

### 5. Diskussion

#### 5.1 Einfluss saurer Salze auf den pH-Wert des Pansensaftes

Durch die Zulage saurer Salze konnten keine signifikanten Veränderungen im pH-Wert des Pansensaftes festgestellt werden. Dieses Ergebnis stimmt mit den Resultaten von HORST und JORGENSEN (1974), PRAECHTER (2001) und den in-vitro-Untersuchungen von MÜLLER-ÖZKAN (2002) überein. TUCKER et al. (1988) führten die in ihren Untersuchungen nur tendenziell herabgesetzten pH-Werte bei negativem DCAB auf die azidogenen Eigenschaften der sauren Salze zurück, ohne dies weiter zu spezifizieren. Deutliche Abweichungen des Pansen-pH-Wertes beschrieben dagegen FREDEEN et al. (1988) sowie VAGNONI und OETZEL (1998). In ihren Untersuchungen waren die Werte trächtiger bzw. laktierender Tiere unter Salzsupplementierung im Vergleich zu den Kontrollen signifikant herabgesetzt. Die pH-Werte unterschiedlicher Untersuchungen können nach PRAECHTER (2001) allerdings nur bedingt miteinander verglichen werden, da verschiedene Diäten und Fütterungsregime verwandt wurden. VAGNONI und OETZEL (1998) führten die nach Salzgabe gemessene Abnahme des pH-Wertes auf das Absinken der strong ion difference (SID), d.h. der definierten Summe aller starken Kationen abzüglich der starken Anionen in einer Flüssigkeit (STEWART 1983), zurück. Als Auslöser für den ruminalen Anionenüberschuss sehen die Autoren die bevorzugte Kationenabsorption und/oder Bildung nichtlöslicher Kationenkomplexe (VAGNONI und OETZEL 1998). Es stellt sich die Frage, ob der durch die sauren Salze verursachte Anstieg der  $H^+$ -Ionen im Blut, ausgelöst durch das Bestreben nach Aufrechterhaltung der Elektroneutralität (TUCKER et al. 1988; BARNOUIN 1990; RIOND 2001), auch auf den Pansen übertragbar ist. Der von VAGNONI und OETZEL (1998) postulierte  $H^+$ -Anstieg als Folge verstärkter Kationenabsorption ließe sich am Beispiel der Magnesiumabsorption erklären. Sie erfolgt durch einen potentialabhängigen Transport im Austausch mit  $H^+$ -Ionen (elektroneutraler  $Mg^{2+}/2H^+$ -Austauscher) (MARTENS 2004).

Veränderungen im pH-Wert des Pansenmilieus, die durch Rationen leicht fermentierbarer Kohlenhydrate, erhöhte FFS-Konzentrationen sowie eine verminderte Pufferung ausgelöst werden können (MARTENS 2004), sind in den eigenen Untersuchungen nicht erkennbar. Es liegt kein Anhaltspunkt dafür vor, dass durch Zulage anionischer Salze eine Pansenazidose ausgelöst wird. Daher besteht auch kein Grund eine metabolische Azidose als Folge der Pansenazidose bei Salzsupplementierung anzunehmen. Diese kann durch Verschiebung der Mikrobenpopulation, Veränderungen des Fermentationsmusters und Störungen der Epithelfunktionen entstehen (MARTENS 2004).

### **5.2 Einfluss saurer Salze auf die Konzentration flüchtiger Fettsäuren im Pansensaft**

Die in dieser Untersuchung vorliegenden Gesamtkonzentrationen der flüchtigen Fettsäuren bewegten sich zum Großteil in dem in der Literatur angegebenen physiologischen Bereich von 60 - 150 mmol/l Pansensaft (BREVES und LEONHARD-MAREK 2004). Es konnten keine signifikanten Unterschiede der Konzentrationen zwischen den Salzzulagen und der Kontrolle festgestellt werden. Dieser Befund stimmt mit den meisten der vorliegenden Arbeiten aus der Literatur überein (TUCKER et al. 1988; FREDEEN et al. 1988a; PRAECHTER 2001; MÜLLER-ÖZKAN 2002). VAGNONI und OETZEL (1998) konnten dagegen nach Verabreichung eines Salzgemisches ( $\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) einen signifikant herabgesetzten Gehalt der Gesamtkonzentration der flüchtigen Fettsäuren feststellen.

