

15 Einfluss der Energieversorgung vor und nach der Abkalbung auf Stoffwechselfparameter von Milchkühen

DI Marcus Urdl¹, Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber¹, Dr. med. vet. Walter Obritzhauser², Dipl. ECBHM Dr. Johann Gasteiner³, J. Häusler¹ und Ing. Anton Schauer¹

¹Institut für Nutztierforschung, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning, marcus.urdl@raumberg-gumpenstein.at

²Tierarzt Dr. Walter Obritzhauser, Randweg 2, A-8605 Parschlug

³Institut für Artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning

1. Einleitung

Die Fütterung von Milchkühen in der Trockenstehzeit übt nicht nur auf das fötale Wachstum sondern auch auf Milchleistungskriterien, Gesundheit und Fruchtbarkeit in der Folgelaktation einen entscheidenden Einfluss aus. Der Übergang von der Hochträchtigkeit in die Laktation, die sogenannte Transitphase, stellt für den Stoffwechsel eine besondere Herausforderung dar. Da die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn nicht in gleichem Maße wie die Milchleistung ansteigt, besteht in der Regel eine negative Energiebilanz. Um den zusätzlichen Bedarf an Nährstoffen zu decken, mobilisieren die Tiere Körperreserven. Dadurch werden alternative energieliefernde Substrate – freie Fettsäuren und Ketonkörper – für den Stoffwechsel zur Verfügung gestellt. Über physiologische Grenzen gehende Belastungen verursachen Störungen dieses homöostatischen Regelmechanismus und führen zu Azetonämie und Fettlebersyndrom. In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche Studien zur Fütterungsstrategie in der Trockenstehzeit und zur Vorbereitungsfütterung durchgeführt. Im vorliegenden Versuch wurde der Einfluss mangelnder und überhöhter Energiezufuhr gegenüber normgerechter Versorgung vor und nach der Abkalbung auf Produktionsdaten und Stoffwechselfparameter von Milchkühen geprüft.

2. Material und Methoden

Der Versuchszeitraum umfasste 12 Wochen vor bis 15 Wochen nach der Abkalbung. Die Gruppen unterschieden sich hinsichtlich der Energieversorgung (75, 100 und 140 bzw. 125 % des Bedarfes nach GfE 2001, Tabelle 1). Die unterschiedliche Energieversorgung wurde sowohl durch eine differenzierte Grundfütterration [Anteile an Maissilage, unterschiedliche Heuqualitäten (Heu gut (g)/schlecht (s))], vor allem jedoch durch stark verschiedene Kraftfutteranteile erreicht. Wenn die Energieaufnahme mit der jeweiligen Ration den Bedarf der Versuchsgruppe überstieg, wurde die Futteraufnahme beschränkt. Dies galt nicht für die Gruppe 125 postpartum (.../125), da eine über dieses Niveau hinausgehende Energieaufnahme nicht zu erwarten war (daher Fütterung ad libitum). Die Zusammensetzung der Grundfütterrationen und die Kraftfutteranteile sind in Tabelle 2 dargestellt.

Von den Versuchstieren wurden wöchentlich Blutproben an der Schwanzvene gezogen, welche unmittelbar nach der Entnahme gekühlt, nach 30 Minuten zentrifugiert und das gewonnene Serum bis zur Analyse bei -18°C tiefgefroren wurde. Zur Beurteilung des Energie- und Leberstoffwechsels wurden die Parameter Aspartat-Amino-Transferase (AST), Glutamat-Dehydrogenase (GLDH), Gesamtbilirubin, Cholesterol, Glukose, β -Hydroxybutyrat und nichtveresterte freie Fettsäuren (NEFA) bestimmt.

