
5 Diskussion

5.1 Effekt verschiedener Anionenergänzungen auf die Konzentration von Mengenelementen im Harn

5.1.1 Natrium

Natrium wird zum größten Teil über den Harn ausgeschieden (Fürl *et al.* 1981). Die Harn-Natrium-Konzentration wird anhand der vorliegenden Ergebnisse durch keines der in diesem Versuch verabreichten sauren Salze nachweisbar beeinflusst. Einzig die Gabe von Natriumchlorid (NaCl) führt zu einer deutlichen Zunahme der Harn-Natrium-Konzentration, vermutlich als Ausdruck der erhöhten Natriumaufnahme (Abb. 4). Boehncke *et al.* (1991) stellen diesbezüglich eine signifikant positive Korrelation ($r = 0,812$) zwischen Natriumaufnahme und mittlerer Natriumkonzentration im Harn fest. Untersuchungen von Tucker *et al.* (1993) und Didik (1999) zu den metabolischen Effekten von Natriumbikarbonat bei Milchkühen führen ebenso zum Ergebnis erhöhter Natriumkonzentrationen im Harn. Die Abhängigkeit der renalen Natriumausscheidung von der Natriumaufnahme (Rosenberger 1990, Bannink *et al.* 1999) macht die Harnuntersuchung zu einem guten Kontrollmedium, um die Versorgungslage beurteilen zu können (Jonas 1971, Rossow *et al.* 1974, Amin 1992, Fürl 1994, Martens 1995, Underwood und Suttle 1999). Beening (1998) konnte eine Steigerung der Natriumausscheidung unter Verabreichung von sauren Salzen nachweisen und begründet dies mit dem gekoppelten Ausscheidungsverhalten von Natrium- und Chloridionen (Tucker *et al.* 1988). Auch Westenhoff (2000) kommt bei Bilanzversuchen mit Schafen unter Salzgabe (CaCl_2) zu dem Ergebnis, dass mit Erhöhung des Anionengehaltes in der Ration die renale Natriumexkretion zunimmt. Die eigenen Ergebnisse können dies nicht bestätigen. Zusätzlich widersprechen sich oben getroffene Aussagen mit Beobachtungen, nach denen die Natriumkonzentrationen im Harn unter azidotischen Verhältnissen (Oetzel *et al.* 1998) bzw. generell zur Geburt hin (Hörügel und Fürl 1998) absinken. Nach Brobst (1983) ist die Wasserstoffionen-Sekretion (H^+ -Sekretion) mit der Natriumreabsorption gekoppelt. Daher scheint es wahrscheinlich, dass unter azidotischer Belastung vermehrt H^+ -Ionen ausgeschieden und im Gegenzug Natrium resorbiert wird. Eustermann (2003) konnte in ihren Untersuchungen bei anionensupplementierten Vorbereitern keinen Zusammenhang zwischen Natriumausscheidung und Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) nachweisen.

Während des Versuchszeitraumes werden generell niedrige Harn-Natrium-Konzentrationen beobachtet. Die vereinzelt unterhalb des Referenzwertes liegenden mittleren Natriumkonzentrationen im Harn (Anhang Tab. 34) lassen sich durch die geringen Gehalte

an Natrium in der Ration erklären. Raufutter, hier zu annähernd 80% der Tagesration verabreicht, weist nur geringe Natriumgehalte auf (*Schneider 1970, Launer et al. 1981*). Berechnet aus den Ergebnissen der Futtermittelanalysen, beträgt die durchschnittliche Natriumaufnahme über die tägliche Gesamtration zwischen 10 und 11 g/Tier. Dies entspricht laut Bedarfsempfehlung für trockenstehende Kühe (Tab. 7) einer leichten Unterversorgung mit Natrium, was sich hier auch in Form niedriger Harn-Natrium-Konzentrationen ausdrücken könnte.

