4. Ergebnisse

4.1. Auswirkungen einer verlängerten Verabreichung saurer Salze

Die Abbildungen geben die Verläufe der Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes der beiden Salzgruppen Kalziumchlorid ($CaCl_2$) und Kalziumsulfat ($CaSO_4$) wieder. Die beiden senkrecht verlaufenden Linien markieren den Beginn der Salzphase sowie das Ende der Salzphase bzw. den Anfang der Wash-Out-Phase. Die Ziffer 1 gibt signifikante Unterschiede zum Ausgangswert (Tag 0) wieder, die Buchstaben a und b geben signifikante Unterschiede zwischen der $CaCl_2$- und der $CaSO_4$-Gruppe zum gleichen Zeitpunkt wieder.

4.1.1. pH-Wert im Blut

In der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.1) kann man bis zum 13. Tag einen pH-Wertabfall erkennen, der am 13. und 16. Tag signifikant ist. Ein weiterer signifikanter pH-Wertabfall kann an den Tagen 27 und 30 festgestellt werden. Am 30. Tag besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Salzen, auch kann hier der minimale Medianwert von 7,34 festgestellt werden. Der maximale Wert beträgt 7,39 an den Tagen 0, 1 und 38. Nach Absetzen der Kalziumchloridsalze lässt sich ein kontinuierlicher Anstieg des pH-Wertes deutlich erkennen.
In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.2) ähnelt der Verlauf des pH-Wertes dem der $CaCl_2$-Gruppe, allerdings sind keine signifikanten Unterschiede zum Ausgangswert vorhanden. Der minimale pH-Wert liegt bei 7,35 an den Tagen 3 und 13, der maximale bei 7,38 an den Tagen 1 und 9.

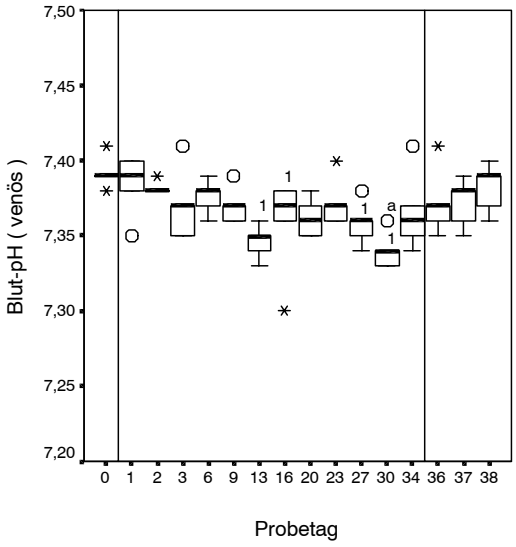

Abb. 1: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe

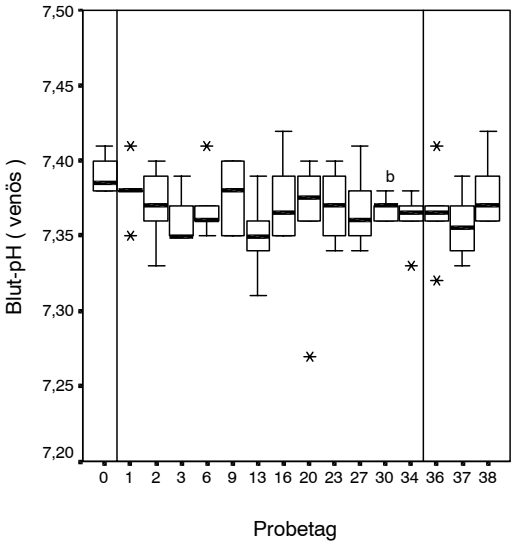

Abb. 2: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.1.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

In der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.3) lässt sich ein schwankender Verlauf mit sinkender Tendenz feststellen. Am 27. Tag sinkt der BE-Wert signifikant ab. Der minimale BE-Wert beträgt - 3 am Tag 30 und der maximale 2 an den Tagen 0, 2, 36, 37 und 38. Am 30. Tag liegt, wie bei dem pH-Wert ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Salzen vor. Nach Absetzen der Kalziumchloridsalze lässt sich ein Anstieg des BE-Wertes erkennen.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.4) liegt der minimale BE-Wert bei -2 am Tag 13 und der maximale bei 2 am Tag 0. Signifikante Unterschiede zum Ausgangswert konnten an den Tagen 13 und 34 festgestellt werden. Auch nach Absetzen der Kalziumsulfatsalze kommt es bis zum 38. Tag zu einem Anstieg des BE-Wertes.

