

5. Diskussion

5.1 Methodische Untersuchungen

5.1.1 Untersuchung der pH-Messverfahren im praktischen Einsatz

Der Einsatz von Anionenrationen führt bei sachgemäßer Fütterung bei Rindern zu einer milden metabolischen Azidose. Zur Überprüfung der Wirkung der Anionen benötigen Landwirte und praktische Tierärzte eine genaue aber in der Durchführung einfache Methode zur Überprüfung der Ausprägung der metabolischen Azidose. JARDON (1995) legte die elektrische pH-Messung im Stall (pH-Stall) als genaueste Messung fest. Dieser Messung wurden die pH-Messung mittels pH-Streifen (pH-Streifen) im Stall und die pH-Messung durch ein elektrisches pH-Meter im Labor (pH-Labor) gegenübergestellt. Der Harn wurde für die pH-Messung im Labor eingefroren und wieder aufgetaut.

Die Korrelationen zwischen der elektrischen Messung im Stall und der Messung mit den pH-Streifen sowie der elektrischen Messung im Stall und der Messung im Labor waren hoch, wobei die Korrelation für die pH-Streifen etwas höher lag. Beim Methodenvergleich nach BLAND u. ALTMANN (1986) wird die Differenz zwischen zwei Messmethoden gebildet. Optimal ist eine Differenz von 0, denn dies bedeutet, dass die Messverfahren gleiche Werte liefern. Sowohl die Messung durch pH-Streifen und im Labor zeigen beim Methodenvergleich nach BLAND u. ALTMANN (1986) eine negative Differenz zur elektrischen Messung im Stall. Dies bedeutet, dass beide Messverfahren höhere Werte als die elektrische Messung im Stall liefern. Dies widerspricht jedoch der Beobachtung von BENDER (2002). Sie untersuchte die Auswirkung der Lagerung auf den Harn bei Kühlschranktemperatur (4-8° C). Dabei ergaben sich nach der Lagerung niedrigere pH-Werte. Die Differenz für die pH-Streifen liegt näher an dem Wert 0 als die Messung im Labor. Die Bestimmung des Harn-pH durch die pH-Streifen unmittelbar nach der Entnahme im Stall ist die genauere Methode. Die pH-Messung mit pH-Streifen direkt nach der Harnentnahme im Stall ist eine genaue Möglichkeit zur Einschätzung des Säuren-Basen-Haushalt bei Rindern und somit geeignet zur Kontrolle von Anionenrationen (GAYNOR et al. 1989; DAVIDSON et al. 1995; JARDON 1995). GELFERT et al. (2004) bezeichnen die Harn-pH-Messung als zu träge bei der Kontrolle von Anionenrationen und empfehlen die NSBA als Indikator für eine metabolische Azidose.

Die Durchführung der pH-Messung mit pH-Streifen ist jedoch vor allem auch für den Landwirt eine besonders einfache Methode zur Kontrolle der Wirkung von Anionenrationen.

5.1.2. Vergleich von Mittel- und Poolwerten

Zur Bewertung der Wirkung von Anionen werden der Harn-pH, die NSBA und die Kalziumausscheidung mit dem Harn genannt (GAYNOR et al. 1989; DAVIDSON et al. 1995; JARDON 1995; GELFERT et al. 2004). In der systematischen Bestandsbetreuung dienen Einzelwerte zur Bildung eines Durchschnittswertes. Dies erlaubt eine einheitliche Bewertung des Parameters auf Herdenbasis (ROSSOW et al. 1987; INGRAHAM et al. 1988). Auch die Bildung von Poolproben ermöglicht zum Einen die einheitliche Bewertung von Parametern und dient zum Anderen der Kostenersparnis (LEHWENICH 1999; FÜRLI et al. 2005).

Zum Vergleich der Mittel- und Poolwerte wurden der Korrelationskoeffizient sowie das 95%-Konfidenzintervall der Regressionsgeraden betrachtet. Die Bewertung von Korrelationskoeffizienten wird als mittlere (r bis 0,7), hohe (r bis 0,9) und sehr hohe ($r > 0,9$) Korrelation bezeichnet. Die Mittel- und Poolwerte können als gleichbedeutend angesehen werden, wenn eine hohe bis sehr hohe Korrelation auftritt und das 95%-Konfidenzintervall der Regressionsgeraden die Idealgerade ($y = x$) beschreibt.

Alle drei gemessenen Parameter weisen eine sehr hohe Korrelation auf, jedoch umschreiben ihre 95%-Konfidenzintervalle nicht die Idealgerade (Tabelle 21). Die Abweichung von der Idealgeraden könnte auf das Verfahren der Poolprobenbildung zurückgeführt werden. LEHWENICH (1999) verglich jedoch noch weitere Harnparameter, bei denen diese Abweichung, unter anderen auch bei der NSBA, von der Idealgeraden nicht auftraten. So muss die Ursache bei den methodischen Fehlern der Messgeräte gesucht werden. Aufgrund der sehr hohen Korrelationen der Mittel- und Poolwerte erscheint eine Bewertung der Poolwerte jedoch möglich. Alle drei Parameter werden auch für die Bestandsuntersuchungen als Poolwerte empfohlen (LEHWENICH 1999).