Tab. 1: Versuchsplan

Energieversorgung		
präpartum	postpartum	
75 (n = 27)	75 (n = 9)	
	100 (n = 9)	
	125 (n = 9)	
100 (n = 27)	75 (n = 9)	
	100 (n = 9)	
	125 (n = 9)	
140 (n = 27)	75 (n = 9)	
	100 (n = 9)	
	125 (n = 9)	

Tab. 2: Grundfütterration und Kraftfutteranteile in den Versuchsgruppen

Energie niveau	75	100	140/125
Grundfutter-Zusammensetzung (% der GF-TM)			
Heu s	40	20	-
Heu g	-	20	40
Grassil.	40	30	20
Maissil.	20	30	40
Kraftfutteranteile (% der IT)			
präp.	-0,250+0,014×ECM	-0,275+0,028×ECM	-0,183+0,037×ECM
postp.	-0,250+0,014×ECM	-0,275+0,028×ECM	-0,300+0,060×ECM

Die Auswertung der Blutparameter erfolgte getrennt für die Versuchszeiträume vor und nach der Abkalbung mit der Prozedur *Mixed* (Varianzkomponentenschätzung Methode *REML*, Freiheitsgradapproximation *KR*) des Softwarepakets SAS, Version 9.2 (2010). Nicht normalverteilte Daten wurden vor der statistischen Analyse logarithmisch transformiert. Das Modell beinhaltete die fixen Effekte der „Energieversorgung präpartum“ und „Energieversorgung postpartum“ sowie deren Interaktion, „Rasse“ und „Laktationszahl“. Die wöchentlich erhobenen Blutwerte wurden im *repeated statement* als wiederholte Messungen am Einzeltier berücksichtigt. Bei jenen Parametern, bei denen eine signifikante Interaktion zwischen „Energieversorgung × Woche“ auftrat, wurde dieser Effekt ins statistische Modell integriert. Zur Modellierung der Kovarianz wurden mehrere Strukturen geprüft, aufgrund des Akaike-Informationskriteriums (*AIC*) die autoregressive Struktur *AR(1)* gewählt.

3. Ergebnisse

Die Energieversorgung vor der Abkalbung wirkte sich signifikant auf die postpartale Milchleistung aus (25.4, 28.5 und 30.0 kg ECM in den Gruppen 75, 100 bzw. 140). Die differenzierte Energieversorgung nach der Abkalbung wirkte sich erwartungsgemäß stärker auf die Milchleistung (21.4, 30.0 und 32.5 kg ECM in den Gruppen 75, 100 bzw. 125) und weitere Produktionsdaten aus. Eine detaillierte Darstellung dieser Ergebnisse ist in Urdl et al. (2007) angeführt, die Stoffwechselfparameter in Tabelle 3.

Versuchszeitraum Trockenstehzeit

Signifikant erhöhte NEFA-Werte in der Gruppe 75_{präpartum} zeigen, dass eine (zu) niedrige Energieversorgung schon vor der Abkalbung zu einem Einschmelzen von Körperreserven führt. Ebenso weist der höhere Bilirubingehalt auf die Energiemangelsituation bei den Tieren dieser Gruppe hin. Die Blutglukosekonzentration war bei der Gruppe 140 signifikant höher (3,34 mmol/l gegenüber 3,20 und 3,09 in den Gruppen 100 bzw. 75). Die Leberenzymwerte (AST, GLDH) lagen trotz statistisch abzusichernder Differenzen generell auf einem niedrigen Niveau (im Schnitt < 30 IU/l bzw. zwischen 3 und 6 IU/l). Obwohl die Differenzierung der Energieversorgung zwischen Mangel- und überversorgter Gruppe ca. 30 MJ NEL ausmachte, waren keine dementsprechend großen Unterschiede bei β -Hydroxybutyrat festzustellen (0,71 vs. 0,65 mmol/l in den Gruppen 75 bzw. 140).