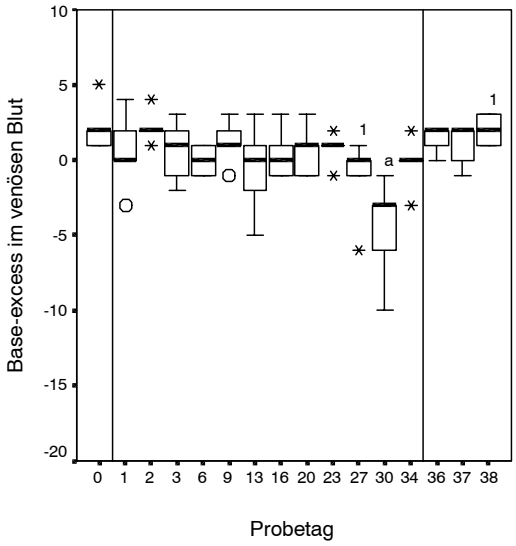

Abb.3: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaCl_2$-Gruppe

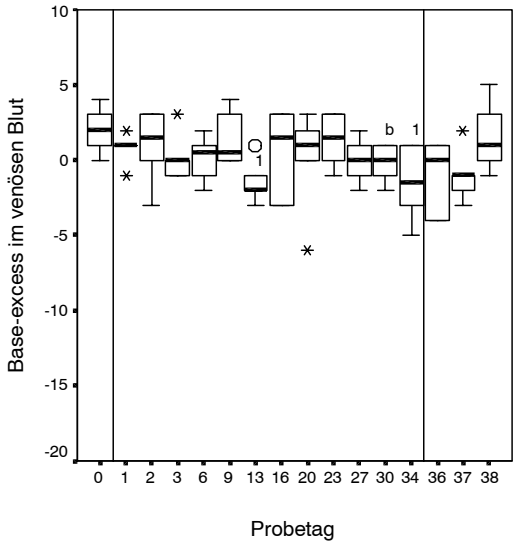

Abb.4: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe

4.1.3. pH-Wert im Harn

In der Kalziumchloridgruppe (Abb.5) beobachtet man ein signifikantes und starkes Absinken der Harn-pH-Werte gegen Ende der Salzphase vom 27. bis zum 34. Tag. Der minimale pH-Medianwert liegt bei 7,26 am Tag 27, der maximale Wert bei 8,48 am 1. Tag. Mit dem Absetzen der Salze kommt es zu einem Anstieg der pH-Werte im Urin.

Der Verlauf der Harn-pH-Werte der Kalziumsulfatgruppe (Abb.6) zeigt einen schwankenden Verlauf. Der minimale pH-Wert des Harns liegt bei 6,24 am 34. Tag, der maximale Wert bei 8,44 am Tag 1. Mit dem Absetzen der Salze kann man einen pH-Wertanstieg im Urin beobachten.