Die ausbleibende Wirkung anionenreicher Fütterung auf die Einzelkonzentrationen der flüchtigen Fettsäuren sowie die Verteilungsmuster deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (TUCKER et al. 1988; PRAECHTER 2001). PRAECHTER (2001) stellte nach Zulage anionreichen Futters nur einen tendenziellen Buttersäurerückgang fest und auch TUCKER et al. (1988) konnten, die Isovaleriatkonzentration ausgenommen, keine signifikanten Veränderungen beobachten. Dabei schien die Ursache für den Anstieg der Isovaleriatkonzentration unklar und seine physiologische Bedeutung fragwürdig (TUCKER et al. 1988). In den in-vitro-Untersuchungen von MÜLLER-ÖZKAN (2002) ging durch zwei eingesetzte Salzkombinationen ( $(\text{NH}_4\text{Cl} + \text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O})$  und  $(\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O})$ ) der Gehalt der i- und n-Valeriansäure und durch erstere Salzkombination der n-Buttersäuregehalt signifikant zurück. Diese Veränderungen wurden zum einen auf Schädigungen der n-Buttersäurebildenden Bakterien durch Kalzium und zum anderen auf den vermehrten Verbrauch der i- und n-Valeriansäure durch proteinsynthetisierende Bakterien zurückgeführt (MÜLLER-ÖZKAN 2002). Die Annahme einer Bakterenschädigung durch Kalzium scheint, zumindest für die in-vivo-Versuche, schwer nachvollziehbar. Der Einfluss der Kalziumzulage über die Salze ist im Vergleich zu der über die anderen Rationskomponenten aufgenommenen Kalziummengen eher gering. In der eigenen Arbeit konnten solche Veränderungen nicht festgestellt werden.

Die Konzentrationen flüchtiger Fettsäuren und der pH-Wert der Pansenflüssigkeit werden von der Menge, der Zusammensetzung, der physikalischen Struktur der Futtermischung sowie dem zeitlichen Abstand der Probennahme nach der letzten Fütterung beeinflusst (BALDWIN und ALLISON 1983; DIRKSEN 1990; PIATKOWSKI 1990; HVELPLUND 1991; KIRCHGEßNER 1997; JEROCH 1999). Um eine mögliche Wirkung der sauren Salze auf ruminale Parameter zu untersuchen, sollten diese Faktoren ausgeschlossen werden können.

Daher wurden in der vorliegenden Arbeit die fistulierten Kühe über den gesamten Versuchszeitraum mit einer einheitlichen Heu-Kraftfuttermischung gefüttert. Der Einfluss des Zeitabstandes zwischen Probennahme und letzter Fütterung wurde durch die vier Probenzeitpunkte am Probenstag, d.h. ein aussagekräftiges Tagesprofil, weitest möglich minimiert. Entsprechend konnte die Probennahme als möglicher versuchstechnischer Einfluss auf die Pansenfermentation ausgeschlossen werden. Die Unterschiede zwischen den Fütterungen der Kontroll- und der Versuchstiere lagen in den verschiedenen Anionenergänzungen und den möglichen individuellen Einflüssen (z.B. individuelle Pansenmikrobiota). Da jedoch jedes Tier jede Supplementierung nach einer zufälligen Reihenfolge ein Mal erhielt, wurden die individuellen Tiermerkmale vernachlässigt und der Einfluss der sauren Salze mit Wasser als Kontrolle direkt verglichen.