5.1.2 Kalium

Kalium spielt eine zentrale Rolle im Krankheitsgeschehen der Gebärpause. *Beede (1992)* sowie *Goff und Horst (1997)* sehen nicht den Kalzium- sondern den Kationengehalt, insbesondere die Konzentration an Kalium, in der Ration und die daraus resultierende alkalotische Stoffwechsellage als Hauptrisikofaktor für die Entstehung der GP an. Grundsätzlich wird Kalium überwiegend renal ausgeschieden (*Kolb 1989*) und die Konzentration an Kalium im Harn ist abhängig von jener im Futter (*Fürll 1994*). Über den Bedarf aufgenommenes Kalium wird rasch renal eliminiert (*Martens 1995*). *Staufenbiel und Gelfert (2001)* schätzen die Kaliumkonzentration im Harn als aussagekräftigen Parameter der Kaliumbelastung ein. *Hörügel und Fürll (1998)* gehen so weit, dass sie die Harn-Kalium-Konzentration in Kombination mit anderen Parametern des Säuren-Basen-Haushaltes (SBH) zur frühdiagnostischen Prüfung der Gebärpauseinzidenz empfehlen (Tab. 6).

Ein statistisch abgesicherter Einfluss der hier eingesetzten sauren Salze auf die Harn-Kalium-Konzentration kann entsprechend der erzielten Ergebnisse nur vereinzelt nachgewiesen werden (Abb. 5 und Anhang Tab. 35). Dennoch besteht bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufes unter Salzapplikation die Tendenz zu einer verminderten Kaliumkonzentration im Harn. *Gans und Mercer (1977)* beschreiben dazu eine Ausscheidungskonkurrenz zwischen Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) und Kaliumionen (K^+), bedingt durch das Vorhandensein gemeinsamer Transport- bzw. Diffusionswege. Dabei kommt es zunächst zur Resorption von K^+ im proximalen Tubulusapparat und später zum Austausch gegen Na^+ im distalen Tubulus, allerdings in Konkurrenz mit H^+ -Ionen. Die Sekretionsrate des Kaliums soll durch pH-Wert-gesteuerte K^+ -Kanäle beeinflusst werden. *Greger (1994)* vermutet dabei mit abnehmendem pH-Wert eine verminderte K^+ -Sekretion. Dies steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen von *Fürll et al. (1994 a)*, die mit Annäherung an den Geburtstermin, verbunden mit zunehmender azidotischer Stoffwechsellage, einen kontinuierlichen Abfall von NSBA und Kaliumkonzentration im Harn beobachten. Ein Grund für die in diesem Versuch nur minder ausgeprägten Reaktionen könnte eine nicht

ausreichend hohe Dosis der sauren Salze im Verhältnis zu den variierenden DCAB-Werten des Futters in den einzelnen Versuchsperioden (Tab. 19) sein. Als Ausdruck eines bestehenden Zusammenhanges zwischen azidotischer Stoffwechsellage und renaler Kaliumausscheidung konnten in Untersuchungen durch *Amin (1992)* und *Eustermann (2003)* positive Korrelation zwischen NSBA und der Kaliumkonzentration im Harn festgestellt werden.

5.1.3 Chlorid

Nach *Boehncke et al. (1976 c)* ist die renale Chloridausscheidung von der Chloridaufnahme abhängig. Eine Überversorgung an Chlorid ist in der Regel selten zu beobachten und wird zumeist durch eine gesteigerte Wasseraufnahme und erhöhte Ausscheidungsraten über die Nieren kompensiert (*Underwood und Suttle 1999*). Auf Grund von Verdünnungseinflüssen kann *Didik (1999)* über die Chlorid-Konzentration im Harn keine verwertbaren Aussagen zum Einfluss von Natriumbikarbonat treffen. Da Chlorid zwar absorbiert, aber nicht metabolisiert wird, nimmt es ebenso wie Natrium und Kalium Einfluss auf die elektrische Bilanz und es kommt zur Beeinflussung des Säuren-Basen-Haushaltes (SBH), wobei die Chloridüberversorgung eine metabolische Azidose (*Fredeen et al. 1988 a*), der Chloridmangel eine metabolische Alkalose induzieren (*Hartmann und Meyer 1994*). Anhand der vorliegenden Ergebnisse führen ausschließlich Chloridsalze zu einer signifikanten Erhöhung der Chlorid-Konzentration im Harn (Abb. 6, Anhang Tab. 36), sehr wahrscheinlich auf Grund der erhöhten Zufuhr, und erreichen bei der hier gewählten Dosierung Messwerte weit oberhalb des Referenzbereiches. Sowohl die beiden Salzmischungen als auch Sulfatsalze zeigen zwar geringe Ausprägungen aber keinen statistisch gesicherten Einfluss auf die Harn-Chlorid-Konzentration. Durch Chloridsalze bedingte Mehraufnahmen an Chlorid (die Absorptionsrate liegt bei > 90%) lassen eine erhöhte Wasseraufnahme und ein damit in Verbindung zu bringendes gesteigertes Harnvolumen vermuten. Die Ergebnisse zum 24h-Harn-Volumen (Abb. 18 und Tab. 20) bestätigen diese Annahme einzig für das Salz CaCl_2 mit einem signifikanten Unterschied zu den Kontrolltieren. Dabei verbleiben die mittleren Tagesharmmengen im physiologischen Grenzbereich von ca. 8 – 15 Liter/Tag (*Kolb 1989*). Ungeachtet dessen liegen aber unter Verabreichung von Chloridsalzen die mittleren Tagesharmmengen dieser Tiere um ca. 10 % über denen, die mit Sulfatsalzen behandelt werden und um ca. 35% über den unbehandelten Kontrolltieren. Ein Verdünnungseffekt scheint aber nicht vorhanden zu sein. Die Harn-Kreatinin-Konzentration (Anhang Tab. 46) unterliegt bei Verabreichung aller Salzvarianten nur geringfügigen Schwankungen und ein Unterschied zu den Kontrolltieren kann nicht festgestellt werden. Sowohl Harn-Chlorid-

