

Aktualisierte Empfehlungen zur Anwendung von Anionenrationen (sauren Salzen) zur Prophylaxe der Hypokalzämie und Gebärparese der Milchkuh



*Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel, A. Löptien, N. Montag,
M. Passfeld, M. Goebbel;
Klinik für Klautiere, Freie Universität Berlin*

Zusammenfassung

Die dargestellten Ergebnisse belegen, dass umfangreiches Wissen zur physiologischen Wirkung der sauren Salze vorhanden ist. Dieses Wissen bildet die Grundlage für eine erfolgreiche und zugleich sichere Anwendung von Anionenrationen zur Prophylaxe des für die Tiergesundheit wichtigen Komplexes Hypokalzämie/Gebärparese. Vielfach besteht jedoch der Eindruck, dass der Einsatz von sauren ein sehr kompliziertes Verfahren ist. Gerade die Kenntnis grundlegender Zusammenhänge bildet die Basis, die sichere Anwendung auf die Umsetzung weniger relevante Punkte zu reduzieren, wie sie unter den Empfehlungen dargestellt worden sind.

Im Kern sind bei der Anwendung einer Anionenration drei Schwerpunkte strikt zu beachten. Grundlage für die Anwendung von sauren Salzen ist die Verfütterung einer bedarfs- und wiederkäuergerechten Ration an die Vorbereitungskühe. Zur Vermeidung von negativen Geschmacksverschiebungen in der Ration sollte Kalziumsulfat als das saure Salz der ersten Wahl eingesetzt werden. Über die Bestimmung des Harn-pH ist der erreichte Ansäuerungsgrad als laufende Maßnahme in der Herdenüberwachung zu kontrollieren. Die Umsetzung dieser Maßnahmen geht über die Anforderungen eines guten Herdenmanagements nicht wesentlich hinaus. Aus dieser Sicht sind Anionenration als kontinuierliche Prophylaxemaßnahme in das Herdenmanagement von qualifiziert geführten Milchkuhbeständen zu integrieren. Ein willkürlicher Mix verschiedener Prophylaxemethoden ist hingegen abzulehnen.

Summary

Current recommendations according to the use of anionic diets to prevent hypocalcemia and parturient paresis of the dairy cow

The presented results demonstrate, that an extensive knowledge about the physiological effect of anionic salts exists. It is the basis of a successful and additional safe application of anionic diets for the prevention of the important complex hypocalcemia and parturient paresis. There is quite often the opinion that using anionic salt is a complicated procedure. Even the knowledge of the fundamental connections reduces the effective application on less relevant points as shown in the recommendations. Three priorities have strictly to be followed applying anionic diets. Basis of application of anionic salts is the feeding of diet which meets the requirements and ensures rumination.

First choice of anionic salts is CaSO_4 to inhibit negative taste shifts in the ration. As part of continuous steps of herd monitoring the measurement of urinary-pH shows the realized acidification degree. This procedure action does not exceed the demands of a good herd management. That is the reason to integrate anionic diets as continuous prophylaxis step into the herd-management. An arbitrary combination of different prevention methods is to decline.

Резюме

Актуализированные рекомендации для применения аниононовых рационов (кислых солей) для профилактики гипокальцемии и послеродового пареза молочных коров .

Изложенные результаты показывают , что имеется много знаний о физиологическом действии кислых солей . Эти знания образуют основу для успешного и безопасного применения аниононовых рационов для профилактики комплекса гипокальцемии / послеродового пареза , который имеет большое значение для здоровья животных . Но может оставаться впечатление , что применение кислых солей является сложной мерой . Именно знания основных взаимосвязей являются основой для того , чтобы редуцировать эффективное применение на немногие релевантные пункты .

Следует соблюдать три основного требования при применении аниононовых рационов .

- Основой для применения кислых солей является скармливания пригодных по содержанию для жвачных рационов ;
- Для избежания отрицательных влияний на вкус рациона следует применять в первую очередь сульфат кальция ;
- С помощью анализа pH в моче следует постоянно контролировать достигнутую степень прикисления как элемент менеджмента стады .

Реализация этих мер едва переходят требования к хорошему менеджменту стады . С этой точки зрения следует интегрировать аниононовых рационов в качестве постоянной меры профилактики в менеджмент стады . Но нельзя применять произвольную смесь разных методов профилактики .

Problemstellung

Seit einigen Jahren werden auch in deutschen Milchkuhherden saure Salze als Maßnahme gegen das Festliegen nach dem Kalben eingesetzt. Von den Landwirten wurden sehr verschiedene Erfahrungen gesammelt. Sie reichen von einer guten Wirksamkeit bis hin zur unbefriedigenden Wirkung. Mitunter wird sogar von einer Zunahme an festliegenden Kühen sowie von Kuhverlusten berichtet. Das hat dazu geführt, dass bis heute die Anwendung von sauren Salzen kontrovers diskutiert wird.

Um die metabolischen Effekte der sauren Salze besser zu verstehen, wurde an unserer Klinik eine umfangreiche, mehrjährige experimentelle Studie an 11 pansenfistulierten Kühen durchgeführt (Abb. 1). Die Versuchskühe erhielten die zu prüfenden Substanzen direkt über die Pansenfistel, um eine kontrollierte und vollständige Aufnahme zu gewährleisten.



Abb. 1

Blick auf die Versuchskühe – Applikation der Salzlösungen über die Pansenfisteln.

Im ersten Versuchsabschnitt sind verschiedene Salze gegeneinander getestet worden. Diese Ergebnisse waren Inhalt eines Vortrages auf dem »7. Symposium zur Fütterung von Kühen mit hohen Leistungen« im letzten Jahr. Sie sind im Tagungsband 2003 nachzulesen (Staufenbiel et al. 2003). Am Ende des ersten Untersuchungsjahres stellte sich jedoch heraus, dass noch eine Reihe an Fragen unklar blieb. Das führte zur Verlängerung der experimentellen Studie um ein weiteres Jahr. Im zweiten Untersuchungsabschnitt wurden nur noch Kalziumchlorid und Kalziumsulfat verwendet. Die experimentellen Untersuchungen fanden durch Erhebungen in verschiedenen Milchviehbetrieben ihre Ergänzung. Beide Symposiumsberichte, der von 2003 und der heutige von 2004, sollten als eine Einheit gesehen und gelesen werden. Nach dem Studium der Ergebnisse kommt man zu dem zusammenfassenden Schluss, dass die Anwendung einer Anioneneration ein gut geeignetes Verfahren zur Prophylaxe der Hypokalzämie/Gebärparese ist, das sicher und zuverlässig zu beherrschen ist. Es setzt allerdings ein gutes Herdenmanagement und damit in Verbindung eine kontinuierliches Kontrollsystem voraus.

Brauchen wir saure Salze/Anionenrationen ?

Die Häufigkeit der Gebärparese wird von verschiedenen Autoren zwischen 5 % und 10 % der Abkalbungen angegeben und dies unverändert seit mehreren Jahrzehnten (Lucey u. Rowlands 1983; Malz u. Meyer 1992; Phillippo et al. 1994, Horst et. al 1994). Da sich aber die Altersstruktur mit der Leistungssteigerung zunehmend in Richtung jüngerer Kühe verschoben hat, bedeutet dies faktisch eine Zunahme der Erkrankungshäufigkeit. Denn es gilt nach wie vor, dass Jungkühe nicht klinisch manifest an der Gebärparese erkranken. Aus ökonomischer Sicht ist es aber dringend geboten, die Reproduktionsrate/Remontierungsrate zu senken.

Der Jungkuhanteil in der Herde sollte nicht über 30 % liegen. Wird dieses Ziel konsequent verfolgt, muss in Folge der Altersveränderung mit einer Zunahme des Erkrankungsrisikos gerechnet werden. Auf Grund des Transportverbotes festliegender Tiere bedeutet eine erfolglos behandelte Kuh den Totalverlust. Unter Berücksichtigung einer Heilungsrate um 80 % sterben in Deutschland pro Jahr zirka 40 000 Milchkühe an der Gebärparese. Aber auch die geheilten Kühe verursachen relevante Behandlungskosten und sind in der weiteren Nutzung auf Grund der schlechteren Milchleistung und Fruchtbarkeit weniger produktiv. Horst et al. (1997) schätzen die Verluste auf \$ 334 pro an Gebärparese erkrankter Kuh. Dennoch ist heute allgemein anerkannt, dass die direkten Schäden durch die an der Gebärparese manifest erkrankten Kühe nur die Spitze des Eisberges ausmachen (Abb. 2).

Neben der Gebärparese als die klinisch manifeste Form der Hypokalzämie sind die indirekten Verluste durch die subklinische Form der Hypokalzämie zu berücksichtigen. Die Behandlungskosten für klinisch manifeste Gebärparesefälle werden für die USA auf 15 Millionen \$, die sekundären Schäden auf 120 Millionen \$ geschätzt (Goff et al. 1987; Horst et al. 1997). Bei der subklinischen Hypokalzämie sinkt die Kalziumkonzentration um den Geburtszeitraum in den pathologischen Bereich ab, aber das Stehvermögen der Kühe bleibt erhalten. Der zu geringe Blutkalziumspiegel bewirkt eine verminderte Kontraktilität der Muskulatur. Das unterstützt signifikant das Auftreten von Nachgeburtsverhaltungen, Gebärmuttervorfällen, Puerperalstörungen, Gebärmutterentzündungen und wirkt in der Summe negativ auf die Fruchtbarkeit (Abb. 2). Aber auch im Verdauungssystem wird das Auftreten von Erkrankungen gefördert. Als eine auffällige Erkrankung wird die Entwicklung einer Labmagenverlagerung unterstützt. Dieser Effekt eines Risikofaktors für das Auftreten anderer Erkrankungen ist ökonomisch noch bedeutsamer als die Verluste durch die festliegenden Kühe (Abb. 2).

Daraus leitet sich die Forderung ab, dass unabhängig von der in einer Herde aktuell beobachteten Häufigkeit an festliegenden Kühen, eine systematische Prophylaxe gegen die Hypokalzämie/Gebärparese obligater Bestandteil des modernen Herdenmanagements ist. Genau diese Aufgabe erfüllen saure Salze/Anionenrationen.

Hypocalcämie als Bestandsproblem

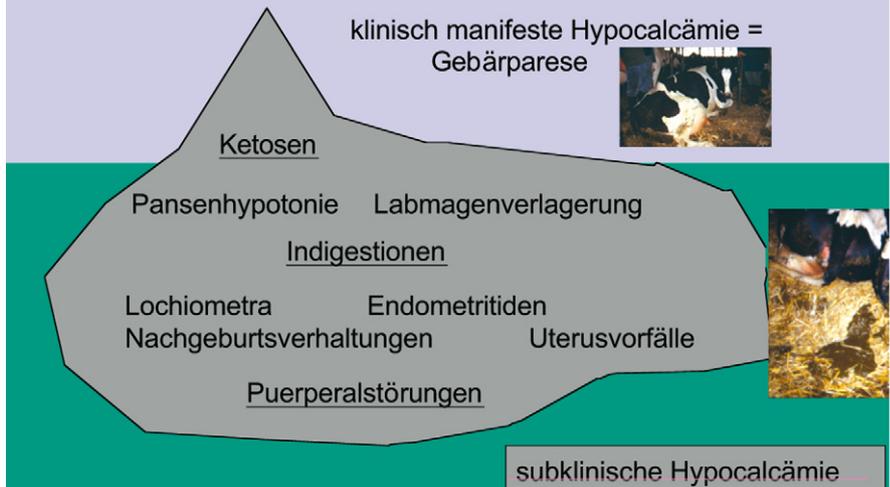


Abb. 2

Eisbergmodell der Hypokalzämie.

Die subklinische Hypokalzämie übertrifft die ökonomischen Schäden der Gebärparese als der klinisch manifesten Form der Hypokalzämie.

Wirkprinzip von Anionenrationen

Von den verschiedenen Prophylaxemethoden (Kalziumbolusbehandlung, kalziumfreie Mineralstoffmischungen, Vitamin-D-Behandlung) stellt das Konzept der sauren Salze die am besten wissenschaftlich begründete Methode dar. Es kann als bewiesen gelten, dass eine alkalische Fütterung in der Trockenstehperiode die Entwicklung einer Hypokalzämie/Gebärparese in einem bestimmten Maße fördert.

Die futtermittelanalytische Messgröße für die Alkalität der Ration ist die DCAB (Abb. 3). Die Alkalität der Ration wird im wesentlichen auf Seiten der Kationen vom Kaliumgehalt bestimmt. Eine hohe DCAB kann aber auch durch einen geringen Gehalt an Anionen hervorgerufen werden. Hier ist vor allem der Schwefelgehalt von Interesse.

Nicht nur eine Kaliumübersversorgung, sondern auch eine Schwefelunterversorgung oder beides in Kombination können die Häufigkeit der Gebärparese und ihrer Begleiterkrankungen erhöhen.

Dietary Cation-Anion Difference DCAB

$$\text{DCAB (mval/kg TS; meq/kg TS)} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$$

um +200 mval/kg TS in üblicher Wiederkäuerration



Abb. 3 Am häufigsten verwandte Formel zur Kalkulation der DCAB.

Das Prinzip der Fütterung saurer Salze besteht in einer einseitigen Erhöhung des Chlorid- und/oder Schwefelgehaltes der Ration durch Zusatz entsprechender Chlorid- und/oder Sulfatsalze. Diese so genannten Anionenrationen zeichnen sich durch einen abgesenkten DCAB-Wert aus. Über den anzustrebenden DCAB-Wert in Anionenrationen bestehen unterschiedliche Meinungen. Verschiedene Autoren empfehlen einen negativen DCAB-Wert zwischen -100 bis -150 meq/kg TS (Goff et al. 1995; Beede 1996; Fürll et al. 1996; Goff u. Horst 1998; Moore et al., 2000). Andere Autoren halten einen DCAB-Wert unter 0 für ausreichend (Oetzel et al. 1991, Oetzel u. Barmore 1993; Block 1994). Unserer Erfahrung nach erzielt bereits ein DCAB-Wert um 0 meq/kg TS eine zufriedenstellende Prophylaxewirkung. Allerdings sind die an den Kühen messbaren Stoffwechseleffekte wichtiger als der DCAB-Wert der Futtermittelration.

Im Stoffwechsel bewirkt der Zusatz saurer Salze eine, wenn auch nur geringfügige Absenkung des pH-Wertes im Blut. Der Organismus reagiert darauf mit einer Aktivierung verschiedener Regelkreise, die zu einer erhöhten Resorption von Kalzium aus dem Darm und einer vermehrten Freisetzung von Kalzium aus dem Knochen führt (Abb. 4). Die trockenstehende Kuh scheidet das überschüssige Kalzium über die Nieren mit dem Harn aus. Mit Einsetzen der Laktation kann dieses Kalzium von den Nieren weg in Richtung Milchdrüse umgelenkt und für die Milchbildung eingesetzt werden. Über diese erhöhte Kalziumverfügbarkeit wirken die der Ration zugesetzten sauren Salze prophylaktisch gegen die Hypokalzämie/Gebärparese.

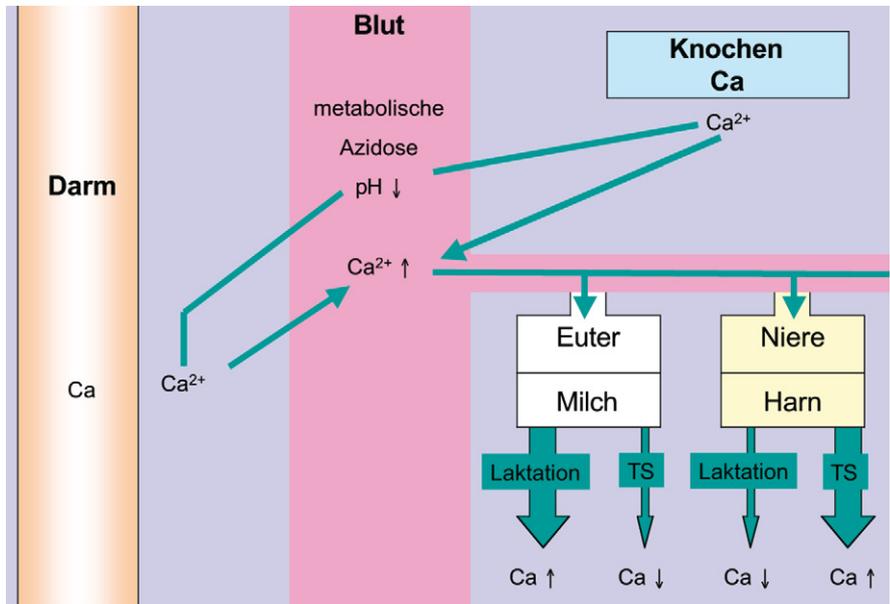


Abb. 4

Schematische Darstellung der Wirkung von sauren Salzen. Eine kurzzeitige, milde Azidose soll den Kalziumstoffwechsel vor dem Abkalben aktivieren.

In dem Beitrag des letzten Jahres wurden diese Effekte für die verschiedenen sauren Salze vergleichend beschrieben. Der in Abb. 4 schematisch dargestellte Wirkmechanismus konnte anschaulich nachgewiesen werden.

Erwartungsgemäß haben Wasser (Kontrollgruppe) und Natriumchlorid (kein saures Salz, da es aus einem starken Kation und einem starken Anion besteht) keinen signifikanten Effekt auf den Säuren-Basen-Haushalt (Abb. 5) und auf die Kalziumausscheidung im Harn (Abb. 6).