In der Literatur wurde eine Beeinflussung des pH-Wertes, der Gesamtfettsäurekonzentration und des Verteilungsmusters seltener durch Zulage saurer Salze als durch Supplementierung von Mineralsalzen mit puffernden Eigenschaften beschrieben (ROGERS et al. 1982; ROGERS und DAVIS 1982a; ROGERS und DAVIS 1982b). Zu den geprüften Puffern gehörten Natriumbicarbonat, Calciumcarbonat, Natriumchlorid und künstlicher Speichel (ein Gemisch, das sich aus verschiedenen Salzen zusammensetzt ( $\text{NaHCO}_3$  (67 %),  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (25 %),  $\text{NaCl}$  (3 %),  $\text{KCl}$  (3,9 %),  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0,5 %) und  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0,4 %)) (THOMSON et al. 1978)). Ziel dieser eingesetzten löslichen Ionen oder mineralischen Salze war es, eine verbesserte Futteraufnahme, Nährstoffverdaulichkeit, Milchproduktion und -zusammensetzung sowie eine verbesserte Tiergesundheit zu erreichen. (HARRISON et al. 1975; HARRISON et al. 1976; ROGERS et al. 1979; ROGERS et al. 1982; ROGERS und DAVIS 1982a; ROGERS und DAVIS 1982b; CLARK et al. 1989; MENG et al. 1999). Die Klärung wie die eingesetzten Puffer auf die ruminalen Vorgänge einwirken und inwiefern ein ähnlicher Mechanismus durch die sauren Salze vorstellbar ist, ist für die Anwendung des DCAB-Konzepts durchaus von Bedeutung.

In erster Linie wurden in verschiedenen Arbeiten die Wirkungen der Puffer auf den Pansen-pH-Wert bei Fütterung kraftfutterreicher Rationen analysiert. Dabei wurde untersucht, wie die eingesetzten Substanzen das Verhältnis von Wasserzufluss und -abfluss im Pansen beeinflussen (HARRISON et al. 1975; HARRISON et al. 1976; ROGERS et al. 1979; ROGERS et al. 1982; ROGERS und DAVIS 1982a; ROGERS und DAVIS 1982b; CLARK et al. 1989; MENG et al. 1999). Charakteristikum dieses Verhältnisses ist die Verdünnungsrate (VR). Sie beschreibt die Menge der gesamten ruminalen Flüssigkeit, die pro Stunde den Pansen verlässt (HARRISON et al. 1976). Die durch Einsatz von Puffersalzen (insb.

Natriumbicarbonat) erhöhte Verdünnungsrate steht in enger Beziehung zur aufgenommenen Wassermenge, der Speichelmenge und der osmotischen Wirkung der eingesetzten Mineralsalze (HEMSLEY 1975; RUSSEL und CHOW 1993). Bei einer Untersuchung, in deren Rahmen einer Gruppe von Schafen unterschiedliche Wassermengen intraruminal verabreicht wurden, konnte weder eine Beeinflussung der Verdünnungsrate noch der Konzentrationen flüchtiger Fettsäuren durch die Wasserzufuhr beobachtet werden (HARRISON et al. 1975). Hieraus wurde geschlossen, dass die Verdünnungsrate vielmehr durch die Anwesenheit osmotisch wirksamer Substanzen, wie im Speichel oder in Salzen enthalten, beeinflusst wird (HARRISON et al. 1975). Eine gesteigerte Verdünnungsrate hat einen erhöhten Abfluss löslicher Nährstoffe sowie fester Bestandteile (HEMSLEY 1975) und Veränderungen der molaren Verhältnisse der flüchtigen Fettsäuren zur Folge (ROGERS et al. 1979; ROGERS und DAVIS 1982a). Somit kann festgehalten werden, dass der Einsatz der Puffersalze möglicherweise durch die Anhebung des Pansen-pH-Wertes und/oder des osmotischen Druckes zu einem Anstieg der Verdünnungsrate führen kann. Das daraus resultierende Absinken der Substratkonzentrationen kann mit Absinken der Produktionsraten der FFS und vermindertem Abbau der Nährstoffe im Pansen verbunden sein (BENNINK et al. 1978; ROGERS et al. 1979; RUSSEL und DOMBROWSKI 1980; ROGERS und DAVIS 1982b).