In den weiteren Untersuchungen dieser Arbeit wird bei den gemessenen Blut- und Harnparametern auf Poolwerte zurückgegriffen. Nur die Blutgaswerte sind gemittelte Werte.

5.2 Untersuchung der Rationsinhalte im Verlauf der Jahre 2002 bis 2004

Diese Untersuchung vergleicht die DCAB, den Kalium-, Natrium-, Chlorid-, Schwefel- und Magnesiumgehalt der Rationen. Dabei wurden Rationen mit und ohne Anionen aus den Jahren 2002, 2003 und 2004 verwendet. Deutliche Unterschiede der Rationen mit und ohne Anionen weisen die DCAB und der Schwefelgehalt in jedem der drei untersuchten Jahre auf. Der Kalium- und Chloridgehalt lassen hingegen nur 2002 einen deutlichen Unterschied erkennen. Die Erniedrigung der DCAB geht mit der Erhöhung des Schwefelgehaltes einher. Dies hängt von der Art der gefütterten Anionen ab. In den Jahren 2003 und 2004 wurden zum Großteil sogenannte Schwefelsalze gefüttert. Die Fütterung von Anionen führt zu einer Verschiebung der Gehalte der Mengenelemente (STAUFENBIEL 1999). Schon OETZEL et al. (1991) empfahlen bei der Berechnung der DCAB Schwefel aufgrund der ähnlichen Wirkung wie Chlorid in die Formel mit einzubeziehen. Dies wird bei Fütterung von Schwefelsalzen unentbehrlich. OETZEL et al. (1991) fanden heraus, dass die Salze bei gleicher negativer DCAB die gleichen Effekte einer metabolischen Azidose erzielen. Prinzipiell erscheint die erreichte DCAB wichtiger für die Wirkung der Anionen zu sein als die Art des verwendeten Salzes (BLOCK 1994).

Die Nährstoffempfehlungen des NRC (2001) werden von der DCAB im Median in allen Jahren und beiden Gruppen mit und ohne Anionen nicht erreicht. Der Kaliumgehalt liegt im Median in jedem Jahr in beiden Gruppen zu hoch. Zur Senkung des Kaliumgehaltes wird eine Senkung des Grasgehaltes und eine reduzierte Düngung empfohlen (BEEDE 1996; SPIEKERS 2002). Die Empfehlung von 5,2 g Kalium/kg TS (NRC 2001) erscheinen für den untersuchten geographischen Bereich nicht erreichbar.

Nur der Schwefelgehalt liegt 2003 am unteren Bereich der Empfehlung des NRC (2001). Beim Einsatz von Anionen werden in der Literatur negative DCAB-Werte gefordert (OETZEL et al. 1993; FÜRLL et al. 1996; MOORE et al. 2000). Diese werden aber nur von wenigen Rationen erreicht. Als mögliche Ursache zeigt sich der niedrige Schwefelgehalt kombiniert mit einem relativ hohen Kaliumgehalt der Rationen. Die Beeinflussung der DCAB benötigt eine exzellente Fütterung und Ernährung (BYERS 1994). Vor allem sollte eine gezielte Ausbalancierung der Mengenelemente beim Einsatz von Anionenrationen durchgeführt werden (PRIES 2003). Es ist dringend erforderlich, vor dem Einmischen der sauren Salze die DCAB der Ration zu bestimmen. Anhand dieses Wertes muss die Menge der einzusetzenden Anionen exakt berechnet werden (TRAN 1997; STAUFENBIEL et al. 1999; STAUFENBIEL 2000), um eine ausreichende Senkung der DCAB zu gewährleisten.

5.3. Untersuchung der Effekte der Rationsinhalte auf die Wirkung von Anionen

Die Wirkung von Anionenrationen zeigt sich in einer metabolischen Azidose kombiniert mit einer Steigerung des Kalziumstoffwechsels (VAGG et al. 1970; FREDEEN et al. 1988a; TUCKER et al. 1992; WANG et al. 1992; JOYCE et al. 1997; GOFF et al. 2003). Diese Untersuchung soll den Effekt der Inhaltsstoffe der Ration auf die Wirkung, also auf den Säuren-Basen-Haushalt und den Kalziumstoffwechsel der Milchkühe betrachten. Dazu wurden die Inhaltsstoffe der Rationen dem Harn-pH-Wert, der NSBA und der Kalziumausscheidung mit dem Harn gegenübergestellt.

Im Allgemeinen sind die Korrelationen, wie es bei einer Feldstudie zu erwarten ist, relativ niedrig. Dies kann auf die nicht zu beeinflussenden Einflussfaktoren der einzelnen Betriebe einer solchen Studie zurückgeführt werden.

Für die DCAB ergaben sich positive Korrelationen mit dem Harn-pH und der NSBA und eine negative Korrelation für die Kalziumausscheidung im Harn. Dies bedeutet, dass bei steigender DCAB der Harn-pH und die NSBA steigen und die Kalziumausscheidung im Harn sinkt. Der Einfluss der DCAB auf den Säuren-Basen-Haushalt (OETZEL et al. 1991; WANG et al. 1992; VAGNONI et al. 1998) und die Kalziumausscheidung (GAYNOR et al. 1989; OETZEL et al. 1991; TAKAGI et al. 1991) wurde schon in einigen Studien untersucht.

