das Niveau vor dem Tiefpunkt (nicht signifikant). Bis zum 238. Tag pendelte sich der BCS bei 3,01 – 3,04 Pkt. ein, um danach signifikant auf das Niveau des 17. Laktationstages von ca. 3,13 Pkt. anzusteigen. ANDREW et al. (1994) stellten den geringsten Körperenergiegehalt von HF am 77. Tag fest, aber keine signifikanten Veränderungen der Lebendmasse verglichen mit anderen Laktationsstadien. Auch bei DILLON et al. (2003) verblieb der BCS während der Laktation auf ähnlichem Niveau. Er stieg bei BERRY et al. (2006) erst ab dem 200. Tag deutlich an, während die Lebendmasse bereits früher zunahm. Der unterschiedliche Laktationsverlauf von Lebendmasse und BCS in den ersten 8 Laktationswochen ließ DILLON et al. (2003) vermuten, dass die Lebendmasse die Mobilisation besonders in diesem Zeitraum nicht widerspiegelt. Die unterschiedlich hohe Futterraufnahme und Wassereinlagerungen infolge von Mobilisation verfälschen die Aussagekraft der Lebendmasse-Veränderung. ANDREW et al. (1994) sehen hauptsächlich die Unterschiede in der Füllung des Verdauungstraktes als Grund für die nicht signifikanten Veränderungen der Lebendmasse in ihrer Studie. Damit stimmen die Ergebnisse dieser Studien und der aktuellen überein. Sie identifizieren die Lebendmasse als unzureichenden Indikator für Mobilisation, wie LINS et al. (2003) zusammenfassen.

In der aktuellen Studie verlief die Lebendmasse wie bei bedarfsgerecht gefütterten Kühen. Diese nehmen mit 30 – 40 kg in den ersten 30 – 50 Tagen weniger als nicht bedarfsgerecht ernährte Tiere ab (GRUBER et al., 1995). Insgesamt mobilisierten die

Tiere der aktuellen Studie mit einem BCS-Verlust von ca. 0,35 Pkt. relativ wenig. Dies entspricht einem Abbau von ca. 25 kg Lebendmasse.

Am 293. Tag wogen die Kühe mit 694 kg genauso viel wie zu Beginn der Trockenstehzeit. Auch der BCS unterschied sich ab dem 266. Tag nicht mehr signifikant von der Trockenstehzeit. Wie bei den bedarfsgerecht gefütterten Kuhgruppen bei GRUBER et al. (1995) waren die Kühe zu Laktationsende deutlich schwerer als zu Beginn.

Die negative Energiebilanz sowie die Veränderungen von BCS und Lebendmasse verdeutlichen, dass Kühe selbst bei bedarfsgerechter Fütterung in der frühen Laktation Körperreserven einschmelzen. Dies spricht wieder für einen genetischen Hintergrund der Mobilisation (FRIGGENS et al., 2007). In einer Studie mit HF (BERRY et al., 2002) veränderten sich die Heritabilitäten von Lebendmasse und BCS im Laufe der Laktation. Die höchste Heritabilität des BCS trat bei seinem Minimum am 60. Laktationstag auf. Dies begründeten BERRY et al. (2002) mit dem geringen Einfluss von Management und Fütterung auf den BCS in der frühen Laktation. Nach MARTENS (2012) führte die vermehrte Züchtung mit dem Ziel einer hohen Milchleistung zur Verdrei- bis Vervierfachung der negativen Energiebilanz im 1. Laktationsdrittel, verglichen mit den 5–6 l Milch für den Bedarf des Kalbes.

Einfluss des Laktationsstadiums auf die Körpermaße

Die Körpermaße im Laufe der Laktation sind ebenfalls in Tabelle 3 angeführt.

