

22 Einfluss der rasch fermentierbaren Kohlenhydrate in Grünfutter auf Parameter der Pansenfermentation bei Milchkühen

A. Mürger, Y. Arrigo, F. Dohme

Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Töoleyre 4, CH-1725 Posieux, Schweiz

1. Einleitung

Je nach Wachstumsbedingungen können Gräser vor allem im Frühling ausserordentlich reich an leicht im Pansen fermentierbaren Kohlenhydraten (Zucker, Fruktane) sein. Ein erhöhter Anteil löslicher Kohlenhydrate kann die Fermentationsrate im Pansen stark ansteigen lassen. Dadurch kann der Pansen-pH absinken und sich eine Pansenazidose entwickeln, mit negativen Folgen für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Tieres (Kleen et al., 2003). In Fütterungsempfehlungen werden max. 7.5% Zucker in der Ration angegeben (DLG Information 2001). Bei Rationen mit hohem Anteil von Grünfutter oder Konservierungsprodukten, mit analysierten Zuckergehalten von über 10%, wird diese Limite schnell überschritten. Da sich solche Rationen aber auch durch einen hohen Strukturwert und damit ein gutes Pansenpufferungspotenzial charakterisieren lassen, stellt sich die Frage, ob die genannte Empfehlung hier in gleichem Masse Gültigkeit hat. In einer Feldstudie (O'Grady et al., 2008), die in Irland auf mehreren Milchviehbetrieben durchgeführt wurde, zeigte sich allerdings, dass auch an Kühen, die eine raufutterbetonte Ration (Weidegras) erhalten, Merkmale subakuter Pansenazidose festzustellen sind. Unter anderem wird dafür der erhöhte Anteil an leichtlöslichen Kohlenhydraten im Gras als möglicher Auslöser genannt. In der vorliegenden Untersuchung wurde diesen Fragen im Rahmen eines Fütterungsversuches mit Grünfutter unterschiedlicher Qualitäten nachgegangen.

2. Material und Methoden

Im Frühjahr (Monate Mai und Beginn Juni) wurde ein 2 × 2 cross-over Versuch mit 8 pansenfistulierten Kühen der Rassen Holstein, bzw. Kreuzungstiere mit unter 50% Fleckviehanteil angelegt. Die beiden Erhebungsperioden dauerten jeweils zwei Wochen, mit einer Adaptation von je einer Woche vor Versuchsbeginn (ab Weide) bzw. nach dem Wechsel der Versuchsvarianten. Die Kühe wurden vor Versuchsbeginn nach Laktationsstadium, Milchleistung und Gewicht gepaart und anschliessend von jedem Paar ein Partner einer der Versuchsgruppen zugewiesen. Ein Tier fiel allerdings vor Versuchsbeginn aus und konnte nicht ersetzt werden, so dass die Erhebungen mit 7 Tieren durchgeführt wurden. Am Versuchsbeginn hatten die Kühe eine mittlere Lebendmasse von 664 (s = 68) kg und waren in Spätlaktation (267. Laktationstag; s = 13). Sie waren in Anbindehaltung mit abgegrenzten Fressplätzen und Sägemehleinstreu aufgestellt.

