

**Aus der
Klinik für Klautiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

**Untersuchungen zum moderaten Einsatz von Anionenrationen zur Gebärparese-
prophylaxe in der antepartalen Transitperiode**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Sibylle Schmutzer
Tierärztin
aus Mülheim an der Ruhr

Berlin 2010
Journal-Nr.: 3425

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. L. Brunnberg
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. R. Staufenberg
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. W.-R. Stenzel
Dritter Gutachter: Prof. Dr. K. Männer

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

parturient paresis, dairy cows, hypocalcaemia, inorganic salts, asymptomatic infections, prevention, urine analysis, field tests, acid base equilibrium

Tag der Promotion: 01.03.2011

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86664-955-2

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2010

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2011

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Allgemeines.....	2
2.2	Klinisch manifeste Hypokalzämie	2
2.3	Subklinische Hypokalzämie.....	3
2.4	Calcium	3
2.4.1	Allgemeines.....	3
2.4.2	Calcium-Stoffwechsel	4
2.5	Einflussfaktoren auf die Hypokalzämie	5
2.5.1	Betriebsbedingte und herdenbedingte Faktoren	5
2.5.2	Bedeutung der Mengenelemente für die Entstehung von Hypokalzämie	6
2.6	Folgeerkrankungen.....	12
2.7	Wirtschaftliche Bedeutung.....	12
2.8	DCAB-Konzept.....	13
2.8.1	Historie und Definition.....	13
2.8.2	Anionenrationen	14
2.8.3	Klassische Theorie des Säuren-Basen-Gleichgewichts versus Stewart-Model	16
2.8.4	Wirkungsweise	18
2.8.5	Regulation der metabolischen Azidose	20
2.8.6	Anwendungsdauer und Dosierung	20
2.8.7	Vorteile.....	21
2.8.8	Nachteile.....	21
2.9	Überwachung des Einsatzes saurer Salze.....	22
2.9.1	Reaktion im Harn	22
2.9.2	Grundprinzipien für die Fütterung von Anionenrationen in der Vorbereitung.....	24
2.9.3	Gehalte für Mengenelemente in der Ration	25

3	Material und Methode	28
3.1	Methodische Untersuchungen	28
3.1.1	Untersuchung zur Konservierung von Harnproben.....	28
3.1.2	Konservierung, Lagerung und Untersuchungszeitpunkt der Proben	28
3.1.3	Vergleich von Pool- und Mittelwerten bezüglich pH, NSBA und Calcium	29
3.1.4	Beschreibung der Streuung von Einzelwerten um den Mittelwert	29
3.2	Beschreibung der Betriebe mit einer moderaten Regulation der DCAB	29
3.2.1	Drei-Stufen-Plan der DCAB-Absenkung.....	31
3.3	Querschnittsstudie der Rationsinhalte in den Jahren 2006 bis 2008.....	33
3.3.1	Datenerhebung der Jahre 2006 bis 2008	33
3.3.2	Auswahl der beprobten Tiere	33
3.3.3	Probengewinnung.....	33
3.3.4	Analyse der Futterration der Vorbereitungskühe	33
3.3.5	Analyse der Rationsinhalte der Jahre 2006 bis 2008	34
3.3.6	Bundesländer-Vergleich der DCAB und Mengenelemente	34
3.3.7	Einfluss der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen.....	34
3.3.8	Situation der Betriebe mit und ohne Fütterung von Anionen	34
3.3.9	Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung saurer Salze.....	35
3.4	Untersuchungsmethoden	35
3.4.1	Aufbereitung der Proben	35
3.4.2	Untersuchte Parameter, Messverfahren.....	36
3.4.3	pH-Wert Bestimmung	38
3.4.4	Säuren-Basen-Titration	38
3.4.5	Atom-Absorptions-Spektrophotometrie.....	39
3.5	Statistische Methoden	39
4	Ergebnisse	42
4.1	Methodische Untersuchungen	42
4.1.1	Untersuchung zur Konservierung von Harnproben.....	42
4.1.2	Vergleich von Pool- und Mittelwerten bezüglich pH, NSBA und Calcium	51
4.2	Beschreibung der Betriebe mit einer moderaten Absenkung der DCAB.....	56
4.3	Querschnittsstudie der Rationsinhalte in den Jahren 2006 bis 2008.....	67

4.3.1	Analyse der Rationsinhalte der Jahre 2006 bis 2008	67
4.3.2	Bundesländer-Vergleich der DCAB und Mengenelemente	69
4.3.3	Einfluss der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen.....	74
4.3.4	Situation der Betriebe mit und ohne Fütterung saurer Salze.....	77
4.3.5	Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung saurer Salze.....	84
5	Diskussion.....	91
5.1	Methodische Untersuchungen	91
5.1.1	Untersuchungen zur Konservierung von Harnproben.....	91
5.1.2	Vergleich von Pool- und Mittelwerten bezüglich pH, NSBA und Calcium	92
5.1.3	Beschreibung der Streuung von Einzelwerten um den Mittelwert	93
5.2	Beschreibung der Betriebe mit einer moderaten Regulation der DCAB	94
5.3	Querschnittsstudie der Rationsinhalte in den Jahren 2006 bis 2008.....	98
5.3.1	Analyse der Rationsinhalte der Jahre 2006 bis 2008	98
5.3.2	Bundesländer-Vergleich der DCAB und Mengenelemente	98
5.3.3	Einfluss der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen.....	99
5.3.4	Situation der Betriebe mit und ohne Fütterung saurer Salze.....	100
5.3.5	Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung saurer Salze.....	103
6	Zusammenfassende Diskussion.....	105
7	Zusammenfassung.....	109
8	Summary	111
9	Literaturverzeichnis.....	113
	Publikationsverzeichnis	128
	Danksagung	129
	Selbständigkeitserklärung	130

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ADF	Acid Detergent Fiber
b	Regressionskoeffizient
BSQ	Basen-Säuren-Quotient
Ca	Calcium
CaCl ₂	Calciumchlorid
CaCO ₃	Calciumcarbonat
CaSO ₄	Calciumsulfat
Cl	Chlorid
d	Tag (day)
D	Differenz der Methoden
DCAB	dietary cation anion balance
DCAD	dietary cation anion difference
1,25(OH) ₂ D ₃	1,25-Dihydroxycholecalciferol
DM	dry matter
g	Gramm
g/kg	Gramm pro Kilogramm
H ⁺	Protonen
HCl	Salzsäure
HCO ₃ ⁻	Hydrogen-/Bicarbonat
H ₂ O	Wasser
HPO ₄ ²⁻	Hydrogenphosphat
K	Kalium
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
l	Liter
ME	Metabolisierbare Energie
meq/kg TS	Miliäquivalent pro Kilogramm Trockensubstanz
mg/kg	Miligramm pro Kilogramm
Mg	Magnesium
MgCl ₂	Magnesiumchlorid

MgSO ₄	Magnesiumsulfat
min	Minute
MJ/kg	Megajoule pro Kilogramm
ml	Mililiter
mmol/l	Milimol pro Liter
n	Anzahl
Na	Natrium
NaOH	Natriumhydroxid
NaHCO ₃	Natriumhydrogencarbonat
NEL	Netto-Energie-Laktation
NH ₃ ⁺	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
NH ₄ Cl	Ammoniumchlorid
(NH ₄) ₂ SO ₄	Ammoniumsulfat
NSBA /NABE	Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung / net-acid-base-excretion
P	Phosphor
p	p-Wert, Überschreitungswahrscheinlichkeit
PTH	Parathormon
r	Korrelationskoeffizient
r ²	Bestimmtheitsmaß
Ra	Rohasche
Rf	Rohfaser
Rp	Rohprotein
s	Standardabweichung
S / S ²⁻	Schwefel/Sulfid
SO ₄ ⁻	Sulfat
Std.	Stunde
Tab.	Tabelle
TMR	Totale Mischration
TS	Trockensubstanz
U/l	internationale Einheiten pro Liter
x _{ar}	arrhythmatisches Mittel

1 Einleitung

Das Festliegen von Milchkühen nach der Kalbung und deren Folgeerkrankungen verursachen weltweit große Probleme in Milchkuhherden. Durch die damit verbundenen Folgeerkrankungen und daraus resultierenden Leistungseinbußen bis hin zum Tod der Tiere müssen auch die gravierenden ökonomischen Verluste betrachtet werden. Aufgrund der hohen Milchleistung nach der Abkalbung wird mehr Calcium benötigt als die Kuh aus ihren Speichern mobilisieren kann. Das kann zu einem Calciummangel im Blut führen. Calcium ist essentiell für die Funktion der glatten und quer gestreiften Muskulatur des Bewegungsapparates. Das Resultat des Calciummangels kann schwerwiegende gesundheitliche Defizite zur Folge haben. Deshalb ist es nötig, prophylaktische Maßnahmen zu ergreifen. Die Fütterung von Anionenrationen (saure Salze) in der letzten Phase vor der Kalbung (Vorbereiter) stellt eine geeignete Prophylaxemaßnahme auf Herdenbasis zur Vermeidung dieser Komplikationen dar. Bei deren Einsatz im klassischen Sinn wird die DCAB (dietary cation anion balance) stark abgesenkt. Durch die falsche bzw. unkontrollierte Verabreichung der sauren Salze können Nebenwirkungen wie die azidotische Stoffwechsellage entstehen. Die unerwünschten Effekte können bis zum Tod der Tiere führen (Gasteiner 2004). Aus diesem Grund ist es sinnvoll, an einer Feinmodulierung des Konzeptes zu arbeiten. Die Arbeit gliedert sich in drei Abschnitte. Das Ziel des ersten Abschnittes ist, in methodischen Untersuchungen die Konservierung von Harnproben zu überprüfen. Ebenfalls soll ein Vergleich von Pool- und Einzelprobenuntersuchungen angestellt werden. Im zweiten Teil der Arbeit wurde eine Feldstudie durchgeführt. Es wurde der reduzierte Einsatz saurer Salze in zwei Milchviehherden überprüft. Das Ziel war deren Wirksamkeit und die gesundheitliche Entwicklung der Kühe zu überprüfen und ein wirksames Konzept zur Vermeidung der nachteiligen Nebenwirkung bei einer moderaten DCAB-Absenkung zu entwickeln.

Der dritte Abschnitt beinhaltet eine Querschnittsstudie (cross sectional study). In dieser wurden die Totalen-Misch-Rationen der antepartalen Vorbereiterphase von 158 zufällig ausgewählten Milchviehherden mehrerer Bundesländer über die Jahre 2004 bis 2008 analysiert. Parallel dazu fanden Harnuntersuchungen der Vorbereiter und Frischkalbinnen statt. Ziel des letzten Abschnittes ist einen Überblick zur DCAB und zur Konzentration verschiedener Mengenelemente (Kalium, Natrium, Magnesium, Chlorid, Schwefel) in den antepartalen Transitionen und deren Wirkung auf den Stoffwechsel im peripartalen Zeitraum zu erstellen.

2 Literaturübersicht

2.1 Allgemeines

Trotz intensiver Ursachenforschung und der Suche nach möglichen Prophylaxemaßnahmen stellt die hypokalzämische Gebärparese (in der Literatur auch Milchfieber, Festliegen, Gebärkoma, Paresis puerperalis genannt) weltweit eines der häufigsten Bestandsprobleme bei Hochleistungsmilchrindern dar (Fürll *et al.* 1996). Verbunden mit einer 30%igen Steigerung der Milchleistung in den letzten Jahrzehnten stieg die Inzidenz der Gebärparese auf durchschnittlich 13,2% (Schültken 1993). Verschiedene Studien zeigen eine ähnliche Inzidenz-Verteilung auf verschiedenen Kontinenten. Diese wurde europaweit in zehn Studien mit 6,17% (Spanne 0-10%) beziffert. In zehn amerikanischen Feldstudien betrug die Inzidenz 3,45% (Spanne 0-7%), und in Australien ergaben zehn Studien ebenfalls eine 3,5%ige Milchfieber-Inzidenz (DeGaris und Lean 2008). Die Wahrscheinlichkeit, dass bereits einmal erkrankte Tiere bei der nächsten Abkalbung wieder betroffen sind, wird mit 50% beziffert (Meyer und Dahms 1969). Die Gebärparese tritt in der Regel während der Übergangsphase von der Abkalbung zur Früh-laktation auf. Mit der einsetzenden Milchbildung zum Kalbetermin ist ein stark erhöhter Calciumbedarf verbunden.

Die hormonellen Regulationsmechanismen (Parathormon, Calcitonin) müssen innerhalb kürzester Zeit extreme Umstellungen vornehmen, um sich an die veränderte Situation anzupassen. Meist adaptieren die Kühe an den stark erhöhten Calciumbedarf durch Steigerung der intestinalen Calciumabsorption und der ossären Calciumresorption (Goff *et al.* 1991). Allerdings werden diese Prozesse unter anderem durch eine alkalische Stoffwechsellage behindert. Daraus resultiert eine verminderte Ansprechbarkeit der hormonellen Rezeptoren an den Erfolgsorganen zur Calcium-Mobilisation (Goff *et al.* 1987; Hu und Murphy 2004). Folge ist die Hypokalzämie. Sie lässt sich einteilen in die klinisch manifeste Form und in die subklinische Hypokalzämie.

2.2 Klinisch manifeste Hypokalzämie

Die klinisch manifeste Hypokalzämie ist eine metabolische Erkrankung, welche mit einsetzender Laktation besonders bei Hochleistungskühen zum Zeitpunkt bzw. kurz nach der Kalbung auftritt. Sie ist das Ergebnis des Zusammenbrechens homöostatischer Mechanismen, welche mit dem Einsetzen der Laktation benötigt werden (Horst 1986). Es entsteht ein

Ungleichgewicht zwischen dem Calciumbedarf und der Calciumverfügbarkeit (Oetzel 1996). Das Krankheitsbild ist verbunden mit einem rapiden Absinken des Calcium-Plasmaspiegels. Die Blut-Calcium-Konzentration sinkt auf Werte $< 1,4$ mmol/l ab (DeGaris und Lean 2008), was das Resultat des relativ schnellen Calciumverlustes über die Kolostrumbildung ist. Die klinischen Symptome schließen Festliegen, Leistungsabfall, Inappetenz, Tetanie, Inhibition der Defäkation und des Urinierens bis hin zum Koma und Tod bei fehlender Behandlung ein (Horst *et al.* 1997).

2.3 Subklinische Hypokalzämie

Das Erscheinungsbild der subklinischen Hypokalzämie ist nicht so leicht abzugrenzen, wie das der klinisch manifesten Variante. Die Tiere fallen über andere Erkrankungen, die aufgrund des Calcium-Mangels entstehen auf. Die glatte und quer gestreifte Muskulatur ist durch die verminderte Versorgung mit Calcium in ihrer Funktion eingeschränkt. Es kann zu einem vermehrten Auftreten von Schweregeburten kommen (Grohn *et al.* 1989). Die Uterusinvolution ist beeinträchtigt, sodass es zu Nachgeburtsverhaltungen und Puerperalstörungen führen kann (Grohn *et al.* 1989). Ebenso ist die muskuläre Funktion des Labmagens beeinträchtigt, was die Entstehung der Labmagenverlagerung fördert. Durch eine herabgesetzte Kontraktilität sind die Zitzen-Sphinkter vermehrt geöffnet. Bakterien können eindringen und die Entstehung von Mastitiden fördern. Zur sicheren Diagnosestellung sind labordiagnostische Untersuchungen notwendig (Houe *et al.* 2001). Die Gesamtkonzentration von Calcium im Blut bewegt sich bei der subklinischen Hypokalzämie zwischen 1,4-2,0 mmol/l (DeGaris und Lean 2008). Die nicht direkt erkannten Hypokalzämiefälle vergrößern das tatsächliche Ausmaß der Problematik (Houe *et al.* 2001).

2.4 Calcium

2.4.1 Allgemeines

Calcium wird für viele physiologische Prozesse des Körpers benötigt. So wird Calcium zum Beispiel für die Muskelkontraktion, den Knochenbau, bei der Funktion von neurologischen Transmittern, der Blutgerinnung, sowie bei der Regulierung vieler Hormone als Second-Messenger gebraucht (Horst 1986).

Calcium liegt in gespeicherter Form bis zu ~99% in Knochen und Zähnen sowie bis zu ~1% extraossär vor. Von dem extraossären Anteil sind ~0,1% im extrazellulären Flüssigkeitsraum verfügbar (Hartmann und Bandt 2000). Die Calciumkonzentration im Blut beträgt physiologisch 2,1-2,5 mmol/l (Goff 2006). Calcium befindet sich im Blut in ionisierter, komplex- und proteingebundener Form. Das ionisierte Calcium stellt den aktiven Zustand dar (Wang und Beede 1992a). Der tägliche Calciumumsatz variiert von 10 g bei nicht laktierenden Kühen bis zu 50 g bei Frischmelkenden (Horst *et al.* 1997).

2.4.2 Calcium-Stoffwechsel

Am Tag der Kalbung produzieren Milchkühe 10 l bzw. mehr Kolostrum. Dieses beinhaltet 23 g und mehr Calcium. Dieser Anteil ist sechsmal höher als die Konzentration des extrazellulären Calciumpools (Goff *et al.* 1991). Der Calciumverlust aus dem Plasma-Pool muss durch eine gesteigerte intestinale Calciumabsorption bzw. ossäre Calciumresorption kompensiert werden (Horst *et al.* 1997). Die Calciummobilisation aus dem Knochen wird über Parathormon (PTH) gesteuert. Es wird in der Nebenschilddrüse produziert, sobald der Blut-Calcium-Spiegel abfällt. Die renale Reabsorption in den Tubuli wird ebenfalls durch PTH gesteuert. Es wird eine vermehrte Retention von Calcium in der Niere ausgelöst. Jedoch ist die absolute Calciummenge, die über die Retention in der Niere erreicht wird, relativ gering (Goff 2006). Auf intestinaler Ebene agiert ein zweites Hormon, was die Calciumresorption aus dem Darm fördert: 1,25-Dihydroxyvitamin-D ($1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$). Dieser stoffwechselaktive Vitamin-D-Metabolit wird in den Nieren aus Hydroxycholecalciferol hydrolysiert. Dieser Vorgang ist ebenfalls abhängig von einem Anstieg der PTH-Konzentration im Blut. $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ steigert am Dünndarm die Absorption von Calcium, PTH am Knochen deren Resorption (Goff *et al.* 1991). Diese beiden Erfolgsorgane interagieren rezeptorvermittelt mit PTH. Erst durch die vermehrte Expression der Rezeptoren können die Folgereaktionen zur Calciumaktivierung stattfinden (Goff *et al.* 1987). Die Fähigkeit der Kuh ausreichend Rezeptoren an den Erfolgsorganen zu exprimieren, ist mit zunehmendem Alter herabgesetzt (Horst, Goff *et al.* 1990; DeGaris und Lean 2008). Damit ist eine reduzierte Mobilisationsfähigkeit des Knochen-Calciums (van Mosel, Wouterse *et al.* 1993) und verminderte Ansprechbarkeit auf $1,25\text{(OH)}_2\text{D}_3$ im Dünndarm verbunden (Horst, Goff *et al.* 1990; Goff *et al.* 1991). Diese Insuffizienz wird auch in den Zusammenhang mit einer altersbedingten hormonellen Imbalance gesetzt (Horst, Goff *et al.* 1990). Die Regulation

des Calciumstoffwechsels wird auch über den Säuren-Basen-Haushalt gesteuert. Insbesondere die Beeinflussung des pH-Wertes wirkt sich hierauf aus. Bei abgesenktem Blut-pH bzw. einer azidotischen Stoffwechsellage wird PTH vermehrt sezerniert. Über den beschriebenen Mechanismus resultiert eine vermehrte Verfügbarkeit von Calcium im Plasma-Pool. Wird umgekehrt der Säuren-Basen-Haushalt durch eine alkalotische Stoffwechsellage, z.B. durch einen hohen Kationenanteil in der Ration, beeinflusst, wird von einer verminderten Ansprechbarkeit auf PTH und $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ an den Erfolgsorganen berichtet (Goff *et al.* 1991). Ist Calcium im Überschuss vorhanden, greift der Gegenspieler von PTH: das Calcitonin. Dieses reguliert die vermehrte Ausscheidung an den Nieren, ebenso wie eine Down-Regulation der Absorption aus Darm und der Resorption aus dem Knochen.

2.5 Einflussfaktoren auf die Hypokalzämie

2.5.1 Betriebsbedingte und herdenbedingte Faktoren

Risikofaktoren, die mit Milchfieber assoziiert sind, sind untereinander derart vermischt und betriebsabhängig variabel, dass es nicht einfach ist, diese als Einzelfaktoren zu bewerten (Houe *et al.* 2001). So sollten bei der Bewertung übergreifend die Schwankungen der biologischen Daten und die individuellen Herdencharakteristika bedacht werden.

In Bezug auf die Kuh wird die Milchfieber-Inzidenz durch folgende Kenngrößen beeinflusst (Horst *et al.* 1997; Houe *et al.* 2001; Gelfert, Passfeld *et al.* 2006; Roche und Berry 2006; Wilde 2006):

Rasse

Steigendes Alter der Kuh (DeGaris und Lean 2008)

Körperkondition / Energiebilanz (Heuer, Schukken *et al.* 1999)

Fressverhalten / Futteraufnahme

Rangordnung

Geburtsverlauf

Einsetzende Laktation

Leistungslevel (Payne 1977)

Weitere Einflussfaktoren bezüglich der individuellen Herdencharakteristika sind zu berücksichtigen:

Umwelt (Jahreszeit, Stallbau, Stallklima, Gruppenwechsel, Bewegung, Kuhkomfort)
Management (Umwelt, Fütterung, Länge der Trockenstehzeit, Länge des antepartalen Melkens)
Fütterung (DCAD der Vorbereiterraion, Calciumgehalt, Struktur und Zusammensetzung der eingesetzten Futtermittel, TMR/Weidegang, Futterqualität (Gelfert, Passfeld *et al.* 2006))

Die Einbeziehung der subklinischen Hypokalzämie gestaltet sich unsicher und setzt möglicherweise die Ermittlung und Festlegung weiterer Inzidenz-Faktoren voraus, ebenso wie die Effekte dieser Faktoren auf die Produktion (Houe *et al.* 2001).

2.5.2 Bedeutung der Mengenelemente für die Entstehung von Hypokalzämie

2.5.2.1 Natrium

Natrium (Na^+) gehört zu den Kationen und ist ein die DCAB bestimmendes Mengenelement. Es sind 97% des Gesamtvorkommens im Extrazellularraum angesiedelt. Seine Aufgaben sind die Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks in den Zellen, des Membranpotentials in der Zellwand, die Regulation des Säuren-Basen-Haushaltes und die Aktivierung von Enzymsystemen (Hartmann und Meyer 1994; Martens 1995). Gemeinsam mit Kalium ist Natrium für die elektrische Polarisierung der Nervenmembranen, sowie für die Erregungsleitung in der Muskulatur wichtig. Natrium hat eine regulierende Funktion im Stoffwechsel von Hormonen, Enzymen, Vitaminen und bei Kontrollmechanismen des Wasserhaushaltes (Schreiber 1980). Das aufgenommene Natrium wird bis zu über 90% absorbiert, was einer nahezu vollständigen Verfügbarkeit entspricht. Der Referenzbereich liegt zwischen 135-157 mmol/l im Plasma (Kraft und Dürr 1999). Die Homöostasemechanismen kompensieren ein Überangebot durch gesteigerte Ausscheidung über die Nieren sowie eine vermehrte Wasseraufnahme. Ein hoher Natriumgehalt in der Ration hebt die DCAB an und erzeugt im Blut eine alkalische Reaktion. Diese reduziert die Effektivität von PTH (Goff und Horst 1997). So ist anzunehmen, dass die Fütterung von Natriumbicarbonat vor der Kalbung zu einem erhöhten Erkrankungsrisiko führt

(Lean *et al.* 2006). Die These, dass bei einer hohen Natriumkonzentration im Futter ein vermehrtes Risiko für die Milchfiebererkrankung besteht, wird in der Literatur mehrfach bestätigt (Goff *et al.* 1991; Oetzel 1991; Goff und Horst 1997).

2.5.2.2 Kalium

Kalium (K^+) spielt im Extrazellularraum eine wichtige Rolle für den Säuren-Basen-Haushalt und das osmotische Gleichgewicht. Vom Gesamtkörperkalium befinden sich 96 bis 98% im Intrazellularraum, wo es erheblich den osmotischen Druck bestimmt. Das intrazellulär verfügbare Kalium wird weiter für den Kohlenhydratstoffwechsel, die Proteinsynthese, als Co-Faktor bei enzymatischen Reaktionen und für das intrazelluläre Gleichgewicht benötigt. Der Referenzbereich liegt hier bei 150-160 mmol/l. Diese Konzentrationen für das intra- und extrazelluläre Kalium bestimmen das Ruhepotential, was für die Fähigkeit der Muskel- und Nervenexzitation eine bedeutende Schlüsselrolle darstellt. Die Aufnahme von Kalium erfolgt im oberen Dünndarm. Die Regulation des extrazellulären Kaliums findet in den distalen Tubuli und Sammelrohren der Nieren statt. Kalium wird bei Natriummangel zugunsten von Natrium eliminiert (Kraft und Dürr 1999). Seine Plasma-Konzentration beträgt 3,5-4,5 mmol/l (Kraft und Dürr 1999). Kalium ist ein Kation und beeinflusst die DCAB. Es hat einen signifikanten und beachtlichen Effekt auf die Milchfieberinzidenz (Goff und Horst 1997; Lean *et al.* 2006). Ein hoher Kaliumgehalt in der Ration erhöht die DCAB (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004) und erzeugt im Blut eine alkalische Reaktion. Diese reduziert die Effektivität von PTH an den Erfolgsorganen (Goff und Horst 1997). Ein hoher Kaliumanteil im Futter kann die Absorption von Magnesium herabsetzen (Schonewille, van't Klooster *et al.* 1992) und das Risiko an Milchfieber zu erkranken steigern. Die Kaliumkonzentration im Futter ist einerseits abhängig von der Futterart (Luzerne akkumuliert viel Kalium), andererseits von der Bodenbeschaffenheit und der Art der Düngung (Goff 2006). Dies kann zu hohen DCAB-Werten mit hohem Kalium- und niedrigem Chlorid-Anteil führen. Eine Kaliummangelsituation führt zu einer Senkung der Futteraufnahme und einer Beeinträchtigung des Säuren-Basen-Haushaltes (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004). Da eine wiederkäuergerechte Ration aufgrund der Futterkomponenten keine Kaliumunterversorgung aufweist, ist dieser Zustand praktisch nicht möglich.

2.5.2.3 Schwefel

Schwefel (S⁻) ist für Lebewesen ein essentielles Element. Er kommt unter anderem in Aminosäuren und Coenzymen vor und spielt eine wichtige Rolle bei der anaeroben Energiegewinnung vieler Mikroorganismen. Schwefel ist in den Aminosäuren Cystein / Cystin und Methionin und in allen darauf aufbauenden Peptiden, Proteinen, Coenzymen und prosthetischen Gruppen - in Form von Thiolgruppen (Oxidationsstufe +II) oder Thioethergruppen - enthalten. Weiterhin ist er in heterozyklischer Bindung Bestandteil in einigen Cofaktoren (Biotin, Thiaminpyrophosphat). Disulfidbrückenbindungen sind weit verbreitet und tragen zur Ausbildung und Stabilisierung von Proteinstrukturen bei. Auch in oxidierter Form spielt Schwefel in der Aminosulfonsäure Taurin (Oxidationsstufe +VI) eine wichtige biologische Rolle. Schwefel besitzt eine Resorptionsrate aus dem Darm von 60%. Stoffwechselreaktionen in Verbindung mit Schwefel können eine Entmineralisierung der Knochen auslösen. Ein Schwefelüberschuss führt zu einer Absenkung der Futteraufnahme, zu einer Beeinträchtigung des Calcium- und Selen-Stoffwechsels, sowie einer herabgesetzten Kupferverfügbarkeit. Ebenso kann es zu einer Intoxikation mit neuronalen Ausfallerscheinungen kommen. In Bezug auf die Gebärpauseinzidenz bewirkt Schwefel eine Absenkung der DCAB (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004). Schwefel hat einen deutlichen Effekt auf die Milchfieberinzidenz (Lean *et al.* 2006). Einige Studien zeigen, dass ein erhöhter Schwefelgehalt die Milchfieberinzidenz signifikant absenkt (Goff und Horst 1997; Lean *et al.* 2006). Ältere Studien beschreiben ein erhöhtes Erkrankungsrisiko bei erhöhtem Schwefelgehalt (Dishington 1975; Oetzel 1991).

2.5.2.4 Chlorid

Chlorid (Cl⁻) gehört zu den Anionen und ist größtenteils im Extrazellularraum zu finden. Ein Anteil von 12% des Gesamtchlorids teilt sich auf den Intrazellularraum und das Bindegewebe auf (Kraft und Dürr 1999). Es ist gemeinsam mit Natrium an der Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks beteiligt. Chlorid dient der Kontrolle des Wasserhaushaltes und des Säuren-Basen-Haushaltes. Eine weitere Funktion besteht in der Aktivierung der Amylase des Pankreas und der Bildung von Salzsäure im Labmagen. Die Absorption erfolgt im Ileum. Chlorid ist durch seine hohe Absorptionsrate von 90% fast vollständig verfügbar. Der Referenzbereich liegt beim Rind zwischen 95-110 mmol/l. Die Ausscheidung erfolgt nahezu vollständig über die Nieren (Kraft und Dürr 1999). Durch eine erhöhte Aufnahme von Chlorid

wird die DCAB erniedrigt (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004) und die Gebärpauseinzidenz abgesenkt (Oetzel *et al.* 1988). Laut Goff (2006) spielt der Chloridanteil in einer Ration in Bezug auf das Kation Kalium eine wichtige Rolle dabei, dessen alkalotischer Wirkung entgegenzuwirken.

2.5.2.5 Phosphat

Es handelt sich bei der biologisch relevanten Form um anorganisches Phosphat, nicht um elementaren Phosphor. Phosphat ist Bestandteil von Phosphoproteinen, Phospholipiden, Nukleinsäuren und den Energie übertragenden Molekülen, wie ATP oder cAMP (Goff 2006). Ebenso ist es ein wichtiger Bestandteil des Säuren-Basen-Haushaltes. Neben Calcium ist es ein essentieller Bestandteil im Knochenmineral. Die Phosphatverluste über den extrazellulären Phosphatpool werden über einen Phosphatinfux aus der Nahrung und einer Aktivierung aus dem Knochen kompensiert (Reinhardt, Horst *et al.* 1988). Der Phosphatverlust entsteht durch das Muskelwachstum, pH-Wert-Pufferung im Speichel, die Milchproduktion, die endogenen Fäkalverluste und die Sekretion über den Harn. Im letzten Drittel der Trächtigkeit werden für das fetale Knochenwachstum bis zu 10 g/d vom Pool der Mutter rekrutiert (House und Bell 1993). Die physiologischen Plasma-Phosphat-Werte liegen zwischen 1,3-2,6 mmol/l. Die Plasma-Phosphat-Konzentration steht in einer guten Korrelation zu dem über die Nahrung aufgenommenen Phosphat (Goff 2006). Die Absorption findet primär über einen aktiven Transport, welcher von $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ abhängt, im Dünndarm statt. Wird übermäßig viel Phosphat resorbiert, hat Phosphat eine direkte inhibitorische Wirkung auf das renale Enzym, welches 25-Hydroxyvitamin D zu 1,25-Dihydroxy-Vitamin D hydrolysiert. Dieser Vorgang kann auch nicht durch einen erhöhten PTH-Gehalt konterkariert werden (Goff 2006). Ein erhöhter Phosphatgehalt wird über den Harntrakt und die Speichelproduktion ausgeschieden. Dieser Mechanismus wird durch PTH gefördert. Besteht eine Calciumimbalance, wird vermehrt PTH sezerniert. Dies könnte laut Goff (2006) ein Grund dafür sein, dass Kühe mit einer Hypokalzämie zusätzlich eine Hypophosphatämie entwickeln. Eine hohe tägliche Phosphorzufuhr von 80 g reduziert die Effektivität von PTH auf die Produktion von $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ und kann Milchfieber auslösen (Kichura, Horst *et al.* 1982; Goff 1999). An Milchfieber erkrankte Kühe haben oft eine Hypophosphatämie zwischen 0,4 und 0,8 mmol/l im Plasma (Goff 1998). Die Gebärpause ist in bis zu 60% der Fälle eine Kombination aus Hypophosphatämie und Hypokalzämie (Kraft und Dürr 1999).

2.5.2.6 Magnesium

Magnesium ist ein bedeutendes intrazelluläres Kation. Es spielt für viele enzymatische Reaktionen des Stoffwechsels als Co-Faktor, insbesondere im ATP-Energiestoffwechsel, eine notwendige Rolle. Extrazellulär wird es für die neuronale Weiterleitung, Muskelfunktion, Knochenmineralisierung sowie die Calciumhomöostase benötigt (Goff 2006). Magnesium wird gut aus dem Pansen und Netzmagen absorbiert. Die Plasma-Magnesium-Konzentration beträgt physiologisch 1,9-3,2 mg/dl (Kraft und Dürr 1999). Zur Aufrechterhaltung dieses Wertes ist eine konstante Zufuhr über das Futter notwendig (Goff 2006). Die Magnesiumhomöostase wird bei überschüssigem Magnesium über die Nierenexkretion reguliert (Goff 2006). Kraft und Dürr (1999) vertreten die Auffassung, dass die Ausscheidung hauptsächlich über die Fäzes, weniger über den Urin oder die Milch erfolgt. Allerdings gehen während der Hochleistungsperiode der Laktation große Mengen über die Milch verloren, welche stetig aufgefüllt werden müssen. Ein Magnesiummangel (Hypomagnesiämie) liegt vor, wenn der Plasma-Magnesium-Gehalt unter 0,65 mmol/l beträgt. Goff (2006) gibt eine kritische Untergrenze von 0,8 mmol/l im Serum und von 0,87 mmol/l im Harn an. Kühe mit einer Blut-Magnesium-Konzentration zwischen 0,5 und 0,8 mmol/l fressen vermindert und weisen eine reduzierte Milchproduktion auf. Der Calciumstoffwechsel wird dadurch folgendermaßen beeinflusst: einerseits wird die PTH-Sekretion herabgesetzt, andererseits wird die PTH-Antwort der Erfolgsgewebe reduziert (Goff 2006). Folglich wird die Produktion von $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ herabgesetzt und die Resorption von Calcium aus dem Darm indirekt gestört (Goff und Horst 1997). Diese Effekte können zur Ausbildung einer Hypokalzämie führen (Goff 2006; Goff 2008). Eine hohe Magnesiumkonzentration in der Vorbereitration scheint ein kritischer Bestimmungsfaktor zur Absenkung der Milchfieberinzidenz zu sein (Sampson, Manston *et al.* 1983; Lean *et al.* 2006). Lean *et al.* (2006) beschreiben eine 62%ige Reduzierung des Milchfieber-Risikos bei einer Steigerung des Magnesiumgehalts von 0,3 auf 0,4% der Trockenmasse einer Vorbereitration. Wang und Beede (1992b) stellten bei nicht laktierenden, nicht tragenden Kühen bei einem erhöhten Magnesiumgehalt in der Ration eine verminderte Magnesiumausscheidung über den Harn fest.

2.5.2.7 Calcium

Calcium kommt im Serum zu 55% (Ender, Dishington *et al.* 1962) als ionisiertes Calcium (Ca^{2+}), zu 40% an Protein und zu 5% an organische Säuren gebunden vor. Der Anteil des

ionisierten Calciums ist vom pH-Wert des Blutes abhängig. Er nimmt bei sinkendem pH zu. Die biologisch wirksame Form stellt das ionisierte Calcium dar und wird vom Säuren-Basen-Haushalt bestimmt. Als essentieller Bestandteil der belebten Materie sind 99% des im Körper vorkommenden Calciums am Aufbau von Knochen und Zähnen beteiligt. Neben K^+ , Na^+ spielt Ca^{2+} eine wichtige Rolle bei der Reizübertragung in Nervenzellen. Innerhalb der Zellen ist Calcium an der Erregung von Muskeln und Nerven, dem Glykogenstoffwechsel, der Zellteilung sowie an der Aktivierung einiger Enzyme und Hormone beteiligt. Aber auch in anderen Zellen spielen Calciumionen eine wichtige Rolle bei der Signaltransduktion. Außerhalb der Zellen ist Calcium an der Blutgerinnung und der Aufrechterhaltung der Zellmembranen beteiligt. Der Referenzbereich des ionisierten Calciums wird für das Rind mit 2,3-2,8 mmol/l einen Tag ante partum bis zwei Tage post partum angegeben (Kraft und Dürr 1999). Er wird durch die Hormone $1,25(OH)_2D$, Kalzitinin und Parathormon reguliert. Nur 0,1% des im Körper vorhandenen Calciums befindet sich im Extrazellularraum, davon ist 30-55% an Proteine gebunden, 5-15% liegt in Form von Komplexen vor (z.B. Calciumhydrogencarbonat, Calciumcitrat, Calciumsulfat, Calciumphosphat oder Calciumlactat). Nur ca. 50% des extrazellulären Calciums liegt in frei ionisierter Form vor (Calvi 2008). Eine Hypokalzämie um den Kalbezeitraum, oft verursacht durch eine alkalotische Stoffwechsellage, führt zur Ausbildung der subklinischen bzw. klinisch manifesten Hypokalzämie. Ebenfalls können Nachgeburtsverhaltung, Labmagenverlagerung und Mastitis verursacht werden. Bei den vorkommenden Fällen der Gebärpause machen reine Hypokalzämien einen Anteil von 15% aus (Kraft und Dürr 1999).

Bei den verschiedenen Bemühungen eine effektive Kontrolle der klinischen Hypokalzämie zu erreichen, hat sich der größte Fortschritt mit diätetischen Maßnahmen erzielen lassen (Horst *et al.* 1997). Während die meiste Aufmerksamkeit bis vor kurzem der Manipulation verschiedener Calciumkonzentrationen in der Vorbereiterration geschenkt wurde, weisen diese Untersuchungen inkonstante Ergebnisse auf. So ist ein stetig positiver Effekt auf die Milchfieber-Prophylaxe dann sichtbar, wenn der eingesetzte Calcium-Gehalt sehr gering ist (8-10 g/Tag) (Horst *et al.* 1997). Die calciumarme Fütterung der Vorbereiterkühe ist eine Möglichkeit der Prophylaxe. Liegt der Calciumgehalt in der Ration unter 1,2%, sinkt die Inzidenz Milchfieber zu entwickeln (Goff und Horst 1997; Horst *et al.* 1997; Beede *et al.* 2001). Eine Studie von Oetzel (1991) zeigt, dass mit steigendem Calcium über 1,25% in der Ration, auch der Anteil der Kühe, die an Milchfieber erkranken, ansteigt. Diese These

bestätigt auch Eppard (Eppard *et al.* 1996). Ebenso kann eine Calciummangelsituation zu Gebärparese führen (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004). Barlet und Ross (1984) empfehlen bei alleiniger Prophylaxe mit reduzierten Calcium Gaben von 55 g/d, um eine vermehrte Aktivierung zu erzielen.

2.6 Folgeerkrankungen

Die klinische und die subklinische Hypokalzämie sind Risikofaktoren für viele bedeutende Erkrankungen, die mit dem Übergang zur Laktation zusammenhängen. Als Folge des Mangels an verfügbarem Calcium treten bei der klinischen Form der Hypokalzämie vor allem Lähmungserscheinungen der Hintergliedmaßen auf. Beide Erscheinungsformen können Fruchtbarkeitsstörungen nach sich ziehen. Diese schließen einen gestörten Geburtsverlauf, Uterusprolaps, Nachgeburtsverhaltungen, Metritis sowie schlechte Besamungsergebnisse ein (Grohn *et al.* 1989; Houe *et al.* 2001; Whiteford und Sheldon 2005). Es kommen vermehrt andere Erkrankungen wie Ketosen, Hypomagnesiämie (DeGaris und Lean 2008), Labmagenverlagerungen und Mastitiden vor (Curtis *et al.* 1983). Ebenso sind negative Effekte auf die Milchproduktion in den ersten vier bis sechs Wochen (Rajala-Schultz, Grohn *et al.* 1999), die Körperkondition und letztendlich die Anzahl der Merzungstiere nicht unerheblich (Rajala-Schultz und Grohn 1999; Houe *et al.* 2001). Schültken und Moll (1998) beziffern einen Milchleistungsabfall von drei Litern täglich gegenüber der vorangehenden Laktation. Die Entstehung dieser Erkrankungen steht in Wechselbeziehung zueinander (Curtis *et al.* 1983; Curtis *et al.* 1985). Die oft nicht direkt erkannte subklinische Form der Hypokalzämie setzt die Tiere einem ausgesprochen hohen Risiko der Entgleisung des Stoffwechsels aus, was zu einer Immunsuppression führt (Huber *et al.* 1981; Kimura, Reinhardt *et al.* 2006). Ist Milchfieber assoziiert mit dem vollständigen Verlust des Muskeltonus (z.B. Abomasum, Zitzensphinkter) und ruminaler Stase, so ist die subklinische Hypokalzämie wahrscheinlich auf einer niedrigeren Stufe mit denselben Problemen verbunden (Horst, Goff *et al.* 1994). Diese Tiere treten nur über die Folgeerkrankungen in Erscheinung, was die eigentliche Problematik vergrößert.