Der signifikante Rückgang des Brustumfanges im Abkalbungszeitraum konnte bis zum 293. Laktationstag nicht mehr aufgeholt werden. Am 42. Laktationstag war der Brustumfang am geringsten (201 cm) und erweiterte sich danach signifikant. Im Zeitraum der Abkalbung verlor der Bauchumfang hochsignifikant 16 cm und ging auf 240 cm am 17. Laktationstag zurück. Der Bauchumfang stieg jedoch im Gegensatz zum Brustumfang bereits im 1. Monat an. Ab dem 266. Tag hatte er mit 255 cm die Ausmaße wie zu Beginn der Trockenstehzeit. Brust- und Bauchumfang verliefen in einem ähnlichen Trend wie Lebendmasse und BCS. Der Bauchumfang ist jedoch stärker als der Brustumfang von der Futteraufnahme abhängig (YAN et al., 2009). Dies bietet eine Erklärung für die sofortige Zunahme des Bauchumfanges nach der Abkalbung, weil die Futteraufnahme besonders zu Beginn stark anstieg. In der Laktation war die Wiederauffüllung der Reserven mit einer Vergrößerung des Bauch- und Brustumfanges verbunden, wie die Korrelationskoeffizienten (r) von 0,52 (Brustumfang) und 0,40 (Bauchumfang) zum BCS zeigen. Diese Beziehung verstärkte sich in der Trockenstehzeit auf 0,71 und 0,61. Die Ähnlichkeit des Verlaufes zur Lebendmasse in der Laktation bestätigten die Korrelationskoeffizienten von 0,81 zwischen Lebendmasse zu Brust- und Bauchumfang. YAN et al. (2009) erhielten bei laktierenden HF eine stärkere Beziehung von Bauch- und Brustumfang zur Lebendmasse ($r = 0,88$) als in der aktuellen Studie. Allerdings lag die Bedeutung des Brustumfanges knapp vor der des Bauchumfanges, im Gegensatz zur aktuellen Studie. In der Trockenstehzeit verstärkte sich der Zusammenhang zwischen Bauch- und Brustumfang zur Lebendmasse mit 0,85 im Gegensatz zum BCS gering. Zusätzlich vertiefte sich in der aktuellen Studie auch die Beziehung zwischen Lebendmasse und BCS von 0,62 auf 0,72. Folglich ging eine höhere Lebendmasse in der Trockenstehzeit verhältnismäßig mehr mit der Auffüllung der Körperreserven als mit dem Wachstum des Rahmens einher. Unterstützt wird diese Annahme von der zunehmenden Verfettung der Tiere in der Trockenstehzeit. So wog das Fettgewebe von Kühen, die am 7. Tag vor der Abkalbung geschlachtet wurden, 89,9 kg. Dies war signifikant mehr Fett als am 63. Laktationstag mit 47,5 kg. In der Spätlaktation hatten die Kühe ihre Fettreserven auf 80,9 kg aufgefüllt (ANDREW et al., 1994). Dies hebt die Abhängigkeit der Körperzusammensetzung vom physiologischen Stadium hervor. Auch der Erhaltungsbedarf geht wegen der zunehmenden Verfettung zurück. Daher verliert die Lebendmasse im Laufe des Laktationsstadiums an Ein-

fluss auf die Energie- und Futteraufnahme (GRUBER et al., 2004; GRUBER et al., 2007). Die signifikante Reduktion von Brust- und Bauchumfang im Abkalbungszeitraum resultiert unter der Berücksichtigung dieser Zusammenhänge sowohl aus der Abkalbung selbst als auch aus der Mobilisation. Dies zeigte sich ebenfalls am BCS-Verlust im gleichen Zeitraum.

Auch die Brusttiefe unterlag im Zeitverlauf hochsignifikanten Veränderungen und bewegte sich zwischen 78 und 79 cm. Der Tiefpunkt wurde am 69. Tag noch während der negativen Energiebilanz erreicht, jedoch später als beim Brust- und Bauchumfang. Bis zum 293. Tag stieg die Brusttiefe signifikant auf 79 cm. Lebendmasse und Brusttiefe korrelierten in der Trockenstehzeit und Laktation ähnlich ($r = 0,55$), aber deutlich schwächer als Brust- und Bauchumfang. Während der Trockenstehzeit verstärkte sich die schwach positive Beziehung zu BCS auf 0,22. Damit ging in der Trockenstehzeit eine größere Brusttiefe weniger mit der Verfettung des Tieres einher, als größere Messwerte von Brust- und Bauchumfang sowie Körperbreite. Der starke Anstieg der Körpertiefe verlief in der Studie von WALL et al. (2005) linear. Die Untersuchung bezieht sich jedoch nur auf erstlaktierende und somit stärker wachsende Kühe.