Konzentration (Abb. 20, Tab. 22, Anhang Tab. 48) als auch renale Tagesgesamtausscheidung an Chlorid (Abb. 19, Tab. 21) spiegeln den Einfluss der Chloridsalze ausreichend wider. In der Stärke der Parameterauslenkungen unterscheiden sich die eingesetzten chloridhaltigen sauren Salze nur unwesentlich. Ein Zusammenhang zwischen SBH und Chloridkonzentration im Harn unter Einbeziehung aller sauren Salze ist in geringem Ausmaß vorhanden, NSBA und Harn-Chlorid korrelieren signifikant mit $r = -0,224$ (Tab. 27). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch *Eustermann (2003)*.

Hinsichtlich der Anwendbarkeit des DCAB-Konzeptes steht Chlorid als starkes Anion neben Sulfat im Mittelpunkt des Interesses. Die Wirksamkeit der Chloridsalze in der Gebärpäreseprävention ist hinlänglich bewiesen. Beantwortet werden soll die Frage, ob die Chloridkonzentration im Harn als ein möglicher Kontrollparameter beim Einsatz saurer Salze zu empfehlen oder auszuschließen ist. Entsprechend der Untersuchungsergebnisse wäre sie allenfalls zum Nachweis der Anwendung chloridhaltiger saurer Salze nutzbar.

5.1.4 Kalzium

Harn-Kalzium-Konzentrationen werden laut Literatur überwiegend als ungeeignet angesehen, Informationen über die Versorgungslage zu geben (*Buhmann und Gründer 1985, Gründer 1991, Martens 1995, Bandt und Hartmann 1998*). Im Rahmen der Gebärpäreseprophylaxe und dem Einsatz von Anionenrationen bei trockenstehenden Kühen muss diesem Parameter allerdings eine besondere Bedeutung zugesprochen werden. Nach eigenen Ergebnissen wird die Harn-Kalzium-Konzentration mit Ausnahme von Wasser (H_2O) und Natriumchlorid ($NaCl$) durch alle anderen in dieser Studie verabreichten sauren Salze signifikant ($p \leq 0,01$) erhöht (Abb. 7, Anhang Tab. 37). Dabei ist der Kalziumanteil der Anionenverbindung nicht entscheidend für die Ausprägung der Konzentration dieses Elementes im Harn, denn auch Salze die kein Kalzium enthalten, bewirken nach vier Tagen der Verabreichung eine Erhöhung der Konzentration auf das zwei- bis dreifache des Ausgangswertes. Unter den Bedingungen einer forcierten täglichen Aufnahme von Kalzium (120 – 150 g/Tier) wird der Einfluss der sauren Salze im Vergleich zu den Kontrolltieren und den $NaCl$ -Tieren sehr deutlich. Die alleinige Erhöhung des Kalziumanteils in der Ration führt bei den Kontrolltieren zu keinen nennenswerten Veränderungen bezüglich der Harn-Kalzium-Konzentration. Unter Verabreichung der sauren Salze wird der abgestufte Einfluss allerdings sichtbar. Welche Regulationsmechanismen dafür verantwortlich sind bzw. ob eine vermehrte intestinale Absorption (*Vagg und Payne 1970, Braithwaite 1972, Dishington 1975, Fredeen et al. 1988 a, Fredeen et al. 1988 b, Takagi und Block 1991 a, Coe 1993, Staufenbiel 2002*), eine erhöhte Resorptionsrate von Kalzium aus dem Knochen (*Vagg und*