2.7 Wirtschaftliche Bedeutung

Die finanziellen Verluste können abhängig von der Schwere der Erkrankung enorm variieren und werden auf £ 210 pro Fall beziffert (Pfundkurs von 2002: ca. 0,63 £ / € → € 330 pro Fall)

(Esslemont und Kossaibati 2002). Hierin sind nicht die Verluste eingeschlossen, die durch folgende Fruchtbarkeitsstörungen entstehen. Um die wirtschaftliche Bedeutung dieser Erkrankung zu verdeutlichen, sollten die hohen Kosten betrachtet werden: Allein in den USA beliefen sich im Jahr 1987 die Aufwendungen, die durch Therapie, Folgeerscheinungen und Tierverluste entstanden, auf \$ 120 Millionen (Goff *et al.* 1987). Das ökonomische Ausmaß der subklinischen Hypokalzämie ist schwer zu erfassen. Das Ausmaß der subklinischen Fälle ist vergleichbar groß wie das Auftreten von Milchfieber auf Herdenebene (Horst, Goff *et al.* 1994).

2.8 DCAB-Konzept

2.8.1 Historie und Definition

Bereits frühere Studien zeigten, dass Futtermitteln mit einem höheren Chlorid- und Schwefelgehalt und einer niedrigeren Natrium- und Kaliumkonzentration die Inzidenz von Milchfieber absenkten (Dishington 1975; Dishington und Bjornstad 1982). Block (1984) stellte einen signifikanten Einfluss auf die Milchfieberinzidenz allein über Schwankungen der Mengenelementgehalte von Chlorid, Schwefel und Natrium fest. Weitere Untersuchungen bestätigten die früheren Erkenntnisse des positiven Einflusses des Kationen-Anionen-Verhältnisses auf die Gebärpauseinzidenz (Oetzel *et al.* 1988; Gaynor *et al.* 1989). Das modernste Prophylaxekonzept stellt die Absenkung der DCAB in der Futtermittelration in der späten Trockenstehperiode (3-0 Wochen ante partum) dar. Die Grundlage des DCAB-Konzeptes bildet die so genannte Kationen-Anionen-Bilanz des Futtermittels. Sie ergibt sich aus der Differenz der Summen von den Kationen Natrium und Kalium sowie den Anionen Chlorid und Schwefel (Block 1984). Für die Berechnung der DCAB, in der internationalen Literatur auch DCAD (dietary cation-anion-difference) genannt, gibt es verschiedene Angaben. Die gebräuchlichste Formel ist die von Block (1984):

$$\text{DCAD (meq)} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$$

Horst *et al.* (1997) empfehlen die Einbeziehung weiterer Mengenelemente:

$$\text{DCAD (meq)} = (0,38 \text{ Ca}^+ + 0,3 \text{ Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$$

Unter Einbeziehung einer Schwefel-Absorptionsfähigkeit des Darmes von 60% der täglich aufgenommenen Schwefelmenge empfahlen Tucker *et al.* (1991) die folgende Rechenformel:

$$\text{DCAD (meq)} = (0,38 \text{ Ca}^+ + 0,3 \text{ Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,6 \text{ S}^{2-} + 0,5 \text{ P}^{3-})$$

Eine Variation dieser Gleichung entstand unter Berücksichtigung der Fähigkeit unterschiedlicher saurer Salze den Harn anzusäuern (Goff 2000):

$$\text{DCAD (meq)} = (0,15 \text{ Ca}^+ + 0,15 \text{ Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,25 \text{ S}^{2-} + 0,5 \text{ P}^{3-})$$

Die neueste Berechnung entstand basierend auf der unterschiedlich azidifizierenden Wirkung der sauren Salze (Goff, Ruiz *et al.* 2004):

$$\text{DCAD (meq)} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,6 \text{ S}^{2-})$$

Werden die Molekularmassen und die Wertigkeit einbezogen, entsteht folgende Formel (Staufenbiel *et al.* 2003):

$$\text{DCAB (meq/kg TS)} = (43,5 \text{ Na} + 25,6 \text{ K}) - (28,2 \text{ Cl} + 62,3 \text{ S}) \quad [\text{g/kg TS}]$$

2.8.2 Anionenrationen

Durch die Absenkung des DCAB-Wertes, im klassischen Sinn in negative Bereiche, ist indirekt über die Beeinflussung des Säuren-Basen-Haushaltes eine gezielte Calciumaktivierung möglich (Tucker, Harrison *et al.* 1988). Dies wird durch die Zugabe von Anionenrationen erreicht. Als Anionenrationen werden Rationen bezeichnet, denen saure Salze beigemischt sind. Auf metabolischer Ebene sollen sie den Säuren-Basen-Haushalt in eine milde azidotische Stoffwechsellage versetzen. Saure Salze bestehen aus starken Säuren bzw. Anionen (Chlorid bzw. Schwefel) und schwachen Basen bzw. Kationen (Calcium bzw. Magnesium). Ein erhöhter Anionenanteil in der Vorbereiterration, erzielt durch die Zugabe von Chloriden und Sulfaten, kann erheblich zu einer Absenkung der Milchfieberinzidenz beitragen (Ender, Dishington *et al.* 1971; Block 1984; Oetzel *et al.* 1988; Gaynor *et al.* 1989;

Goff *et al.* 1991). Sie senken die Alkalität einer Ration, indem der Anteil saurer Ionen angehoben wird (Staufenbiel 2000). Säureanionen gehören zu den nicht flüchtigen Säuren. Die Kationen und Anionen weisen eine unterschiedliche Wirkung auf die Azidität auf. Neben der ansäuernden Wirkung sind die sensorischen Eigenschaften zu beachten. Viele Salze enthalten neben den Ionen in bestimmten Mengen auch Wassermoleküle, das sogenannte Kristallwasser. Es wird in der Verhältnisformel mit angegeben, wie hier im Beispiel von Calciumsulfat: $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$. Diese sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgeführt. Die Salze sind nach ihrem Wirkungsgrad auf den Säuren-Basen-Haushalt und nach ihrer Eignung für den Einsatz einer Anionenration sortiert.

Tabelle 1: In Deutschland zugelassene / verwendete saure Salze

Saures Salz	Magnesiumsulfat	Calciumsulfat	Calciumchlorid
Chemische Formel	$\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{CaCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$
Eigenschaften	Kristallwasser-Verbindung	Gips, geschmacksneutral, nicht ätzend, Kristallwasser-Verbindung	Nicht-verkapselt ätzend, Kristallwasser-Verbindung
Säuren-Basen-Wirkung	Schwächste azidotische Wirkung	Schwächer als Calciumchlorid	Stärkste azidotische Wirkung
Vorteile	↑ Gesamt-Mg-Aufnahme (Goff 2006), → ↑ PTH	↑ Gesamt-S-Aufnahme, geschmacksneutral	↑ Gesamt-Ca-Aufnahme, ↑ Gesamt-Cl-Aufnahme
Nachteile	Absenkung nicht < 0 meq/kg TS möglich, schlechter Geschmack	S-Obergrenze soll nicht überschritten werden	schlechter Geschmack, ätzende Wirkung, Einsatz nur durch Mikroverkapselung, → teuer

Tabelle 2: Nicht in Deutschland zugelassene / verwendete saure Salze

Saures Salz	Ammoniumchlorid	Magnesiumchlorid	Ammoniumsulfat	Salzsäure
Chemische Formel	NH ₄ Cl	MgCl ₂ x 6 H ₂ O	(NH ₄) ₂ SO ₄	HCl
Eigenschaften	Laut FMR nicht zugelassen	Schlechte sensorische Eigenschaften		In USA zugelassen, Cl-Ionen werden an FM gebunden
Säuren-Basen-Haushalt	Entspricht Calciumsulfat	Gering azidotischer Effekt	Gering azidotischer Effekt	
Vorteile	-	-	-	-
Nachteile	Bei H ₂ O-Kontakt stechende Dämpfe, ätzend, schlechter Geschmack	Ätzend, schlechter Geschmack	Bei H ₂ O-Kontakt stechende Dämpfe, ätzend, schlechter Geschmack, Hoher Preis	Ätzende Wirkung möglich, → Gefahrenrisiko

2.8.3 Klassische Theorie des Säuren-Basen-Gleichgewichts versus Stewart-Model

Die traditionelle Beschreibung des Säuren-Basen-Gleichgewichtes beruht auf der Henderson-Hasselbalch-Gleichung:

$$pH = pK_S + \log_{10} \frac{\tau}{1 - \tau}$$

(τ ist dabei das Verhältnis der Stoffmenge (bzw. der Konzentration) der zugefügten Maßlösung zur Stoffmenge (bzw. der Konzentration) des zu bestimmenden Stoffes)

Eine Veränderung des Säuren-Basen-Haushaltes wird hier nur über die Lunge bzw. die Niere ausgeglichen. Stellgrößen der Kompensation sind HCO₃⁻ (Niere) und PCO₂ (Lunge). Aus den nicht gemessenen Kationen und Anionen wird ein sogenanntes „Anion Gap“ berechnet. Diese Anionenlücke soll die Anwesenheit der nicht erfassten Anionen im Plasma einbeziehen. Die Gleichung berücksichtigt folgende vier Störungen des Säuren-Basen-Gleichgewichtes: Die

respiratorische Azidose (\uparrow PCO_2), die respiratorische Alkalose (\downarrow PCO_2), die metabolische Azidose (\downarrow Base Excess (BE)) und die metabolische Alkalose (\uparrow BE). Die Puffergleichung funktioniert nur, wenn keine klinischen Veränderungen im Serum-Total-Protein-Gehalt, im Albumin- sowie Phosphat-Gehalt vorliegen.

Stewart (1983) kritisierte diese bisherige Darstellung des Säuren-Basen-Gleichgewichtes. Er stellte fest, dass es außer HCO_3^- und PCO_2 noch weitere nicht berücksichtigte Einflussgrößen (Serum-Total-Protein, Albumin, Phosphat) auf das Säuren-Basen-Gleichgewicht gibt. Für die nicht-respiratorische, metabolische Kompensation sind die Parameter (Blut- $[\text{HCO}_3^-]$, Blut-[BE]) nicht eindeutig zuzuordnen. Der Einfluss der Plasma-Proteine bleibt in der Betrachtung von Henderson-Hasselbalch unbeachtet. Stewart entwickelte unter Berücksichtigung der Kritikpunkte die Theorie der „strong-ion-difference“ (Autran DeMoraes 1992). Die bisherigen Vorstellungen wurden dahingehend verändert, dass die Entwicklung des Stewart-Models ein vertieftes Verständnis der Mechanismen, denen der Säure-Basen-Haushalt unterliegt, ermöglicht und die differenzierte Diagnostik von Säuren-Basen-Verschiebungen erlaubt. Seine Theorie setzt das Prinzip der Elektroneutralität in Körperflüssigkeiten voraus. In biologischen Flüssigkeiten existieren drei verschiedene Komponenten, die diesem Prinzip unterliegen:

Wasser, das nur gering dissoziiert in H^+ und OH^- vorliegt

Vollständig dissoziierte, „starke“ Elektrolyte und körpereigene Substanzen (z.B. Laktat)

Unvollständig dissoziierte, „schwache“ Substanzen

Stewart unterscheidet zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen. Zu den abhängigen gehören der pH bzw. die Wasserstoffionenkonzentration $[\text{H}^+]$ und Bicarbonat $[\text{Bic}^-]$. Diese sind den unabhängigen Variablen untergeordnet. Unabhängig bedeutet, dass sie sich untereinander nicht und nur durch Faktoren außerhalb des Säuren-Basen-System beeinflusst werden können.

Dazu gehören folgende Parameter:

CO₂-Partialdruck

Gesamtkonzentration aller nichtflüchtigen schwachen Säuren [A⁻] (A_{TOT})

Die Differenz zwischen den stark basischen Kationen und den stark sauren Anionen im Organismus (SID)

Mit Hilfe der messbaren Ionen-Konzentrationen lässt sich eine so genannte apparente SID berechnen:

$$\text{SID} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Cl}^-] + \text{Laktat}$$

Die pCO₂-Werte stehen für die respiratorische Komponente des Säuren-Basen-Gleichgewichtes. Stellgröße ist hierfür die Lunge. Veränderungen des PCO₂ werden über [SID] kompensiert. Liegen metabolische Störungen des Säuren-Basen-Haushaltes vor, so sind Veränderungen von pH bzw. [H⁺] sowie [Bic⁻] nur möglich, wenn sich entweder die [SID] oder [A⁻] verändern. Nimmt beispielsweise die SID durch eine Hyperchloridämie ab, so veranlasst diese Zunahme unabhängiger negativer Ladung eine Abnahme der abhängigen negativen Ladung in Form von [Bic⁻]. Das Ergebnis ist eine Azidose (vice versa) (Constable 1999; Constable 2000). Die [SID] unterliegt der Kontrolle der Nieren. Nach vollständiger Ultrafiltration der Elektrolyte erfolgt die tubuläre Reabsorption der starken Ionen (Na⁺, Cl⁻), Veränderungen der [SID] werden durch Reaktionen des PCO₂ kompensiert. Bei einer Abnahme von [A⁻] (A_{TOT}) z.B. durch Hypalbuminämie resultiert ein Anstieg von [Bic⁻] und daraus eine Azidose (vice versa). Veränderungen für A_{TOT} werden nicht durch Veränderungen des PCO₂ oder der [SID] kompensiert. Das DCAB-Konzept basiert auf der von Stewart (1983) beschriebenen Theorie.

2.8.4 Wirkungsweise

Wird die DCAB im Futter durch Zusatz anorganischer Säuren herabgesetzt, bewirkt das eine Reduzierung der [SID⁺]. Die Konsequenz daraus ist eine Absenkung des Plasma-pH-Wertes (DeGaris und Lean 2008). Es entsteht eine milde metabolische Azidose (Goff und Horst

1998; Staufenbiel und Engelhardt 1999). Die Kompensation erfolgt über nicht-respiratorische Mechanismen (Vagnoni und Oetzel 1998). Folge ist ein Absinken des Blut-pH auf niedrige Werte bzw. keine pH-Wert-Veränderung (Oetzel *et al.* 1991; Phillippo, Reid *et al.* 1994; Vagnoni und Oetzel 1998). Dadurch wird die PTH-Produktion stimuliert. Die Parathormonwirkung führt über die hormonelle Ansprechbarkeit von Rezeptoren an Knochen und Darm zu einer Steigerung der Calciumbereitstellung (Goff *et al.* 1991). Die bei der Verfütterung von Anionenrationen beobachteten Effekte sind auf zellulärer Ebene eine erhöhte Plasma-Calcium-Konzentration, sowie die vermehrte Bereitstellung von $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (Goff *et al.* 1991). $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ dient der Reabsorption von Calcium aus dem Darm (Gaynor *et al.* 1989) (Abbildung 1). Ebenso wurden erhöhte Hydroxyprolinwerte beobachtet, vermutlich aufgrund der Knochenmobilisation (Block 1984; Gaynor *et al.* 1989). Bushinsky (1995) hat eine direkte Wirkung einer metabolischen Azidose auf den Knochen festgestellt. Es findet eine vermehrte Knochenresorption durch Osteoklasten und eine Abnahme der Osteoblastenaktivität statt (Bushinsky 1995). Damit verbunden sind eine reduzierte Aktivität der Kollagensynthese sowie der alkalischen Phosphatase sowie eine vermehrte β -Glucuronidase-Aktivität. Folge ist eine gesteigerte Calciumfreisetzung aus dem Knochen (Abb. 1).

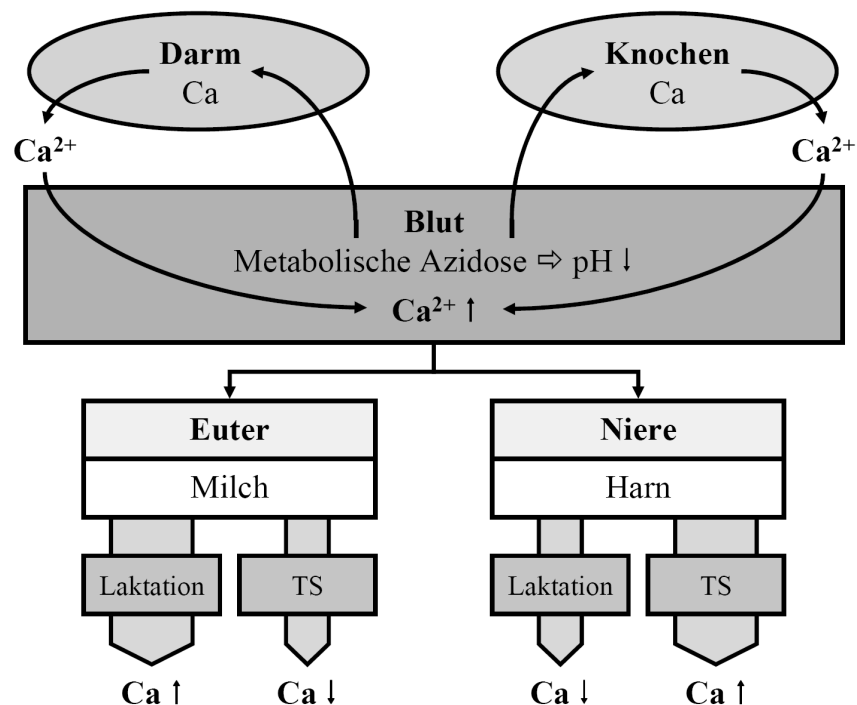


Abbildung 1: Calcium-Aktivierung unter der Bedingung einer metabolischen Azidose

2.8.5 Regulation der metabolischen Azidose

Säureanionen (organische Säurereste, Cl^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-}) gehören zu den nicht flüchtigen Säuren. Deren Exkretion erfolgt ausschließlich über die Nieren. Deshalb nehmen diese eine wichtige Regulationsfunktion beim Ausgleich von Veränderungen und Belastungen des Säuren-Basen-Gleichgewichtes ein. Fallen vermehrt Anionen an (SO_4^{2-} , Cl^-), verursachen diese in der Niere die Dissoziation von H_2O zu H^+ und OH^- . Zusammen mit den Protonen werden die Anionen ausgeschieden (Stewart 1981). Bei einer azidotischen Stoffwechsellage, hervorgerufen durch die Zufuhr saurer Salze, werden die überschüssigen H^+ -Ionen an Kationen (z.B. Magnesium) gebunden ausgeschieden (Lotspiech 1967). H^+ -Ionen können als „freie H^+ -Ionen“ (H_3O^+) ins Tubulus-Lumen sezerniert werden. Dieser Vorgang ist mit pH-Wert-Veränderungen verbunden. Sie können auch durch einen Na^+ - H^+ -Antiport oder gebunden an Puffersubstanzen, wie Phosphationen, Bikarbonat oder von den Nieren produziertes NH_3^+ ausgeschleust werden (Bender, Gelfert *et al.* 2001). Ammonium (NH_3^+) wird zu Ammoniak (NH_4^+) oxidiert, und kann als starke Base H^+ -Ionen ausschleusen. Chlorid wird im Austausch gegen Hydrogencarbonat (HCO_3^-) in den Urin sezerniert (Block 1994). Die Bicarbonat-Konzentration im Urin sinkt mit absinkender DCAB (Xin *et al.* 1991; Delaquis und Block 1995). Folge ist eine Abnahme des Harn-pH-Wertes (Horst und Jorgensen 1974; Jackson *et al.* 1992; Goff und Horst 1994; Vagnoni und Oetzel 1998) sowie der NSBA. Diese Abweichungen des Säuren-Basen-Haushaltes werden im Harn widergespiegelt und sind methodisch mittels Titration nach Kutas (1965) erfassbar (Bender und Staufenbiel 2003; Gelfert, Löptien *et al.* 2006). Calciurie und Veränderungen in einer vermehrten Exkretion von Natrium, Kalium und Chlorid sind weitere beobachtete Effekte, die mit reduzierter DCAB einhergehen (Gaynor *et al.* 1989; Block 1994; Horst *et al.* 1997).

2.8.6 Anwendungsdauer und Dosierung

In der Literatur sind unterschiedliche Angaben zur Dauer der Anwendung saurer Salze angegeben. Byers (1994) empfiehlt eine Fütterung der sauren Salze über drei bis fünf Tage. Oetzel *et al.* (1988) hat bei einem Einsatz von Ammoniumsulfat und -chlorid eine Einsatzdauer von 21 Tagen als erfolgreich befunden. Bei einer späteren Untersuchung empfehlen Oetzel und Barmore (1992) hingegen den Einsatz der Anionenration über 10 bis 15 Tage ante partum. Block (1984) setzte saure Salze bis zu 45 Tagen ein. Der Einsatz saurer Salze sollte den Zeitraum von 10 Tagen nicht unterschreiten und in den letzten drei Wochen der

Trockenstehzeit gefüttert werden (Staufenbiel und Engelhardt 1999). Eine Absenkung der DCAB in den letzten drei bis vier Wochen ante partum wirkt sich positiv auf die Calciumaktivierung, die Tiergesundheit und Leistung aus (Oetzel 1988; Tucker *et al.* 1991). Zur erfolgreichen Prävention der Hypokalzämie werden für die klassische DCAB-Absenkung Werte < 0 meq/kg TS (Dishington und Bjornstad 1982; Tucker *et al.* 1992; Block 1994; Horst, Goff *et al.* 1994; Horst *et al.* 1997) bzw. -100 und -150 meq/kg TS (Moore, Vanderhaar *et al.* 2000; Staufenbiel 1999) bzw. -50 und -250 meq/kg TS (Horst, Goff *et al.* 1994; Moore, Vanderhaar *et al.* 2000) empfohlen.

2.8.7 Vorteile

Der Vorteil von Anionenrationen liegt in der wissenschaftlich erwiesenen Wirksamkeit (Block 1984; Gaynor *et al.* 1989; Wang und Beede 1992a). Mit ihrem Einsatz wird eine Reduzierung der Milchfieberinzidenz angestrebt. Staufenbiel (2000) gibt für die Bestandsbetreuung eine zu erzielende Inzidenz bis 5% für das Auftreten von Gebärgäresen, Labmagenverlagerungen, Ketosen, Puerperalstörungen, Nachgeburtsverhaltungen und Endometritiden an. Block (1984) untersuchte die Wirkung einer Ration mit hohem Kationenanteil und einer mit hohem Anionengehalt. Er stellte einen Leistungsunterschied in der folgenden Laktation fest, der bei den anionenhaltig gefütterten Kühen um 6,8% höher lag. Diese Leistungssteigerung bestätigt auch eine Untersuchung von Beede *et al.* (1991). Ebenfalls stellte er einen positiven Einfluss auf die Tiergesundheit, insbesondere die Reproduktion und das Auftreten linksseitiger Labmagenverlagerung, fest. Die Zugabe saurer Salze zur peripartalen Ration kann nicht nur als Prophylaxe von Milchfieber zum Einsatz kommen, sondern auch zur Prävention von subklinischer Hypokalzämie (Horst, Goff *et al.* 1994). Da Anionenrationen in die TMR eingemischt werden, ist deren Handhabung unkompliziert (Fürll *et al.* 1996). Die genaue Berechnung des Abkalbetermines sowie parenterale Einzeltier-Applikationen entfallen.

2.8.8 Nachteile

Der Einsatz von Anionen zur Absenkung der DCAB wird durch negative sensorische Eigenschaften begrenzt (Oetzel und Barmore 1992; Oetzel und Barmore 1993). Mehrere Studien bestätigen eine reduzierte Trockenmasseaufnahme (Gaynor, Mueller *et al.* 1989; Goff und Horst 1997; Moore, Vanderhaar *et al.* 2000), wobei andere keinen Einfluss auf die

Futteraufnahme feststellten (Block 1984; Oetzel *et al.* 1988). Vanderhaar *et al.* (1999) haben gezeigt, dass bei reduzierter Futteraufnahme und einer negativen Energiebilanz ante partum die Plasma NEFA und die Konzentration der Leber-Triglyceride ansteigen. Das kann zu einem gesteigertem Risiko der Labmagenverlagerung (Cameron *et al.* 1998), sowie der Mastitis und Nachgeburtsverhaltung führen (Dyk 1995). Bei einem unkontrollierten Einsatz besteht die Gefahr einer azidotischen Stoffwechsellage. Einige saure Salze können auf Grund schlechter sensorischer Eigenschaften dazu führen, dass die Ration selektiert gefressen wird bzw. eine verminderte Futteraufnahme resultiert. Diese Tiere geraten bereits vor der Kalbung in eine negative Energiebilanz. Die daraus resultierenden Nebenwirkungen sind Krankheitsauslöser, die bis zum Verlust der Tiere führen können (Hu *et al.* 2007). Die sensorischen Eigenschaften und damit die Akzeptanz sind vom eingesetzten Salz abhängig. Calciumsulfat wird eine Geschmacksneutralität und ein positiver Einfluss auf die Futteraufnahme bescheinigt (Staufenbiel *et al.* 2003). Dagegen weisen die Ammoniumsalze schlechte sensorische und mögliche toxische Eigenschaften auf. Es kann eine akute Azidose und eine NH₃-Intoxikation entstehen (Fürll *et al.* 1996). Oetzel (1991) gibt eine Dosis von 2 eq/d als ungefährlich an. Um einer verminderten Trockensubstanz entgegenzuwirken, sollte laut Byers (1994) der Grobfutteranteil erhöht werden. So sollte der erhöhte Kationenanteil die stark azidotische Wirkung abpuffern.

2.9 Überwachung des Einsatzes saurer Salze

2.9.1 Reaktion im Harn

2.9.1.1 pH-Wert

Eine pH-Wert-Absenkung im Harn stellt eine genaue Überprüfungsmethode der Aktivierung des Säuren-Basen-Haushaltes dar (Jardon 1995; Horst *et al.* 1997). Die pH-Wert-Änderung tritt erst ein, wenn die Pufferkapazität des Körpers erschöpft ist (Kraft und Dürr 1999). Es gibt unterschiedliche Empfehlungen für die Überwachung des pH-Wertes. Horst *et al.* (1997) empfahl einen pH zwischen 5,5 und 6,2, während die Angabe von Oetzel *et al.* (1991) zwischen 6,6 und 7,0 lag. Moore, Vanderhaar *et al.* (2000) gaben einen pH-Wert um ~6,5 an. Bei Werten unter 5,5 warnen Horst *et al.* (1997) davor, dass die Azidose nicht mehr kompensiert werden kann. Schröder *et al.* (2003) geben einen mittleren pH-Wert von 7,5 an.

Dieser erwünschte Wert stellt sich erst in der späten Vorbereitung eine Woche vor dem Kalben ein, nachdem den Tieren mindestens sieben Tage saure Salze verabreicht wurden. Liegt der pH > 8, zeigen die Anionen keine azidogene Wirkung und keine reduzierte Milchfieberinzidenz (Jardon 1995).

2.9.1.2 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung

Die Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) reflektiert die Gesamtheit der über die Niere ausgeschiedenen Basen und Säuren. Sie kompensiert die azidotische Belastung und zeigt bereits die Beanspruchung der Puffersysteme an. Sie ist ein guter Parameter, um chronische Veränderungen im Säuren-Basen-Haushalt festzustellen (Kraft und Dürr 1999). Als Folge der durch Anionen ausgelösten metabolischen Azidose sinkt die NSBA ab (Fürll *et al.* 1994). Die NSBA reagiert deutlich schneller als der pH auf die azidotische Stoffwechsellage (Schröder *et al.* 2003). Gelfert *et al.* (2004) hat eine signifikante, moderate, lineare Korrelation zwischen der NSBA und der DCAB festgestellt. Block beschreibt die NSBA als gute Kontrollmethode zur Überprüfung der Wirksamkeit von Anionenrationen (Block 1994). Als Referenzbereich werden Werte von 80 bis 120 bzw. 0 bis 60 für kraftfutterreich gefütterte Milchrinder angegeben (Kraft und Dürr 1999). Die Zielwerte für die NSBA liegen bei dem Einsatz saurer Salze zwischen 0 und 50 (Bender, Gelfert *et al.* 2003; Frömer 2005; Gelfert *et al.* 2004).

2.9.1.3 Calcium-Aktivierung

Die Überprüfung des Harns auf Calciurie (Gaynor *et al.* 1989) eignet sich neben der NSBA gut zur Prüfung der Wirksamkeit von Anionenrationen. Die Calcium-Aktivierung spiegelt sich genauso schnell wie die NSBA wieder. Sie erreichen bereits in der frühen Vorbereitungsphase Werte zwischen 5 und 10 mmol/l (Schröder *et al.* 2003). Zwischen der Calciumausscheidung und der DCAB bzw. der NSBA bestehen signifikante, nicht-lineare Korrelationen (Gelfert *et al.* 2004). So stieg in der von Gelfert *et al.* (2004) durchgeführten Studie die Harn-Calcium-Ausscheidung erst an, als ein bestimmter Schwellenwert bei der DCAB bzw. NSBA unterschritten war. Dieser siedelte sich für die DCAB im positiven Bereich und für die NSBA im negativen, azidotischen Bereich an.

2.9.2 Grundprinzipien für die Fütterung von Anionenrationen in der Vorbereitung

Überkonditionierte Kühe sind um den Kalbezeitraum prädisponiert an Milchfieber zu erkranken (Harris 1981; Heuer, Schukken *et al.* 1999; Staufenbiel 1999). Eine Erklärung hierfür ist eine reduzierte Futteraufnahme in der Vorbereitungsphase und die daraus folgende negative Energiebilanz (Rukkwamsuk, Kruij *et al.* 1999). Deshalb sollte in der mittleren und späten Laktation die Energieaufnahme darauf ausgerichtet sein, einen BCS von $\leq 3,5$ zu erreichen. Das Optimum liegt zwischen 3,25 und 3,75 (Studer 1998).

Für den Einsatz von Anionenrationen in der Vorbereiterperiode werden folgende Empfehlungen ausgesprochen:

1. Die Totale-Misch-Ration der Vorbereiterkühe sollte analysiert werden, insbesondere die Elemente Na, K, Cl und S, ergänzend zu Ca, Mg und P (Staufenbiel *et al.* 2003). Der Kaliumgehalt im Grünfutter kann, abhängig von der Vielfalt der Grünfutterpflanzen sowie der eingesetzten Düngerdosis, enorm variieren. Liegt der DCAB-Wert $< +200$ meq/kg sollte der nachfolgende Punkt beachtet werden (Horst, Goff *et al.* 1994; Beening 1998).

2. Es sollte berücksichtigt werden, dass der gesamte Kationenanteil - insbesondere Kalium - in Vorbereiterrationen, die auf Grassilage basieren, hoch ist (Goff *et al.* 1991). Dieser Anteil verschiebt die Ration in Richtung Alkalität. So rät Goff zuerst die Alkalität der Vorbereiterration zu überprüfen und durch Austausch von Futterkomponenten diese herabzusetzen. Ist die Ration danach noch alkalisch, können Anionen moderat zugesetzt werden (Goff *et al.* 1991). Jede zusätzliche Kationenquelle sollte entfernt werden. Es sollten Futtermittel eingesetzt werden, die eine geringe DCAB aufweisen (Beening 1998). Leguminosen und Grassilagen akkumulieren Kalium zu einem Grad, welcher oft über den Referenzbereichen liegt, wenn Kalium im Boden hoch ist (Goff 2006).

3. Calciumsulfat sollte zur Ration zugegeben werden, um einen Schwefelgehalt von 0,45% und einen Calciumwert von 140 g/d zu erreichen. Dies übersteigt leicht die Schwefel-Empfehlung des NRC (2001), wird aber in der durchgeführten Studie gut toleriert.

4. Falls nötig, sollte der Magnesiumgehalt durch den Einsatz von MgSO_4 auf 0,45% angehoben werden. Ist der Calciumgehalt noch erniedrigt, kann dieser mittels CaHPO_4 bzw. CaCl_2 auf einen Wert von 140 g/d angehoben werden (Horst, Goff *et al.* 1994).

5. Es kann NaHCO_3 zugefügt und CaCO_3 entfernt werden. Es sollte hier kein NaCl ergänzt werden, da dadurch die Schmackhaftigkeit in Kombination mit Anionenrationen herabgesetzt wird (Horst, Goff *et al.* 1994).

6. Um die DCAB auf -100 bzw. -150 meq/kg TS zu reduzieren, können Chloridsalze eingesetzt werden. Beening (1998) empfiehlt Calciumchlorid, Horst das in Deutschland nicht zugelassene Ammoniumchlorid (Horst, Goff *et al.* 1994). Dagegen sprechen allerdings die schlechten sensorischen Eigenschaften, welche zu Futteraufnahmedepression führen können (Staufenbiel *et al.* 2003).

7. Die Phosphor-Aufnahme sollte < 60 g/d (Horst, Goff *et al.* 1994) bzw. < 50 g/d (Beening 1998) liegen. Obwohl der Zusatz von Phosphor hilfreich wäre das Blut anzusäuern, inhibiert ein erhöhter Phosphorgehalt im Blut die Fähigkeit der Kuh das Hormon $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}$ zu bilden; dies kann das Milchfiebrisiko steigern. Aus diesem Grund ist ein Zusatz von P in der Ration nicht empfehlenswert (Horst, Goff *et al.* 1994).

8. Es sollte auf ein optimales Fütterungsmanagement geachtet werden, um eine Futteraufnahmedepression zu vermeiden (Oetzel 2000). Deshalb sollte regelmäßig die Trockensubstanzaufnahme überwacht werden. Ist sie herabgesetzt, sollte die Ration überprüft und die Salzmenge reduziert werden (Beening 1998).

2.9.3 Gehalte für Mengenelemente in der Ration

2.9.3.1 Natrium

Alle Grobfuttermittel und wichtige Konzentrate haben einen sehr niedrigen Natriumgehalt (< 1 g/kg TS). Der Gehalt im Futtermittel ist durch Maßnahmen im Pflanzenanbau kaum beeinflussbar. Natrium sollte über Mineralfutter oder entsprechende Lecksteine (Vihsalz) ergänzt werden. Es werden Werte um $1,4$ g/kg TS empfohlen (Ulbrich, Hoffmann *et al.*

2004). Unlimitierte Mengen von NaCl sollten vermieden werden, nicht, weil sie den Säuren-Basen-Status stark beeinflussen, sondern weil diese das Risiko von Euterödemen steigern können (Goff 2006).

2.9.3.2 Kalium

Der Kaliumgehalt stellt ein wichtiges Stellglied in der Prophylaxe von Hypokalzämie dar (Goff und Horst 1997). Die Kaliumkonzentration sollte 15 g/kg TS der Vorbereiterration nicht überschreiten (Staufenbiel 1999). Goff (2006) empfiehlt den Kaliumgehalt möglichst nahe an den Vorgaben des NRC (2001) mit 10 g/kg TS anzugleichen. Der durch Kalium ausgelösten metabolischen Alkalose kann durch den entsprechenden Einsatz von Chlorid entgegen gewirkt werden (Goff 2006).

2.9.3.3 Schwefel

Beim Einsatz von Anionen in der Vorbereiterration kann die Inzidenz von Milchfieber mittels Substitution von Schwefel- und Chloridsalzen signifikant gesenkt werden (Goff *et al.* 1991). Dies bestätigen Oetzel (1991) und Block (1994). Für die TMR der Vorbereiter wird ein Schwefelgehalt empfohlen, der zwischen 2,2 und 4,0 g/kg TS liegt (NRC 2001). So kann eine ausreichende Aminosäuresynthese durch die Pansenmikroben sichergestellt werden (Goff 2006). Liegt die Schwefelkonzentration über dem angegebenen Bereich, besteht die Gefahr, dass Schwefel im Pansen zu Sulfit umgewandelt werden kann, was zu einer Intoxikation und neurologischen Erscheinungen führen kann (Gould *et al.* 1991).

2.9.3.4 Chlorid

Der Schlüssel zu einer erfolgreichen Prävention der subklinischen und der klinischen Hypokalzämie liegt laut Goff (2006) in einer Substitution des Chloridanteils in der Ration. Das soll der alkalischen Wirkung der Ration, auch, wenn sie niedrige Kaliumwerte aufweist, entgegenwirken. Er empfiehlt für die Erzielung der ansäuernden Wirkung 5 g/kg TS bei 10 g/kg TS Kalium. Diese Angabe ist abhängig vom Kaliumgehalt der Ration. Kann die Kaliumkonzentration nicht weiter als 20 g/kg reduziert werden, befürwortet Goff (2006) einen Chloridgehalt von 15 g/kg TS. Allerdings räumt er durch den schlechten Geschmack einiger Chloridverbindungen eine mögliche Futteraufnahme-depression ein.

2.9.3.5 Phosphat

Der Phosphat-Gehalt der TMR für den peripartalen Zeitraum wird mit 0,4 g/kg TS angegeben (Goff 2006). Diese Angabe kann den tatsächlichen Bedarf an zugeführtem Phosphor überschätzen (Peterson und Beede 2002). Ein Phosphatgehalt von über 80 g/d (Kichura *et al.* 1982), bzw. die Nutzung von Phosphat in Anionenrationen blockiert in der Niere die Produktion von $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ und verursacht die Entstehung von Milchfieber. Niedrige Phosphatgaben führen zu einer gesteigerten Produktion von $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, was wiederum eine effiziente Phosphat- und Calciumabsorption zur Folge hat (Barton, Jorgensen *et al.* 1987).

2.9.3.6 Magnesium

Der Einsatz von Anionenrationen, kombiniert mit adäquaten Calcium- und Magnesiumgehalten, kann helfen, die Trockenmasseaufnahme zu steigern. Folglich wird die negative Energiebilanz im postpartalen Zeitraum reduziert und ebenfalls der Entstehung einer Hypokalzämie vorgebeugt (Wilde 2006). Der Magnesiumgehalt der Ration sollte zwischen 3,5-4,0 g/kg TS liegen. So kann die Resorption über die Magenwand und so das Zusammenwirken von PTH mit den Rezeptoren an den Erfolgsorganen gewährleistet sein (Goff 2006).

2.9.3.7 Calcium

Bei gleichzeitigem Einsatz von Anionenrationen im klassischen Sinn und restriktivem Calcium, resultiert eine vermehrte Hypokalzämie (Oetzel *et al.* 1988). Darauf basierend wird eine Calciumaufnahme von 120-150 g/d empfohlen (Horst, Goff *et al.* 1994; Beening 1998; Wilde 2006).

3 Material und Methode

3.1 Methodische Untersuchungen

3.1.1 Untersuchung zur Konservierung von Harnproben

Da ein Betrieb die genommenen Harnproben per Kurier zur Freien Universität Berlin schickte, wurden diese wie oben beschrieben nach der Probenentnahme und vor dem Transport (7°C) mit den BSM II Konservierungstabletten (Breitspektrum-Microtabletten, aktive Bestandteile: Bronopol 8 mg, Natamycin 0,3 mg) versetzt. Es wurden pro 100 ml Harn zehn Mikrotabletten verwendet. Die Tabletten wurden vom Landeskontrollverband Brandenburg bezogen.

3.1.2 Konservierung, Lagerung und Untersuchungszeitpunkt der Proben

Zur Überprüfung der Lagerungsfähigkeit von Harnproben wurde vor Beginn des experimentellen Teils aus neun Harnproben eine Poolprobe gebildet. Der Harn wurde im Rahmen der Bestandsbetreuung der Klinik für Klautiere auf einem zufällig gewählten Betrieb von beliebig herausgesuchten klinisch gesunden Kühen per Katheter-Entnahmetechnik gewonnen und direkt im Anschluss gekühlt ins Labor transportiert. Es wurden 1080 ml Harn in einem Becherglas für eine halbe Stunde bei 2000 U/min auf einem Magnetrührer verquirlt. Der pH der Probe wurde gemessen und der Urin anschließend in neun Probengefäße à 120 ml überführt. Eine der Proben blieb unkonserviert und wurde direkt im Anschluss an die Poolbildung analysiert. Acht der Proben wurden mit 10 Tabletten des Konservierungsmittels BSM II versetzt und gut vermischt. Jeweils vier Proben wurden im Kühlschrank bei 4°C gelagert. Die anderen vier Proben standen bei einer durchschnittlichen Temperatur von 25°C im Untersuchungslabor. Die ersten beiden konservierten Proben wurden nach 15 Stunden untersucht. Es folgten weitere Analysen nach 24, 48 und 72 Stunden Lagerungszeit. Es wurden der pH-Wert, die fraktionierte NSBA und die Mengenelement bestimmt (Tab. 5, 6).

3.1.3 Vergleich von Pool- und Mittelwerten bezüglich pH, NSBA und Calcium

Da der Einsatz von Anionenrationen eine Herdenmaßnahme ist, wird die Entscheidung über die Gabe der Salzmenge über die Harnreaktion der Gruppe und das Ergebnis der analysierten TMR-Probe getroffen. Nach Ermittlung der Einzelwerte wurde hierfür der errechnete Mittelwert der entsprechenden Einzelproben herangezogen. Aus der Überlegung heraus Kosten und Zeitersparnis zu erzielen wurde parallel zu den Einzelwerten aus den entsprechenden Proben einer Beprobungsgruppe je eine Poolprobe gebildet und analysiert. Es soll überprüft werden, ob die Ergebnisse von Pool- und Mittelwerten bezüglich des pH-Wertes, der NSBA und der Calciumausscheidung gut miteinander vergleichbar sind. So könnte der Poolwert die Einzelprobe ersetzen.