Der Schwefelgehalt der Rationen weist die gleichen Korrelationen mit dem Harn-pH, der NSBA und der Kalziumausscheidung im Harn auf wie die DCAB. Während zwischen dem Kaliumgehalt eine negative Korrelation mit dem Harn-pH und der NSBA und eine positive auf die Kalziumausscheidung mit dem Harn besteht. Der Schwefelgehalt der Rationen wirkt in entgegengesetzter Weise wie der Kaliumgehalt auf den Säuren-Basen-Haushalt und die Kalziumausscheidung mit dem Harn. Dies ergibt sich auch aus der zur Berechnung der DCAB verwendeten Formel.

$$\text{DCAB} = [(\% \text{Na}/0,023) + (\% \text{K}/0,0399)] - [(\% \text{Cl}/0,0355) + (\% \text{S}/0,016)] \text{mEq}/100\text{g TS}$$

(BYERS 1994)

Eine Erhöhung des Schwefelgehaltes führt zu einer Erniedrigung und eine Steigerung des Kaliumgehaltes zu einer Erhöhung der DCAB.

Der Kalziumgehalt der Rationen zeigt dieselben Korrelationen zwischen den Säuren-Basen-Haushalt und zwischen der Kalziumausscheidung mit dem Harn wie die DCAB und der

Schwefelgehalt. Durch den häufigen Einsatz von Kalziumsulfat wird mit der Kalziumkonzentration auch die Schwefelkonzentration erhöht.

Der hohe Schwefelgehalt führt zur Senkung der DCAB und daraufhin zu einer milden metabolischen Azidose. OETZEL et al. (1988) wiesen auf die einschränkenden Folgen eines Kalziummangels in der Ration auf die Wirkung der Anionen hin. Ein Kalziummangel wirkt einer erhöhten Kalziumhomöostase entgegen. Die Korrelation zwischen Kalziumgehalt der Ration und der Kalziumausscheidung widerspricht der Aussage von BUHMANN u. GRÜNDER (1985), dass die Kalziumkonzentration im Harn nicht die Versorgungslage widerspiegelt. Die Ursache der erhöhten Kalziumausscheidung mit dem Harn kann auch auf die metabolische Azidose zurückgeführt werden. Dies kann anhand der Korrelationen nicht ermittelt werden. Die Aufnahme des Kalziumgehaltes in die Formel zur Berechnung der DCAB führt zur deutlichen Unterbewertung für kalziumhaltige Salze (FELDE 1999).

Sowohl der Natrium- als auch der Chloridgehalt zeigen eine positive Korrelation mit der Kalziumausscheidung mit dem Harn. Folglich steigt die Kalziumausscheidung bei steigenden Natrium- und Chloridgehalten. Für Chlorid als Bestandteil von Anionenrationen wäre zusätzlich noch eine Wirkung auf den Säuren-Basen-Haushalt über die Beeinflussung der DCAB denkbar (s.o.). Wie schon unter 5.2. erwähnt, wurden in den untersuchten Betrieben hauptsächlich schwefelhaltige Salze gefüttert. Daher fehlt eine zusätzliche Chloridquelle für die Rationen und der Chloridgehalt wird somit nicht direkt erhöht. Dies erklärt das Ergebnis der Korrelationen des Chloridgehaltes, der keine Korrelationen mit dem Harn-pH und der NSBA aufweist. Zur Klärung dieser Beobachtung wären Studien mit chloridhaltigen Salzen interessant. Die positive Korrelation des Natriumgehaltes mit der Kalziumausscheidung ist schwierig zu bewerten. Zu erwarten wäre laut der Formel der DCAB, dass bei steigenden Natriumgehalten in der Ration die Kalziumausscheidung durch eine Erhöhung der DCAB sinkt. In der Literatur finden sich keine Hinweise auf eine hemmende oder fördernde Wirkung des Natriumgehaltes der Ration auf die Kalziumausscheidung. Bei diesem Vergleich wurde kein Einfluss vom Natriumgehalt der Rationen auf den Säuren-Basen-Haushalt festgestellt. Doch weisen die Beobachtungen von MONTAG (2005) auf einen Einfluss auf den Säuren-Basen-Haushalt hin. Dabei wurden durch gleichzeitigem Einsatz äquivalenter Mengen der anionischen Salze Kalziumchlorid und Kalziumsulfat (CaCl_2 / CaSO_4) und der kationischen Salze Natrium- und Kaliumcarbonat (NaHCO_3 / KHCO_3) die Veränderungen im Säuren-Basen-Haushalt ausgeglichen.

Bei hohen Rohfasergehalten der Rationen steigt der Harn-pH und die NSBA, während die Kalziumausscheidung mit dem Harn sinkt. Der Stärkegehalt hingegen wirkt genau entgegengesetzt auf die Säuren-Basen-Parameter und die Kalziumausscheidung.