Payne 1970, Block 1984, Takagi und Block 1991 a, Beede 1992), eine verringerte tubuläre Reabsorption in der Niere (*van Mosel 1993*) oder eine Kombination dieser Regulationsvorgänge zu den Veränderungen der Kalziumkonzentration im Harn führt, kann mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen nicht geklärt werden. Die erzielten Ergebnisse bestätigen aber die allgemeine Auffassung, dass mit zunehmender azidotischer Stoffwechsellage die genannten Regulationsmechanismen begünstigt werden (*Naito et al. 1990, Romo et al. 1991*) und dass die Hypercalcurie als eine typische Reaktion auf azidotische Belastungen gewertet werden kann (*Buhmann und Gründer 1985, Fürll 1993*). Die eigenen Untersuchungsergebnisse bezüglich der Veränderungen des Harn-pH und der Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung unter Anionenrationen bestätigen dies (Abb. 23+24, Tab. 25+26). Signifikant negative Korrelationen ($r = -0,729$) sind als Ausdruck der engen Beziehung zwischen Parametern des Säuren-Basen-Haushaltes und der Kalziumkonzentration im Harn (Tab. 27) zu werten. *Phelps et al. (2001)* erklären diesen Zusammenhang mit dem Bestreben des Organismus, erhöhte Aufnahmen von Anionen und die dadurch bedingte Verschiebung der Elektroneutralität mit der Freisetzung von Wasserstoffionen zu beantworten. Eine damit provozierte metabolische Azidose wird wiederum durch Austauschvorgänge am Knochen und Abgabe von Kalziumionen abgepuffert. Dieses freigesetzte Kalzium wird zu Zeiten der Trockenstehperiode nicht benötigt und daher über die Nieren ausgeschieden. Die erzielten Ergebnisse stehen in Übereinkunft mit den Schlussfolgerungen von *Tucker et al. (1992)* sowie *Bender et al. (2001)*, wonach die Kalziumkonzentration im Harn als Kontrollparameter beim Einsatz saurer Salze in Betracht gezogen werden sollte.

5.1.5 Anorganisches Phosphat

Phosphor wird zum größten Teil über den Kot ausgeschieden, die Exkretion über die Nieren spielt eine untergeordnete Rolle (*Underwood und Suttle 1999*). Die geringe renale Ausscheidungsrate von 0,7 % (*Boehncke et al. 1976 a*) schließt das Medium Harn als Standardmethode der Phosphorbestimmung aus (*Martens 1995*). Des Weiteren wird die diagnostische Aussagekraft der Phosphatkonzentrationen im Harn von *Boehncke et al. (1987)* und *Hartmann und Meyer (1994)* als wenig geeignet angesehen, die Versorgungslage einzuschätzen.

Durch die in dieser Studie verabreichten sauren Salze konnte kein signifikanter Einfluss hinsichtlich der Phosphatkonzentration im Harn nachgewiesen werden. Die vielfach erwähnte Mehrausscheidung an Phosphat über den Harn als Ausdruck einer kompensatorischen Reaktion infolge azidotischer Belastungen des Organismus (*Kutas 1967*,

Meyer 1972, Fürll et al. 1981, Dirksen 1985, Hamm und Simon 1987, Gaynor 1989, Fürll et al. 1993, Greger 1994, Kirchgessner 1997) bleibt aus. Das ist wünschenswert, soll doch durch die Anionensubstitution der Zustand einer milden metabolischen Azidose erreicht werden (Pehrson et al. 1999), die wiederum ausreichend „mild“ vorliegt, um entscheidende kompensatorische Stoffwechselfunktionen zu aktivieren, ohne dabei krankhafte Übersäuerungen des Organismus hervorzurufen. Andere Autoren sehen keinen Zusammenhang zwischen einer Hyperphosphaturie und azidotischen Belastungen (Fredeen et al. 1988 a, Westenhoff 2000, Bender 2002). Übereinstimmend mit den eigenen Ergebnissen wird auch nach Tucker et al. (1991) durch Substitution von Schwefel und Chlorid kein Effekt auf die Ausscheidung von Phosphat über den Harn nachgewiesen. Zudem liegt nach Eustermann (2003) keine signifikante Korrelation zwischen Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung und Harnphosphat vor.