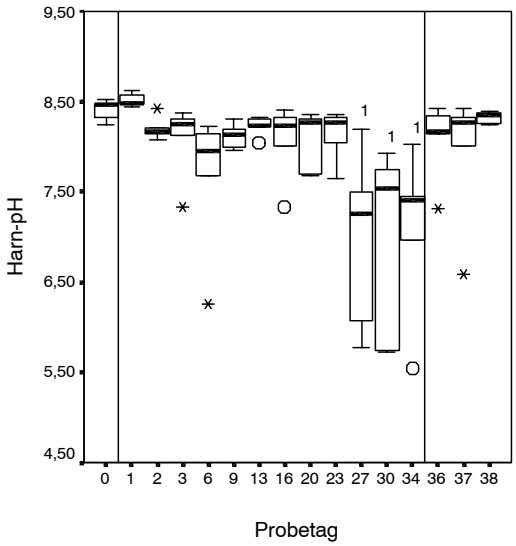

Abb.5: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe

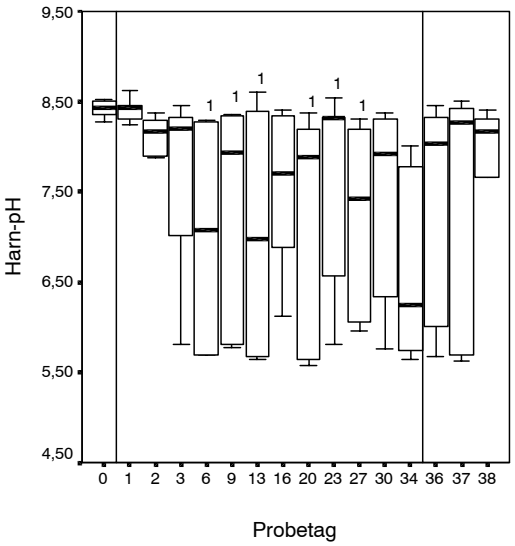

Abb.6: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.1.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Bezüglich des Verlaufs der NSBA lässt sich bei der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.7) ein schwankender Verlauf mit sinkender Tendenz feststellen. Signifikante Unterschiede zum Tag 0 liegen am 6. Tag vor, bis zu dem der erste Abfall der NSBA reicht und an den Tagen 20, 23, 27, 30 und 34, an denen nach einer kurzen Erholung die Werte erneut auf Werte unterhalb der Ausgangssituation absinken. Der minimale NSBA-Medianwert liegt bei 7 am 30. Tag, der maximale erreicht einen Wert von 198 am Tag 0. Mit Absetzen der Kalziumchloridsalze steigen die Werte der NSBA wieder auf das Ausgangsniveau an.

Auch die Werte der NSBA der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.8) fallen zunächst stark ab und zeigen ab dem 6. Tag bis zum Ende der Salzphase einen schwankenden Verlauf mit leicht sinkender Tendenz. Ab dem 3. Tag bis zum Ende der gesamten Versuchsphase lassen sich signifikante Unterschiede zum Ausgangswert feststellen. Am Tag 34, also am letzten Tag der Salzphase, erreicht die NSBA ihren minimalen Medianwert von -16, der maximalen Medianwert liegt am Tag 0 vor und beträgt 184. Hier zeigt sich mit dem Absetzen der Salze ein Anstieg der NSBA, die Werte bleiben jedoch unterhalb der Ausgangswerte.

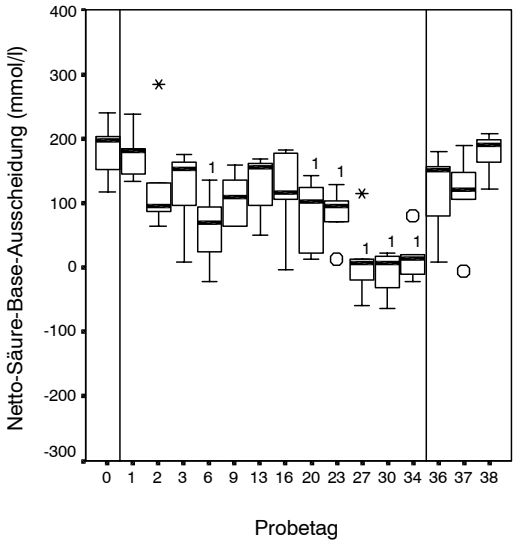

Abb.7: Verlauf der NSBA im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

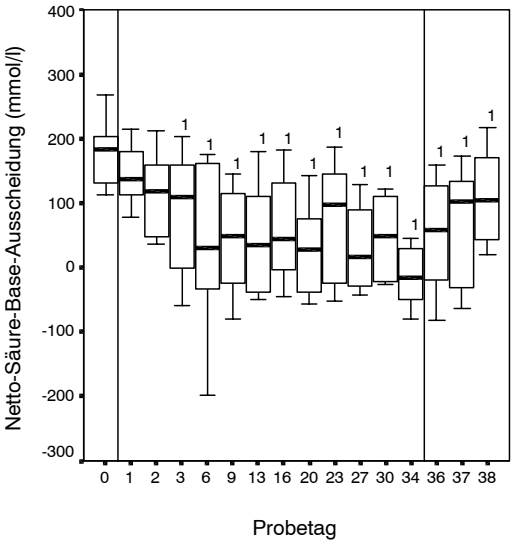

Abb.8: Verlauf der NSBA im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.1.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Die Werte des Basen-Säuren-Quotienten (BSQ) verhalten sich in der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.9) analog zu dem Verlauf der NSBA. Man beobachtet einen schwankenden Verlauf des BSQ, der an den Tagen 6 und 27 bis 30 absinkt und Signifikanzen zeigt.

