

Nutztiere

Anionische Salze in der Milchviehfütterung

Hans Dieter Hess und Jürg Kessler, Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP), CH-1725 Posieux

Annette Liesegang und Cosima M. L. Chiappi, Institut für Tierernährung, Universität Zürich, CH-8057 Zürich

Auskünfte: Hans Dieter Hess, E-Mail: dieter.hess@alp.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 72 75

Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit Milchkühen wurden die Auswirkungen der Zufütterung von anionischen Salzen und des Kalziumangebots auf den Mineralstoffmetabolismus und den Säure-Basenhaushalt im Zeitraum um das Abkalben untersucht. 24 Holsteinkühe wurden ab dem 263. Trächtigkeitstag bis zum Abkalben gleichmässig auf vier Verfahren verteilt (n = 6). Zwei Gruppen erhielten eine Ration mit niedrigem Kalziumgehalt (3 g/kg TS) und zwei Gruppen eine Ration mit hohem Kalziumgehalt (7 g/kg TS). Je eine Gruppe mit hohem und eine mit niedrigem Kalziumangebot bekamen zudem anionische Salze. Unabhängig vom Kalziumangebot erhöhten die anionischen Salze die Kalziumausscheidung über den Harn vor dem Abkalben, ohne aber die Kalziumretention vor oder nach dem Abkalben zu beeinflussen. Im Gegensatz dazu wurde die Phosphorretention vor dem Abkalben durch die anionischen Salze vermindert. Die Mehrheit der Blutparameter wurde durch die anionischen Salze oder das Ca-Angebot nicht wesentlich beeinflusst. Eine Ausnahme bildeten der Basenüberschuss und die Bikarbonatkonzentration, welche beim Verfahren mit anionischen Salzen und dem niedrigen Kalziumangebot auf eine leichte Ansäuerung des Organismus hindeuteten. In diesem Verfahren lag der pH-Wert im Harn zum Kalbezeitpunkt deutlich tiefer als in den übrigen Verfahren (7,0 vs. 8,5). Inwieweit diese Ansäuerung ausreicht, um dem Milchfieber wirksam vorzubeugen, kann aufgrund der vorliegenden Daten aber nicht beurteilt werden.

Die Gebärpause («Milchfieber») ist eine komplexe Stoffwechselstörung der Milchkuh, die durch eine schwerwiegende Hypokalzämie (Absinken der Kalziumkonzentration im Blut) im Zeitraum um das Abkalben charakterisiert ist (Goff und Horst 1997). Auslösend ist die Einsetzung der Milchbildung, welche zu einem relativ schnellen Verlust von Kalzium (Ca) aus dem Blut ins Kolostrum führt. In der Schweiz ist die Gebärpause neben Ketose und Mastitis eine der häufigsten Krankheiten bei Hochleistungskühen und gehört zu den wirtschaftlich bedeutendsten und teuersten Krankheiten.

Lange Zeit versuchte man, über eine Reduktion des Ca-Angebotes in den letzten vier Trächtigkeitswochen die Häufigkeit von Gebärpause zu verringern. Durch das knappe Ca-Angebot sollten dabei die Regulationsmechanismen der Ca-Homöostase (Homöostase = Aufrechterhaltung eines Gleichgewichtszustandes) stimuliert werden, um eine effizientere Ca-Absorption aus dem Magen-Darmtrakt und eine erhöhte Ca-Mobilisation aus den Knochen zum Kalbezeitpunkt zu erreichen. Die Ca-Mobilisation aus den Knochen ist bei festliegenden Kühen im Vergleich zu nicht festliegenden Kühen zum Zeitpunkt des