3.1.4 Beschreibung der Streuung von Einzelwerten um den Mittelwert

Zur Beantwortung der Fragen wie groß die Streuung der Einzelwerte innerhalb der Gruppe um den Mittelwert ist, und ob der Mittelwert den Einzelwert widerspiegeln kann, setzt man zunächst die Streuung der Gruppe in das Verhältnis zum jeweiligen Mittelwert. Man erhält den Variationskoeffizienten als Kenngröße zum Vergleich der Streuungen. Der Variationskoeffizient sollte den Wert eins nicht überschreiten. Werte, die darunter liegen können als annehmbar gewertet werden (Arndt 2009).

$$CV = S / MW$$

CV = Variationskoeffizient

S = Streuung

MW = Mittelwert

Die Streuung dieser Variationskoeffizienten soll miteinander verglichen werden. Dieser Vergleich wird für die Parameter pH, NSBA und Calciumausscheidung durchgeführt.

3.2 Beschreibung der Betriebe mit einer moderaten Regulation der DCAB

Im Zeitraum von März 2007 bis Mai 2008 wurde auf zwei Betrieben eine moderate DCAB-Absenkung mit labordiagnostischen Harnanalysen begleitet. In den Tabellen 3 und 4 werden die Betriebskennzahlen der Betriebe und der Probenentnahmezyklus dargestellt.

Es sollte der zeitliche Verlauf der DCAB-Absenkung und der entsprechenden Reaktionen im Harn (NSBA, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium) dargestellt werden. Des Weiteren fand eine Interpretation der gesundheitlichen Entwicklung statt. Hier wurden die Erkrankung des Festliegens, und als direkte mögliche Folgeerkrankungen der Hypokalzämie die Nachgeburtshaltung, Endometritis, die Entstehung von Labmagenverlagerung sowie Mastitiden berücksichtigt. Die Betriebe wurden getrennt voneinander betrachtet.

Tabelle 3: Betriebscharakteristika

	Betrieb A	Betrieb B
Bundesland	Brandenburg	Sachsen
Bisheriger Einsatz saurer Salze	ja	nein
Anzahl Kühe	450	2000
Fütterung	TMR, Mischwagen	TMR, Bandfütterung
Haltungsform	Boxenlaufstall mit Fressgitter	Boxenlaufstall mit Fressgitter
Aufstallung der Vorbereitungs- kühe	Strohlaufstall	Boxenlaufstall mit Fressgitter

Tabelle 4: Zeitraum und Zyklus der Harnprobenentnahme und TMR-Analyse

	Betrieb A	Betrieb B
Beprobungszeitraum	03.2007 - 02.2008	03.2007 - 05.2008
Harn		
Beprobungszyklus Harn	Zu Beginn wöchentlich für vier Wochen, dann einmal monatlich; bei Rationswechsel und bei gesundheitlicher Verschlechterung	
Konservierungsart	BSM II Konservierungs- tabletten, Kühlschrank	Einfrieren bei -23°C
TMR		
Beprobungszyklus TMR	Zur Erhebung des Status praesens; nach Einstellung der moderaten DCAB-Absenkung; bei Rationswechsel	

3.2.1 Drei-Stufen-Plan der DCAB-Absenkung

Vor Beginn der Durchführung der Studie wurde ein Drei-Stufen-Plan zur moderaten Absenkung der DCAB in der Totalen-Mischration der Vorbereitungskühe erstellt.

3.2.1.1 Erste Stufe der DCAB-Absenkung: Erfassung der Ausgangslage

Um den Status praesens der Vorbereitungskühe bezüglich der Gebärparese-Prophylaxe zu ermitteln, wurden folgende Punkte erfüllt:

1. Durchführung der TMR-Analyse der Vorbereiter. Es sollten - neben den Rationsinhaltsstoffen - die DCAB und die Elemente Natrium, Kalium, Chlorid, Schwefel, Calcium, Phosphor und Magnesium bestimmt werden. Die Untersuchungen der TMR wurden im Bllg. Deutschland GmbH, 19370 Parchim durchgeführt (Tab.7).
2. Zweiwöchige Harnprobenentnahme mittels Katheterentnahmetechnik von Vorbereiterkühen, die sieben bis vierzehn Tage vor der Kalbung stehen
3. Proben nur von Kühen, die bereits mindestens einmal gekalbt haben
4. Ermittlung der Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung und Mengenelemente im Harn der Vorbereiter über etablierte Laborverfahren (Tab. 6)
5. Stetiger Kontakt und Informationsaustausch zwischen dem Landwirt, dem Futtermittelberater, dem Tierarzt und der Betreuung seitens der Freien Universität Berlin
6. Stetige Dokumentation (HerdeW) der Gesundheitsentwicklung der Kühe seitens des Bestandstierarztes/-ärztin über einen Zeitraum von 8 Wochen nach der Kalbung bezüglich der Häufigkeit ausgewählter Erkrankungen (Gebärparese, Nachgeburtsverhaltung, Endometritis, Labmagen, Mastitis)
7. Monatliche Kontrolle der Herdenentwicklung über eine Sicherungskopie des Programms HerdeW

3.2.1.2 Zweite Stufe der DCAB-Absenkung: Einstellung und Überprüfung der DCAB

1. Phase der Einstellung der DCAB auf Werte zwischen 0-50 meq/kg TS
2. Erneute Analyse der TMR der Vorbereiter zwecks Ermittlung der DCAB
3. Falls nötig erneute Einstellung anhand der vorliegenden Ergebnisse
4. Wöchentliche Kontrolle mittels Harnprobenentnahme (klinisch gesunde Kühe, keine Färsen) und Harnanalysen

5. Bei kontinuierlichen Werten über einen Zeitraum von vier Wochen Umstellung auf die dritte Stufe
6. Stetige Dokumentation (HerdeW) der Gesundheitsentwicklung der Kühe seitens des Bestands-tierarztes/-ärztin über einen Zeitraum von 8 Wochen nach der Kalbung bezüglich der Häufigkeit ausgewählter Erkrankungen
7. Stetiger Kontakt und Informationsaustausch zwischen dem Landwirt, dem Futtermittelberater, dem Tierarzt und der Betreuung seitens der Freien Universität Berlin
8. Übermittlung der HerdeW-Daten

3.2.1.3 Dritte Stufe der DCAB-Absenkung: Kontrollphase

1. Vierwöchige Beprobung der Vorbereiterkühe zur Kontrolle der Harnreaktion auf die moderate DCAB-Einstellung (klinisch gesunde Kühe, keine Färsen)
2. Stetige Dokumentation (HerdeW) der Gesundheitsentwicklung der Kühe seitens des Bestands-tierarztes/-ärztin über einen Zeitraum von 8 Wochen nach der Kalbung bezüglich der Häufigkeit ausgewählter Erkrankungen
3. Bei Änderung der Ration erneute Durchführung der TMR-Analyse
4. Bei negativen Veränderungen bezüglich der Tiergesundheit und Leistung, ebenso bei Rationsänderungen, Unterbrechung des Vier-Wochen-Rhythmus der Harnprobenentnahme und sofortige Harnprobennahme und Analyse
5. Stetiger Kontakt und Informationsaustausch zwischen dem Landwirt, dem Futtermittelberater, dem Tierarzt und der Betreuung seitens der Freien Universität Berlin
6. Monatliche Übermittlung der Herde-Daten

3.3 Querschnittsstudie der Rationsinhalte in den Jahren 2006 bis 2008

3.3.1 Datenerhebung der Jahre 2006 bis 2008

Im Rahmen der Bestandsbetreuung der Klinik für Kleintiere der Freien Universität Berlin wurden in den Jahren 2006 bis 2008 in insgesamt 150 Milchviehherden Untersuchungen zur Herdengesundheit und Fütterung veranlasst. Die Produktionsanlagen sind in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, sowie Sachsen-Anhalt lokalisiert. Bestandsprofile wurden in diesem Zeitraum auf den jeweiligen Betrieben ein- bis dreimal erstellt. Die Betriebe wurden zufällig ausgewählt. Es wurden 47 Betriebe mit Anionenfütterung und 113 Betriebe ohne Anionen untersucht. Die Gesamtzahl der beprobten Tiere beträgt 1570. Es handelt sich um Kühe der Rasse Holstein Frisian. Es wurde eine Totale Mischration (TMR) gefüttert, welche über Mischwagen- bzw. Bandfütterung ausgebracht wurde. Diese erfolgte je nach Betrieb ein- bis achtmal.

3.3.2 Auswahl der beprobten Tiere

Zur Beprobung wurden die Tiere nach Laktationsstadien eingeteilt. Diese umfassten die Kühe der Vorbereitungsgruppe (drei bis null Wochen ante partum). Es wurden ausschließlich klinisch gesunde Kühe und solche, die bereits mindestens einmal gekalbt haben, herangezogen. Pro Gruppe wurden je zehn Tiere ausgewählt.

3.3.3 Probengewinnung

Die Harngewinnung wurde per Katheterentnahmetechnik durchgeführt. Der gewonnene Urin wurde in Transportgefäßen aus Plastik (je 100 ml) aufgefangen. Diese Gefäße wurden mit einer dem jeweiligen Tier zugeordneten Nummer beschriftet. Die Transportgefäße wurden unmittelbar nach der Gewinnung in eine mit Kühlakkus versehene Transportkühltasche gestellt und anschließend umgehend in das Labor der Klinik für Kleintiere der Freien Universität Berlin transportiert.

3.3.4 Analyse der Futtermischung der Vorbereitungskühe

Zur Untersuchung der TMR wurde je ein Kilogramm der frisch auf den Futtertisch aufgetragenen Futtermischung der Vorbereitungskühe entnommen, in eine saubere Plastiktüte

gefüllt und am gleichen Tag per Post als Päckchen an das Blgg. Deutschland GmbH, 19370 Parchim zur Analyse gesendet. Die untersuchten Parameter sind in Tabelle 7 aufgeführt.

3.3.5 Analyse der Rationsinhalte der Jahre 2006 bis 2008

Es wurden die DCAB bestimmenden Mengenelemente Natrium, Kalium, Schwefel und Chlorid und die entsprechenden DCAB-Werte miteinander verglichen. Es sollten mögliche Abweichungen der Rationsinhalte der Fütterung mit und ohne saure Salze über die Jahre 2006 bis 2008 dargestellt werden.

3.3.6 Bundesländer-Vergleich der DCAB und Mengenelemente

Da die Bodenqualität der einzelnen Bundesländer teils stark variiert, sollte hier ein möglicher Zusammenhang zwischen der geographischen Verteilung der Milchviehbetriebe und den Rationskenngrößen untersucht werden. Es wurden insbesondere der Einfluss auf die Mengenelementgehalt und die DCAB berücksichtigt.

3.3.7 Einfluss der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen

Es sollte geprüft werden, inwieweit andere Rationskennwerte einen Einfluss auf die Calciumausscheidung und damit auch auf den Säuren-Basen-Haushalt haben. Diese Faktoren können die Wirkung von Anionen überdecken bzw. verschieben. Hierfür wurden die Konzentrationen der Rationsinhaltsstoffe den Harnparametern pH, NSBA und Calciumausscheidung gegenübergestellt.

3.3.8 Situation der Betriebe mit und ohne Fütterung von Anionen

Zur Identifikation unterschiedlicher Parameter auf die Wirksamkeit der Anionenration sind die Unterschiede zwischen den Betrieben, die saure Salze einsetzen und denen, die ohne diese agieren, zu verifizieren. Es wurden die Rationsinhalte mit und ohne Anionenfütterung, ebenso wie der Säuren-Basen-Status und die Mengenelemente im Harn der Vorbereiter der entsprechenden Gruppen miteinander verglichen.

3.3.9 Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung saurer Salze

Um mögliche Unterschiede beim Einsatz saurer Salze in Bezug auf die Wirkung aufzuzeigen, wurde bei den Betrieben, die Anionen zur Gebärpareseprophylaxe einsetzten, bei der Anamneseerhebung gezielt die Gebärpareseinzidenz erfragt. Hier entsprach eine gute Wirkung der Anionenration einer Gebärpareseinzidenz unter 3% der Kalbungen. Eine ausreichende Wirkung wird mit 3 bis 6% beziffert, und keine Wirkung zeigte sich bei einer Gebärpareseinzidenz > 6%. Labordiagnostisch fand eine Einteilung nach dem pH-Wert und der Calciumausscheidung im Harn statt. Die Betriebe mit Wirkung haben einen pH-Wert < 7,8 und eine Calciumausscheidung > 5,0 mmol/l. Ohne Salzwirkung liegt der pH-Wert über 7,8 und die Calciumausscheidung unter 5,0 mmol/l. Es wurden die Rationsinhalte der Betriebe mit und ohne Salzwirkung verglichen, sowie der Säuren-Basen-Status und die Mengenelemente im Harn der Vorbereiter mit und ohne Wirkung saurer Salze überprüft.

3.4 Untersuchungsmethoden

3.4.1 Aufbereitung der Proben

Die mit BSM II Konservierungstabletten versetzten Proben wurden von Kühlschranktemperatur auf Raumtemperatur aufgewärmt. Die eingefroren gelieferten Proben wurden im Kühlschrank aufgetaut und vor der Untersuchung auf Raumtemperatur erwärmt. Zusätzlich zu der Untersuchung der Einzelproben wurde aus den entsprechenden Proben einer Beprobungsgruppe je eine Poolprobe gebildet und untersucht. Für die Poolprobenbildung wurde zuvor jedes Transportgefäß (a 100 ml) geschwenkt, je 10 ml Harn entnommen und in ein sauberes Probengefäß überführt.

Die im Rahmen der Bestandsbetreuung entnommenen Harnproben wurden unmittelbar nach der Entnahme in einer elektrischen Kühltasche auf 4°C temperiert zum Labor der Klinik für Klautiere transportiert. Aus den je zehn Proben einer Gruppe wurde eine Poolprobe gebildet. Diese Poolprobe wurde eingefroren (-23°C) und für die Untersuchung im Kühlschrank aufgetaut und anschließend auf Raumtemperatur gebracht.

Zur Bestimmung der Mengenelemente wurde vorbereitend jede Poolprobe geschwenkt und 5 ml in ein verschließbares Reagenzröhrchen überführt. Diese wurden bei 3000 U/min für 15 min zentrifugiert. Der Überstand wurde in entsprechend beschriftete Reagenzröhrchen gefüllt und anschließend eingefroren. Vor der Bestimmung der Mengenelemente und

Calciumausscheidung wurden die Reagenzröhrchen im Kühlschrank aufgetaut und danach auf Raumtemperatur erwärmt.

3.4.2 Untersuchte Parameter, Messverfahren

Die Tabellen 5 und 6 stellen die untersuchten Parameter sowie die laboranalytischen Diagnostikverfahren dar. Es werden die Betriebe mit einer moderaten Regulation der DCAB und die in der Bestandsbetreuung ermittelten Werte dargestellt. Ebenfalls werden die untersuchten rationsanalytischen Parameter mit Messgrößen abgebildet (Tab. 7).

Tabelle 5: Untersuchte Harnparameter

Harn (mit und ohne BSM II)	Pool Vorbereiter (Betriebe mit einer moderaten Regulation der DCAB / Querschnittstudie)	Einzelprobe Vorbereiter (Betriebe mit einer moderaten Regulation der DCAB)
pH	√ / √	√
NSBA	√ / √	√
Basen	√ / √	√
Säuren	√ / √	√
BSQ	√ / √	√
NH ₄	√ / √	√
Calcium	√ / √	√
Magnesium	√ / √	√
Natrium	√ / √	√
Kalium	√ / √	√
Chlorid	- / √	-
Phosphor	- / √	-
Creatinin	- / √	-

Tabelle 6: Messverfahren der Harnparameter (mit und ohne Brunopol)

Harnparameter	Messmethode
pH	pH-Meter
NSBA	Titration nach KUTAS (1965)
Calcium	AAS (Atom-Absorptions-Spektrometer)
Magnesium	AAS (Atom-Absorptions-Spektrometer)
Natrium	AAS (Atom-Absorptions-Spektrometer)
Kalium	AAS (Atom-Absorptions-Spektrometer)
Chlorid	Chlorid-Meter

Tabelle 7: Parameter der Rationsanalyse der Vorbereitungskühe

Rationsinhalt	Messgröße
Rohasche (Ra)	g / kg TM
Rohprotein (Rp)	g / kg TM
Rohfaser (Rf)	g / kg TM
Zucker	g / kg TM
Stärke	g / kg TM
ADF	g / kg TM
ADF org.	g / kg TM
Calcium (Ca)	g / kg TM
Phosphor (P)	g / kg TM
Natrium (Na)	g / kg TM
Kalium (K)	g / kg TM
Chlorid (Cl)	g / kg TM
Schwefel (S)	g / kg TM
Metabolisierbare Energie (ME)	MJ / kg TS
Netto-Energie-Laktation (NEL)	MJ / kg TS
DCAB	meq / kg TM

3.4.3 pH-Wert Bestimmung

Jede einzelne Probe wurde vor der Bestimmung der fraktionierten NSBA geschwenkt. Anschließend wurde der pH-Wert mit dem pH-Meter (Microprozessor pH-Meter WTW) bestimmt. Hierfür wurde bei eingeschaltetem und geeichtem Gerät die Messsonde in den Urin getaucht, sodass diese vollständig mit Harn benetzt wurde. Der pH-Wert jeder Probe wurde abgelesen, nachdem dieser einen konstanten Wert anzeigte.

3.4.4 Säuren-Basen-Titration

Zur Bestimmung der fraktionierten NSBA wurde die Titration nach KUTAS (1965) durchgeführt. Jede Probe wurde vor Beginn der Untersuchung geschwenkt. Daraus wurden 10 ml Harn mit einer Ex-Pipette entnommen und in einen Erlenmeyerkolben überführt. Diese Flüssigkeit wurde mit 1 n HCl bis zu dem pH 3,5 titriert und danach auf einem Kochfeld für 30 Sekunden gekocht. Nach Abkühlung der Probenflüssigkeit wurde diese mit 0,1 n NaOH bis zu dem pH-Wert von 7,4 titriert. Die Probe wurde mit 10 ml einer 20 % Formaldehydlösung versetzt und im Anschluss erneut mit 0,1 n NaOH auf den pH-Wert 7,4 titriert. Der Verbrauch der entsprechend titrierten Lösungen HCl (V_{HCl}) und NaOH (V_{NaOH1} , V_{NaOH2}) sowie der gemessene pH-Wert wurden dokumentiert. Mit Hilfe der in Tabelle 8 beschriebenen Formel wurden aus diesen Werten die NSBA, der Basen- und Säuregehalt, der Basen-Säuren-Quotient (BSQ) sowie der NH_4 -Gehalt berechnet.

Tabelle 8: Formeln zur Berechnung des Säuren-Basen-Status

Parameter	Formel
NSBA (mmol/l)	$[V_{\text{HCl}} \times 10) - (V_{\text{NaOH1}} + V_{\text{NaOH2}})] \times 10$
Basen (mmol/l)	$V_{\text{HCl}} \times 100$
Säuren (mmol/l)	$V_{\text{NaOH1}} \times 10$
BSQ	Basen : Säuren
NH_4	$V_{\text{NaOH2}} \times 10$

3.4.5 Atom-Absorptions-Spektrophotometrie

Die Methode der Atom-Absorptions-Spektrophotometrie dient der Bestimmung der Mengenelemente Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium. Die Untersuchung wurde mit Hilfe des Atom-Absorptions-Spektrophotometers (PU 9200 atomic absorption spectrophotometer, Phillips) durchgeführt. Als Atomabsorptionsphotometrie wird die Messung der spezifischen Absorption von Strahlung durch Atome im Gaszustand bezeichnet. Eine Flamme oder eine elektrisch beheizte Graphitrohr-Küvette wird benötigt, um das Lösungsmittel zu verdampfen und die in der Probe enthaltenen Moleküle in Atome zerfallen zu lassen. Zur Ermittlung der Absorption ist die Strahlung derjenigen Wellenlänge, die das betreffende Element im thermisch angeregten Zustand emittiert, im Ansatz erforderlich. Hier dient eine Luft-Acetylen-Flamme als Atomisator, welche das Untersuchungsmaterial verdampft.

3.5 Statistische Methoden

Die Dokumentation der Daten und deren statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 15.0. Die einzelnen methodischen Untersuchungen wurden wie folgt ausgewertet:

1. Untersuchung zur Konservierung von Harnproben

Zum Vergleich der beiden Messmethoden wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt, die graphisch in Scatterplots mit einer Regressionsgeraden dargestellt wurden. Es wurden die Geradengleichungen $y = bx + c$ angegeben. Zur Berechnung der durchschnittlichen Veränderung/Stunde wurde der Quotient aus der Steigung und dem Ausgangswert gebildet und das Ergebnis in Prozent umgerechnet. Ebenfalls wurde die Differenz des jeweils über die Zeit ermittelten Mittelwertes zum Ausgangswert berechnet.

2. Vergleich von Pool- und Mittelwerten bezüglich pH, NSBA und Calcium

Um die Ergebnisse der ermittelten Pool- und Mittelwerte zu vergleichen, wurden diese in einer linearen Regressionsanalyse gegenübergestellt. Für einen genaueren Vergleich beider Messgrößen, wurde der Bland-Altman-Methodenvergleich angewandt. Die graphische Darstellung erfolgte in Scatterplots mit einer Regressionsgeraden bzw. einer optimalen Nulllinie bei Übereinstimmung beider Methoden und dem Durchschnitt der Differenzen der Methoden. Die Beschreibbarkeit der Streuung von Einzelwerten um den Mittelwert wurde

durchgeführt, indem die Variationskoeffizienten als Kenngröße zum Vergleich der Streuungen gebildet und mit Hilfe von Box Plots dargestellt wurden.

3. Beschreibung der Betriebe mit einer moderaten Absenkung der DCAB

Die Ausgangsration der zwei Betriebe wurde vergleichend dargestellt. Die Entwicklung der einzelnen Rationsinhalte der TMR-Analysen wurde miteinander verglichen. Die graphische Darstellung erfolgte im Streudiagramm mit Interpolierungslinie und in Matrizen. Die Kontrollkennwerte zur Überprüfung des Einsatzes saurer Salze wurden in Streudiagrammen über die Zeit dargestellt. Die Erhebungen zur Gesundheitsentwicklung wurden berechnet, indem die Erkrankungen der abgekalbten Kühe eines jeweiligen Monats über acht Wochen dokumentiert wurden. Aus diesen Ergebnissen wurde die Gesamtinzidenz der jeweiligen Erkrankung ermittelt, und davon die Inzidenz derjenigen Tiere, die an mehreren Krankheiten erkrankten, berechnet. Die Ergebnisse sind in Häufigkeitstabellen abgebildet.

4. Querschnittstudie: Analyse der Rationsgehalte der Jahre 2006 bis 2008

Es wurden die Parameter DCAB, Kalium, Natrium, Chlorid, Schwefel und Magnesium innerhalb eines Jahres verglichen. Es wurden die Jahre 2006, 2007 und 2008 untersucht. Da von keiner Normalverteilung der Parameter ausgegangen werden kann, wird zur Überprüfung auf signifikante Unterschiede innerhalb eines Jahres der Kruskal-Wallis H-Test angewendet. Die graphische Darstellung erfolgte in Box- und Whisker-Plots. Die Lage- und Streuungsmaße sind in Matrizen dargestellt.

5. Querschnittstudie: Bundesländer-Vergleich der DCAB und Mengenelemente

Es wurden die Parameter DCAB, Kalium, Natrium, Chlorid, Schwefel und Magnesium innerhalb der Bundesländer Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Thüringen und Niedersachsen verglichen. Es wurden die Rationsanalysen der Vorbereiter vergleichend dargestellt. Innerhalb der einzelnen Bundesländer wurden die signifikanten Unterschiede mit dem Kruskal-Wallis-Test berechnet. Da die Stichprobe nicht ausreichend groß war, wurde auf Post-Hock-Tests zum Vergleich der Bundesländer untereinander verzichtet. Graphisch wurden die Ergebnisse in Box- und Whiskerplots sowie in Matrizen dargestellt.

6. Querschnittstudie: Einfluss der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen

Da es sich nicht um normal verteilte Parameter handelt, wurde die Korrelation zwischen den Rationskennwerten und den Harnparametern pH, NSBA und Calcium nach Spearman geprüft. Die graphische Darstellung der Streudiagramme erfolgte mit Scatter-Plots. Da keine Symmetrie und Linearität vorhanden ist, dient die Regressionsgerade in den Streudiagrammen lediglich zur Anschauung.

7. Querschnittstudie: Situation der Betriebe mit und ohne Fütterung von Anionen

Bei dem Vergleich der Rationskennwerte und dem der Harnparameter wurde der nicht-parametrische Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung auf signifikante Unterschiede angewendet. Die graphische Darstellung erfolgte in Box- und Whisker-Plots. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,01$ und $p < 0,05$ festgelegt. Weiter wurden die statistischen Maßzahlen berechnet und in Matrizen dargestellt.

8. Querschnittstudie: Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung saurer Salze

Zur Prüfung auf signifikante Unterschiede der Rationsinhalte, der Säuren-Basen-Reaktion und Mengenelemente im Harn der Vorbereiter wurde der Mann-Whitney U-Test durchgeführt. Graphisch wurden die Ergebnisse in Box- und Whiskerplots und in Matrizen dargestellt.

4 Ergebnisse

4.1 Methodische Untersuchungen

4.1.1 Untersuchung zur Konservierung von Harnproben

Es sollte die Lagerfähigkeit von Harnproben mit dem Konservierungsmittel BSM II geprüft werden. Die gepoolten Harnproben wurden in eine bei Raumtemperatur gelagerte und in eine bei Kühlschranktemperatur gelagerte Fraktion aufgeteilt. Es erfolgte zu Beginn eine Untersuchung der Nullprobe (Zeitpunkt null). Alle Parameter wurden nach einem Lagerungszeitraum von 12, 24, 36, 48 und 72 Stunden bestimmt. Die Abbildungen 2 bis 8 zeigen die Veränderungen der Werte über die Zeit.

Die Entwicklung des pH-Wertes weist über die Zeit in gekühltem Zustand nur eine geringe Abweichung zum Ausgangswert auf. Die ungekühlte Fraktion sinkt im pH-Wert geringfügig (Abb. 2).

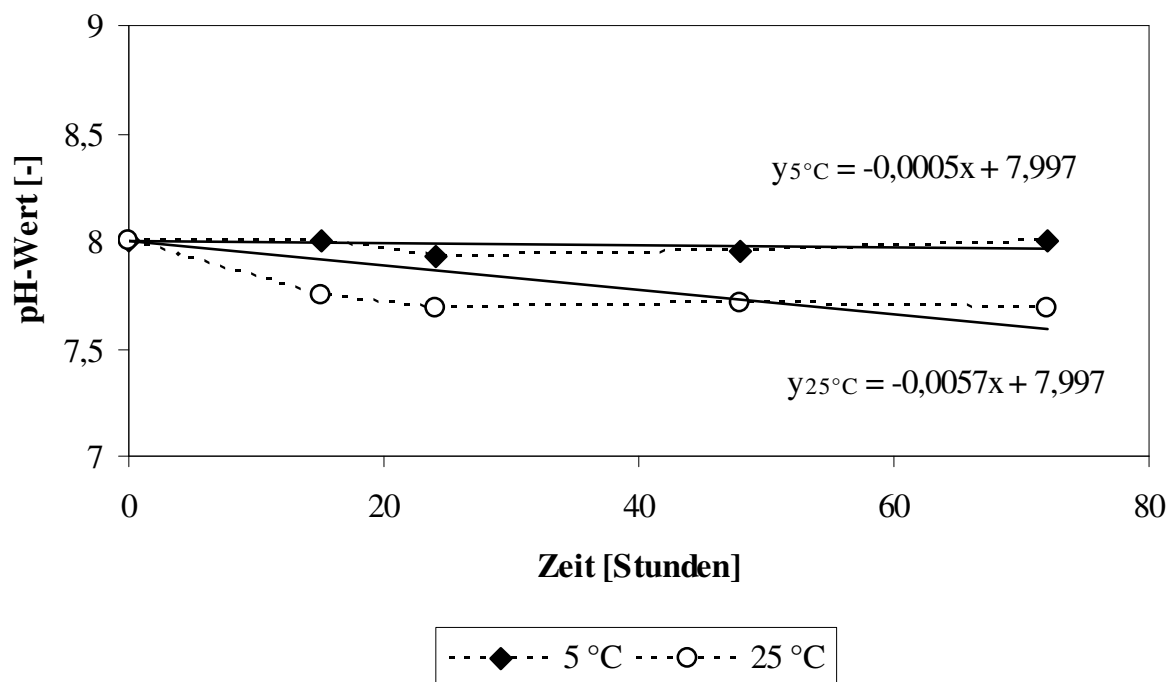


Abbildung 2: Entwicklung des pH bei Raum- und Kühlschranktemperatur über die Zeit (0-72 Std.)

Die Entwicklung der NSBA bleibt sowohl im gekühlten, als auch im ungekühlten Zustand über die Zeit fast gleich (Abb. 3). Die Werte sinken bei beiden leicht ab. Nach 72 Stunden Lagerung haben beide Fraktionen den gleichen Messwert.

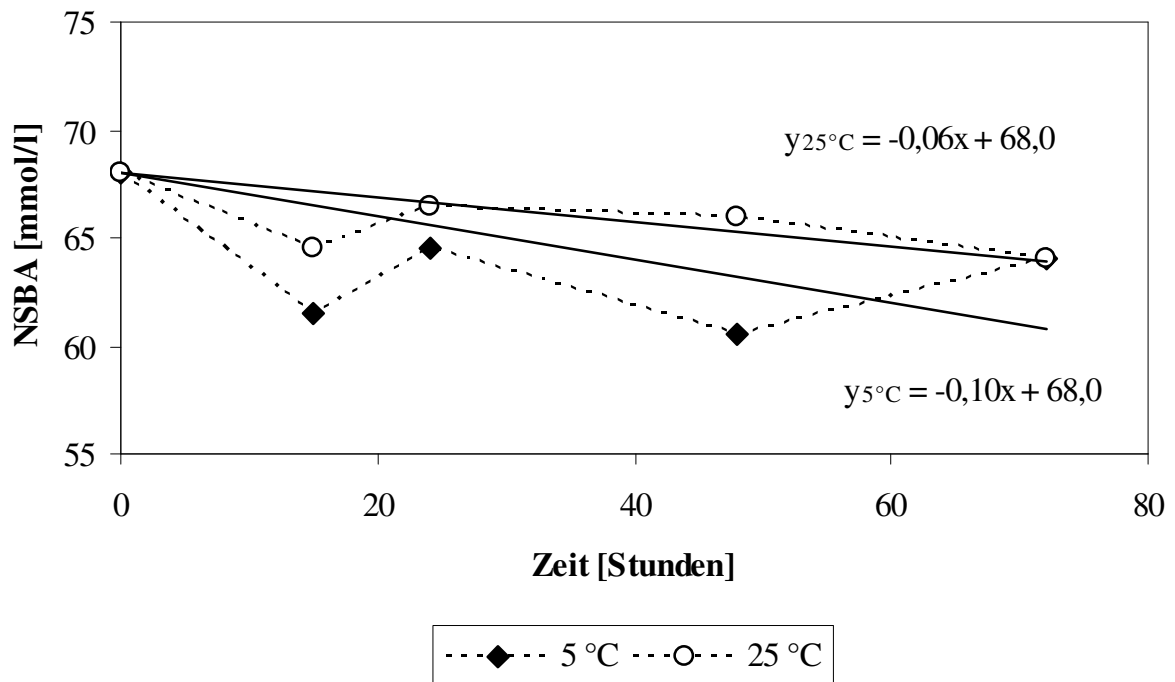


Abbildung 3: Entwicklung der NSBA bei Raum- und Kühlschranktemperatur über die Zeit (0-72Std.)

Die Veränderung des NH_4^+ ist gering. Die größte Abweichung ist nach 48 Stunden zu erkennen. Hier steigt der Wert der kühlschranktemperierten Fraktion von 8 auf 12 an. Nach 72 Stunden findet bei beiden Gruppen eine Angleichung auf den Ausgangswert statt (Abb.4).

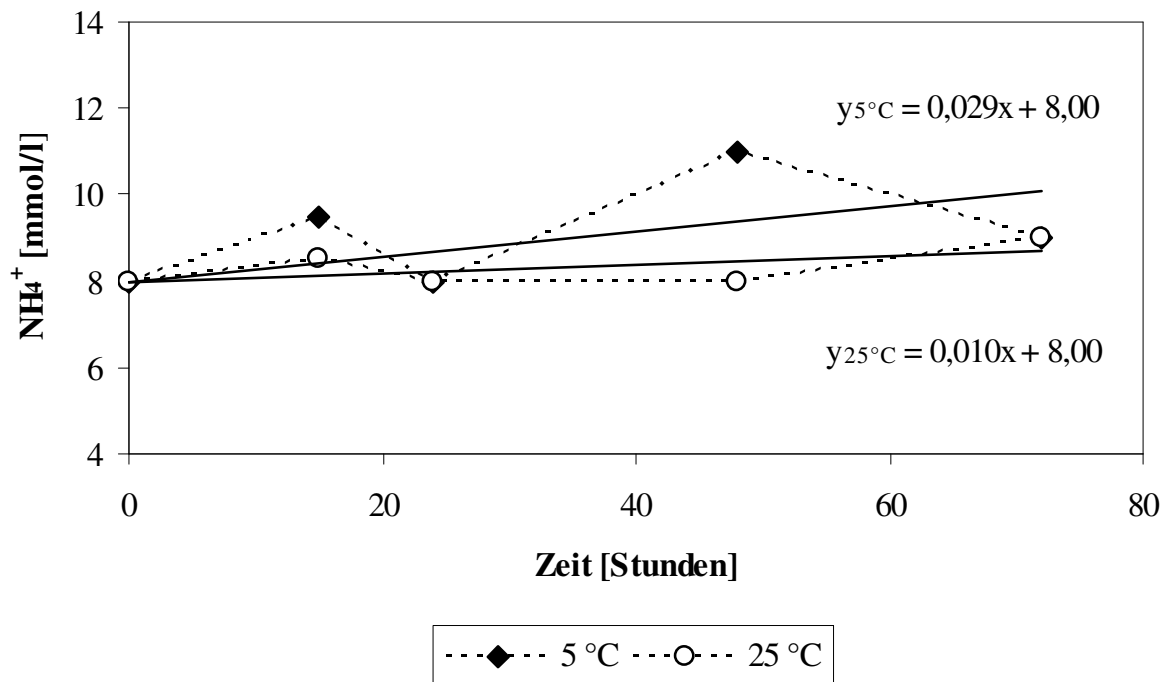


Abbildung 4: Entwicklung von NH_4 bei Raum- und Kühlschrankschranktemperatur über die Zeit (0-72Std.)

Die Calciumkonzentration verändert sich über die Zeit bei beiden Temperaturvergleichen minimal (Abb. 5). Die gekühlten Proben haben einen geringen Konzentrationsanstieg, die ungekühlten sinken in ihrem Gehalt leicht.

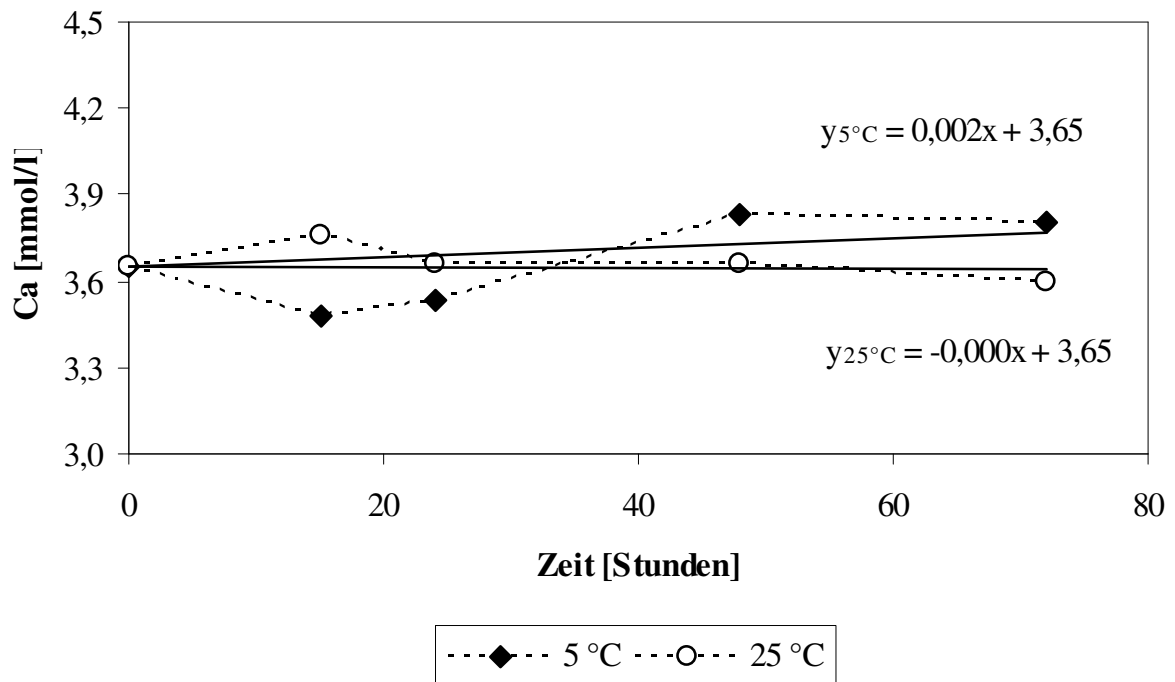


Abbildung 5: Entwicklung von Ca bei Raum- und Kühlschranktemperatur über die Zeit (0-72Std.)

Magnesium weist über die Zeit eine deutliche Veränderung zum Ausgangswert auf. Die gekühlte Probenfraktion steigt in ihrer Konzentration an, die ungekühlte sinkt in der Konzentration über die Zeit ab (Abb. 6).

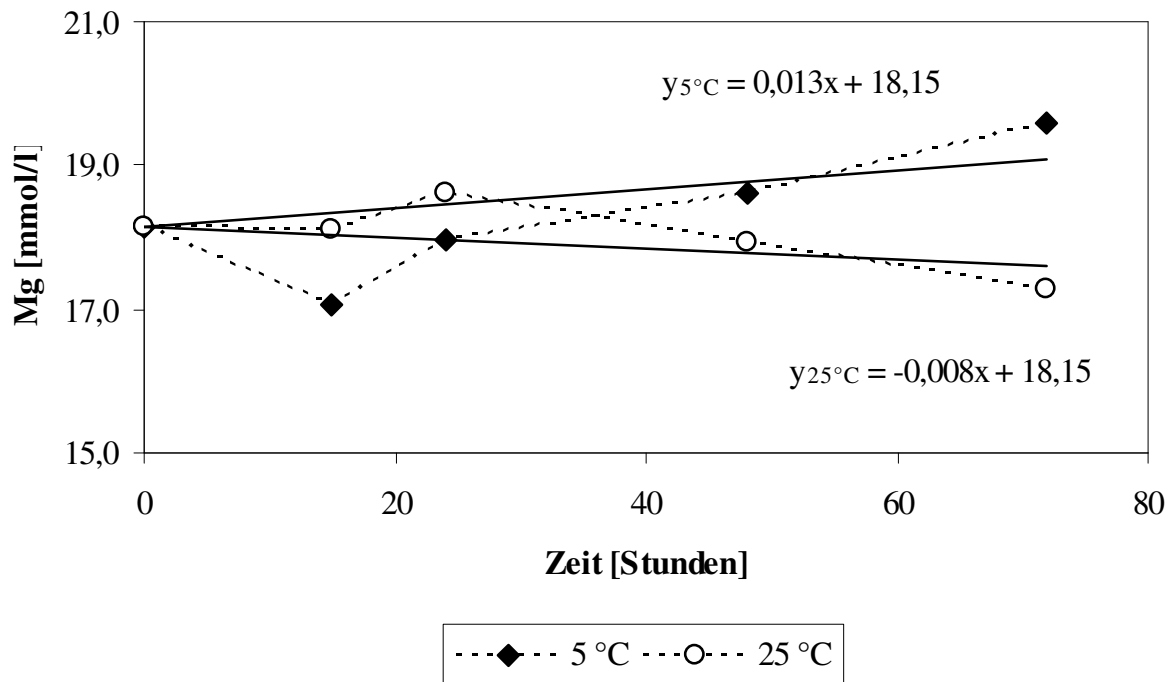


Abbildung 6: Entwicklung von Mg bei Raum- und Kühlschranktemperatur über die Zeit (0-72Std.)

Die Natriumkonzentration verändert sich über die Zeit sowohl bei gekühltem, als auch bei raumtemperiertem Urin deutlich (Abb.7). Beide Fraktionen zeigen die größte Abweichung nach 48 Stunden. Die Werte steigen stark an und sinken danach geringfügig.

