

# Das Dietary Cation-Anion Difference (DCAD)-Konzept bei der Milchkuh

M. Rérat<sup>1</sup>, A. Philipp<sup>1,2</sup>, H.D. Hess<sup>1</sup> und A. Liesegang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP

<sup>2</sup>Institut für Tierernährung, Vetsuisse Fakultät, Universität Zürich

Kontaktperson: Dr. med. vet. Michel Rérat, [michel.rerat@alp.admin.ch](mailto:michel.rerat@alp.admin.ch)

## Das DCAD-Konzept

Der Dietary Cation-Anion Difference (DCAD)-Wert gibt das Verhältnis zwischen Kationen und Anionen einer Ration wieder. Es wird als Milliäquivalenten (mEq) von  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$  pro Kilogramm Trockensubstanz definiert (Block, 1984) und übt einen Effekt auf den Säure-Base-Haushalt (SBH) aus. Das DCAD-Konzept basiert auf der „Strong Ion Difference“ Theorie von Stewart (1983). Diese beschreibt die Differenz der Gesamtheit von „strong cations“ ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) und „strong anions“ ( $\text{Cl}^-$ ) im Blut. Die Meta-Analyse von Oetzel (1991) hat gezeigt, dass auch  $\text{S}^{2-}$  einen signifikanten Einfluss auf den SBH der Kuh hat. Der Gehalt an positiv geladenen Partikeln (Kationen) muss in jeder gegebenen Lösung der Anzahl negativ geladener Partikel (Anionen) entsprechen, um die nötige elektrische Neutralität zu wahren. Werden Kationen zu einer Lösung wie dem Plasma hinzugegeben, sinkt die Anzahl der  $\text{H}^+$ -Ionen während die Menge an  $\text{OH}^-$ -Ionen steigt, um die physiologische Elektroneutralität aufrechtzuerhalten. Gibt man der Lösung umgekehrt Anionen hinzu, steigt die Anzahl der  $\text{H}^+$ -Ionen und der pH-Wert sinkt (Stewart, 1983). Rationen mit einem Kationenüberschuss haben einen positiven DCAD-Wert und führen zu einer basischen Stoffwechsellage. Anionen haben eine ansäuernde Wirkung und führen bei Überschuss in der Ration zu einer metabolischen Azidose. Beide Stoffwechsellagen können in den meisten Fällen durch die Homöostase kompensiert werden.

## Milchfieberprophylaxe mit Hilfe des DCAD-Konzepts

Gaynor et al. (1989) vertraten die Ansicht, dass eine metabolische Azidose die Ca-Homöostase verbessern kann, indem die Ca-Mobilisation aus dem Knochen gefördert wird. Zudem bewirkt eine azidotische Stoffwechsellage einen Anstieg des ionisierten Ca im Blut (Block, 1994). Dieses Konzept wird heutzutage für die Milchfieberprophylaxe genutzt. Rationen mit niedrigem Kationen-Anionen-Verhältnis (niedriger DCAD-Wert des Futters), d.h. mit tiefen Gehalten an Na und K oder mit hohen Gehalten an Cl und S, können Milchfieber verhindern (Goff et al., 1991).

In einem Versuch von Goff und Horst (1997) hatte der Ca-Gehalt der Ration keine signifikanten Auswirkungen auf die Inzidenz von Milchfieber oder den Schweregrad der Hypokalzämie. Da die Tiere sich in der Zeit vor der Kalbung noch in einer positiven Ca-Bilanz befinden, wird das zusätzliche Ca, das jetzt in den extrazellulären Flüssigkeitspool eintritt, über die Nieren ausgeschieden (Goff, 2000). Ein niedriger DCAD-Wert führt zu einer erhöhten Ca-Ausscheidung über den Urin (Gaynor et al., 1989). Erwünscht ist lediglich eine leichte Beeinflussung der Stoffwechsellage durch eine milde metabolische Azidose, welche einen positiven Einfluss auf die Ca-Homöostase hat, aber weniger drastische Auswirkungen auf den Stoffwechsel besitzt. Diese Form der metabolischen Azidose wird kompensiert, d.h. nur der pH-Wert des Harns erniedrigt sich nicht aber jener des Blutes. Der Harn-pH-Wert kann somit als Indikator für die Effizienz einer Fütterung entsprechend dem DCAD-Konzept herangezogen werden.