Abkalbens jedoch nicht signifikant verschieden (Liesegang *et al.* 1998). Zudem haben Untersuchungen von Goff und Horst (1997) keinen Einfluss des Ca-Angebotes in der Ration (0,5 gegenüber 1,5 % Ca) vor dem Abkalben auf die Häufigkeit des Auftretens von Hypokalzämie gezeigt. Demgegenüber nahm diese bei einer Erhöhung des Kaliumangebotes in der Ration von 11 auf 31 g/kg Trockensubstanz (TS) deutlich zu. Dies führten Goff und Horst (1997) auf eine metabolische Alkalisierung durch das Kation Kalium zurück. Damit wird die Fähigkeit der Kuh, die Ca-Homöostase aufrecht zu erhalten, vermindert. Aus diesem Ergebnis heraus entwickelte sich die Idee, durch eine Verschiebung der Kationen-Anionen-Differenz der Ration (DCAD, dietary cation-anion difference) in einen niedrigeren Bereich, dem Milchfieber wirkungsvoll vorbeugen zu können. Durch die auf diese Weise ausgelöste metabolische Azidose soll die Ca-Absorption aus dem Verdauungstrakt und die Ca-Mobilisation aus den Knochen gefördert werden (Goff *et al.* 1991).

Das Verschieben der DCAD kann unter anderem durch die Verfütterung von Anionenlieferanten wie Sulfaten und Chloriden von Magnesium, Kalzium und Ammonium erfolgen. Diese können der Ration einzeln oder als Gemisch in Form von Spezialprodukten zugesetzt werden. Die Umsetzung des DCAD-Konzeptes unter schweize-

rischen Fütterungsbedingungen, mit raufutter- beziehungsweise kaliumreichen Rationen, gibt jedoch zahlreiche Probleme auf. Im Weiteren ist die Rolle des Ca-Angebotes bei Verfütterung von anionischen (sauren) Salzen nicht ausreichend geklärt. In einem Fütterungsversuch mit Milchkühen wurden deshalb die Auswirkungen der Zufütterung von sauren Salzen und des Ca-Angebots auf den Mineralstoffmetabolismus und den Säure-Basenhaushalt im Zeitraum um das Abkalben untersucht.

Versuchsbeschreibung

Vierundzwanzig Holsteinkühe wurden nach den Kriterien Laktationsnummer und Milchproduktion in der vorausgehenden Laktation (100-Tagesabschluss) gleichmässig auf vier Verfahren verteilt. Jede Gruppe erhielt ab

Tab. 1. Versuchsanlage

Versuchstiere	4 × 6 Holsteinkühe, dritte bis fünfte Laktation, davon 4 × 3 Tiere im Bilanzversuch
Versuchsdauer	Ab 263. Trächtigkeitstag bis 19. Laktationstag
Haltung	Anbindehaltung
Versuchsanordnung	2 × 2 Faktorversuch mit Blockanordnung
Versuchsparameter	Futtermverzehr, Wasserkonsum, Milchproduktion, Milchzusammensetzung, Nähr- und Mineralstoffbilanz, pH-Wert Harn, Blutparameter

dem 263. Trächtigkeitstag bis zum Abkalben eine unterschiedliche Ration. Die Gruppen Ca3KON und Ca3AN erhielten eine Ration mit niedrigem Kalziumgehalt (3 g/kg TS) und die Gruppen Ca7KON und Ca7AN eine Ration mit hohem Kalziumgehalt (7 g/kg TS). Zusätzlich erhielten die Gruppen Ca3AN und Ca7AN saure Salze.

Bei zwölf Kühen, jeweils drei pro Verfahren, wurde vom 270.

bis 277. Trächtigkeitstag und vom 11. bis 15. Tag nach dem Abkalben je eine Nähr- und Mineralstoffbilanz erstellt. Dabei wurden in den beiden Bilanzperioden jeweils die gleichen Tiere eingesetzt. Mit Ausnahme der Bilanzen wurden bei den restlichen zwölf Kühen die gleichen Versuchsparameter erhoben (Tabelle 1). In Tabelle 1 sind weitere Einzelheiten zur Versuchsanlage und in Tabelle 2 zu den verabreichten Rati-

Tab. 2. Futterangebot (kg TS pro Tag) und Zusammensetzung (g/kg TS) der Versuchsrationen