FREDEEN et al. (1988) konnten in ihren Untersuchungen eine erhöhte Verdünnungsrate durch Einsatz kationenreicher, hingegen eine herabgesetzte Verdünnungsrate durch Einsatz anionenreicher Fütterung feststellen. In einer weiteren Arbeit wurde durch Zulage anionenreicher Fütterung ein nicht signifikantes Absinken der ruminalen Osmolarität beobachtet (PRAECHTER 2001). Die Beeinflussung der beiden Parameter bzw. des ruminalen Wasserhaushaltes wird, wie beim Einsatz kationenreicher Fütterung, auf den Anstieg der Natriumkonzentration im Blut und Pansen zurückgeführt (FREDEEN et al. 1988a). So kommt es auch durch Zugabe natriumhaltiger Puffer zu einer erhöhten ruminalen Verdünnungsrate (MULLER und KILMER 1979). Da Natriumionen als starke Kationen nicht Bestandteil der sauren Salze sind, ist nicht von Veränderungen der Osmolarität und der Verdünnungsrate auszugehen. Obwohl in der vorliegenden Arbeit keine Aussagen zur Osmolarität oder zur Verdünnungsrate getroffen werden konnten, liegen aufgrund der unveränderten Parameter keine Anzeichen vor, dass diese Vorgänge auch eine Rolle beim Einsatz saurer Salze im Rahmen des DCAB-Konzeptes spielen.

Die ausbleibenden Wirkungen des in der vorliegenden Untersuchung eingesetzten NaCl lassen sich vermutlich sowohl mit der raufutterreichen Ration als auch mit den im Vergleich zur Literatur (2 – 5 % der TS) geringeren Dosierungen (1,24 % der TS) erklären.

So kann nach den vorliegenden Ergebnissen davon ausgegangen werden, dass ein negativer Einfluss saurer Salze auf den Pansen-pH-Wert und die Konzentrationen der FFS ausgeschlossen ist.

### **5.3 Einfluss saurer Salze auf die Mikroorganismen und die Verdaulichkeit der organischen Substanz**

In der vorliegenden Arbeit ließ der intraruminale Abbau der organischen Substanz sowohl nach 24 als auch nach 48 Stunden Inkubation keine einheitlich gerichtete Wirkung eines einzelnen Salzes oder der Salzgemische erkennen. Da die Probenanzahl mit  $n = 3$  für eine statistische Auswertung zu gering war, sind die Beurteilungen deskriptiv und ausschließlich orientierend angelegt. Die in den Untersuchungen gewählten Inkubationszeiten lagen innerhalb der von HUHTANEN et al. (1998) festgestellten höchsten Enzymaktivität der Mikroorganismen nach 24 bis 48 Stunden. Die gewählte *in-sacco*-Methode zur Bestimmung des Futtermittelabbaus dient der Untersuchung des Einflusses verschiedener Futtermittel auf die ruminale Verdaulichkeit (MARINUCCI et al. 1992). Vergleicht man verschiedene Arbeiten, ist zu beachten, dass Resultate der *in-sacco*-Methode neben zeitlichen Faktoren (Inkubationszeitpunkt, -dauer und Auswaschdauer) auch von verfahrenstechnischen Aspekten (Inkubationsort), verwendeten Säckchen (Porengröße, Säckchengröße, -fläche und -material) und Probenmerkmalen (Probengewicht und Partikelgröße) abhängig sind (UDÉN und VAN SOEST 1984; MEYER und MACKIE 1986; VAN MILGEN et al. 1992; HUHTANEN et al. 1998; VANZANT et al. 1998). Es ist außerdem zu bedenken, dass die Vorgänge in den Säckchen nicht mit den Abläufen im Pansen gleichzusetzen sind. Die Mikrobenaktivität in den Säckchen ist, im Vergleich zu den physiologischen Vorgängen im Pansen, reduziert (MARINUCCI et al. 1992). Daher halten HUHTANEN et al. (1998) die *in-sacco*-Methode als Grundlage zur Futterwertbestimmung nicht für geeignet. Das Ziel der eigenen Arbeit bestand jedoch ausschließlich darin, den Abbau ausgewählter Einzelfuttermittel unter definierten Bedingungen, d.h. mit und ohne Zulage saurer Salze, miteinander zu vergleichen. Entsprechende Untersuchungen zum möglichen Einfluss auf den ruminale Abbau aus der Literatur liegen nicht vor.