Nach Braithwaite (1976) sinkt mit steigender Kalziumaufnahme die Phosphatausscheidung über den Harn. Da während des Versuchszeitraumes die tägliche Kalziumzufuhr mit 120 - 150 g/Tier in etwa 5-fach über dem Bedarf für trockenstehende Kühe liegt, könnte dies zusätzlich die geringen Harn-Phosphat-Konzentrationen erklären.

5.1.6 Magnesium

Ein Einfluss auf die renale Magnesiumkonzentration kann für die Salze $MgCl_2$ und $MgSO_4$ nachgewiesen werden (Abb. 9). Alle anderen getesteten Salze zeigen keinen statistisch gesicherten Effekt.

Chester-Jones et al. (1989) stellen eine lineare Abhängigkeit zwischen Magnesiumaufnahme und renaler Magnesiumausscheidung fest. Dabei führt ein Magnesiumüberschuss in der Ration zu einem deutlichen Anstieg der Magnesiumausscheidung über die Nieren und umgekehrt. Die Untersuchung des Harnes auf seine Magnesiumkonzentration wird auf Grund des gesicherten Zusammenhanges zwischen Magnesiumaufnahme und renaler Ausscheidung dieses Elementes als probates Kontrollmedium angesehen, um Aussagen über den Versorgungsstatus treffen zu können (Jonas 1971, Gründer 1991, Martens 1995, Bandt und Hartmann 1998).

Die Reduktion der DCAB (Gaynor et al. 1989) und eine dadurch hervorgerufene azidotische Stoffwechsellage (Fredeen et al. 1988 b) sollen bei Wiederkäuern zu einer Erhöhung der Magnesiumexkretion führen. Untersuchungen mit Ammoniumchlorid (NH_4Cl) und Kalziumchlorid ($CaCl_2$) zeigen einen Anstieg der Magnesiumkonzentration im Harn (Gaffer et al. 1980, Oetzel et al. 1998). Die Möglichkeit einer gesteigerten Magnesiummobilisation und die damit in Verbindung zu bringende erhöhte renale Magnesiumexkretion als Reaktion

auf eine Verschiebung des SBH in Richtung Azidose erscheint hier schon aus Gründen der ohnehin sehr trägen Mobilisation aus dem Knochen unwahrscheinlich, kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen dies aber nicht, hätten doch dann bei den azidogen wirkenden Salzen CaCl_2 und NH_4Cl Reaktionen sichtbar werden müssen. Gerade das Salz NH_4Cl zeigt im zeitlichen Verlauf (Abb. 9) unter Salzgabe die niedrigsten Magnesiumkonzentrationen im Vergleich zu allen anderen Salzvarianten. Vielmehr scheint der Anteil an Magnesium in der Gesamtration bzw. des eingesetzten sauren Salzes eine Rolle zu spielen, wie auch in Untersuchungen von *Wang und Beede (1992 a)* gezeigt wird. Ergebnisse nach Tucker et al. (1991 b) stimmen mit den eigenen überein, bei denen die Substitution von Chlorid und Schwefel keinen Einfluss auf die Magnesiumausscheidung hatte. *Eustermann (2003)* konnte diesbezüglich ebenfalls keinen Zusammenhang feststellen. In ihren Untersuchungen waren keine Korrelationen zwischen NSBA und renaler Magnesiumkonzentration nachweisbar.

Bei Betrachtung der Parameterauslenkungen, ausgenommen unter Einfluss magnesiumhaltiger Salze, befinden sich alle anderen erhobenen Messwerte innerhalb des Referenzbereiches. Die durchschnittliche Tagesgesamtaufnahme von ca. 21 g Magnesium entspricht nach Empfehlungen der GfE (Tab. 7) dem Tagesbedarf einer laktierenden Kuh mit ca. 10 l Milchleistung. Unter Annahme der oben beschriebenen Regulationsvorgänge erklärt dies die allgemein an den oberen Referenzbereich grenzenden Magnesiumkonzentrationen im Harn.