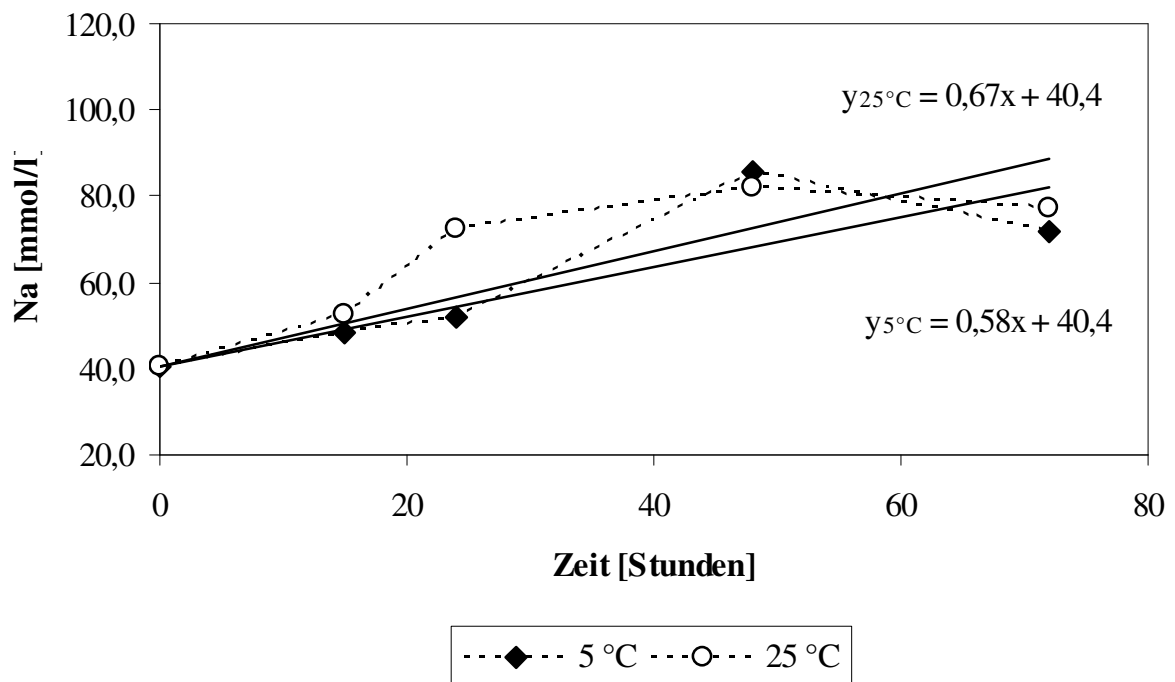


Abbildung 7: Entwicklung von Na bei Raum- und Kühlschranktemperatur über die Zeit (0-72Std.)

Die Veränderung der Kaliumwerte über die Zeit ist bei beiden Temperaturvergleichen erheblich. Die Werte steigen beide an und erreichen ihr Maximum nach 48 Stunden Lagerung.

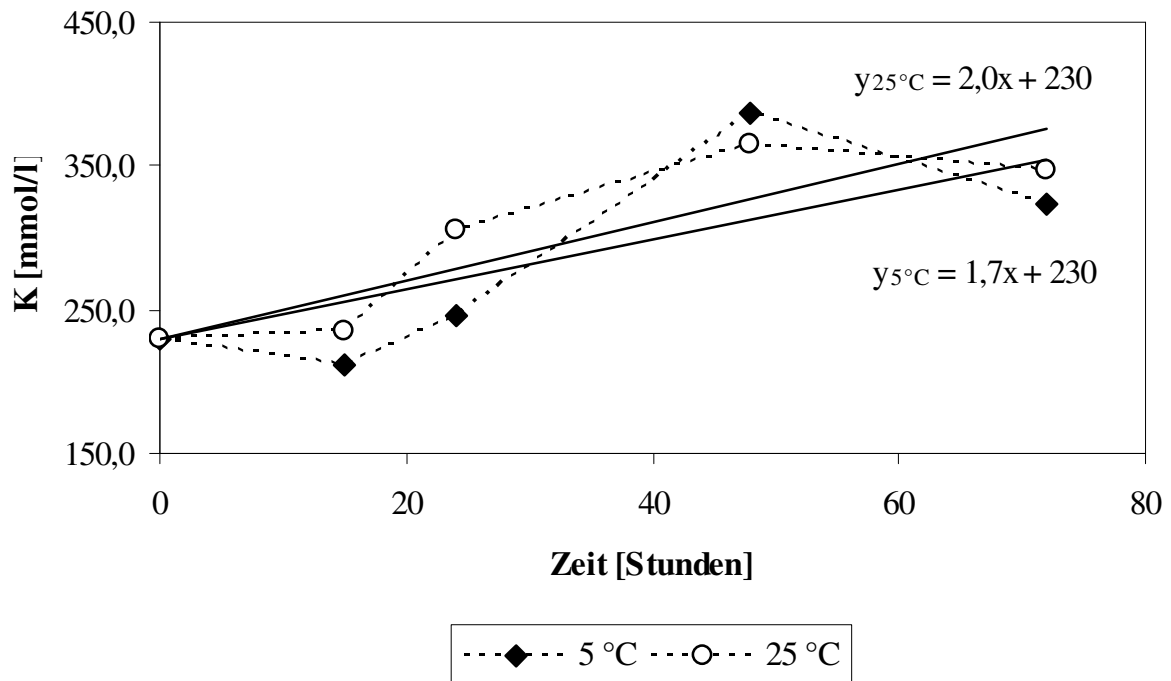


Abbildung 8: Entwicklung von K^+ bei Raum- und Kühlschranktemperatur über die Zeit (0-72Std.)

Die Veränderungen der Parameter über die Zeit wurden mithilfe der Gleichung $y = bx + c$ berechnet. Es wurde zur Berechnung der durchschnittlichen Veränderung/Stunde der Quotient aus der Steigung und dem Ausgangswert gebildet und das Ergebnis in Prozent umgerechnet (Tab. 9).

Tabelle 9: Durchschnittliche Veränderung der Parameter pro Stunde und nach 72 Stunden (in %)

	5 °C [%/h]	25 °C [%/h]	5 °C [%/72h]	25 °C [%/72h]
pH	-0,006	-0,13	-0,45	-9,0
NSBA	-0,15	-0,88	-10,6	-6,35
NH₄⁺	0,36	0,13	26,1	9,0
Ca	0,05	0,0	3,9	0,0
Mg	0,07	-0,04	5,2	-3,17
Na	1,44	1,66	103,6	119,4
K	0,74	0,87	53,2	62,6

Um die genaue Abweichung über die Zeit darzustellen, wurde die absolute Differenz des jeweiligen Parameters über die Zeit in das Verhältnis zum Ausgangswert (Nullprobe) gesetzt. Hierfür wurde der entsprechende Mittelwert vom Ausgangswert abgezogen (Tab. 10-13). Beim Vergleich des pH-Wertes ist die absolute Differenz minimal. Sie beträgt bei 5°C und 72 Stunden -0,004, sowie bei 25°C und 72 Stunden 0,311. Es wird hier deutlich, dass die im Kühlschrank gelagerten Proben eine größere Messgenauigkeit aufweisen (Tab.10). Für die NSBA liegt die absolute Differenz über den Zeitraum von 72 Stunden bei beiden Temperaturen jeweils bei 4,0 (Tab.10).

Tabelle 10: Absolute Differenz des Mittelwertes über die Zeit zum Ausgangswert (Stunde 0)

Zeit [h]	pH 5 °C	pH 25 °C	NSBA 5 °C	NSBA 25 °C
0				
15	0,000	0,245	6,5	3,5
24	0,072	0,307	3,5	1,5
48	0,051	0,287	7,5	2,0
72	-0,004	0,311	4,0	4,0

Die absolute Differenz für NH_4^+ zum Ausgangswert ist bei beiden Temperaturen mit -1,0 minimal. Das gleiche gilt für Calcium nach 72 Stunden mit Werten von -0,15 bei 5°C und 0,05 bei 25°C (Tab.11). Alleine nach 48 Stunden weicht die kühltschranktemperierte Fraktion mit -4,0 vom Ausgangswert geringfügig mehr ab.

Tabelle 11: Absolute Differenz des Mittelwertes über die Zeit zum Ausgangswert (Stunde 0) für NH_4^+ , Ca

Zeit [h]	NH_4^+ 5 °C	NH_4^+ 25 °C	Ca 5 °C	Ca 25 °C
0				
15	-1,5	-0,5	0,17	-0,11
24	0,0	0,0	0,12	-0,01
48	-4,0	0,0	-0,18	-0,01
72	-1,0	-1,0	-0,15	0,05

Betrachtet man den Vergleich der Mittelwerte zum Ausgangswert für Magnesium, ist eine geringgradig höhere Abweichung bei Kühlschranktemperatur im Vergleich zur Raumtemperatur über die Zeit erkennbar (Tab. 12). Die Differenz zum Ausgangswert beträgt für Natrium im Maximum nach 48 Stunden -43,05 bei 5°C und -41,61 bei 25°C. Nach 72 Stunden ist die Differenz minimal kleiner. Bei Kühlschranktemperatur beträgt sie -31,51 und bei Raumtemperatur -36,7 (Tab.12).

Tabelle 12: Absolute Differenz des Mittelwertes über die Zeit zum Ausgangswert (Stunde 0) für Mg, Na

Zeit [h]	Mg 5 °C	Mg 25 °C	Na 5 °C	Na 25 °C
0				
15	1,1	0,03	-7,94	-11,88
24	0,17	-0,47	-11,52	-32,06
48	-0,46	0,22	-43,05	-41,61
72	-1,45	0,89	-31,51	-36,7

Für das Mengenelement Kalium wird eine starke Abweichung der Mittelwerte zum Ausgangswert über die Zeit deutlich. Hier ist die maximale Differenz ebenfalls nach 48 Stunden erreicht. Sie liegt bei Kühlschranktemperatur bei -157,39 und bei Raumtemperatur bei -135,65. Auch hier findet nach 72 Stunden eine minimal Annäherung der Differenz zum Ausgangswert statt. Sie liegt bei 5°C bei -93,74, bei 25°C bei -117,18 (Tab.13).

Tabelle 13: Absolute Differenz des Mittelwertes über die Zeit zum Ausgangswert (Stunde 0) für K

Zeit [h]	K 5 °C	K 25 °C
0		
15	17,78	-5,68
24	-15,96	-76,24
48	-157,39	-135,65
72	-93,74	-117,18

4.1.2 Vergleich von Pool- und Mittelwerten bezüglich pH, NSBA und Calcium

4.1.2.1 Methodenvergleich nach Bland-Altman für pH, NSBA und Calcium im Harn

Es wurde die Abweichung der Ergebnisse von dem gemessenen Poolwert und vom jeweiligen errechneten Mittelwert aus den entsprechenden Einzelproben einer Gruppe für die Parameter pH, NSBA und Calcium überprüft. Hierfür wurde der Methodenvergleich nach Bland-Altman angewendet. Bei diesem Methodenvergleich werden die Mittelwerte aus den gemessenen Konzentrationen zweier Messgrößen (x-Achse) den Konzentrationsdifferenzen beider Methoden (y-Achse) gegenüber gestellt. In den Abbildungen 9 bis 11 wird der Methodenvergleich für die Werte von pH, NSBA und Calcium dargestellt. Die lang gestrichelte Linie ist die optimale Nulllinie bei Übereinstimmung beider Methoden. Die dicke durchgezogene Linie darunter zeigt den Durchschnitt der Differenzen der Methoden an, sodass der Zwischenraum die Abweichung der Methoden voneinander zeigt. Der Wert für D ist das Maß hierfür und die entscheidende Größe zur Beurteilung der Unterschiede zwischen zwei Messmethoden. Die dünne horizontale Linie gibt 95%-Toleranzgrenzen für die Differenzen an. Die dünne gestrichelte Linie zeigt die Regression "Differenz auf Durchschnitt" und die gekrümmte dünne Linie die Konfidenzgrenzen der Regressionsgeraden an. Die Regressionskoeffizienten b geben an, ob eventuell ein Trend vorhanden ist und sich D - also die Differenz der Methoden- in Abhängigkeit von der Konzentration verändert. Der Signifikanzwert p soll $p > 0,10$ sein und zeigen, dass sich die Messmethoden nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die beschriebenen statistischen Kenngrößen sind in Tabelle 10 abgebildet.

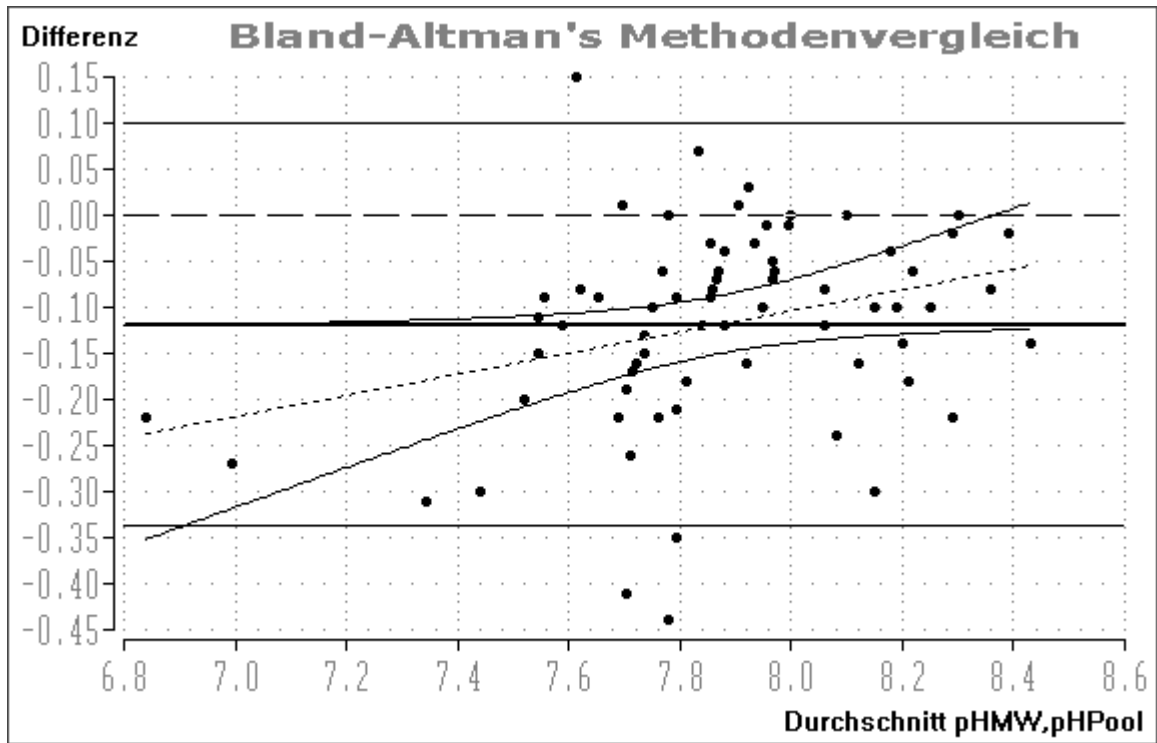


Abbildung 9: Vergleich der Differenzen und der Mittelwerte von pH-Pool- und pH-Mittelwerten

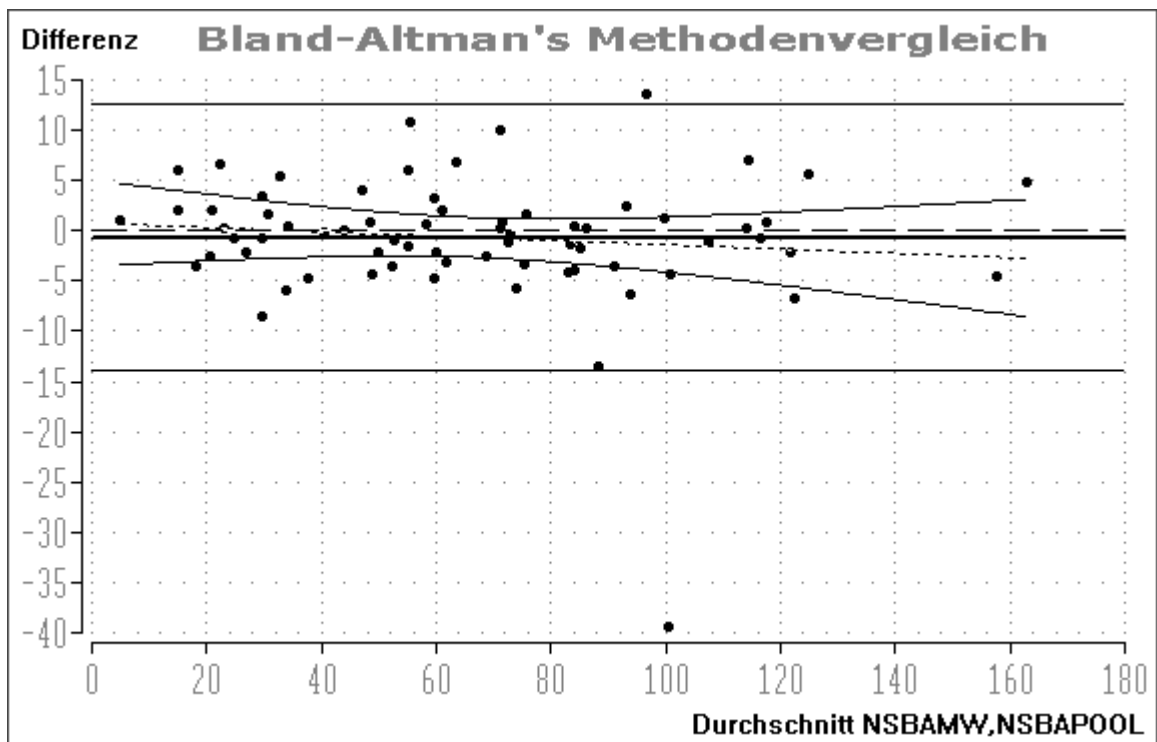


Abbildung 10: Vergleich der Differenzen und der Mittelwerte von NSBA-Pool- und NSBA-Mittelwert

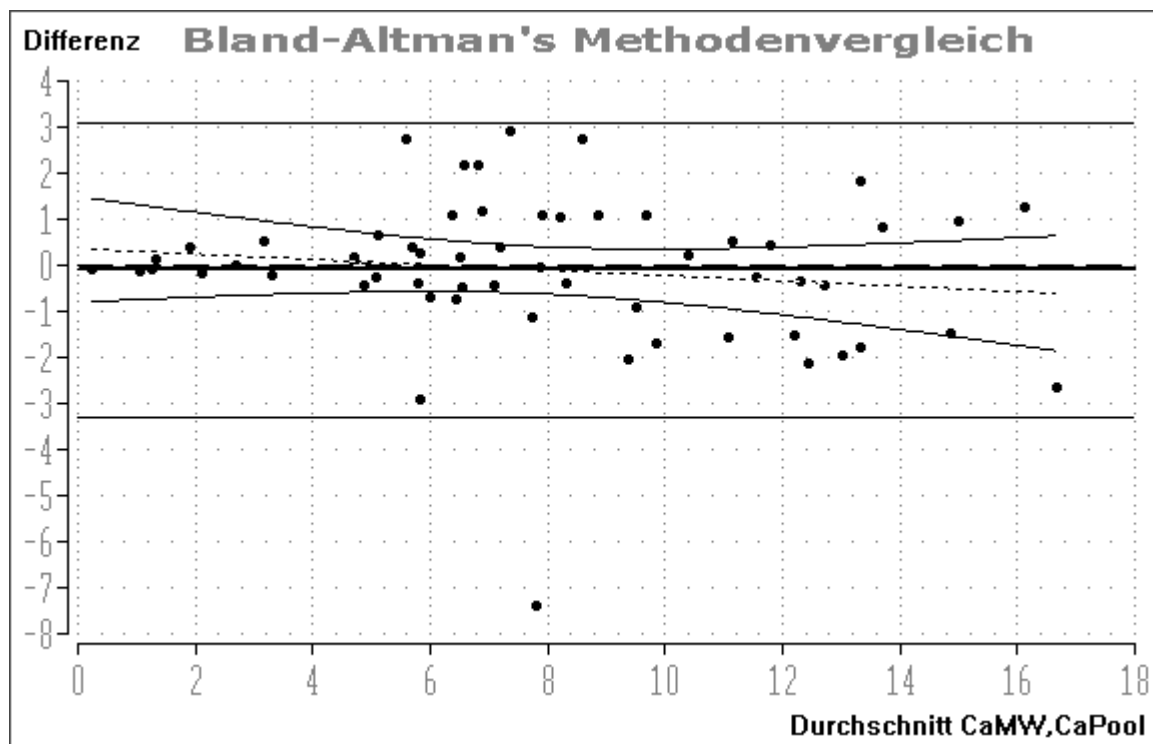


Abbildung 11: Vergleich der Differenzen und der Mittelwerte von Calcium-Pool- und Calcium-Mittelwert

Tabelle 14: Statistische Kenngrößen des Bland-Altman-Methodenvergleiches (n=70)

	D	s	p	b	r
pH	-0,1190	0,1089	0,010819	0,1137	0,3050
NSBA	-0,6638	6,5769	0,354399	-0,0213	-0,1132
Calcium	-0,1075	1,5842	0,273119	-0,0570	-0,1438

4.1.2.2 Beschreibung der Streuung von Einzelwerten um den Mittelwert

Zur Beantwortung der Frage, wie groß die Streuung der Einzelwerte innerhalb der Gruppe um den Mittelwert ist, setzt man zunächst die Streuung der Gruppe in das Verhältnis zum Mittelwert. Man erhält den Variationskoeffizienten als Kenngröße zum Vergleich der Streuungen. Es werden zur Darstellung der Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert die errechneten Variationskoeffizienten mit Hilfe der Boxplot- und Whiskersdarstellung für die Werte von pH, NSBA und Ca aufgetragen.

In der Boxplot-Darstellung werden die 70 Variationskoeffizienten der Größe nach in Quintile aufgeteilt, sodass sich pro Box-Plot ein Probenumfang von $n = 14$ ergibt. Die Streuung der Variationskoeffizienten ist für pH, NSBA und Ca sehr gering (Abb.12, 13). Im fünften Quintil ist bei der NSBA eine Streuung der Proben erkennbar. Die Ergebnisse für Ca bleiben auch im fünften Quintil mit x_{\max} unter 1.

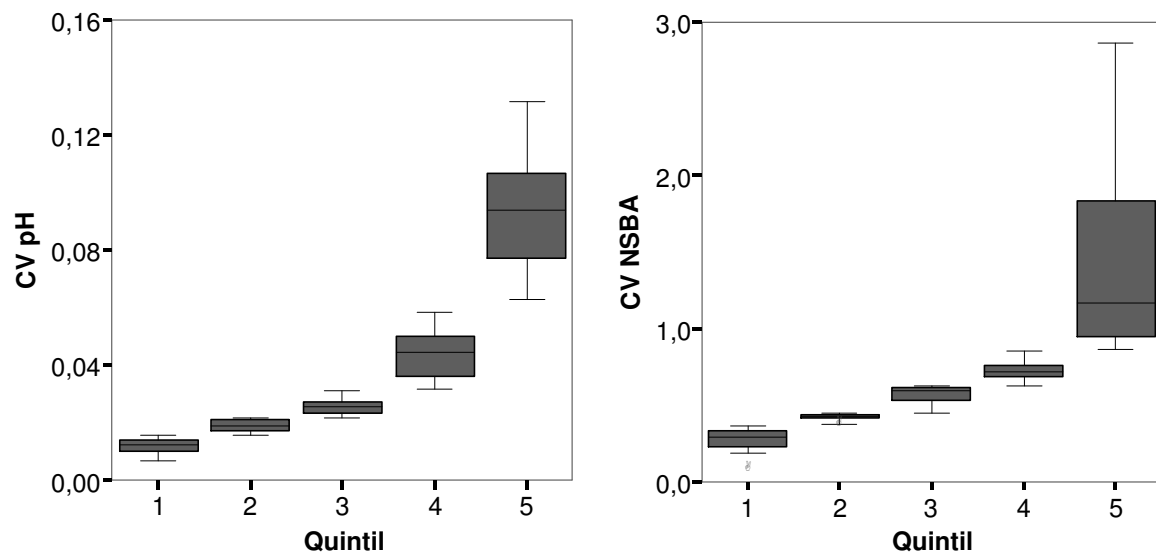


Abbildung 12: Boxplotdarstellung der Variationskoeffizienten von pH (a) und NSBA (b), n = 70

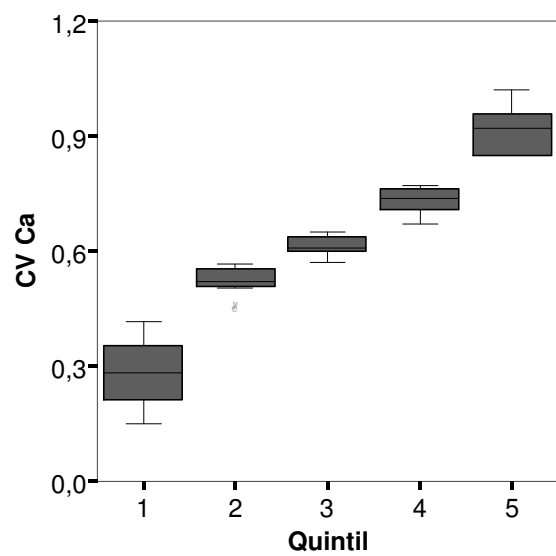


Abbildung 13: Boxplotdarstellung der Variationskoeffizienten von Calcium, n = 70

4.2 Beschreibung der Betriebe mit einer moderaten Absenkung der DCAB

Es wurden zwei Milchviehbetriebe bei einem moderaten Einsatz saurer Salze über ein Jahr laboranalytisch begleitet. Die Rationsgestaltung und Einstellung der Salzmenge erfolgte in Zusammenarbeit der Betriebe mit dem Futtermittelberater und dem Betriebstierarzt. Zu Beginn wurde die Ausgangssituation ermittelt, indem die TMR der Vorbereitungsgruppe und Harnproben analysiert wurden.

Betrieb A setzte zu Beginn der Studie saure Salze im klassischen Sinn ein. Die Verabreichung erfolgt per TMR-Mischfutterwagen. Die Ausgangswerte im Harn wurden im wöchentlichen Abstand an zwei aufeinander folgenden Terminen ermittelt. Die DCAB der Ausgangsuntersuchung betrug, bei 400g/kg TS des eingesetzten sauren Salzes Transi@fit pur, -79 meq/kg TS. Hierbei handelt es sich um mikronisiertes Calciumsulfat. Um eine DCAB im Bereich von 0-50 meq/kg TS zu erreichen, wurde die Menge zuerst auf 200g/kg TS halbiert. Da die angestrebten DCAB-Werte nicht erreicht wurden, wurde die Salzmenge im Mai 2007 auf 300g/kg TS und im Juli auf 350 g/kg TS angepasst. Die eingesetzte Menge wurde im September auf 330g/kg TS herabgesetzt und bis zum Ende der Kontrollphase beibehalten. Die Kontrollwerte wurden monatlich ermittelt und der Untersuchungszeitraum dauerte von April 2007 bis Mai 2008.

Betrieb B setzte zu Beginn keine sauren Salze ein. Die Fütterung erfolgte per Band und die Einmischung des sauren Salzes geschah über einen Einspritzdosierer. Die Ausgangswerte ohne Salze wurden bei Betrieb B von Mai bis Juni ermittelt. Die Kontrollwerte wurden im 14-tägigen Rhythmus analysiert. Die DCAB ohne saure Salze betrug 325 meq/kg TS. Die Umstellung auf die „Blattin DCAB-Mischung“, mit der Zusammensetzung 40,0% Magnesiumsulfat, 20% Calciumchlorid, 16% Calciumsulfat und 10% Weizengrieskleie, erfolgte im Juli 2007. Vom Ausgangswert der DCAB wurde die eingesetzte Menge von 200g berechnet, um eine DCAB von 50 meq/kg TS zu erzielen. Der Betrieb erhöhte die Salzmenge im August 2007 auf 280g und im Februar 2008 auf 380g. Diese Menge wurde bis zum Ende der Kontrollphase im Mai 2008 beibehalten. Die Tabelle 11 zeigt die Rationsinhalte der Vorbereiterration der zwei beschriebenen Betriebe (A, B) vor der Umstellung auf eine moderate Salzgabe, sowie die erste Analyse nach der Umstellung auf eine moderate DCAB-Absenkung (II) und die Abschluss-TMR-Analyse (III). Die Entwicklung der Parameter pH, NSBA, Calcium im Harn wurde über die Zeit aufgetragen (Abb. 14 - 19). Die Einzelwerte der

Calciumausscheidung wurden bei Betrieb A ab Juni und bei Betrieb B ab Juli gemessen. Die Betriebe wurden hierbei getrennt betrachtet. Der Verlauf der ausgewählten Erkrankungen ist nach Betrieben getrennt in den Tabellen 14 bis 16 dargestellt. Hier wurden die Erkrankungsinzidenzen der Tiere ermittelt, die im jeweiligen Monat gekalbt haben. Der Erkrankungszeitraum erfasst 0 bis 8 Wochen ante partum. Es wurden folgende Erkrankungen berücksichtigt: Festlieger, Labmagenverlagerung, Nachgeburtsverhaltung, Endometritis, Mastitis.

Die Entwicklung der DCAB weist bei beiden Betrieben Schwankungen auf. Die in den Tabellen 15 und 16 dargestellten Rationsinhalte verdeutlichen diese. Die DCAB liegt für Betrieb A im Median mit 35,0 im Referenzbereich, die Standardabweichung beträgt hier 77,69. Der Median bei Betrieb A beträgt für die DCAB 35, für Kalium 15,36, Natrium 2,31, Chlorid 9,1, für Schwefel 3,3 und für Calcium 11,76. Die Mediane bei Betrieb B weisen für die DCAB 14 meq/kg TS, für Na 3,4g/kg, K 18,2 g/kg; S 5,78 g/kg; Cl 8,31g/kg; und für Ca 8,7 g/kg auf.

Die Streuung ist bei Betrieb A deutlich erkennbar. In den letzten vier Wochen der Untersuchung wurde die TMR wöchentlich analysiert. Hier schwankten die Werte von 12 meq/kg TS bis 73 meq/kg TS. Die erste TMR-Untersuchung bei Betrieb B erfolgte im Juni vor der Umstellung auf saure Salze.

Die Ergebnisse (Betrieb A) für die Parameter pH, NSBA und Ca-Ausscheidung sind in Abbildungen 15 bis 17 dargestellt. Die Tendenz der pH-Wert-Verteilung bewegt sich im Referenzbereich. Einige Werte liegen oberhalb bzw. mit gesteigerter Salzmenge unterhalb des Normalbereiches.

Die Harnreaktionen für Betrieb B sind in den Abbildungen 18 bis 20 dargestellt. Die pH-Entwicklung liegt vor dem Einsatz saurer Salze fast vollständig oberhalb des Referenzbereiches. Der Median für den pH-Wert und die NSBA, mit Ausnahme des ersten Wertes, fällt mit steigender Salzmenge: Dieser beträgt bei 0g/kg TS sauren Salzen für den pH 8,07 und die NSBA 103,0. Die Calciumausscheidung steigt im Median mit steigender Salzmenge.

Ab der Umstellung auf saure Salze ab Juli 2007 ist eine abfallende Tendenz in Richtung Referenzwert (pH 7,3-7,8) erkennbar. Die Mehrzahl der beprobten Tiere liegt in der pH-Einzelwertmessung oberhalb des Normalbereiches.

Bei dem Einsatz von 200g sauren Salzen beträgt der Median für den pH 8,2, für die NSBA 114 und die Calciumausscheidung 1,05. Werden 280g saure Salze eingesetzt liegt der Median für den pH-Wert bei 8,0, die NSBA bei 47 und für die Calciumausscheidung bei 3,9. Durch

Zugabe von 380g sauren Salzen errechnet sich ein Median von pH 7,9, NSBA 45 und Ca 8,93.

Tabelle 15: Darstellung der Rationsinhalte vor und nach der Umstellung auf eine moderate Salzgabe (Betriebe A, B)

Ration	Betrieb A			Betrieb B		
	I	II	III	I	II	III
Ra (g/kg TS)	93	71	81	88	97	91
Rp (g/kg TS)	149	142	156	143	159	173
Rf (g/kg TS)	183	205	162	229	203	181
Stärke	177,2	31,7	53,5	51,0	59,0	42,0
Zucker	59,1	173,3	233,3	81,0	104,0	70,0
ADF (g/kg TS)	213	242	200	-	-	143
Calcium (g/kg TS)	14,95	8,2	12,9	5,0	8,7	9,0
Phosphor (g/kg TS)	4,29	3,3	4,1	4,0	4,2	5,4
Magnesium (g/kg TS)	3,18	2,73	3,2	2,5	5,4	4,8
Natrium (g/kg TS)	3,69	1,2	2,5	2,7	3,3	4,0
Kalium (g/kg TS)	15,16	17,8	12,8	23,1	18,2	15,2
Chlorid (g/kg TS)	12,02	8,16	7,3	8,13	9,7	-
Schwefel (g/kg TS)	4,62	1,8	3,6	2,14	6,7	-
NEL	6,8	6,6	3,5	6,1	6,7	7,1
ME	11,3	10,6	5,7	10,2	10,9	11,5
DCAB (meq/kg TS)	-79	+168	+12	+352	-80	-
Salzmenge (g/kg)	440	200	330	-	280	380

Tabelle 16: Darstellung der Rationsinhalte der analysierten Rationen (Betrieb A)

	DCAB (meq/kg TS)	K (g/kg TS)	Na (g/kg TS)	Cl (g/kg TS)	S (g/kg TS)	Mg (g/kg TS)	Ca (g/kg TS)
n	11	11	11	11	11	11	11
x_{ar}	25,73	15,13	2,25	8,62	3,46	2,82	11,41
s	77,69	2,16	0,86	2,00	1,01	0,3	1,97
x_{0,25}	-59,00	13,69	1,95	7,23	2,60	2,64	10,44
x_{0,5}	35,00	15,36	2,31	9,1	3,30	2,73	11,76
x_{0,75}	73,00	16,65	2,60	9,81	4,62	3,18	12,56
x_{min}	-82,00	10,56	0,52	4,82	1,80	2,33	8,21
x_{max}	168,00	17,88	3,69	12,02	4,90	3,30	14,95

Tabelle 17: Darstellung der Rationsinhalte der analysierten Rationen (Betrieb B)

	DCAB (meq/kg TS)	K (g/kg TS)	Na (g/kg TS)	Cl (g/kg TS)	S (g/kg TS)	Mg (g/kg TS)	Ca (g/kg TS)
n	5	5	5	5	5	5	5
x_{ar}	75,0	18,26	3,46	8,55	5,11	4,6	7,74
s	191,58	3,02	0,52	0,8	2,03	1,19	1,66
x_{0,25}	-64,25	15,75	3,0	7,95	3,03	3,65	6,15
x_{0,5}	14,0	18,2	3,4	8,31	5,78	5,0	8,70
x_{0,75}	275,25	20,8	3,95	9,4	6,51	5,35	8,85
x_{min}	-80	15,2	2,7	7,9	2,14	2,5	5,0
x_{max}	352	23,1	4,0	9,7	6,74	5,4	9,0

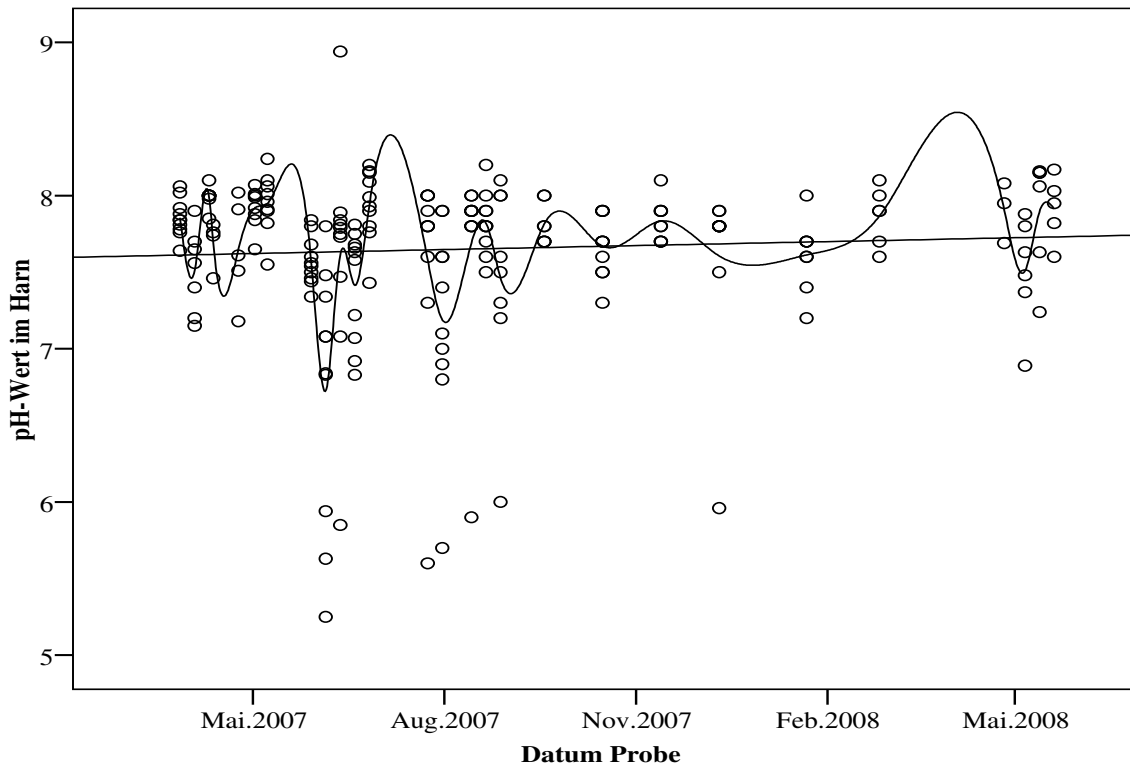


Abbildung 14: Entwicklung des Harn-pH über die Zeit (Betrieb A)

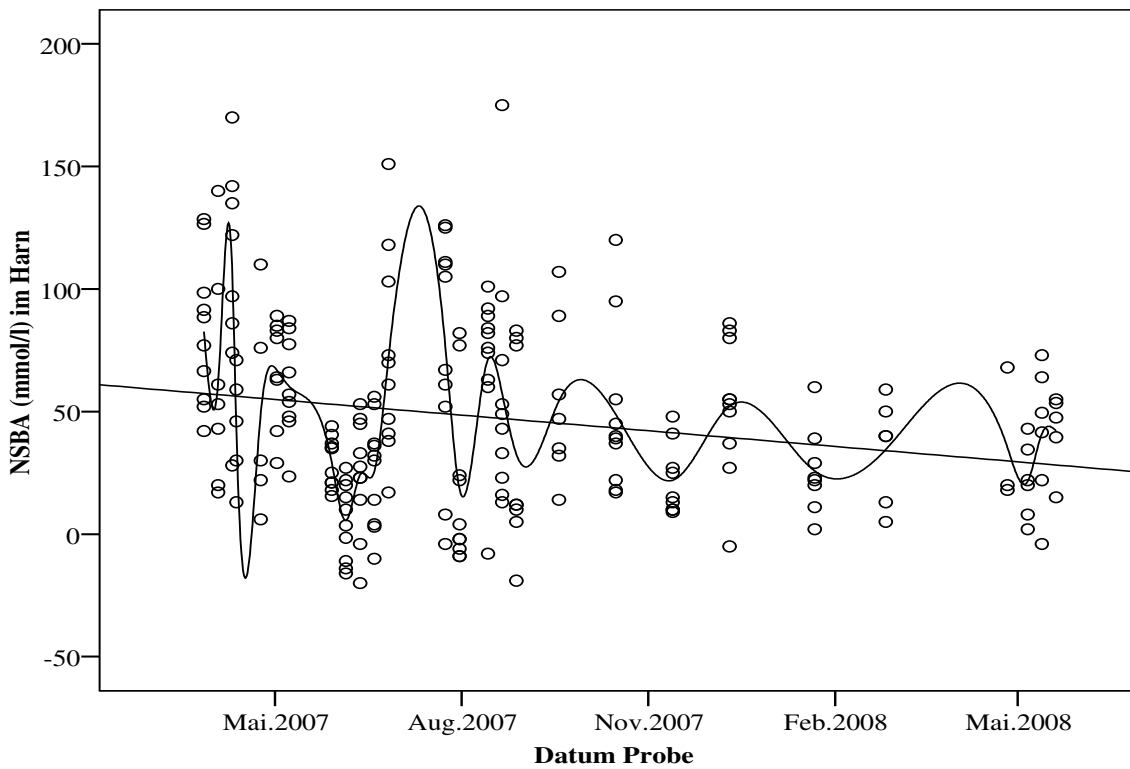


Abbildung 15: Entwicklung der NSBA über die Zeit (Betrieb A)