Der minimale und der maximale Medianwert liegen bei 1,12 am Tag 27 und bei 3,41 am 38. Tag. Nach dem Absetzen der Salze steigt der BSQ wieder an und erreicht seine Ausgangswerte.

Der Verlauf des BSQ der Kalziumsulfatgruppe (Abb.10) zeigt ebenfalls einen Abfall der Werte bis zum 6. Tag, von dem an bis zum vorletzten Tag der Versuchsphase signifikante Unterschiede zum Tag 0 vorliegen und der Verlauf schwankend ist. Der minimale und der maximale Medianwert werden am 34. Tag mit 1,04 und am Tag 0 mit 3,25 verzeichnet. Nach dem Absetzen der Salze steigt der BSQ wieder an, erreicht seine Ausgangswerte jedoch nicht.

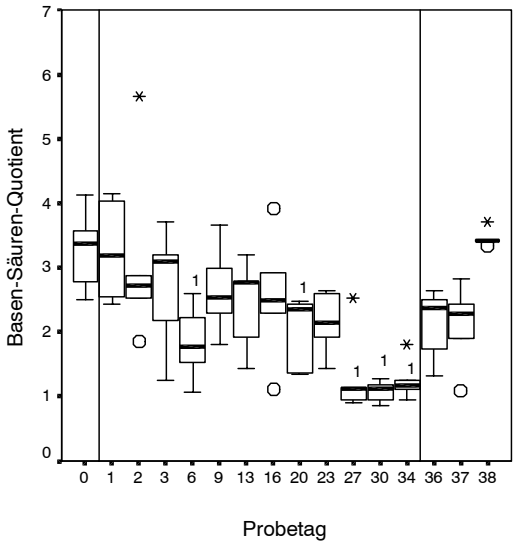

Abb.9: Verlauf des BSQ im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

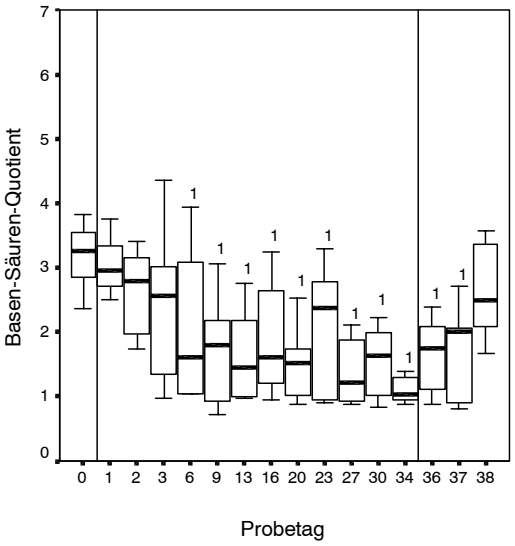

Abb.10: Verlauf des BSQ im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.2. Wiederholung der Untersuchungen der Auswirkungen einer verlängerten Verabreichung saurer Salze

Der 1. Versuch wurde einmal nach Ablauf von 7,5 Monaten zur Absicherung der Ergebnisse wiederholt.

4.2.1. pH-Wert im Blut

In der Kalziumchloridgruppe (Abb.11) sinkt der pH-Wert des Blutes zu Beginn (Tage 1, 2) und zum Ende (Tag 34) der Salzphase signifikant ab. Der minimale Wert liegt in dieser Gruppe bei 7,34 am Tag 34**,** der maximale befindet sich bei 7,39 an den Tagen 0 und 36. Mit dem Absetzen der Anionen steigt der pH-Wert anfangs an und fällt dann wieder leicht ab.

Die pH-Werte der Kalziumsulfatgruppe (Abb.12) fallen bis zum 2. Tag ab und zeigen anschließend bis zum Ende der Salzapplikation einen stark schwankenden Verlauf. Der minimale Wert liegt in dieser Gruppe bei 7,34 am Tag 20, der maximale befindet sich bei 7,39 am 37. Tag. Nach Beendigung der Salzapplikation steigt der pH des Blutes wieder an und erreicht Werte oberhalb der Ausgangswerte.