In der Laktationszeit stieg die Mittelhandlänge von Beginn an signifikant von 91 auf 98 cm. Sie korrelierte aber mit 0,38 in der Laktation und 0,19 in der Trockenperiode deutlich schwächer mit der Lebendmasse als die vorhergehenden Merkmale. Die schwache Beziehung zum BCS ($r = -0,10$, Laktation) war sogar negativ. Das bedeutet, dass längere Kühe zwar schwerer sind, aber nicht fetter. Daher basierte die Zunahme der Mittelhandlänge nicht auf der Verfettung, sondern auf dem Wachstum der Kühe.

Die hintere Körperbreite entwickelte sich hingegen in der Laktation hochsignifikant. Am 69. Tag erreichte sie einen nicht signifikanten Tiefpunkt und nahm danach signifikant auf 55 cm zu. Bei den Tieren in der Studie von WALL et al. (2005) wuchs die Brustbreite in der 1. Laktation stark und linear. In Trockenstehzeit und Laktation korrelierte die Körperbreite mit der Lebendmasse mit ca. 0,77 stark positiv. Mit einem Anstieg des Korrelationskoeffizienten zu BCS von 0,51 in der Laktation auf 0,75 in der Trockenstehzeit war die Körperbreite der Kühe am meisten mit der Auffüllung der Körperreserven verbunden. Der Zusammenhang von Hüftbreite und BCS fiel bei ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) mit 0,29 in der Laktation schwächer aus. Sie wird auch an den Hüftböckern gemessen.

WALL et al. (2005) beleuchten den genetischen Hintergrund der Veränderung von Körpermaßen im Laktationsverlauf. Sie modellierten Körpermaße von erstlaktierenden Kühen mittels Random-Regression-Modell. Der Trend von BCS, Körpertiefe, Brustbreite und Kreuzhöhe verlief grundsätzlich ansteigend entsprechend dem Wachstum der Kühe und daher ähnlich wie in der aktuellen Studie. Auch entwickelten sich die Körpermaße von Töchtern unterschiedlicher Väter unterschiedlich. Kühe mit geringer Milchleistung waren anfangs leichter, wuchsen aber schneller und umgekehrt. WALL et al. (2005) schließen deshalb auf eine unterschiedliche Nährstoffverteilung auf Körpergewebe und Milchproduktion abhängig vom Vater. Weiters änderten sich auch die Heritabilitäten im Laktationsverlauf. Dies bedeutet wiederum, dass Fütterung und Management einen unterschiedlich hohen Einfluss auf Körpermaße im Laktationsverlauf haben.

In der Literatur fallen Korrelationskoeffizienten zwischen Lebendmasse und Körpermaßen oder BCS sehr unterschiedlich aus. Die Unterschiede der Korrelationskoeffizienten zwischen Trockenstehzeit und Laktation lassen einen Einfluss des physiologischen Stadiums vermuten. Besonders die verstärkte Beziehung der meisten Körpermaße zum BCS in der Trockenstehzeit weist darauf hin, weil trockenstehende Kühe auch größere Fettreserven als laktierende besitzen (ANDREW et al., 1994). Eine ähnliche Abhängigkeit von BCS und Rahmen wie in der aktuellen Studie vermerken OTTO et al. (1991) beim Vermessen von Sitzbein- und Hüftböcker. Die zusätzlichen Gewebeschichten bei einem

höheren BCS werden mitgemessen, während die tatsächliche Rahmengröße gleich bleibt. Auch die genetischen Korrelationen für Lebendmasse und BCS ändern sich im Laktationsverlauf (BERRY et al., 2002). Andererseits ist die geringe Datenmenge in der aktuellen Studie im Vergleich zur Laktation zu berücksichtigen.