### **Messung des Säure-Basen-Haushaltes**

Um die Wirkung des DCADs genau zu messen, muss man den SBH bestimmen. Roche et al. (2000) zeigten, dass DCAD-Werte unter 150 mEq/kg TS eine Erniedrigung des Harn-pH-Wertes provozieren. Zur Erkennung der chronischen Belastungen des SBH liefert die Analyse des Harns im Gegensatz zum Blut gute diagnostische Informationen (Fürrl, 1993). Laut Bender et al. (2003) zeigt der Harn im Gegensatz zum Blut bereits sehr früh saure oder alkalische Belastungen auf. Der Blut-pH wird durch spezielle Puffersysteme in engen Grenzen gehalten. Während der pH-Wert im Harn ein Mass für die freien, ungepufferten Wasserstoffionen ist, stellt die Netto-Säure-Basen Ausscheidung (NSBA) im Harn die Gesamtheit der Wasserstoffionen dar, also auch der gepufferten (Bender et al., 2003). Die NSBA gibt die Differenz von ausgeschiedenen Basen minus ausgeschiedenen Säuren (und Ammoniak) an. Um Diureseschwankungen zu berücksichtigen, wird der Basen-Säuren-Quotient (BSQ) berechnet, welcher das Verhältnis Basen/Säure im Harn wiedergibt.

### **Fütterung unter Berücksichtigung des DCAD-Konzepts**

Um negative DCAD-Werte zu erreichen und eine effektive kompensierte metabolische Azidose zu provozieren, werden in der Praxis oft anionische Salze der Ration zugesetzt, welche jedoch die Palatabilität reduzieren. Die Meta-Analyse von Charbonneau et al. (2006) zeigt, dass eine Verminderung des DCAD-Werts von + 300 auf 0 mEq/kg Trockensubstanz (TS) die Futteraufnahme um 11.3% reduziert. Die Umsetzung des DCAD-Konzepts in der Schweiz mittels der Fütterung anionischer Salze gestaltet sich als eher schwierig, da der hohe Kationengehalt des Wiesenfutters (v.a. durch K) die Wirkung der anionischen Salze beeinträchtigt (Hess et al., 2006).

Liesegang et al. (2007) beobachteten keine Anzeichen für eine erhöhte Knochenmobilisierung nach der Fütterung einer mit anionischen Salzen angereicherten Ration unter schweizerischen Bedingungen. Wegen dem hohen K-Gehalt des Dürrfutters (23-43 g/kg TS; ALP, 2010) liegt der DCAD-Wert einer durchschnittlichen Raufuttermischung für Galkühe um + 450 mEq/kg TS (Kessler, 1996). Rationen mit einem dermassen ausgeprägten Kationenüberschuss führen zu einer alkalotischen Stoffwechsellage. Für Goff (2008) sind K-reiche Rationen der wichtigste Risikofaktor für Milchfieber. Es ist wahrscheinlich, dass präpartale, kationenreiche Rationen eine Reduktion der Sensitivität von Knochen- und Nierengewebe gegenüber dem Parathormon bewirken (Goff, 2000). Dieses Hormon ist für eine erhöhte Ca-Mobilisation aus den Knochen respektiv erhöhte Rückresorption von Ca in den Nieren verantwortlich. Aber zwischen Kühen mit und ohne Hypokalzämie scheinen keine Unterschiede im Ausmass der Kalziummobilisation aus den Knochen zu bestehen (Liesegang et al., 1998).