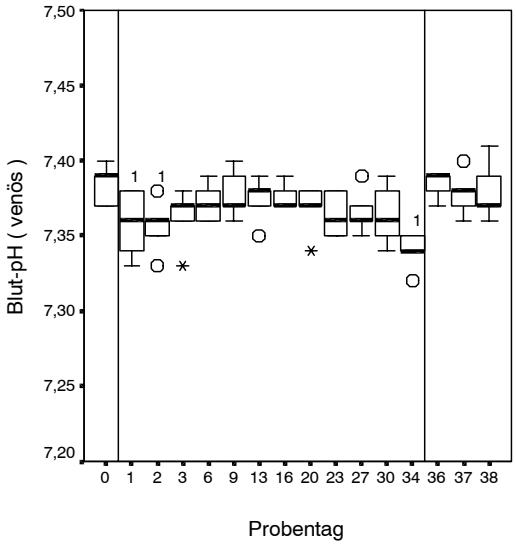

Abb.11: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe

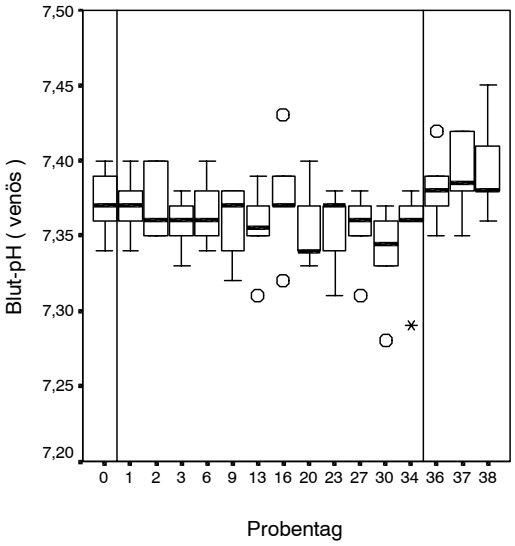

Abb.12: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.2.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Der BE-Wert der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.13) fällt am 3. Tag und erneut an den Tagen 30 und 34 signifikant ab. Der minimale und der maximale Wert liegen bei - 4 am 30. Tag und bei 2 an den Tagen 13, 37 und 38. Nach dem Absetzen der Salze steigt der BE-Wert wieder auf ein Niveau oberhalb der Ausgangssituation an.

Der Verlauf der BE-Werte der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.14) stellt sich schwankend dar und zeigt an den Tagen 27 und 30 einen signifikanten Abfall. Der minimale und der maximale Wert werden am 30. Tag mit – 2,5 und am 37. Tag mit 4 verzeichnet. Nach dem Absetzen der Salze steigt der BE-Wert wieder auf Werte oberhalb der Ausgangswerte an.

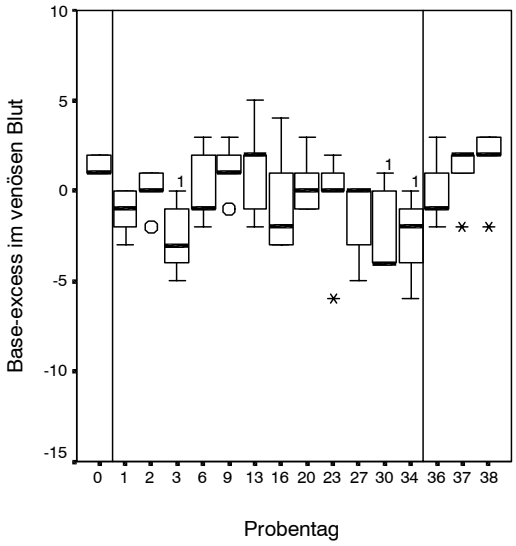

Abb.13: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaCl_2$-Gruppe

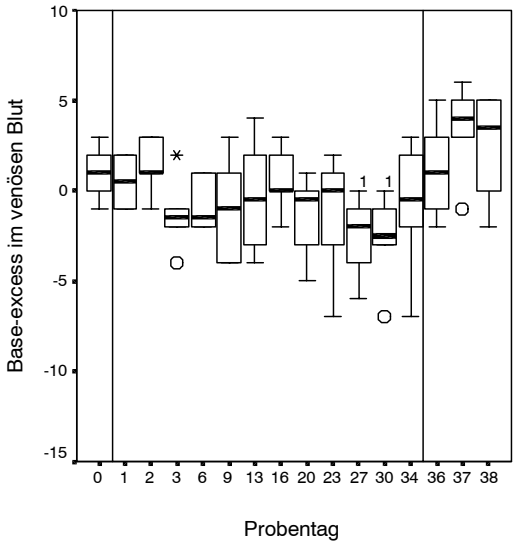

Abb.14: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe

4.2.3. pH-Wert im Harn

Bei dem Verlauf der pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.15) im Harn beobachtet man vom 2. bis zum 9. Tag sowie am 34. Tag einen signifikanten Abfall. Der niedrigste gemessene pH-Wert von 6,62 wurde am 34. Tag gemessen, der höchste betrug 8,28 und wurde am 37. Tag gemessen.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.16) fallen die Werte an den Tagen 3 und 6 signifikant ab. An den Tagen 13 bis 34 liegen ebenfalls Signifikanzen vor. Es ergeben sich ein minimaler Wert von 6,34 am 3. Tag und ein maximaler Wert von 8,30 am 37. Tag.

