

Untersuchungen zur Aussagekraft von Blutparametern und Milchinhaltsstoffen bei Milchkühen

Patrick Gregoritsch^{1,2*}, Andreas Steinwidder¹, Johann Gasteiner¹, Leopold Potztatzky¹ und Werner Zollitsch²

Zusammenfassung

Zu Laktationsbeginn kann der Energiebedarf bei Hochleistungskühen meist nicht ausreichend über die Futtermittelaufnahme gedeckt werden. Das entstehende Energiedefizit kann die Gesundheit und die Fruchtbarkeit der Kuh negativ beeinflussen. Die Energiebilanz kann einerseits aus dem Energiebedarf und der Energieaufnahme direkt errechnet werden, die Sammlung der dafür benötigten Daten ist jedoch sehr aufwändig und unter Praxisbedingungen kaum durchführbar. Andererseits können jedoch Hilfsparameter wie Milch- oder Blutinhaltsstoffe herangezogen werden, um Aussagen zur Energiebilanz der Milchkuh zu erhalten. Die vorliegende Untersuchung soll Aufschluss darüber geben, ob die an punktuell gezogenen Proben untersuchten Gehalte an β -Hydroxybuttersäure (BHB) und freien Fettsäuren (FFS) im Blut besser dazu geeignet sind, die Energiebilanz abzubilden als Wochenmittelwerte der Milchinhaltsstoffgehalte Fett-, Eiweiß bzw. des Fett-Eiweißquotienten (FEQ). Zur Beantwortung dieser Frage wurden Daten von vier Versuchen aus den Jahren 2002 bis 2014 mit insgesamt 240 Laktationen von 138 Milchkühen der Rassen Braunvieh, Fleckvieh und Holstein Friesian statistisch ausgewertet. Bei Beachtung der Rasse, der Laktationsanzahl und der Laktationswoche wurden die Blutparameter und die Milchinhaltsstoffe in den ersten 15 Laktationswochen der Energiebilanz gegenübergestellt. Das Ergebnis zeigte, dass die Milchinhaltsstoffe, vor allem der Milchfettgehalt und der FEQ, bei Unterteilung des Auswertungszeitraums in drei Abschnitte eine höhere Konstanz hinsichtlich des signifikanten Zusammenhangs mit der Energiebilanz aufwiesen als die punktuell gezogenen Blutparameter BHB und FFS. Die Milchinhaltsstoffgehalte können kostengünstig einen ersten Aufschluss über die Energieversorgung der Milchkuh geben. Zusätzlich ist die Beobachtung des individuellen BCS- und Lebendmasseverlaufs zu empfehlen und auch noch andere Aspekte (Rasse, Laktationsanzahl, individuelle Anpassung der Kühe an das Energiedefizit) müssen beachtet werden.

Schlagerwörter: frühe Laktation, Energiebilanz, Milchinhaltsstoffe, β -Hydroxybuttersäure, freie Fettsäuren

Summary

In early lactation, the energy requirement of the dairy cow often cannot be covered due to a limited feed intake. The resulting energy deficit has a negative influence on the health and fertility of the cow. The energy balance can be calculated directly from energy requirement and energy intake, but the collection of the necessary information is challenging. Alternatively, the energy balance can also be predicted from blood and milk parameters. The result of this research should answer the question, whether the content of β -hydroxy-butyric acid (BHB) and non-esterified fatty acids (FFS) from blood samples collected at certain points in the lactation phase describe the energy balance better than average weekly milk parameters, i.e. fat content, protein content and fat to protein ratio (FEQ). A dataset was compiled from four studies conducted from 2002 to 2014, consisting of 240 lactations from 138 dairy cows of the breeds Brown Suisse, Austrian Simmental and Holstein Friesian. Data were statistically analysed. The energy balance was related to the blood and milk parameters, accounting for the effects of breed, number and week of lactation. The results showed that the milk parameters, especially the fat content and the FEQ had more significant relations with the measured energy balance data than the blood parameters in the first 15 weeks of lactation. In conclusion, the observation of the milk parameters will help to estimate the energy balance, but it is also important to consider other effects such as breed, lactation or the individual adaptation of the dairy cow to an energy deficit.