	Bis zum Abkalben				Abkalben bis 4 Tage postpartum	5. Tag postpartum bis Versuchsende
	Ca3KON	Ca3AN	Ca7KON	Ca7AN		
<i>Tägliches Futterangebot</i>						
Heu	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	5,32
Maiswürfel	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
Futtermrüben	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
Proteinkonzentrat	0,71	0,71	0,71	0,71	1,16	1,52
Energiekonzentrat	-	-	-	-	1,29	2,58
Saure Salze (AN)	-	1,48	-	1,48	-	-
Placebo (KON)	1,47	-	1,47	-	-	-
Mineralsalz (Ca3)	0,26	0,26	-	-	0,26	0,26
Mineralsalz (Ca7)	-	-	0,26	0,26	-	-
<i>Zusammensetzung</i>						
Organische Substanz	909	902	909	902	916	919
Rohprotein	111	124	111	124	122	130
Rohfaser	180	178	180	178	174	163
Neutrale Detergentienfaser (NDF)	353	353	353	353	363	347
Saure Detergentienfaser (ADF)	215	214	215	214	217	205
NEL (MJ/kg TS) ¹	5,45	5,54	5,45	5,54	6,27	6,41
Kalzium	3,1	3,0	6,8	6,8	3,5	4,0
Phosphor	4,6	5,8	4,6	5,7	3,1	3,3
Magnesium	3,8	3,6	3,8	3,6	1,5	1,6
Natrium	1,2	1,2	1,0	1,1	1,3	1,3
Kalium	18,9	18,5	18,9	18,5	18,9	18,6
Schwefel	1,4	4,7	1,4	4,6	1,5	1,6
Chlor	3,0	3,9	3,0	3,0	3,2	3,2
DCAD (mEq/kg TS) ²	+189	-47	+222	+22	+255	+238

¹Nettoenergie Laktation, berechnet nach RAP (1999)

²Kationen-Anionen Differenz der Ration, berechnet als mEq/kg TS = (0,2 Ca²⁺ + 0,16 Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺) - (Cl⁻ + 0,6 S²⁻ + 0,65 P³⁻)

onen zusammengefasst. Zur Berechnung der DCAD werden in der Literatur verschiedene Formeln vorgeschlagen (Goff 2000, Goff und Horst 2003). Je nach Formel fällt die DCAD der vier Versuchsvarianten unterschiedlich aus. Im vorliegenden Versuch wurde die DCAD anhand der Formel $DCAD (mEq/kg TS) = (0,2 Ca^{2+} + 0,16 Mg^{2+} + Na^+ + K^+) - (Cl^- + 0,6 S^{2-} + 0,65 P^{3-})$ berechnet (Goff und Horst 2003). Diese Formel berücksichtigt alle wichtigen Kationen und Anionen und ihr relatives Ansäuerungsvermögen. Die Rationen Ca3KON, Ca3AN, Ca7KON und Ca7AN wiesen gemäss dieser Formel ein DCAD von +190, -47, +222 und +22 mEq/kg TS auf. Die DCAD des Verfahrens Ca3AN ist praktisch identisch mit dem Wert von -50 mEq/kg TS, ab welchem eine wirkungsvolle Ansäuerung des Stoffwechsels eintreten sollte (Goff 2000).

Eckdaten Futterverzehr, Wasserkonsum und Leistung

Im Futterverzehr sowie im Wasserkonsum unterschieden sich die Tiere der vier Versuchsvarianten weder vor noch nach dem Abkalben wesentlich. Im Gegensatz zu gewissen Beobachtungen in der Praxis haben alle Versuchskühe die Mischung mit sauren Salzen gut gefressen.

Die durchschnittliche tägliche Milchleistung in den ersten Tagen nach dem Abkalben betrug 38,1 kg ECM pro Kuh und wurde weder durch das unterschiedliche Kalziumangebot noch durch die Verabreichung von sauren Salzen vor dem Abkalben wesentlich beeinflusst. Auch die Milchezusammensetzung unterschied sich nicht zwischen den Verfahren. Block (1984) und Beede *et al.* (1991) stellten in ihren Untersuchungen bei den Kühen, welche vor dem Abkalben saure Salze erhielten, eine deutlich höhere Milchleistung

in der nachfolgenden Laktation fest. Eine positive Wirkung von sauren Salzen auf die Milchleistung lässt sich unter anderem mit der verminderten Häufigkeit von Milchfieber und den damit verbundenen Gesundheitsproblemen erklären.