Einfluss verschiedener saurer Salze auf die NSBA

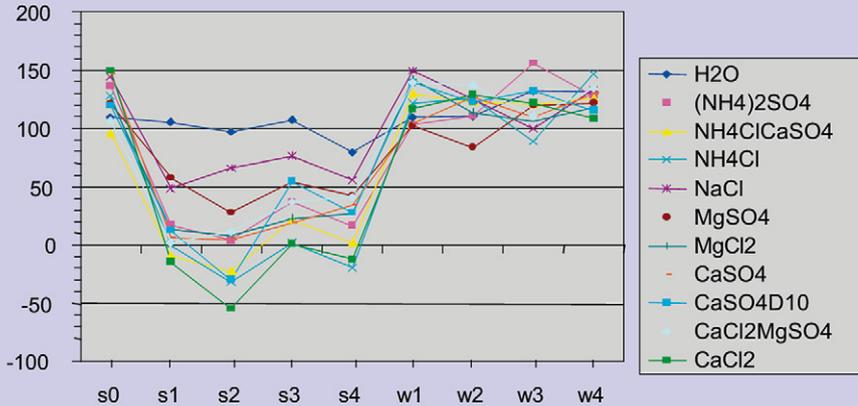


Abb. 5

Verlaufskurven der NSBA im Harn für die 11 geprüften Salze und Salzkombinationen über die gesamte Versuchsperiode von 14 Tagen mit (s1, s2, s3, s4) und 14 Tagen ohne Salzgabe (s0 Ausgangswert, w1, w2, w3, w4) (aus Staufenbiel et al. 2003).

Die anderen zu den sauren Salzen zählenden Salze und Salzkombinationen senken dagegen den Wert der NSBA prompt und signifikant über den gesamten Zeitraum der Verabreichung (s1 bis s4, Abb. 5). Nach Absetzen der Salzgabe (w1 bis w4) bewegt sich die NSBA schnell in den Normbereich zurück (Abb. 5). Als die beabsichtigte Reaktion folgt diesen Änderungen im Säuren-Basen-Haushalt die Kalziumkonzentration im Harn mit einer signifikanten Erhöhung während der Salzgabe und einem Rückgang nach Absetzen der Salze (Abb. 6). Die ansäuernde Wirkung von Anionenrationen beschränkt sich auf das Blut. Im Pansen sind weder Veränderungen im pH-Wert noch in der Pansenfermentation nachweisbar (Abb. 7).

Einfluss verschiedener Anionenergänzungen auf die Kalziumkonzentration im Harn

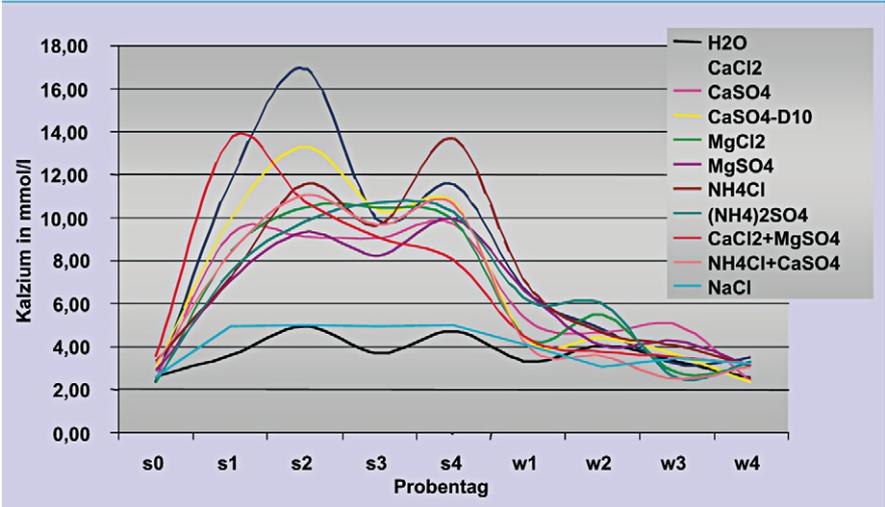


Abb. 6

Verlaufskurven der Kalziumkonzentration im Harn für die 11 geprüften Salze und Salzkombinationen über die gesamte Versuchsperiode von 14 Tagen mit (s1, s2, s3, s4) und 14 Tage ohne Salzgabe (s0 Ausgangswert, w1, w2, w3, w4) (aus Staufenbiel et al. 2003).

Gesamtfettsäuregehalte

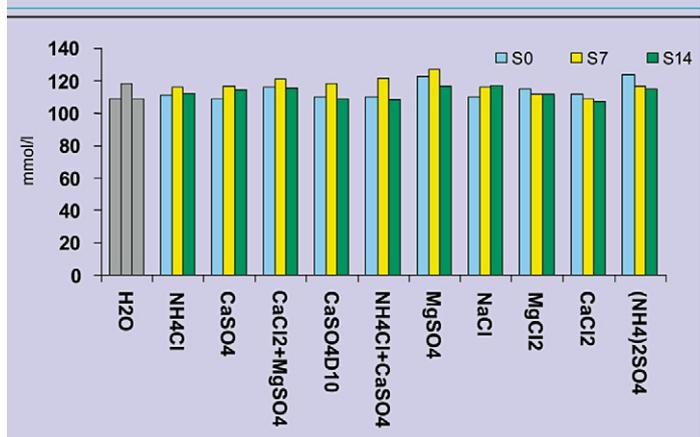


Abb. 7

Mittelwerte für die Gesamtfettsäurenkonzentrationen im Pansensaft am Tag 0 (vor Salzgabe) und am Tag 7 und Tag 14 der Salzgabe (aus Staufenbiel et al. 2003)

Damit wurde die Tragfähigkeit des Modells aus Abb. 4 nachgewiesen (Staufenbiel et al. 2003). Interessant war die unterschiedliche Wirkstärke der verschiedenen sauren Salze. Die stärkste ansäuernde Wirkung übt bekanntermaßen das Kalziumchlorid aus. Allerdings hat Kalziumchlorid schlechte Geschmackseigenschaften und wirkt intensiv ätzend. Das schränkt den Einsatz ein. Unerwartet war die intensiv ansäuernde Wirkung von Kalziumsulfat. Kalziumsulfat ist sensorisch neutral. Es hat keinen auffälligen Geschmack und keine ätzenden Effekte.

Deshalb wird es von den Kühen problemlos aufgenommen. Daraus wurde geschlussfolgert, dass das Kalziumsulfat das saure Salz der ersten Wahl ist, da bei seinem Rationszusatz keine Senkung der Futteraufnahme durch einen negativen Geschmackseinfluss auftritt und trotzdem eine gute Ansäuerung erreicht wird. Als Kontrollparameter wurden die NSBA und die Kalziumkonzentration im Harn empfohlen.

Damit schienen alle Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz geschaffen zu sein. Soweit der Stand der Untersuchungen bis zum Zeitpunkt des letzten Symposiums (Staufenbiel et al. 2003).

Bestandsuntersuchungen zur DCAB in Rationen trockenstehender Kühe - Sind die in den Herden verfütterten Rationen für den Einsatz saurer Salze geeignet?

Zur Klärung dieser Frage wurden 196 TMR-Proben von Trockensteherrationen aus verschiedenen Herden analysiert. 63 Proben stammen aus der Trockenstehperiode 1 (frühe Trockensteher 8 bis 3 Wochen vor dem Kalben ohne saure Salze), 29 Proben von Vorbereitungsrationen (3 Wochen vor dem Kalben bis zum Kalben, antepartale Transition) und 104 Proben von Vorbereitungsrationen mit sauren Salzen (Abb. 8 bis 11). Die DCAB der Rationen der Trockensteher unterscheidet sich nicht von der der Vorbereiter ohne saure Salze (Abb. 8).

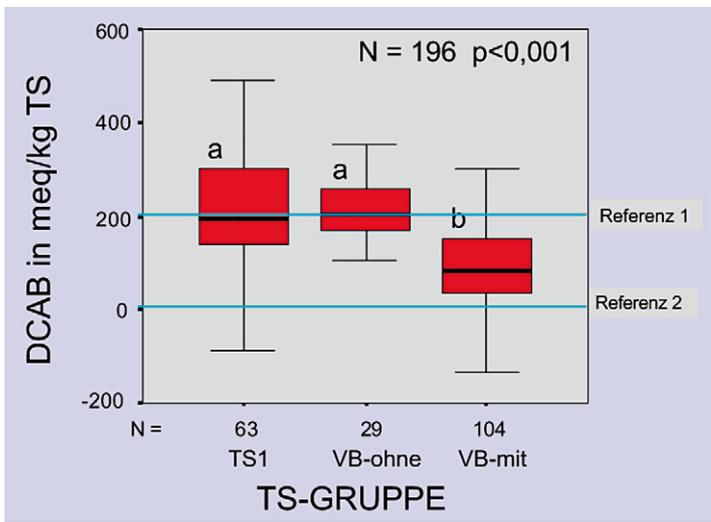


Abb. 8
DCAB-Werte
in TMR-Proben
von Trocken-
stehern

zu Abbildung 8

Ergebnisse von Futtermittelanaysen in 63 TMR-Proben von frühen Trockenstehern, 29 TMR-Proben von Vorbereitungskühen ohne saure Salze und von 104 TMR-Proben von Vorbereitungskühen mit Zugabe von sauren Salzen. Box-and-Whisker-Plot-Darstellung. Die Boxengrenzen umschließen 50 % der untersuchten Proben, die Linie in der Box markiert den Medianwert, die von den Boxen ausgehenden Striche umfassen den gesamten Wertebereich mit Ausnahme von Ausreißern und Extremwerten. Boxen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant.

Bemerkenswert ist die extreme Schwankungsbreite sowohl in den alkalischen als auch sauren Bereich. Damit sind ein Teil der Misserfolge bei der Anwendung von Anionenrationen erklärbar. Die Rationen mit einer DCAB über 300 meq/kg TS dürften bei üblicher Salzdosierung nicht ausreichend angesäuert werden, um eine prophylaktische Wirkung zu erzielen. Diese Herden können keinen Effekt feststellen. Kritischer sind aber die Herden mit einer DCAB deutlich unter 200 meq/kg TS. Hier führt das zusätzliche Einmischen von sauren Salzen nach üblicher Dosierung zu einer übermäßigen Ansäuerung. Unter diesen Umständen kann es zu einer Futteraufnahmepression kommen, was bei hochtragenden Kühen fatale negative Folgen für die Tiergesundheit hat. Aber andererseits ist bemerkenswert, dass der Medianwert (waagerechter Strich innerhalb der roten Box in Abb. 8) genau bei 200 meq/kg TS liegt. Das bedeutet im Mittel wird ein günstiger DCAB-Wert für die Anwendung von sauren Salzen erreicht. Die sich oberhalb und unterhalb des Medianwertes erstreckenden Boxenabschnitte umschließen jeweils 25 % und damit zusammen 50 % der untersuchten Herden. In diesen Herden sind ohne weitere Rationsanpassung saure Salze mit gutem Erfolg einzusetzen. Die DCAB in den untersuchten Futterproben aus den Vorbereitungsgruppen mit sauren Salzen schwankt ebenfalls über den gleichen weiten Bereich, wie es die Analysenwerte aus den beiden zuvor angeführten Gruppen ohne saure Salze erwarten ließen. Der Wertebereich umfasst die weite Spanne von + 300 meq/kg TS bis – 150 meq/kg TS. Die Rationen mit einer DCAB über +50 meq/kg TS dürften keinen prophylaktische Wirkung im Sinne einer Anionenration mehr ausüben. Die DCAB-Werte deutlich unter 0 sind ebenfalls zur Vermeidung einer Übersäuerung nicht anzustreben.

Die Auswertung lässt den bemerkenswerten Schluss zu, dass sowohl von der Ausgangs-DCAB als auch von der erzielten DCAB nach Zusatz von sauren Salzen weniger als 50 % der untersuchten Rationen die Zielgröße für die Gewährleistung einer wirksamen Anionenration als Methode zur Prophylaxe der Hypokalzämie/Gebärparese erreicht haben. Die Folgen der Abweichungen von der anzustrebenden DCAB nach Zusatz von sauren Salzen um 0 meq/kg TS kann im geringsten Fall »nur« zum Versagen der angestrebten Prophylaxewirkung, im schwerwiegenden Fall aber auch zu einer Zunahme von Gesundheitsproblemen führen. Weiterhin ist zu beachten, dass die Ergebnisse der Rationsanalysen aus Abb. 8 nur Momentaufnahmen zum Zeitpunkt der Probenentnahme sind, die zu allen Unsicherheiten zusätzlich mit einem nicht unbeachtlichen methodischen Fehler bei der Probenentnahme und Analyse behaftet sind. In der Konsequenz

müsste man die Forderung einer zeitlich sehr eng gestaffelten Rationsanalyse zur ständigen Kontrolle der richtigen Dosierung an sauren Salzen aufstellen. Das ist aber aus Kostengründen nicht umsetzbar. Dennoch ist es notwendig, die Wirksamkeit der Anionenration und damit die Dosierung der sauren Salze zeitlich engmaschig zu kontrollieren. Dazu ist eine in der Herde durch den Landwirt oder Herdenmanager vor Ort einfache, aber dennoch aussagekräftige Kontrollmethode erforderlich, die in das Herdenmanagement als ständige Maßnahme fest integriert ist. Kalium ist in hohem Maße für den Grad der Alkalität der Ration und damit für das Risiko der Störung des Kalziumstoffwechsels im peripartalen Zeitraum verantwortlich. Der Kaliumgehalt in den Rationen der frühen Trockensteher ist signifikant höher als in den Vorbereiterrationen (Abb. 9).

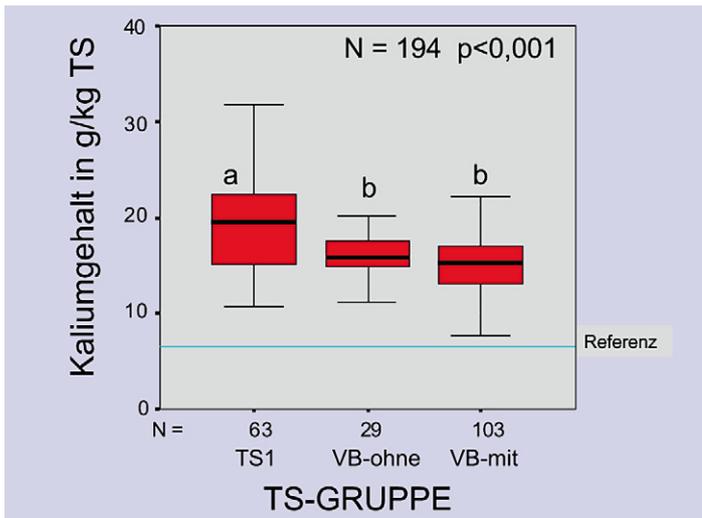


Abb. 9
Kaliumgehalt
in TMR-Proben
von Trocken-
stehern wie für
Abb. 8.

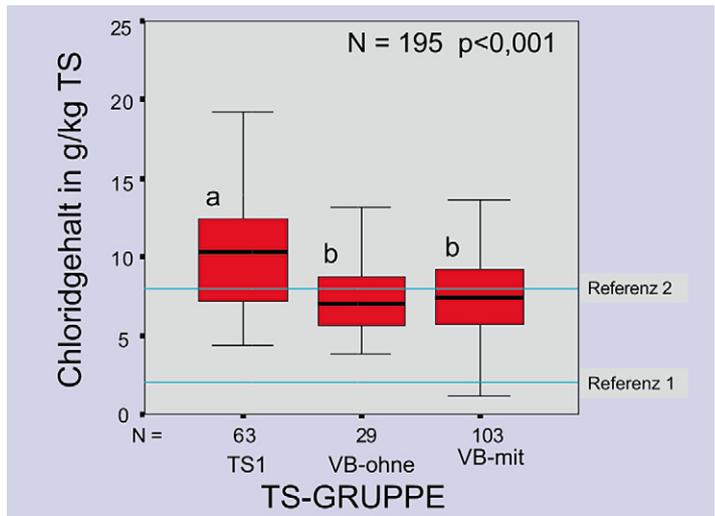
Dies erklärt sich über die üblichen Rationsveränderungen von der frühen Trockensteherperiode zur antepartalen Transition. So dürfte allein schon der Austausch von Anweilsilage durch einen höheren Anteil an Maissilage den Kaliumgehalt senken.

Die Anwendung von sauren Salzen hat keinen Einfluss auf den Kaliumgehalt (Abb. 9). Der Kaliumgehalt in der Vorbereiterration bewegt sich zwischen 10 g/kg TS und 20 g/kg TS, im Mittel um 15 g/kg TS. Für Vorbereiter wird ein Kaliumgehalt unter 10 g/kg TS als optimal angesehen (Tab. 1). Da es über die Futterproduktion mit vertretbarem Aufwand nicht gelingen wird, den Kaliumgehalt der Grobfuttermittel in das Optimum unter 10 g/kg TS zu senken, belegen diese Untersuchungen die Notwendigkeit einer systematisch angewandten Prophylaxe gegen die Hypokalzämie/Gebärparese.

Die Anwendung einer Anionenration ist die adäquate Antwort auf diese grundsätzliche Rationskonstellation. In der Literatur wird verständlicherweise der Zusatz eines Gemisches aus Chlorid- und Sulfatsalzen zur Herstellung einer Anionenration empfohlen (Oetzel et al. 1991).

Betrachten wir aber die Analyseergebnisse zur Chloridkonzentration kann dieser allgemeinen Aussage für unsere Verhältnisse nicht uneingeschränkt zugestimmt werden (Abb. 10).

Abb. 10
Chloridgehalt
in TMR-Proben
von Trocken-
stehern wie für
Abb. 8.



Für Anionenrationen wird ein oberer Grenzwert für den Chloridgehalt von 8 g/kg TS angegeben (Tab.1). Der Chloridgehalt in den Rationen der frühen Trockensteher übersteigt mit im Mittel 10 g/kg TS signifikant den Gehalt in den Vorbereiterrationen sowohl mit als auch ohne Zusatz an sauren Salzen. Die Vorbereiterrationen bewegen sich sowohl mit als auch ohne Zusatz an sauren Salzen bereits um die Zielgröße der 8 g/kg TS. Die untersuchten Rationen weisen bereits einen hohen Chloridgehalt auf (Abb. 10). Hier ist sicher eine Beziehung zu den ebenfalls hohen Kaliumkonzentrationen zu sehen (Abb. 9). Unabhängig davon kann aber daraus abgeleitet werden, dass der weitere Zusatz von Chloridsalzen nicht an erster Stelle stehen sollte. Betrachtet man den Schwefelgehalt der untersuchten Rationsproben, ergibt sich ein anderes Bild (Abb. 11).