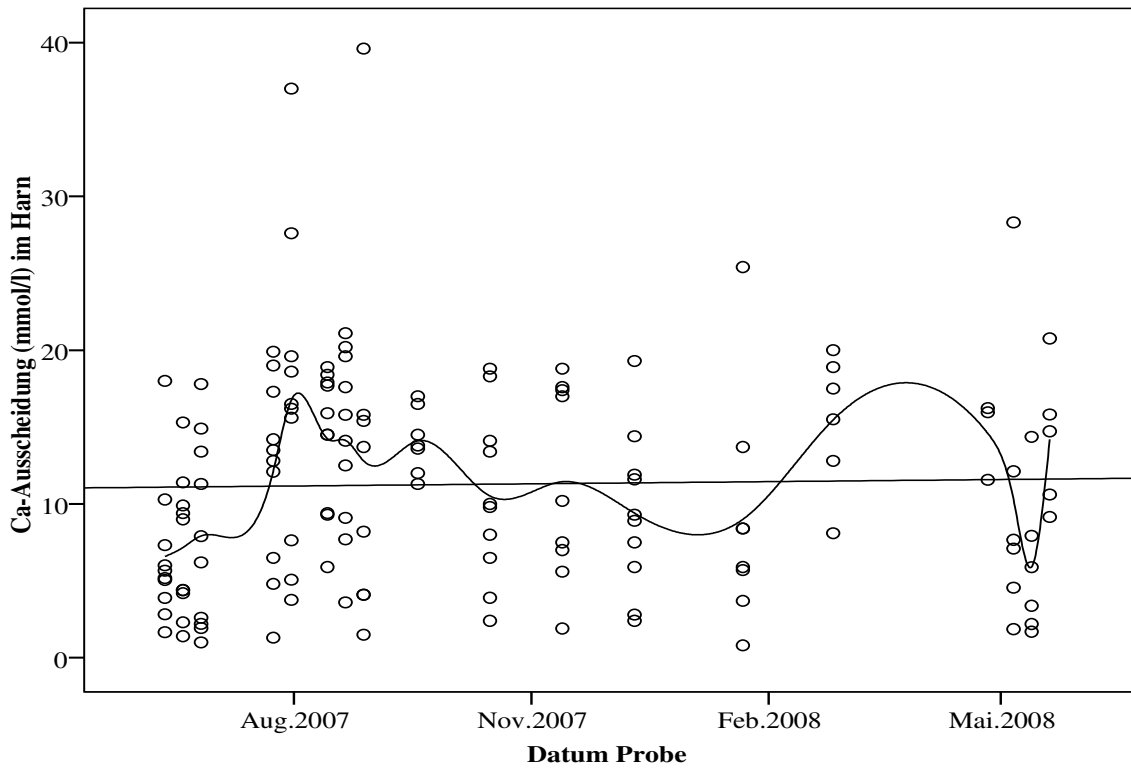


Abbildung 16: Entwicklung der Calciumausscheidung im Harn über die Zeit (Betrieb A)

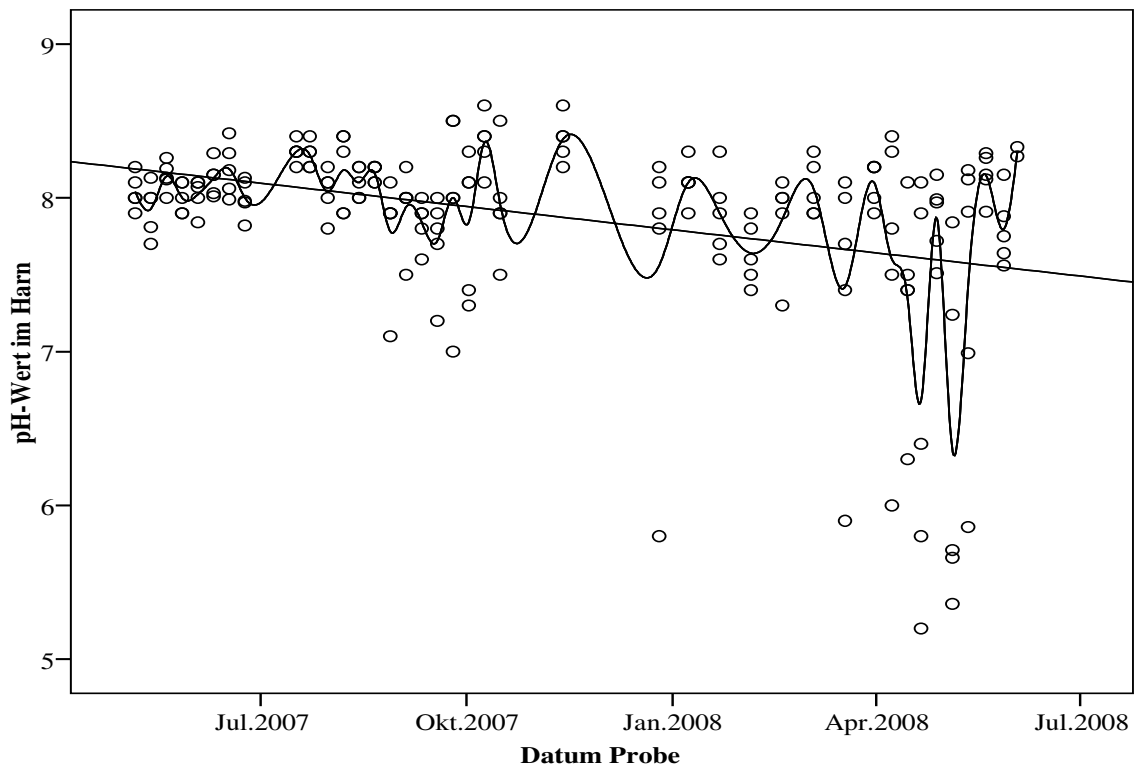


Abbildung 17: Entwicklung der pH-Einzelwerte im Harn über die Zeit (Betrieb B)

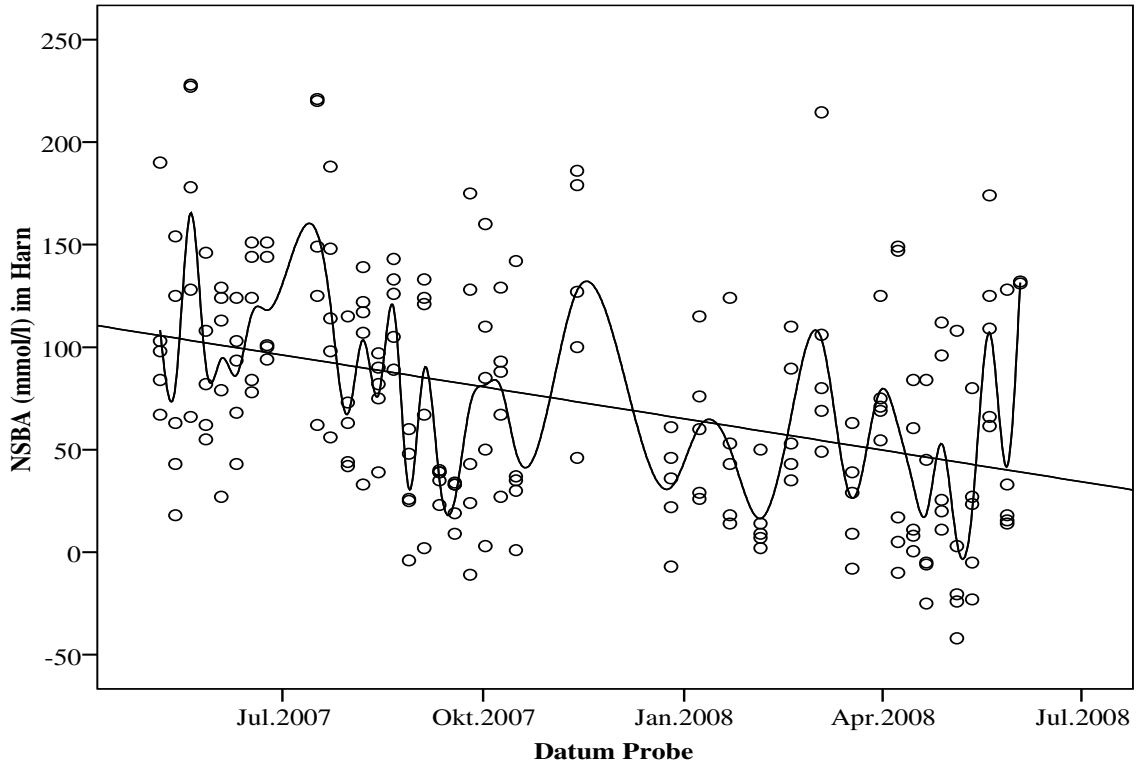


Abbildung 18: Entwicklung der NSBA-Einzelwerte im Harn über die Zeit (Betrieb B)

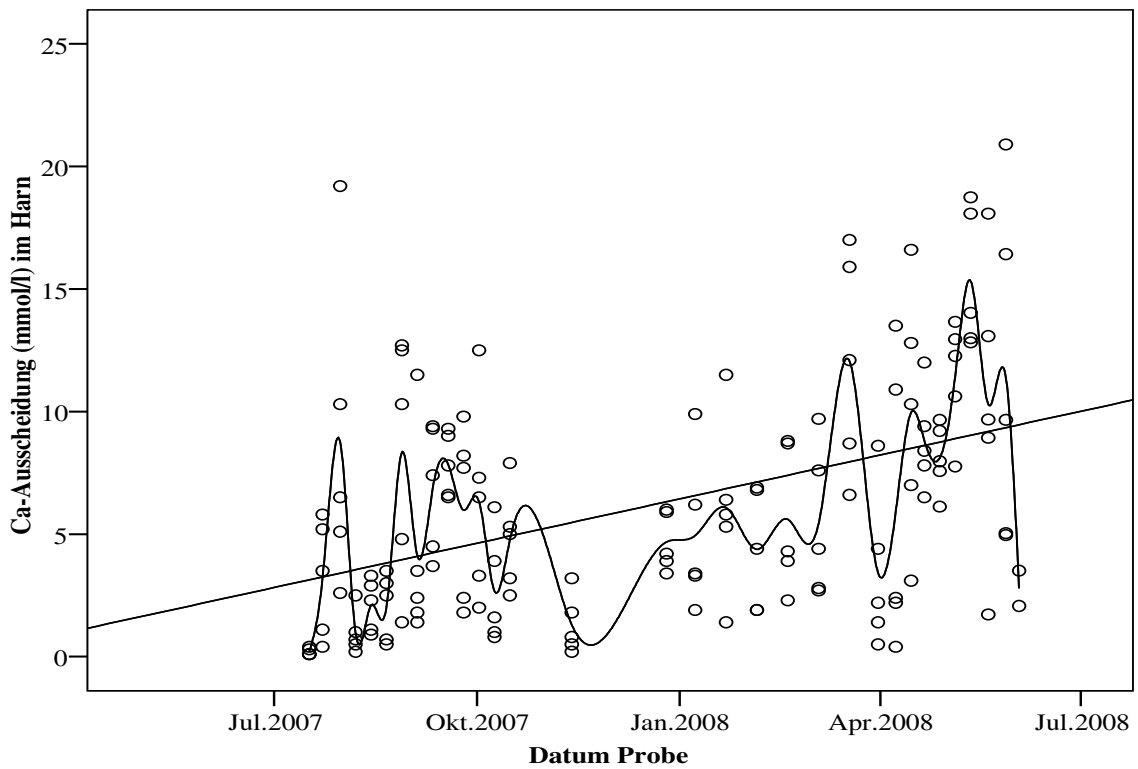


Abbildung 19: Entwicklung der Calciumausscheidung im Harn über die Zeit (Betrieb B)

Tabelle 18: Darstellung des Harn-pH, der NSBA und der Calciumausscheidung im Harn (Betrieb A)

Monate		03.07 - 03.07	07.07. -	09.07 - 02.08	03.08 - 06.08
Salzmenge (g/kgTS)		400	200	300	350
pH	n	17	35	50	47
	x_{ar}	7,75	7,88	7,46	7,54
	s	0,26	0,21	0,67	0,62
	x_{0,25}	7,6	7,80	7,19	7,40
	x_{0,5}	7,78	7,92	7,62	7,80
	x_{0,75}	7,89	8,00	7,82	7,90
	x_{min}	7,0	7,0	5,0	6,0
	x_{max}	8,0	8,0	9,0	8,0
NSBA	n	17	35	50	47
	x_{ar}	74,12	67,75	32,90	50,26
	s	36,69	37,09	35,04	44,4
	x_{0,25}	47,50	42,50	14,0	7,40
	x_{0,5}	66,5	65,00	27,25	45,0
	x_{0,75}	99,25	85,75	45,50	90,0
	x_{min}	17,0	6,0	-20,0	-19,0
	x_{max}	140,0	170,0	151,0	175,0
Ca	n	0	0	31	47
	x_{ar}			7,14	14,26
	s			4,92	7,85
	x_{0,25}			2,82	8,20
	x_{0,5}			5,66	14,50
	x_{0,75}			10,29	18,40
	x_{min}			1,0	1,30
	x_{max}			18,0	39,60

Tabelle 19: Darstellung des Harn-pH, der NSBA und der Calciumausscheidung im Harn (Betrieb B)

Monate		05.07 - 06.07	07.07. - 09.07	09.07 - 02.08	03.08 - 05.08
Salzmenge (g/kgTS)		0	200	280	380
pH	n	37	23	80	57
	x_{ar}	8,06	8,17	7,95	7,55
	s	0,15	0,18	0,41	0,87
	x_{0,25}	8,00	7,80	7,80	7,40
	x_{0,5}	8,07	8,40	8,00	7,90
	x_{0,75}	8,14	8,00	8,20	8,15
	x_{min}	7,7	8,2	5,8	5,2
	x_{max}	8,4	8,3	8,6	8,4
NSBA	n	37	23	80	57
	x_{ar}	107,07	111,91	63,34	52,78
	s	49,92	52,25	48,76	56,96
	x_{0,25}	67,5	63,0	26,25	8,5
	x_{0,5}	103,0	114,0	47,00	45,0
	x_{0,75}	136,5	144,0	99,25	90,0
	x_{min}	18	33	-11	-42
	x_{max}	228	221	186	215
Ca	n	0	20	80	57
	x_{ar}		3,28	4,87	9,05
	s		4,68	3,30	5,17
	x_{0,25}		0,33	2,07	4,68
	x_{0,5}		1,05	3,90	8,93
	x_{0,75}		5,17	7,50	12,88
	x_{min}		1,0	0,2	0,4
	x_{max}		19,2	12,7	20,0

Tabelle 20: Erkrankungshäufigkeiten 0-8 Wochen post partum (in %) in den Jahren 2007-2008, Betrieb A

Monat/ Jahr	Retentio sec.		Endometritis		Festlieger		Labmagen- verlagerung		Mastitis	
	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple
04.07	70,0	50,0	60,0	40,0	30,0	20,0	10,0	0,0	30,0	20,0
05.07	50,0	43,0	28,6	14,3	21,4	21,4	14,3	14,3	21,4	7,1
06.07	42,4	39,4	78,8	54,5	22,2	11,1	0,0	0,0	42,4	36,4
07.07	42,3	34,6	62,5	50,5	11,5	11,5	0,0	0,0	61,5	46,2
08.07	43,6	41,0	82,1	66,6	2,6	2,6	2,6	2,6	48,7	41,0
09.07	42,3	34,6	61,5	50,0	11,5	11,5	0,0	0,0	61,5	46,2
10.07	26,6	23,3	60,0	33,3	13,3	10,0	0,0	0,0	40,0	26,6
11.07	26,3	15,9	63,2	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	15,8
12.07	34,6	23,1	69,2	34,6	3,8	3,8	3,8	3,8	15,4	11,5
01.08	29,2	20,8	58,3	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	20,8
02.08	43,3	16,6	16,6	13,3	13,3	0,0	0,0	0,0	36,6	16,6
03.08	66,6	33,3	5,0	3,3	8,3	0,0	0,0	0,0	25,0	8,3
04.08	72,2	55,5	66,6	61,1	11,1	5,5	5,5	5,5	16,6	11,1
05.08	26,6	10,0	33,3	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	13,0
06.08	26,8	15,6	43,2	21,6	2,6	2,6	2,6	2,6	25,0	15,0

Tabelle 21: Erkrankungshäufigkeiten 0-8 Wochen post partum (in %) in den Jahren 2007-2008, Betrieb B

Monat/ Jahr	Retentio sec.		Endometritis		Festlieger		Labmagen- verlagerung		Mastitis	
	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple	ge- samt	mul- tiple
05.07	9,7	7,3	17,7	13,7	6,5	4,8	5,6	2,4	34,7	7,3
06.07	17,7	10,5	18,5	7,3	1,6	1,6	4,0	2,4	22,6	12,9
07.07	13,0	13,0	34,0	19,6	8,6	5,8	10,1	7,2	21,7	14,5
08.07	22,2	17,1	29,9	16,2	7,7	2,6	14,5	12,0	29,9	20,5
09.07	16,6	12,3	19,3	7,9	8,7	6,1	11,4	6,1	21,1	14,9
10.07	21,6	9,0	12,6	5,4	4,5	3,6	10,8	3,6	14,4	7,2
11.07	23,0	15,0	17,7	8,0	5,3	2,7	9,7	5,3	12,4	7,9
12.07	14,5	6,9	19,3	4,8	5,5	2,8	11,0	7,6	17,2	11,7
01.08	17,3	9,0	25,5	5,5	9,0	8,2	11,0	6,4	10,9	4,5
02.08	12,1	2,2	15,4	6,6	6,6	4,4	6,6	3,3	9,8	3,3
03.08	12,0	10,0	18,0	13,0	7,0	3,0	11,0	2,0	9,0	3,0
04.08	23,0	6,0	12,6	5,4	6,0	4,2	1,7	0,8	8,5	1,7

4.3 Querschnittsstudie der Rationsinhalte in den Jahren 2006 bis 2008

4.3.1 Analyse der Rationsinhalte der Jahre 2006 bis 2008

Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um die Gehalte für die DCAB und die Mengenelemente Kalium, Natrium, Chlorid, Schwefel und Magnesium der Rationen innerhalb eines Jahres zu vergleichen. Es wurden die Jahre 2006, 2007 und 2008 berücksichtigt und die Rationen in die Fütterung mit und ohne saure Salze aufgeteilt. Die Unterschiede zwischen den Rationen mit und ohne Anionen sind in den Abbildungen 22 und 23 sowie den Tabellen 18 bis 20 dargestellt. Die DCAB unterscheidet sich in allen untersuchten Jahren innerhalb des jeweiligen Jahres signifikant voneinander. Sie liegt im Median bei den Betrieben ohne Anionenfütterung deutlich höher als bei denen mit. Im Jahr 2006 liegt der Median bei 217 meq/kg TS ohne Anionen und bei 93 meq/kg TS mit Anionen. 2007 beträgt der Median mit Anionen 114 meq/kg TS und ohne Anionen 205 meq/kg TS. Für das Jahr 2008 weist der Median ohne Anionen 187,5 meq/kg TS und mit Anionen 47,0 meq/kg TS auf. Signifikante Unterschiede zeigen hier auch der Schwefelgehalt mit und ohne Salze auf dem Niveau $p < 0,01$. Der Median der Schwefelkonzentration beträgt für das Jahr 2006 0,9 ohne Anionengabe, und 2,8 mit Anionen. Im Jahr 2007 liegt der Median ohne Anionen bei 0,9 und mit der Fütterung saurer Salze bei 2,3. Der Median des Schwefelgehaltes ohne Anionen ergab 2008 einen Wert von 1,0. Mit der Verabreichung von Anionen liegt der Median bei 2,3. Im Jahr 2007 weist der Chloridgehalt mit Anionen einen Wert von 7,6 auf, ohne Anionen von 5,8. Es besteht ein signifikanter Unterschied von $p < 0,01$. Beim Vergleich der Jahre miteinander wurde ein signifikanter Unterschied für die DCAB und den Schwefelgehalt für alle drei Jahre errechnet (Tab. 22-24).

Tabelle 22: Rationszusammensetzung im Jahr 2006

Jahr	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2006	n	54	15	54	15	54	15	54	15	54	15	48	12
	x _{ar}	196	114,5	14,5	16,1	2,7	2,5	7,1	7,8	1,0	3,0	2,9	3,6
	s	85,5	126,2	2,9	4,1	1,6	1,2	3,3	2,4	0,4	1,4	0,7	2,0
	x _{0,25}	172,7	-12,0	12,6	13,6	1,7	1,5	5,2	5,3	0,8	1,6	2,4	2,5
	x _{0,5}	217,0 ^{a,b}	93,0 ^{a,b}	14,1	15,0	2,5	2,2	6,6	7,2	0,9 ^{a,b}	2,8 ^{a,b}	2,7	3,2
	x _{0,75}	265,3	223,0	16,1	17,4	3,6	3,5	8,3	9,6	1,1	4,1	3,3	3,6
	x _{min}	70	-41,0	10,2	12,5	0,1	0,8	2,7	4,1	0,5	0,6	1,6	2,3
	x _{max}	608	340	28,2	29,3	9,3	5,1	22,7	12,7	2,6	4,9	4,5	9,8

1=ohne, 2=mit sauren Salzen, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$, b) signifikanter Unterschied $\alpha = 0,05/3$

Tabelle 23: Rationszusammensetzung im Jahr 2007

Jahr	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2007	n	47	22	48	22	48	22	48	22	48	22	42	19
	x _{ar}	216,5	104,3	14,4	14,5	2,4	2,8	6,4	8,1	1,3	2,6	3,3	3,4
	s	78,8	110,3	2,9	2,4	2,6	1,3	3,2	2,5	1,2	1,3	2,2	0,9
	x _{0,25}	174,0	35,3	12,6	12,9	1,6	1,9	5,1	6,2	0,8	1,3	2,4	2,7
	x _{0,5}	205,0 ^{a,b}	114,0 ^{a,b}	14,4	14,5	2,0	2,2	5,8 ^a	7,6 ^a	0,9 ^{a,b}	2,3 ^{a,b}	2,9	3,3
	x _{0,75}	268,0	181,3	15,5	15,6	2,5	3,6	6,8	9,1	1,7	3,5	3,6	3,7
	x _{min}	61,0	-103	9,3	8,4	0,6	1,3	3,2	4,8	0,3	0,8	1,8	2,5
	x _{max}	530	291	25,4	19,7	18,9	6,1	24,3	14,2	7,9	5,3	16,1	6,3

1=ohne, 2=mit sauren Salzen, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$, b) signifikanter Unterschied $\alpha = 0,05/3$

Tabelle 24: Rationszusammensetzung im Jahr 2008

Jahr	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2008	n	12	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12	7
	x _{ar}	195,3	51,6	13,5	11,8	2,7	2,9	7,1	8,2	1,2	2,3	3,5	3,2
	s	43,6	136,4	2,0	1,6	1,2	1,2	2,6	4,4	0,6	1,1	0,5	1,0
	x _{0,25}	166,3	-25	11,8	9,8	2,0	2,0	5,1	5,1	0,8	0,9	3,1	2,5
	x _{0,5}	187,5 ^{a,b}	47 ^{a,b}	13,4	11,9	2,6	2,7	7,0	7,1	1,0 ^b	2,3 ^b	3,6	2,7
	x _{0,75}	237,8	208,0	15,5	13,2	3,6	4,2	9,7	9,7	1,2	3,4	3,9	4,4
	x _{min}	109,0	-177,0	10,2	9,5	0,9	1,7	2,7	4,8	0,7	0,8	2,6	2,2
	x _{max}	256,0	221,0	16,5	13,5	5,0	4,8	11,0	17,3	3,0	3,6	4,2	4,7

1=ohne, 2=mit sauren Salzen, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$, b) signifikanter Unterschied $\alpha = 0,05/3$

4.3.2 Bundesländer-Vergleich der DCAB und Mengenelemente

In dieser Untersuchung wurden die Betriebe unterschiedlicher Bundesländer miteinander verglichen. Es wurden die Rationsanalysen der Vorbereiter vergleichend dargestellt (Abb. 20, Tab. 25-30). Da die Stichprobe nicht ausreichend groß war, wurde auf Post-Hoc-Tests zum Vergleich der Bundesländer untereinander verzichtet.

Betrachtet man die einzelnen Bundesländer getrennt voneinander, so ergibt sich für das Land Sachsen-Anhalt ein signifikanter Unterschied für die DCAB und den Schwefelgehalt. Der Median ohne saure Salze beträgt 205,5 meq/kg TS, mit Salzgabe 103,5 meq/kg TS. Die Schwefelkonzentration weist den Median 0,9 ohne Anionen, und 2,2 mit Anionen auf.

In Brandenburg bestehen Signifikanzunterschiede ($p < 0,01$) für die DCAB - mit einem Median von 204,0 meq/kg TS ohne, und 49,0 meq/kg TS mit Anionen-, den Chloridgehalt - hier beträgt der Median ohne Anionen 6,0 und mit Anionen 8,3, sowie die Schwefelkonzentration - ohne Anionengabe liegt der Median bei 0,9, und mit Anionen bei 2,7.

In Mecklenburg-Vorpommern ließen sich nur für den Schwefelgehalt der Rationen mit und ohne Anionen signifikante Unterschieden berechnen. Der Median beträgt hier ohne saure Salze 1,0 mit dem Einsatz saurer Salze 3,2. Das Bundesland Sachsen weist auf dem Niveau

$p < 0,05$ einen signifikanten Unterschied in der DCAB auf. Ohne Anionengabe hat der Median den Wert 266,0 und mit Anionen 129,0.

Für Thüringen und Niedersachsen konnten aufgrund der geringen Stichprobe keine signifikanten Unterschiede berechnet werden.

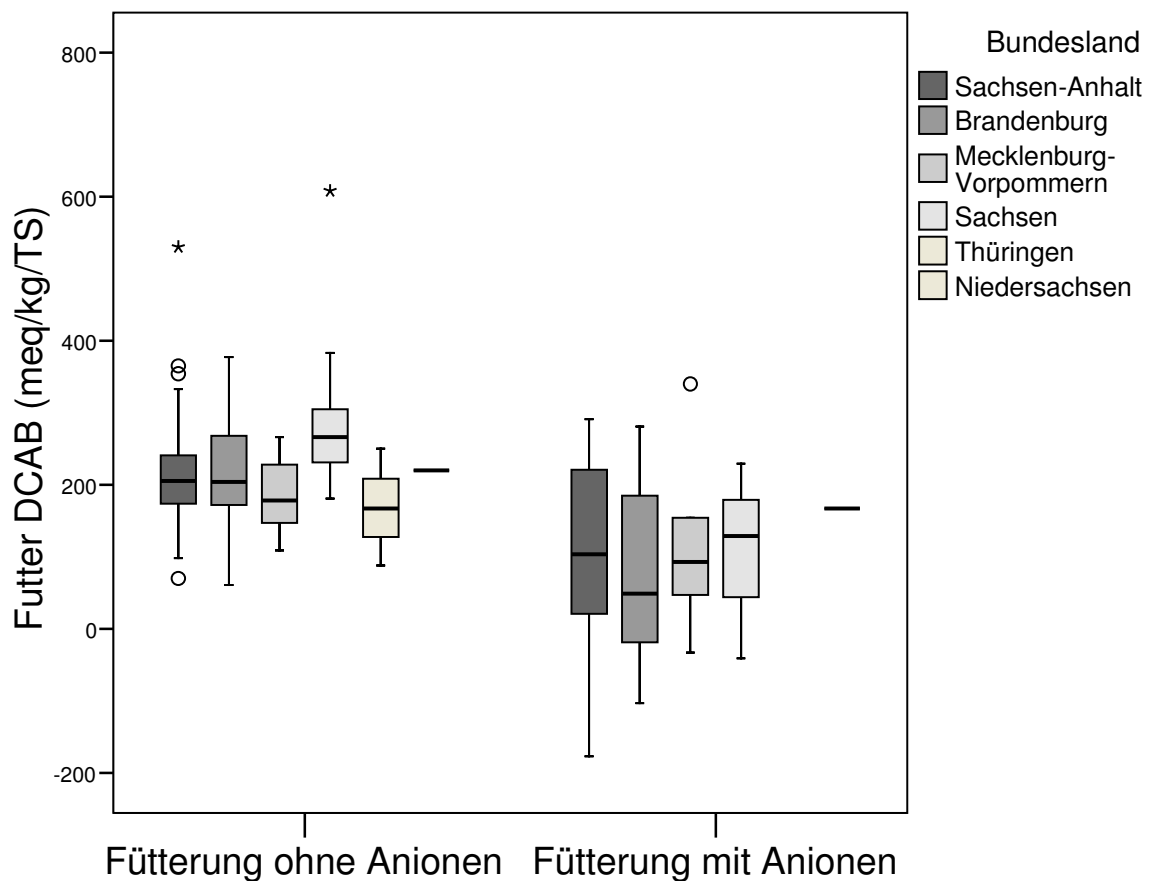


Abbildung 20: Vergleich der DCAB mit und ohne Fütterung von Anionen der Bundesländer Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Thüringen und Niedersachsen

Tabelle 25: Vergleich der Rationsinhalte im Bundesland Sachsen-Anhalt

	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Sachs.- Anh.											
n	66	22	66	22	66	22	66	22	66	22	61	20
x_{ar}	212,2	101,9	13,9	13,6	2,6	2,8	7,0	8,1	1,0	2,3	3,1	3,3
s	71,4	124,0	2,4	2,0	2,3	1,4	3,1	3,3	0,5	1,3	1,9	1,0
x_{0,25}	172,8	20,3	12,4	12,8	1,8	1,9	5,4	5,9	0,8	1,2	2,4	2,6
x_{0,5}	205,5 ^a	103,5 ^a	13,9	13,7	2,4	2,2	6,3	6,9	0,9 ^a	2,2 ^a	2,8	2,8
x_{0,75}	241,0	221,3	15,4	14,6	3,2	3,5	7,6	8,9	1,1	3,5	3,6	3,6
x_{min}	70	-177	9,3	8,4	0,1	0,8	2,7	4,8	0,3	0,6	1,6	2,5
x_{max}	530	291	25,4	19,0	18,9	6,1	24,3	17,3	2,7	5,1	16,1	6,3

1=ohne Anionen 2=mit Anionen, a) Signifikanz p < 0,01

Tabelle 26: Vergleich der Rationsinhalte im Bundesland Brandenburg

	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Br.Bu.											
n	22	12	23	12	23	12	23	12	23	12	18	10
x_{ar}	216,4	79,4	14,7	14,9	2,1	2,5	6,2	8,1	1,3	2,9	2,9	3,9
s	71,5	120,2	2,8	2,8	0,9	1,1	2,0	2,8	0,8	1,4	0,6	2,2
x_{0,25}	170,3	-21,8	12,6	13,2	1,5	1,4	4,7	5,5	0,8	2,2	2,5	2,6
x_{0,5}	204,0 ^a	49,0 ^a	14,5	15,0	2,1	2,7	6,0 ^b	8,3 ^b	0,9 ^a	2,7 ^a	2,9	3,5
x_{0,75}	268,5	195,5	16,7	17,2	2,7	3,7	6,9	10,4	1,6	4,0	3,3	4,0
x_{min}	61	-103	10,2	9,5	0,6	1,1	3,2	4,1	0,5	0,9	2,0	2,2
x_{max}	377	281	20,7	19,7	4,0	4,0	12,1	12,9	3,3	5,3	3,9	9,8

1=ohne Anionen, 2=mit Anionen, a) Signifikanz p < 0,01, b) Signifikanz p < 0,05

Tabelle 27: Vergleich der Rationsinhalte im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern

	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	n	9	6	9	6	9	6	9	6	9	6	8
x_{ar}	186,6	115,7	14,1	17,4	2,9	2,6	9,8	8,4	1,3	3,3	3,5	2,9
s	56,4	126,3	2,3	6,6	2,3	6,4	5,2	1,0	0,7	1,1	0,6	0,5
Meck.- Vorp.												
x_{0,25}	139,5	27,0	12,0	12,6	2,5	1,5	7,1	7,5	0,9	2,2	2,8	2,5
x_{0,5}	178,0	93,0	13,9	16,8	3,6	2,1	8,9	8,7	1,0 ^a	3,2 ^a	3,5	3,0
x_{0,75}	246,5	200,5	16,5	20,9	4,7	4,2	10,3	9,1	1,2	4,2	4,1	3,4
x_{min}	109	-33	10,8	9,8	1,2	1,4	4,4	6,7	0,9	2,2	2,7	2,4
x_{max}	266	340	17,3	29,3	9,3	4,8	22,7	9,8	3,0	5,1	4,5	3,4

1=ohne Anionen 2=mit Anionen, a) Signifikanz $p < 0,01$

Tabelle 28: Vergleich der Rationsinhalte im Bundesland Sachsen

	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	n	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	11
x_{ar}	294,3	105,7	17,1	14,8	2,5	2,2	5,6	6,4	1,9	3,1	2,8	3,7
s	112,0	136,5	4,1	2,3	1,1	0,3	2,2	2,0	2,0	1,6	0,6	0,2
Sachs.												
x_{0,25}	230,0	-41,0	14,0	12,5	1,7	2,0	3,8	5,2	0,8	2,0	2,2	3,5
x_{0,5}	266,0 ^b	129,0 ^b	16,5	15,1	2,1	2,2	5,4	5,3	1,0	2,4	3,2	3,6
x_{0,75}	305,0	229,0	18,4	17,0	3,6	2,6	6,7	8,7	2,1	4,9	3,2	3,9
x_{min}	181	-41,0	12,5	12,5	1,2	2,0	2,9	5,2	0,6	2,0	2,1	3,5
x_{max}	608	229,0	28,2	17,0	4,3	2,6	10,9	8,7	7,9	4,9	4,0	3,9

1=ohne Anionen 2=mit Anionen, b) Signifikanz $p < 0,05$

Tabelle 29: Vergleich der Rationsinhalte im Bundesland Thüringen

	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Thü.											
n	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0
x_{ar}	168,3		12,1		2,3		5,6		1,3		3,0	
s	81,0		1,7		2,3		3,8		0,4		0,7	
x_{0,25}	88,0		10,2		0,9		2,7		0,8		2,6	
x_{0,5}	167,0		12,7		1,0		1,2		1,5		2,6	
x_{0,75}	250,0		13,3		5,0		10,0		1,6		3,7	
x_{min}	88		10,2		0,9		2,7		0,8		2,6	
x_{max}	250		13,3		5,0		10,0		1,6		3,7	

1=ohne Anionen 2=mit Anionen

Tabelle 30: Vergleich der Rationsinhalte im Bundesland Niedersachsen

	DCAB (meq/kg TS)		K (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Nieds.											
n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
x_{ar}	220,0	167,0	12,4	14,4	2,0	2,1	4,9	7,5	0,7	1,3	3,7	3,3
s	220,0	167,0	12,4	14,4	2,0	2,1	4,9	7,5	0,7	1,3	3,7	3,3
x_{0,25}	220,0	167,0	12,4	14,4	2,0	2,1	4,9	7,5	0,7	1,3	3,7	3,3
x_{0,5}	220,0	167,0	12,4	14,4	2,0	2,1	4,9	7,5	0,7	1,3	3,7	3,3
x_{0,75}	220,0	167,0	12,4	14,4	2,0	2,1	4,9	7,5	0,7	1,3	3,7	3,3
x_{min}	220,0	167,0	12,4	14,4	2,0	2,1	4,9	7,5	0,7	1,3	3,7	3,3
x_{max}	220,0	167,0	12,4	14,4	2,0	2,1	4,9	7,5	0,7	1,3	3,7	3,3

1=ohne Anionen 2=mit Anionen

4.3.3 Einfluss der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen

Es wurde überprüft, inwieweit andere Rationskennwerte die Wirkung von Anionenrationen überdecken bzw. beeinflussen können. Hierfür wurden ausgewählte Rationsparameter den signifikant korrelierenden Harnergebnissen gegenübergestellt (Abb. 21-22). Des Weiteren wurden die Rationskennwerte und die Ergebnisse der Harnwerte auf bivariate Korrelation nach Spearman geprüft (Tab. 31). Der Rohaschegehalt weist eine 2seitig signifikante, positive Korrelation auf dem Niveau 0,01 auf. Die DCAB zeigt für den pH, die NSBA und die Calciumausscheidung im Harn eine 2-seitig signifikante Korrelation auf dem Niveau 0,01. Die Harn-Calcium-Ausscheidung hat einen negativen Korrelationskoeffizient mit $r = -0,45$, die Werte für pH und NSBA korrelieren positiv. Der Kaliumgehalt korreliert auf dem Niveau $p < 0,05$ positiv mit dem Harn-pH, auf dem Niveau $p < 0,01$ positiv mit der NSBA und negativ mit der Calciumausscheidung. Die Calciumkonzentration der Ration weist eine negative Korrelation zur NSBA ($p < 0,05$), und eine positive bezüglich der Calciumausscheidung im Harn auf ($p < 0,01$). Schwefel korreliert mit der Calciumausscheidung im positiven Sinn ($p < 0,01$), und Chlorid im negativen Sinn mit dem Harn-pH ($p < 0,05$).