Versuchszeitraum Laktation

Die Energieversorgung postpartum übte den deutlichsten Einfluss auf die untersuchten Stoffwechselfparameter aus. Eine nicht bedarfsgerechte Fütterung zu Laktationsbeginn belastet den Stoffwechsel der Tiere zusätzlich zum in der Regel schon bestehenden Energiedefizit. Auf diese Mangelsituation reagierten die Variablen Glukose, β -Hydroxybutyrat und nichtveresterte freie Fettsäuren am empfindlichsten. Anhand des Verlaufs dieser diagnostisch vielfach zur Beurteilung der Stoffwechselsituation herangezogenen Werte ist erkennbar (Abbildungen 1 bis 3), dass der Blutglukosespiegel bei den Gruppen 100 und 125 direkt nach der Abkalbung zu steigen beginnt, während dies in der Energiemangelgruppe 75 erst ab der 7. Laktationswoche geschieht. Ebenfalls deutlich zu erkennen ist, dass die Ketogenese zwischen der 4. und 6. Laktationswoche ein Maximum erreicht. Das Niveau von β -Hydroxybutyrat lag in der Gruppe 75 wesentlich höher als bei bedarfsgerecht versorgten Tieren, obwohl auch hier ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt wurde (1,37 mmol/l gegenüber 0,88 und 0,70 in den Gruppen 75, 100 bzw. 125). Die NEFA's pendeln sich bei den Gruppen 100 und 125 nach 4 Wochen auf einem Niveau von ca. 0,11 mmol/l ein, während die unterversorgte Gruppe auch nach 11 Wochen noch deutlich höhere Werte aufweist. Auch im Gesamtbilirubingehalt spiegelt sich die negative Energiebilanz der Gruppe 75 (1,70 μ mol/l) gegenüber den anderen Gruppen wider (im Schnitt 1,23 μ mol/l). Obwohl auch bei Glutamat-Dehydrogenase signifikante Unterschiede festgestellt wurden, sind die Aktivitätswerte dieses Leberenzym in diesem Versuch ungewöhnlich niedrig (5 bis 7 IU/l). Aus den Ergebnissen bei Aspartat-Aminotransferase ist kein gerichteter Einfluss der Energieversorgung erkennbar.

Die Energieversorgung vor der Abkalbung wirkte sich nicht so stark auf die stoffwechselrelevanten Kenngrößen aus. Die signifikant erhöhte Konzentration freier Fettsäuren bei einer energetischen Überversorgung in der Trockenstehzeit (0,19 mmol/l, Gruppe 140_{präpartum}) deutet auch in diesem Versuch darauf hin, dass Tiere nicht verfettet zur Abkalbung kommen sollten. Dadurch erhöht sich das Risiko, an einem Fettlebersyndrom zu erkranken.

Tab. 3: Stoffwechselfparameter in der Trockenstehzeit und Folgelaktation in Abhängigkeit von der Energieversorgung prä- und postpartum (Haupteffekte)

Trockenstehzeit			Parameter ¹	Laktation						
präpartum				präpartum			postpartum			
75	100	140	75	100	140	75	100	125		
-15,6 ^a	-3,2 ^b	14,6 ^c	Energiebilanz	MJ NEL	-8,3 ^b	-13,4 ^{ab}	-16,5 ^a	-33,3 ^a	-9,9 ^b	4,9 ^c
24,7 ^a	29,0 ^b	28,2 ^b	Aspartat-Aminotransferase	IU/l	33,9 ^a	37,7 ^b	35,6 ^{ab}	35,7	34,5	36,9
3,28 ^a	4,29 ^b	5,41 ^c	Glutamat-Dehydrogenase	IU/l	5,96	6,05	6,42	5,28 ^a	6,27 ^b	6,99 ^b
1,594 ^b	1,283 ^a	1,188 ^a	Bilirubin	µmol/l	1,333	1,352	1,428	1,699 ^a	1,238 ^b	1,224 ^b
4,007 ^b	3,713 ^a	3,599 ^a	Harnstoff	mmol/l	3,621 ^a	4,005 ^b	4,016 ^b	3,872 ^{ab}	4,041 ^b	3,729 ^a
2,699	2,569	2,527	Cholesterol	mmol/l	3,909	4,148	4,079	4,060	4,123	3,953
3,085 ^a	3,197 ^a	3,335 ^b	Glukose	mmol/l	2,802	2,798	2,796	2,461 ^a	2,926 ^b	3,009 ^b
0,709	0,712	0,646	β-Hydroxybutyrat	mmol/l	0,903	0,980	0,956	1,371 ^c	0,880 ^b	0,702 ^a
0,164 ^b	0,117 ^a	0,116 ^a	Nichtveresterte Fettsäuren	mmol/l	0,150 ^a	0,166 ^{ab}	0,186 ^b	0,258 ^b	0,139 ^a	0,130 ^a
2,504	2,498	2,492	Calcium	mmol/l	2,452	2,454	2,472	2,497 ^b	2,455 ^a	2,426 ^a
1,852	1,822	1,831	Phosphor	mmol/l	1,829	1,803	1,821	1,828	1,831	1,793
0,997	1,009	1,004	Magnesium	mmol/l	1,068	1,092	1,082	1,095	1,074	1,071