### **Die Schweiz forscht über DCAD**

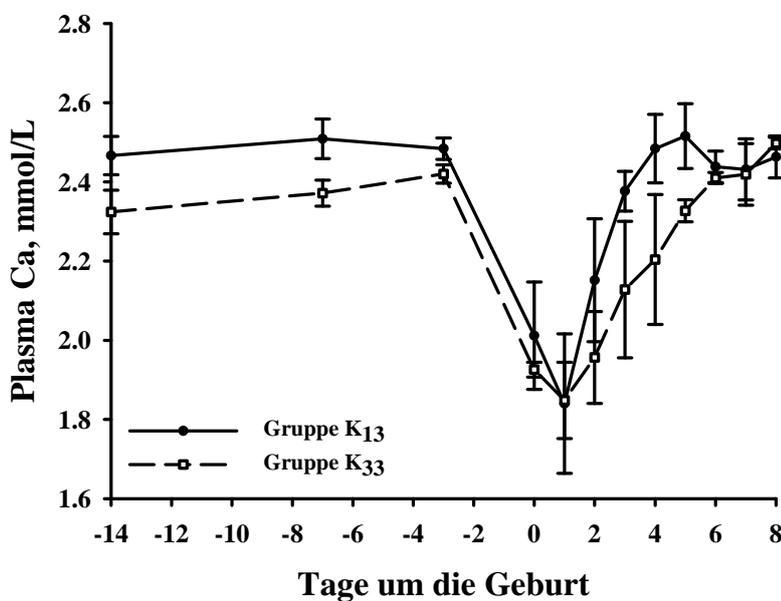
In den letzten Jahren hat es zwischen ALP und dem Institut für Tierernährung der Vetsuisse Fakultät der Universität Zürich vermehrt Zusammenarbeiten hinsichtlich der Prävention von Hypokalzämie geben. Ziel der nachfolgend vorgestellten Arbeit war es, den Einfluss verschiedener K-Gehalte im Raufutter auf den peripartalen Ca-Stoffwechsel und den SBH zu untersuchen. Für den Versuch wurden 12 Milchkühe, die sich zu Versuchsbeginn 5 Wochen vor dem errechneten Abkalbungstermin befanden, auf 2 Gruppen (**K<sub>33</sub>** und **K<sub>13</sub>**) aufgeteilt. Während der präpartalen Versuchsphase erhielt Gruppe **K<sub>33</sub>** eine Ration mit K-reichem Heu (33 g/kg TS), Gruppe **K<sub>13</sub>** eine Ration mit K-armem Heu (13 g/kg TS). Die Rationen beider Gruppen waren isoenergetisch und isonitrogen zusammengesetzt und wiesen nur Unterschiede im K-Gehalt auf. In den Futtermitteln wurden die wichtigsten Mineralstoffe analysiert und die DCAD wurde mit der Formel  $DCAD = (Na + K) - (Cl + S)$  berechnet. Nach der Abkalbung, erhielten alle Kühe eine in der Startphase übliche Ration mit Heu **K<sub>33</sub>** *ad libitum*. Zu den Zeitpunkten 14, 7 und 3 d antepartum, Abkalbung, und 1 d postpartum wurden Harnproben entnommen. Zu den gleichen Zeitpunkten sowie 8 d postpartum wurde ebenfalls Blutproben gezogen. Im Harn wurden pH-Wert, NSBA und BSQ nach der fraktionierten Methode gemäss Bender und Staufenbiel (2003) und im Blut Ca bestimmt.

### **Alkalische Belastung reduziert**

Der DCAD-Wert der Ration **K<sub>13</sub>** konnte mit Hilfe des K-armen Heus halbiert werden (195 vs. 514 mEq/kg TS für Gruppe **K<sub>13</sub>** und **K<sub>33</sub>**). Dies zeigte, welchen grossen Effekt der K-Gehalt im

Grundfutter auf den DCAD-Wert der Ration hat. Es blieb aber offen, ob der erreichte DCAD-Wert der Ration  $K_{13}$  für eine effektive Milchfieberprophylaxe ausreichend war.