5.2 Effekt verschiedener Anionenergänzungen auf die fraktionierte Exkretion (FE_x) von Mengenelementen im Harn

Die renale fraktionierte Elektrolytausscheidung gibt unabhängig von Schwankungen der Diurese den prozentualen Anteil der untersuchten Substanz zur korrespondierenden Kreatininausscheidung des Organismus an. Sie bezieht sich ausschließlich auf die filtrierenden Nephrone und dient somit als Maß der tubulären Sekretions- und Reabsorptionsvorgänge bzw. der Filtrationsleistung. Auf eine Unter- bzw. Überbilanz von Mengenelementen reagiert die fraktionierte Elektrolytausscheidung bei Kühen nach *Hartmann et al. (2001)* mit statistisch signifikantem Abfall bzw. Anstieg.

Die Ergebnisse zu den fraktionierten Exkretionsraten der hier betrachteten Mengenelemente (Abb. 10 bis 15) ähneln denen der Konzentrationen im Harn (Abb. 4 bis 9), ohne selbst eine größere Aussagekraft hinsichtlich der Wirksamkeit der getesteten Substanzen zu besitzen. Auf Grund der hier unbeeinflussten Kreatininkonzentration im Harn (Anhang Tab. 46) können Ausscheidungsschwankungen bzw. Verdünnungseffekte ausgeschlossen werden.

Dies erklärt das gleichartige Verhalten der beiden Parameter hinsichtlich der Salzwirkung. Auch *Didik (1999)* konnte in Untersuchungen zu metabolischen Effekten von Natriumbikarbonat mit der Bestimmung der renalen fraktionierten Exkretion keinen Vorteil im Vergleich zur Mengenelementkonzentration im Harn erkennen.

5.3 Zirkadiane Rhythmik

Entsprechend den Ergebnissen in Abschnitt 4.1 und 4.2 werden die Harnkonzentrationen der Elemente Natrium, Kalium, Phosphat und Magnesium hinsichtlich ihrer diagnostischen Aussagekraft beim Einsatz von Anionenrationen bzw. als mögliche Kontrollparameter ausgeschlossen. Weitere Untersuchungen zur zirkadianen Rhythmik erfolgen nur für die Parameter Chlorid und Kalzium bzw. ihrer Konzentrationen im Harn. Die Nutzung dieser Parameter als aussagekräftige Kontrollgrößen beim Einsatz von sauren Salzen setzt im günstigsten Fall eine tageszeitliche Konstanz oder die Kenntnis des Vorhandenseins tageszeitlicher Schwankungen voraus, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Die Ergebnisse dieser Studie lassen für die Harn-Chlorid-Konzentration eine zirkadiane Rhythmik erkennen (Abb. 17, Anhang Tab. 48). Es scheint ein Einfluss um 11.00 und 19.00 Uhr vorzuliegen, der jedoch sowohl für die salzbehandelten Tiere als auch für die Kontrolltiere nachzuweisen ist, was auf einen salzunabhängigen Einfluss schließen lassen muss. Für die Harn-Kalzium-Konzentration wird kein zeitabhängiger Einfluss sichtbar (Abb. 16, Anhang Tab. 47). Sowohl die Werte der unter Salzeinfluss stehenden Rinder als auch die der Kontrolltiere zeigen im Tagesverlauf relative Konstanz. Es kann zu keinem der untersuchten Zeitpunkte ein statistisch abgesicherter Unterschied zum Ausgangswert nachgewiesen werden. Dies steht nicht in Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen nach *Spieker (1989)*, der für die Harn-Kalzium-Konzentration deutliche Ausscheidungsmaxima für die Tagesmitte und Ausscheidungsminima für die Nachtstunden nachweisen konnte. Mögliche Ursachen für dieses Ausscheidungsverhalten können nicht gefunden werden. Ausgeschlossen wird der Zusammenhang mit dem Zeitpunkt des Melkens und auch der Fütterungseinfluss gilt als unwahrscheinlich, da unterschiedliche Fütterungszeiten keine abweichenden Ausscheidungsmuster aufweisen. Vielmehr wird der Verdacht geäußert, dass den beobachteten Schwankungen andere, in unterschiedlichen Stoffwechsellagen der Tiere zu verschiedenen Tageszeiten begründete Ursachen zugrunde liegen. Dies ist nicht unbedingt auf eine Art „innere Uhr“ zurückzuführen, auch äußere Einflüsse, die die Gegebenheiten der Haltung der Tiere einbeziehen, können ausschlaggebend sein. Auch unter den Bedingungen eines in diesem Versuch „geregelten Tagesablaufes“ lässt sich keine sichere Begründung zu diesem Ausscheidungsverhalten