Als Ursache für eine Azidose wird häufig eine Rohfasermangel und ein Stärkeüberschuss genannt (OWENS et al. 1998; JEROCH et al. 1999). So steigt bei alimentärer azidotischer Belastung die Kalziumausscheidung (LACHMANN et al. 1983). Oetzel (1991b) beschrieb in seinen Analysen den Zusammenhang vom Rohfasergehalt auf das Vorkommen von Milchfieber. So tritt Milchfieber häufiger bei hohen Rohfasergehalten auf. Dies wird durch die Wirkung der Rohfaser auf den Säuren-Basen-Haushalt verständlich.

Steigende ME- und NEL-Gehalte der Rationen bewirken wie der Stärkegehalt eine Erniedrigung der Säuren-Basen-Parameter. Ein Effekt auf die Kalziumausscheidung konnte nicht beobachtet werden. Doch sollten sich die Kühe bei der Verfütterung von Anionenrationen in der Vorbereitung nicht in negativer Energiebilanz befinden, um einer Verstärkung der Azidose durch die anfallenden Stoffwechselprodukte aus dem Fett- und Aminosäureabbau bei kataboler Stoffwechsellage entgegenzuwirken (MONTAG 2005). Der Rohfasergehalt, der Stärkegehalt, die ME und die NEL erscheinen als nützliche Kennzahlen des Energiegehaltes und könnten auf das azidifizierende Potenzial einer Ration hinweisen.

Beim Einsatz von Anionenrationen neigen die Rationen zu höheren Rohaschegehalten. Rohasche enthält nicht näher beschriebene Mineralstoffe (JEROCH et al. 1999) mit ungewissem Anteil an Mengenelementen, welche auf die DCAB und somit auf den Säuren-Basen-Haushalt und die Kalziumausscheidung wirken. Der Rohaschegehalt beinhaltet folglich die Anionenrationen. Hier wirkt ein hoher Rohaschegehalt senkend auf den Harn-pH und steigend auf die Kalziumausscheidung. Der Rohaschegehalt wirkt auf den Säuren-Basen-Haushalt und die Kalziumausscheidung wie Anionenrationen. Leider fehlen weitere Studien, die sich explizit mit den Inhaltsstoffen der Ration auf die Wirkung der Anionen beschäftigen. Abschließend sei noch die Salzmenge zu erwähnen, die wie erwartet bei hohen Salzmenge zu einer Azidose mit erhöhter Kalziumausscheidung führt. Die Menge der eingesetzten Anionen führt zu einer relativen Erhöhung der Anionen im Verhältnis zu den Kationen und somit zu einer Erniedrigung der DCAB (STAUFENBIEL 2000). Es folgen die oben beschriebenen Auswirkungen auf den Säuren-Basen-Haushalt und der Kalziumausscheidung.

5.4. Vergleich von Betrieben mit und ohne Anionenrationen

In Betrieben mit und ohne Anionen werden die Rationsinhalte der Vorbereiterration, die Blut- und Harnparameter des Säuren-Basen-Haushaltes, die Spurenelemente im Blut sowie Mengenelemente im Blut und Harn und ausgewählte Stoffwechselfparameter untersucht.

Bei den Rationen mit Anionen fällt eine niedrigere DCAB als in den Rationen ohne Anionen auf. Dieser Effekt ist erwünscht und wird in der Literatur beschrieben (DISHINGTON 1975; BLOCK 1984; OETZEL et al. 1988). In Rationen mit Anionen ist der Kaliumgehalt niedriger und der Schwefelgehalt höher als in den Rationen ohne Anionen. Dieser Effekt ist mit der am häufigsten verwendeten Formel zur Berechnung der DCAB erklärbar (BYERS 1994). Eine Erniedrigung vom Kaliumgehalt oder eine Erhöhung des Schwefelgehaltes in der Ration führt laut dieser Formel zu einer Reduzierung der DCAB.

Eine Erniedrigung der DCAB soll eine milde metabolische Azidose des Rindes zur Folge haben (OETZEL et al. 1991). Der Säuren-Basen-Haushalt wird mit Hilfe von Blut- und Harnparametern beurteilt. Der Harn-pH war in Betrieben ohne Anionen höher als in Betrieben mit Anionen. Jedoch war der Harn-pH der Betriebe mit Anionen im Median noch im physiologischen Bereich. Beim Einsatz von Anionenrationen werden Harn-pH Werte unter dem physiologischen Bereich erwartet (BYERS 1994; JARDON 1995; BEEDE 1996; MOORE et al. 2000).