Keywords: early lactation, energy balance, milk parameters, β -hydroxy-butyric acid, nonesterified fatty acids

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Raumberg 38, A-8952 Irnding-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Patrick Gregoritsch, patrick.g90@gmx.at

Einleitung und Zielsetzung

Mit der Zunahme der Milchleistung in den vergangenen Jahrzehnten sind auch die metabolischen Anforderungen an die Milchkühe gestiegen. Vor allem im ersten Laktationsdrittel kann der Energiebedarf meist nicht ausreichend über die Futteraufnahme gedeckt und Körpersubstanz muss zum Ausgleich des Energiedefizits abgebaut werden. Dies erhöht das Risiko für Stoffwechselstörungen, sowie Tiergesundheits- und Fruchtbarkeitsproblemen (COLLARD et al., 2000; PUPPEL und KUCZYŃSKA, 2016). Die direkte Erhebung der Energieversorgung ist mit einem hohen Aufwand verbunden, kann aber anhand von Inhaltsstoffen in der Milch, wie Milchfett, -eiweiß und Fett-Eiweiß-Quotient, aber auch über Blutparameter wie β -Hydroxybuttersäure und freie Fettsäuren, indirekt abgeschätzt werden (SAKOWSKI et al., 2012). In der vorliegenden Arbeit sollte anhand von umfangreichen Daten zur Futteraufnahme, Milchleistung und Blutparametern von Milchkühen diesbezüglich untersucht werden, ob punktuell gezogene Blutparameter zur Beurteilung der Energieversorgung der Kühe besser geeignet sind als Wochenmittelwerte von Milch Inhaltsstoffen.

Tiere, Material und Methode

Die der Auswertung zugrunde liegenden Daten wurden in vier Versuchen mit 138 Milchkühen und insgesamt 240 Laktationen in den Jahren 2002 bis 2014 erhoben, wobei drei Versuche (vgl. HORN et al., 2013; HORN et al., 2014; PRINZ et al., 2015) am Bio-Lehr- und Forschungsbetrieb Moarhof (Betrieb 1) und ein Versuch (vgl. Steinwigger et al., 2009) am Betrieb der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg – Gumpenstein (Betrieb 2) durchgeführt wurden. Die Milchkühe wiesen unterschiedliche Laktationsanzahlen (1-9) auf und gehörten den Rassen Braunvieh (BV), Fleckvieh (FV) und Holstein Friesian (HF) an, wobei die Kühe der Rasse HF hinsichtlich ihrer Genetik in zwei Gruppen HFM (Holstein Friesian-Milch) und HFL (Holstein Friesian-Lebensleistung) unterteilt wurden. Die Kühe der Rassen BV und FV sowie HFM entsprechen der jeweiligen Zuchtpopulation in Österreich und wurden primär auf die Merkmale Milch Inhaltsstoffe und –menge selektiert (ZAR, 2012). Die Kühe der Gruppe HFL entsprechen einer kleinen Sub-Population von Holstein Friesian in Österreich. Diese Tiere werden seit mehr als 50 Jahren auf Lebensleistung und Fitnessmerkmale wie Nutzungsdauer, Persistenz und Fruchtbarkeit gezüchtet. Im Vergleich zu den auf Milchleistung gezüchteten HFM sind diese Kühe kleiner und um ca. 90 kg leichter (HORN et al., 2013; Tabelle 1). Die Kühe der Gruppe HFL wurden nur am Betrieb 1 gehalten und jene der Gruppe HFM sowie der Rasse FV nur am Betrieb 2.

Die Kühe wurden zweimal täglich gemolken und die Milchmenge gemessen. Die Analyse der Milch Inhaltsstoffe

erfolgte am Betrieb 2 täglich und am Betrieb 1 fand diese dreimal in der Woche statt. In der ersten Laktationswoche wurden erst ab dem vierten Laktationstag die Milch Inhaltsstoffdaten zur vorliegenden Auswertung herangezogen.