auffinden. Ein Fütterungseinfluss wäre jedoch auf Grund der zeitlichen Beziehung (jeweils 4-5 Stunden nach Fütterung) denkbar. Insofern sind, zumindest für die unausgeglichene Harn-Chlorid-Konzentrationen, die hier erzielten Ergebnisse zum tageszeitabhängigen Ausscheidungsverhalten nicht abschließend erklärbar, sollten mit Vorsicht betrachtet werden und bedürfen weiterer Untersuchungen. Dennoch wird die Kalziumkonzentration im Harn als aussagekräftiger Kontrollparameter im Zusammenhang mit der Verabreichung saurer Salze nicht in Frage gestellt.

5.4 Einfluss der DCAB auf ausgewählte Harnparameter

5.4.1 Chloridkonzentration

Anhand der vorliegenden Ergebnisse zum Einfluss der DCAB auf die Harn-Chlorid-Konzentration wird ein signifikanter Zusammenhang festgestellt ($r = -0,372$, Tab. 32). In Abhängigkeit der über den Versuchszeitraum unterschiedlichen DCAB-Werte kann mit Hilfe der Gruppenbildung sowohl bei den Kontrolltieren als auch bei den anionensubstituierten Tieren allerdings keine diagnostisch wertvolle Abstufung erkannt werden. Wenngleich bei den Kontrolltieren zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede nachzuweisen sind (Abb. 26, Tab. 29), so verbleiben die Messwerte bei den salzsubstituierten Tieren (Abb. 28, Tab. 31) überwiegend innerhalb des Referenzintervalls und unterscheiden sich nicht ausreichend deutlich, um die Harn-Chlorid-Konzentration als diagnostischen Parameter nutzen zu können. Dies könnte darin begründet sein, dass alle in diesem Versuch getesteten Salze unabhängig von der Art ihrer Zusammensetzung in die Auswertungen einbezogen wurden und dass die Sulfatsalze den Effekt der Chloridverbindungen überlagern bzw. abschwächen. Beobachtet man die Zusammenhänge getrennt nach Chlorid- und Sulfatsalzen wird diese Annahme jedoch nicht bestätigt. Fließen nur Sulfatsalze in die Auswertungen ein, so wird, wenn auch in geringerem Ausmaß, ein gleiches Verhalten bezüglich der DCAB-abhängigen Chloridkonzentration im Harn sichtbar (Anhang Abb. 29, Tab. 51). Vielmehr ist daher zu vermuten, dass zwischen DCAB der Ration und Harn-Chlorid-Konzentration keine lineare, sondern eine exponentiale Beziehung besteht und dass sich der Zusammenhang erst bei Unterschreiten eines bestimmten DCAB-Grenzwertes (hier Gruppe A: < -100 meq/kg TS, Abb. 28) in Form deutlich erhöhter Harn-Chlorid-Konzentrationen ausdrückt. Ein gleiches Verhalten wird von *Oetzel (2002)* und *Staufenbiel (2003)* für den Zusammenhang zwischen DCAB und Harn-pH beschrieben. Bis zu einer DCAB von -50 meq/kg TS bzw. von DCAB-Werten um 0 meq/kg TS ändert sich der Harn-pH nur geringfügig, danach fällt er drastisch ab. *Eustermann (2003)* weist in ihren

Untersuchungen eine signifikante Beziehung zwischen DCAB und Chloridwerten im Harn für Trockensteher und Vorbereiter ohne Verabreichung von sauren Salzen nach ($r = -0,598$). Vorbereiter mit sauren Salzen korrelieren entsprechend ihrer Ergebnisse allerdings nicht mit der DCAB. Dabei unterscheiden sich zwar die DCAB-Werte innerhalb der Laktationsgruppen signifikant voneinander, erreichen aber für die Vorbereiter nur Medianwerte von +94 meq/kg TS und liegen damit überwiegend im positiven Bereich.