Der Schwefelgehalt in den Rationen der frühen Trockensteher liegt unter den als Optimum anzustrebenden 2 g/kg TS ohne saure Salze bzw. 4 g/kg TS mit sauren Salzen (Tabelle). Der Schwefelgehalt in den Rationen der Vorbereiter ohne saure Salze unterscheidet sich im Unterschied zum Kalium- und Chloridgehalt nicht signifikant von dem der frühen Trockensteher. Hier besteht eine enge Übereinstimmung mit dem Ergebnis der DCAB (Abb. 8). Mehr noch, der Schwefelgehalt in den Vorbereiterrationen ohne saure Salze liegt in allen Proben unterhalb des Optimalwertes von 2 g/kg TS (Tabelle).

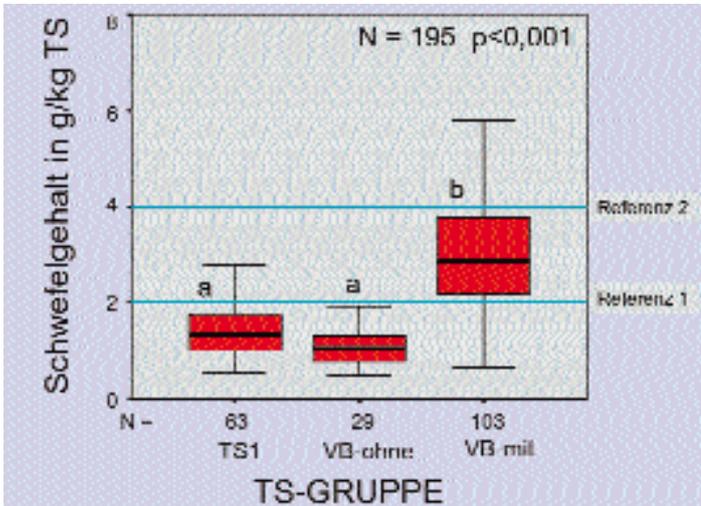


Abb. 11 Schwefelgehalt in TMR-Proben von Trockenstehern wie für Abb. 8.

Tabelle 1

Kennwerte für Rationen von Vorbereitungskühen (antepartale Transition) ohne und mit Zusatz an sauren Salzen.

	Vorbereitung ohne saure Salze	Vorbereitung mit sauren Salze
Energiekonzentration NEL in MJ/kg TS	6,4 -6,8	6,4-6,8
Rohfasergehalt in % der TS	18-19	18-19
ADF in % der TS	25-30	25-30
NDF in % der TS	35-40	35-40
Rohproteingehalt in % der TS	14-15	14-15
Unabbaubares Protein in % von RP	33-40	33-40
Kalziumgehalt in g/kg TS	4	13-15
Phosphorgehalt in g/kg TS	3-3,5	3-3,5
Magnesiumgehalt in g/kg TS	2-3,5	2-3,5
Natriumgehalt in g/kg TS	0,5-1,0	0,5-1,0
Kaliumgehalt in g/kg TS	< 10	
Chloridgehalt in g/kg TS	1,5	< 8,0
Schwefelgehalt in g/kg TS	2	< 4,0
DCAB in meq/kg TS	200	0

Die Schwefelwerte in den Vorbereitungen mit sauren Salzen liegen signifikant höher. Über 50 % der analysierten Proben weisen einen Schwefelgehalt zwischen 2 und 4 g/kg TS auf (Abb. 11). Hieraus erklärt sich die Absenkung der DCAB (Abb. 8). Aber zirka jeweils 25 % der untersuchten Proben liegen mit einer beachtlichen Streuung sowohl unterhalb als auch oberhalb der Zone von 2 bis 4 g/kg TS.

Als Ursachen kommen eine falsche Dosierung oder ein schlechtes Vermischen in Frage. In der Konsequenz kann aus den weit gestreuten Schwefelkonzentrationen mindestens teilweise der breite Wertebereich der ermittelten DCAB bei den Vorbereitern mit sauren Salzen zurückgeführt werden (Abb. 8, Abb. 11). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass unter den Fütterungsverhältnissen in der Region der in die Untersuchung einbezogenen Herden (Raum der neuen Bundesländer), die hohe DCAB aus der Kombination eines hohen Kaliumgehaltes bei gleichzeitig niedrigem Schwefelgehalt resultiert. Da der Chloridgehalt bereits hoch ist, kann der Empfehlung des ausschließlichen Zusatzes von Sulfaten als tragfähige Prophylaxestrategie zugestimmt werden. In der konkreten Umsetzung ist diese Aussage durch eine Analyse der DCAB in der Ration der für den Einsatz von sauren Salzen vorgesehenen Vorbereitungskühe zu überprüfen.

Die weite Streuung sowohl der DCAB als auch des Schwefelgehaltes in den Rationen mit Zusatz von sauren Salzen weist auf Dosierungsfehler und Mischungenauigkeiten hin. Das ist eine weitere Begründung für eine ständig begleitende Kontrolle bei der Anwendung einer Anionenration, wofür einfache Methoden mit wenig Aufwand in das Herdenmanagement zu integrieren sind.

Kalziumsulfat als alleiniges saures Salz zur Anmischung einer Anionenration ?

Wenn es dann so ist, dass der ausschließliche Zusatz von Sulfaten zulässig und mehr noch sogar sinnvoll ist, bleibt die Frage nach der Auswahl an Sulfatsalzen.

Eine Mischung von Sulfaten ist nicht notwendig. Die auf dem Symposium 2003 vorgestellten Ergebnisse haben eindeutig gezeigt, dass von den Sulfatsalzen das Kalziumsulfat als saures Salz die besten Eigenschaften aufweist (Staufenbiel et al. 2003).

Es besitzt die besten sensorischen Eigenschaften ohne Depression der Futteraufnahme, trägt darüber hinaus noch als Kation Kalzium, was ohnehin gebraucht wird.

Deshalb kann die Anwendung von Kalziumsulfat als alleiniges saures Salz für die Herstellung einer Anionenration unter den dargestellten Bedingungen empfohlen werden.

Weiterführende experimentelle Untersuchungen zu den metabolischen Effekten saurer Salze

Die beschriebenen Rationsanalysen in den Herden mit und ohne Einsatz saurer Salze können zum Teil die unterschiedlichen Erfahrungen bei der Nutzung von Anionenrationen erklären. Es stellt sich aber die Frage, ob wir die Wirkung von Anionenrationen auf den Stoffwechsel der Milchkuh ausreichend gut verstehen. Im Detail ergeben sich tatsächlich eine Reihe an Fragen, die sich auf Langzeiteffekte, auf Anpassungsreaktionen, die Tagesdynamik und die maximale Dosierung, den Mineralstoffgehalt und weitere Probleme beziehen (Abb. 12).

Experimentelle Fragestellungen Effekte von CaCl_2 und CaSO_4

- Langzeitwirkung
- Einfluß einer reduzierten Energieaufnahme
- Einfluß einer verminderten Kalziumaufnahme
- Einfluß von Kaliumsalzen
- Einfluß von Natriumsalzen
- Kombiniertes Einfluß von Kalium- und Natriumsalzen
- einmalige und zweimalige Verabreichung pro Tag
- Tagesdynamik der klinisch-chemischen Parameter
- Belastungsversuch mit steigenden Sulfatgaben

Abb. 12.
Übersicht
zu den bear-
beiteten Frage-
stellungen
im zweiten
Versuchs-
durchgang.

Zur Klärung dieser Fragen wurden die experimentellen Untersuchungen an pansenfistulierten Kühen fortgesetzt (Abb. 13).



Abb. 13 Blick auf die Versuchskühe.

Im Unterschied zum ersten Versuchsabschnitt (Staufenbiel et al. 2003) erhielten 6 Versuchskühe Kalziumsulfat und 5 Versuchskühe Kalziumchlorid (Abb. 14). Die Versuchsdurchführung einschließlich der Probenentnahmen entsprachen den Angaben aus dem Bericht von 2003 (Staufenbiel et al. 2003).

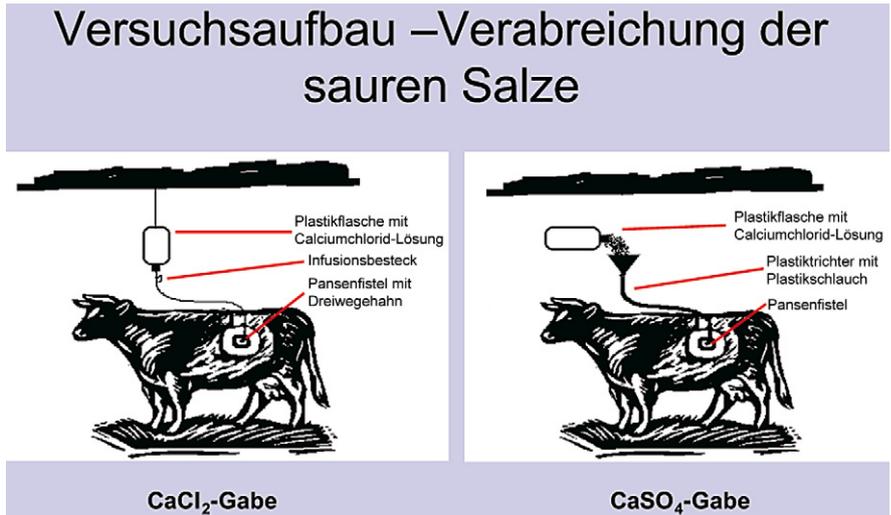


Abb. 14
 Verabreichung von Kalziumchlorid über eine Tropfösung. Kalziumsulfat wurde auf Grund der schlechten Löslichkeit suspendiert direkt in den Pansen gegeben.

Einsatzdauer und Langzeiteffekte von sauren Salzen

Als erstes soll der Frage nachgegangen werden, welche Mindestfütterungsdauer zur Gewährleistung einer Prophylaxewirkung eingehalten werden muss. Wie steht es auf der anderen Seite mit einer möglichen zu langen Verabreichung? Zur Beantwortung dieser Fragen erhielten die Versuchstiere über 5 Wochen 2 Äquivalente Kalziumsulfat bzw. Kalziumchlorid in zwei Teilmengen pro Tag in Verbindung mit einer bedarfsgerechten Fütterung bei einem erhöhten Kalziumgehalt von 15 g/kg TS. Dieser Langzeitversuch wurde im Abstand von 9 Monaten wiederholt und erbrachte in beiden Durchgängen vergleichbare Ergebnisse. Die NSBA-Reaktion im Harn zeigt für beide Salze, dass innerhalb von 3 Tagen die gewünschte Ansäuerung im Stoffwechsel erreicht ist (Abb. 15).

Nach Absetzen der Salzgaben bewegen sich die NSBA-Werte prompt in den Ausgangsbereich zurück. Diese Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Goff u. Horst (1998). Die gewünschte Reaktion einer erhöhten Kalziumausscheidung wird ebenfalls in der gewünschten Höhe erreicht (Abb. 16).

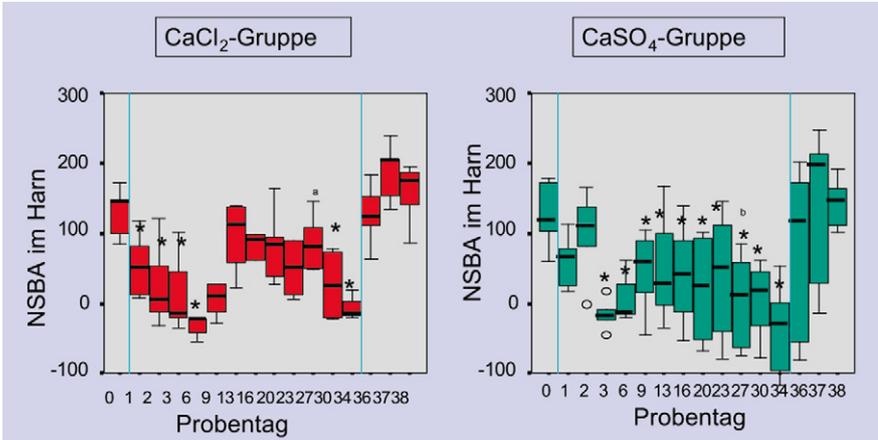


Abb. 15

Langzeitversuch NSBA im Harn (mmol/l)

Ergebnisse einer Langzeitgabe von Kalziumchlorid (CaCl₂-Gruppe) und Kalziumsulfat (CaSO₄-Gruppe) über 5 Wochen. Box-and-Whisker-Plot-Darstellung wie in Abb. 8. Probentag 0 entspricht dem Ausgangswert vor der Salzgabe. Es folgen die Tage 1 bis 35 mit Salzgabe (durch senkrechte Striche eingeschlossenes Feld). Ab Tag 36 wurde kein Salz mehr verabreicht. Sterne (*) kennzeichnen signifikante Unterschiede zum Ausgangswert am Probentag 0. Unterschiedliche Buchstaben weisen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Salzgruppen zum gleichen Probentag aus.

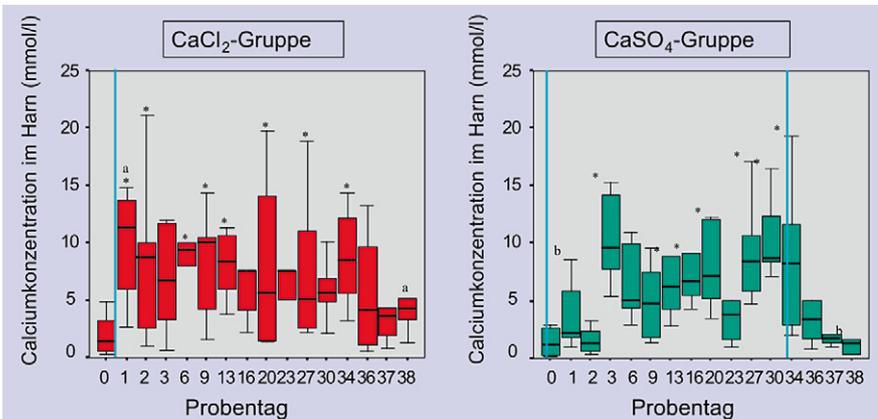


Abb. 16

Langzeitversuch

Kalziumkonzentration im Harn (mmol/l) wie für Abb. 15.

Nach Absetzen der Salzgabe sinkt die Harnkalziumkonzentration im Unterschied zur NSBA verzögert und erreicht erst nach einigen Tagen die Ausgangswerte. Das spricht dafür, dass der Säuren-Basen-Haushalt schnell reagiert, der Kalziumhaushalt dagegen um Tage verzögert den Veränderungen im Säuren-Basen-Haushalt folgt.

Wider Erwarten wird über den Einsatzzeitraum von 5 Wochen nach Ablauf der mehr-tägigen Anpassung kein Einpegeln der NSBA auf ein bestimmtes Niveau erreicht. Vielmehr zeigt die NSBA eher einen sinuskurvenartigen Verlauf. Nach dem schnellen Absinken steigt sie für mehrere Tage wieder an, um dann wieder signifikant abzufallen (Abb. 15). Die Kalziumkonzentration im Harn schwankt hingegen nach der Anpassung für den restlichen Untersuchungszeitraum nur in engen Grenzen (Abb. 16). Zur Erklärung dieser differenzierten Reaktion kann das Verhalten der Kalziumkonzentration im Blutserum beitragen (Abb. 17).

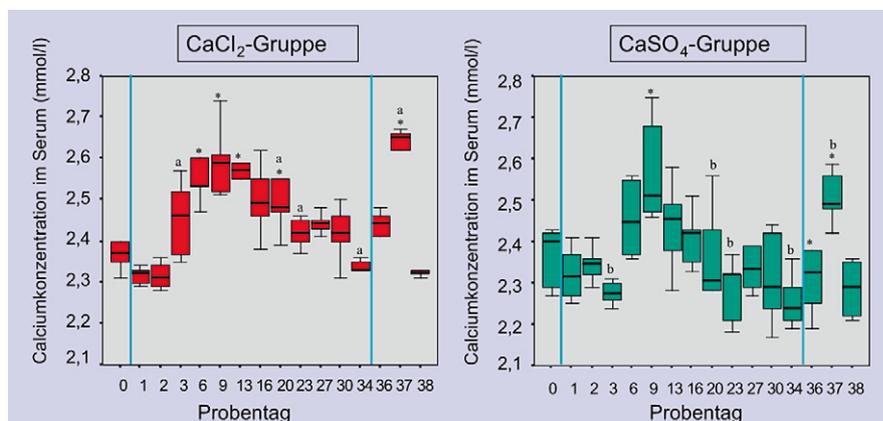


Abb. 17

Kalziumkonzentration im Blutserum (mmol/l) wie für Abb. 15.

Die Kalziumkonzentration im Blut wird physiologisch sehr streng reguliert. Dennoch zeigen beide Salzgruppen eine ähnliche und signifikante Dynamik, die wiederum in enger Übereinstimmung mit der NSBA, aber im Unterschied zur Kalziumkonzentration im Harn verläuft. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass es auf regulatoriver Ebene während der gesamten Zeit der Salzgaben zu Anpassungsreaktionen kommt. Beachtet man, dass es vielfältige und sehr verschiedenartige Regelkreise für den Kalziumhaushalt gibt, wird dieses Reaktionsmuster verständlich. Die höchste Kalziumverfügbarkeit ist bei einer Salzgabe von 1 bis 2 Wochen zu erwarten. Eine kürzere Salzgabe fällt in die erste Anpassungsphase. Eine über 3 Wochen hinausgehende Salzgabe wird von einer zunehmenden Ansäuerung begleitet, was ebenfalls nicht erwünscht ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich wider Erwarten zu keinem Zeitpunkt der Salzgabe ein unverändert bestehendes Gleichgewicht einstellt, sondern der Stoffwechsel fortlaufend bemüht bleibt, den physiologischen Ausgangszustand wiederherzustellen.