3.2 Schätzung der Lebendmasse

Auswirkungen der Körpermaße auf die Genauigkeit des Schätzmodelles

Bei der Testung der einzelnen Körpermaße im statistischen Modell schätzten Bauchumfang (RMSE = 19,7 kg), Brustumfang (RMSE = 23,0 kg) die Lebendmasse am genauesten. Daher wurden sie in einem Modell_{BA BU} (RMSE = 19,3 kg) kombiniert. Diesem wurden weitere Körpermaße hinzugefügt. Mehr als drei Regressionsvariablen verbesserten die Schätzgenauigkeit nur unwesentlich, wirkten sich jedoch negativ auf die Signifikanz der Haupteffekte (Rasse, Laktationszahl, Zeit) aus. Daher fiel die Wahl auf die nach dem AIC-Wert und dem RMSE genauesten Modellen – Modell_{BA BU BCS} (RMSE = 17,0 kg) und Modell_{BA BU BT} (RMSE = 18,7 kg) (Tabelle 4).

YAN et al. (2009) erhielten in ihrem Modell mit Bauch- und Brustumfang sowie Körperlänge (KL) einen RMSPE von 23,2 kg und ein Bestimmtheitsmaß von 0,90. Daher verbesserten die zusätzlichen Körpermaße ebenfalls das Ausgangsmodell mit Brustumfang ($R^2 = 0,78$). Mit den drei Regressionsvariablen Hüfthöhe, Hüftbreite und BCS erreichten ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) ein Bestimmtheitsmaß von 0,80. Bei BANOS und COFFEY (2012) lag der RMSE im Vorhersagemodell für die 1. Laktation bei 36,7 kg. Sie verwendeten Brustbreite, Kreuzhöhe, Körpertiefe und Milchcharakter.

Vergleich von Modell_{BA BU BCS} und Modell_{BA BU BT}

Die Wahl des Modelles für die Schätzformel der Lebendmasse fiel trotz etwas größerem RMSE auf Modell_{BA BU BT}. Als subjektive Methode hängt der BCS von den bewerteten Körperstellen, der Kondition der Kuh und der Erfahrung der Beurteiler ab. Dies bestätigen FERGUSON et al. (1994) und KLEIBÖHMER et al. (1998). Schätzwerte erfahrener Beurteiler wichen bei einer mittleren Körperkondition zu 58,1% voneinander nicht ab, zu 32,6% um $\pm 0,25$ Pkt. und zu 9,3% um $\pm 0,50$ Punkte. Besonders bei mageren und verfetteten Kühen war die Einschätzung ungenauer (FERGUSON et al., 1994). Mit ungeübten Beurteilern lag der Anteil an Fehlbeurteilungen deutlich höher (KLEIBÖHMER et al., 1998).

Wie wirkt sich dies nun auf die Schätzung der Lebendmasse aus? Im Modell_{BA BU BCS} weicht die Schätzung bei einer Fehlbeurteilung von 0,25 Pkt. von $\pm 9,5$ kg bis ± 21 kg ab. Bei einer Fehleinschätzung von 0,50 Pkt. verdoppeln sich die Beträge. Eine Fehlmessung der Brusttiefe um ± 3 cm wirkt sich hingegen im Modell_{BA BU BT} mit $\pm 3,9$ bis $\pm 17,6$ kg aus. Die Höhe der Fehlschätzung hängt von der Höhe der Regressionskoeffizienten in der Laktation ab.

Verhalten der Modellparameter im Modell_{BA BU BT}

Rasse, Laktationszahl, Zeit und Körpermaße wirkten sich auf die Lebendmasse im Modell_{BA BU BT} zumeist hochsignifikant aus. Der fixe Effekt Zeit und die Körpermaße werden anhand der angepassten Kurven diskutiert (Tabelle 4, Abbildung 1).