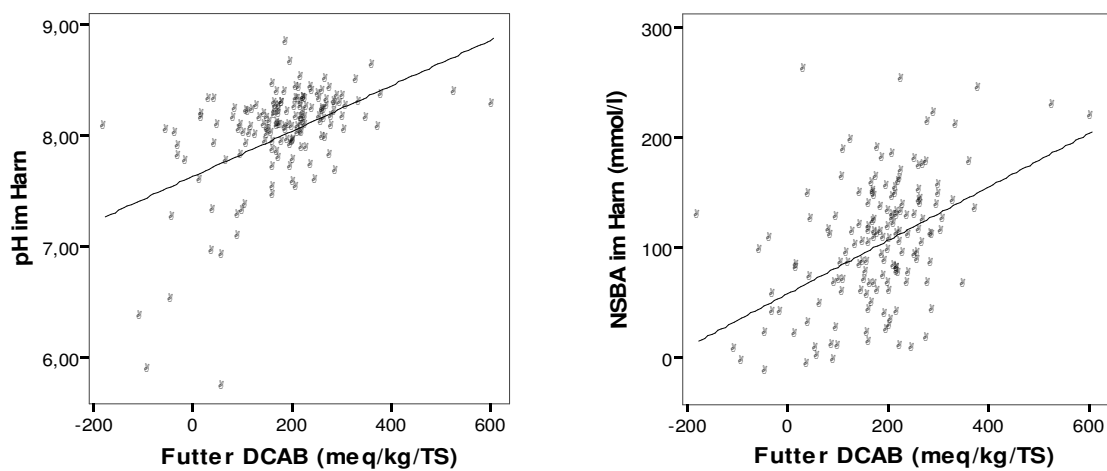


Abbildung 21: Einfluss der DCAB auf Harnparametern auf 2seitig signifikant korrelierendem Niveau ($p < 0,01$)

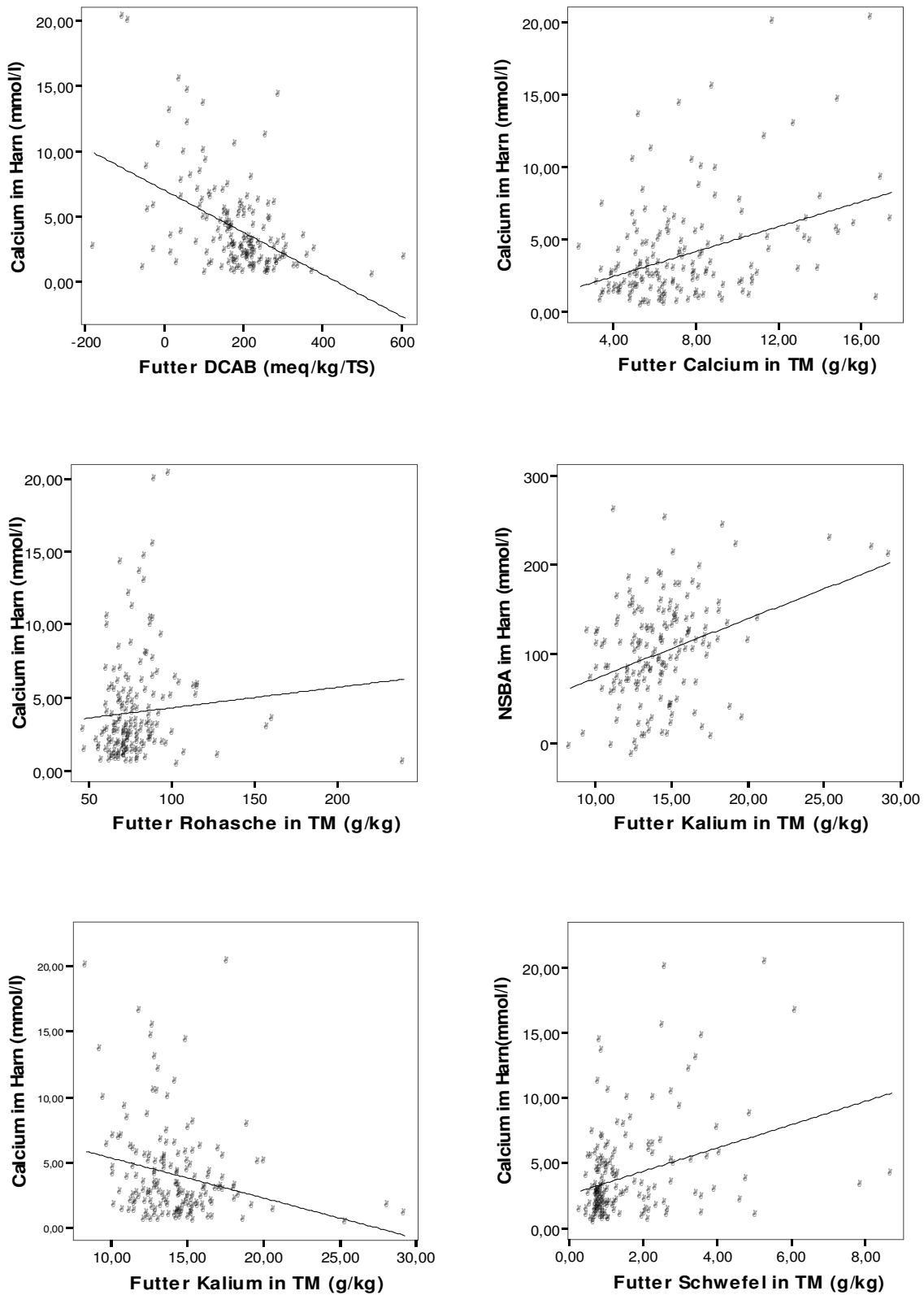


Abbildung 22: Einfluss verschiedener Futterkomponenten auf 2seitig signifikant korrelierende Harnparameter ($p < 0,01$)

Tabelle 31: Beziehung zwischen dem Harn-pH, der NSBA, und der Harnkalziumkonzentration zu den Futterinhaltsstoffen, Korrelation nach Spearman, * $p < 0,05$ (2seitig signifikant), ** $p < 0,01$ (2seitig signifikant)

	Harn-pH			NSBA			Harn-Ca		
	r	p	n	r	p	n	r	p	n
DCAB	0,48	0,01**	157	0,42	0,01**	158	-0,45	0,01**	155
Ra	-0,15	0,06	160	-0,09	0,24	161	0,23	0,01**	158
Rp	-0,00	1,0	160	-0,01	0,89	161	-0,01	1,0	158
Rf	0,07	0,36	160	0,14	0,08	161	0,04	0,6	158
Zucker	-0,09	0,25	154	0,04	0,60	155	-0,10	0,9	152
Stärke	-0,01	0,92	155	-0,11	0,16	156	-0,70	0,4	153
ADF	0,04	0,63	148	0,10	0,21	149	0,08	0,3	147
Ca	-0,27	0,01	157	-0,16	0,04*	158	0,30	0,01**	155
P	0,05	0,5	157	0,05	0,57	158	-0,08	0,3	155
Mg	-0,01	0,87	139	0,05	0,52	140	0,03	0,74	138
Na	-0,03	0,72	158	0,02	0,77	159	0,03	0,7	156
K	0,18	0,03*	158	0,29	0,01**	159	-0,23	0,01**	156
Cl	-0,19	0,02*	158	-0,15	0,05	159	0,14	0,09	156
S	-0,25	0,01	158	-0,09	0,28	159	0,28	0,01**	156
ME	-0,01	0,90	152	-0,09	0,29	153	-0,08	0,32	150
NEL	-0,01	0,90	147	-0,11	0,19	148	-0,11	0,17	145

4.3.4 Situation der Betriebe mit und ohne Fütterung saurer Salze

4.3.4.1 Vergleich der Rationsinhalte mit und ohne Fütterung saurer Salze

Zur Überprüfung der Rationen mit Anionen und der ohne Anionen wurden diese auf signifikante Unterschiede getestet. Diese bestehen auf dem Niveau $p < 0,01$ für die DCAB, den Chlorid- und Schwefelgehalt, die Calciumkonzentration, Rohasche und NEL (Tab. 32-34). Der Median für die DCAB ohne Anionen liegt bei 212, für Chlorid bei 6,2, für Schwefel bei 0,9. Mit Anionen ist der Median für die DCAB mit einem Wert von 101 um mehr als die Hälfte niedriger. Niedriger für die Ergebnisse mit Anionen ist mit 6,6 auch der Median der NEL, er beträgt für die Ration ohne Anionen 6,8. Der Median für Chlorid und Schwefel mit Anionen liegt über dem der Ration ohne Anionen. Er beträgt für Chlorid 7,4 und für Schwefel 2,3. Ebenso verhalten sich Calcium mit einem Median von 6,0 ohne Anionen und 10,2 mit Anionen, und Rohasche mit 72,0 ohne und 88,0 mit Anionen. Auf dem Niveau von $p < 0,05$ unterscheiden sich die Werte mit und ohne Anionen signifikant für die metabolische Energie (ME). Hier liegt der Median ohne Anionengabe bei 11,1, mit der Fütterung von Anionen bei 10,8 (Tab. 34).

Tabelle 32: Vergleich der Rationszusammensetzung mit und ohne Anionen

	DCAB (meq/kg TS)		Ra (g/kg TS)		Rfa (g/kg TS)		Rp (g/kg TS)		Stärke (g/kg TS)		Zucker (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n	113	44	115	45	115	45	115	45	111	44	111	44
x_{ar}	218,6	99,4	76	88,8	199,1	206	146,5	143,9	187,6	176,5	39,8	39,2
s	79,3	119,1	20,7	17,9	25,7	26,1	20,6	20,4	47,6	48,7	18,4	15,9
x_{0,25}	173	18,8	67	76	181	184	134	126	155,6	136,1	26,8	25,4
x_{0,5}	212,0 ^a	101,0 ^a	72 ^a	88 ^a	197	209	149	140	189,2	167,7	36,8	36,5
x_{0,75}	263,5	207,5	80	96,5	216	223	162	161,5	217	208,2	51,6	50,5
x_{min}	61,0	-177	47	62	138	145	82	113	37,2	66,2	4,0	13,1
x_{max}	608,0	340	240	158	257	269	198	200	316,6	309,0	93,0	72,1

1=ohne Anionen, 2=mit Anionen, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$

Tabelle 33: Vergleich der Rationszusammensetzung mit und ohne Anionen

	ADF (g/kg TS)		Ca (g/kg TS)		P (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		K (g/kg TS)		Mg (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n	106	42	114	44	114	44	114	44	114	44	102	38
x_{ar}	237,4	240,8	6,4	10,6	4,4	4,2	2,6	2,7	14,3	14,6	3,1	3,4
s	33,7	23,5	2,2	3,4	1,6	0,8	2,0	1,2	2,8	3,3	1,5	1,3
x_{0,25}	217	223,5	5,0	7,9	3,7	3,8	1,7	1,8	12,6	13,0	2,4	2,6
x_{0,5}	234	239,9	6,0 ^a	10,2 ^a	4,2	4,1	2,3	2,2	14,3	14,3	3,0	3,3
x_{0,75}	253	261,5	7,6	13,4	4,8	4,5	3,2	3,5	15,3	15,4	3,6	3,6
x_{min}	181	193	2,4	5,4	2,4	2,4	0,1	0,8	9,3	8,4	1,6	2,2
x_{max}	449	297	17,0	17,4	15,1	7,5	18,9	6,1	28,2	29,3	16,1	9,8

1=ohne Anionen, 2=mit Anionen, a) signifikanter Unterschied p<0,01

Tabelle 34: Vergleich der Rationszusammensetzung mit und ohne Anionen

	S (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		ME (MJ/kg TS)		NEL (MJ/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
n	114	44	114	44	110	43	108	40
x_{ar}	1,2	2,7	6,8	8,0	10,9	10,8	6,7	6,6
s	0,9	1,3	3,2	2,8	0,9	0,5	0,5	0,4
x_{0,25}	0,8	1,5	5,2	6,0	10,7	10,4	6,5	6,3
x_{0,5}	0,9 ^a	2,3 ^a	6,2 ^a	7,4 ^a	11,1 ^b	10,8 ^b	6,8 ^a	6,6 ^a
x_{0,75}	1,2	3,6	7,6	9,4	11,4	11,2	7,0	6,9
x_{min}	0,3	0,4	2,7	4,1	3,8	9,5	2,5	5,6
x_{max}	7,9	5,3	24,3	17,3	11,9	11,7	7,3	7,2

1=ohne Anionen, 2=mit Anionen, a) signifikanter Unterschied p < 0,01, b) signifikanter Unterschied p < 0,05

4.3.4.2 Säuren-Basen-Status der Vorbereiter mit und ohne Fütterung saurer Salze

Diese Untersuchung vergleicht den Säuren-Basen-Haushalt im Harn der Vorbereitungskühe von Betrieben, die Anionen gefüttert haben und derer, die keine Anionen einsetzten. Die Unterschiede sind in Abbildung 23 und Tabelle 35 dargestellt. Es gibt signifikante Unterschiede auf dem Niveau $p < 0,01$ für die Parameter pH, NSBA, sowie die Basen- und Säureausscheidung. Der Median liegt für alle Parameter ohne Anionenfütterung höher als mit Anionen. Er beträgt ohne Anionen für den pH im Harn 8,2, die NSBA 112,0, die Basenausscheidung 200,0 und die Säureausscheidung 84,0. Mit Anionengabe liegt der Median des pH-Wertes bei 7,9, der NSBA bei 71,0, der Basenausscheidung bei 155,0 und der Säureausscheidung bei 73,0.

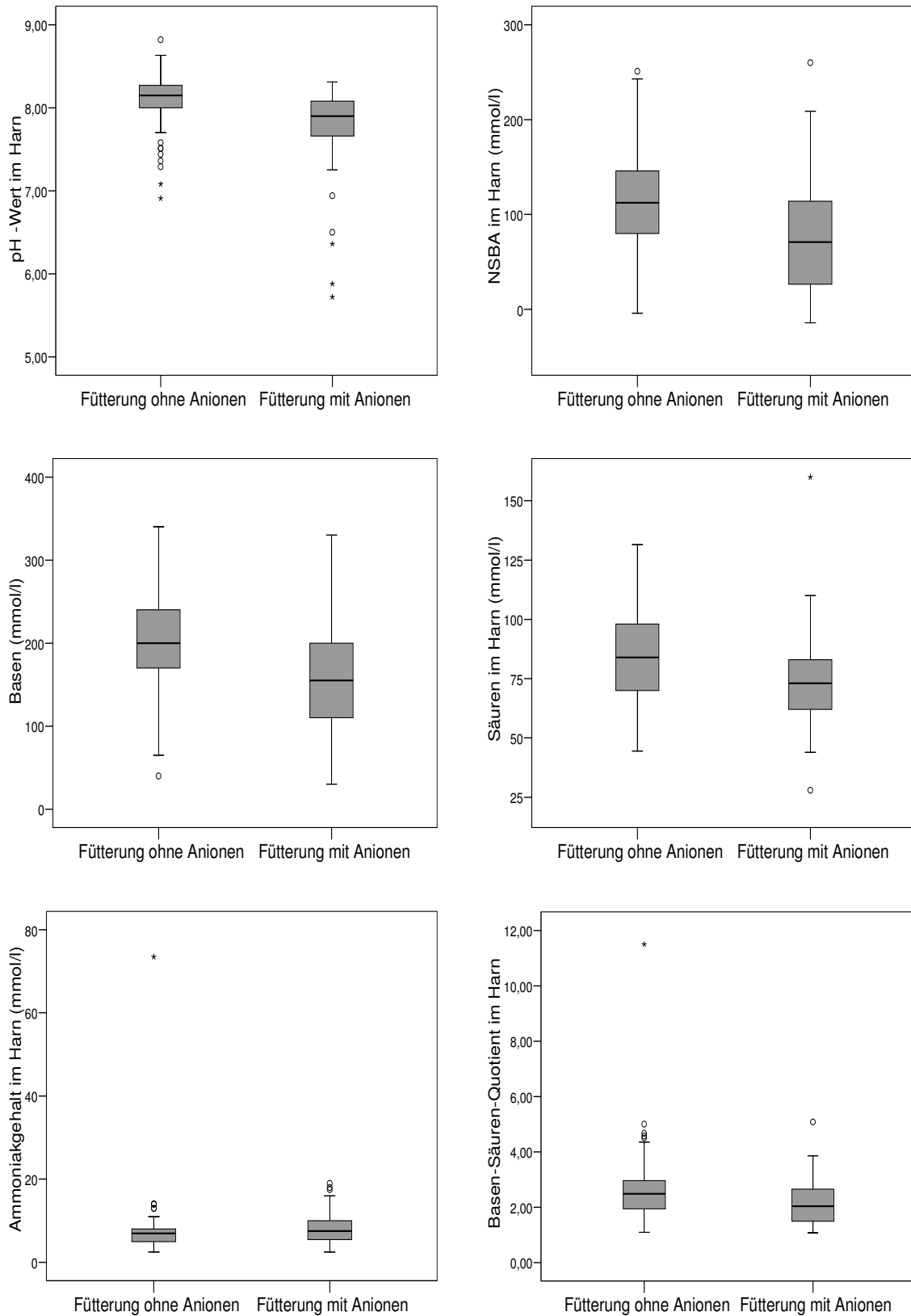


Abbildung 23: Vergleich des pH-Wertes, der NSBA, der Basen- und Säureausscheidung, des Ammoniakgehalts und des Basen-Säuren-Quotienten im Harn der Vorbereiter

Tabelle 35: Säuren-Basen-Status im Harn der Vorbereiter mit und ohne Fütterung von sauren Salzen

	pH		NSBA (mmol/l)		Basen (mmol/l)		Säuren (mmol/l)		NH ₄ (mmol/l)		BSQ (mmol/l)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n	113	45	114	45	114	45	114	45	114	45	114	45
x_{ar}	8,1	7,7	113,7	77,4	204,1	159,0	84,5	73,3	7,6	8,4	2,6	2,2
s	0,3	0,6	52,1	62,7	54,5	66,6	18,3	21,1	6,7	4,1	1,1	0,9
x_{0,25}	8,0	7,6	79,0	26,0	168,8	105,0	70,0	62,0	5,0	5,3	1,9	1,5
x_{0,5}	8,2 ^a	7,9 ^a	112,5 ^a	71,0 ^a	200,0 ^a	155,0 ^a	84,0 ^a	73,0 ^a	7,0	7,5	2,5	2,0
x_{0,75}	8,3	8,1	146,0	115,5	240,0	200,0	98,0	84,0	8,0	10,0	3,0	2,7
x_{min}	6,9	5,7	-4	-14	40,0	30	45	28	3,0	3,0	1,1	1,1
x_{max}	8,8	8,3	251	260	340,0	330	132	160	74,0	19,0	11,5	5,1

1=ohne Anionen, 2=mit Anionen, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$, b) signifikanter Unterschied $p < 0,05$

4.3.4.3 Mengenelemente der Vorbereiter mit und ohne Fütterung von Anionen

Es wurden die Mengenelemente im Harn der Vorbereiter bei Betrieben mit und ohne Fütterung von Anionen analysiert (Abb. 24-25, Tab. 36-37). Signifikante Unterschiede wurden für Magnesium, Chlorid, Phosphat und Kreatinin auf dem Niveau $p < 0,01$ und für Natrium bei $p < 0,05$ errechnet. Der Median der Magnesiumausscheidung ist ohne Anionen mit 15,5 höher als mit Anionen. Hier beträgt der Median 14,9. Die Chloridausscheidung weist ohne den Einsatz von Anionen einen Wert von 84,1, mit Anionen 91,0 auf. Der Median des Kreatinin ist ohne Anionen ebenfalls niedriger als mit. Er ergibt mit 13056,5, und ohne 13450,0. Der Median des Phosphat zeigt für beide Gruppen mit 0,7 keinen Unterschied. Die Natriumausscheidung ergibt ohne Anionen einen Median von 43,0, mit Anionen 54,9.

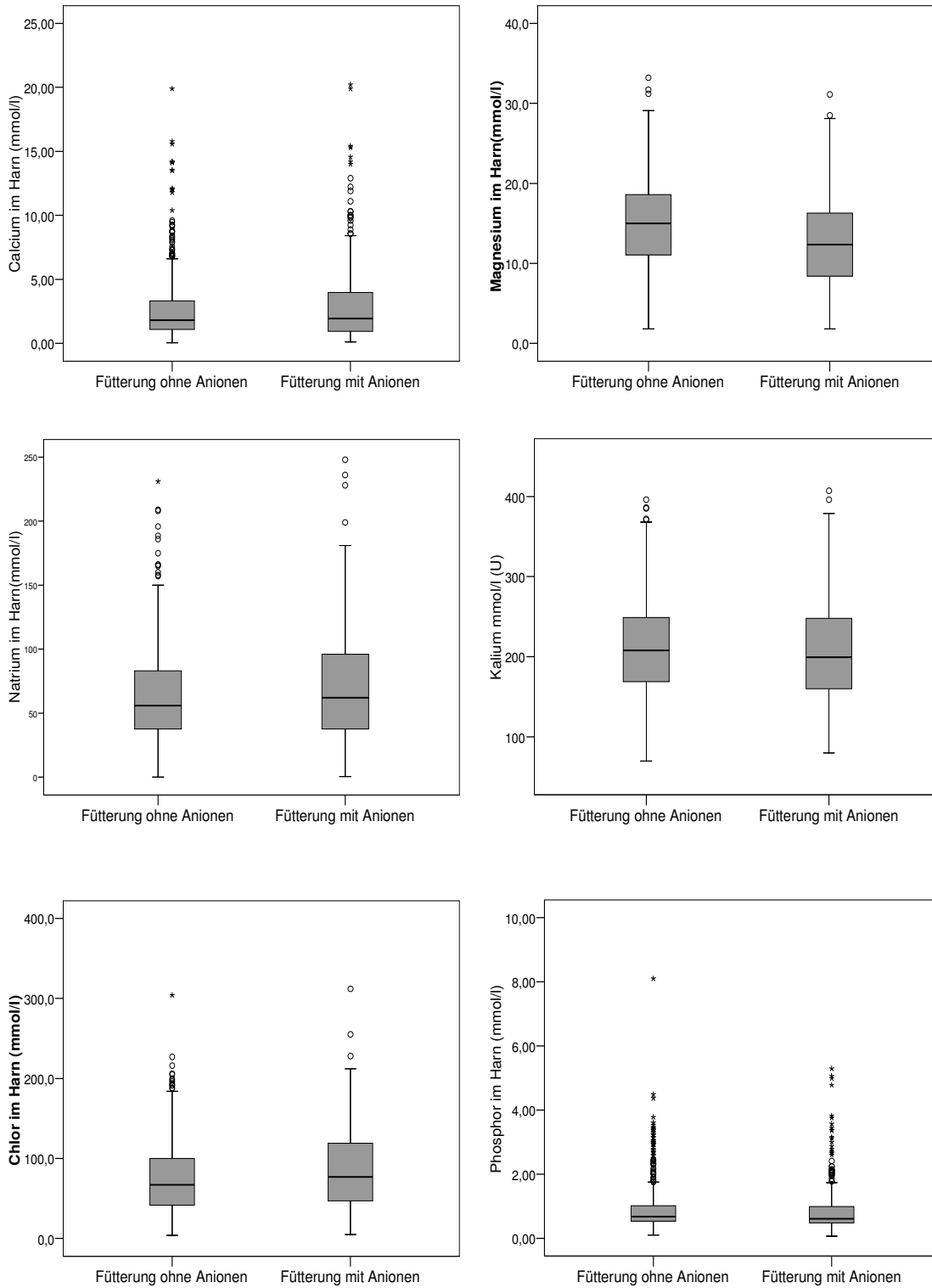


Abbildung 24: Darstellung der Mengenelemente im Harn der Vorbereiter mit und ohne Fütterung von Anionen

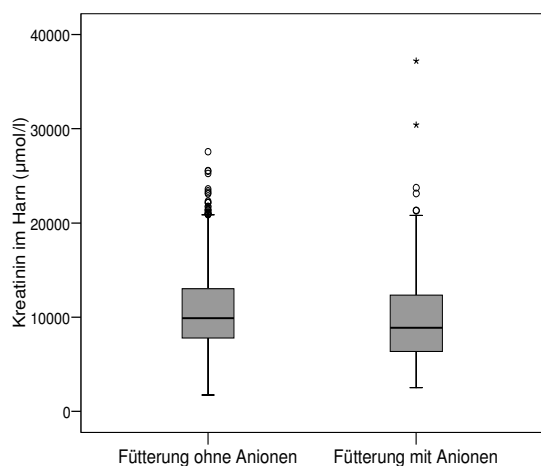


Abbildung 25: Darstellung von Creatinin im Harn der Vorbereiter mit und ohne Fütterung von Anionen

Tabelle 36: Vergleich der Mengenelemente im Harn der Vorbereiter mit und ohne Fütterung von Anionen

	Ca (mmol/l)		Mg (mmol/l)		Na (mmol/l)		K (mmol/l)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
n	112	44	112	44	112	44	112	44
\bar{x}_{ar}	3,2	6,4	15,8	14,8	50,3	65,2	232,3	209,9
s	2,4	5,2	5,5	6,3	29,2	45,7	59,7	66,7
$x_{0,25}$	1,3	2,4	11,6	10,8	32,3	32,1	194,3	164,3
$x_{0,5}$	2,5	5,0	15,5 ^a	14,9 ^a	43,0 ^b	54,9 ^b	231,0	217,0
$x_{0,75}$	4,4	9,5	19,7	18,7	67,0	35,3	274,5	254,5
x_{min}	0,3	0,5	4,9	1,8	0	1	70	81
x_{max}	13,5	20,2	33,2	37,5	135	236	386	340

1=ohne Anionen, 2=mit Anionen, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$, b) signifikanter Unterschied $p < 0,05$

Tabelle 37: Vergleich der Mengenelemente und Creatinin im Harn der Vorbereiter mit und ohne Fütterung von Anionen

	Cl (mmol/l)		P (mmol/l)		Crea (μ mol/l)	
	1	2	1	2	1	2
n	114	45	114	45	114	45
x_{ar}	90,8	100	0,9	0,9	14435,5	13353,4
s	45,3	44,4	0,7	0,6	4643,2	4610,0
x_{0,25}	58,1	65,1	0,5	0,5	11260	10165
x_{0,5}	84,1 ^a	91,0 ^a	0,7 ^a	0,7 ^a	13056 ^a	13450 ^a
x_{0,75}	114,9	136,5	1,0	1,1	17737	15375
x_{min}	19,3	32	0,3	0,1	4900	4490
x_{max}	216	212	4,4	3,2	27560	30410

1=ohne Anionen, 2=mit Anionen, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$

4.3.5 Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung saurer Salze

4.3.5.1 Vergleich der Rationsinhalte mit und ohne Wirkung von Anionen

Die Betriebe, die Anionen einsetzten, wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Rationen der Vorbereiter wurden nach den Reaktionen im Harn, insbesondere der Calciumausscheidung und dem pH-Wert im Harn, aufgeteilt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 38 bis 40 und in der Abbildung 26 dargestellt. Bezüglich der DCAB und des Schwefelgehaltes zeigten die Ergebnisse signifikante Unterschiede bei den Rationen mit und ohne Wirkung von Anionen. Der Median der DCAB ohne Wirkung liegt mit 118,5 über dem Median mit Wirkung der Anionenrationen 29,5. Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,01$. Der Median des Schwefelgehaltes ohne Anionenwirkung beträgt 2,2, mit der Wirkung von Anionen liegt dieser bei 3,1. Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,05$.

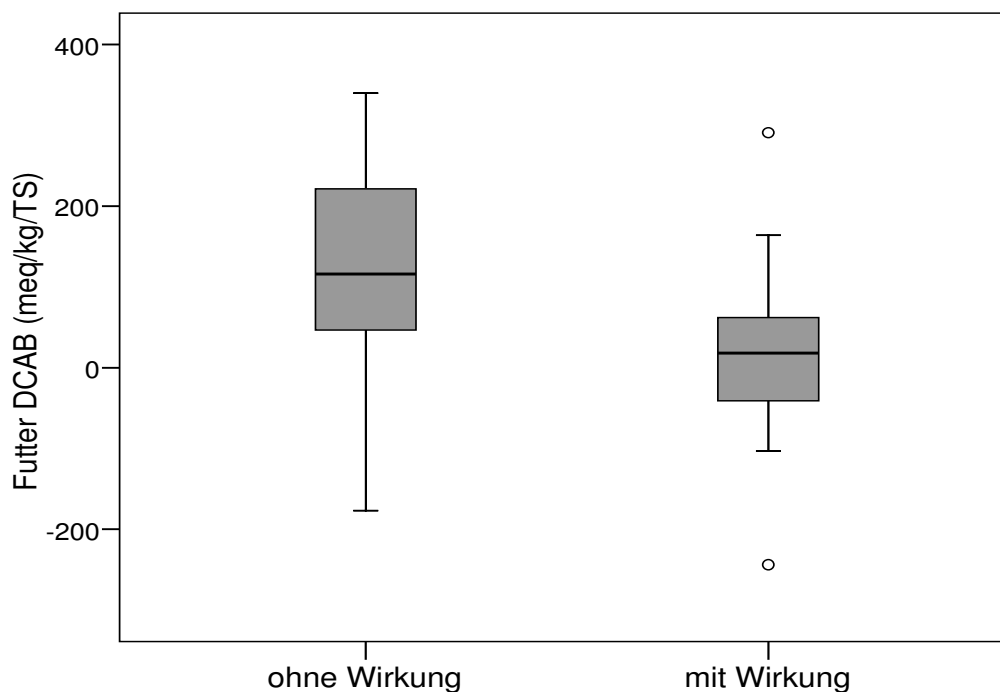


Abbildung 26: Darstellung der DCAB mit und ohne Wirkung von Anionen

Tabelle 38: Vergleich der Rationszusammensetzung mit und ohne Wirkung von Anionen

	DCAB (meq/kg TS)		Ra (g/kg TS)		Rfa (g/kg TS)		Rp (g/kg TS)		Stärke (g/kg TS)		Zucker (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n	32	12	33	12	33	12	33	12	32	12	32	12
x_{ar}	123,2	35,9	88,9	88,4	209,8	195,3	145,4	139,7	171,9	189,0	39,9	37,1
s	114,9	110,5	19,9	11,4	27,9	17,2	22,4	13,3	51,5	39,5	16,7	14,1
x_{0,25}	46,3	-40,5	76,0	84,0	185,0	183,0	125,0	128,3	132,3	150,9	24,9	28,5
x_{0,5}	118,5 ^a	29,5 ^a	87,0	89,0	214,0	189,5	140,0	135,5	163,7	201,1	38,9	35,9
x_{0,75}	221,8	85,3	99,0	90,0	226,0	207,8	163,5	150,8	205,3	213,7	54,4	44,6
x_{min}	-177,0	-103,0	62,0	70,0	145,0	175	113,0	123,0	66,2	123,4	13,1	15,2
x_{max}	340,0	291,0	158,0	116,0	269,0	230	200,0	163,0	309,0	256,8	72,1	71,0

1 = ohne Wirkung, 2 = mit Wirkung, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$

Tabelle 39: Vergleich der Rationszusammensetzung mit und ohne Wirkung von Anionen

	ADF (g/kg TS)		Ca (g/kg TS)		P (g/kg TS)		Na (g/kg TS)		K (g/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n	30	12	32	12	32	12	32	12	32	12
x_{ar}	243,9	233,2	10,2	11,6	4,3	3,9	2,6	2,9	15,0	13,6
s	25,4	16,2	3,4	3,1	0,9	0,5	4,8	1,4	3,6	2,2
x_{0,25}	227,3	219,5	7,3	8,4	3,8	3,6	6,1	1,9	13,1	12,7
x_{0,5}	244,0	228,0	9,2	12,3	4,2	4,0	7,4	2,4	14,4	13,3
x_{0,75}	264,3	242,3	13,3	14,5	4,6	4,1	8,9	3,8	16,7	15,1
x_{min}	193,0	214,0	5,4	7,3	2,4	3,1	4,8	1,4	9,5	8,4
x_{max}	297,0	266,0	17,4	16,5	7,5	4,8	17,3	6,0	29,3	17,6

1 = ohne Wirkung, 2 = mit Wirkung, a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$

Tabelle 40: Vergleich der Rationszusammensetzung mit und ohne Wirkung von Anionen

	Mg (g/kg TS)		Cl (g/kg TS)		S (g/kg TS)		ME (MJ/kg TS)		NEL (MJ/kg TS)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n	27	11	32	12	32	12	31	12	29	11
x_{ar}	3,6	3,0	7,8	8,5	2,4	3,2	10,7	11,0	6,5	6,7
s	1,5	0,5	2,6	3,4	1,3	1,2	0,6	0,3	0,4	0,3
x_{0,25}	2,6	2,6	6,1	5,5	1,3	2,6	10,3	10,8	6,3	6,5
x_{0,5}	3,3	3,0	7,4	7,5	2,2 ^b	3,1 ^b	10,6	11,1	6,5	6,8
x_{0,75}	4,0	3,5	8,9	12,1	3,6	4,0	11,3	11,2	6,9	6,8
x_{min}	2,2	2,3	7,8	4,1	0,6	0,8	9,5	0,3	5,6	6,0
x_{max}	9,8	3,9	17,4	14,2	5,1	5,3	11,7	10,1	7,2	6,9

1 = ohne Wirkung, 2 = mit Wirkung; b) signifikanter Unterschied $p < 0,05$

4.3.5.2 Säuren-Basen-Status der Vorbereiter mit und ohne Wirkung saurer Salze

Um entsprechend zu den Rationen der Vorbereiter mit und ohne Wirkung von Anionen die Reaktion im Harn bewerten zu können, wurden die Daten wie bei der Ration nach der Calciumausscheidung und dem Harn-pH aufgeteilt. Hierbei zeigten sich signifikante Unterschiede bei dem pH, der NSBA, der Basenausscheidung, dem BSQ und dem Ammoniakgehalt (Abb. 27-28, Tab. 41). Der Median für den pH-Wert beträgt ohne Wirkung 8,1 und mit Wirkung 7,1. Die NSBA weist einen Median von 96,0 ohne Anionenwirkung und 19,5 mit Anionenwirkung auf. Der Median für die Basenausscheidung liegt mit Anionenwirkung entsprechend höher als ohne Wirkung; ersterer beträgt 190,0, letzterer 100,0. Der Basen-Säuren-Quotient liegt ohne der Wirkung der Anionen bei 2,4, mit Wirkung bei 1,4. Umgekehrt erweist sich der Median bei der Ammoniakausscheidung ohne Wirkung mit 6,0 niedriger als mit Wirkung; er beträgt 12,0.

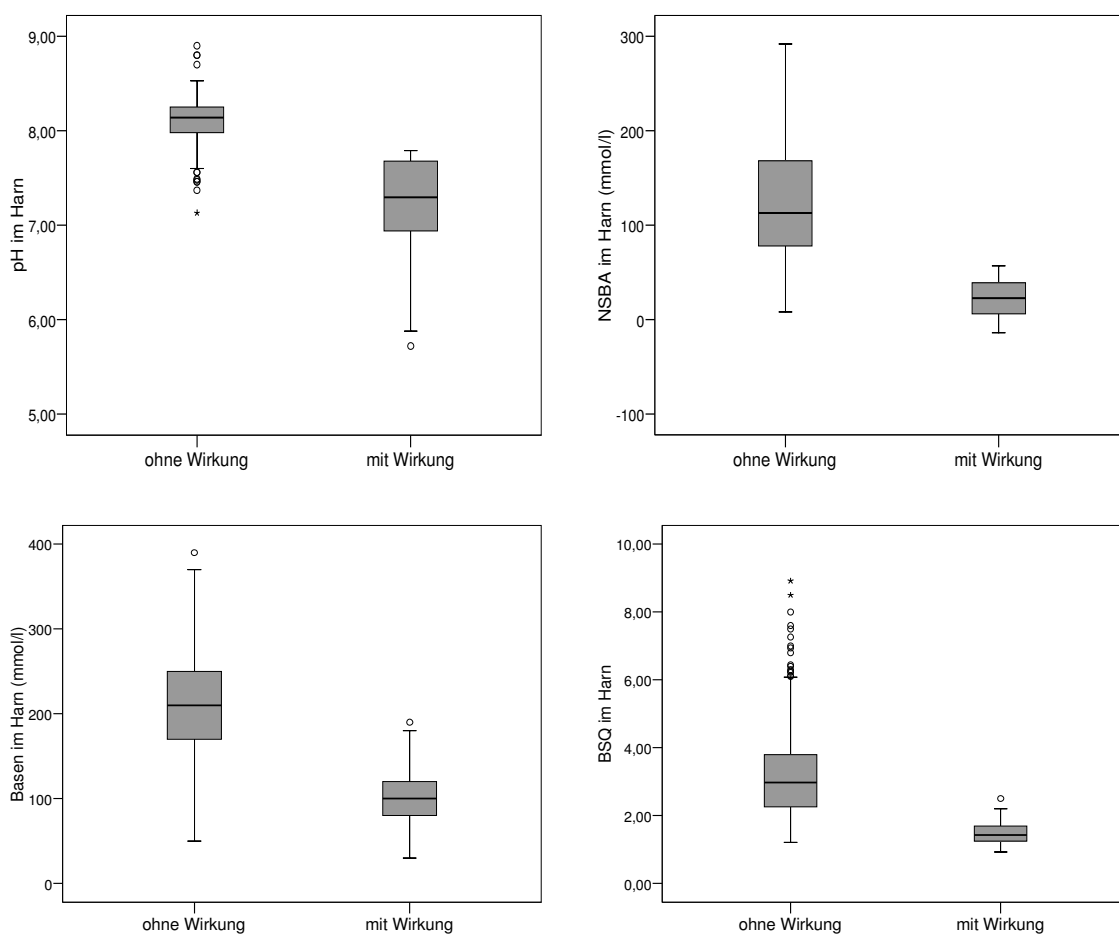


Abbildung 27: Darstellung des Säuren-Basen-Status im Harn der Vorbereiter mit und ohne Wirkung von Anionen

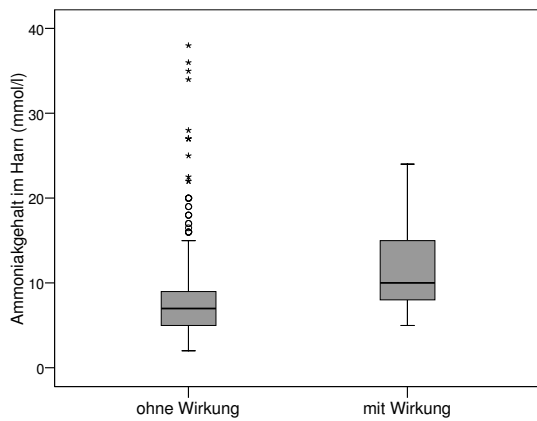


Abbildung 28: Darstellung des Säure-Basen-Status im Harn der Vorbereiter mit und ohne Wirkung von Anionen

Tabelle 41: Vergleich des Säuren-Basen-Status mit und ohne Wirkung von Anionen

	pH		NSBA (mmol/l)		Basen (mmol/l)		Säuren (mmol/l)		NH ₄ (mmol/l)		BSQ (mmol/l)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
n	31	13	31	13	31	13	31	13	31	13	31	13
x_{ar}	8,0	7,0	102,4	14,9	184,7	94,6	75,5	67,8	6,9	12,0	2,5	1,4
s	0,2	0,7	56,8	18,9	60,2	29,0	22,5	17,9	3,1	4,2	0,9	0,3
x_{0,25}	7,9	6,4	57,0	-3,5	135,0	75,0	62,0	57,0	5,0	8,0	1,8	1,2
x_{0,5}	8,1 ^a	7,3 ^a	96,0 ^a	19,5 ^a	190,0 ^a	100,0 ^a	73,0	71,0	6,0 ^a	12,0 ^a	2,4 ^a	1,4 ^a
x_{0,75}	8,1	7,6	128,0	34,0	215,0	120,0	86,0	81,5	9,0	15,5	3,2	1,6
x_{min}	7,6	5,7	16,0	-14,0	70,0	30,0	46,0	28,0	3,0	6,0	1,2	1,1
x_{max}	8,3	7,4	260,0	41,0	330,0	130,0	160,0	91,0	18,0	19,0	5,1	1,9

1 = mit Wirkung, 2 = ohne Wirkung; a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$

4.3.5.3 Mengenelemente im Harn der Vorbereiter mit und ohne Wirkung saurer Salze

Es wurden die Mengenelemente im Harn der Vorbereiter mit Anionenrationen untersucht. Es erfolgte die gleiche Einteilung nach einer Wirkung der sauren Salze und keiner Wirkung. Der Vergleich zeigt, dass sich nur für die Calciumausscheidung signifikante Unterschiede ergeben. Ohne Wirkung saurer Salze beträgt der Median 2,9, mit Wirkung hingegen 12,9. Die Ergebnisse sind in Abbildung 29 und in den Tabellen 42 und 43 dargestellt.

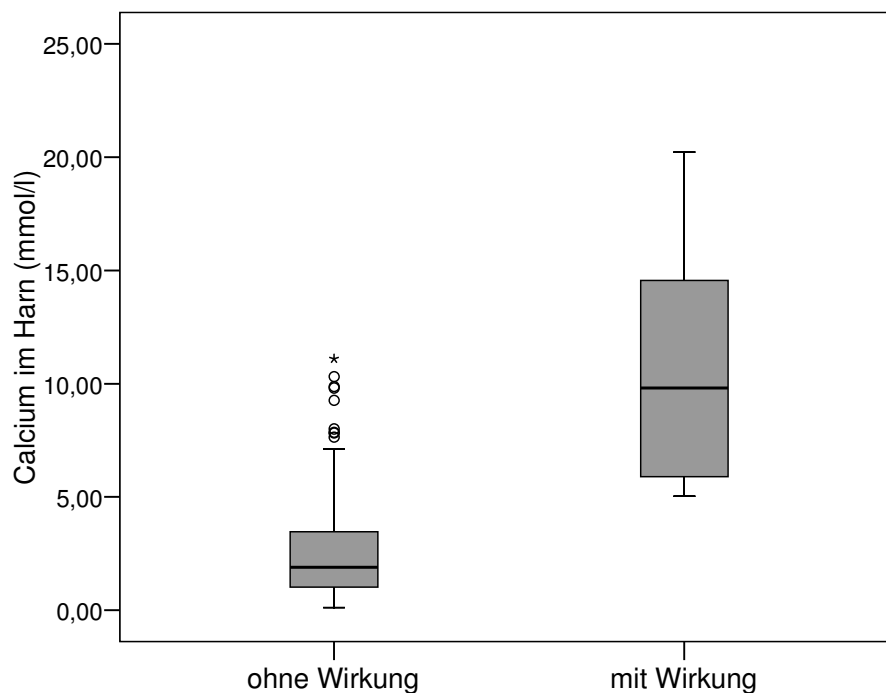


Abbildung 29: Darstellung der Calciumausscheidung mit und ohne Wirkung saurer Salze

Ergebnisse

Tabelle 42: Darstellung der Mengenelemente im Harn der Vorbereiter mit und ohne Wirkung von Anionen

	Ca (mmol/l)		Mg (mmol/l)		Na (mmol/l)		K (mmol/l)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
n	30	13	30	13	30	13	30	13
x_{ar}	4,0	12,0	13,4	17,4	58,2	85,1	218,5	188,1
s	2,8	5,3	5,2	7,8	36,0	60,0	66,2	67,8
x_{0,25}	2,1	6,6	10,2	12,2	31,1	44,4	187,1	125,5
x_{0,5}	2,9 ^a	12,9 ^a	13,5	15,9	50,5	87,3	223,0	187,0
x_{0,75}	5,8	16,0	17,4	20,2	80,8	116,0	253,5	256,5
x_{min}	0,5	5,0	1,8	7,8	1,0	14,0	81,0	86,0
x_{max}	11,0	20,2	23,7	37,6	161,0	236,0	340,0	281,0

1 = mit Wirkung, 2 = ohne Wirkung; a) signifikanter Unterschied $p < 0,01$

Tabelle 43: Darstellung der Mengenelemente im Harn der Vorbereiter mit und ohne Wirkung von Anionen

	Cl (mmol/l)		P (mmol/l)		Crea (mmol/l)	
	1	2	1	2	1	2
n	31	13	31	13	31	13
x_{ar}	91,3	120,2	0,9	0,9	13522,6	12831
s	39,3	52,2	0,6	0,8	4873,2	4241
x_{0,25}	56,4	83,5	0,5	0,4	10760,0	8755
x_{0,5}	85,1	117,5	1,7	0,6	13450,0	13400
x_{0,75}	123,0	153,0	1,2	1,0	15740,0	15375
x_{min}	34,7	32,0	0,1	0,1	4490,0	6020
x_{max}	178,0	212,0	3,2	2,7	30410,0	21343

1 = mit Wirkung, 2 = ohne Wirkung

5 Diskussion

5.1 Methodische Untersuchungen

5.1.1 Untersuchungen zur Konservierung von Harnproben

Harnproben reagieren sehr empfindlich gegenüber Transport und Lagerung, sodass sich die zu untersuchenden Parameter unter Temperatur- und Lufteinflüssen verändern können. Die genauesten und konstantesten Ergebnisse werden erzielt, wenn die zu untersuchende Probe unmittelbar nach ihrer Entnahme analysiert wird. Da dies praktisch nicht möglich ist, ist das bisherige Mittel der Wahl der möglichst schnelle Transport zum Untersuchungslabor bei Kühlschranktemperatur bzw. in eingefrorenem Zustand. Eine von Westphal *et al.* (2006) durchgeführte Studie prüfte bereits die Konservierung von Harnproben über die Zeit. Westphal *et al.* (2006) konnte zeigen, dass die mit dem Konservierungsmittel Bronopol II versetzten Proben bezüglich dem pH, der NSBA und Calciumausscheidung nur geringe Veränderungen aufwiesen.