Die NSBA verhält sich wie der Harn-pH. Sie liegt mit im Median 115 mmol/l noch im physiologischen Bereich und erreicht nicht die geforderten 50 mmol/l (WESTENHOFF 2000; GELFERT et al. 2004). Der Basengehalt im Harn der Rinder, welchen Anionen gefüttert wurden, ist im Gegensatz zu den Tieren ohne Anionenfütterung signifikant erniedrigt. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von MONTAG (2005). Die Veränderungen der NSBA sind damit auf die Veränderungen des Basengehaltes zurückzuführen. Auch der Ammoniakgehalt im Harn zeigt signifikante Unterschiede. Er liegt bei Tieren mit Anionenfütterung höher als bei Tieren ohne Anionenfütterung. Bei Anionenfütterung steigt die Protonenausscheidung mit dem Harn an (TUCKER et al. 1988). Da Ammoniak und Ammonium ($\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$) ein wichtiges Puffersystem des Harns darstellen (BUDDECKE 1994), werden die Protonen von NH_3 aufgenommen, und es entsteht vermehrt NH_4^+ . So steigt mit sinkendem Harn-pH die Ammoniumausscheidung an (WANG et al. 1992; OWENS et al. 1998). Im Blut liegen der SBK- und der BE-Wert bei den Rindern mit Anionenfütterung signifikant niedriger als bei den Rindern ohne Anionenfütterung. Auch diese Unterschiede liegen im physiologischen Bereich.

Dies erklärt sich mit einem erhöhtem Protonengehalt im Blut (BLOCK 1994), die durch Pufferbasen abgefangen werden. Auch ABU DAMIR et al. (1994), PHILLIPPO et al. (1994) und JOYCE et al. (1997) beobachteten diesen Effekt. Die Blut- und Harnparameter wiesen bei den Frischkalbern keine Unterschiede mit oder ohne Anionenfütterung auf, so dass von einer guten Regeneration des Säuren-Basen-Haushaltes nach Beendigung der Anionenfütterung ausgegangen werden kann.

Bei der Untersuchung der Mengen- und Spurenelemente fällt ein signifikant höherer Kalzium- und ein signifikant niedrigerer Phosphorgehalt im Harn der Vorbereiter bei Anionenfütterung auf. Die Kalziumhomöostase verbessert sich durch Anionenfütterung (GOFF et al. 2003). Eine Erhöhung des Flusses von Kalzium durch den austauschbaren Kalziumpool führt zu einer Hyperkalzurie (GAYNOR et al. 1989; WANG et al. 1992). Doch werden auch bei der Kalziumausscheidung mit dem Harn die geforderten Werte von 5 bis 15 mmol/l nicht erreicht (GELFERT et al. 2004). Bei Betrachtung der ermittelten Werte gewinnt man den Eindruck, dass die Betriebe mit Anionenfütterung im Mittel die Anionen ohne ausreichende Wirkung auf den Säuren-Basen- und den Kalziumhaushalt einsetzen.

Die Untersuchung der ausgewählten Stoffwechselfparameter ergibt niedrigere ASAT-Konzentrationen bei den Vorbereitern und Frischkalbern in der Gruppe mit Anionen und eine niedrigere Thrombozytenzahl bei den Frischkalbern in der Gruppe mit Anionen. Auch für diese Werte gilt, dass sie sich im Referenzbereich befinden. Da für diese Parameter keine Untersuchungen im Zusammenhang mit Anionenrationen vorliegen, kann die Frage, ob es sich um einen direkten Einfluss der Anionen handelt, nicht geklärt werden. Prinzipiell könnte es auch ein zufälliger Befund dieser Studie sein.

5.5. Vergleich der Betriebe mit und ohne Wirkung der Anionenrationen

Die Betriebe wurden bei dieser Untersuchung nach der Wirkung der Anionenrationen eingeteilt. Die Einteilung erfolgte zum einen durch eine genaue Anamnese der Inzidenz der Gebärparese in den einzelnen Betrieben. Doch beim Vergleich der daraus entstandenen Gruppen wurden keine auswertbaren Ergebnisse erzielt. Die Einschätzung der Gebärpareseinzidenz in den Betrieben stellte die meisten Betriebsleiter vor eine schwierige Aufgabe. Die Frage nach der Inzidenz der Gebärparese und auch deren Folgeerscheinungen konnte häufig nicht genau beantwortet werden.

Bei dieser Herdenanamnese wurden akute Probleme häufig genannt, doch auch hier konnten häufig keine prozentualen Angaben gemacht werden. Zur Einschätzung von Prophylaxemaßnahmen muss der Gesundheitszustand der Herde beurteilt werden (STAUFENBIEL 1999). Beim Einsatz von Anionenrationen müssen also die Gebärparesefälle sowie die Folgen einer subklinischen Hypokalzämie erfasst werden. Als Folge der subklinischen Hypokalzämie werden linkseitige Labmagenverlagerungen, Schweregeburten, Nachgeburtsverhaltungen, Gebärmuttervorfällen, Endometritiden, Mastitiden und Ketosen genannt (BLOCK 1984; HORST 1986; GROHN et al. 1989). Die Erfassung sollte heutzutage mittels elektronischer Datenverarbeitung durch das Herdenprogramm erfolgen (STAUFENBIEL 1999). Nur so erscheint eine objektive Beurteilung möglich. Dabei wird auch die Mitarbeit des betriebseigenen Tierarztes erforderlich. Sollte dieser die Beurteilung der Anionenrationen durchführen, so sollte er sich über die Bedeutung der Häufigkeiten der Erkrankungen bewusst sein und berücksichtigen. Zum anderen wurden der Harn-pH und die Kalziumausscheidung mit dem Harn als Wirkungskriterien für die Anionen genannt (GELFERT et al. 2004). Die Anionenrationen wurden bei einem Harn-pH unter 7,8 und einer Kalziumausscheidung über 5 mmol/l als wirkungsvoll angesehen. Dadurch zeigten sich in der Gruppe mit Wirkung der Anionen ein Median der DCAB von 21 meq/kg TS. Beim Einsatz von Anionenrationen werden jedoch stark negative Werte gefordert (GOFF 1992; BLOCK 1994; BEEDE 1996; FÜRLI et al. 1996; MOORE et al. 2000; NRC 2001). Die Salze scheinen also auch bei positiven DCAB-Werten ihre Wirkung zu zeigen (GELFERT et al. 2004).