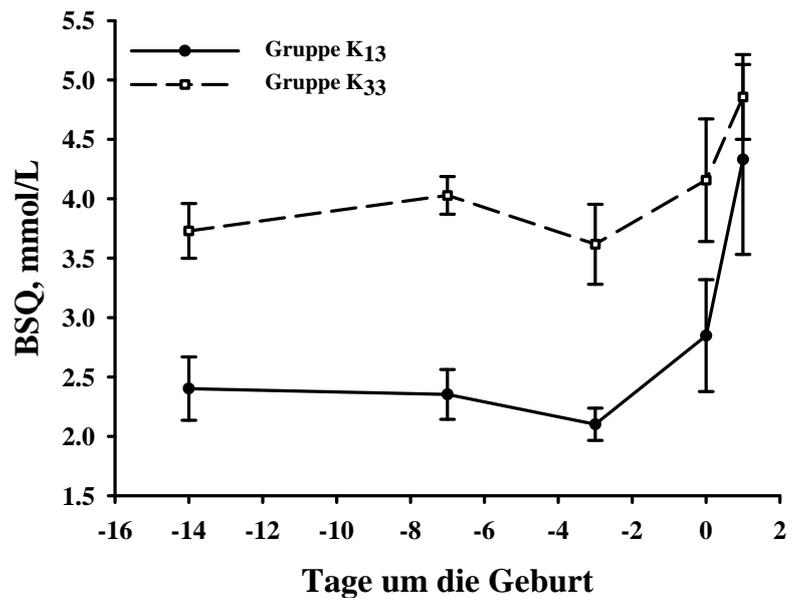
Die Futteraufnahme in Gruppe  $K_{13}$  stieg nach der Abkalbung rascher an und war am d 3 und 4 postpartum höher ( $P < 0.05$ ) als in Gruppe  $K_{33}$  (d 3 und 4:  $16.5 \pm 0.8$  und  $17.7 \pm 0.8$  für Gruppe  $K_{13}$  respektiv  $13.0 \pm 1.0$  und  $15.1 \pm 0.8$  kg TS/d für Gruppe  $K_{33}$ ). Die Ca-Aufnahme war höher ( $P < 0.05$ ) in Gruppe  $K_{13}$  als in Gruppe  $K_{33}$  während den d 2 und 3 nach der Abkalbung (d 2 und 3:  $77.2 \pm 4.4$  und  $81.7 \pm 3.7$  für Gruppe  $K_{13}$  respektiv  $61.2 \pm 4.0$  und  $70.3 \pm 2.0$  g/d für Gruppe  $K_{33}$ ). In Gruppe  $K_{13}$  lagen die Ca-Konzentrationen im Plasma von d 2 bis 5 postpartum höher als in Gruppe  $K_{33}$ , jedoch konnten keine Unterschiede ( $P > 0.05$ ) zwischen beiden Gruppen nachgewiesen werden (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Verlaufskurven der mittleren Ca-Konzentrationen ( $\pm$  Standardfehler) im Plasma.  $K_{13}$  und  $K_{33}$ : die Gruppen erhielten eine Ration mit K-armem (13 g/kg TS) oder K-reichem (33 g/kg TS) Heu (Rérat et al., 2009).

Drei d vor der Abkalbung lag der pH- und NSBA-Wert der Gruppe  $K_{13}$  ( $8.22 \pm 0.05$  und  $108 \pm 11$  mmol/L für pH und NSBA) tiefer ( $P < 0.05$ ) als in der Gruppe  $K_{33}$  ( $8.38 \pm 0.02$  und  $182 \pm 13$  mmol/L für pH und NSBA). Während der ganzen Periode vor der Abkalbung waren die BSQ-Werte in Gruppe  $K_{13}$  tiefer ( $P < 0.05$ ) als in Gruppe  $K_{33}$  (Abbildung 2).

**Abbildung 2:** Verlauf des mittleren Base-Säuren-Quotienten (BSQ) im Harn ( $\pm$  Standardfehler). K<sub>13</sub> und K<sub>33</sub>: die Gruppen erhielten eine Ration mit K-armem (13 g/kg TS) oder K-reichem (33 g/kg TS) Heu (Rérat et al., 2009).