Da einer der betreuten Betriebe keine Möglichkeit hatte die Proben einzufrieren, sollte die Methode zur Konservierung überprüft werden.

Die mit Bronopol II versetzten Harnproben wurden bei Kühlschrank- (5 °C) und Raumtemperatur (25 °C) untersucht und verglichen. Die Entwicklung des pH-Wertes verhält sich bei 5 °C über die Zeit fast konstant. Bei 25 °C ist die Veränderung geringfügig größer. Beide Werte sinken im Zeitfenster von bis zu 72 Stunden gering. Durch die Berechnung der Differenz aus Ausgangswert und jeweiligem Mittelwert über die Zeit wird diese geringe Abweichung bestätigt. Eine Absenkung des pH-Wertes nach Lagerung des Harns bestätigt auch Bender (2002). Bender prüfte Veränderungen des Harns bei Lagerung ohne Konservierungsmittel. Die NSBA senkt sich bei 5 °C durchschnittlich um 0,15%/h und bei 25 °C um 0,88%/h ab. Die Berechnung des Mittelwertvergleichs zum entsprechenden Ausgangswert zeigt hier auch sehr deutlich, dass die NSBA bei Raumtemperatur eine größere Differenz aufweist. Die Calciumwerte verändern sich mit 0,05%/h bei 5 °C und 0,0%/h bei 25 °C fast gar nicht. Dieses Ergebnis bestätigt Westphal *et al.* (2006) in der oben genannten Studie. Die Veränderungen der Mg- und NH_4^+ -Werte sind sowohl bei der prozentualen Auswertung, als auch bei der Bestimmung der Differenzen leicht erhöht. Im Fall des NH_4^+ spricht das für einsetzende Verderbnisprozesse. Der Natrium- und Kaliumgehalt steigt über die Zeit extrem

an. Natrium ist über 72 Stunden bei 5 °C um durchschnittlich 103,6% und bei 25 °C um 119,4% gestiegen. Kalium verändert sich um durchschnittlich 53,2% bei 5 °C und um 62,6% bei 25 °C. Bei der Berechnung von der Differenz aus dem Ausgangswert und jeweiligem Mittelwert über die Zeit wird diese große Abweichung bestätigt. Diese starken Veränderungen sind kritisch zu bewerten und machen die Methode für Natrium und Kalium ungeeignet. Es bleibt die Frage offen, welche Ursache begründend dahinter steckt. Es sollte hier in weiteren Studien untersucht werden, ob die Veränderung im Zusammenhang zu der Konservierung mit Bronopol steht.

5.1.2 Vergleich von Pool- und Mittelwerten bezüglich pH, NSBA und Calcium

Da es sich beim Einsatz von sauren Salzen um eine Herdenmaßnahme handelt, wird die Entscheidung über deren Einsatz und die Überprüfung der Wirksamkeit nicht über das Einzeltier ermittelt, sondern über den Mittelwert der Gruppe. Das ermöglicht eine einheitliche Bewertung der Parameter auf Herdenbasis (Rossow *et al.* 1987; Ingraham und Kappel 1988). Hierfür ist die Analyse von Einzeltierproben Voraussetzung. Da diese Methode sehr zeit- und kostenintensiv ist, sollten die Methoden der Poolprobenanalyse mit den Ergebnissen der entsprechenden Mittelwerte mit Hilfe des Methodenvergleiches nach Bland und Altman (Bland 1986) verglichen werden. In dieser Gegenüberstellung werden die Differenzen zwischen zwei Meßmethoden dargestellt. Die Überprüfung der Konservierung von Harnproben (Kap. 5.1.1) ergab konstante Ergebnisse für pH, NSBA und Calcium sowie eine inkonstante Entwicklung für Natrium und Kalium. Aufgrund dessen werden für den Vergleich beider Methoden nur die Werte für pH, NSBA und Calcium berücksichtigt. Diese Parameter werden in der Literatur als wichtige Kenngrößen zur Überwachung der Wirkung von Anionenrationen abgegeben (Gaynor *et al.* 1989; Jardon 1995; Gelfert *et al.* 2004).

Der Vergleich von pH-Mittel- und Poolwerten zeigt, dass sich die Methoden im Signifikanzwert $p = 0,012$ signifikant voneinander unterscheiden. Der Signifikanzwert p soll $> 0,10$ sein und zeigen, dass sich die Messmethoden nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Differenz zwischen beiden Methoden beträgt $D = -0,12$. Bei einem Wert von $D = -0,12$ erkennt man, dass der Poolwert um diesen Wert vom Mittelwert abweicht. Der Poolwert ist um diesen Wert basischer als der Mittelwert. Das lässt auf einen systematischen Fehler durch den Vorgang der Poolbildung schließen. Luftkontakt und somit der Austausch von CO_2 und dem Austritt von flüchtigem Ammoniak verändern den pH-Wert.

Betrachtet man den Regressionskoeffizienten, so verändert sich die Abweichung mit steigendem pH. Bei niedrigem pH ist die Abweichung größer als bei einem höheren pH-Wert. Dies kann mit der höheren Empfindlichkeit eines niedrigen pH-Wertes gegenüber Luftfeuchten zusammenhängen. Der Wert $D = -0,12$ ist jedoch so gering, dass es mit Einbeziehung dieser Kenngröße vertretbar sein kann auch mit dem Poolwert zu arbeiten. Die genaueste Methode den pH-Wert zu messen, wäre die direkte Messung im Stall. Bei der NSBA und auch beim Calcium unterscheiden sich die Meßmethoden nicht signifikant voneinander. Hier ist die Differenz zwischen beiden Methoden sehr gering. Das heißt, der Mittelwert lässt sich gut über den Poolwert beschreiben.

5.1.3 Beschreibung der Streuung von Einzelwerten um den Mittelwert

Der Bland-Altman-Methodenvergleich lässt die Beschreibung des Mittelwertes durch den Poolwert zu. Da die Bildung von Poolproben eine Kostenersparnis bedeutet (Lehwenich 1999), sollte eine Aussage über die Poolprobe zur einheitlichen Bewertung der Herdensituation geprüft werden. Hierfür wurde das Maß der Streuung der Einzelwerte innerhalb der Gruppe um den Mittelwert dargestellt. Kenngröße zum Vergleich der Streuungen sind die entsprechenden Variationskoeffizienten. Sie sollten den Wert eins nicht überschreiten. Werte, die darunter liegen, können als annehmbar gewertet werden (Arndt 2009).

In der Boxplot-Darstellung ist erkennbar, dass bei einem Großteil der Proben lediglich eine geringe Streuung vorhanden ist. Der Vergleich der pH-Werte zeigt nur eine minimale Streuung ($x_{\max} = 0,14$). Für den pH bedeutet das, dass der Mittelwert den Einzelwert widerspiegelt. Bei der NSBA ist bei 80% der Proben eine kleine Streuung erkennbar, das fünfte Quintil weist eine stärkere Streuung auf. Diese Abweichung lässt sich auf die teilweise vorhandene Inhomogenität in der Vorbereitungsgruppe sowie das Herdenmanagement zurückführen. Grundvoraussetzung für eine geringe Streuung sind gleiche Bedingungen. Ist eine derartige Streuung vorhanden, sollten die genauen Ursachen ermittelt und beseitigt werden. Die Calciumausscheidung zeigt in den Gruppen überwiegend eine geringe Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert und bleibt mit $x_{\max} < 1$. Das bedeutet, dass auch hier der Mittelwert den Einzelwert gut beschreibt. Der Mittelwert kann den Einzelwert widerspiegeln. Sind die Bedingungen stabil, kann für die NSBA und die Calciumausscheidung der Poolwert die Einzelprobenanalyse für die Bestandsmaßnahme ersetzen.

5.2 Beschreibung der Betriebe mit einer moderaten Regulation der DCAB

Der Einsatz von Anionenrationen wird vielfach kontrovers diskutiert. Es gibt viele Untersuchungen zum Einsatz saurer Salze im klassischen Sinn. Dies bedeutet eine starke DCAB-Absenkung in Bereiche von -50 bis -250meq/kg TS. Die Tiere zeigen eine deutliche azidotische Reaktion auf metabolischer Ebene (Goff und Horst 1998; Staufenbiel und Engelhardt 1999). Einerseits wird so die Calciummobilisation aktiviert, andererseits wurden Futteraufnahmedepression und als Folge Ketose sowie Stoffwechsellage beobachtet. Zur Vermeidung des Risikos dieser unerwünschten Nebenwirkungen wurden auf zwei Betrieben Untersuchungen mit einer moderaten Absenkung der DCAB durchgeführt. Dabei hat Betrieb A zu Beginn der Studie als saures Salz das Calciumsulfat Transi®fit pur im klassischen Sinn eingesetzt. Die DCAB betrug -75meq/kg TS bei 400g des eingesetzten sauren Salzes. Zur Umstellung auf die moderate Absenkung wurde die Salzgabe um die Hälfte auf 200g reduziert.

Betrieb B hat zuvor keine sauren Salze eingesetzt. Hier wurde ein Salzgemisch aus Magnesiumsulfat, Calciumchlorid und Calciumsulfat verwendet. Ziel war es, die DCAB auf Werte zwischen 0 und 50meq/kg TS abzusinken.

Als Erfolgskontrolle wurden die Harnparameter pH, NSBA und Calcium überprüft und die Effekte der moderaten Absenkung auf die Tiergesundheit dokumentiert. Bei Rationswechsel wurde die Ration der Vorbereiterration analysiert. Die TMR-Analyse diente begleitend als Ausgangs- und Kontrollkennwert. Im Feldversuch ist keine konstante DCAB-Absenkung erreicht worden. Aufgrund der geringen Datenlage, bedingt durch die zeitlich inkonstant genommenen TMR-Proben, lässt sich kein direkter signifikanter Zusammenhang zwischen den Rationskennwerten und der Harnreaktion erkennen. Als kontinuierlicher Kontrollparameter wurde die Harnuntersuchung - insbesondere der pH-Wert, die NSBA und die Calciumausscheidung - herangezogen. Hier kann ein zeitlicher Zusammenhang zwischen der Salzmenge, den Harnergebnissen in der Calciumausscheidung und der gesundheitlichen Entwicklung insbesondere der Gebärpäreseinzidenz hergestellt werden. Werden 200g/kg TS saures Salz eingesetzt, spiegelt sich das in einem Harn-pH von über 7,8 wider. Entsprechend ist die NSBA über der oberen Referenzgrenze von 50mmol/l. Betrieb A reagiert mit einem starken Anstieg der Gebärpäreseinzidenz. Ebenso korrelieren die im Zusammenhang stehenden anderen Erkrankungssyndrome der postpartalen Transitperiode, wie Labmagenverlagerung und Retentio secundarium, auf eine nicht ausreichende Calciummobilisierung. Eine positive

Wirkung setzt bei einem $\text{pH} < 7,8$ und einer Calciumausscheidung $> 5 \text{ mmol/l}$ ein (Goebbels 2005). Beide Betriebe erreichen diese Werte erst mit Steigerung der Salzmenge: Betrieb A ab 300 g/kg TS und Betrieb B ab 380 g/kg TS . Betrieb B fällt durch eine starke Streuung in der NSBA auf. Hier kann ein Zusammenhang zu der Bandfütterung gesehen werden. Die Dosierung der sauren Salze über den Sprühdosierer war für diesen Betrieb problematisch. Hierin liegt eine mögliche Fehlerquelle. So lassen sich die stark schwankenden Ergebnisse der DCAB-Analyse erklären. Ebenfalls schwanken die Futtergehalte der einzelnen Elemente bei gleicher Rezeptur bedingt durch die mehr oder weniger großen Schwankungen innerhalb eines Futterstocks. Ein weiterer Faktor ist die Möglichkeit der Rationsentmischung, die über eine Bandfütterung gegeben sein kann. Es handelt sich bei einer Feldstudie immer um ein multifaktoriell bestimmtes Geschehen, sodass nicht alle Einflussgrößen erfassbar sind. Der Zeitverlauf bezüglich der Calciumausscheidung im Harn weist bei beiden Betrieben auf eine inhomogene Verteilung mit subklinischen Fällen auch bei steigender Salzmenge hin. Ursächlich kann das an betriebsabhängigen Faktoren liegen, die den Kuhkomfort und die Rangordnung, entsprechend auch das Fressverhalten der Tiere bestimmen (Horst *et al.* 1997; Houe *et al.* 2001; Gelfert, Passfeld *et al.* 2006; Wilde 2006).

Die Schwankungen in der Ration spiegeln sich ebenfalls in der bereits beschriebenen Entwicklung der Tiergesundheit wider. Betrieb A hat mit steigender Salzmenge (330 g) eine deutliche Absenkung auf Labmagen- und Gebärpäreseinzidenz und eine leicht sinkende Inzidenz für Endometritiden. Eine steigende Salzmenge wirkt sich bei Betrieb B ab 380 g/kg TS positiv auf die Gebärpäreseinzidenz aus. Beide Betriebe lassen erkennen, dass die nicht an Gebärpärese erkrankten Kühe oft von mehreren anderen Erkrankungskomplexen betroffen sind. Das deutet darauf hin, dass diese Tiere eine subklinische Hypokalzämie haben. Die bereits beschriebene inhomogene Verteilung bezüglich der Calciumausscheidung bekräftigt das. Allein die Entwicklung der Mastitiden wird durch einen jahreszeitlichen Rhythmus bestimmt. Betrieb A hat hier in der warmen Jahreszeit einen erhöhten Infektionsdruck angegeben.

Beim Einsatz saurer Salze müssen nicht nur betriebsinterne Managementfaktoren, sondern auch die Kuh direkt betreffende Kriterien berücksichtigt werden (Houe *et al.* 2001). Diese Größen sind in einer Feldstudie schwer zu erfassen. Dennoch stellt deren Anwendung hohe Anforderungen an das Fütterungs- und Betriebsmanagement. So ist eine wiederkäuergerechte, sensorisch einwandfreie, auf den Bedarf der Vorbereitungsperiode zugeschnittene Ration mit

besten Qualität der einzelnen Fütterungskomponenten unerlässlich. Die Maßgaben für die Versorgung mit Energie, strukturierter Rohfaser, Rohprotein, Vitaminen und Spurenelementen sollen denen von Vorbereitungskühen entsprechen. Anionenrationen sollten nur dann eingesetzt werden, wenn die aufgestellten Forderungen einzuhalten sind. Kann das gewährleistet werden, stellen sie eine zuverlässige Prophylaxemethode der Gebärparese und der subklinischen Hypokalzämie dar. Als Erfolg kann eine wesentliche Verbesserung der Herdengesundheit erwartet werden, insbesondere durch die Reduzierung der Folgeerkrankungen der subklinischen Hypokalzämie (Horst, Goff *et al.* 1994).

Bei alleiniger moderater Absenkung der DCAB gestaltet sich diese unter Einbeziehung der subklinischen Hypokalzämie unsicher und setzt möglicherweise die Ermittlung und Festlegung weiterer Inzidenz-Faktoren voraus, ebenso wie die Effekte dieser Faktoren auf die Produktion (Houe *et al.* 2001). Es gilt für den Betrieb stets auf mögliche Fehlerquellen zu achten und diese zu eliminieren. Das kann die Effektivität der Fütterung saurer Salze erhöhen. Um eine erfolgreiche Prophylaxe zu erreichen, werden in der Literatur DCAB-Werte um 0 meq/kg TS und darunter gefordert (Dishington und Bjornstad 1982; Tucker *et al.* 1992; Block 1994; Horst, Goff *et al.* 1994; Horst *et al.* 1997). Dies bedeutet einen Ausgleich der starken Kationen durch den vermehrten Einsatz von Anionen bzw. eine deutliche Verschiebung des Kationen-Anionen-Verhältnisses in Richtung Anionen. Werden diese Werte eingehalten, kann man von einer Anionenration sprechen. Werden DCAB-Werte angestrebt, die im positiven Bereich liegen, bleiben die starken Kationen in der Überzahl. Das hat einen DCAB-Wert > 0 meq/kg TS zur Folge. Die Alkalität der Ration wird nur soweit herabgesetzt, dass sie nicht im Sinn einer klassischen Anionenration wirkt. Es wird vielmehr die DCAB reguliert, das heißt sie wird deutlich erniedrigt, ohne azidifizierend zu wirken. Man kann hierfür den Begriff „DCAB-Regulator“ einführen. Die in diesem Sinne verwendeten sauren Salze sollten eine DCAB von >100 bis <300 meq/kg TS anstreben. Die DCAB kann je nach angestrebtem Zielbereich entsprechend variiert werden. Ein hierfür wichtiger Aspekt ist das eingesetzte saure Salz. Magnesiumsulfat hat alleine eine deutlich geringere azidifizierende Wirkung als Calciumsulfat oder Calciumchlorid. Die Kombination der unterschiedlichen sauren Salze beeinflusst zusätzlich die Absenkung der DCAB (Staufenbiel 2000). Sie können so abhängig von der Rationsvorgabe modulierend und bedarfsgerecht die DCAB beeinflussen und optimieren.

In Bezug auf die Mengenelemente sollte auf die Einhaltung der Obergrenze für die Kaliumkonzentration geachtet werden. Diese sollte einen Wert von 15g/kg TS nicht überschreiten. Ebenfalls ist ein enges Ca/P-Verhältnis zu berücksichtigen. Schwefel wird die gleiche Anionenwirkung zugesprochen wie Chlorid. Beide spielen eine wichtige Rolle dabei, dem Kaliumgehalt entgegenzuwirken (Goff *et al.* 1991). Der Einsatz saurer Salze sollte differenziert und in Abhängigkeit vom ausgehenden sowie angestrebten DCAB-Wert gestaltet werden. Jedoch sind DCAB-Bereiche zwischen 50 und 100 meq/kg TS als kritisch und unsicher anzusehen. Der moderate Einsatz von Anionenrationen zeigt, dass in diesem Bereich die subklinisch erkrankten Fälle nicht vollständig zu eliminieren sind. Folglich sollte dieser Bereich nicht angestrebt werden. Deshalb sind saure Salze im Sinn der DCAB-Regulation als alleinige Prophylaxemaßnahme nicht sicher geeignet. Es sollte abgewogen werden, welche zusätzlichen Maßnahmen greifen können, um das System zu optimieren. Calcium stellt hier ein wichtiges Element der Modulation dar. Je höher die DCAB der Ration, desto niedriger sollte die Calciumzufuhr gestaltet sein. So kann es gelingen, die Calciummobilisation zu aktivieren, ohne eine azidotische Stoffwechsellage mit ihren Nebenwirkungen zu erzielen. Es sollte zusätzlich auf eine ausreichende Vitamin-D-Zufuhr und ein enges Ca/P-Verhältnis geachtet werden. Befindet sich die DCAB im Bereich einer Anionenration (-50 bis 50 meq/kg TS) bei gleichzeitig unzureichender Calciumversorgung, so kann das zu einer Entgleisung im Calciumstoffwechsel führen. Deshalb sollte der Calciumgehalt in Korrelation mit einer sinkenden DCAB entsprechend angepasst werden. Die Kombination der einzelnen Möglichkeiten in bestimmten DCAB-Bereichen kann die Effektivität der Gebärpareseprophylaxe erhöhen und so die Risiken der Anionenration vermeiden.

5.3 Querschnittsstudie der Rationsinhalte in den Jahren 2006 bis 2008

5.3.1 Analyse der Rationsinhalte der Jahre 2006 bis 2008

Die Untersuchung vergleicht die DCAB, sowie die Mengenelementgehalte von Natrium, Kalium, Chlorid, Schwefel und Magnesium von Vorbereiterrationen mit der Fütterung von Anionen und ohne deren Einsatz. Es wurden die Ergebnisse der Rationsanalysen aus den Jahren 2006, 2007 und 2008 berücksichtigt. In allen untersuchten Jahren zeigen die DCAB und der Schwefelgehalt mit und ohne den Einsatz von Anionen deutliche Unterschiede. Ebenfalls besteht für das Jahr 2007 ein signifikanter Unterschied im Chloridgehalt bei Rationen mit und ohne Anionen. Für die Parameter DCAB und Schwefelgehalt lassen sich die Unterschiede jahresübergreifend darstellen. In allen Jahren korreliert eine niedrige DCAB mit einem hohen Schwefelgehalt beim Einsatz von Anionen und umgekehrt bei anionenfreien Rationen. Dieser Zusammenhang lässt sich mit dem vermehrten Einsatz von Schwefelsalzen begründen. Schwefel ist in seiner Wirkung auf die DCAB mit der des Chloridgehaltes zu vergleichen und ein wichtiger Bestandteil der DCAB-Formel. Diese berücksichtigt den Schwefelgehalt, nicht aber die tatsächliche Wirkung des eingesetzten Sulfats auf den pH. In seiner Bedeutung wird die pH-Wirkung von Schwefel in Abhängigkeit vom tatsächlichen Sulfatanteil immer überschätzt. So wird der organische Schwefel von Bakterien während der Verdauungsprozesse beeinflusst (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004).

5.3.2 Bundesländer-Vergleich der DCAB und Mengenelemente

Innerhalb der Bundesländer sollten die untersuchten Vorbereiterrationen miteinander verglichen werden und auf signifikante Unterschiede geprüft werden. Da die Stichprobe nicht ausreichend groß ist, können keine Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern dargestellt werden. Bei der Einzelbetrachtung bestehen signifikante Unterschiede zwischen Rationen mit und ohne Fütterung saurer Salze. Es korreliert ein erhöhter Schwefelgehalt mit einer niedrigen DCAB. Diese signifikanten Unterschiede können für die Bundesländer Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern gezeigt werden. Brandenburg weist zusätzlich einen signifikanten Unterschied im Chloridgehalt auf. Dieser steigt beim Einsatz saurer Salze. Die Ergebnisse lassen einen Rückschluss auf die eingesetzten Anionen zu, nicht auf die regionale Bodenbeschaffenheit. Um regionale Unterschiede bezüglich des Einflusses der

Bodenbeschaffenheit und der Wasserqualität auf die Inhalte der Vorbereiterration aufzuzeigen, bedarf es weiterer Untersuchungen.

5.3.3 Einfluss der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen

In der durchgeführten Untersuchung soll festgestellt werden, ob einzelne Rationsinhalte die Wirkung von Anionenrationen auf den Säuren-Basen-Haushalt von Vorbereiterkühen und deren Effekte auf die Calciumaktivierung beeinflussen. Hierfür wurden die Inhaltsstoffe der Ration und die Harnergebnisse der Vorbereiterkühe auf bivariate Signifikanz nach Spearman überprüft. Die miteinander signifikant korrelierenden Ergebnisse wurden einander gegenübergestellt.

Die Rationsinhalte beeinflussen hauptsächlich die Calciumausscheidung im Harn der Vorbereiter. Die DCAB korreliert positiv zu der NSBA und dem Harn-pH, negativ zu der Calciumausscheidung. Das bedeutet, dass die NSBA und der pH bei steigender DCAB vergrößert, und die Calciumausscheidung verringert wird.

Der Calciumgehalt im Futter zeigt eine negative Korrelation zu der NSBA und eine positive zu der Calciumausscheidung.

Kalium korreliert positiv zum Harn-pH und der NSBA und negativ zur Calciumausscheidung. Der Grobfutteranteil einer Milchkuhration ist in der Regel auf Grund der pflanzlichen Grundlage kaliumreich (Goff 2006). Kalium gehört zu den Kationen und verschiebt das Verhältnis einer Ration in Richtung Alkalität. Das spiegelt sich auf Stoffwechselebene im Säuren-Basen-Haushalt der Milchkuh wider. Die alkalische Situation behindert eine Aktivierung der Calciummobilisation (Goff *et al.* 1987; Hu und Murphy 2004). Dieser Zusammenhang lässt sich über die DCAB-Formel erklären. Kalium geht als Kation in die Berechnung der DCAB ein. Die DCAB errechnet sich aus der Differenz der Konzentrationen von Kalium und Natrium und der von Chlorid und Schwefel nach folgender Formel (Block 1984):

$$\text{DCAD (meq)} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$$

Die Konzentrationsangaben resultieren aus den Äquivalentmassen und werden in meq/kg TS angegeben. Die Konzentrationen der Rationsanalyse werden in g/kg TS angegeben.

Unter Einbeziehung der Molekularmassen und der Wertigkeit ergibt sich folgende Formel (Staufenbiel *et al.* 2003):

$$\text{DCAB [meq/kg TS]} = (43,5 \times \text{Na} + 25,6 \times \text{K}) - (28,2 \times \text{Cl} + 62,3 \times \text{S}) \quad [\text{g/kg TS}]$$

Die Berechnung bezieht nur die Ionen ein, die eine starke Wirkung auf den pH aufweisen. Bei der durchgeführten Untersuchung weisen nur Kalium und Chlorid eine 2-seitig signifikante Korrelation in Bezug auf den Harn-pH auf. Chlorid zeigt hier einen negativen Zusammenhang zum Harn-pH auf. Die Konzentration von Schwefel korreliert 2-seitig signifikant positiv zu der Calciumausscheidung im Harn. Schwefel geht als Anion in die DCAB-Formel ein. Es wirkt positiv auf eine azidotische Stoffwechsellage und fördert die Calciumaktivierung (Goff und Horst 1997; Lean *et al.* 2006). Im Gegensatz zu einer bereits durchgeführten Analyse von Rationskenndaten der Jahre 2002 bis 2004 (Goebbels 2005) kann hier keine 2-seitig signifikante Korrelation zwischen dem Rohaschegehalt und der Calciumausscheidung festgestellt werden. In dieser Studie wurde der Einfluss von Rationsinhalten auf die Wirkung von Anionenrationen, widergespiegelt in den Harnreaktionen der Vorbereiter, überprüft. Auch hier kann kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Natriumgehalt in der Ration und den Harnreaktionen hergestellt werden. Ein wesentlicher Unterschied zu der von Goebbels durchgeführten Studie ist, dass dieser auf Grund der durchgeführten statistischen Tests von einer Normalverteilung der Werte ausgegangen sein muss. Die hier vorliegenden Daten sind nicht normal verteilt. Eine Erklärung hierfür ist zum einen, dass die beprobten Betriebe unterschiedliche Haltungs-, Fütterungs- und Managementformen aufweisen. Zum anderen beinhaltet eine Feldstudie immer Einflussfaktoren (Horst *et al.* 1997; Houe *et al.* 2001; Gelfert, Passfeld *et al.* 2006; Wilde 2006), die nicht erfasst werden können. Es kann kein 2-seitig signifikanter Zusammenhang zwischen den Rationsinhalten und den Harnreaktionen aufgezeigt werden, wie es bei Goebbels (2005) der Fall war.

5.3.4 Situation der Betriebe mit und ohne Fütterung saurer Salze

Die Rationszusammensetzung beim Einsatz saurer Salze stellt eine wichtige Säule für deren Erfolg im Sinne einer milden metabolischen Azidose und der daraus resultierenden vermehrten Calciummobilisation und -verfügbarkeit zum Kalbezeitpunkt dar. In diesem Kapitel werden die Rationsinhalte der Betriebe, die keine Anionen einsetzen, mit denen, die

diese in der Vorbereiterperiode verfüttern, verglichen. Um einen Rückschluss auf die Wirkung saurer Salze, die sich im Harn widerspiegelt, zu erlangen, werden ebenfalls die entsprechenden Ergebnisse im Harn der Vorbereiter einander gegenübergestellt.

Bezüglich der Rationskennwerte ist ein signifikanter Unterschied bei der DCAB und den Mengenelementen Schwefel und Chlorid zu erkennen. Dennoch liegt die DCAB mit einem Median von 101meq/kg TS deutlich im positiven Bereich und nicht wie in der Literatur empfohlen um bzw. unter null (Dishington und Bjornstad 1982; Tucker *et al.* 1992; Block 1994; Horst, Goff *et al.* 1994; Horst *et al.* 1997). Auffällig ist, dass die Kationen Natrium und Kalium keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Natrium ist Bestandteil der DCAB-Formel. Es wirkt im Organismus nicht so extrem auf eine alkalotische Stoffwechsellage hin wie Kalium. Ebenfalls ist es auf Grund der pflanzlichen Zusammensetzung einer Wiederkäuerration in der Rationsberechnung zu einem wesentlich geringeren Anteil enthalten als Kalium (Goff *et al.* 1991). Oft wird die Position vertreten, dass saure Salze einem hohen Kaliumanteil entgegenwirken. Tatsächlich wird die Wirkung saurer Salze über erhöhte Kaliumwerte negativ beeinträchtigt, indem diese zu einer verminderten Ansäuerung führen und daraus ein übermäßiger Einsatz von Anionen resultiert. Darin verbirgt sich das Risiko einer verminderten Futteraufnahme schon während der Vorbereitungsperiode und damit einer Stoffwechselentgleisung, die in leistungsreduzierenden Folgeerkrankungen (Grohn *et al.* 1989; Houe *et al.* 2001; Whiteford und Sheldon 2005) resultieren kann. Aus diesem Grund sollte für einen erfolgreichen Einsatz saurer Salze eine Obergrenze des Kaliumgehaltes nicht überschritten werden (NRC 2001). Diese sollte einen engen Rahmenbereich einhalten.

Der Schwefelgehalt liegt beim Einsatz von Anionen signifikant höher als ohne. Schwefel trägt wie Chlorid in der DCAB-Formel zu einer Herabsenkung der DCAB bei (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004). Folge ist die bereits beschriebene gewünschte milde metabolische Azidose mit dem Ziel der gesteigerten Calciumaktivierung. Schwefel hat einen signifikanten und beachtlichen Effekt auf die Milchfieberinzidenz (Lean *et al.* 2006). Ein erhöhter Schwefelgehalt senkt die Milchfieberinzidenz deutlich ab (Goff und Horst 1997; Lean *et al.* 2006). Er wird bei den untersuchten Betrieben oft als Bestandteil der sauren Salze in Verbindung mit Calcium als Calciumsulfat eingesetzt. Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen dem Calciumgehalt der Rationen mit und ohne saure Salze. Hier kann ein Zusammenhang zu dem häufig eingesetzten Calciumsulfat gesehen werden. Ebenfalls wurde beim klassischen Einsatz saurer Salze nachgewiesen, dass geringe Calciumgaben contraindiziert sind

(Oetzel *et al.* 1988). Hier wirkt ein Mangel an Calcium einer gesteigerten Calciummobilisation entgegen.

Die Unterschiede im Chloridgehalt stehen im Zusammenhang mit dem Einsatz von chloridhaltigen Salzen. Durch eine erhöhte Zufuhr von Chlorid wird die DCAB in der Ration erniedrigt (Ulbrich, Hoffmann *et al.* 2004) und so einer alkalischen Ration entgegengewirkt. Beim Einsatz saurer Salze kommen Chloride oft in Salzgemischen vor. Chloride senken die Gebärparesenzidenz ab (Oetzel *et al.* 1988). Laut Goff (2006) spielt der Chloridanteil einer Ration eine wichtige Rolle, dem alkalotischen Effekt von Kalium entgegenzuwirken. Bei einem hohen Kaliumgehalt der Grundration sollte beim Einsatz von Schwefel bzw. Chloriden aber berücksichtigt werden, dass deren Anwendung an der Obergrenze zu Futteraufnahme-depression und den bereits beschriebenen Folgeerkrankungen führen kann. Es sollte also bedacht werden, dass es ungünstig ist, einen hohen Kaliumgehalt mit dem vermehrten Einsatz von Anionen zu kompensieren. So rät Goff, zuerst die Alkalität der Vorbereiterration zu überprüfen und durch Austausch von Futterkomponenten diese herabzusetzen. Ist die Ration danach noch alkalisch, können entsprechend Anionen zugesetzt werden (Goff *et al.* 1991). Jede zusätzliche Kationen-Quelle sollte entfernt werden. Es sollten Futtermittel eingesetzt werden, die eine geringe DCAB aufweisen (Beening 1998). Leguminosen und Grassilagen akkumulieren Kalium zu einem Grad, welcher oft über den Referenzbereichen liegt, wenn die Kaliumkonzentration im Boden hoch ist (Goff 2006). Deshalb ist beim Einsatz saurer Salze eine Höchstgrenze des Kaliumgehaltes eine wichtige Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung.

Durch eine reduzierte DCAB im Futter wird eine milde metabolische Azidose der Vorbereiterkuh erzielt. Diese spiegelt sich im Harn über eine veränderte Säuren-Basen-Ausscheidung wider. Besonders die vermehrte Basenausscheidung und die verringerte Säureelimination werden in einer reduzierten NSBA reflektiert. Der pH-Wert des Harns wird über eine vermehrte Protonenausscheidung herabgesetzt. In der Literatur sind hier unterschiedliche Angaben zu finden. Die Empfehlungen, die unter pH 7,0 lagen (Horst *et al.* 1997), konnten hier nicht erreicht werden. Die Betriebe mit Anionen erzielten einen Median von 7,9. Dieser Wert liegt über dem erwarteten pH-Wert. Bei Betrachtung der Mengenelemente im Harn ist kein Effekt in der Calciumaktivierung erkennbar. Die niedrige Calciumausscheidung korreliert mit der hohen DCAB und dem erhöhten pH-Wert. Das lässt die Frage aufwerfen, ob der Einsatz saurer Salze auf diesen Betrieben überhaupt eine Wirkung erzielt hat.

5.3.5 Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung saurer Salze

Die gesundheitliche Überwachung der Milchkuhherde, ein gutes Management, sowie zielgerechte Fütterung sind Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Einsatz saurer Salze. Wird auf ein optimales Fütterungsmanagement geachtet, kann eine Futteraufnahmedepression während der Transitperiode vermieden werden (Oetzel 2000). Überkonditionierte Kühe sind um den Kalbezeitraum prädisponiert an Milchfieber zu erkranken (Harris 1981; Heuer, Schukken *et al.* 1999; Staufenbiel 1999). Eine reduzierte Futteraufnahme in der Vorbereitungsphase führt zu einer negativen Energiebilanz (Rukkwamsuk, Kruij *et al.* 1999). Die Entstehung von Stoffwechselerkrankungen wird begünstigt. Die Energieaufnahme sollte deshalb in der mittleren und späten Laktation so ausgerichtet sein, dass ein BCS von $\leq 3,5$ erreicht wird. Das Optimum liegt zwischen 3,25 und 3,75 (Studer 1998).

Insbesondere sollte das Auftreten von Gebärpause und die Folgeerkrankungen der subklinischen Hypokalzämie erfasst werden. Grundsätzliche Voraussetzung für eine genaue Datenerhebung ist ein herdengesundheitsorientiertes Management und eine genaue digitale Erfassung von Herdendaten im Herdeprogramm. Diese ermöglichen eine kontinuierliche und objektive Überwachung der Entwicklung einer Hochleistungsherde. Da diese Voraussetzung nicht immer erfüllt war, konnten bei den untersuchten Betrieben aufgrund ungenauer Angaben keine auswertbaren Ergebnisse bezüglich der Gebärpauseinzidenz und deren Folgererkrankungen erzielt werden. Einen weiteren Parameter zur Überprüfung des erfolgreichen Einsatzes saurer Salze stellen die Harnergebnisse der Vorbereiter dar. Es wurden der Harn-pH und die Calciumausscheidung zur Differenzierung der Wirkung saurer Salze herangezogen (Jardon 1995; Horst *et al.* 1997). Maßgeblich wurde ein pH $< 7,8$ und eine Calciumausscheidung $> 5,0$ mmol/l als Wirkungsgrenze angesehen.

Bei Betrachtung der Ration wird deutlich, dass die DCAB mit einer Salzwirkung im Median mit 29,0 meq/kg TS wesentlich niedriger liegt als bei dem Vergleich in Kapitel 5.3.4. Ebenfalls signifikant unterscheidet sich der Schwefelgehalt der Ration.

Die Wirkung der herabgesetzten DCAB in Richtung einer milden metabolischen Azidose spiegelt sich in den Harnergebnissen wider. Diese sind ein wichtiger Indikator zur Überprüfung der Wirkung saurer Salze. Der Median liegt für den pH bei 7,3. Dieser Wert befindet sich im physiologischen Bereich und oberhalb der in der Literatur geforderten Angaben (Horst *et al.* 1997). Die NSBA liegt mit 19,1 mmol/l noch im positiven Bereich, ist aber deutlich abgesenkt. Das Ergebnis entspricht den in Deutschland angegebenen Empfehlungen

(Bender, Gelfert *et al.* 2003; Frömer 2005; Gelfert *et al.* 2004). Der Basengehalt im Harn ist mit der Wirkung saurer Salze deutlich erniedrigt und liegt im Median bei 100 mmol/l. Diese Herabsetzung beeinflusst die NSBA und führt zu einer Absenkung der NSBA und des Basen-Säuren-Quotienten (BSQ). Der BSQ unterscheidet sich mit 1,4 mmol/l signifikant von den Ergebnissen ohne Wirkung. Beim Ammoniakgehalt bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Betrieben mit einer Wirkung von Anionen und denen ohne Wirkung. Kühe mit Anionenfütterung entwickeln eine milde metabolische Azidose. Diese wird über vermehrte Protonenausscheidung (H^+) über die Nieren kompensiert (Tucker, Harrison *et al.* 1988). Ammonium (NH_3) puffert die freien H^+ -Ionen ab und es entsteht Ammoniak (NH_4), welches über den Urin ausgeschleust wird (Bender, Gelfert *et al.* 2001). Ein weiteres Puffersystem stellt der pH-Wert dar. Sinkt dieser bei der Kompensation der metabolischen Azidose, steigt der Ammoniakgehalt im Harn an (Wang und Beede 1992a).

Die Mengenelemente unterscheiden sich nur in der Calciumausscheidung. Hier liegt die Reaktion mit einer Wirkung bei 12,9 mmol/l, im Gegensatz zu 2,9 mmol/l ohne Anionenwirkung. Die vermehrte Calciumausscheidung korreliert mit der signifikant reduzierten DCAB (Gaynor *et al.* 1989; Block 1994; Horst, *et al.* 1997).

Für die Gesamtbetrachtung auf die Effekte der Anionenration sollte die gesundheitliche und leistungsbezogene Entwicklung einbezogen werden.

6 Zusammenfassende Diskussion

Die Konservierung von Harn mit Bronopol stellt für die Untersuchung der Parameter pH, NSBA und Calcium bei Kühlschranktemperatur eine geeignete Möglichkeit dar. Die Abweichungen sind hier gering. Die Methode ist für die Mengenelemente Natrium und Kalium nicht geeignet, da sich die Parameter über die Zeit erheblich verändern.

Die Untersuchungen zur Poolprobenuntersuchung des Harns haben gezeigt, dass sich der Mittelwert durch den Poolwert gut beschreiben lässt. Da die Streuung der Einzelprobe um den jeweiligen Mittelwert überwiegend gering ist, lässt dies den Schluss zu, dass die Poolprobe für die Herdenmaßnahme eine geeignete Methode ist, die Mittelwertsbestimmung zu ersetzen. Eine Ausnahme bildet die signifikante Abweichung vom pH-Mittel- und -Poolwert beim Bland-Altman-Methodenvergleich. Man kann auf einen systematischen Fehler durch den Vorgang der Poolbildung schließen. Luftkontakt und somit der Austausch von CO₂, Austritt von flüchtigem Ammoniak verändern den pH-Wert. Die vorhandenen Abweichungen sind so gering, dass sie im tolerierbaren Bereich sind. Für die Einzeltieruntersuchung wäre eine vom Landwirt direkt durchgeführte Messung des pH-Wertes im Stall die genaueste und preiswerteste Meßmethode.

Für die Nutzung gepoolter Proben sollten folgende Voraussetzungen gegeben sein:

1. Der betreuende Tierarzt sollte die genaue Kenntnis über die Bestandssituation haben,
2. Die Bedingungen der durchzuführende Maßnahme sollten für alle Tiere gleich sein,
3. Die Tiere sollten repräsentativ für die Gruppe sein, damit in Bezug auf die jeweilige Fragestellung eine Aussage getroffen werden kann.

Vorteile sind:

1. Labordiagnostische Kosten- und Zeitersparnis, bei gleichzeitigem Überblick über die Herdensituation,
2. Eine geringe Datenmenge.

Da man keine Information über eine mögliche Streuung oder Einzelparameter erhält, sind Einzeltiermaßnahmen hier nicht möglich.