Verdaulichkeit der Mineralstoffe kaum beeinflusst

Das Verfahren mit hohem Ca-Angebot ohne saure Salze wies numerisch die tiefste und das Verfahren mit tiefem Ca-Angebot mit sauren Salzen die höchste Ca-Verdaulichkeit auf. Beim tiefen Ca-Angebot war die Ca-Verdaulichkeit numerisch höher als beim hohen und bei den Rationen mit sauren Salzen war sie besser als bei denjenigen ohne Zulage von sauren Salzen. Alle diese Unterschiede in der Ca-Verdaulichkeit waren jedoch statistisch nicht signifikant. Das Ca-Angebot hatte keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit der Elemente Phosphor (P) und Magnesium (Mg). Diese wurde hingegen durch die Verfütterung von sauren Salzen wesentlich verschlechtert. Diese Unterschiede in der scheinbaren Verdaulichkeit der Mengenelemente beschränkten sich auf die Zeit vor dem Abkalben. Nach dem Abkalben waren die Werte für alle Verfahren ähnlich.

lichkeit der Elemente Phosphor (P) und Magnesium (Mg). Diese wurde hingegen durch die Verfütterung von sauren Salzen wesentlich verschlechtert. Diese Unterschiede in der scheinbaren Verdaulichkeit der Mengenelemente beschränkten sich auf die Zeit vor dem Abkalben. Nach dem Abkalben waren die Werte für alle Verfahren ähnlich.

Mineralstoffverwertung nur mit geringen Unterschieden

In der Ca-Retention (Retention = Aufnahme minus Ausscheidung über Kot, Harn und Milch) bestand zwischen den vier Verfahren keine signifikante Differenz (Tab. 3). Die Verfütterung von sauren Salzen führte jedoch zu einer signifikant erhöhten Ca-Ausscheidung über den Harn. Aus diesem Grund empfahlen Sanchez *et al.* (2000) bei der Verfütterung von sauren Salzen die Ca-Konzentration

Tab. 3. Kalzium- und Phosphorverwertung vor und nach dem Abkalben (mg/g Aufnahme)

	Verfahren			
	Ca3KON	Ca3AN	Ca7KON	Ca7AN
<i>Bilanz 1 (Ende Trächtigkeit)</i>				
Kalzium				
Kot	888	830	929	890
Harn	9 ^{ab}	27 ^a	4 ^b	10 ^{ab}
Retention	103	142	67	101
Phosphor				
Kot	875	935	850	953
Harn	4	13	8	4
Retention	122	52	142	44
<i>Bilanz 2 (Beginn Laktation)</i>				
Kalzium				
Kot	726	806	800	661
Harn	7	7	2	9
Milch	648	719	691	664
Retention	-382	-532	-493	-334
Phosphor				
Kot	551	541	595	524
Harn	5	6	5	4
Milch	588 ^b	649 ^a	634 ^{ab}	576 ^b
Retention	-144 ^{ab}	-196 ^{ab}	-233 ^a	-104 ^b

Werte derselben Linie mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden (P<0,05)

on in der Ration zu erhöhen, um die zusätzlichen Ca-Verluste zu kompensieren. Das Ca-Angebot beeinflusste die P- und Mg-Verwertung nicht wesentlich. Im Gegensatz dazu führte die Verfütterung von sauren Salzen zu einer signifikanten Reduktion der P- sowie Mg-Retention, wobei diese beim Mg deutlich negativ war. Die beobachtete Reduktion war hauptsächlich das Ergebnis erhöhter Verluste über den Kot. Nach dem Abkalben waren diese durch die sauren Salze bedingten Differenzen in der P- und Mg-Verwertung nicht mehr zu beobachten. Es ist jedoch erwähnenswert, dass nach dem Abkalben die P-Retention im Verfahren Ca7AN deutlich höher lag als im Verfahren Ca7KON. Weder das Ca-Angebot noch die sauren Salze wirkten sich auf die Verwertung der Elemente K, Na und Cl aus.