Es konnte jedoch in einigen Untersuchungen gezeigt werden, dass der Einsatz von Puffersalzen durch Beeinflussung der Verdünnungsraten zu Verschiebungen der Population

und veränderter Mikrobenaktivität führte (CRAWFORD et al. 1980b; HOOVER et al. 1984). Steigende Verdünnungsraten hatten eine sinkende Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Trockensubstanz zur Folge (KENNEDY und MILLIGAN 1978; MENG et al. 1995). Die mögliche Beeinflussung der mikrobiellen Aktivität durch Zulage von Puffersalzen wurde auch von ROGERS und DAVIS (1982b) untersucht. Sie analysierten bei zwei verschiedenen Fütterungen den Trockensubstanzabbau aus intraruminal inkubierten Polyestersäckchen. Bei raufutterreicher Ration (64% Luzerneheu, 18% Maissilage, 18% einer Kraftfuttermischung) konnten sie keine Unterschiede, bei kraftfutterreicher Ration (75% Kraftfutter und 25% Maissilage (TS)) konnten sie einen vermehrten Abbau der TS feststellen. Dies erfolgte jedoch ausschließlich bei einer hohen NaCl-Dosierung von 600 g/Tag. Ihre Ergebnisse zeigen, dass eine erhöhte Verdünnungsrate die Aktivität der Mikroorganismen nicht beeinträchtigt (ROGERS und DAVIS 1982a), sondern im Gegenteil sogar erhöht. Dies ist zum einen durch die Selektion von schnell-wachsenden mikrobiellen Spezies zu erklären. Zum anderen befindet sich ein größerer Teil der mikrobiellen Flora im exponentiellen Wachstum und weniger in Autolyse. Die Protozoen werden aus dem Pansen herausgewaschen, wodurch sie in der Folge weniger Bakterien nutzen (MENG et al. 1999). Herabgesetzte Verdaulichkeiten der Trockensubstanz und der organischen Substanz wie in der Untersuchung von MENG et al. (1999) sind daher nicht auf die Beeinträchtigung der Mikroorganismen sondern auf die verkürzte Verweildauer der Nahrungsbestandteile zurückzuführen. Durch die erhöhte Verdünnungsrate werden sowohl flüssige als auch feste Bestandteile aus dem Fermenter bzw. Pansen gespült (MENG et al. 1999). Die in einigen Untersuchungen reduzierte intraruminale Verdaulichkeit stimmt mit der herabgesetzten Bildung der flüchtigen Fettsäuren sowie dem verschobenen Fettsäuremuster bei Einsatz von Puffersalzen überein.

Entsprechend der in den eigenen Untersuchungen ausbleibenden Wirkungen auf die Konzentrationen der FFS und des pH-Wertes der Pansenflüssigkeit konnte durch die Zulage saurer Salze ebenfalls keine Beeinflussung des intraruminalen Abbaus der oS beobachtet werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Supplementierung saurer Salze in den empfohlenen Mengen keinen negativen Einfluss auf den Abbau der organischen Substanz hat.

### **5.4 Einfluss saurer Salze auf die Wasseraufnahme und das Harnvolumen**

In der vorliegenden Arbeit konnten durch die Zulage der sauren Salze im Vergleich zur Kontrolle keine Veränderungen in der täglichen Wasseraufnahme der Studientiere festgestellt werden.