Der durchgeführte Feldversuch zum moderaten Einsatz saurer Salze konnte eine subklinische Hypokalzämie nicht vermeiden. Da bei der Methode viele Faktoren nicht vor Ort bestimmt werden konnten, war eine detailliertere Auswertung und Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren nicht möglich. Setzt man saure Salze so ein, dass sie die DCAB zwar deutlich reduzieren, diese aber keine acidifizierende Wirkung auf den Stoffwechsel haben, kann man von sauren Salzen als „DCAB-Regulator“ sprechen. Diese haben das Ziel, eine stark alkalische Ration mit einem extremen Kationenüberschuss in einen DCAB-Bereich von >100 und <300 meq/kg TS abzusenken. Die eingesetzten sauren Salze können abhängig von der Rationsvorgabe entsprechend modulierend und bedarfsgerecht die DCAB beeinflussen und optimieren (Tab.44). Liegt der Ausgangswert der DCAB nahe dem Bereich, den eine DCAB-Regulation anstrebt, sollten saure Salze eingesetzt werden, die einen geringen azidotischen Effekt auf den Säuren-Basen-Haushalt bewirken. Dazu gehört Magnesiumsulfat und bei einer potenzierten Wirkung die Kombination mit Calciumsulfat. Weist die DCAB einen deutlich höheren Wert auf (> 400 meq/kg TS), können stärker wirkende saure Salze als Regulatoren verwendet werden. Es wäre Calciumsulfat alleine bzw. in Kombination mit Magnesiumsulfat bzw. Calciumchlorid denkbar (Tab. 44). Der differenzierte Einsatz saurer Salze sollte mit anderen speziellen Prophylaxemethoden kombiniert werden. In Abhängigkeit vom DCAB-Bereich sollte der Calciumgehalt variiert und mit Vitamin D-Substitution, einem engen Ca/P-Verhältnis sowie einer ausreichenden Pansenfermentation kombiniert werden (Tab. 44).

In diesem Sinn eingesetzt können DCAB-Regulatoren deutliche Vorteile erzielen:

1. Ihr Einsatz ist leichter regulierbar
2. Kein Risiko einer metabolischen Stoffwechsellage
3. Auf Grund der geringen Dosierung der sauren Salze besteht ein geringes Risiko einer negativen sensorischen Beeinflussung

Tabelle 44: Differenzierter Einsatz saurer Salze in Abhängigkeit vom DCAB-Bereich in Kombination mit anderen Prophylaxestrategien

DCAB-Bereich nach Zugabe saurer Salze meq/kg TS	Auswahl des sauren Salzes	Calciumgehalt der Ration g/kg TS	Kombination mit anderen Prophylaxemethoden
> 200	MgSO ₄ x 7 H ₂ O	< 4	Calciumarme Fütterung 10Mio IE Vitamin D Enges Ca-/P-Verhältnis Pansenfermentation
100 bis 200	MgSO ₄ x 7 H ₂ O	4 - 6	10Mio IE Vitamin D Enges Ca-/P-Verhältnis Pansenfermentation
50 bis 100 (Unsicherer Bereich)	MgSO ₄ x 7 H ₂ O CaSO ₄ x 2 H ₂ O (CaCl ₂ x 2 H ₂ O)	6 - 8	10Mio IE Vitamin D Pansenfermentation
-50 bis 50	CaSO ₄ x 2 H ₂ O CaCl ₂ x 2 H ₂ O (MgSO ₄ x 7 H ₂ O)	9 - 12	keine notwendig
< -50	CaSO ₄ x 2 H ₂ O CaCl ₂ x 2 H ₂ O (MgSO ₄ x 7 H ₂ O)	9 - 12	Salzmenge reduzieren Prüfung Pansenazidose

Der differenzierte Einsatz saurer Salze erfordert auch individuell angepasste Mengenelementangaben (Tab.45):

Tabelle 45: Empfehlung für Zielwerte von Mengenelementen bei differenziertem Einsatz saurer Salze

DCAB-Bereich nach Zugabe saurer Salze meq/kg TS	Ca (g/kg TS)	P (g/kg TS)	Mg (g/kg TS)	Na (g/kg TS)	K (g/kg TS)	Cl (g/kg TS)	S (g/kg TS)
100 bis 200	4 - 6	3 - 4	2 - 3,5	1,5 - 2	< 15	< 8	2
-50 bis 50	9 - 12	3 - 4	3,5 - 4	1,5 - 2	< 15	< 10	< 4

Als Erfolgskontrolle der Effekte einer Anionenration ist die Harnuntersuchung heranzuziehen. Die drei wichtigsten Größen sind der pH, die NSBA und die Calciumausscheidung im Harn. Die Richtwerte und mögliche Korrekturstellgrößen werden in Tabelle 46 dargestellt.

Tabelle 46: Richtwerte zur Beurteilung des Effektes einer Anionenration über die Harnuntersuchung

	Harn-pH-Wert	Harn-NSBA-Wert mmol/l	Harn-Ca-Konzentration mmol/l
zu alkalisch			
Kaliumgehalt unter 15 g/kg TS senken; Menge der sauren Salze prüfen	> 7,8	> 50	< 7 mmol/l
optimal	7,0 bis 7,8	-50 bis 0	7 bis 15
zu sauer			
Menge der sauren Salze prüfen; Einfluss einer Pansenazidose prüfen	< 7,0	< -50	> 15

Prinzipiell gilt für DCAB-Regulatoren und den klassischen Einsatz von Anionen:

1. Individuelle betriebliche Planung und Überprüfung der Durchführung
2. Einhaltung der Kennwerte einer Vorbereiterration
3. TMR-Analyse dient nur als Grundlage zur Kalkulation der Salzmenge
4. Zur Vermeidung falsch positiver TMR-Analysen nur direkt auf den Futtertisch aufgebrauchte TMR analysieren lassen
5. pH-Wert-Messung des Harns direkt im Stall überprüfen
6. Gesamtrationsanalyse sowie eine NSBA- und Kalziumbestimmung in Harnproben in acht- bis zwölfwöchigen Abständen

7 Zusammenfassung

Die vorgestellte Arbeit gliedert sich in drei Abschnitte mit folgenden Zielen: Zuerst sollte die Konservierung von Harnproben überprüft werden. Das Ziel des zweiten Abschnittes war, ein wirksames Konzept der Gebärpareseprohylaxe zur Vermeidung von Nebenwirkung bei einer moderaten DCAB-Absenkung in der Vorbereiterperiode zu entwickeln. Drittens sollte anhand von Herdendaten in einer Querschnittsstudie ein Überblick zur DCAB (dietary cation anion balance) und zu verschiedenen Mengenelementen (Kalium, Natrium, Magnesium, Chlorid, Schwefel) in den Vorbereiterrationen erstellt und deren Wirkung auf den Stoffwechsel geprüft werden. Für die methodische Harnuntersuchung wurde ein Teil der Harnproben mit dem Konservierungsmittel Bronopol versetzt und aus den Einzelproben Poolproben gebildet. Einerseits wurde deren Lagerungsfähigkeit vergleichend in gekühltem Zustand und bei Raumtemperatur überprüft. Das Ergebnis zeigt, dass die gekühlte Fraktion in ihrer Abweichung in pH, NSBA, Calciumausscheidung, NH_4 und Magnesium von der Ausgangsuntersuchung geringfügig sicherer ist als die raumtemperierte. Die Mengenelemente Natrium und Kalium weisen eine starke Abweichung auf. Für den Harn-pH, die NSBA und die Kalziumausscheidung mit dem nicht konservierten Harn wurden andererseits die Poolwerte mit den Mittelwerten der Einzelproben verglichen. Ebenso wurde die Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert überprüft. Die Abweichungen sind für alle 3 Parameter gering, so dass die Poolwerte repräsentativ für die Mittelwerte und diese für die Einzelwerte stehen können. Im zweiten Teil der Arbeit wurde im Feldversuch in zwei Milchviehbetrieben die Wirksamkeit des moderaten Einsatzes saurer Salze auf die gesundheitliche Entwicklung der Kühe in der Transitperiode untersucht. Durch eine Zufütterung von sauren Salzen erfolgt eine Verschiebung der Mengenelemente. Daraus resultieren eine Senkung der DCAB und eine metabolische Azidose bei der Vorbereiterkuh verbunden mit einer Kalziummobilisation und Erhöhung der Kalziumausscheidung mit dem Harn. Es wurde eine DCAB zwischen 0 und 50 meq/kg TS angestrebt. Als Erfolgskontrolle wurden die Harnparameter pH, NSBA und Calcium überprüft und die Effekte der moderaten Absenkung auf die Tiergesundheit dokumentiert. Lag die DCAB oberhalb 50meq/kg TS, spiegelte es sich in entsprechenden Harnergebnissen (Harn-pH \uparrow , NSBA \uparrow , Calciumausscheidung \downarrow) wider. Daraus resultierten Gebärparesefälle und Folgeerkrankungen der klinischen bzw subklinischen Hypokalzämie. In der Querschnittsstudie wurden die Rationsanalysen der antepartalen Vorbereiterphase von 158 zufällig ausgewählten Milchviehherden der Jahre 2004 bis 2008 verglichen. Es wurde die

DCAB den Mengenelementen Natrium, Kalium, Calcium, Chlorid und Schwefel gegenüber gestellt. Zum einen wurden Betriebe drei verschiedener Bundesländer mit und ohne den Einsatz von Anionen verglichen. Aufgrund der unausgeglichene Datenverteilung konnten keine bundesländerübergreifenden Ergebnisse erzielt werden. Durchgängig korrelierten bei der Einzelbetrachtung in allen Jahren eine niedrige DCAB und Kaliumkonzentration mit einem hohen Calcium- und Schwefelgehalt beim Einsatz von Anionen und umgekehrt bei anionenfreen Rationen. Parallel dazu fanden Harnuntersuchungen der Vorbereiterkühe statt. Es wurde überprüft, ob einzelne Rationsinhalte die Wirkung von Anionenrationen auf den Säuren-Basen-Haushalt von Vorbereiterkühen und deren Effekte auf die Calciumaktivierung zusätzlich beeinflussen. Außer den in die DCAB-Formel eingehenden Mengenelementen konnte kein signifikanter Zusammenhang im Einfluss anderer Rationsparameter auf die Wirkung von Anionenrationen hergestellt werden. Jedoch hat Kalium einen bedeutenden Einfluss auf die Alkalität und folglich den Säuren-Basen-Haushalt der Vorbereiter. Die Einhaltung von einer Höchstgrenze des Kaliumgehaltes ist eine wichtige Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung von Anionenrationen. Beim Vergleich von Betrieben mit und ohne Anionenzugabe wurden die Rationsinhalte der Vorbereiterration mit dem Säuren-Basen-Haushalt und den Mengenelementen im Harn der Vorbereiter verglichen. Die Rationsergebnisse der Betriebe mit Anionenergänzung fielen ähnlich aus wie bei dem bereits beschriebenen Jahresvergleich. Die Harnergebnisse spiegeln die erzielte metabolische Azidose in der Beeinflussung des Säuren-Basen-Haushaltes (pH, NSBA) und einer gesteigerten Kalziumausscheidung wider. Die angestrebten Werte werden weder für die Rationsinhalte noch für die Harnparameter erreicht. Zur besseren Prüfung der Wirkung von Anionenrationen wurden die Betriebe nach festgelegten Wirkungsparametern (pH < 7,8, Ca > 5,0 mmol/l) aufgeteilt. Betriebe mit einer Wirkung haben eine deutlich niedrigere DCAB (0-50 meq/kg TS). Ebenfalls liegt der Schwefelgehalt deutlich höher. Eine Absenkung der Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes bei Wirkung der Anionenzugabe war bei der Aufteilung zu erwarten. Die NSBA lag hier im empfohlenen Bereich. Der Einsatz saurer Salze sollte differenziert und in Abhängigkeit vom ausgehenden sowie angestrebten DCAB-Wert gestaltet werden. DCAB-Bereiche zwischen 50 und 100 meq/kg TS sind als kritisch und unsicher anzusehen. Saure Salze im Sinn der DCAB-Regulation sind alleine nicht sicher. Diese Arbeit erarbeitet ein Konzept, welches den differenzierten Einsatz saurer Salze als DCAB-Regulator in Kombination mit zusätzlichen Maßnahmen sicherer gestaltet.

8 Summary

Investigation for the moderate use of anionic rations to prevent hypocalcaemia in the antepartum transit period of dairy cows

The study is structured in three parts with the following aims: First the preservation of urine samples should be proved. The aim of the second part is the development of an efficient concept to prevent post partum paresis in dairy cows without having the negative effects of a moderate DCAD-lowering. Third a cross sectional study using herd data should give an overview of the DCAD and the minerals (sodium, potassium, sulphur, chlorine) in pre-partum rations influencing its formula and effecting cows health.

For the methodical examination a part of the urine samples was conserved with Bronopol and pool samples were produced from single samples. These samples were divided in two sections: one half kept in room temperature and the other in fridge temperature. On the one hand the ability to store these urine samples without a lack of constant measure exams was compared. Except sodium and potassium, which differed a lot from the beginning, all the other parameters only had a little difference. On the other side the other half of the non-preserved samples was used to make pool samples to compare the results for urine pH, NABE (net-acid-base-elimination) and urine-calcium-excretion with those of the arithmetic mean of the single samples. Furthermore, the statistical spread of the single samples around the arithmetic mean should be proved. The differences were very small, which means that the pool sample can represent the arithmetic mean, and also the single sample.

Second a field study was accomplished to prove the efficiency of a moderate dosed anionic salt and the effects to health development in dairy cows during the transit period. Therefore, two dairy farms were attended for about 10 month. A DCAD between 0 and 50 meq/kg TS should have been achieved. As a control of success the urine parameters pH, NABE and calcium-excretion were consulted as well as the effects on health development. If the DCAD was above 50 meq/kg TS, there was a clear effect on the urine parameters (urine-pH \uparrow , NABE \uparrow , calcium-excretion \downarrow) and the health development. Cases of subclinical or even clinical hypocalcaemia with following diseases increased.

Third the cross sectional study analyses the feeding rations of dry cows containing the DCAD, and the amount of potassium, sodium, sulphur and chlorine. The samples were taken from 158 different dairy farms between 2004 and 2008. First the herds of three federal states with

and without anionic salts were compared. Due to the imbalanced data base no analysable results could be achieved. Comparing the years a low DCAD and potassium-concentration correlates constantly with an increase of calcium and sulphur in anionic rations and vice versa in non anionic rations. In addition, urine samples from pre-partum dry cows were taken to prove if there are additional effects of anionic rations on the acid-base-household and the excretion of calcium. But there was no significant coherence affecting the efficacy of anionic rations except the minerals including the DCAD-formula. Potassium influences the alkalinity of the ration intensely, therefore the acid-base-household in the cow as well with negative effects on calcium-mobilisation and following diseases. Accordingly, for a successful use of anionic salts the limit of potassium should not be overspent. Furthermore, the contents of the rations were compared to the reaction in urine samples taken, especially the acid-base-reaction and the excretion of minerals. According to the comparison of the years 2004 till 2008, farms using anionic salts had a lower DCAD and amount of potassium as well as a higher sulphur- and calcium-concentration in their ration. The urine samples reflect the achieved metabolic acidosis, shown in a decreased urine-pH and NABE and an increased excretion of calcium. This is associated with an activated calcium homoeostasis. But the recommended values for the rations and the metabolic parameters were not achieved. To see the difference between an efficient and non-efficient anionic use, farms feeding anionic salts were separated into the category with or without a successful effect of anionic rations. Therefore, certain parameters of classification were used (urine-pH < 7,8, urine-Ca >5,0 mmol/l). Farms with an effect had a lower DCAD (between 0-50 meq/kg DM) as well as a much higher amount of sulphur. Due to the fact that the efficacy parameters were divided into the urine-pH, it is not surprising that the results of the metabolic effects are as expected: the NABE was in the recommended area.

The use of anionic salts should be examined in a differentiated way and always depending on the prior DCAD and the aspired DCAD. A DCAD between 50 and 100 meq/kg DM should be estimated as an insecure area. Anionic salts used as a modulating element should not be used on its own. This study develops an efficient concept for the differentiated use of anionic salts as a regulating prevention of milk fever in combining additional methods. This makes the use of anionic salts safer.

9 Literaturverzeichnis

Arndt, G. (2009):

Mündliche Mitteilung.

Institut für Biometrie und Informationsverarbeitung.

Autran DeMoraes, H. A. (1992):

A non-traditional approach to acid-base disorders.

In: Fluid therapy in small animal practice.: S. 297-318.

Barlet, J.-P.; Ross, R. (1984):

The influence of calcium intake on plasma calcium and 1,25-dihydroxycholecalciferol concentrations in parturient cows.

British Veterinary Journal. 140(4), 392-397.

Barton, B. A.; Jorgensen, N. A.; DeLuca, H.F. (1987):

The Impact of pre-partum dietary phosphorus intake on calcium homeostasis at parturition.

J Dairy Sci. 70(6): 1186-91.

Beede, D. K.; Pilbeam T.E.; Puffenbarger, S. M.; Tempelman, R. J. (2001):

Peripartum responses of Holstein cows and heifers fed graded concentrations of calcium (calcium carbonate) and anion (chloride) three weeks before calving.

J. Dairy Sci. 84, 83.

Beede, D. K.; Risco, C. A.; Donovan, G.A.; Wang, C. (1991):

Nutritional management of the late pregnant dry cow with particular reference to dietary cation-anion difference and calcium supplementation.

Proc. 24th Annu. Conv. AANP, 1991.

Beening, S. (1998):

Untersuchungen zu den Effekten einer Veränderung des Kationen-Anionen-Verhältnisses (DCAB) in Wiederkäuerrationen auf Parameter des Säuren-Basen-Status und auf die Mineralstoffbilanz.

Vet. Med. Diss., Hannover.

Bender, S. (2002):

Einsatz der Harnuntersuchung zur Beurteilung des Säure-Base- und des Mineralstoffhaushaltes im Rahmen der prophylaktischen Bestandsbetreuung von Milchviehherden.

Berlin: Freie Universität, Fachbereich Veterinärmedizin, Diss.

Bender, S.; Gelfert, C.-C.; Staufenbiel, R. (2001):
Einflüsse bestimmter Futterkomponenten in Milchkuhrationen auf diagnostische Parameter in Harnproben. I. Säuren-Basen-Haushalt.
Tierärztl. Umsch. 56, 56: 639-644.

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

Bender, S., Staufenbiel, R. (2003):
Saure Salze - Welchen Einfluss nehmen sie auf Parameter das Säure-Basen- und Mengenelement-Haushaltes in Harnproben von Milchrindern?
Prakt. Tierarzt 86: 5: 342-347.

Bland, J. M. A. (1986):
Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement.
Lancet: 307-310.

Block, E. (1984):
Manipulating dietary anions and cations for pre-partum dairy cows to reduce incidence of milk fever.
J Dairy Sci. 67(12), 2939-48.

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(5), 1437-50.

Bushinsky, D. A. (1995):
Stimulated osteoclastic and suppressed osteoblastic activity in metabolic but not respiratory acidosis.
Am. K. Physiol. 268: C80-C88.

Byers, D. I. (1994):
Management considerations for successful use of anionic salts in dry cow diets.
The Compendium: 237-242.

Calvi, L. M., Bushinsky, D. A. (2008):
When is it appropriate to order an ionized calcium?
J Am Soc Nephrol Jahr; 19: 1257-1260.

Cameron, R. E.; Dyk, P. B.; Herdt, T. H.; Kaneene, J. B.; Miller, R.; Bucholtz, H. F.;
Liesman, J. S.; Vandehaar, M. J.; Emery, R. S. (1998):
Dry cow diet, management and energy balance as risk factors for displaced abomasum in high
producing dairy herds.
J Dairy Sci. 81(1): 132-9.

Constable, P.D. (1999):
Clinical assessment of acid-base status: strong ion difference theory.
Vet Clin N Am 1999, 15:447-471.

Constable, P.D. (2000):
Clinical assessment of acid-base status: comparison of the Henderson-Hasselbalch and strong
ion approaches.
Vet Clin Path 2000 , 29:115-128.

Curtis, C. R.; Erb, H. N.; Sniffen, C. J.; Smith, R. D.; Kronfeld, D. S. (1985):
Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and
mastitis in Holstein cows.
J Dairy Sci. 68(9), 2347-60.

Curtis, C. R.; Erb, H. N.; Sniffen, C. J.; Smith, R. D.; Powers, P. A.; Smith, M. C.; White, M.
E.; Hillman, R. B.; Pearson, E. J. (1983):
Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows.
J Am Vet Med Assoc. 183(5), 559-61.

DeGaris, P. J.; Lean, I. J. (2008):
Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles.
Vet J 176(1): 58-69.

Delaquis, A. M.; Block, E. (1995):
Acid-base status, renal function, water, and macromineral metabolism of dry cows fed diets
differing in cation-anion difference.
J Dairy Sci 78(3): 604-19.

Dishington, I. W. (1975):

Prevention of milk fever (hypocalcemic paresis puerperalis) by dietary salt supplements.
Acta Vet Scand. 16(4), 503-12.

Dishington, I. W.; Bjornstad, J. (1982):

Prevention of milk fever by dietary means. The effect of a concentrate fortified with mineral salts.

Acta Vet Scand. 23(3), 336-43.

Dyk, P. D. (1995):

The association of prepartum non-esterified fatty acids and body condition with peripartum health problems on 95 Michigan dairy farms.

Master's Thesis, Michigan State Univ. East Lansing.

Ender, F.; Dishington, I. W.; Helgebostad, A. (1971):

Calcium balance studies in dairy cows under experimental induction and prevention of hypocalcaemic paresis puerperalis.

Z Tierphysiol Tierernahr Futtermittelkd. 28(5), 233-56.

Ender, F., Dishington, I.W., Helgebostad, A. (1962):

Parturient paresis and related forms of hypocalcaemic disorders induced experimentally in dairy cows.

Acta Veter. Scand. (Suppl.89), 131-134.

Eppard, P. J.; Veenhuizen, J. J.; Cole, W. J.; Comens-Keller, P. G.; Hartnell, G. F.; Hintz, R. L.; Munyakazi, L.; Olsson, P. K.; Sorbet, R. H.; White, T. C.; Baile, C. A.; Collier, R. J.; Goff, J. P.; Horst, R. L. (1996):

Effect of bovine somatotropin administered to periparturient dairy cows on the incidence of metabolic disease.

J Dairy Sci. 79(12), 2170-81.

Esslemont, R. J.; Kossaibati, M. A. (2002):

The costs of poor fertility and diseases in UK dairy herds.

Daisy Research Report No. 5 Intervet UK Limited.

Frömer, S. (2005):

Untersuchungen zum Effekt verschiedener Anionenergänzungen auf die renale Elektrolytausscheidung und ihre diagnostische Aussagekraft hinsichtlich eines Einsatzes in der Gebärpareseprophylaxe bei Milchkühen.

Berlin: Freie Universität, Fachbereich Veterinärmedizin, Diss.

Fürll, M., Jäkel, L., Bauerfeld, J., Groppe, B. (1996):
Gebärpareseprophylaxe mit „Anionenrationen“.
Prakt. Tierarzt, coll. Vet., 26: 31-35.

Fürll, M., Schäfer, M., Amin, M., Kirchbach, H. (1994):
Kochsalzeinfluss auf den Säure-Basen- und Elektrolyt-Haushalt bei gesunden Kühen.
Tierärztl. Umschau 49: 158-168.

Gasteiner, J. (2004):
Der Einsatz von sauren Salzen in der Milchviehfütterung.
Nutztierpraxis aktuell: 42-46.

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(10), 2525-31.

Gelfert, C.-C., Löptien, A., Montag, N., Baumgartner, W., Staufenbiel, R. (2006):
Impact of a prolonged period of feeding anionic salts on the acid-base-balance and the calcium metabolism of dairy cows.
Vet. Med. Austria / Wien, Tierärztl. Mschr., 93: 304-310.

Gelfert, C.-C., Zarrath, M., Eustermann, S., Staufenbiel, R. (2004):
Untersuchung des Einsatzes saurer Salze in Milchviehherden durch Futter- und Harnuntersuchungen.
Prakt. Tierarzt 86: 85, 6: 422-431.

Gelfert, C.-C.; Passfeld, M.; Loptien, A.; Montag, N.; Baumgartner, W.; Staufenbiel, R. (2006):
Experimental studies on the impact of an increased dose of anionic salts on the metabolism of dairy cows.
Vet Q. 28(4), 130-9.

Goebbels, M. (2005):
Untersuchungen zum praktischen Einsatz von Anionenrationen zur Prophylaxe der Hypokalzämie in Milchkuhbeständen.
Berlin: Freie Universität, Fachbereich Veterinärmedizin, Diss.

Goff, J. P. (1998):

Phosphorus deficiency.

In: Howard, J.L. Smith, R.A. (Eds.) Current Veterinary Therapy 4: Food animal practice.

W.B. Saunders Co., Philadelphia: pp. 218-220.

Goff, J. P. (1999):

Treatment of calcium, phosphorus, and magnesium balance disorders.

Vet Clin. North Am Food Anim. Pract. 15(3), 619-39, viii.

Goff, J. P. (2000):

Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders.

Vet Clin North Am Food Anim Pract. 16(2), 319-37, vii.

Goff, J. P. (2006):

Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders.

Animal Feed Science and Technology

Feed and Animal Health. 126(3-4), 237-257.

Goff, J. P. (2008):

The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows.

The Veterinary Journal

Production Diseases of the Transition Cow. 176(1), 50-57.

Goff, J. P.; Horst, R. L. (1994):

Calcium salts for treating hypocalcaemia: carrier effects, acid-base balance, and oral versus rectal administration.

J Dairy Sci. 77(5): 1451-6.

Goff, J. P.; Horst, R. L. (1997):

Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows.

J Dairy Sci. 80(1), 176-86.

Goff, J. P.; Horst, R. L. (1998):

Use of hydrochloric acid as a source of anions for the prevention of milk fever.

J Dairy Sci. 81(11): 2874-80.

Goff, J. P.; Horst, R. L.; Mueller, F. J.; Miller, J. K.; Kiess, G. A.; 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(11), 3863-71.

Goff, J. P.; Horst, R. L.; Mueller, F. J.; Miller, J. K.; Kiess, G. A.; Dowlen, H. H. (1987):
The pathophysiology and prevention of milk fever.
Veterinary Medicine: 943-950.

Goff, J. P.; Ruiz, R.; Horst, R. L. (2004):
Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever.
J Dairy Sci. 87(5), 1245-55.

Gould, D. H.; McAllister, M. M.; Savage, J. C.; Hamar, D. W. (1991):
High sulfide concentrations in rumen fluid associated with nutritionally induced
polioencephalomalacia in calves.
Am J Vet Res. 52(7), 1164-9.

Grohn, Y. T.; Erb, H. N.; McCulloch, C.E; Saloniemi, H.S. (1989):
Epidemiology of metabolic disorders in dairy cattle: Association among host characteristics,
disease and production.
J. Dairy Sci., 72:1876-1885.

Harris, D. J. (1981):
Factors predisposing to parturient paresis.
Aust Vet J 57(8): 357-61.

Hartmann, H., Bandt, C. (2000):
Pathophysiologische Mechanismen der Kalzium- und Magnesiumhomöostase sowie
Bedeutung der renalen Exkretion für die Diagnostik von Elektrolytimbalancen beim Rind.
Tierärztl. Prax. 2000; 28 (G): 190 - 198.

Hartmann, H.; Meyer, H. (1994):
Klinische Pathologie der Haustiere.
Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.

Heuer, C.; Schukken, Y. H.; Dobbelaar, P. (1999):
Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of
disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds.
J Dairy Sci. 82(2), 295-304.

Horst, R. L. (1986):

Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow.
J Dairy Sci. 69(2), 604-16.

Horst, R. L.; Goff, J. P.; Reinhardt, T. A. (1990):

Advancing age results in reduction of intestinal and bone 1,25-dihydroxyvitamin D receptor.
Endocrinology. 126(2), 1053-7.

Horst, R. L.; Goff, J. P.; Reinhardt, T. A. (1994):

Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow.
J Dairy Sci. 77(7), 1936-51.

Horst, R. L.; Goff, J. P.; Reinhardt, T. A.; Buxton, D. R. (1997):

Strategies for preventing milk fever in dairy cattle.
J Dairy Sci. 80(7), 1269-80.

Horst, R. L.; Jorgensen, N. A. (1974):

Effect of ammonium chloride on nitrogen and mineral balance in lactating and non-lactating goats.
J Dairy Sci 57(6): 683-8.

Houe, H.; Ostergaard, S.; Thilsing-Hansen, T.; Jorgensen, R. J.; Larsen, T.; Sorensen, J. T.; Agger, J. F.; Blom, J. Y. (2001):

Milk fever and subclinical hypocalcaemia-an evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control.
Acta Vet Scand. 42(1), 1-29.

House, W. A.; Bell, A. W. (1993):

Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows.
J Dairy Sci. 76(10): 2999-3010.

Hu, W.; Murphy, M. R. (2004):

Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: a meta-analysis.
J Dairy Sci. 87(7): 2222-9.

- Hu, W.; Murphy, M. R.; Constable, P. D.; Block, E. (2007):
Dietary cation-anion difference and dietary protein effects on performance and acid-base status of dairy cows in early lactation.
J Dairy Sci. 90(7), 3355-66.
- Huber, T. L.; Wilson, R. C.; Stattelman, A. J.; Goetsch, D. D. (1981):
Effect of hypocalcemia on motility of the ruminant stomach.
Am J Vet Res. 42(9), 1488-90.
- Ingraham, R. H.; Kappel, L.C. (1988):
Metabolic profile testing.
Vet Clin. North Am Food Anim Pract 4, Nr. 2: 391 - 411.
- Jackson, J. A.; Hopkins, D. M.; Xin, Z.; Hemken, R.W. (1992):
Influence of cation-anion balance on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves.
J Dairy Sci. 75(5): 1281-6.
- Jardon, P. (1995):
Using urine pH to monitor anionic salt programmes.
Comp. Contin. Educ. Pract. Vet. 17: 860.
- Kichura, T. S.; Horst, R. L.; Beitz, D. C.; Littledike, E. T. (1982):
Relationships between prepartal dietary calcium and phosphorus, vitamin D metabolism, and parturient paresis in dairy cows.
J Nutr. 112(3), 480-7.
- Kimura, K.; Reinhardt, T. A.; Goff, J. P. (2006):
Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle.
J Dairy Sci. 89(7), 2588-95.
- Kraft, W.; Dürr, U. M. (1999):
Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.
5. Auflage, Schattauer, Stuttgart.
- Kutas, F. (1965):
Determination of net acid-base excretion in the urine of cattle.
Acta Veterinaria Academia Scientiarum Hungaricae 15: 147-153.

Lean, I. J.; DeGaris, P. J.; McNeil, D. M.; Block, E. (2006):
Hypocalcemia in dairy cows: meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited.
J Dairy Sci. 89(2), 669-84.

Lehwenich, T. (1999):
Untersuchungen zur Durchführung der Stoffwechselüberwachung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden.
Berlin: Freie Universität, Fachbereich Veterinärmedizin, Diss.

Lotspiech, W. D. (1967):
Metabolic Aspect of Acid-Base Change.
Science 155: 1066-1075.

Martens, H. (1995):
Die Konzentration von Mineralstoffen im Plasma von Wiederkäuern: Geeigneter Parameter zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung?
Tierärztl. Umschau, 50: 321-326.

Meyer, H.; Dahms, L. (1969):
Statistische Erhebungen zum Vorkommen der hypocalcämischen Gebärlähmung in deutschen Rinderrassen.
Dtsch. Tierärztl. Wschr., 76: 497-536.

Moore, S. J.; Vanderhaar, M. J. et al. (2000):
Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows.
J Dairy Sci. 83(9): 2095-104.

NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle., 7th ed. National Academy Sci., Washington DC, USA.

Oetzel, G. R. (1988). "Parturient paresis and hypocalcemia in ruminant livestock." Vet Clin North Am Food Anim Pract 4(2): 351-64.

Oetzel, G. R. (1991):
Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle.
J Dairy Sci. 74(11), 3900-12.

Oetzel, G. R. (1996):
Effect of calcium chloride gel treatment in dairy cows on incidence of periparturient diseases.
J Am Vet Med Assoc. 209(5), 958-61.

Oetzel, G. R. (2000):
Management of dry cows for the prevention of milk fever and other mineral disorders.
Vet Clin North Am Food Anim Pract. 16(2), 369-86, vii.

Oetzel, G. R.; Barmore, J. A. (1992):
Palatability of anionic salts fed in a concentrate mix.
J.Dairy Sci. (Suppl. 1): 75: 797.

Oetzel, G. R.; Barmore, J. A. (1993):
Intake of a concentrate mixture containing various anionic salts fed to pregnant, non-lactating dairy cows.
J. Dairy Sci. 76: 1617-1623.

Oetzel, G. R.; Barmore, A. J.; 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.; Olson, J. D.; Curtis, C. R.; Fettman, M. J. (1988):
Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows.
J Dairy Sci. 71(12), 3302-9.

Payne, J. M. (1977):
Parturient paresis. In: Metabolic disease in farm animals.
Heinemann Medical Books, London, UK.

Peterson, A. B.; Beede, D. K. (2002):
Periparturient responses of multiparous Holstein cows to varying prepartum dietary phosphorus.
J. Dairy Sci. 85 (Suppl.1), 187.

Phillippo, M.; Reid, G. W.; Nevison, I.M. (1994):
Parturient hypocalcaemia in dairy cows: effects of dietary acidity on plasma minerals and calciotropic hormones.
Res. Vet. Sci. 56: 303-309.

Rajala-Schultz, P. J.; Grohn, Y. T. (1999):
Culling of dairy cows. Part I. Effects of diseases on culling in Finnish Ayrshire cows.
Preventive Veterinary Medicine. 41(2-3), 195-208.

Rajala-Schultz, P. J.; Grohn, Y. T.; McCulloch, C. E. (1999):
Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows.
J Dairy Sci. 82(2), 288-94.

Reinhardt, T. A.; Horst, R. L.; Goff, J.P. (1988):
Calcium, phosphorus and magnesium homeostasis in ruminants.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 4: 331-350.

Roche, J. R.; Berry, D. P. (2006):
Periparturient climatic, animal and management factors influencing the incidence of milk
Fever in grazing systems.
J Dairy Sci. 89(7), 2775-83.

Rossow, N.; Schäfer, M.; Lippmann, R.; Furcht, G.; Slanina, I.; Vrzluga, L.; Ehrentraut, W.
(1987):
Stoffwechselüberwachung bei Haustieren - Probleme, Hinweise, Referenzwerte." Tierhygiene-
Informationen, Eberswalde-Finow 19.

Rukkwamsuk, T.; Kruij, T. A.; Wensing, T. (1999):
Relationship between overfeeding and overconditioning in the dry period and the problems of
high producing dairy cows during the postparturient period.
Vet Q 21(3): 71-7.

Sampson, B. F., Manston, R. Vagg, M.J. (1983):
Magnesium and milk fever.
Veterinary Record 112, 447-449.

Schonewille, J. T.; van 't Klooster, A. T. et al. (1992):
A comparative study of the in vitro solubility and availability of magnesium from various
sources for cattle.
Tijdschr. Diergeneeskd. 117: 105-108.

Schreiber, R. (1980):
Probleme der Mineralstoffversorgung und des Mineralstoffhaushaltes der landwirtschaftlichen
Nutztiere.
Tierärztl. Umschau, 35: 856-862.

Schröder, A., Eustermann, S., Zarrath, M., Staufenbiel, R. (2003):
Stoffwechseluntersuchungen in drei Hochleistungsmilchviehbetrieben zu dem neuen sauren Salz Transi fit®.
3. Symposium zu Fragen der Fütterung und Managements von Hochleistungskühen.
Neuruppin.

Schültken, A. (1993):
Untersuchungen über die Wirksamkeit eines Gebärpareseprophylaxeverfahrens beim Rind und Erhebungen über das Gebärpareseaufkommen in Ostwestfalen-Lippe.
Vet. Med. Diss., Gießen.

Schültken, A.; Moll, G. (1998):
Effizienz einer oralen Prophylaxe der hypocalcämischen Gebärparese mit der Calciumchlorid-Öl-Emulsion Calol® in der Praxis.
Prakt. Tierarzt 86: 79: 150 – 161.

Staufenbiel, R. (2000):
Prophylaxe der Gebärparese Teil II.
Veter. Spiegel: 58-61.

Staufenbiel, R. (1999):
Die Stoffwechselüberwachung der Milchkuhherde als Mittel zur Stabilisierung von Leistung und Gesundheit.
3. Symposium zu Fragen der Fütterung und Managements von Hochleistungskühen.
Neuruppin.

Staufenbiel, R.; Engelhardt, T. (1999):
Vier Strategien gegen Milchfieber.
Top Agrar 9: R16-R19.

Staufenbiel, R.; Frömer, S.; Löffler, L.; Engel, M.; Gelfert, C.-C. (2003):
Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung verschiedener „saurer“ Salze und Schlussfolgerungen für die Anwendung in der Gebärparese.
Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen, 7. Symposium, Neuruppin.

Stewart, P. A. (1981):
How to understand acid-base: A quantitative acid-base primer for biology and medicine.
Elsevier, New York.

Stewart, P. A. (1983):

Modern quantitative acid-base chemistry.
Can. J. Physiol. Pharmacol. 61: 1444.

Studer, E. (1998):

A veterinary perspective of on-farm evaluation of nutrition and reproduction.
J Dairy Sci. 81(3): 872-6.

Tucker, W. B.; Harrison, G. A.; Hemken, R. W. (1988):

Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle.
J Dairy Sci. 71(2), 346-54.

Tucker, W. B.; Hogue, J. F.; Adams, G.D.; Aslam, M.; Shin, I.S.; Morgan, G. (1992):

Influence of dietary cation-anion balance during the dry period on the occurrence of parturient paresis in cows fed excess calcium.
J Anim. Sci. 70(4): 1238-50.

Tucker, W. B.; Hogue, J. F.; Waterman, D.F.; Swenson, S.; Xin, S.; Hemken, R.W.; Jackson, J.A.; Adams, G.D.; Spicer, L.J. (1991):

Role of sulphur and chloride in the dietary cation-anion balance equation for lactating dairy cattle.
J Anim. Sci. 69(3): 1205-13.

Ulbrich, M.; Hoffmann, M.; Drochner, W. (2004):

Fütterung und Tiergesundheit.
S. 82-84, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Vagnoni, D. B.; Oetzel, G. R. (1998):

The effects of dietary cation-anion differences on the acid-base status of dry cows.
J. Dairy Sci. 81: 1643-1652.

van Mosel, M.; Wouterse, H.S.; van 't Kloosters, A. T. (1993):

Effects of reducing dietary $[(Na^+ + K^+) - (Cl^- + SO_4^{2-})]$ on the rate of calcium mobilisation by dairy cows at parturition.
Research in Vet. Sci. 54: 1-9.

Vanderhaar, M. J.; Yousif, G.; Sharma, B. K.; Herdt, T. H.; Emery, R. S. (1999):
Effect of energy and protein density of pre-partum diets on fat and protein metabolism of dairy cattle in the peri-parturient period.
J Dairy Sci. 82(6): 1282-95.

Wang, C.; Beede, D. K. (1992a):
Effects of ammonium chloride and sulfate on acid-base status and calcium metabolism of dry Jersey cows.
J Dairy Sci. 75(3), 820-8.

Wang, C.; Beede, D. K. (1992b):
Effects of diet magnesium on acid-base status and calcium metabolism of dry cows fed acidogenic salts.
J Dairy Sci. 75(3), 829-36.

Westphal, A.; Zarrath, M; Wolf, C.; Lober, U.; Staufenbiel, R. (2006):
Organisation der klinisch-chemischen Laboranalytik in der Rinderpraxis unter Nutzung von Fremdlaboreinrichtungen.
6. Berlin-Brandenburgischer Rindertag.
Berlin: Mensch & Buch Verlag, 2006. - S. 171-174.

Whiteford, L. C.; Sheldon, I. M. (2005):
Association between clinical hypocalcaemia and postpartum endometritis.
Vet Rec. 157(7): 202-3.

Wilde, D. (2006):
Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle.
Animal Reproduction Science
Nutrition and Fertility in Dairy Cattle. 96(3-4), 240-249.

Xin, Z.; Waterman, D. F; Hemken R.W.; Harmon R.J.; Jackson J.A. (1991):
Effects of copper sources and dietary cation-anion balance on copper availability and acid-base status in dairy calves.
J Dairy Sci. 74(9): 3167-73.

Publikationsverzeichnis

Untersuchungen zum moderaten Einsatz von Anionenrationen im Sinne einer effektiven
Gebärpareseprophylaxe in der antepartalen Transitperiode

Schmutzer, S.; Staufenberg, R.

7. Berlin-Brandenburgischer Rindertag, Poster, 09.-11.10.2008

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. R. Staufenbiel für die Überlassung des interessanten Themas und die große und immer freundliche Unterstützung und sorgfältige Durchsicht dieser Arbeit.

Ich möchte mich bei alle Mitarbeitern der Klautierklinik, insbesondere bei Herrn Andreas Forkmann, für die stets freundliche und gute Zusammenarbeit bedanken.

Für die Bestimmung der Laborparameter und die Unterstützung bei der Arbeit im Labor möchte ich mich bei Frau Waberowski, Herrn Dr. Hilmert und Frau Lamprecht bedanken.

Bei Frau Dr. Arndt und Frau Lüdecke möchte ich mich für die statistische Unterstützung bedanken.

Den beteiligten Betrieben und ihren zwei- und vierbeinigen Mitarbeitern möchte ich sehr für die gute und konstruktive Zusammenarbeit danken.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie und all denen, die mir stets mit mentaler und moralischer Unterstützung zur Seite standen.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 20.08.2010

Sibylle Schmutzer