Der optimale Einsatzzeitraum für saure Salze beträgt 1 bis 2 bzw. 3 Wochen vor dem Kalben. Ein Weiterfüttern nach dem Abkalben schließt sich ohnehin aus, da sich die Rationsanforderungen der antepartalen Transitation (Vorbereitungsration) grundsätzlich von denen der postpartalen Transitation (Startergruppe) unterscheiden. Der kurzfristigen Weiterfütterung in der Abkalbebox dürfte dagegen nichts entgegenstehen. Hier muss jedoch die konkrete Ration zur Entscheidung herangezogen werden.

Einfluss von Kalium und Natrium auf den Effekt von sauren Salzen

Kalium und Natrium sind die beiden Kationen, die entsprechend der Formel aus Abb. 3 für die Erhöhung der DCAB verantwortlich gemacht werden und damit die zentrale Rolle bei der Entstehung der Gebärdparese spielen. Dabei wird beiden Elementen eine gleichstarke alkalisierende Wirkung zugeschrieben. In Praxisberichten wird immer wieder darauf hingewiesen, dass die negativen Effekte eines hohen Kaliumgehaltes durch Anheben der Natriumversorgung vermindert werden können (Vihsalzfütterung).

Dies würde aber dem theoretischen Konzept der Anionenrationen diametral entgegenwirken. Die Verfütterung von sauren Salzen soll die alkalisierende Wirkung von Kalium und Natrium neutralisieren. Auf Basis von äquivalenten Mengen sollen Chloride und Sulfate die Wirkung von Kalium und Natrium vollständig aufheben. Um das zu prüfen, erhielten die Versuchskühe 1,5 Äquivalente an Kalziumchlorid oder Kalziumsulfat. Gleichzeitig wurden im ersten Versuchsabschnitt über 9 Tage 1,5 Äquivalente Kaliumhydrogenkarbonat (Abb. 18 bis 20), nach einer zwölfägigen salzfreien Periode anstatt Kaliumhydrogenkarbonat wiederum über 9 Tage 1,5 Äquivalente Natriumhydrogenkarbonat verabreicht (Abb. 21, 22). Nach einer weiteren salzfreien Phase wurden 1,5 Äquivalente eines Gemisches aus gleichen Anteilen von Kalium- und Natriumhydrogenkarbonat plus 1,5 Äquivalente an Kalziumchlorid bzw. Kalziumsulfat über 9 Tage in den Pansen gegeben.

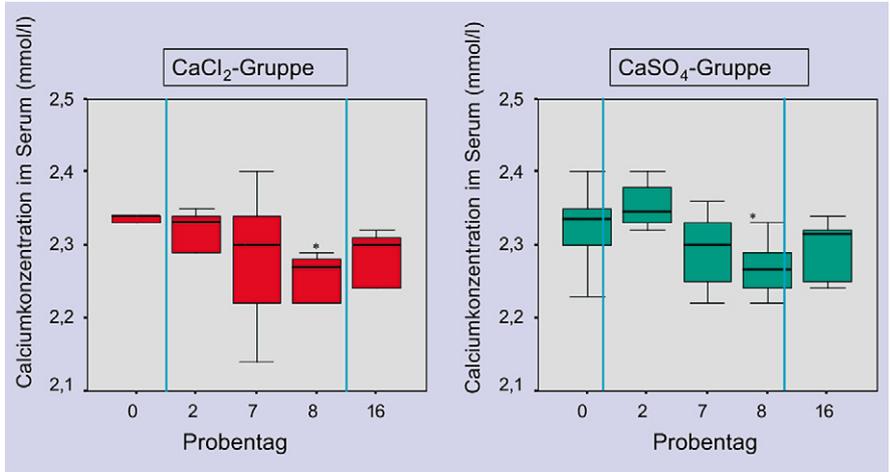


Abb. 18

Kalziumkonzentration im Blutserum. Ergebnisse der gleichzeitigen äquimolaren Gabe von Kaliumhydrogenkarbonat und Kalziumchlorid bzw. Kalziumsulfat.

Tag 0 entspricht dem Ausgangswert ohne Salzgabe, es schließen sich 8 Tage mit Salzgabe an, gefolgt von einer salzfreien Phase. Darstellung wie in Abb. 15.

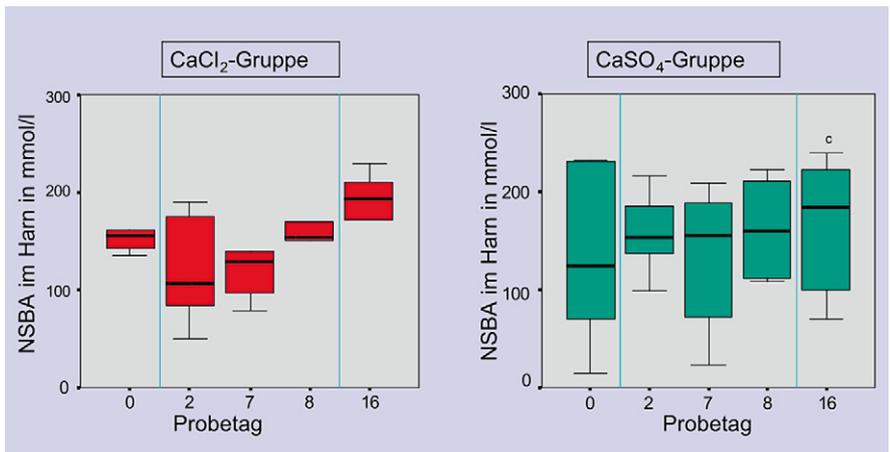


Abb. 19

NSBA im Harn wie für Abb. 18.

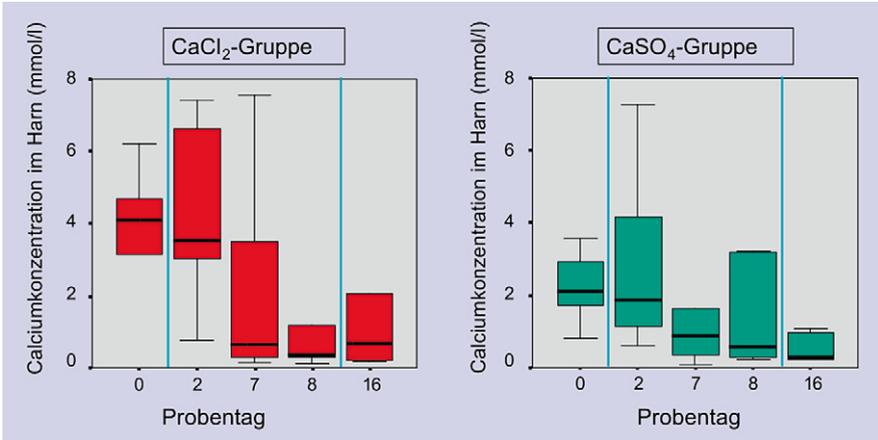


Abb. 20
Kalziumkonzentration im Harn wie für Abb. 18.

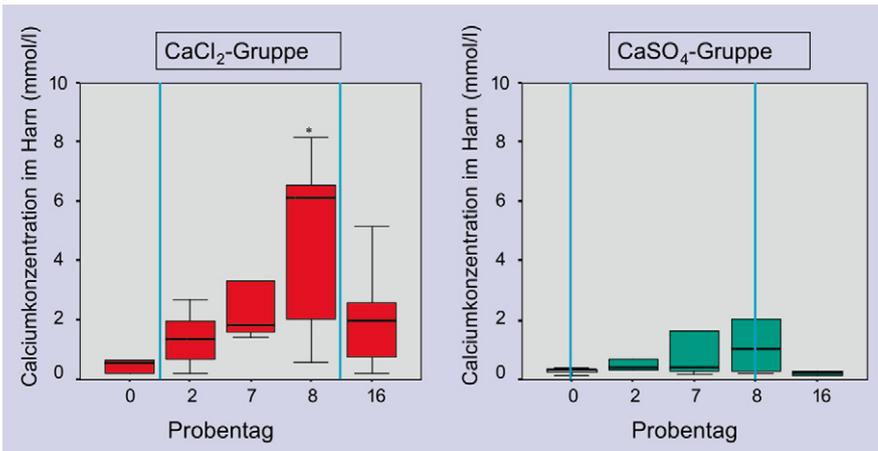


Abb. 21
Kalziumkonzentration im Harn

Ergebnisse der gleichzeitigen äquimolaren Gabe von Natriumhydrogenkarbonat und Kalziumchlorid bzw. Kalziumsulfat. Tag 0 entspricht dem Ausgangswert ohne Salzgabe, es schließen sich 8 Tage mit Salzgabe an, gefolgt von einer salzfreien Phase. Darstellung wie in Abb. 15.

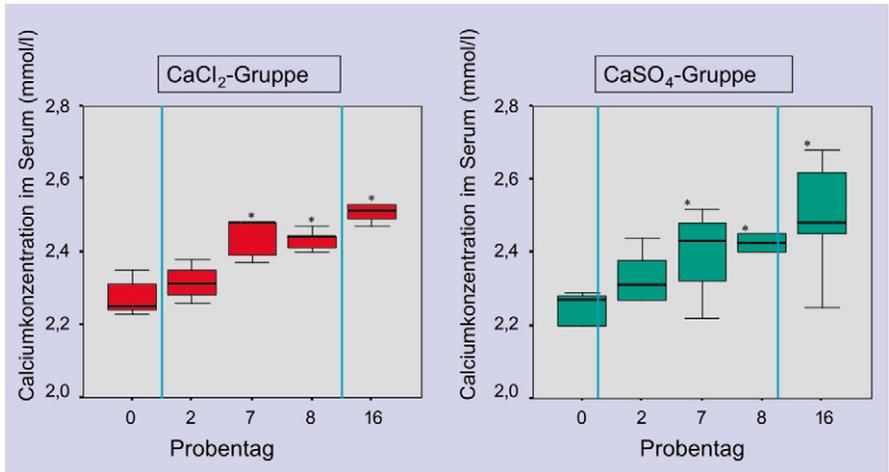


Abb. 22

Kalziumkonzentration im Blutserum wie für Abb. 21.

Sowohl in der Kalziumchlorid- als auch in der Kalziumsulfatgruppe bleibt die Blutserumkonzentration an Kalzium bei gleichzeitiger äquimolarer Gabe an Kalium unverändert (Abb. 18). Auch im Harn sind weder bei der NSBA noch bei der Kalziumkonzentration signifikante Reaktionen nachweisbar (Abb. 19, 20).

Allerdings deutet ein tendenzieller Anstieg der NSBA und ein umgekehrt tendenzieller Abfall der Kalziumkonzentration im Harn darauf hin, dass die beiden sauren Salze den alkalisierenden Effekt von Kalium nicht vollständig aufheben. Beim Natrium verhält sich genau umgekehrt. Hier steigt die Kalziumkonzentration im Harn tendenziell, im Blutserum sogar signifikant an. Damit übertrifft die ansäuernde Wirkung der sauren Salze die alkalisierende Wirkung von äquimolaren Mengen an Natrium.

Allerdings sind die Wirkunterschiede zwischen Kalium und Natrium nur gering ausgeprägt. Die Ergebnisse der kombinierten Gabe von Kalium und Natrium bewegt sich zwischen den Ergebnissen der beiden Einzelsalze. Das bedeutet, dass sich Kalium und Natrium in ihrer alkalisierenden Wirkung additiv verhalten und nicht gegenseitig beeinflussen. Damit kann zumindestens in der Prophylaxe der Gebärpause die krankheitsauslösende Wirkung einer kaliumreichen Ration durch zusätzliche, über den Bedarf hinausgehende Natriumgaben (Vihsalz) nicht vermindert werden, sondern im Gegenteil die DCAB wird noch weiter erhöht.

Die dargestellten Ergebnisse zur gegenseitigen Beeinflussung von Chloriden und Sulfaten auf der einen Seite und Kalium und Natrium auf der anderen Seite bestätigen grundsätzlich die Richtigkeit des theoretischen Konzeptes der DCAB einschließlich der Berechnungsformel aus Abb. 3. Ausgehend von der krankheitsauslösenden Wirkung einer durch die Fütterung bedingten alkalischen Stoffwechsellage kann darauf durch

Senkung des Gehaltes an Kalium (und Natrium unter Beachtung einer bedarfsgerechten Versorgung) und/oder Erhöhung des Gehaltes an Chlorid/Sulfat reagiert werden. Die genannten Kationen und Anionen heben sich in ihrer Wirkung auf den Säuren-Basen-Haushalt auf der Basis äquimolarer Massen annähernd auf.

Einfluss von Kalzium auf den Effekt von sauren Salzen

Der Kalziumbedarf trockenstehender Kühe beträgt unter 40 g pro Kuh und Tag oder unter 4 g Kalzium pro kg TS. Beim Einsatz von sauren Salzen muss der Kalziumgehalt auf über 14 g Kalzium pro kg TS angehoben werden. Ein häufiger Fehler bei der Anwendung von Anionenrationen besteht in der Missachtung dieser Zusammenhänge. Es sollte deshalb untersucht werden, welche Auswirkungen ein zu geringer Kalziumgehalt in Rationen mit sauren Salzen hat. Dazu erhielten die Versuchskühe über die Pansenfistel wiederum Kalziumchlorid oder Kalziumsulfat. Im ersten Versuchsabschnitt wurden die Kühe mit insgesamt nur 20 g Kalzium pro Tag (2,5 g Kalzium/kg TS) deutlich kalziumunterversorgt. Nach einer wash-out-Periode wurde anschließend das Kalziumangebot auf 78 g (10 g Kalzium/kg TS) angehoben. In den Abb. 23, 24 und 25 sind die Ergebnisse für die Kalziumsulfatgruppe vergleichend dargestellt. Die Kalziumchloridgruppe zeigt das gleiche Verhalten.

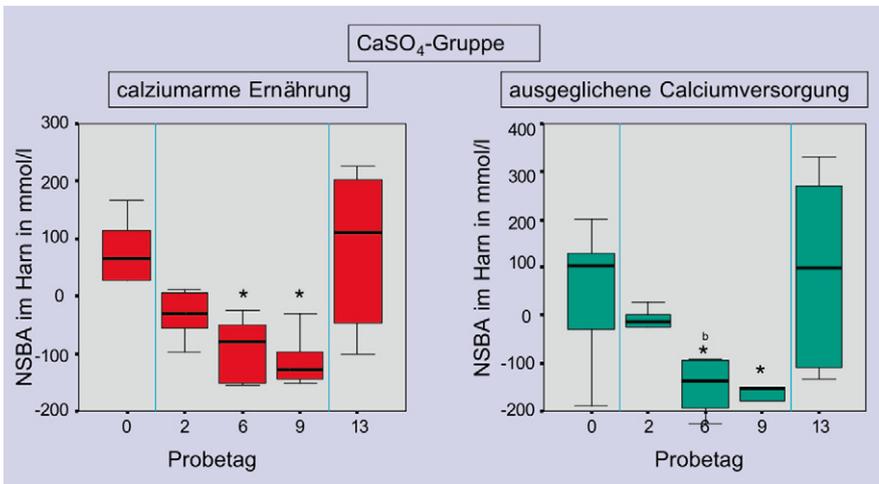


Abb. 23

Kalziumreduzierte Fütterung – NSBA im Harn

Ergebnisse zum Einfluss einer kalziumarmen (20 g Kalzium pro Kuh und Tag, linker Teil der Abbildung) und einer kalziumreichen (78 g Kalzium pro Kuh und Tag, rechter Teil der Abbildung) Fütterung auf den Effekt von sauren Salzen. Es wurden nur die Ergebnisse der Kalziumsulfatgruppe dargestellt. Die Kalziumchloridgruppe verhielt sich in der gleichen Weise. Ergebnisdarstellung wie in Abb. 15.

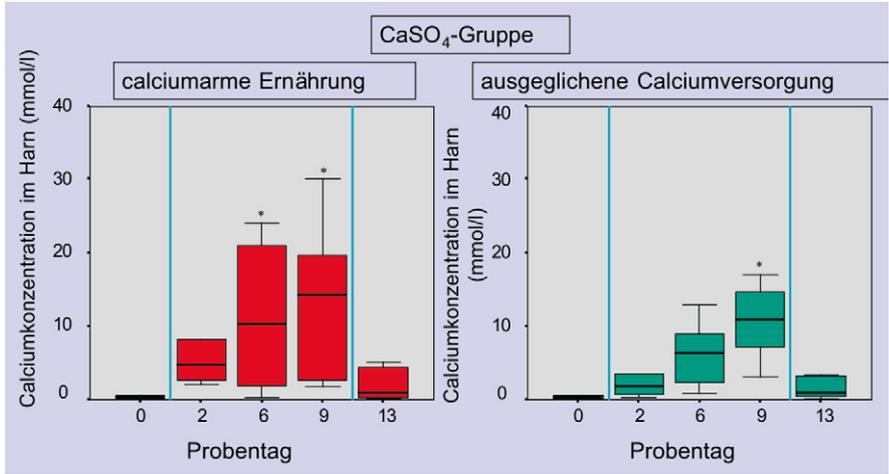


Abb. 24

Kalziumreduzierte Fütterung – Kalziumkonzentration im Harn wie in Abb. 23.