Die Futterration bestand aus täglich frisch geschnittenem Grünfutter von zwei unterschiedlichen Wiesenbeständen. Der eine war eine Kunstwiese im dritten Nutzungsjahr nach der Ansaat mit folgender botanischer Zusammensetzung (Analyse von Mitte Mai, Anteile in der Frischmasse) : Gräser 83 %, davon *Dactylis glomerata* 67 %, *Phleum pratense* 8 %, *Lolium perenne* 4 %, *Poa trivialis* 4 %; Leguminosen (*Trifolium repens*) 9 %; Kräuter (vorwiegend *Taraxacum officinale*) 8 %. Dieser stellte die Versuchsvariante mit tiefem Gehalt an löslichen Kohlenhydraten dar (KH-). Die zweite Variante (KH+) war ein einmal überwinterter Reinbestand von Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum*). Von beiden Beständen wurde über die Versuchsperiode zunächst Futter vom ersten und anschliessend auch vom zweiten Aufwuchs geschnitten. Um den potenziellen Unterschied der Varianten zusätzlich zu vergrössern, wurde das Gras "KH-" jeweils am frühen Morgen, das Gras "KH+" am späten Nachmittag geschnitten, in Anbetracht der Erkenntnis, dass die Gehalte an löslichen Kohlenhydraten, speziell an Zuckern, abhängig von der Einstrahlung, bzw. den Nachttemperaturen üblicherweise tagsüber ansteigen und nachts absinken. Allerdings herrschten während der gesamten Versuchsdauer mehrheitlich eher kühle und trübe Wetterbedingungen, so dass diese Differenzierung nicht voll zum Ausdruck kam. Tabelle 1 zeigt die mittleren analysierten und geschätzten Inhaltsstoffe, bzw. Nährwerte der beiden Grünfuttervarianten. Die täglich vorgelegte Grünfuttermenge wurde innerhalb der Kuhpaare gleich gehalten, das heisst auf dem Niveau des geringeren *ad libitum* Verzehrs limitiert. Als einzige Rationsergänzung wurde täglich eine konstante Menge eines Mineralstoff-Futters individuell angeboten.

Tabelle 1 : Gehaltswerte des vorgelegten Grünfutters

	Grünfutter mit tiefem Gehalt an löslichen KH		Grünfutter mit hohem Ge- halt an löslichen KH	
	Periode 1	Periode 2	Periode 1	Periode 2
TM %	16,9	19,0	16,5	19,1
<i>pro kg TM</i>				
Rohasche (XA, g)	233	258	188	183
Rohprotein (XP, g)	147	146	150	152
Saure Detergenzienfaser (ADF, g)	218	231	211	199
Neutrale Detergenzienfaser (NDF, g)	350	350	345	331
Ethanol-(80%)lösliche KH (ESC, g)	75	56	109	126
Wasserlösliche KH (WSC, g)	151	130	249	223
Nettoenergie (NEL, MJ)	5,8	5,8	6,4	6,6
Darmverfügbares Protein (APD, g)	96	89	103	105

Futtermittelverzehr, Lebendmasse und Milchleistung wurden täglich individuell erhoben. Das Grünfutter wurde täglich beprobt (gepoolte Morgen- und Nachmittagsprobe). Während der Messperioden wurden auch täglich Proben der Milch proportional aus Morgen- und Abendmelk genommen und die Inhaltsstoffe Fett, Protein, Laktose und Harnstoff mittels Infrarotabsorptionsmessung im örtlichen Milchkontrolllabor bestimmt. Zur Messung des pH-Wertes im Pansen wurde ein in situ Messsystem eingesetzt, das es erlaubte, den Verlauf des pH-Wertes im Pansen über 3 Tage kontinuierlich aufzuzeichnen. An zwei aufeinander folgenden Tagen wurde um 15 Uhr eine Probe von der Pansenflüssigkeit genommen. In einer Teilprobe wurde unmittelbar danach der Bikarbonatgehalt analysiert. Weitere Teilproben wurden stabilisiert und eingefroren zur späteren Analyse der flüchtigen Fettsäuren und des Ammoniakgehaltes.