Die Futtermittel wurden am Betrieb 1 monatlich chemisch analysiert, der Trockenmassegehalt entweder täglich (Grassilage) oder alle zwei Wochen (Heu und Kraftfutter) festgestellt (HORN et al., 2013; HORN, et al., 2014; PRINZ et al., 2015). Bei Betrieb 2 fand die Analyse der Futtermittel wie bei STEINWIGGER et al. (2009) beschrieben statt. Die Futteraufnahme der Kühe wurde täglich tierindividuell erhoben (vgl. HORN et al., 2014; STEINWIGGER et al., 2009). Die wöchentlich erhobenen Lebendmassedaten und die 14-tägig erhobenen Daten zum Body Condition Score (BCS; Skala: 1 - 5) wurden mit Hilfe von individuellen Regressionen geglättet (HORN et al. 2013).

Die Energiebilanz (EB) wurde aus der Differenz zwischen Energieaufnahme und dem Energiebedarf für die Erhaltung, die Milchproduktion und für die Konzeptionsprodukte berechnet (GfE, 2001). Die Blutabnahme erfolgte einmal wöchentlich zwischen 8 und 10 Uhr am Betrieb 1 und um 8:30 Uhr am Betrieb 2. Das Blut wurde in 9 ml Serumröhrchen mit Gerinnungsaktivator gesammelt. Nach der Abnahme wurden die Blutproben für 30 Minuten mit 3.000 Umdrehungen zentrifugiert und danach eingefroren. Die Analysen wurden mit einem Autoanalyzer ADVIA 1650 Chemistry System durchgeführt. Die Blutplasmakonzentration von FFS wurde mit der WAKO ACS-ACOD Methode und von BHB mit der Randox Ranbut- Methode bestimmt (HORN et al., 2014). Der FFS-Gehalt im Blutplasma wurde nur bei den Kühen am Betrieb 1 erhoben.

Für die statistische Auswertung wurden aus den Daten der Milchmenge, –inhaltsstoffe sowie der Nährstoffversorgung tierindividuelle wöchentliche Mittelwerte gebildet. Um den Einfluss der Energiebilanz aus der vorangegangenen Laktationswoche zu minimieren, wurden für die statistische Auswertung bei den Blutparametern BHB und FFS nur jene Daten berücksichtigt, die in der jeweiligen Laktationswoche am vierten Wochentag oder später gezogen wurden. Die Blutproben vom ersten Wochentag der entsprechenden Laktationswoche wurden dem Datensatz der vorangegangenen Laktationswoche hinzugefügt.

Wenn bei der Energiebilanz Ausreißer ($> \pm 3$ Standardabweichungen) identifiziert wurden, dann wurde der gesamte Wochendatensatz des Tieres aus der Auswertungsdatei entfernt. Bei den Parametern β -Hydroxybuttersäure (BHB), freie Fettsäuren (FFS), Milchfett, -eiweiß und Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) wurden jene Werte, die den Mittelwert des jeweiligen Parameters um drei Standardabweichungen unter- bzw. überschritten, bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Auf Grund der unterschiedlichen Datener-

Tabelle 1: Lebendmasse (kg), Laktationsanzahl, Laktationstag (d) und Milchleistung in ECM (kg) je Tag der Rassen Braunvieh (BV), Fleckvieh (FV), Holstein Friesian (HFM) und Holstein Friesian - Lebensleistung (HFL) in den ersten 15 Laktationswochen

Rasse	Lebendmasse(kg)	Laktationsanzahl	Laktationstag (d)	Tagesgemelk Anzahl	ECM (kg/d)			
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert		Mittelwert	Standard- abweichung	Maximum	Minimum
BV	628	2,8	51	1074	28,1	5,88	51,2	8,3
FV	716	3,6	55	507	31,5	4,98	46,0	15,3
HF _M	652	3,6	55	563	36,8	5,08	51,6	17,3
HF _L	558	3,0	49	822	24,5	4,58	42,2	13,5

Tabelle 2: Statistische Kennzahlen zu Energiebilanz, Blut- und Milchparametern in den ersten 15 Laktationswochen. n=Anzahl der Wochendatensätze

Variable	n	Mittelwert	Standardabweichung	Maximum	Median	Minimum
Energiebilanz (MJNEL)	2966	-4,62	17,33	42,6	-2,8	-51,9
BHB (mmol/l Blutplasma)	1215	1,22	0,79	4,3	1,1	0,01
FFS (mmol/l Blutplasma)	482	0,35	0,36	2,2	0,2	0,01
Milchfett (%)	2950	4,22	0,50	5,8	4,2	2,8
Milcheiweiß (%)	2917	3,14	0,31	4,2	3,1	2,4
FEQ	2942	1,34	0,17	1,9	1,3	0,9