Wie in Abschnitt 3.1 dieser Arbeit sinkt die Lebendmasse von FV100 bis HF100 entsprechend der Höhe und Milchbetonung des Fremdgenanteils. Die Differenz zwischen FV100 und HF100 beträgt 78,7 kg. Die meisten Studien für die Schätzung der Lebendmasse basieren jedoch auf der Rasse HF (OTTO et al., 1991; HEINRICHS et al., 1992; YAN et al., 2009; BANOS und COFFEY, 2012).

Die Kühe nehmen mit steigender Laktationszahl degressiv zu. In der ersten Laktation sind Kühe um 43,3 kg leichter als Tiere in der ≥ 4 . Laktation und liegen damit im Bereich

Tab. 4. Intercept, fixe Effekte (Rasse, Laktationszahl) und Kurvenmodelle (Effekt Zeit, Regressionskoeffizienten der Körpermaße) für die Lebendmasse-Schätzformeln
Intercept, fixed effects (breed, parity) and fitted functions (effect time, regression coefficients of body measurements) for live weight prediction equations

Modell	Modelleffekt	Einheit	Laktation (Tag = 10 bis 350)			RMSE	P-Wert	
Modell _{KM}	Intercept	kg						
	Rasse	kg	FV100	HF_FV12.5	HF_BS50	HF_BS25	R	
	Laktationszahl	kg	1	2	3		L	
	Zeit	kg	Kurvenmodelle für fixen Effekt Zeit (Z)			Kurve (Z)	Zeit	
	Körpermaß	kg/cm	Kurvenmodelle für Regressionskoeff. Körpermaße (KM)			Kurve (KM)	KM	
Modelle mit 3 getesteten Körpermaßparametern								
Modell _{BA BU BCS}	Intercept	kg	-364,9			17,0		
	Rasse	kg	42,2	28,2	10,7	11,0	0,005	
	Laktationszahl	kg	-61,0	-28,9	-7,3		< 0,0001	
	Zeit	kg	$86,759 + 1,08565 \times \text{Tag} - 0,00372449 \times \text{Tag}^2$			49,4	0,059	0,027
	Bauchumfang	kg/cm	$\sqrt{3,37516 + 0,0000394702 \times \text{Tag}^2}$			1,216	0,002	< 0,0001
Modell _{BA BU BT}	Brustumfang	kg/cm	$1,62517 - 0,0461414 \times \sqrt{\text{Tag}}$			0,203	0,008	0,0004
	BCS	kg/cm	$1/(0,0185813 + 4,59436E-8 \times \text{Tag}^2)$			0,005	0,237	< 0,0001
	Intercept	kg	-780,4			18,7		
	Rasse	kg	78,7	42,1	20,4	14,5	< 0,0001	
	Laktationszahl	kg	-43,4	-22,2	-7,8		< 0,0001	
Modell _{BA BU BT}	Zeit	kg	$125,406 + 2,47828 \times \text{Tag} - 0,00789654 \times \text{Tag}^2$			56,3	0,004	0,006
	Bauchumfang	kg/cm	$\sqrt{4,15066 + 0,000038991 \times \text{Tag}^2}$			0,842	0,0002	< 0,0001
	Brustumfang	kg/cm	$2,84829 - 0,11373 \times \sqrt{\text{Tag}}$			0,336	0,001	0,0001
	Brusttiefe	kg/cm	$\sqrt{9,02018 + 0,000208051 \times \text{Tag}^2}$			6,097	0,003	< 0,0001

sqrt Quadratwurzel, RMSE Root Mean Square Error

der 53 kg zwischen 1. und ≥ 5 . Laktation im Modell mit Hüftbreite, Hüfthöhe und BCS von ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997). Auch die Körpermaße wachsen degressiv und

simultan zur Lebendmasse mit zunehmendem Alter (ENEVOLDSEN und KRISTENSEN, 1997; YAN et al., 2009; LEDINEK, 2014). Dies zeugt von der Eignung der Körpermaße zur Schätzung der Lebendmasse.