Die Harnparameter des Säuren-Basen-Haushaltes der Vorbereiter zeigen signifikante Unterschiede bei dem pH, der NSBA, dem Basen- und Ammoniakgehalt sowie dem BSQ. Dies gleicht den Ergebnissen beim Vergleich von Betrieben mit und ohne Anionen. Die Frischkalber weisen jedoch bei Wirkung der Anionen bei denselben Parametern signifikant niedrigere Werte auf. Die Wirkung der Anionen sollte innerhalb weniger Tage einsetzen und nach dem Absetzen schnell wieder verschwinden. Eine durch Anionenrationen induzierte Azidose entsteht innerhalb von 24 Stunden und klingt nach dem Absetzen der Anionen innerhalb von 48 Stunden wieder ab (GOFF et al. 1998). Die durch die Anionen provozierte metabolische Azidose sollte nach Absetzen der Anionen schnell wieder korrigiert werden (TUCKER et al. 1991). Jedoch erscheint der Grad der erreichten Azidose bei der Regeneration in physiologische Bereiche eine Rolle zu spielen. Signifikante Unterschiede des Blut-pH- und des SBK-Wertes wurden bei den Vorbereitern beobachtet. Jedoch liegen die Werte noch im physiologischen Bereich.

Die Blutparameter reagieren erst bei hohen Belastungen, so dass subklinische Belastungen schwer zu erkennen sind. Es sollte zur Bewertung der Wirkung von Anionenrationen auf Harnparameter zurückgegriffen werden (GELFERT et al. 2004).

Bei der Betrachtung der ausgewählten Stoffwechselfparameter fallen signifikante Unterschiede des roten Blutbildes auf. In der Gruppe mit Wirkung der Anionen wurden niedrigere Medianwerte bei dem Hämoglobingehalt, dem Hämatokrit und der Erythrozytenzahl festgestellt. Auch hier stellt sich die Frage, ob es sich um einen direkten Einfluss der Anionen handelt. Leider werden diese Stoffwechselfparameter in der Literatur im Zusammenhang mit Anionen nicht erwähnt, so dass diese Frage nicht beantwortet werden kann. Wenn es ein direkter Einfluss der Anionen sein sollte, ist dieser sehr gering, da die Unterschiede noch im Referenzbereich der Parameter liegen. Um dies zu klären, bedarf es weitergehender Untersuchungen.

5.6. Untersuchung der möglichen Fehlerquellen bei der Fütterung von Anionen

Zur Bewertung einer Ration und deren Inhalte sollte man die Fehlerquellen kennen. Als Fehlerquellen wurden eine zu hohe DCAB, ein zu hoher Kaliumgehalt sowie ein zu niedriger Kalzium- und Schwefelgehalt der Vorbereiterrationen untersucht. Dazu wurden Grenzwerte der Inhaltsstoffe festgelegt und dadurch die Betriebe in zwei Gruppen eingeteilt.

Bei Optimierung der DCAB, des Kalium- und Kalziumgehaltes werden Medianwerte für die Harnparameter erreicht, welche der Empfehlung von GELFERT et al. (2004) entsprechen. Jedoch sind die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant. Dieser Effekt war zu erwarten, da die Grenzwerte aus dem Vergleich von Betrieben mit und ohne Wirkung der Anionen stammen. Beim Schwefelgehalt machte es keinen Unterschied, ob die Empfehlung der NRC oder der Grenzwert aus dem vorherigen Vergleich genommen werden. Es wäre in beiden Fällen dieselben Betriebe erfasst worden. Doch bleibt die Verbesserung der Harnwerte aus. Dies würde bedeuten, dass die Wirkung des Schwefelgehaltes der Ration nicht so ausschlaggebend für die Wirkung auf die Harnparameter wäre wie die anderen drei Rationsparameter. In den Studien von TUCKER et al. (1991b) wird dem Schwefel dieselbe Wirkung auf die Blut- und Harnparameter wie dem Chlorid zugesprochen. Doch scheint die azidifizierende Wirkung von Schwefel abhängig von der Quelle und der chemischen Form zu sein (TUCKER et al. 1991b).

Die verschiedenen Anionen unterscheiden sich in ihrer azidifizierenden Wirkung in Abhängigkeit der Absorbierbarkeit der verwendeten Salze (OETZEL et al. 1991).