Tabelle 3: Statistische Kennzahlen zu den Testparametern und der Energiebilanz sowie das Ergebnis der Analyse zur Überprüfung des Einflusses der Testparameter auf die Energiebilanz in unterschiedlichen Zeitabschnitten

Zeitabschnitt	Testparameter	Kennzahlen							Analyse			
		N	Testparameter				Energiebilanz (MJ NEL / Tag)		RK	SE	P-Wert	
			MW	STAW	MAX	MIN	MW	STAW				
Laktationswoche	1 bis 15	BHB (mmol/l)	1215	1,22	0,79	4,28	0,01	-7,33	18,46	-1,81	0,44	<0,001
		FFS (mmol/l)	482	0,35	0,36	2,17	0,02	-4,87	17,10	-1,46	1,92	0,447
		Milchfett (%)	2950	4,26	0,51	5,74	2,81	-7,47	18,45	-10,37	0,44	<0,001
		Milcheiweiß (%)	2917	3,18	0,34	4,15	2,40	-7,23	18,38	9,93	1,24	<0,001
		FEQ	2938	1,34	0,17	1,87	0,86	-7,46	18,49	-30,25	1,43	<0,001
	1 bis 5	BHB (mmol/l)	514	1,36	0,90	4,28	0,06	-18,57	18,17	-1,31	0,70	0,060
		FFS (mmol/l)	195	0,47	0,38	2,17	0,02	-10,49	19,02	-1,11	3,03	0,715
		Milchfett (%)	980	4,41	0,53	5,66	2,81	-18,57	18,12	-9,59	0,84	<0,001
		Milcheiweiß (%)	941	3,30	0,38	4,15	2,52	-18,79	18,04	9,09	2,16	<0,001
		FEQ	982	1,33	0,19	1,87	0,86	-18,77	18,07	-28,02	2,77	<0,001
	6 bis 10	BHB (mmol/l)	408	1,11	0,70	4,17	0,04	-1,16	14,11	-2,85	0,85	<0,001
		FFS (mmol/l)	186	0,29	0,36	2,06	0,02	-0,26	15,05	-4,85	3,23	0,136
		Milchfett (%)	1047	4,11	0,48	5,74	3,00	-1,35	14,27	-10,61	0,73	<0,001
		Milcheiweiß (%)	1050	3,03	0,25	3,85	2,40	-1,34	14,26	13,43	2,06	<0,001
		FEQ	1038	1,36	0,16	1,85	1,01	-1,11	14,14	-31,78	2,21	<0,001
11 bis 15	BHB (mmol/l)	293	1,12	0,65	4,24	0,01	3,80	12,65	-2,38	0,96	0,014	
	FFS (mmol/l)	101	0,20	0,25	1,37	0,04	-2,53	13,36	0,44	6,97	0,949	
	Milchfett (%)	923	4,21	0,44	5,48	2,81	3,64	12,69	-10,08	0,77	<0,001	
	Milcheiweiß (%)	926	3,18	0,28	3,98	2,59	3,67	12,67	6,37	1,94	0,001	
	FEQ	922	1,33	0,15	1,84	1,03	3,89	12,41	-30,36	2,53	<0,001	

N=Anzahl der Auswertung zugrunde liegenden Wochendatensätze; MW=Mittelwert; STAW=Standardabweichung; Max= Maximalwert; Min=Minimalwert; RK= Regressionskoeffizient; SE= Standardfehler des Regressionskoeffizienten

hebung bei den Blut- und Milchparametern und den oben beschriebenen Bearbeitungsschritten ergeben sich für die untersuchten Parameter unterschiedliche Anzahlen an Wochendatensätzen (Tabelle 2).

Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.4, dabei wurde das Procedure mixed angewendet und die Residuen mit Procedure univariate auf Normalverteilung überprüft (SCHENDERA, 2004). Der Untersuchungszeitraum wurde auf die ersten 15 Laktationswochen festgelegt und als fixe Effekte wurden Laktationswoche, Laktationsgruppe (1, 2, ≥3 Laktationen), Rasse, Versuch und Jahr angenommen. Das Tier innerhalb der Rasse und des Versuchs wurde als zufälliger Effekt und die Laktationswoche je Tier und Laktation als wiederholter Effekt festgelegt

Ergebnisse

In allen Laktationsabschnitten zeigten sich hohe signifi-

kante Zusammenhänge zwischen der Energiebilanz und den Milchinhaltsstoffen Fett, Eiweiß und dem Fett/Eiweiß-Quotient (Tabelle 3). Auch zwischen der Konzentration an BHB im Blutplasma und der Energiebilanz wurde über den gesamten Laktationsabschnitt (Laktationswoche 1-15) ein signifikanter Zusammenhang festgestellt. Auch bei getrennter Betrachtung von 5-wöchigen Abschnitten war dieser Zusammenhang von Laktationswoche 5-10 und 11-15 signifikant und zu Laktationsbeginn (Woche 1-5) mit einem P-Wert von 0,06 an der Signifikanzgrenze. Demgegenüber zeigte sich zwischen den FFS und der Energiebilanz in keiner Periode ein signifikanter Zusammenhang. Bei Betrachtung der Regressionskoeffizienten wird ersichtlich, dass sowohl beim Parameter Milchfett als auch beim FEQ die jeweiligen Werte in den einzelnen Laktationsabschnitten kaum variierten. Bei einer Erhöhung des Milchfettgehalts um 0,1 Prozent sank die Energiebilanz um ca. ein MJNEL pro Kuh und Tag in den Laktationswochen 1-15. Auch bei zunehmendem FEQ war eine abnehmende Energiebilanz zu beobachten. Bei Erhöhung des Milcheiweißgehaltes stieg hingegen die Energiebilanz an, so z.B. in den Laktationswochen 1-15

um ca. ein MJNEL pro Tag bei einem Anstieg von 0,1 Prozent. Die Regressionskoeffizienten schwankten zwischen den Laktationsabschnitten etwas mehr als bei den anderen Milchparametern. Beim Blutparameter BHB konnten negative Regressionskoeffizienten beobachtet werden, bei einem Anstieg von BHB um ein mmol per Liter Blutplasma sank die Energiebilanz um ca. 1,8 MJNEL pro Tag. Bei Betrachtung der Standardfehler des Regressionskoeffizienten zeigten sich bei den Blutparametern, im Vergleich zu den Milchinhaltsstoffen, relativ zur Ausprägung des Regressionskoeffizienten höhere Standardfehler.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Bei Betrachtung der P-Werte und der Regressionskoeffizienten wird ersichtlich, dass jene der Milchinhaltsstoffe in den untersuchten Laktationsabschnitten eine höhere Konstanz als die der Blutparameter aufwiesen und auch der Standardfehler des Regressionskoeffizienten relativ

geringer war (Tabelle 3). Jedoch muss dabei auch die der Auswertung zugrunde liegende Anzahl an Wochendatensätze beachtet werden, die bei den Blutparametern deutlich geringer war. Im Vergleich zu den an punktuell gezogenen Proben gemessenen Blutparametern BHB und FFS scheinen jedoch die Wochenmittelwerte von Milchhaltsstoffen, vor allem von Milchfett sowie vom FEQ, besser zur Abbildung der Energiebilanz geeignet zu sein. Dies deckt sich auch mit Ergebnissen von HEUER et al. (2000). Die Autoren stellen fest, dass bei Beachtung des Laktationsstadiums, der –anzahl und der Milchleistung der FEQ, im Vergleich zu den anderen Milchhaltsstoffen und BHB, am stärksten mit der EB in Verbindung steht. Dieses Ergebnis wird auch von TONI et al. (2011) bestärkt, für die der FEQ als Indikator für die Mobilisierung von Körperfett als Folge eines Energiemangels herangezogen werden kann.