Der Regressionskoeffizient für den Bauchumfang steigt von 2,04 kg/cm am 10. Laktationstag auf 2,99 kg/cm am 350. Laktationstag signifikant an. Somit erweitert sich der Bauchumfang laut Abschnitt 3.1 dieser Arbeit signifikant während der Laktation, und auch sein Einfluss auf die Lebendmasse steigt. Durchschnittlich beträgt der Koeffizient 2,39 kg/cm. Damit ist der Regressionskoeffizient für den Bauchumfang im Modell^{BU KL BA} bei YAN et al. (2009) mit 1,81 kg/cm niedriger. Es ist allerdings zu beachten, dass unterschiedliche Körpermaße in den Schätzmodellen der Studien verwendet werden. Diese beeinflussen einander, weshalb die Regressionskoeffizienten nicht direkt vergleichbar sind. Diese gegenseitige Beeinflussung von Regressionskoeffizienten, abhängig von Anzahl und Art der Parameter, stellten auch GRUBER et al. (2004) bei der Schätzung der Futteraufnahme fest.

Der Regressionskoeffizient für den Brustumfang verhält sich zum Bauchumfang Gegenteilig. Der Einfluss des Brustumfanges sinkt nämlich von 2,49 auf 0,72 kg/cm ($P = 0,001$). Je nach Laktationstag ist eine Kuh mit 1 cm mehr Brustumfang – unabhängig von Rasse und Laktationszahl – um diese Werte schwerer als eine Kuh mit gleich großen restlichen Körpermaßen. Im Mittel liegt der Einfluss des Brustumfanges in der Laktation bei 1,40 kg/cm. In diesem Fall liegen die Werte unter dem Regressionskoeffizienten für den Brustumfang bei YAN et al. (2009) mit 3,08 kg/cm. Allerdings hatte der Brustumfang bei YAN et al. (2009) eine geringfügig stärkere Beziehung zur Lebendmasse verglichen mit dem Bauchumfang, im Gegensatz zur aktuellen Studie. Der Brustumfang wächst während der Laktation ebenfalls signifikant (siehe Abschnitt 3.1.), aber er verliert an Einfluss auf die Lebendmasse.

In der Laktation hingegen bedeutet ein zusätzlicher Zentimeter Brusttiefe durchschnittlich eine um 4,12 kg schwerere Kuh bei gleichem Brust- und Bauchumfang. Der Einfluss der Brusttiefe auf die Lebendmasse steigt signifikant von 3,01 auf 5,87 kg/cm ($P = 0,003$), während die Brusttiefe auch signifikant wächst. 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 Modelles^{BA BU BT} in der aktuellen Studie. Allerdings verzeichneten BANOS und COFFEY (2012) ein allgemein höheres Niveau der Regressionskoeffizienten.

In der Laktationszeit ergibt sich für den fixen Effekt Zeit ein Polynom 2. Grades. Beginnend mit 149 kg am 10. Laktationstag erreicht er sein Maximum von 320 kg am 157. Tag und endet danach mit 26 kg am 350. Tag. Der durchschnittliche Effekt beträgt 239 kg. Diese Veränderung im Laufe der Zeit ist mit einem P-Wert von 0,004 signifikant. ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) berücksichtigten den Laktationstag als Regressionsvariable. Jeder zusätzliche Laktationstag ergab 0,15 kg mehr Lebendmasse und somit einen linearen Anstieg über die Laktation. Dies wirkt widersprüchlich zum polynomischen Verlauf des fixen Effektes Zeit in dieser 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.

Ähnliche Veränderungen der Regressionskoeffizienten stellten GRUBER et al. (2004 und 2007) bei der Schätzung der Futteraufnahme und des Energiebedarfes von Milchkühen fest. Weiterhin bestätigen die Veränderungen die Annahmen von WALL et al. (2005), dass sich der Einfluss von Körpermaßen auf die Lebendmasse während der Laktation ändert, weil die Körperform der Tiere z. B. von Verfettung und Wachstum abhängt. Auch die Änderungen der Korrelationen von Körpermaßen zur Lebendmasse und zur Körperkondition sprechen für eine unterschiedliche Bedeutung der Körpermaße in den verschiedenen physiologischen Stadien.

Schlussfolgerungen

Die genaue Einteilung der Rassen nach der Höhe von Fremdgenanteil und nach der 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.