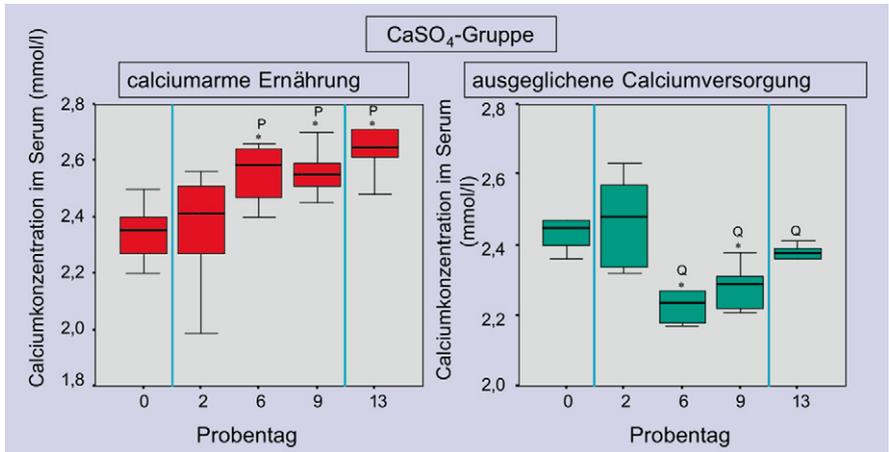


Abb. 25

Kalziumreduzierte Fütterung – Kalziumkonzentration im Blutserum wie in Abb. 23.

Der Kalziumgehalt in der Futtermittelration beeinflusst weder die an der NSBA ablesbare Ansäuerung durch die sauren Salze noch die darauf folgende reaktive Erhöhung der Kalziumkonzentration im Harn (Abb. 23, 24). Beide Parameter reagieren in der erwarteten zeitlichen Dynamik in der Entwicklung der Azidose. Mit Werten der NSBA unter – 100 mmol/l ist die Azidose sehr stark ausgeprägt.

Nach dem Absetzen der sauren Salze kehren die Werte schnell in den Ausgangsbe-
 reich zurück. Die Kalziumkonzentration im Blutserum reagiert dagegen in Abhängigkeit
 vom Kalziumgehalt der Ration signifikant unterschiedlich (Abb. 25). Unerwartet zeigen
 die Kühe in der kalziumarmen Versuchsperiode signifikant höhere Blutkalziumkonzentra-
 tionen im Vergleich zur kalziumreichen Fütterung (Abb. 25). Die Erklärung für dieses
 Verhalten liegt wieder auf der regulativen Ebene. In der Konsequenz bedeutet das unter
 Berücksichtigung der gleichen Reaktion im Harn, dass die Kühe gewissermaßen bei ein-
 em niedrigen Kalziumgehalt in Anionenrationen über längere Zeit die Knochenreser-
 ven übermäßig beanspruchen und dann zu Laktationsbeginn an verfügbarem Kalzium
 verarmen. Damit ist ein zu geringer Kalziumgehalt in der Ration eine Ursache für einen
 möglichen Misserfolg bei der Anwendung von sauren Salzen.

Einmalige Tagesgabe der sauren Salzen

Bei einer einmaligen Tagesgabe der Gesamtmenge an sauren Salzen reagieren die Pa-
 rameter des Säuren-Basen-Haushaltes und des Kalziumhaushaltes mit signifikanten Ver-
 änderungen (Abb. 26, 27).

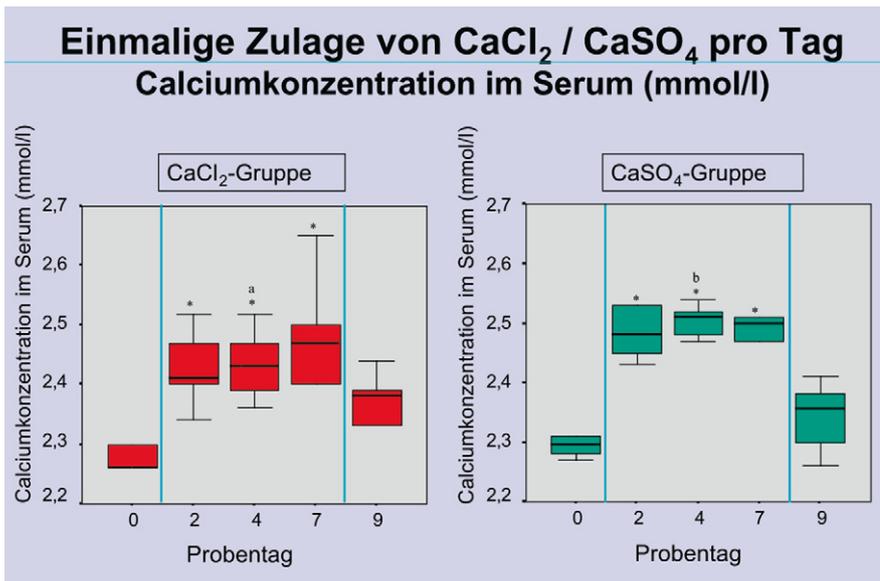


Abb. 26

Kalziumkonzentration im Blutserum

Ergebnisse einer einmaligen Gabe von Kalziumchlorid und Kalziumsulfat über 7 Tage. Darstellung wie in Abb. 15.

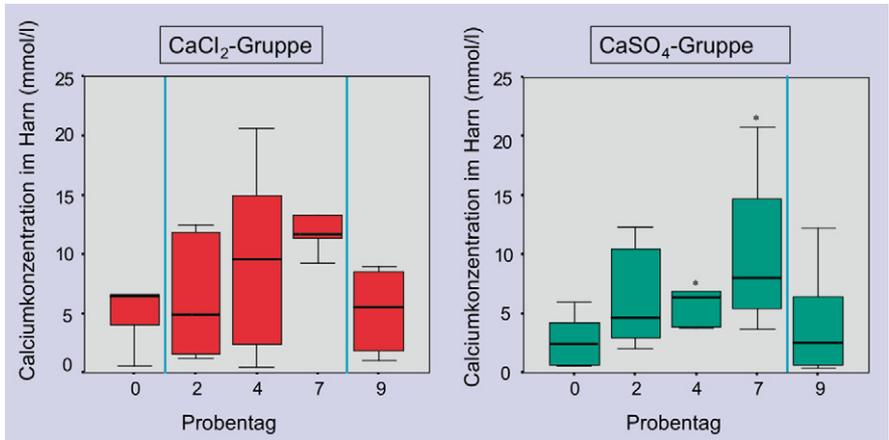


Abb. 27

Einmalige Zulage von CaCl₂/CaSO₄ pro Tag – Kalziumkonzentration im Harn
Ergebnisse einer einmaligen Gabe von Kalziumchlorid und Kalziumsulfat über
7 Tage. Darstellung wie in Abb. 15.

Danach wäre die Wirkung auch bei einmaliger Tagesgabe grundsätzlich gegeben. Betrachtet man die Kalziumkonzentrationen im Harn fällt die weite Wertestreuung auf (Abb. 27). Das gleiche fällt beim Vergleich der Tagesprofile bei einmaliger Gabe (Abb. 28) und zweimaliger Gabe (Abb. 29) auf.

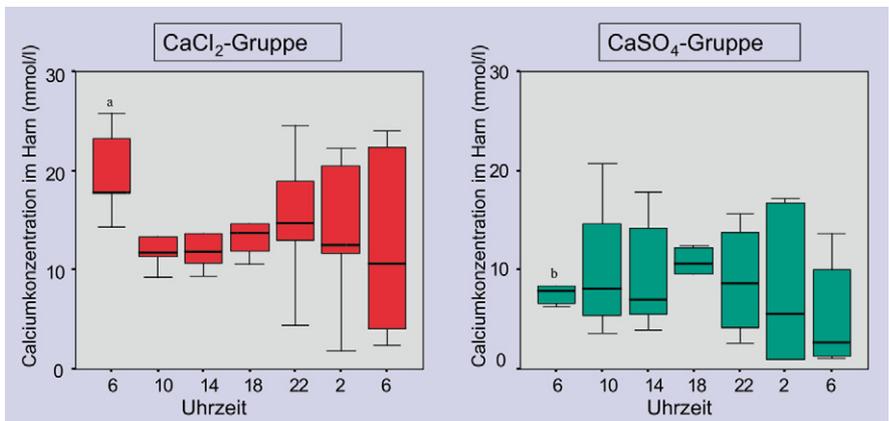


Abb. 28 Tagesprofil bei einmaliger Zulage saurer Salze pro Tag

Verlauf der Kalziumkonzentration im Harn über 24 Stunden bei einmaliger Gabe von
Kalziumchlorid und Kalziumsulfat um 7 Uhr. Darstellung wie in Abb. 15.

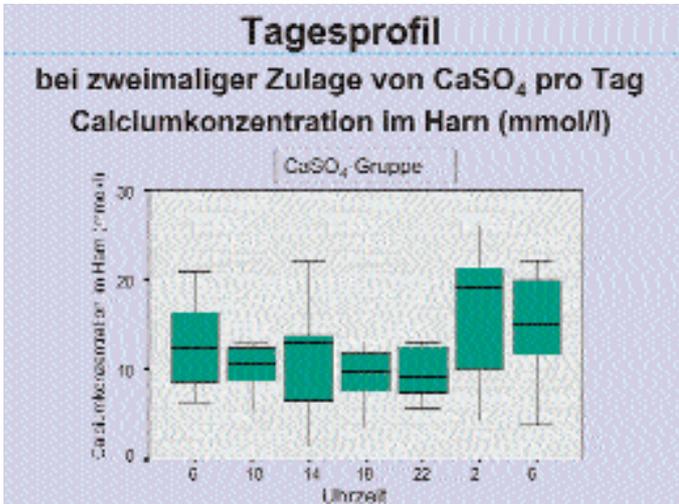


Abb. 29
 Verlauf der Kalziumkonzentration im Harn über 24 Stunden bei zweimaliger-Gabe von Kalziumchlorid und Kalziumsulfat um 7 Uhr und um 14 Uhr. Darstellung wie in Abb. 15.

Auch bei einer einmaligen Tagesgabe der Gesamtmenge an sauren Salzen wird eine ansäuernde Wirkung erreicht, die aber in ihrer gleichmäßigen Ausprägung über den gesamten Tag der zweimaligen Gabe unterlegen ist. Da auch bei der einmaligen Gabe in jedem Fall gesichert sein muss, dass jedes Tier die notwendig Salzmenge täglich gleichmäßig aufnimmt, wird dieses Verfahren nur ausnahmsweise zur Anwendung kommen. Ein sicherer Einsatz von sauren Salzen wird am besten bei Anwendung einer TMR erreicht. Das schließt ohnehin die gleichmäßige Salzaufnahme über den ganzen Tag ein.

Wirkung von sauren Salzen über 24 Stunden

Es wurde bereits wiederholt darauf verwiesen, dass die Anwendung von Anionenrationen eine begleitende Kontrolle in der Herde erfordert. Dabei sind einfache Methoden anzuwenden. Die Harnuntersuchung hat sich allgemein durchgesetzt. Es stellt sich dabei die Frage nach einer möglichen Abhängigkeit der Messergebnisse von der Probenentnahmezeit. Es ist gut vorstellbar, dass die Harnreaktion mit dem Abstand zur Verabreichung der sauren Salze oder von der Futteraufnahme derart großen Schwankungen unterliegt, dass die Ergebnisinterpretation beeinflusst wird. In Tagesprofiluntersuchungen sollten deshalb die Schwankungen der verschiedenen Parameter im Harn und im Blut im Tagesverlauf sowohl bei einmaliger als auch bei zweimaliger Salzgabe pro Tag untersucht werden. In den Abb. 28, 29 und 30 sind beispielhaft die Tagesprofile im Harn dargestellt. Auf die größere Variation der Messwerte bei einmaliger (Abb. 28) im Vergleich zur zweimaligen (Abb. 29) Salzgabe wurde bereits hingewiesen. Bei der zweimaligen Salzgabe weisen weder die Kalziumkonzentration im Harn (Abb. 29) noch die NSBA (Abb. 30) signifikante Veränderungen im Tagesverlauf auf. Die NSBA-Werte zeigen eine ausgesprochen konstanten Verlauf auf.

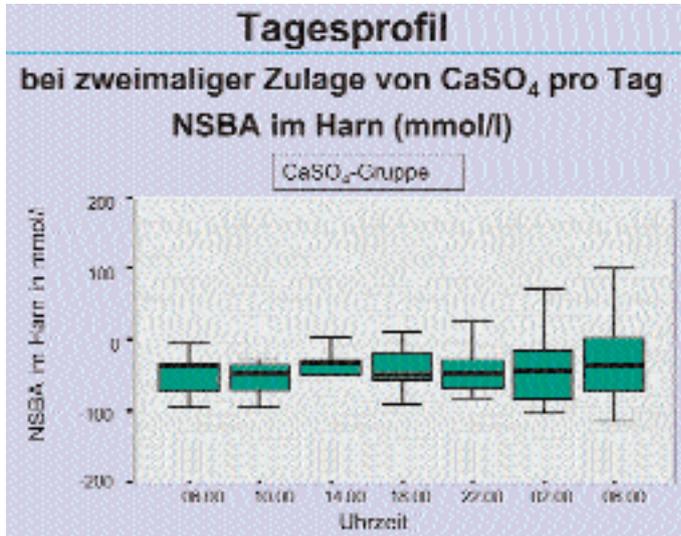


Abb. 30
 Verlauf der
 NSBA im Harn
 über 24 Stunden
 bei zweimaliger
 Gabe von Kalzi-
 umchlorid und
 Kalziumsulfat um
 7 Uhr und um 14
 Uhr. Darstellung
 wie in Abb. 15.

Das lässt den Schluss zu, dass für die Kontrolle des Effektes von sauren Salzen über Harnuntersuchungen der Probenentnahmezeitpunkt keine Rolle spielt. Damit kann zu jeder Tageszeit bei der Kontrolle der Vorbereitungsruhe auch die Harnprobenuntersuchung durchgeführt werden, was die Einordnung der Überwachung in das Herdenmanagement wesentlich vereinfacht.

Effekt einer Dosiserhöhung von sauren Salzen

Zur Dosierung der sauren Salze gibt es unterschiedliche Auffassungen. Es werden 1,9 bis 3,4 Äquivalente pro Kuh und Tag empfohlen (Block 1984; Oetzel et al. 1988; Gaynor et al. 1989; Oetzel u. Barmore 1993; Tran 1997). Die Mehrzahl der Autoren geht über eine Tagesdosis von 3 Äquivalenten nicht hinaus. Daraus leiten sich zwei für die Anwendung relevante Fragen ab.

Erstens, mit welchen Folgen ist bei einer höheren Dosierung zu rechnen? Zweitens, wie reagiert man auf eine höhere, über 200 meq/kg TS liegende DCAB? Betrachtet man die Ergebnisse aus Abb. 8, liegen unter unseren Fütterungsbedingungen die DCAB-Werte in Vorbereitungerrationen in mehr als 50 % der Proben über 200 meq/kg TS. Kann durch eine Veränderung der Rationszusammensetzung die DCAB nicht gesenkt werden, wird bei Einhalten einer Obergrenze von 3 Äquivalenten an sauren Salzen die DCAB-Absenkung nicht in den gewünschten Bereich um oder unter 0 meq/kg TS gelingen. Damit ist die prophylaktische Wirkung unsicher oder nicht vorhanden. Die Ergebnisse der Rationsanalysen aus Abb. 8 bestätigen dies. Tatsächlich liegen über 75 % der Vorbereitungerrationen nach Zusatz von sauren Salzen in der DCAB immer noch über 0 meq/kg TS. Eine mögliche Reaktion zur Sicherung der prophylaktischen Wirkung der sauren Salze wäre die Erhöhung der Dosis über 3 Äquivalente pro Kuh und Tag.

Aber ist das ohne Risiko für die Kühe zulässig?

Zur Klärung dieser beiden Fragen erhielten die 11 Versuchskühe steigende Mengen an Kalziumsulfat (Abb. 31). Im Wochenabstand wurde die Dosierung von ausgangs 2,5 Äquivalenten pro Kuh und Tag, verteilt auf zwei Teildosen, auf 6,0 Äquivalente gesteigert. In der Versuchsplanung war davon ausgegangen worden, dass damit die obere Verträglichkeitsgrenze sicher überschritten werden würde.

Zeitplan:

8 Versuchsphasen zu je 7 Tagen

V12	2,5 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	107,5g pro Mahlzeit
V13	3,0 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	129,0g pro Mahlzeit
V14	3,5 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	150,5g pro Mahlzeit
V15	4,0 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	172,0g pro Mahlzeit
V16	4,5 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	193,5g pro Mahlzeit
V17	5,0 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	215,0g pro Mahlzeit
V18	5,5 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	236,5g pro Mahlzeit
V19	6,0 Äquivalente CaSO ₄ pro Tag	258,0g pro Mahlzeit

Abb. 31

Ablauf des Dosisbelastungsversuches. Über einen Zeitraum von insgesamt 8 Wochen wurde wöchentlich die Gabe von Kalziumsulfat um 0,5 Äquivalente von 2,5 auf 6,0 Äquivalente pro Kuh und Tag gesteigert.



Abb. 32 Als Zeichen einer Überdosierung wurde eine deutliche Verminderung oder sogar ein Einstellen der freiwilligen Futteraufnahme bewertet. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Salzgabe beendet. Die beiden linken Kühe sind bereits aus dem Belastungstest entlassen worden. Die beiden rechten Kühe erhalten noch Salz, stehen aber auf Grund der Inappetenz vor dem Absetzen der Salzgabe.

Die Reaktion der Kühe auf die steigenden Salzgaben war individuell sehr unterschiedlich. Als Zeichen der Unverträglichkeit wurde eine deutliche Verminderung bzw. das Einstellen der Futteraufnahme gewertet.

Bemerkenswert war es, dass die Tiere tatsächlich ausschließlich mit einer Futteraufnahme-depression als Zeichen einer Überdosierung reagierten. In Abb. 32 sind die beiden linken Kühe noch ungestört, die beiden rechts daneben stehenden Kühe haben die Futteraufnahme eingestellt. Sie zeigten darüber hinaus keine weiteren klinischen Anzeichen einer Erkrankung oder Störung. Aber die Inappetenz war intensiv ausgeprägt. Die Kühe standen desinteressiert vor der gefüllten Krippe.