Die Betrachtung des Verhältnisses zwischen Fett- und Eiweißgehalt der Milch stellt eine bessere Methode zur Beurteilung der Energieversorgung als die einzelne Beurteilung dieser Milchhaltsstoffe dar, weil beide nicht nur allein durch die Energiebilanz beeinflusst werden. So kann eine zu geringe Versorgung mit Strukturkohlenhydraten den Milchfettgehalt senken und dadurch kann eine erhöhte Fettmobilisierung aufgrund eines Energiemangels verborgen bleiben (MERTENS, 2013). Obwohl eine höhere Energieversorgung zu einem Anstieg des Milcheiweißgehaltes führen kann (GRUBER et al., 2014), zeigte sich bei den Ergebnissen von SEGGEWIB (2004), dass die Schätzung der Energiebilanz mit Hilfe des Milcheiweißgehaltes nicht zufriedenstellend möglich war. Um das genetisch bedingte Potenzial des Milcheiweißgehaltes realisieren zu können, muss neben der Energie auch ein optimales Angebot an Eiweiß bzw. Stickstoff vorhanden sein (MERTENS, 2013).

Bei der Beurteilung der Energiebilanz über Hilfsparameter muss auch noch der Aspekt berücksichtigt werden, dass sich Kühe hinsichtlich der metabolischen Prozesse bei Energiemangel unterscheiden können. Die Ergebnisse von KESSEL et al. (2008) zeigen, dass trotz ähnlicher Energiebilanz in den ersten Laktationswochen, die Kühe unterschiedliche BHB und FFS- Gehalte im Blutserum, als auch differente Fett- und Eiweißgehalte in der Milch aufweisen können. Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass schlechter anpassungsfähige Kühe mehr Körperfett in den ersten Laktationswochen mobilisieren. Als Ursache dafür können aus ihrer Sicht unterschiedliche genetische, epigenetische oder durch Pansenbakterien verursachte metagenomische Regulationen verantwortlich sein. Die Ergebnisse von GRABER et al. (2010) weisen darauf hin, dass auch unterschiedliche hepatische Reaktionen die Anpassung der Kühe an ein Energiedefizit beeinflussen können. Nach GROSS et al. (2011) spielt auch der Zeitpunkt des Energiedefizits in der Laktation eine Rolle, denn in den ersten Laktationswochen reagiert der Stoffwechsel bei den Kühen anders als in den Wochen 13 bis 15. Obwohl im späteren Laktationsstadium der Energiemangel größer war, zeigten die Blutparameter BHB und FFS einen deutlich geringeren Anstieg als zu Beginn der Laktation. Der FEQ reagierte in beiden Phasen bei Energiedefizit ähnlich, aus diesem Grund ist dieser Parameter aus der Sicht der Autoren sowohl in der frühen als auch in der mittleren Laktation dazu geeignet eine negative Energiebilanz zu bestimmen. Trotz dieser Feststellung zeigt das Ergebnis bei REIST et al. (2002), dass die Schätzung

der Energiebilanz bei Individuen weder mit den Milchhaltsstoffen noch in Kombination mit Blutparametern als präzise einzustufen ist. Auch LØVENDAHL et al. (2010) kamen zu einem ähnlichen Ergebnis. Bei ihrer Untersuchung zeigte sich, dass für die Beurteilung der Energiebilanz die Beobachtung des BCS und der Lebendmasse besser geeignet sind als die Milchhaltsstoffe. Auf Herdenniveau kann jedoch nach REIST et al. (2002) eine genaue Aussage über die Energiebilanz erfolgen, wenn mehrere Faktoren gemeinsam berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sowie die Daten der Literatur weisen darauf hin, dass sich die Energiebilanz nur bedingt durch Interpretation einzelner Milch- und Bluthilfsparameter einschätzen lässt. Die zusätzliche Berücksichtigung der BCS- und/oder Lebendmasseentwicklung kann empfohlen werden. Dabei sollte aber nicht außer Acht gelassen werden, dass sich Kühe hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeiten an metabolische Belastungen unterscheiden können.