¹ bei logarithmierten Parametern *LSMeans* nach statistischer Auswertung rücktransformiert

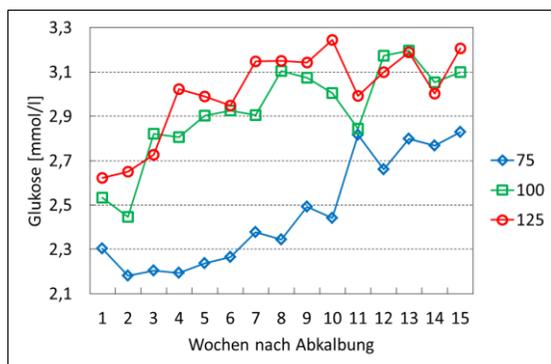


Abb. 1: Glukose im Versuchsverlauf in Abhängigkeit der Energieversorgung postpartum

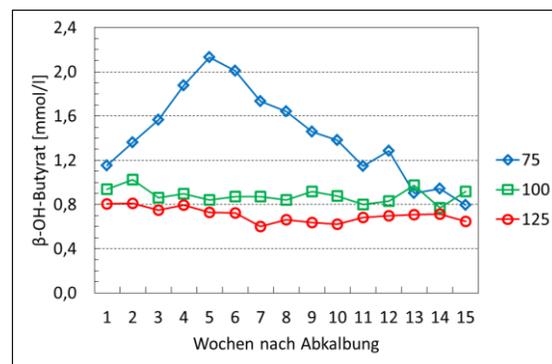


Abb. 2: β-Hydroxybutyrat im Versuchsverlauf in Abhängigkeit der Energieversorgung postpartum

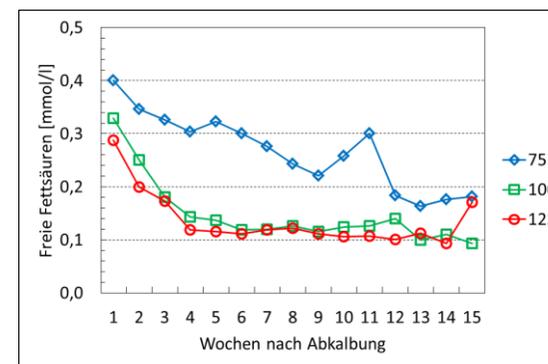


Abb. 3: Freie Fettsäuren im Versuchsverlauf in Abhängigkeit der Energieversorgung postpartum

4. Diskussion

Die enge Beziehung der Stoffwechselmetabolite Glukose, β -Hydroxybutyrat und NEFA mit der Energiebilanz im vorliegenden Versuch wurde in der erst kürzlich veröffentlichten Arbeit von Kronschnabl (2010) – anhand eines umfangreichen Datenmaterials aus mehreren Fütterungsversuchen – mittels multipler Regressionsanalyse ebenfalls als höchst signifikant identifiziert. Bei der Erstellung der Prognosebereiche übt in den meisten Fällen auch die Laktationswoche von laktierenden Milchkühen einen signifikanten Einfluss auf die Konzentrationen dieser Blutparameter aus. Auch bei Bilirubin kann diesbezüglich eine Übereinstimmung zwischen beiden Studien festgestellt werden.