Bei der Einteilung der Rationen durch die DCAB zeigen sich signifikante Unterschiede bei der DCAB selbst sowie dem Kalium-, Chlorid- und Schwefelgehalt der Ration. Für den Natriumgehalt lässt sich kein signifikanter Unterschied feststellen. Die DCAB wird jedoch durch diese vier Elemente berechnet (OETZEL et al. 1991; BYERS 1994). So erscheint der Gehalt an Natrium in der Ration für die Höhe der DCAB kaum relevant.

Die Gruppen, die durch den unterschiedlichen Kaliumgehalt eingeteilt wurden, zeigen signifikante Unterschiede bei der DCAB, dem Kaliumgehalt sowie dem Rohproteingehalt der Rationen. Der Zusammenhang zwischen der DCAB und dem Kaliumgehalt wurde schon oben beschrieben. Die Korrelation zwischen der DCAB und dem Kaliumgehalt der Ration beträgt $r^2 = 0,88$ (SCHRÖDER et al. 2004). SCHRÖDER et al. (2004) schlugen die Schätzung der DCAB anhand des Kaliumgehaltes der Ration vor, jedoch nicht ohne zu erwähnen, dass dafür noch weitere Studien nötig seien.

In Rationen mit ausreichendem Kalziumgehalt zeigen sich ein signifikant höherer Rohasche-, Natrium-, Kalzium Chlorid- und Schwefelgehalt sowie Salzmenge und ein signifikant niedriger NEL-Wert als in Rationen mit unzureichendem Kalziumgehalt. Die Bewertung der Unterschiede des Rohasche- und Natriumgehaltes sowie der NEL ist schwierig. Diese Unterschiede könnten zufällig sein. Die genauen Inhalte der Rohasche sind unbekannt (JEROCH et al. 1999), so dass der Einfluss der Rohasche auf den Gehalt der Mengenelemente gegeben ist, jedoch für die einzelnen Elemente unbekannt ist. Hier zeigt sich der Unterschied des Rohaschegehaltes nur bei der Einteilung nach dem Kalziumgehalt, so dass der Rohaschegehalt einen Teil des Kalziumgehaltes widerspiegeln könnte. Der höhere Kalzium-, Chlorid- und Schwefelgehalt der Rationen mit ausreichender Kalziumkonzentration der Ration lässt sich durch den Zusatz der Anionen erklären. Hier werden starke Anionen und schwache Kationen zugefüttert (OETZEL 1988; STAUFENBIEL 2000), die sich auf den Gehalt der Mengenelemente der Rationen auswirken. Dies erklärt auch den signifikanten Unterschied der Salzmenge zwischen Rationen mit und ohne ausreichenden Kalziumgehalt. Der Schwefelgehalt als Kriterium zur Einteilung in zwei Gruppen führte zu einem signifikanten Unterschied der DCAB, des Rohasche-, des Kalzium- und des Schwefelgehaltes sowie der Salzmenge. Der Zusammenhang des Schwefelgehaltes und der DCAB wurde schon an anderer Stelle erläutert. In dieser Studie wurde vor allem Kalziumsulfat als saures Salz eingesetzt. Also könnte der Rohaschegehalt als Kennzahl für den Mineralstoffgehalt die Menge an eingesetzten Anionen beinhalten.

Diese Aussage bedarf noch weiterer klärender Studien über den Zusammenhang des Rohaschegehaltes der Ration und der Art sowie der Menge des eingesetzten Salzes.

5.7. Darstellung einzelner Betriebe

Abschließend werden drei Betriebe dargestellt. Betrieb 1 und Betrieb 2 wurde über 8 Wochen untersucht. Jede Woche wurde von den Vorbereitern Harn gewonnen und der pH, die NSBA und die Kalziumausscheidung bestimmt. Betrieb 1 und 2 streuten die Anionen über die vorher gemischte TMR und mischten diese mit Hilfe einer Heugabel unter.

Betrieb 1 erhöhte die Salzmenge kontinuierlich jeweils um 50 g/Tier/Tag von 300 auf 450 g/Tier/Tag. Die Kurve verläuft auffällig schwankend (Abb. 22). Ab einer Salzmenge von 450 g/Tier/Tag zeigen der Harn-pH und die NSBA eine sinkende Tendenz. Jedoch liegen die erreichten Mittelwerte nicht in dem beim Einsatz von Anionen geforderten Bereich.

Betrieb 2 setzte nur ab der zweiten Laktation Anionen ein. Dieser Betrieb fütterte konstant 450 g Anionen /Tier/Tag. Der Harn-pH und die NSBA Werte der Gruppe mit Anionen liegen niedriger als in der Gruppe ohne Anionen. Bei der Kalziumausscheidung ist es umgekehrt.