5.4.2 Kalziumkonzentration

Die Untersuchungsergebnisse spiegeln den Zusammenhang zwischen der DCAB und der Kalziumkonzentration im Harn wider. Sowohl bei den Kontrolltieren (Abb. 25, Tab. 28), als auch bei den unter Salzeinfluss stehenden Tieren (Abb. 27, Tab. 30) wird das abgestufte Verhalten bezüglich einer DCAB-abhängigen Reaktion der Kalziumkonzentration im Harn eindrucksvoll verdeutlicht. Unter Einbeziehung der anionensubstituierten Tiere in die Auswertungen ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $r = -0,450$ ($p \leq 0,01$, Tab. 32). Sinkende DCAB-Werte führen zu einer Steigerung der Harn-Kalzium-Konzentration. Dieses Verhalten steht in Übereinstimmung mit zahlreichen in der Literatur beschriebenen Ergebnissen (*Vagg und Payne 1970, Braithwaite 1972, Fredeen et al. 1988 a+b, Gaynor et al. 1989, Oetzel et al. 1991 a, Takagi und Block 1991, Tucker et al. 1991, Wang und Beede 1992 a, van Mosel et al. 1993, Beening 1998, Vagnoni und Oetzel 1998, Westenhoff 2000, Bender et al. 2001, Eustermann 2003*). *Tucker et al. (1992)* sowie *Bender et al. (2001)* empfehlen die Kalziumkonzentration im Harn als Kontrollparameter beim Einsatz saurer Salze. Dem kann auf Grund eigener Ergebnisse nur zugestimmt werden.

5.5 Rangfolge saurer Salze anhand ausgewählter Harn-Parameter

Für die Salze CaCl_2 , $\text{CaSO}_4\text{-D10}$ und NH_4Cl konnte anhand der Parameter Harn-pH, NSBA und Harn-Kalzium-Konzentration der stärkste Einfluss festgestellt werden. Allgemein ist laut Literatur die stark azidogene Wirkung der Chloridsalze erkannt und beschrieben worden (*Vagg und Payne 1970, Braithwaite 1972, Gaynor et al. 1989, Rivara et al. 1992, Wang und Beede 1992 a, Oetzel 1999, Westenhoff 2000*). Sulfatsalze werden ebenso empfohlen, stehen bislang in ihrer Rangfolge bezüglich des ansäuernden Effektes aber hinter den Chloriden. Um so mehr muss hier die mit den Chloridsalzen vergleichbar gute metabolische Wirksamkeit des $\text{CaSO}_4\text{-D10}$, messbar an oben genannten Parametern, überraschen.

NH_4Cl ist in Deutschland laut Futtermittel-VO, Anhang 3, Säureregulatoren, für den Einsatz beim Rind nicht zugelassen. Zudem können Ammoniumsalze bei verminderter Trockensubstanzaufnahme zum Ende der Trächtigkeit stoffwechselbelastend wirken. Die für die Aminosäuresynthese benötigte Energie im Pansen kann folglich fehlen, so dass die überschüssigen Ammoniumionen unter zusätzlichem Energieverbrauch in der Leber zu Harnstoff umgewandelt werden müssen. Dieser energiedefizitäre Vorgang begünstigt das Entstehen von Ketosen (*von Felde 1999*).

Grundvoraussetzung für eine gute Wirksamkeit ist vor der Absorption die vollständige orale Aufnahme der sauren Salze. Unerwünschte Futteraufnahmedepressionen auf Grund des bitteren Geschmackes, hervorgerufen durch die meisten sauren Salze (*Beede 1992, Oetzel 1993, Kamphues 1996*), konnten durch das Einmischen der Rohsalze in Totale Mischrationen (*Block 1984, Oetzel et al. 1991 a, Coe 1993, Kamphues 1996*), in Silagen (*Beening 1998*), durch Vormischen mit Melasse, Treber oder anderen Geschmacksstoffen (*Oetzel et al. 1991b*) zwar vermindert, aber nicht gänzlich ausgeschaltet werden. Bei Verwendung des geschmacksneutralen sauren Salzes $\text{CaSO}_4\text{-D10}$ treten nach *Schröder et al. (2003)* keine Akzeptanzprobleme auf. Dieses Salz erfüllt damit auch in dieser Hinsicht die genannten Voraussetzungen.