Bei Kronschnabl (2010) findet sich auch eine Übersicht publizierter Referenzbereiche von Blutparametern beim Rind. Bei GLDH zeigten sich bei Zusammenfassung der Versuchsdaten zur Berechnung der Prognosebereiche unspezifische Schwankungen und in der Regressionsanalyse konnte kein signifikanter Zusammenhang mit der Energiebilanz beobachtet werden. Die relativ niedrigen, jedoch signifikant unterschiedlichen Aktivitätswerte dieses leberspezifischen Enzyms in vorliegendem Fütterungsversuch liegen deutlich unter den meisten der bei Kronschnabl (2010) zitierten Referenzwerte und erhärten bestehende Zweifel, dass dieser Blutparameter zur Beurteilung von Energiemangelsituationen herangezogen werden kann. Im Gegensatz dazu wurden in einer früheren Untersuchung unserer Arbeitsgruppe (Obritzhauser 2000) GLDH- und AST-Aktivitäten auf ähnlichem Niveau festgestellt und die Glutamat-Dehydrogenase als empfindlichster Parameter einer Leberstoffwechselbelastung identifiziert. Nicht grafisch dargestellt, wurde in Übereinstimmung mit Kronschnabl (2010) festgestellt, dass der Cholesterolgehalt sehr vom Laktationsstadium beeinflusst wird.

Die β -Hydroxybutyrat-Konzentrationen der postpartal nicht bedarfsgerecht und der nach Norm versorgten Gruppe liegen über den Referenzwerten bzw. im subklinischen Ketosebereich und weisen auf die starke Stoffwechselbelastung zu Laktationsbeginn hin. Die alleinige Betrachtung der übrigen Blutparameter und der Vergleich mit Referenzwerten würde keinen Rückschluss auf diese im Versuch bewusst herbeigeführte Situation geben.

5. Fazit

- Eine energetisch differenzierte Fütterung vor der Abkalbung führt zu keinen dramatisch veränderten Stoffwechselparametern in der Folgelaktation. Bestätigt wurde jedoch, dass eine über den Bedarf hinausgehende Energieversorgung in der Trockenstehzeit eine verstärkte Anflutung nichtveresterter freier Fettsäuren postpartum bewirkt und somit das Risiko eines Fettlebersyndroms erhöht.
- Die am Beginn der Laktation bestehende negative Energiebilanz darf in diesem Zeitraum durch Unterversorgung nicht zusätzlich verstärkt werden. Das Versagen homöostatischer Regelmechanismen, damit einhergehende Stoffwechselentgleisungen und das gehäufte Auftreten von Azetonämien führen zu erheblichen ökonomischen Verlusten in der Milchproduktion.
- Energiemangelversorgung vor und nach der Abkalbung wirkt sich in signifikant niedrigeren Milchleistungen aus.

Bei regelmäßiger Anwendung eignen sich Stoffwechselscreenings zur prophylaktischen Überwachung des Gesundheitszustands von Milchviehherden. Es ist darauf zu achten, dass es bei den Blutwerten hohe tierindividuelle Schwankungen gibt und nicht von Einzeltieren auf den ganzen Bestand geschlossen werden kann.

6. Literatur

- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Frankfurt am Main, DLG-Verlag, 135 S.
- Kronschnabl, C., 2010: Ermittlung von laktationsspezifischen Prognosebereichen zur Beurteilung der Konzentration von Blutparametern beprobter Milchkühe. Diss. LMU München, 230 S.
- Obritzhauser, W., 2000: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfuttermitteln auf Stoffwechselparameter der Milchkühe. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 6.-8. Juni 2000, 111-117.
- SAS Institute Inc., 2010: SAS/STAT 9.22 User's Guide. Cary, NC (USA): SAS Institute Inc., 8460 S.
- Urddl, M., L. Gruber, A. Schauer, G. Maierhofer, J. Häusler und A. Steinwider, 2007: Einfluss der Energieversorgung vor und nach der Abkalbung auf die Stoffwechselsituation von Milchkühen – Teilbereich Produktionsdaten. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung 28./29.03.2007, Tagungsband, 10-13.