Eine Gegenüberstellung der Retentionswerte vor und nach dem Abkalben zeigte für die meisten Elemente deutliche Unterschiede. War die Ca-Retention bei allen Verfahren vor dem Abkalben durchwegs positiv, so fiel sie nach dem Abkalben deutlich negativ aus. Dies trifft auch auf P und teilweise auf Mg zu. Die nach dem Abkalben beobachtete negative Ca- und P-Retention kann unter anderem mit der Mobilisierung von Ca- und P-Reserven aus dem Skelett erklärt werden.

Harn-pH-Wert beeinflusst

Wie aus der Abbildung 1 hervorgeht, wies der Harn im Verfahren mit tiefem Ca-Angebot und sauren Salzen (Ca3AN) rund eine Woche vor bis einen Tag nach dem Abkalben deutlich tiefere pH-Werte auf als in den übrigen Verfahren. Zum Abkalbzeitpunkt lag der pH-Wert unter 7,0. Für Holsteinkühe liegt der optimale Wert für die Milchfieberprophylaxe zwischen 6,0 und 6,5 (Horst und Goff 1997).

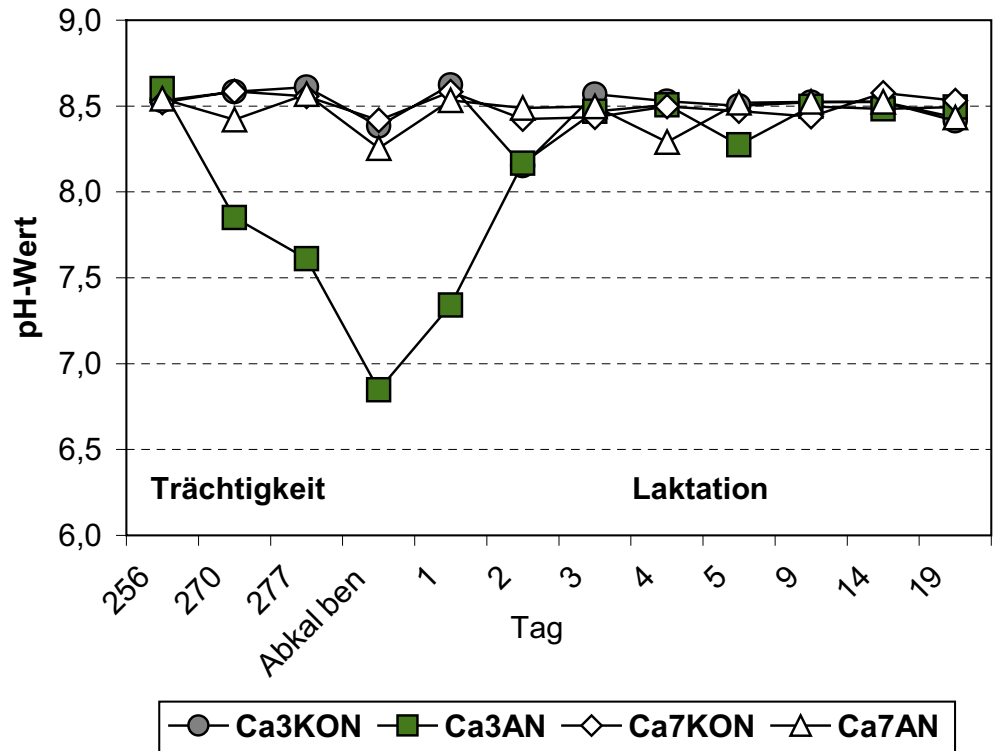


Abb. 1. Verlauf des Harn-pH-Wertes.

Gemäss Goff (1992) kann aber bereits ab einem Wert von 7,3 mit einer gewissen prophylaktischen Wirkung von sauren Salzen gerechnet werden. Über die Zuverlässigkeit des Harn-pH-Wertes zur Beurteilung der Wirkung von Zulagen von sauren Salzen liegen jedoch gegensätzliche Aussagen vor. In einer Feldstudie von Gelfert *et al.* (2004) zeigte der pH-Wert des Harns nur in wenigen Fällen die azidotische Wirkung der sauren Salze an. Demgegenüber unterschieden sich die Harn-pH-Werte der Tiere mit und ohne saure Salze in den Untersuchungen von Moore *et al.* (2000) signifikant.