Die statistische Beurteilung der Resultate (Mittelwerte pro Kuh und Messperiode) erfolgte varianzanalytisch nach folgendem Modell:

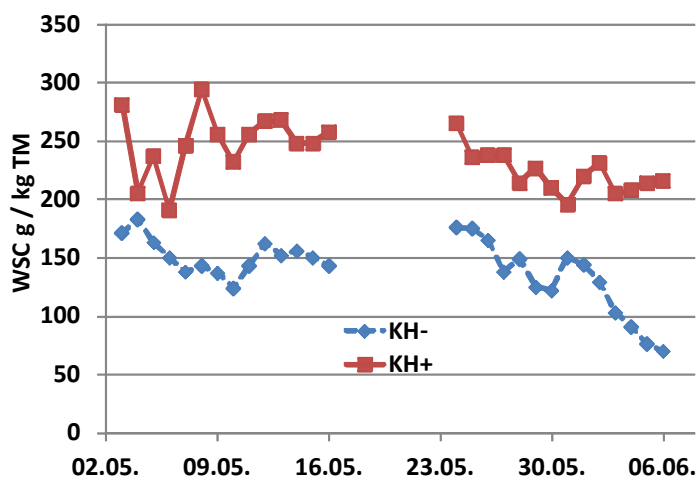
$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + W_k(P_j) + C_l + E_{ijk}$$

wobei Y_{ijk} : Beobachtung, μ : Gesamtmittelwert, T_i : Einfluss der Behandlung ($i = 1, 2$), P_j : Einfluss der Periode ($j = 1$ und 2), $W_k(P_j)$: Einfluss der Messwoche innerhalb Periode ($k = 1, 2$), C_l : Einfluss der Kuh ($l = 1 - 8$), E_{ijk} : Restvarianz. Effekte wurden als signifikant bewertet, wenn $P < 0.05$ war.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Versuchsvarianten unterscheiden sich wie erwartet deutlich bezüglich der analysierten Gehalte an löslichen Kohlenhydraten (KH) im Grünfutter (Tabelle 1). Bei der Festlegung der Versuchsvarianten war allerdings von der Möglichkeit noch höherer Unterschiede ausgegangen worden, die bedingt durch die ungünstigen Wachstumsbedingungen dann nicht auftraten. Die meteorologischen Variationen sind auch ein Hauptfaktor zur Erklärung der zum Teil beträchtlichen Schwankungen der Nährstoffgehalte im Zeit-

Abb. 1. Verlauf der Gehalte des Grünfutters an löslichen Kohlenhydraten in den Versuchsvarianten



verlauf, wiederum in ausgeprägtem Ausmass bei den löslichen Kohlenhydraten (Abb. 1). Die Gehalte an Strukturkohlenhydraten waren demgegenüber weniger beeinflusst (Tab. 1 / 2). Auch der Rohproteingehalt unterschied sich nicht wesentlich zwischen den Behandlungen, wenn auch signifikant, bedingt durch den hohen Anteil durch das Modell erklärter Variationskomponenten. Auffallend sind die aussergewöhnlich hohen Aschegehalte, die weitgehend durch Erdschmutzung bedingt sind und sich wiederum durch die

überwiegend feuchten Wetterbedingungen bei der Futtergewinnung erklären lassen. Die geschätzten Gehalte an Nettoenergie und absorbierbarem Protein sind lediglich Orientierungswerte. Sie tragen in diesem Fall der unterschiedlichen Nährstoffzusammensetzung der Futtervarianten zu wenig Rechnung.

Die verzehrten Mengen an Grünfutter (Tabelle 2) unterscheiden sich nicht zwischen den Varianten und waren vergleichsweise hoch. Es ergab sich damit eine um 1,7 kg oder zwei Drittel höhere tägliche Aufnahme an löslichen Kohlenhydraten bei der Gruppe KH+, während die Rohproteinaufnahme sich nur um rund 80g unterschied.

Die mittlere Milchproduktion war identisch, während der Milchfettgehalt in der Variante KH+ deutlich tiefer lag. Beim Proteingehalt der Milch zeigte sich eine nur geringfügige, doch signifikante Erhöhung, während der Unterschied beim Milchharnstoffgehalt nicht signifikant war.