Im Vergleich der Wasseraufnahme während der Salzphase in Abhängigkeit der DCAB-Werte bzw. der durch die Salzzulage veränderten DCAB-Werte im Futter konnte jedoch eine signifikante Veränderung aufgezeigt werden. In der Gruppe mit den kleinsten DCAB-Werten ( $< -150$  meq/kg TS) war die Wasseraufnahme signifikant höher als in den vier darüber liegenden Gruppen. Weitere signifikanten Unterschiede zwischen den fünf DCAB-Gruppen konnten nicht beobachtet werden. Dieses Ergebnis unterscheidet sich von einer Untersuchung, in der verstärkte Flüssigkeitsaufnahmen bei höherem DCAB-Wert in der Fütterung festgestellt wurden (FREDEEN et al. 1988a). FREDEEN et al (1988a) führten die gesteigerte Wasseraufnahme auf erhöhte Natriumkonzentrationen im Pansen und Blut zurück. Da Natrium neben der Trockensubstanzaufnahme, Milchleistung und Umgebungstemperatur von MURPHY et al. (1983) als wichtigster Einflussfaktor auf die Wasseraufnahme laktierender Kühe dargestellt wurde, kann eine gesteigerte Natriumzufuhr als Auslöser für eine erhöhte Wasseraufnahme gelten. Auch DELAQUIS und BLOCK (1995b) beobachteten mit steigenden DCAB-Werten, je nach Laktationsstadium, tendenziell bis signifikant vermehrte Wasseraufnahmen. Sie schlossen jedoch die erhöhte Natriumkonzentration als Auslöser für signifikante Veränderungen während der frühen und mittleren Laktation aus. Bei der Anhebung des DCAB-Wertes konnte in ihren Untersuchungen keine vermehrte Natriumabsorption beobachtet werden. Der Anstieg der Wasseraufnahme wurde von ihnen vielmehr auf eine gesteigerte Milchproduktion, Trockenmasseaufnahme sowie auf eine erhöhte Kaliumabsorption ins Blut während der Früh-laktation zurückgeführt. In einer weiteren Untersuchung aus demselben Jahr, diesmal nur mit trockenstehenden Kühen, konnte ebenfalls eine tendenziell ( $p = 0,09$ ) gesteigerte Wasseraufnahme bei einem DCAB-Wert von +481 im Vergleich zu +327 beobachtet werden (DELAQUIS und BLOCK 1995a). Da DELAQUIS und BLOCK (1995a) die DCAB-Werte durch eine verminderte Schwefelkonzentration und FREDEEN et al. (1988a) mit Hilfe einer verminderten Chloridkonzentration beeinflussten, gingen sie davon aus, dass die unterschiedlichen DCAB-Werte und nicht die Konzentrationen einzelner Mineralien die Veränderungen im Wasserhaushalt (Wasseraufnahme und Harnvolumen) herbeiführen.

Ein erhöhter Natriumgehalt in Pansen und Blut, wie von FREDEEN et al. (1988) als Auslöser für die gesteigerte Wasseraufnahme vermutet, kann in der vorliegenden Arbeit nicht als Ursache gelten. Hier war die Wasseraufnahme bei sinkendem DCAB-Wert erhöht. Eine vermehrte Natriumaufnahme über das Futter kann ebenfalls ausgeschlossen werden, da die Tiere während der einzelnen Abschnitte immer das gleiche Futter erhielten.

Als weitere Ursache für den Anstieg der Wasseraufnahme kommt nach DELAQUIS und BLOCK (1995a) ein durch erhöhte renale  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration gesteigertes Harnvolumen in Betracht. Umgekehrt ist als Auslöser für ein größeres Harnvolumen ein gesteigertes Trinkverhalten möglich (DELAQUIS und BLOCK 1995a). DELAQUIS und BLOCK (1995b) beobachteten bei steigenden DCAB-Werten mit vermehrter Wasseraufnahme je nach Laktationsstadium tendenziell bis signifikant erhöhte Harnvolumina. In der vorliegenden Arbeit wurde das über 24 Stunden ausgeschiedene Harnvolumen ein Mal pro Abschnitt gemessen. An diesen Proben Tagen zeigten sich bei Zulage der Salze keine Abweichungen im Trinkverhalten der Kühe. Trotzdem führte  $\text{CaCl}_2$  im Vergleich zur Kontrolle zu einem signifikanten Anstieg des Harnvolumens bzw. des Quotienten aus Harnvolumen/Wasseraufnahme. Die restlichen neun Salze zeigten keine Wirkungen.