Blutwerte weitgehend vergleichbar

Die Ca-Konzentration war bei allen vier Verfahren zum Abkalbzeitpunkt deutlich erniedrigt. Nach Breves *et al.* (1999) sind Ca-Konzentrationen unter 1,88 mmol/l mit einer subklinischen Hypokalzämie gleichzusetzen. Der Mittelwert des Verfahrens Ca3KON lag genau auf diesem Grenzwert, wäh-

rend die übrigen Verfahren leicht höhere Werte aufwiesen. Die Unterschiede zwischen den Verfahren waren jedoch nicht signifikant.

Gewisse Differenzen beim Säure-Basenhaushalt

Der pH-Wert des arteriellen Blutes lag im normalen Bereich und wurde durch die sauren Salze nicht beeinflusst (Tab 4.). Joyce *et al.* (1997) fanden bei Kühen mit sauren Salzen einen signifikant verminderten pH-Wert im venösen Blut. Moore *et al.* (2000) konnten dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigen. Beim Bikarbonatgehalt wies das Verfahren Ca7KON den höchsten und das Verfahren Ca3AN den tiefsten Wert auf. Ein analoges Bild ergab sich für den Basenüberschuss. Eine metabolische Azidose wird durch einen pH-Wert im Blut von <7,4 und eine Bikarbonatkonzentration von <25 mmol/l charakterisiert. Mit 24,5 mmol/l lag das Verfahren Ca3AN etwas unter diesem Wert, was auf eine leicht azidotische Stoffwechsellage hinweist.

Tab. 4. Werte des Säure-Basenhaushalts im arteriellen Blut¹

	Verfahren			
	Ca3KON	Ca3AN	Ca7KON	Ca7AN
<i>Bilanz 1 (Ende Trächtigkeit)</i>				
pH-Wert	7,44	7,44	7,46	7,46
HCO ₃ ⁻	26,4 ^{ab}	24,5 ^a	27,3 ^b	26,2 ^{ab}
SBE ²	2,7 ^{ab}	1,0 ^a	3,7 ^b	2,7 ^{ab}
<i>Bilanz 2 (Beginn Laktation)</i>				
pH-Wert	7,42	7,41	7,45	7,42
HCO ₃ ⁻	27,9	27,0	29,6	27,6
SBE ²	3,8	3,0	5,7	3,6

Werte derselben Linie mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden (P<0,05)

¹Probenahme aus der Ohrarterie; ²Basenüberschuss (Standard base excess)

Schwierige Beurteilung der Wirkung

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, liegt nur die DCAD des Verfahrens Ca3AN in einem Bereich, bei welchem eine prophylaktische Wirkung von sauren Salzen hinsichtlich des Auftretens von Milchfieber zu erwarten ist. Ausgehend von den Grössen Ca-Ausscheidung über den Harn, pH-Wert im Harn sowie Basenüberschuss und Bikarbonatkonzentration im Blut kann für dieses Verfahren von einer gewissen den Stoffwechsel ansäuernden Wirkung der sauren Salze ausgegangen werden. Dies obwohl der pH-Wert des arteriellen Blutes nicht wesentlich auf die sauren Salze reagierte. Ob diese Ansäuerung für eine wirksame Milchfieberprophylaxe ausreicht, kann mit den vorliegenden Ergebnissen nicht abschliessend beantwortet werden. Im Gegensatz zum Verfahren Ca3AN blieben beim Verfahren Ca7AN die meisten Indikatoren, welche auf eine metabolische Azidose hinweisen, unverändert. Dies deutet darauf hin, dass die Wirkung der sauren Salze durch die Erhöhung des Ca-Gehalts in der Ration grösstenteils aufgehoben wurde. Wie die Versuchsergebnisse im Weiteren zeigten, wurde durch ein höheres Ca-Angebot bei

Verabreichung von sauren Salzen die Ca-Retention vor dem Abkalben nicht wesentlich beeinflusst. Sowohl bei niedrigem als auch bei hohem Ca-Angebot fiel die Ca-Retention positiv aus. Nicht zuletzt ist festzuhalten, dass sich die unterschiedliche Versorgung mit Kationen und Anionen vor dem Abkalben nicht wesentlich auf den Mineralstoffhaushalt nach dem Abkalben auswirkte.