In Abb. 33 wurde bei der linken Kuh die Salzgabe bereits beendet, sie frisst wieder selbst minderwertiges Heu mit gutem Appetit. Die rechte Nachbarkuh erhielt das beste Heu vorgelegt, steht aber desinteressiert davor bei vollständiger Einstellung der Futteraufnahme. Das war Anlass auch bei dieser Kuh die Salzbelastung zu beenden.



Abb. 33 Die linke Kuh erhält kein Salz mehr und frisst selbst Heu schlechter Qualität. Die rechte Kuh lehnt die Aufnahme auch von hochwertigem Heu ab. Sie hat die obere Grenze der verträglichen Dosis an sauren Salzen erreicht bzw. überschritten und wird nachfolgend aus dem Belastungsversuch entlassen.

Unter Produktionsbedingungen dürfte eine verminderte Futteraufnahme bei einer Einzelkuh nicht auffallen. Eine hochtragende Kuh wird aber im Unterschied zu den Versuchskühen mit drastischen klinischen Komplikationen reagieren. An erster Stelle dürfte die Ausbildung einer Fettleber stehen.

Wie entsteht diese Futteraufnahme-depression?

Um diese Frage zu beantworten, wurden eine Reihe an klinischen und labordiagnostischen Untersuchungsgrößen ausgewertet und nach Gemeinsamkeiten gesucht. Da das Salz über die Fistel in den Pansen gegeben wurde, scheiden geschmackliche Ursachen aus. Die Ursachenabklärung wurde durch die weit gestreute individuelle Variation der Dosisabhängigkeit erleichtert. Die erste Kuh stellte bereits nach 3,0 Äquivalenten Kalziumsulfat die Futteraufnahme ein. Bei 3 Kühen wurde nach 3,5 Äquivalenten, bei 4 Kühen nach 4,0 Äquivalenten und bei 1 Kuh nach 4,5 Äquivalenten die Salzgabe nach Feststellen der Inappetenz beendet. Mit Absetzen der Salzapplikation normalisierte sich

die Futteraufnahme nach wenigen Tagen wieder. 2 Kühe zeigten auch nach Gabe von 6,0 Äquivalenten und einer Gesamtversuchsdauer von 7 Wochen keine Anzeichen einer Störung. Bei diesen Tieren wurde dem Versuchsplan folgend die Salzgabe beendet. Die 9 Versuchskühe zeigten bei Einstellen der Futteraufnahme eine auffällige Gemeinsamkeit. Der pH-Wert im Blut war in einen Bereich um 7,25 abgesunken (Abb. 34).

Damit hat die Salzgabe eine intensive metabolische Azidose ausgelöst. Zur Vermeidung einer weiteren Ansäuerung haben die Tiere physiologisch sinnvoll mit der Verminderung/Einstellung der Futteraufnahme reagiert. Unter natürlichen Umständen führt das tatsächlich zu einem Erfolg, da die Einschränkung der Futteraufnahme auch die weitere Aufnahme an sauren Verbindungen reduziert. In dem Versuch wurden die Salze unabhängig von der Futteraufnahme weiter über die Pansenfistel verabreicht, wodurch sich die Tiere der weiteren Ansäuerung nicht entziehen konnten. Als Reaktion auf die außergewöhnlich intensiven Absenkung des Blut-pH-Wertes wurde die Herzfrequenz bis in einen Bereich von 40 Schlägen pro Minute reduziert (Abb. 35).

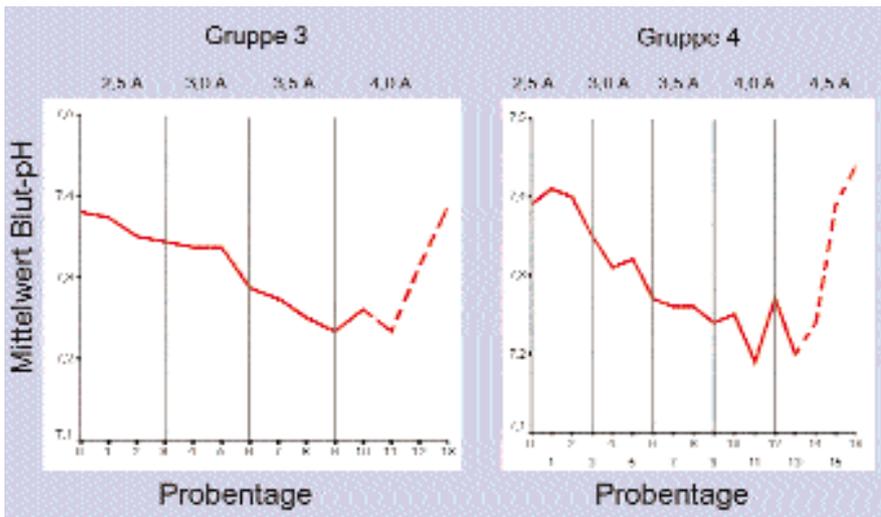


Abb. 34

Blut-pH (venös) II

Verlauf des Blut-pH-Wertes bei zwei Kühen. Die Kuh aus Gruppe 3 (linke Bildhälfte) wird auf Grund der Inappetenz bei 4,0 Äquivalenten Kalziumsulfat pro Tag aus dem Versuch genommen. Die Kuh aus Gruppe 4 schränkt erst bei 4,5 Äquivalenten pro Kuh und Tag die Futteraufnahme ein. Die individuelle Salzverträglichkeit variiert bei den 11 Kühen zwischen 3,0 bis 6,0 Äquivalenten. Allen Kühen, die die Futteraufnahme beenden, ist eine Absenkung des pH-Wertes im Blut unter 7,3 gemeinsam. Nach dem Beenden der Salzgabe normalisiert sich der Blut-pH-Wert sehr schnell wieder (gestrichelte Linie).

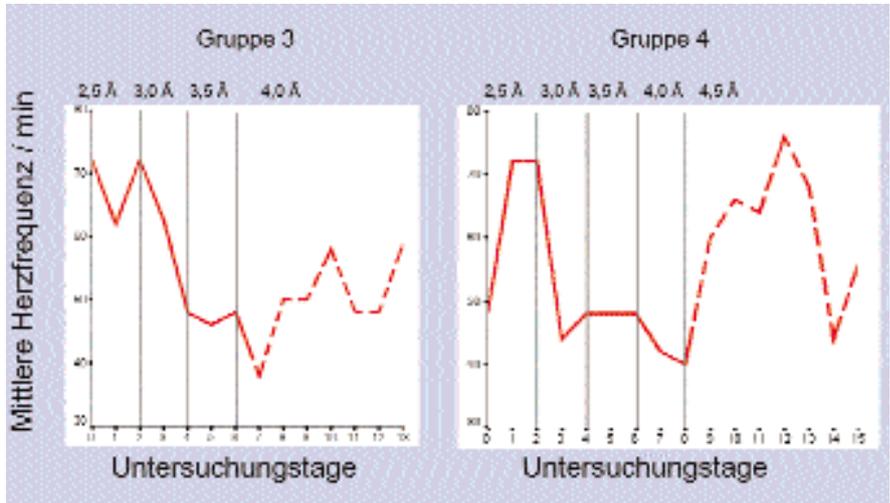


Abb. 35

Herzfrequenz II

Parallel zur Absenkung des Blut-pH-Wertes wird die Herzfrequenz bis in einen Bereich von 40 Schlägen nahezu halbiert (physiologisch 70 bis 80 Schläge pro Minute). Darstellung wie in Abb. 34.

Trotz der hochgradigen Azidose im Blut blieb der Pansen-pH-Wert unverändert (Abb. 36). Das belegt in überzeugender Weise die strenge Unterscheidung der Arten von Azidosen. Saure Salze bewirken eine metabolische Azidose ohne Veränderung des mikrobiellen Pansenmilieus. Diese Art der Azidose beschränkt sich ausschließlich auf das Körperinnere und manifestiert sich in einer Absenkung des Blut-pH-Wertes. Als nachfolgende regulative Reaktion scheiden die Nieren einen sauren Harn aus. Der Pansen bleibt von diesen Reaktionen ausgenommen. Im Unterschied dazu entsteht die häufig mit dem Begriff der Azidose gleichgesetzte Pansenazidose durch die übermäßige Fütterung an leicht verdaulichen Kohlenhydraten bei einem Mangel an strukturierter Rohfaser. Beim Einsatz von sauren Salzen entwickelt sich keine Pansenazidose. Der Pansensaft-pH bleibt unverändert (Abb. 36).

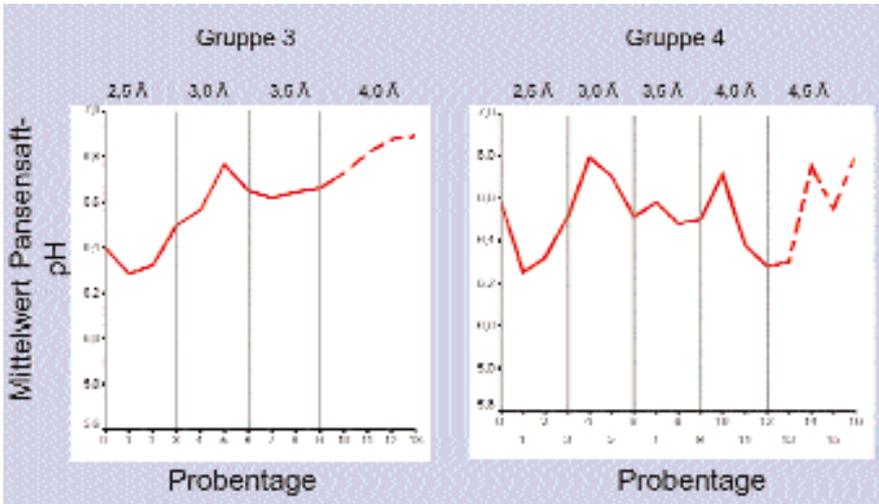


Abb. 36

Pansen-pH II – Der pH-Wert im Pansen bleibt trotz der ausgeprägten Azidose im Blut (metabolische Azidose) auch durch die steigenden Salzgaben unbeeinflusst im physiologischen Bereich. Darstellung wie in Abb. 34.

Die gleiche Aussage trifft auch für die Kotkonsistenz zu. Die für Pansenazidosen typische dünne Kotbeschaffenheit tritt bei der durch Fütterung von sauren Salzen ausgelösten metabolischen Azidose ebenfalls nicht auf. Im Gegenteil, die Versuchskühe zeigten während der steigenden Kalziumsulfatgaben sogar eine trockene, feste Kotkonsistenz (Abb. 37)



Abb. 37

Feste Kotkonsistenz trotz der ausgeprägten Azidose im Blut (metabolische Azidose) bei steigenden Salzgaben. Darstellung wie in Abb. 34.

Die Ergebnisse des Belastungsversuches lassen sich wie folgt zusammenfassen. Es besteht eine ausgesprochen weite individuelle Variation der Salzverträglichkeit.

Die Schädigung einer überhöhten Salzgabe geht von der dadurch ausgelösten überzogenen Ansäuerung mit einem signifikanten Abfall des Blut-pH-Wertes unter 7,30 aus. Als Reaktion auf die zu starke Ansäuerung vermindern die Kühe sinnvollerweise die Futteraufnahme und damit auch die Aufnahme an sauren Salzen.

Klinisch gibt es keine verlässlichen Hinweise, um durch die Tierbeobachtung das Eintreten einer übermäßigen Ansäuerung zu erkennen. Ein Rückgang der Futteraufnahme kann allenfalls als Hinweis gewertet werden, was aber in der Gruppenhaltung nur schwer objektivierbar sein dürfte. Da aber eine ausreichende Ansäuerung zur Gewährleistung des prophylaktischen Effektes der sauren Salze erreicht werden muss, andererseits zugleich eine Übersäuerung zu vermeiden ist, bedarf der Einsatz von sauren Salzen eines einfachen Überwachungssystems, was vor Ort in der Herde mit wenig Aufwand zuverlässige Informationen zum erreichten Effekt der Anionenration liefert.

Liegt der DCAB-Wert der Ration der Vorbereitungskühe deutlich über 200 meq/kg TS und ist eine Absenkung durch eine Rationsänderung nicht zu erreichen, dann kann in dieser Situation die Salzmenge erhöht werden. Um eine Futteraufnahmedepression durch eine Geschmacksbeeinträchtigung zu vermeiden, sollte das geschmacksneutrale Kalziumsulfat verwendet werden.

Grundsätzlich ist eine Anpassung der Salzdosierung an die DCAB der Ration zu fordern, um beides eine Unterdosierung mit zu geringer Wirkung und eine Überdosierung mit dem Auslösen einer Inappetenz zu vermeiden. Es muss hervorgehoben werden, dass die entscheidende Kontrollgröße über die richtige Dosierung nicht an erster Stelle die DCAB der Ration, sondern vielmehr der erreichte Ansäuerungsgrad im Stoffwechsel der Kuh ist. Deshalb dient die DCAB-Bestimmung zu Beginn des Einsatzes von sauren Salzen zur Rationsausrichtung.

Zur Erfolgskontrolle und vor allem zur laufenden Überwachung ist die Harnuntersuchung heranzuziehen. Damit wird die Harnuntersuchung nicht zu einer Hilfsmethode, um die Kosten der aufwendigeren DCAB-Bestimmung zu sparen. Die Harnuntersuchung liefert vielmehr die notwendigen Informationen über die richtige Dosierung der sauren Salze. Die richtige Dosierung sollte sich an den erreichten Effekten orientieren. Über eine zeitlich eng durchgeführte Harnkontrolle kann die Salzdosierung an den Bedarf angepasst werden.

Empfehlungen für den Einsatz saurer Salze

Zunächst muss betont werden, dass die in dem Vortrag auf dem letzten Symposium formulierten Empfehlungen zum Einsatz von sauren Salzen (Staufenbiel et al. 2003) ihre Gültigkeit behalten. Deshalb wurde in diesem Beitrag wiederholt der Bezug zu dem Vortrag von 2003 hergestellt. Die neuen Untersuchungsergebnisse stellen darüber hinaus die Notwendigkeit der Kontrolle in stärkerer Weise heraus. Als Resümee der bisher insgesamt durchgeführten Untersuchungen und Erfahrungen aus den Praxiserhebungen lassen sich nachfolgend aufgeführte Empfehlungen formulieren.

Empfehlung 1 (Abb. 38)

Vor Beginn des Einsatzes von sauren Salzen sollte eine DCAB-Bestimmung durchgeführt werden. Erhalten die Vorbereitungskühe eine TMR, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, eine repräsentative TMR-Probe zur Analyse einzusenden (Abb. 39).

- vor Einsatzbeginn Bestimmung der DCAB, Na, K, Cl, S, Mg, Ca, P in der Mischration
- über Rationsanpassung DCAB auf < 200 mequ/kg TS einstellen

eventuell später weitere DCAB-Bestimmung zur

- Kontrolle der Mischration nach Zusatz von sauren Salzen (Mischgenauigkeit)



Abb. 38 Empfehlungen zum Einsatz von sauren Salzen – Teil 1.

Über den Vergleich der analysierten Werte mit den kalkulierten Rationskennwerten erhält man zugleich Informationen über die Genauigkeit der angebotenen TMR. Bei relevanten Abweichungen ist nach den Ursachen zu suchen. Neben der DCAB sollten in der TMR-Probe auch die üblichen Rationskennwerte entsprechend den Angaben aus Abb. 39 bestimmt werden.

<u>Gruppe der Vorbereitungskühe</u>	
Trockensubstanz	Na
Rohasche	K
Rohprotein	Mg
Rohfaser	Ca
Zucker	Cl
Stärke	S
ADF	P
Umsetzbare Energie	
Nettoenergie-Laktation	DCAB



Abb. 39 Rationsanalyse einer TMR-Futterprobe
Futtermittelanalysen von TMR-Proben sind ein wichtiger Bestandteil in der richtigen Einstellung von Anionenrationen.

Die Ration soll so beschaffen sein, dass nach Zusatz der sauren Salze die Kennwerte aus Tab. 1 eingehalten werden. Von grundlegender Bedeutung ist, dass die Ansäuerung im Stoffwechsel ausschließlich von den zugesetzten sauren Salzen hervorgerufen wird. Der Übergang von der Fütterung der frühen Trockensteher zu den Vorbereitungs-kühen ist mit wesentlichen Änderungen in der Futterration verbunden. Das betrifft auch die Energiekonzentration. Deshalb muss streng auf einen ausreichenden Verzehr an pansenmotorisch wirksamer Rohfaser geachtet werden (Abb. 40).

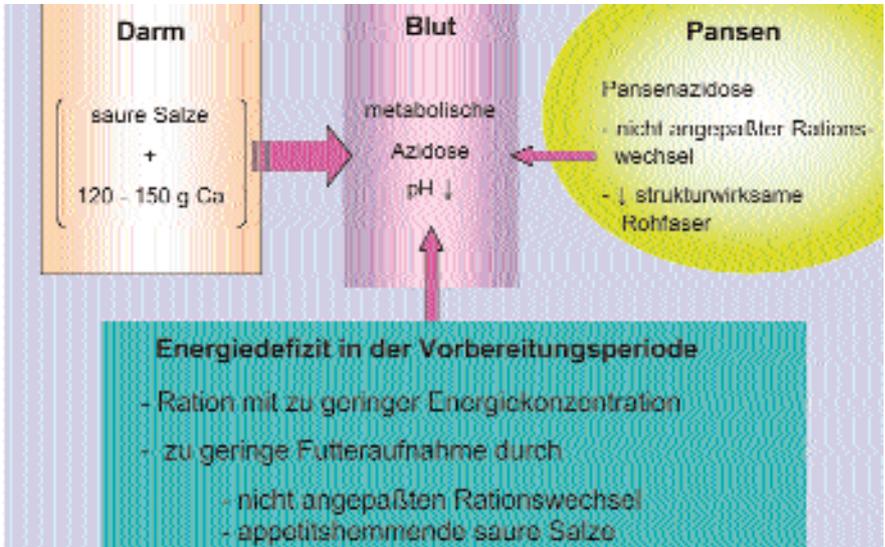


Abb. 40

In Anionenrationen soll die ansäuernde Wirkung im Blut durch die sauren Salze ausgelöst werden. Durch eine unangepasste Rationszusammensetzung können weitere ansäuernde Rationseffekte hinzukommen, die sich negativ addieren. Deshalb müssen Anionenrationen wiederkäuer- und bedarfsgerecht zusammengestellt sein (Staufenbiel et al. 2003).