Tabelle 2 : Ausgewählte Parameter des Verzehrs, der Leistung und der Pansenfermentation

	Grünfutter mit tiefem Gehalt an löslichen KH (KH-)	Grünfutter mit hohem Gehalt an löslichen KH (KH+)	SEM	P
Grünfuttermverzehr				
Total, kg TM/Tag	18,7	18,4	0,27	0,33
Lösliche KH (WSC), % der TM	14,0	23,6	1,7	<0,001
Lösliche KH (WSC), g/Tag	2623	4314	58	<0,001
NDF, % der TM	35,0	33,9	2,9	0,012
XP, % der TM	14,6	15,3	0,6	<0,001
Leistung				
Milchproduktion, kg/Tag	16,3	16,5	0,3	0,69
Milchfettgehalt, %	4,62	4,37	0,05	0,005
Milchproteingehalt, %	3,55	3,64	0,02	0,008
Milchharnstoff, mg/l	262	241	7,4	0,058
Pansenfermentation				
Bikarbonat, mmol/l	23	17	2,2	0,079
Ammoniak, mmol/l	9,1	8,3	0,68	0,42
Flüchtige Fettsäuren gesamt, mmol/l	121	127	2,2	0,077
Acetat molar %	66,9	63,4	0,32	<0,001
Propionat, molar%	17,1	19,6	0,26	<0,001
Butyrat, molar %	12,4	13,6	0,14	<0,001
Acetat-/Propionat-Verhältnis	3,95	3,27	0,07	<0,001
Mittlerer Pansen-pH	6,24	6,16	0,05	0,27
Tiefster Pansen-pH	5,66	5,59	0,05	0,38
pH <5,8 h/Tag	3h32	4h14	1h01	0,64
pH <5,5 h/Tag	0h55	0h46	0h21	0,79

SEM: Standardfehler des Mittelwertes; P: Signifikanzniveau des Faktors "Behandlung" der Varianzanalyse

Die Unterschiede im löslichen Kohlenhydrat-Gehalt des Grünfutters zeigten in diesem Versuch keine Einflüsse auf die erhobenen Parameter des Pansen-pH, über drei Tage gemessen, sei es das 24h-Mittel oder das Tagesminimum (Tabelle 2). Auch der tägliche Zeitraum, während dem sich der pH-Wert unter den Richtwerten von 5,8 beziehungsweise 5,5 befand, war nicht gesichert unterschiedlich.

Bei den Parametern aus den Pansensaftproben erreichten die Unterschiede der Ammoniak- und Bikarbonatwerte zwischen den Behandlungen nicht das Signifikanzniveau (Tabelle 2). Auch die Konzentration der Summe aller flüchtigen Fettsäuren war nicht unterschiedlich. Hingegen zeigten sich - wenn

auch in bescheidenem Ausmass - Unterschiede im Spektrum der Fettsäuren: Die Anteile der Propion- und Buttersäure lagen in der Variante KH⁺ höher und entsprechend der Anteil der Essigsäure tiefer als in der Kontrollbehandlung. Das Verhältnis von Essigsäure zu Propionsäure war bei höherer Aufnahme von löslichen KH zu einem tieferen Wert verschoben.

Die Verfütterung des Grünfutters mit höherem löslichem Kohlenhydrat-Gehalt führte zu einer Verschiebung der Fettsäurefraktionen im Pansen mit Rückgang des Essigsäure(C2)- und Zunahme des Propion(C3)- und Buttersäure(C4)-Anteils. Eine sinkende C2- und erhöhte C3-Konzentration widerspiegeln eine Verschiebung der Fermentation von den Struktur- zu höheren Mengen von schnell fermentierbaren Kohlenhydraten. Ein Verhältnis C2 : C3 im Bereich von 2 : 1 bis 3 : 1 wird als günstig definiert (Dirksen, 1985; Kaufmann, 1976). Im vorliegenden Versuch lag es in der Behandlung KH⁺ tiefer als bei KH⁻, da die Kühe mit dem Grünfutter KH⁺ mehr lösliche Kohlenhydrate aufnahmen; es war aber in beiden Behandlungen bei weitem noch im günstigen Bereich. Insgesamt waren die Verschiebungen quantitativ eher bescheiden. Dem steht ein signifikanter Unterschied bei der MilCHFettproduktion gegenüber, die ja wesentlich auf der Essigsäure als Substrat basiert. Hier könnten andere Einflussfaktoren auf die MilCHFettsynthese mit wirksam gewesen sein. Ein Einfluss der Fettsäuren-Zusammensetzung von Wiesenfutter wird postuliert. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die gemessenen Konzentrationen der Pansen-Fettsäuren weniger eng mit den produzierten Mengen zusammenhängen, als dies vorausgesetzt wird (selektive Absorption).