Folgerungen und Merkpunkte für die Praxis

■ Die Verfütterung von sauren Salzen kann auch unter schweizerischen Fütterungsbedingungen, mit raufutterreichen Rationen, zu einer leichten Ansäuerung des Stoffwechsels und zu einer Absenkung des Harn-pH-Wertes führen.

■ Die gleichzeitige Erhöhung des Kalziumangebotes kann die ansäuernde Wirkung von anionischen Salzen zumindest teilweise aufheben.

■ Die Bestimmung des Harn-pH-Wertes zur Überprüfung der Wirksamkeit von sauren Salzen ist zwar umstritten, stellt aber für Routineuntersuchungen mit Abstand die am einfachsten zu erhebende Messgrösse dar.

■ Die Absenkung der Kationen-Anionen-Differenz (DCAD) kann unter anderem durch die Verabreichung von Sulfaten und Chloriden von Magnesium, Kalzium und Ammonium erfolgen. Das Ansäuerungsvermögen von Chloriden ist wesentlich höher als jenes von Sulfaten. Der S-Gehalt in der Gesamtration sollte mindestens 2,5 und höchstens 4,5 g/kg TS betragen.

■ Die DCAD der Ration sollte mindestens annähernd bekannt sein. Die Gehalte an Ca, P, Mg, K, S und Cl müssen entweder analysiert oder anhand von Tabellenwerten geschätzt werden.

■ Bei einer DCAD von über +200 mEq/kg TS lohnt sich der Einsatz von sauren Salzen kaum. Liegt die DCAD über diesem Wert, sollten K-reiche Raufutter durch Futtermittel mit einem K-Gehalt von unter 15 g/kg TS ersetzt werden.

■ Während der Verabreichung von sauren Salzen sollten der Ration keine Kationenlieferanten wie Natriumbikarbonat (Puffer) oder Futterkalk zugesetzt werden.

■ Der Einsatz von sauren Salzen zur Prophylaxe von Milchfieber erfolgt ausschliesslich in den letzten drei bis vier Wochen vor dem Abkalben. In der Regel werden saure Salze nicht an erstkalbende Kühe verabreicht, da bei diesen das Risiko, an Milchfieber zu erkranken, gering ist.

■ Saure Salze dürfen nicht an festliegende Kühe verabreicht werden.

Literatur

■ Block E., 1984. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J. Dairy Sci.* **67**, 2939-2948.

- Breves G., Praechter Ch. & Schröder B., 1999. Calcium metabolism in ruminants – Physiological aspects and effects of anion rich diets. *Proc. Soc. Physiol.* **8**, 27-35.
- Gelfert C.-C., Zarrath M., Eustermann S. & Staufenbiel R., 2004. Überwachung des Einsatzes saurer Salze in Milchviehherden durch Futter- und Harnuntersuchungen. *Der praktische Tierarzt* **85** (5), 422-430.
- Goff J.P., 1992. Cation-anion difference of diets and its influence of milk fever and subsequent lactation. The good and the bad news. *Proc. Cornell Nutr. Conf. for feed manufacturers*, 148-157.
- Goff J.P., 2000. Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* **16** (2), 319-337.
- Goff J.P. & Horst R.L., 1997. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **80**, 176-186.
- Goff J.P. & Horst R.L., 2003. Role of acid-base physiology on the pathogenesis of parturient hypocalcemia (milk fever) – the DCAD theory in principle and practice. *Acta Vet. Scand. Suppl.* **97**, 51-66.
- Horst R.L. & Goff J.P., 1997. Milk fever and dietary potassium. *Proc. Cornell Nutr. Conf. for feed manufacturers*, 181-189.
- Joyce P.W., Sanchez W.K. & Goff J.P., 1997. Effect of anionic salts in prepartum diets based on alfalfa. *J. Dairy Sci.* **80**, 2866-2875.
- Liesegang A., Sassi M.-L., Ristelli J., Eicher R., Wanner M. & Riond J.-L., 1998. Comparison of bone re-
- sorption markers during hypocalcemia in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **81**, 2614-2622.
- Moore S.J., VandeHaar M.J., Sharma B.K., Pilbeam T.E., Beede D.K., Bucholtz H.F., Liesman J.S., Horst R.L. & Goff J.P., 2000. Effects of altering dietary cation-anion-difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. *J. Dairy Sci.* **83**, 2095-2104.
- RAP, 1999. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Verlag LmZ Zollikofen. 327 S.
- Sanchez W., Giesy J. & Griffler L., 2000. Adjustment of DCAD may improve performance. *Feed-stuffs* **38** (72), 11-13.