Durch  $\text{CaCl}_2$ -Zulage wurde in den Untersuchungen von FRÖMER (2005) eine signifikant erhöhte Chloridkonzentration im Harn beobachtet. Auch die restlichen Chloridsalze führten zu einer gesteigerten renalen Chloridkonzentration (FRÖMER 2005) und zu einem um 12 % höheren Harnvolumen als die Sulfatsalze in den eigenen Untersuchungen. Außerdem riefen sie ein um 37 % höheres Harnvolumen als die Kontrolle hervor. Unklar ist weshalb gerade  $\text{CaCl}_2$  zu diesen signifikanten bzw. stärksten Veränderungen im Harnvolumen führte. Es fällt jedoch auf, dass sich  $\text{CaCl}_2$  nicht nur in Bezug auf den Wasserhaushalt in der vorliegenden Arbeit, sondern auch in den Ergebnissen von FRÖMER (2005) und LÖFFLER (2005) neben  $\text{CaSO}_4\text{-D10}$  und  $\text{NH}_4\text{Cl}$  immer wieder durch signifikante und die numerisch größten Abweichungen von den anderen Salzen unterscheidet.

Frömer (2005) und Löffler (2005) untersuchten in demselben Versuch wie diese Arbeit den Einfluss saurer Salze auf die renale Elektrolytausscheidung bzw. auf den systemische Säuren-Basen-Status.

Das signifikant erhöhte Harnvolumen unter  $\text{CaCl}_2$ -Einfluss liegt mit einem Mittelwert von 13,2 Litern pro Tag nur minimal über dem von GRÜNDER (1990) angegebenen Bereich von von 6 bis 12 Litern und unterhalb der ausgeschiedenen 15,9 bis 18,9 l der trockenstehenden Kühe in den Untersuchungen von DELAQUIS und BLOCK (1995a). Die signifikant gesteigerten Wasseraufnahmen der Gruppe mit den niedrigsten DCAB-Werten lag bei Werten durchschnittlich um 54 Liter pro Tag. Die Wasseraufnahmen trockenstehender Tiere, die eine Ration aus 70 % Luzernesilage und 26 % Heu erhielten, bewegten sich zwischen 47,4 und 51,8 l (DELAQUIS und BLOCK 1995a). Die physiologische Wasseraufnahme von erwachsenen Rindern bei Trockenfütterung und unter gemäßigten Klimaverhältnissen wird zwischen 50 und 80 Litern pro Tag angegeben (DIRKSEN 1990). Diese Angaben weisen

darauf hin, dass den signifikanten Abweichungen in den vorliegenden Ergebnissen nicht zuviel Bedeutung beigemessen werden sollte.

### **5.5 Einfluss saurer Salze auf die Spurenelementkonzentrationen im Serum**

Die Spurenelementkonzentrationen im Serum wurden durch Zulage der 10 verschiedenen Salze im Vergleich zur Kontrolle nicht beeinflusst. Die gepoolten und gemittelten Konzentrationen von Kupfer, Eisen, Zink und Selen im Serum unterschieden sich unter Salzeinfluss sehr wenig von den Konzentrationen unter Zulage der Kontrolle. Die ausbleibende Wirkung der Salze auf Selen stimmt mit der Untersuchung von GANT et al. (1998) überein. Hier wurde durch die Supplementierung saurer Salze über einen Zeitraum von zwei bis drei Wochen kein signifikanter Einfluss auf die Selenkonzentration im Serum beobachtet. Weitere Literaturquellen liegen nicht vor.

Verminderte Spurenelementkonzentrationen mit daraus resultierendem Mangel sind durch Beeinflussungen der Resorption möglich. Diese können im allgemeinen durch die Futterzusammensetzung bzw. –bestandteile ausgelöst werden (BREMNER und DAVIES 1980; MÄNNER und BRONSCH 1987). In der vorliegenden Untersuchung wurde die Resorption der Spurenelemente jedoch offenbar nicht durch die in den sauren Salzen vorliegenden Mengenelemente beeinflusst. Weder die in der Literatur beschriebene Konkurrenz um den Transportmechanismus, wie sie zwischen Kalzium und Zink, Kalzium und Eisen oder Kalzium und Kupfer gelten, noch die Bildung wenig dissoziierender Verbindungen wie  $\text{CuSO}_4$  (FLACHOWSKY 2004) konnten die Resorption hier beeinträchtigen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Zulage saurer Salze keinen Einfluss auf die Konzentration der vier getesteten Spurenelemente im Serum hat.