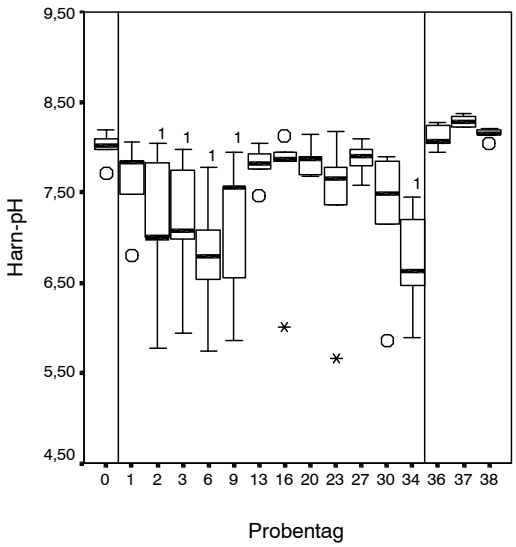

Abb.15: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe

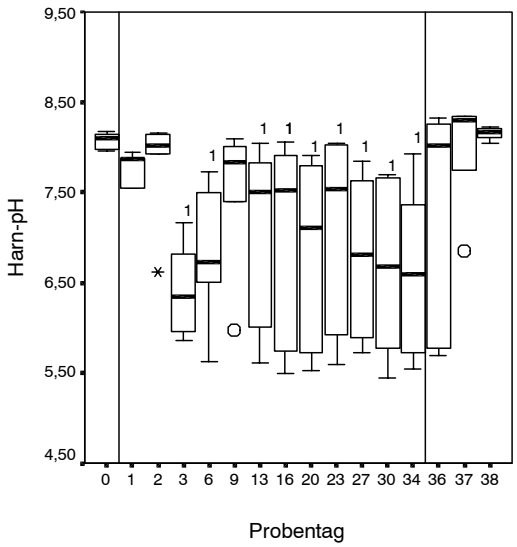

Abb.16: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.2.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

In der Kalziumchloridgruppe (Abb.17) sinkt die NSBA bis zum 6. Tag signifikant ab, steigt dann wieder an, um am Ende der Salzphase an den Tagen 30 und 34 erneut signifikant abzufallen. Am 27. Tag liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Salzen vor. Der minimale gemessene NSBA-Wert liegt bei – 23 am Tag 6, der höchste gemessene Wert beträgt 204 am 37. Tag. Die NSBA-Werte steigen beim Absetzen der sauren Salze wieder auf positive Werte an.

Die NSBA-Werte der Kalziumsulfatgruppe (Abb.18) verhalten sich ähnlich wie die der Kalziumchloridgruppe. Vom 3. bis zum 34. Tag bestehen signifikante Unterschiede der einzelnen Tage zum Tag 0. Der niedrigste Medianwert konnte am 34. Tag mit – 28 gemessen werden, der höchste betrug 198 und wurde am 37. Tag verzeichnet.