Ein zu geringer Gehalt an strukturierter Rohfaser würde über eine dadurch ausgelöste Veränderung des Pansenmilieus in Richtung einer Pansenazidose eine zusätzliche Ansäuerung hervorrufen. Auf der anderen Seite muss aber in gleicher Weise auch der Energiebedarf der hochtragenden Kuh gedeckt werden, um einen vorzeitigen und übermäßigen Beginn der Fettmobilisation zu vermeiden (Abb. 40). Die Maßnahmen gegen die Pansenazidose bedingen eine Ration mit geringerer Energiedichte, das Vermeiden eines Energiedefizits erfordert hingegen eine Ration mit höherer Energiedichte. In dieser Situation kann die Verwendung geringer Mengen an pansengeschütztem Fett hilfreich sein, um eine höhere Energiekonzentration bei zugleich ausreichendem

Rohfasergehalt zu gewährleisten. Insgesamt sind Anionenrationen über die Zugabe der richtigen Menge an sauren Salzen hinaus bedarfsgerecht ausbalanciert zu gestalten (Abb. 40). Auch zur Kontrolle des Erreichens der Zielgrößen aus Tab. 1 kann die TMR-Analyse dienen (Abb. 39). Für kleinere Milchkuhbestände ist die wiederholte TMR-Untersuchung zu kostenaufwendig. Hier leistet die weiter unter Empfehlung 4 angeführte preiswertere Harnuntersuchung ersatzweise gute Dienste, um indirekt Aussagen zur DCAB bzw. zum Ansäuerungsgrad zu erhalten.

Es bleibt aber auch für diese Bestände die Forderung nach einer gut ausbalancierten Fütterung bestehen. Liegt die Ausgangs-DCAB deutlich über 200 meq/kg TS sollte über den Austausch von stark alkalischen gegen weniger alkalische Futtermittel versucht werden, sich den 200 meq/kg TS zu nähern. Dies wird häufig schon durch einen Austausch von Anweilsilage gegen Maissilage erreicht. Höhere DCAB-Werte können teilweise auch über eine Anhebung der Salzmenge kompensiert werden, wenn der Ansäuerungsgrad über die Harnuntersuchung (Empfehlung 4) unter Kontrolle bleibt. Liegt hingegen die Ausgangs-DCAB unter 200 meq/kg TS kann die Salzdosierung reduziert werden, was ebenfalls über die Harnkontrolle anzupassen ist. Liegt die Ausgangs-DCAB deutlich über 200 meq/kg TS sollte über den Austausch von stark alkalischen gegen weniger alkalische Futtermittel versucht werden, sich den 200 meq/kg TS zu nähern. Dies wird häufig schon durch einen Austausch von Anweilsilage gegen Maissilage erreicht. Höhere DCAB-Werte können teilweise auch über eine Anhebung der Salzmenge kompensiert werden, wenn der Ansäuerungsgrad über die Harnuntersuchung (Empfehlung 4) unter Kontrolle bleibt. Liegt hingegen die Ausgangs-DCAB unter 200 meq/kg TS kann die Salzdosierung reduziert werden, was ebenfalls über die Harnkontrolle anzupassen ist.

Empfehlung 2 (Abb. 41)

Auf Grund der Geschmacksneutralität ist das saure Salz der ersten Wahl Kalziumsulfat unter der Voraussetzung, dass die DCAB-Analyse einen Schwefelgehalt in der Ration unter 2 g Schwefel/kg TS ergeben hat.

- Saures Salz der 1. Wahl $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ zur allgemeinen Anwendung
- keine Depression der Futteraufnahme auf Grund der Geschmacksneutralität (Einnischen, Überstreuen)
- Dosierung 2-3 Äquivalente (Kuh/Tag = 170 - 260g) $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- Einsatzzeitraum 14 - 10 Tage vor dem Kalben = Vorbereitungsration
- (Gesamtschwefelgehalt der Ration $\leq 4,5 \text{ g S/kg TS}$)

Abb. 41
Empfehlungen
zum Einsatz
von sauren Salzen – Teil 2.

Entsprechend den Untersuchungen aus Abb. 11 trifft dies für viele Bestände zu. Zunächst werden 2 (bis 3) Äquivalente Kalziumsulfat pro 10 kg TS zugesetzt, was einer Tagesdosis um 2 Äquivalenten Kalziumsulfat pro Kuh entspricht. Als Fütterungsdauer sollten 10 bis 14 Tage angestrebt werden. Eine minimale Einsatzdauer von einer Woche sollte nicht unterschritten, drei Wochen nicht überschritten werden. Durch die unter Empfehlung 4 beschriebene Harnuntersuchung kann die Kalziumsulfatdosierung an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden.

Empfehlung 3 (Abb. 42)

Ein wichtiger Punkt ist die richtige Mineralstoffergänzung von Anionenrationen. Zunächst ist die für Vorbereitungsrationen übliche, dem erhöhten Bedarf entsprechende Ergänzung an Vitaminen und Spurenelementen zu gewährleisten.

- Gesamtkalziumangebot muß auf 120 - 150 g Ca/Kuh/Tag eingestellt werden (13 - 15 g Ca/kg TS)
- Phosphorgehalt 30 – 40 g pro Tier und Tag (3 g P/kg TS)
- Ergänzung durch Futterkalk
- Vorteil nur 1 Mineralstoffgemisch für laktierende Kühe

*Abb. 42
Empfehlungen
zum Einsatz
von sauren
Salzen – Teil 3.*

Bei der Versorgung mit Mengenelementen wird die Phosphorversorgung bedarfsgerecht auf 3,0 bis 3,5 g P/kg TS eingestellt. Die Kalziumversorgung ist dagegen deutlich über den üblichen Bedarf auf Werte zwischen 13 bis 15 g Ca/kg TS sicherzustellen (Tab. 1). Das wird in der Regel nur über die Ergänzung von Futterkalk möglich sein.

Empfehlung 4 (Abb. 43)

Eine der wichtigsten Erfahrungen bei der Anwendung von Anionenrationen ist die Notwendigkeit einer ständig begleitenden Überwachung. Offenbar sind die Schwankungen in der DCAB der Rationen erheblich, dass es nicht ausreicht, nur bei Öffnung eines neuen Silostocks oder nach einem Rationswechsel die Salzdosierung anzupassen.

Für das Verständnis möglicher Komplikationen beim Einsatz saurer Salze sind die unter dem Punkt Dosiseffekte dargestellten Ergebnisse zu berücksichtigen.

Für die Entstehung von Komplikationen (Verminderung der Futteraufnahme) ist ein übermäßiger Grad der erzielten Ansäuerung (Absinken des pH-Wertes im Blut) primär verantwortlich, die bei unterschiedlichen Salzdosierungen bewirkt wird. Andererseits erfordert die gewünschte Prophylaxewirkung einer Anionenration eine ausreichende

Ansäuerung. Eine kontinuierlich begleitende Überwachung kann nur auf Grundlage von einfachen Methoden erfolgen, die vom Landwirt oder Herdenmanager vor Ort angewendet und unmittelbar ausgewertet werden. Dafür kommt nur die Harnuntersuchung in Frage (Abb. 43).

<ul style="list-style-type: none"> • ständige Kontrolle des Harn-pH-Wertes durch Landwirt/Herdenmanager • Zielgröße einer optimalen Salzwirkung Harn-pH 7,0 – 7,8 • Überwachung durch laboranalytische Harnuntersuchung (1 - 2/Monat in Poolproben von n = 10 Vorbereitungskühen) • Bestimmung der NSBA und Ca-Konzentration • Zielgröße einer optimalen Salzwirkung NSBA 0 - 50 mmol/l Harn Ca 5 - 15 mmol/l Harn 	
---	---

Abb. 43
Empfehlungen
zum Einsatz
von sauren Salzen – Teil 4.

Beim Kontrolldurchgang der Vorbereitungskühe kann von aufstehenden Tieren Spontanharn aufgefangen werden. Durch Reiben oberhalb des Euterspiegels lässt sich bei einem Teil der Kühe der Harnabsatz auslösen (Abb. 43). Mit Hilfe eines einfachen elektronischen Stabmessgerätes oder mit geeigneten Teststreifen (Messbereich 6,5 bis 8,5) wird der pH-Wert gemessen. Die Mehrzahl der Kühe soll einen Harn-pH-Wert zwischen 7,0 und 7,8 aufweisen. Liegen die gemessenen Werte über 7,8, ist die Ansäuerung unzureichend und die Prophylaxewirkung zweifelhaft. In diesem Fall sollten die eingesetzte Salzmenge und die Rationszusammensetzung auf mögliche Fehler überprüft werden. Kann die DCAB durch eine Rationskorrektur nicht gesenkt werden, besteht auch die Möglichkeit über eine Erhöhung der Menge an Kalziumsulfat die Ansäuerung zu verbessern. Werden mehr als 3 Äquivalente pro Kuh und Tag gefüttert, ist das Kontrollintervall über die Harn-pH-Messung zu verkürzen, um bei einer Übersäuerung die Menge wieder zu reduzieren. Bei einer Beschränkung der Fütterungsdauer auf 2 bis 3 Wochen und einer Beachtung einer bedarfsgerechten Rationsgestaltung (Empfehlung 1) ist eine Dosiserhöhung vertretbar. Dennoch ist immer als erstes die Verminderung der DCAB in Richtung 200 meq/kg TS über die Rationszusammensetzung zu versuchen. Harn-pH-Werte unter 7,0 zeigen eine übermäßige Ansäuerung an. Als Reaktion ist die Menge an sauren Salzen zu reduzieren. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die amerikanischen Empfehlungen zur Interpretation des Harn-pH-Wertes zur Kontrolle von Anionenrationen auf unsere Verhältnisse nicht übertragbar sind (Abb. 44). Harn-pH-Werte unter 7,0 sind nicht anzustreben.

Der Harn-pH-Wert hat den großen Vorzug der einfachen Messmethodik und einfachen Interpretation. Dennoch hat er einen wesentlichen Nachteil. Zwischen dem Harn-pH-

Wert und der DCAB besteht keine lineare Beziehung (Abb. 45).

Fressen Kühe eine Ration mit einer DCAB über 100 meq/kg TS pegelt sich der Harn-pH-Wert relativ gleichbleibend in einen Bereich zwischen 8,5 und 9,0 ein. Auch bei einer DCAB zwischen 100 und 0 meq/kg TS reagiert der Harn-pH nur mit einer geringen Abnahme im Bereich zwischen 8,5 und 8,0 (Abb. 45).

Amerikanische Empfehlungen zur Verwendung des Harn-pH-Wertes als Kontrollparameter

Harn-pH	Bewertung
> 8,0	physiologisch für Milchkuh ohne Risiko für eine Azidose, hohes Risiko für Gebärparese
6-7	Optimum für Gebärpareseprophylaxe
<6	übermäßige Ansäuerung, Verminderung des Anioneneinsatzes

Achtung amerikanische Empfehlungen zum Einsatz des Harn-pH-Wertes zur Kontrolle von Anionenrationen gelten nicht für Deutschland !!!

Abb. 44 Die amerikanischen Empfehlungen zum Harn-pH-Wert zur Kontrolle von Anionenrationen sind für Deutschland nicht übertragbar.

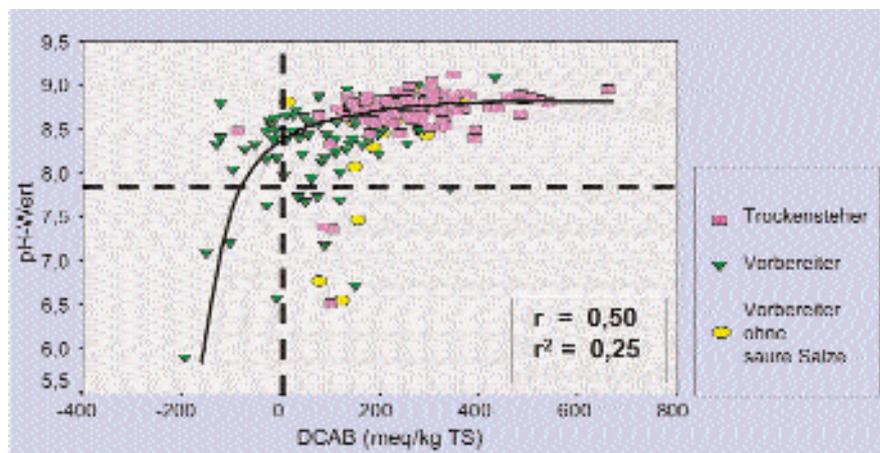


Abb. 45

Zwischen dem pH-Wert im Harn und der DCAB im Futter besteht ein nichtlinearer Zusammenhang. Im Bereich einer DCAB über 100 meq/kg TS bleibt der Harn-pH-Wert relativ unverändert. Noch bis in den DCAB-Bereich um 0 meq/kg TS reagiert der Harn-pH-Wert nur mit einem sehr geringen Rückgang. Bei einer DCAB unter 0 meq/kg TS fällt er dann sehr schnell ab (Ergebnisse aus Bestandsanalysen, Staufenbiel et al 2003).

Bei einer DCAB unter 0 meq/kg TS fällt er dann aber sehr schnell bis in Bereich unter 6,0. Da eine DCAB um 0 meq/kg TS für die Prophylaxewirkung ausreichend und zugleich auch für die Tiergesundheit gut verträglich mit einem geringen Risiko für Komplikationen ist, ergibt sich ein Zielbereich für den Harn-pH-Wert zwischen 7,0 bis 7,8. Im Unterschied zum Harn-pH-Wert steht die Harn-NSBA in linearer Beziehung zur DCAB (Abb. 46).

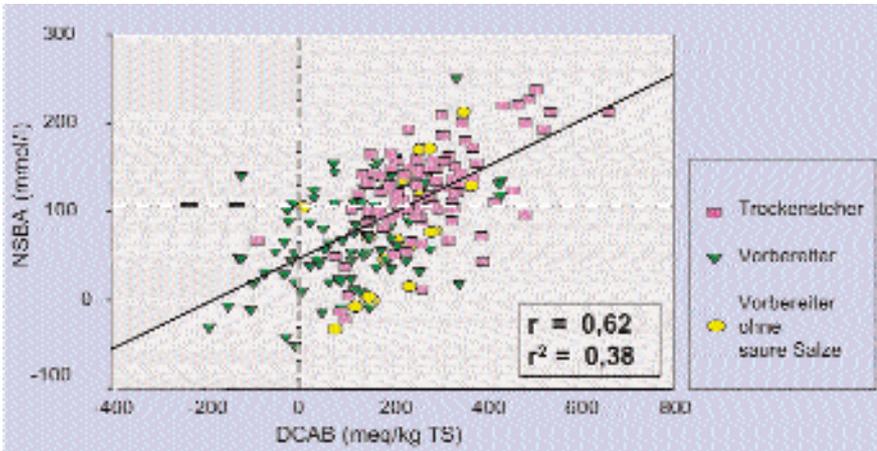


Abb. 46

Zwischen der NSBA im Harn und der DCAB im Futter besteht ein linearer Zusammenhang. Das eröffnet die Möglichkeit die aktuelle DCAB einer Ration über die NSBA-Bestimmung einzuschätzen (Ergebnisse aus Bestandsanalysen, Staufenbiel et al 2003).

Die NSBA gibt den Effekt von sauren wesentlich genauer wieder. Die gewünschte Ansäuerung mit einer DCAB um 0 meq/kg TS wird bei einer NSBA zwischen 0 und 50 mmol/l erreicht (Abb. 43). Nachteil der NSBA-Bestimmung ist der höhere methodische Aufwand. Die Harnproben müssen ohne Verunreinigungen gewonnen und gekühlt in ein entsprechendes Labor versandt werden.

Deshalb kann die NSBA-Bestimmung die Harn-pH-Messung nicht ersetzen. Dennoch sollte auf die genauere Aussage der NSBA nicht verzichtet werden. In größeren Abständen, ein- oder zweimal im Monat, oder nach einem Rationswechsel bzw. beim Wechsel der Silagen ist die zusätzliche Bestimmung der NSBA empfehlenswert. Neben der NSBA sollte auch die Kalziumkonzentration im Harn gemessen werden. Eine erhöhte Kalziumkonzentration zwischen 5 und 15 mmol/l zeigt die gewünschte Wirkung der sauren Salze an (Abb. 43). Zur Kostenreduktion kann mit gepoolten Proben gearbeitet werden (Staufenbiel et al., 2003, 2004)

NSBA als Maß der DCAB

Neben der Kontrolle der Wirkung der sauren Salze bietet die NSBA-Bestimmung eine weitere attraktive Anwendungsmöglichkeit. Auf Grund der engen und linearen Beziehung zwischen der DCAB und der NSBA kann die DCAB aus der NSBA geschätzt werden (Abb. 46). Die DCAB spiegelt die Pufferkapazität bzw. Alkalität in der Futterration wider, die NSBA die durch diese Ration ausgelöste Reaktion im Organismus (Abb. 47). Die Nieren gleichen über den Harn den unterschiedlichen Anfall an alkalischen und sauren Valenzen aus, was sich in einer unterschiedlichen Pufferkapazität des Harnes wiederfindet. Die labordiagnostische Meßgröße ist die NSBA (Abb. 47). Der Aufwand und auch die Kosten der NSBA-Bestimmung ist wesentlich geringer als die DCAB-Messung. Deshalb bietet die Harn-NSBA gerade für kleine Herden eine interessante Alternative zur DCAB.