Dagegen stand für den Aufbau von Mikroorganismenprotein zusätzliches Substrat zur Verfügung, womit sich die etwas höheren Milchprotein- und (nicht signifikant) geringeren Harnstoffgehalte bei KH⁺ begründen lassen.

Kleen et al. (2003) sehen den pH-Wert im Pansen als wichtigsten Indikator für das Vorliegen einer Pansenazidose. Dabei soll der mittlere pH-Wert über 24 h weniger aussagekräftig sein. Bedeutsamer wäre die Zeitdauer, in der der pH-Wert im Pansen unter einem Schwellenwert liegt (Oetzel, 2007). Dieser wird unterschiedlich festgelegt; genannt werden Werte von 5,5 (Kleen et al. 2003) oder 5,8 (Beauchemin et al. 2003). Im Versuch ergaben sich in jeder Hinsicht keine wesentlichen Differenzen der Behandlungen und die pH-Werte lagen grundsätzlich vergleichsweise hoch. Die vergleichsweise hohe Aufnahme von Erde könnte in dieser Beziehung einen gewissen Einfluss haben (Herlin und Andersson 1996), abgesehen vom Fehlen der Kraftfutterkomponente in der Ration.

4. Fazit

Das Regulationssystem für den Pansen-pH, sei es seitens der Absorption der Metaboliten oder via Speichelbildung, ist offensichtlich in der vorliegenden Versuchsanlage nicht übermässig belastet worden, trotz einer markanten zusätzlichen Zufuhr leicht abbaubarer Kohlenhydrate in der einen Fütterungsvariante. Andererseits konnten die Kühe aus der höheren Nährstoffzufuhr auch nicht Nutzen ziehen. Es bleibt abzuklären, ob die Reaktion anders ausfällt, wenn sie näher an der Versorgungslimite liegen.

5. Literatur

- Beauchemin K.A., Yang, W.Z., Rode, L.M. (2003). Effects of Particle Size of Alfalfa-Based Dairy Cow Diets on Chewing Activity, Ruminant Fermentation, and Milk Production. *J. Dairy Sci.* 86: 630-643.
- Dirksen, G. (1985). Der Pansenazidose-Komplex - neuere Erkenntnisse und Erfahrungen. *Tierärztliche Praxis* 13, S. 501-512.
- DLG Information-2, (2001). Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkühe. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. Frankfurt a. Main.
- Herlin A.H., Andersson I. (1996). Soil ingestion in farm animals; a review. *JBT Report* 105. Swedish University of Agricultural Sciences. Lund.
- Kaufmann, W. (1976). Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. *Livestock Production Sci.* 3, S. 103-114.
- Kleen, J., Hooijer, G., Rehage, J., & Noordhuizen, J. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *Journal of Veterinary Medicine A. Physiology Pathology and Clinical Medicine*, S. 406-414.
- Oetzel, G. (2007). Subacute ruminal acidosis in dairy herds: Physiology, pathophysiology, milk fat responses, and nutritional management. S. 89-119.
- O'Grady, L., Doherty, M. L., Mulligan, F. J., 2008: Subacute ruminal acidosis (SARA) in grazing Irish dairy cows. *Vet. J.*, 176, 44-49.