Da die Fütterung nicht unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt wurde, sind unbekannte Faktoren des Betriebes nicht auszuschließen. Problematisch erscheint die breite Streuung der Einzelwerte in beiden Betrieben und unabhängig von der Fütterung der Anionen. Diese könnte zum einen aufgrund der selektiven Futtermittelaufnahme der Einzeltiere oder auf individuelle Reaktionen des Einzeltieres zurückgeführt werden. Dies erklärt auch die Berichte der Landwirte über ein Versagen der Anionen oder auch plötzliche Todesfälle beim Einsatz von Anionen. Für die Bewertung der Wirkung der Anionen durch die genannten Parameter muss beachtet werden, dass eine Einzeltieruntersuchung nicht ausreicht. Die Untersuchung von nur einem Tier kann zu falsch positiven oder falsch negativen Aussagen bezüglich der Wirkung der Anionen führen. Grundsätzlich sollten im Rahmen einer Bestandsbetreuung mehrere Tiere untersucht (FÜRLI et al. 2005) oder auf Poolproben zurückgegriffen werden (LEHWENICH 1999). Der Einsatz von Anionenrationen führt zu einer milden metabolischen Azidose (GOFF et al. 1998), welche den Kalziumhaushalt beeinflusst (OETZEL et al. 1991; WANG et al. 1992; BYERS 1994). Nur Betrieb 2 erreicht jedoch durch den Einsatz der Anionen Harn-pH- und NSBA-Werte, die eine ausreichende Steigerung des Kalziumhaushaltes vermuten lassen.

Betrieb 3 wurde dreimal untersucht. Es wurden der Harn-pH, die NSBA und die Kalziumausscheidung mit dem Harn sowie eine Rationsanalyse durchgeführt. Bei der ersten Untersuchung wurden noch keine Anionen eingesetzt. Vor dem Einsatz von Anionen sollte die DCAB der Ration ermittelt werden, so dass die genaue Menge des einzusetzenden Salzes zur Senkung der DCAB errechnet werden kann (FÜRLI et al. 1996). Die DCAB betrug bei der ersten Untersuchung 239 meq/kg TS. Zum Erreichen des von dem NRC (2001) empfohlenen unteren Wert von -75 meq/kg TS ergibt sich eine Differenz von -314 meq/kg TS. Nun muss die Menge des einzusetzenden sauren Salzes ermittelt werden. Der Betrieb wählte das saure Salz Transi Fit[®] pur+E aus. Der Hersteller gibt eine DCAB von -6100 meq/kg für dieses Präparat an. Es ergibt sich für die Zufütterung des Salzes eine Salzmenge von ca. 52 g/kg TS. Bei einer vorausgesetzten Futteraufnahme der Vorbereiter von 11 kg TS (BYERS 1994) bedeutet das eine Dosierung des sauren Salzes von 572 g/Tier/Tag. Der Hersteller gibt eine Dosierungsempfehlung von 400 bis 450 g/Tier/Tag an. Prinzipiell geht man davon aus, dass eine leicht positive DCAB der Vorbereiterration zur Wirkung der Anionen ausreicht (GELFERT et al. 2004). Auch der NRC gibt als Obergrenze 0 meq/kg TS an. Bei der Berechnung der erforderlichen Salzmenge müssen ca. 430 g/Tier/Tag zugefüttert werden. Die Empfehlung des Herstellers kann also nur als Richtlinie gelten und ersetzt nicht die genaue Berechnung der erforderlichen Salzmenge. Beim zweiten Besuch des Betriebes ist eine neue Ration mit Anionen ermittelt und verfüttert worden. Es wurden 400 g/Tier/Tag des sauren Salzes Transi Fit[®] pur+E eingesetzt. Trotz des Einsatzes der Anionen blieb der erwünschte Effekt bei den Tieren aus. Es zeigten sich weder Anzeichen einer milden Azidose noch war die Kalziumausscheidung erhöht. Die Begutachtung der Rationsinhalte zeigte eine DCAB, die mit 303 meq/kg TS höher lag als die DCAB der Ration des ersten Besuches. Zwar war der Schwefelgehalt der Ration angestiegen, jedoch erhöhte sich auch der Kaliumgehalt, der trotz der Anionen in der Ration bei 23,51 g/kg TS lag. Dem Betrieb wurde geraten die Salzmenge zu erhöhen, um die DCAB zu verringern. Diese Empfehlung stützt sich auch auf den mit 2,17 g/kg TS niedrigen Schwefelgehalt. Dieser sollte zwischen 3 – 4 g/kg TS liegen (NRC 2001). Bei der dritten Untersuchung lag die DCAB bei -63 meq/kg TS. Dies machte sich auch in den Harnparametern bemerkbar. Der Harn-pH und die NSBA sowie die Kalziumausscheidung lagen nun in den von GELFERT et al. (2004) empfohlenen Bereich. Der Schwefelgehalt von 5,3 g/kg TS erscheint aufgrund der möglichen toxischen Wirkung von Schwefel problematisch. Schwefelgehalte von über 4 g/kg TS sollten nicht überschritten werden (TRAN 1997). Jedoch konnten dem Betriebsleiter zufolge keine negativen Effekte an den Tieren erkannt werden.

Die Reaktion der Rinder auf hohe Schwefelgehalte der Ration ist vor allem von der Qualität des verwendeten Futters abhängig. Bei optimaler Rationsgestaltung werden höhere Schwefelgehalte toleriert (PASSFELD et al. 2004).