DCAB	NSBA
Dietary-Cation-Anion-Balance = (Na ⁺ + K ⁺) - (Cl ⁻ + SO ₄ ²⁻)	Netto-Säure-Basen-Ausscheidung = Basen - (Säure+NH ₄ ⁺)
+ 1 Futterprobe der Totalen-Mischration (TMR)	+ Nachweis der Effekte am Tier
- Analysenfehler Kosten	+ Diagnostik subklinischer Störungen



Abb. 47

Überwachung des Einsatzes der sauren Salze – Die DCAB ist ein Maß für die Pufferkapazität in der Futterration, die NSBA spiegelt die Pufferkapazität über den Harn wider. Aus dieser Parallelität erklärt sich die gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Als praktisch wichtige Konsequenz ergibt sich eine wechselseitige Austauschbarkeit beider Methoden bezüglich der Aussage des Effektes einer Futterration auf den Säuren-Basen-Haushalt von Milchkühen.

Die enge und gleichgerichtete Aussage von DCAB und NSBA findet sich anschaulich bei der Gegenüberstellung der Beziehung zur Harnkalziumkonzentration wieder (Abb. 48, 49). Beide Parameter geben eine Aussage zum Grad der erreichten Ansäuerung im Stoffwechsel, worauf der Organismus mit einer erhöhten Kalziumausscheidung im Harn reagiert.

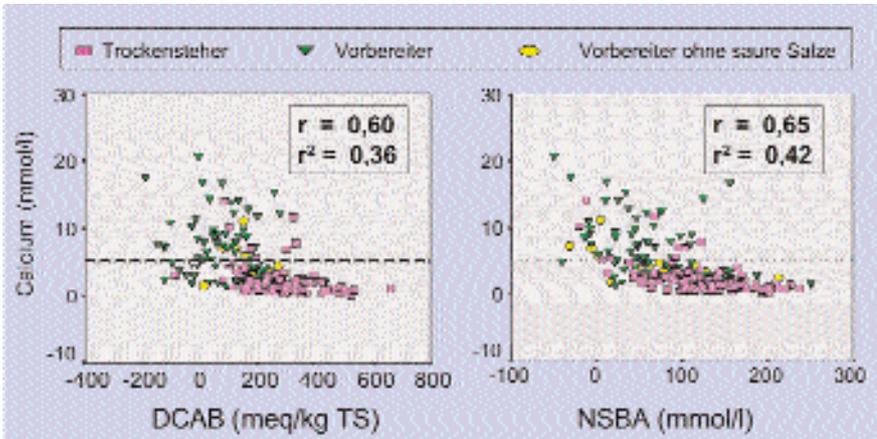


Abb. 48

Der enge physiologisch begründbare Zusammenhang von DCAB und NSBA führt folgerichtig zur gleichen Ausbildung von Beziehungen zu anderen, unabhängigen Untersuchungsgrößen, die ebenfalls vom aktuellen Status im Säuren-Basen-Haushalt geprägt werden. Diese Aussage findet ihre Bestätigung am Beispiel des Zusammenhanges zwischen DCAB (linker Teil der Abbildung) bzw. NSBA (rechter Teil der Abbildung) zur Kalziumkonzentration im Harn (Ergebnisse aus Bestandsanalysen, Staufenbiel et al. 2003).

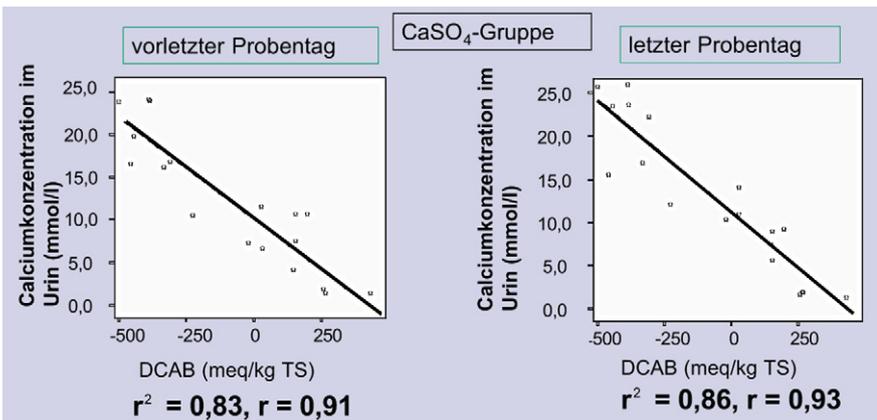


Abb. 49

Der enge Zusammenhang zwischen DCAB und der Harnkalziumkonzentration lässt sich auf Grund der sehr starken Absenkung der DCAB auch überzeugend bei den Kühen im Dosierungsversuch nachweisen. Das Versuchskonzept ist in Abb. 31 dargestellt.

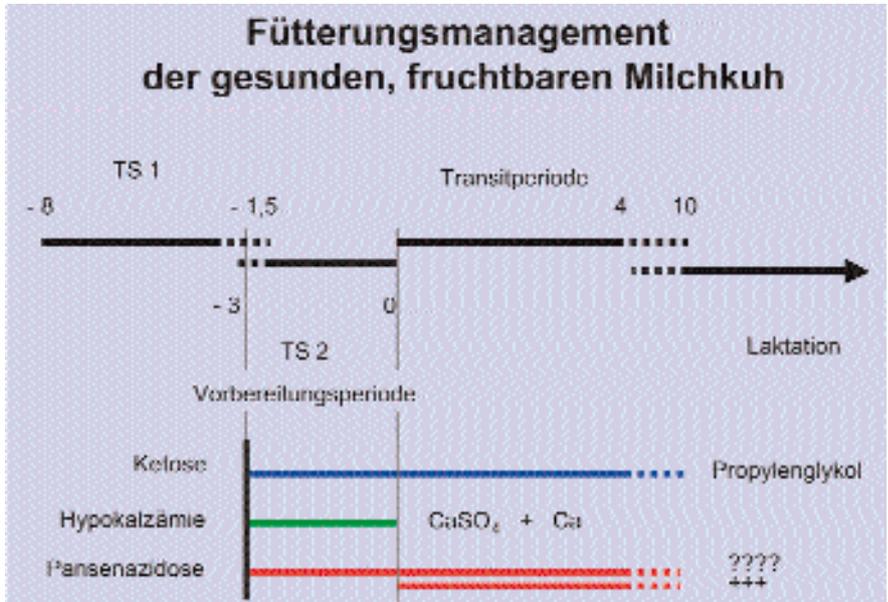


Abb. 50

Die erfolgreiche Haltung und Fütterung von Milchkuhen mit hoher Milchleistung erfordert ein qualifiziertes Herdenmanagement. Das schließt die systematisch geplante Integration von Prophylaxemaßnahmen gegen die Ketose, Pansenazidose und gegen die Hypokalzämie/Festliegen ein. Der Einsatz von Kalziumsulfat zur Herstellung einer Anionenration stellt eine geeignete Maßnahme zum Erzielen einer zuverlässigen Prophylaxe der Hypokalzämie dar (aus Staufenbiel et al 2003).

Abschlussbetrachtung

Die dargestellten Ergebnisse belegen, dass umfangreiches Wissen zur physiologischen Wirkung der sauren Salze vorhanden ist. Dieses Wissen bildet die Grundlage für eine erfolgreiche und zugleich sichere Anwendung von Anionenrationen zur Prophylaxe des für die Tiergesundheit wichtigen Komplexes Hypokalzämie/Gebärparese. Es könnte allerdings der Eindruck zurückbleiben, dass der Einsatz von sauren Salzen ein sehr kompliziertes Verfahren ist. Gerade die Kenntnis grundlegender Zusammenhänge bildet die Basis, die sichere Anwendung auf die Umsetzung weniger relevante Punkte zu reduzieren, wie sie unter den Empfehlungen dargestellt worden sind.

Im Kern sind bei der Anwendung einer Anionenration drei Schwerpunkte strikt zu beachten. Grundlage für die Anwendung von sauren Salzen ist die Verfütterung einer bedarfs- und wiederkäuergerechten Ration an die Vorbereitungskühe (Tab. 1). Zur Vermeidung von negativen Geschmacksverschiebungen in der Ration sollte Kalziumsulfat als das saure Salz der ersten Wahl eingesetzt werden.

Über die Harn-pH-Kontrolle ist der erreichte Ansäuerungsgrad durch den Landwirt/Herdenmanager als laufende Maßnahme in der Herdenüberwachung zu kontrollieren. Die Umsetzung dieser Maßnahmen geht über die Anforderungen eines guten Herdenmanagements nicht wesentlich hinaus.

Aus dieser Sicht sind Anionenration als kontinuierliche Prophylaxemaßnahme in das Herdenmanagement von qualifiziert geführten Milchkuhbeständen zu integrieren (Abb. 50). Ein willkürlicher Mix verschiedener Prophylaxemethoden ist hingegen abzulehnen.

Literatur

- Beede, D. (1996)** Nutritional management of cows in transition. Michigan Dairy Review 1, No. 3
- 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 response of dairy cows. J. Dairy Sci. 77, 1437-1450
- Fürll, M., Jäkel, L., Bauerfeld, J., Groppe, B. (1996)** Gebärpareseprophylaxe mit »Anionenrationen«. Prakt. Tierarzt Coll. Vet. XXVI, 31-34
- Gaynor, P.J., Mueller, F.J., Miller, J.K., Ramsey, N., Goff, J.P., Horst, R.L. (1989)** Parturient hypocalcaemia in Jersey cows fed alfalfa haylage-based diets with different cation to anion ratios. J. Dairy Sci. 72, 2525-2531
- Goff, J.P., Horst, R.L., Reinhardt, T.A. (1987)** The pathophysiology and prevention of milk fever. Veterinary Medicine 82, 943-950
- Goff, J.P., Reinhardt, T.A., Horst, R.L. (1995)** Milk fever and dietary cation-anion balance effects on concentration of vitamin D receptor in tissues of periparturient dairy cows. J. Dairy Sci. 78, 2388-2394
- Goff, J.P., Horst, R.L. (1998)** Use of hydrochloric acid as a source of anions for prevention of milk fever. J. Dairy Sci. 81, 2874-2880
- Horst, R.L., Goff, J.P., Reinhardt, T.A. (1994)** Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow. J. Dairy Sci. 77, 1936-1951
- Horst, R.L., Goff, J.P., Reinhardt, T.A., Bruxton, D.R. (1997)** Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. J. Dairy Sci. 80, 1269-1980
- Lucey, S., Rowlands, G. J. (1983)** Relationship between production disease and milk yield. Proc. Vth International Conference on Production Diseases in Farm Animals, Uppsala, 13.08.-15.08.1983, 85-88
- Malz, C., Meyer, C. (1992)** Neue Aspekte zur Pathogenese und Therapie der hypokalzämischen Gebärparese. Prakt. Tierarzt 6, 507-515
- Moore, S.J., Vandelaar, M.J., Sharma, B.K., Pilbeam, T.E., Beede, D.K., Buchholtz, 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
- Oetzel, G.R., Olson, J.D., Curtis, C.R., Fettman, M.J. (1988)** Ammonium chloride and ammonium sulfate for preventing of parturient paresis in dairy cows. J. Dairy Sci. 71, 3302-3309

Oetzel, G.R., Fettman, M.J., Hamar, D.W., Olson, J.D. (1991) Screening of anionic salts for palatability, effects on acid-base status, and urinary calcium excretion in dairy cows.

J. Dairy Sci. 74, 965-971

Oetzel, G.R., Barmore, J.A. (1993)

Intake of a concentrate mixture containing various anionic salts fed to pregnant, nonlactating cows. J. Dairy Sci. 76, 1617-1623

Phillippo, M.G., Reid, W., Nevison, I.M. (1994)

Parturient hypocalcaemia in dairy cows: effect of dietary acidity on plasma and calciotropic hormones. Res. Vet. Sci. 56, 303-309

Staufenbiel, R., Frömer, S., Löffler, S. L., Engel, M., Gelfert, C.-C. (2003) Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung verschiedener »saurer« Salze und Schlussfolgerungen für die Anwendung in der Gebärpäresophylaxe. Tagungsbericht 7. Symposium »Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen«, Neuruppin, 23.01.2003, 33-62

Staufenbiel, R., Gelfert, C.-C., Panicke, L. (2004) Prophylaktische veterinärmedizinische Bestandsbetreuung als Maßnahme im Management von Milchkühen. Züchtungskunde 76, 475-493

Tran, T. D. (1997) Mit Elektrolyten-Balance gegen Milchfieber. Rinderwelt 6, 26-28

Diskussion

Herr Tsoch von der Beratung aus Rheinland-Pfalz

Herr Dr. Staufenbiel, könnten sie etwas zur Behandlung des Harns sagen, zur pH-Wertuntersuchung, sprich Reinheit des Harns, dass keine Verunreinigung auftritt bzw. zum zeitlichen Ablauf der NSBA-Bestimmung.

Gibt es da ein Limit, wie lange die Probe bis zum Labor unterwegs sein darf, damit hier keine Fehler gemacht werden?

Antwort

Also erst mal die Frage für den Landwirt, die pH-Bestimmung im Stall. Es spielt keine Rolle, ob der Harn sauber oder unrein ist. Das ist relativ belanglos, weil sie ja sofort messen. Sobald sie die Proben wegschicken wollen, kommt es drauf an, dass die Harnproben tatsächlich schmutzfrei sind. Das ist aber kein Problem, wenn sie den ersten Harn ablaufen lassen, kann man tatsächlich im mittleren Bereich sauberen Harn auffangen oder über Katheterharn.

Das nächste Problem ist, der Harn verdirbt relativ schnell und dem entsprechend bieten jetzt Routinelabors Kühlboxen an. Das wissen die Tierärzte auch, die sie sich zukommen lassen können. Oder man friert den Harn gleich ganz ein und schickt ihn dann weg oder schickt ihn per Kühlbox in das Labor. Wenn sie den aufbewahren wollen ohne ihn einzufrieren, müssten sie bei Kühlschranktemperatur lagern. Dann ist er mehrere Tage haltbar. Wir hoffen, und daran arbeiten wir auch, irgendwann einmal eine Konservierungsmöglichkeit zu finden, mit dem man Harn auch bei Raumtemperatur haltbar machen kann. Aber das gibt es zur Zeit noch nicht.

Dr. Mahlkow-Nerge

Wir haben bei über 300 Proben zeitgleich zur Nettosäure-Base-Bestimmung natürlich auch den Harn-pH-Wert bestimmt. In über 50 % der Fälle habe ich überhaupt keine Beziehung zwischen beiden Parametern.

Demzufolge habe ich natürlich als Landwirt im Stall ein Problem, wenn ich mich ausschließlich auf die Bestimmung des Harn-pH-Wertes verlasse.

Antwort

Das müssen sie sich so vorstellen.

Die Beziehung DCAB zu Harn-pH ist eine Exponentialfunktion, d.h. der Harn-pH läuft geradlinig und wenn die DCAB sich dem Nullpunkt nähert, dann fällt er drastisch ab. Und die NS-pH ist linear korreliert, d.h. da geht es gleichmäßig runter. Damit können sie zwischen beiden Parametern keine Beziehung feststellen.

Das war damals die Aussage: Der Harn-pH ist wenig geeignet, weil bis zum DCAB von 50 der Harn-pH über 8 bleibt und erst dann reagiert.

Das entspricht einem DCAB um 0, ungefähr. Damit kommen wir gut zurecht. Sie können keine Beziehung finden, weil es sie nicht gibt. Zwei verschiedene Funktionen aber trotzdem zur laufenden Kontrolle. Nochmals der Hinweis, wer saure Salze nimmt, soll sie nehmen. Wir sind ja dafür. Er muss aber das Gesamtmanagement darauf abstimmen, dass eine gewisse laufende Kontrolle stattfindet.

Herrn Pfützner

Wenn sie mich fragen, haut das hin. Es ist die Sorgfalt da und die Gleichmäßigkeit. Aber im Anbindestall gibt es Probleme. Wenn dann diese Mengen zweimal am Tag konzentriert draufgelegt werden, durch wen auch immer. Gut, was ist da besonderes zu beachten in diesen Anbindehaltungen?

Antwort

Also im Grunde sind wir da einer Meinung. Ich hatte ja betont, die Anwendung von Anionenrationen setzt ein qualitatives Herdenmanagement voraus. Punkt 2: Anionenrationen sind natürlich idealerweise geeignet für totale Mischrationen. Allerdings, und das war für uns erstaunlich, wir haben es allerdings auch getestet, über den einer Weg einmaligen Gabe in die Komponentenration durch Überstreuen. Da ist nur eins zu beachten. Es geht grundsätzlich mit einmaliger Gabe. Die Frage ist nur, wie kriegen sie es hin, dass tatsächlich die Einzelkuh ihre Menge an Salz aufnimmt und nicht Kuh 1 alles frisst und Kuh 2 kriegt gar nichts mehr. Aber da kommt im Grunde der Anbindestall wieder zu Gute, da die Kuh nicht wegläufen kann. Also vom Grundsatz her ist CaSO_4 geschmacksneutral. Das würde funktionieren. Es bleibt dennoch das Problem, das Herdenmanagement muss letztendlich so ausgestaltet sein, dass die Kontrolle nach den dargestellten Grundsätzen gegeben ist.

Frage

Ist es sinnvoll, den pH-Wert des venösen Blutes als Diagnostikum zu nutzen?

Antwort

Nein. Wir gehen aus vom Blut-pH-Wert 7,35. Die effektive Wirkung setzt ein bei pH-Wertabsenkung im Bereich von 7,34 ungefähr, also 0,01 Einheiten. Das ist aber schon der Messfehler, den sie allein haben, venöses Blut zu gewinnen, damit loszufahren und die ganzen Einflussgrößen.

Was sie erreichen können, dieses extreme Übersäuern, das können wir damit messen. Aber dafür brauchen wir den Blut-pH nicht, weil der Harn das in ausreichender Weise widerspiegelt über pH, NSBA und über die Ca-Konzentration.