Literaturverzeichnis

- COLLARD, B. L., P. J. BOETTCHER, J. C. M. DEKKERS, D. PETITCLERC and L. R. SCHAEFFER (2000): Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. *Journal of Dairy Science* 83, 2683-2690.
- GfE- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GRABER, M., S.KOHLER, A. MÜLLER, K. BURGERMEISTER, T.KAUFMANN, R.M. BRUCKMAIER und H.A. VAN DORLAND (2010): Identification of plasma and hepatic factors related to metabolic robustness in dairy cows. In: Diversity of metabolic regulation in dairy cows during the transition period and in early lactation: a field study. Inaugural-Dissertation. Vetsuisse-Fakultät Universität Bern.
- GROSS, J., H.A. VAN DORLAND, R.M. BRUCKMAIER und F.J. SCHWARZ (2011): Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation. *Journal of Dairy Science* 94, 1820-1830.
- 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 Volume* 8, Issue 1, 58-71.
- HEUER, C., W.M. VAN STRAALEN, Y.H. SCHUKKEN, A. DIRK-ZWAGER und J.P.T.M. NOORDHUIZEN (2000): Prediction of energy balance in a high yielding dairy herd in early lactation: model development and precision. *Journal of Dairy Science* 65, 91-105.
- HORN, M., A. STEINWIDDER, J. GASTEINER, L. PODSTATZKY, A. HAIGER and W. ZOLLITSCH (2013): Suitability of different dairy cow types for an Alpine organic and low-input milk production system. *Livestock Science* 153 (2013), 135-146.
- HORN, M., A. STEINWIDDER, R. PFISTER, J. GASTEINER, M. VESTERGAARD, T. LARSEN and W. ZOLLITSCH (2014): Do different cow types respond differently to a reduction of concentrate supplementation in an Alpine low-input dairy system? *Livestock Science* 170, 72-83.
- KESSEL, S., M. STROEHL, H.H.D. MEYER, S. HISS, H. SAUERWEIN, F.J. SCHWARZ und R.M. BRUCKMAIER (2008): Individual variability in physiological adaptation to metabolic stress during early

- lactation in dairy cows kept under equal conditions. *Journal of Animal Science* 86, 2903-2912.
- LØVENDAHL, P., C. RIDDER und N.C.FRIGGENS (2010): Limits to prediction of energy balance from milk composition measures at individual cow level. *Journal of Dairy Science* 93, 1998-2006.
- MERTENS, R. (2013): Einfluss der Laktationszahl auf Laktationskurven- und Lebendmasseverlauf von Kühen unterschiedlicher genetischer Herkunft bei Low-Input Vollweidehaltung im Berggebiet. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur. 11-48
- PRINZ, M., J. SÖLKNER und A. STEINWIDDER (2015): Einfluss einer kurzfristigen Energieunterversorgung auf Milchleistung, physiologische Parameter und das Mid-Infrarot-Spektrum der Milch von Kühen im ersten Laktationsdrittel. Universität für Bodenkultur Wien, Masterarbeit.
- PUPPEL, K. und B. KUCZYŃSKA (2016): Metabolic profiles of cow's blood; a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96, 4321-4328.
- 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. *Journal of Dairy Science* 85, 3314-3327.
- SAKOWSKI, T., B. KUCZYŃSKA, K. PUPPEL, E. METERA, K. SŁONIEWSKI und J. BARSZCZEWSKI (2012): Relationships between physiological indicators in blood, and their yield, as well as chemical composition of milk obtained from organic dairy cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 2905-2912.
- SCHENDERA, C. (2004): Datenanalyse und Datenmanagement mit dem SAS-System. R. Odenbourg Verlag München Wien.
- SEGGEWIß, S. (2004): Überprüfung der Bedeutung von Milchinhaltsstoffen für die Beurteilung der Energie-, Protein- und Strukturversorgung von HF-Kühen. Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover. 69-106.
- STEINWIDDER, A., T. GUGGENBERGER, J. GASTEINER, L. PODSTATZKY, L. GRUBER, J. HÄUSLER, M. GALLNBÖCK und A. SCHAUER (2009): Einfluss der Proteinversorgung auf Futteraufnahme, Milchleistung, Pansen- und Blutparameter sowie N-Ausscheidung von Milchkühen. *Züchtungskunde* 81, 106-124.
- TONI F., L. VINCENTI, L. GRIGOLETTO, A. RICCI und Y.H. SCHUKKEN (2011): Early lactation ratio of fat and protein percentage in milk is associated with health, milk production, and survival. *Journal of Dairy Science* 94, 1772-1783.
- ZAR - ZENTRALE ARBEITSGEMEINSCHAFT ÖSTERREICHISCHER RINDERZÜCHTER (2012): ZAR-Jahresbericht 2012. <https://zar.at/Downloads/Jahresberichte/ZAR-Jahresberichte.html> (06.06.2017)