Die Rasse beeinflusst Nährstoffbilanzen nicht. Es treten auch keine Wechselwirkungen zwischen Rasse und Laktationsstadium auf. Dies liegt vermutlich an der gemeinsamen Auswertung von Trockenstehzeit und Laktation und an der zeitlichen Einteilung der Erhebung, die verstärkt abweichende Entwicklungen der Rassen dämpft.

Alle Parameter verändern sich signifikant im Laktationsverlauf.

Das Energiedefizit in den ersten 80 Laktationstagen zeigt, dass auch eine bedarfsgerechte Ernährung eine Mobilisation nicht verhindern kann, aber eine Wiederauffüllung der Reserven während der Laktation ermöglicht.

Die Körpermaßeparameter entwickeln sich in der Laktation unterschiedlich. Die sofortige Erweiterung des Bauchumfanges trotz negativer Energiebilanz zeigt dessen Abhängigkeit von anderen Faktoren. Auch die Lebendmasse spiegelt die Energiebilanz geringer wider als der BCS. Besonders Brust- und Bauchumfang sowie Körperbreite sind stark mit Lebendmasse und BCS verbunden.

In der Trockenstehzeit sind Veränderungen von Lebendmasse und Körpermaßen vermehrt mit der Auffüllung der Energiereserven verbunden, weniger mit dem Rahmen. Auch die Veränderung des Einflusses der Körpermaße auf die Lebendmasse im Laktationsverlauf deutet auf einen Einfluss des physiologischen Stadiums hin. Warum sich welcher Regressionskoeffizient wie ändert, bleibt in dieser Untersuchung offen. Entsprechende Vergleichsmöglichkeiten mit Literaturdaten existieren noch nicht.

Die Lebendmasse kann sehr genau mit Körpermaßen geschätzt werden. Brust- und Bauchumfang schätzen die Lebendmasse im Einzelmodell am genauesten. Für weitere Versuche der Lebendmasse-Schätzung ist eine Berücksichtigung des physiologischen Stadiums unumgänglich, um der abwechslungsreichen physiologischen Situation der Milchkuh gerecht zu werden.

Literatur

- 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**, 2030–2039.
- 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.

- 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.
- DILLON, P., F. BUCKLEY, P. O'CONNOR, D. HEGARTY und M. RATH, (2003): A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livest. Prod. Sci.* **83**, 21–33.
- 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.
- FRIGGENS, N.C., P. BERG, P. THEILGAARD, I.R. KORSGAARD, K.L. INGVARSEN, 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 Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- 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., 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 Irnding, 1–49.
- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, (2004): Vorhersage der Futtermittelaufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *VDLUFA-Schriftenr.* **60**, 484–504.
- 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. *VDLUFA-Schriftenr.* **63**, 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.
- HAIGER, A. und W. KNAUS, (2010): Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung. 1. Mitteilung: Milchleistungsvergleich ohne Kraftfutter. *Züchtungskunde* **82**, 131–143.
- 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.

- 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.
- 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. *Züchtungskunde* **81**, 328–340.
- LEDINEK, M., (2014): Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- 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. Tierernährg.* **31**, 75–120.
- MARTENS, H., (2012): Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird! 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.–26. April 2012, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich, 35–42.
- 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.
- SAS Institute Inc., (2010): SAS/STAT 9.22 User`s Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC(USA).
- 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.
- THOMET, P., H. RÄTZER und B. DURGI, (2002): Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. *Agrarforschung* **9**, 404–409.
- Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle, (1997): DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- UTZ, J., (1998): Tierbeurteilung Rinder: Lineare Beschreibung: Messen – Beschreiben – Bewerten. Landwirtschaftl. Bildberatungsstelle e. V., München.
- 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), (2004), (2006), (2007), (2012): 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, E. WALL, M.P. COFFEY und S. BROTHSTONE, (2005): Body trait profiles in Holstein-Friesians modeled using random regression. *J. Dairy Sci.* **88**, 3663–3671.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übers. Tierern.* **23**, 189–214.
- 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.