RÉSUMÉ

Sels anioniques dans l'alimentation de la vache laitière

Dans un essai d'alimentation de la vache laitière, les effets de l'apport de sels anioniques ainsi que de différentes concentrations de calcium sur le métabolisme minéral ainsi que sur le bilan acido-basique de la vache ont été étudiés durant la période puerpérale. Dès le 263^{ème} jour de gestation, 24 vaches de race Holstein ont été réparties de façon équilibrée dans les quatre traitements expérimentaux (n=6). Deux groupes reçurent une ration à faible concentration en calcium (3 g/kg MS), les deux autres groupes une ration à haute concentration en calcium (7 g/kg MS). Un des deux groupes de chaque ration alimentaire (respectivement 3g Ca /kg MS et 7g Ca /kg MS) reçut en complément des sels anioniques. Indépendamment de la concentration de calcium dans la ration, l'ajout de sels anioniques a augmenté l'excrétion de calcium dans l'urine avant le vêlage; ceci sans toutefois modifier la rétention calcique durant la période pré- ou post-partum. La rétention de phosphore fut au contraire diminuée par les sels anioniques avant vêlage. La majorité des paramètres sanguins étudiés ne furent pas modifiés par les concentrations de calcium ou l'ajout de sels anioniques; l'excès de bases et la concentration de bicarbonate font exception à cette règle. Cela démontre une faible acidification du métabolisme lors de la distribution d'une ration à faible concentration en calcium associée à un ajout de sels anioniques. Lors de ce procédé expérimental, la valeur du pH urinaire au moment du vêlage était significativement plus basse que celles des autres traitements expérimentaux (7.0 vs 8.5). Cependant, la faible acidose provoquée par une ration faible en calcium et un ajout de sels anioniques ne permet pas d'établir un effet prophylactique avéré contre la fièvre du lait.

SUMMARY

Anionic salts in the feeding of dairy cattle

A feeding trial with dairy cows was conducted to assess the effect of different calcium concentrations in diets without or with the supplementation of anionic salts on mineral metabolism and acid-base balance in periparturient cows. Twenty-four Holstein cows were assigned to four groups. From day 263 of gestation until parturition, each group was fed a different diet. Groups A and B received a low calcium diet (3 g/kg DM) and groups C and D received a high calcium diet (7 g/kg DM). Additionally, groups B and D were supplemented with anionic salts. The dietary-cation-anion difference (DCAD) was calculated as $DCAD (mEq/kg DM) = (0.2 Ca^{2+} + 0.16 Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}) - (Cl^{-} + 0.6 S^{2-} + 0.65 P^{3-})$. The diets A, B, C and D presented a DCAD of +190, -48, +222 and +22, respectively. Independent of the Ca level in the diet, the supplementation of anionic salts increased Ca excretion with urine prepartum without affecting Ca retention pre- or postpartum. In contrast, P retention prepartum was decreased by supplementation of anionic salts. With the exception of bicarbonate concentration and standard base excess, which indicated a slight metabolic acidosis in group B, blood parameters were not affected by dietary Ca concentration or supplementation of anionic salts. In group B, urinary pH around parturition was significantly lower than in the remaining groups (7.0 vs. 8.5). However, it remains unclear to which extent this slight acidosis could prevent the incidence of milk fever.

Key words: anionic salts, calcium, dairy cow, milk fever, minerals