Der SBH wurde ebenfalls durch den K-Gehalt der Ration beeinflusst. Die K-arme Ration löste dabei zwar keine kompensierte metabolische Azidose aus, führte aber zu einer Erniedrigung ( $P < 0.05$ ) des Harn-pH und der NSBA 3 d vor der Abkalbung und des BSQ während der ganzen präpartalen Periode. Dies deutet darauf hin, dass die alkalische Belastung in Gruppe K<sub>13</sub> deutlich vermindert war.

### Schlussfolgerung

Im vorliegenden Versuch ist es gelungen, den DCAD-Wert durch eine Reduktion des K-Gehalts im Raufutter drastisch zu senken und positiv auf den SBH vor der Abkalbung einzuwirken. Die Verfütterung eines K-armen Heus vor der Abkalbung führte zu einer rascheren Erhöhung der Futteraufnahme nach der Abkalbung, was einen positiven Effekt auf den Ca-Stoffwechsel hatte.

### Literatur

ALP (2010): Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Online ed. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Posieux, Schweiz. [http://www.feed-alp.admin.ch/start.php?action=adv\\_search&cmd=list\\_feed](http://www.feed-alp.admin.ch/start.php?action=adv_search&cmd=list_feed) aufgerufen am 11. März 2010

Bender, S. and Staufenbiel, R. (2003): Methodische Einflüsse auf ausgewählte Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes in Harnproben von Milchkühen. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* **116**: 432-435

Bender, S., Gelfert, C.-C. and Staufenbiel, R. (2003): Einsatz der Harnuntersuchung zur Beurteilung des Säure-Basen Haushalts in der Bestandsbetreuung von Milchkuhherden. *Tierärztl. Prax.* **31**:132-142

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

Block, E. (1994): Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. *J. Dairy Sci* **77**:1437-1450

Charbonneau, E., Pellerin, D. and Oetzel, G.R. (2006): Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows : A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* **89**: 537-548

Fürrl, M. (1993): Diagnostik und Therapie chronischer Störungen des Säure-Basen-Haushaltes (SBH) bei Rindern. *Tierärztl. Umschau* **49**:158-168

Gaynor, P.J., Mueller, F.J., Miller, J.K., Ramsey, N., Goff, J.P. and Horst, R.L. (1989): Parturient hypocalcemia in Jersey cows fed Alfalfa haylage-based diets with different cation to anion rations. *J. Dairy Sci.* **72**: 2525-2531

Goff, J.P. (2000): Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* **16**: 319-337

Goff, J.P. (2008): The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet. J.* **176**:50-57

Goff, J.P. and 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., Mueller, F.J., Miller, J.K., Kiess, G.A. and Dowlen, H.H. (1991): Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1,25-Dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. *J. Dairy Sci.* **74**: 3863-3871

Hess, H.D., Kessler, J., Liesegang, A. and Chiappi, C.M.L. (2006): Anionische Salze in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* **13**:188-193

Kessler, J. (1996): Fütterungsprophylaxe der hypokalzämischen Gebärparese. Zusammenfassung verschiedener Referate der „Schweizerischen Tierärztetage 1996, Biel (GST)“

Liesegang, A., Sassi, M.-L., Risteli, J., Eicher, R., Wanner, M. and Riond, J.-L. (1998): Comparison of bone resorption markers during hypocalcemia in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **81**:2614-2622

Liesegang, A., Chiappi, C., Risteli, J., Kessler, J. und Hess, H.D. (2007): Influence of different calcium contents in diets supplemented with anionic salts on bone metabolism in periparturient dairy cows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* **91**:120-129.

Oetzel G.R. (1991): Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **74**:3900-3912.

Rérat, M., Philipp, A., Hess, H.D. and Liesegang, A. (2009): Effect of different potassium levels in hay on acid-base status and mineral balance in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* **92**:6123-6133

Roche, J.P., Dalley, D., Moate, P., Grainger, C., Hannah, M., O'Mara, F. and Rath, M. (2000): Variations in the dietary cation-anion difference and the acid-base balance of dairy cows on a pasture-based diet in south-eastern Australia. *Grass and Forage Science* **55**:26-36

Stewart, P.A. (1983): Modern quantitative acid-base chemistry. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* **61**:1444-1461