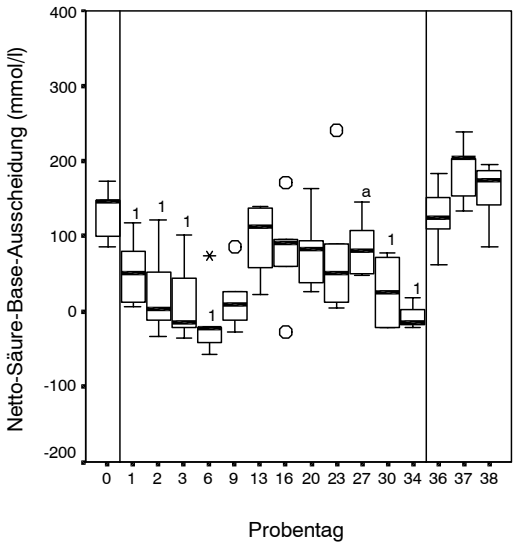

Abb.17: Verlauf der NSBA im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

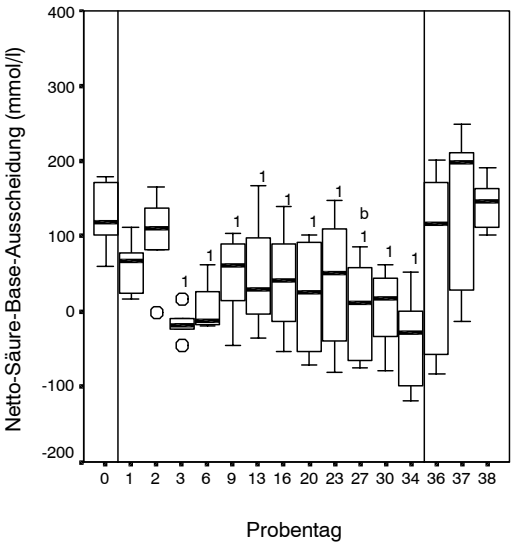

Abb.18: Verlauf der NSBA im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.2.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Der Verlauf des Basen-Säuren-Quotienten (BSQ) verhält sich in der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.19) analog zu dem der NSBA. Bis zum Tag 9 kann man einen signifikanten Abfall des BSQ feststellen. Danach steigen die Werte wieder, um gegen Ende der Salzphase erneut signifikant abzufallen (Tag 30 und 34). Der minimale und der maximale Wert liegen bei 1,05 am 6. Tag und bei 3,37 am 37. Tag. An den Tagen 2 und 27 konnten signifikante Unterschiede zwischen den Salzen festgestellt werden. Mit Absetzen der Salze steigen die Werte des BSQ am Tag 37 signifikant an und erreichen Werte oberhalb der Ausgangswerte.

Auch in der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.20) verlaufen die Werte des BSQ wie die der NSBA. Es können ebenfalls Signifikanzen vom 3. bis zum 34. Tag festgestellt werden. Der minimale und der maximale Wert werden am 34. Tag mit 1,00 und ebenfalls am 37. Tag mit 3,10 verzeichnet.

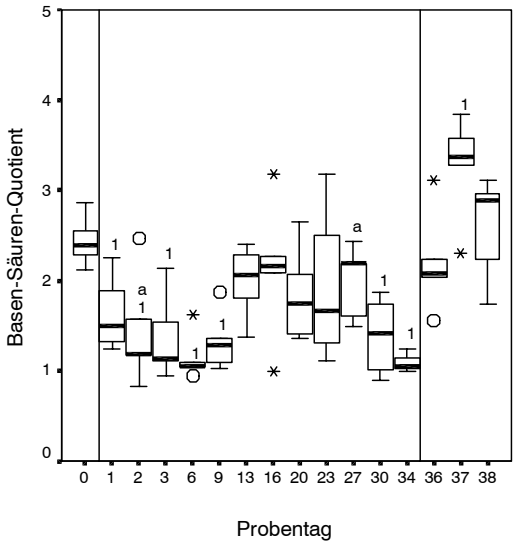

Abb.19: Verlauf des BSQ im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

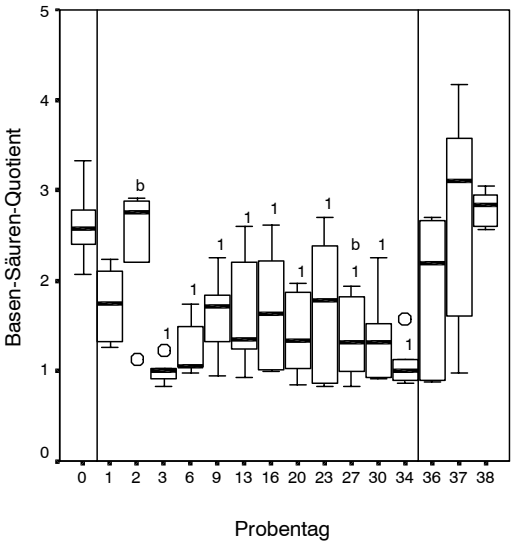

Abb.20: Verlauf des BSQ im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.3. Auswirkungen einer unterschiedlichen Energieversorgung

Der erste senkrecht verlaufende Strich in den Abbildungen markiert den Beginn der Salzphase. Der nun folgende Abschnitt bis zum zweiten senkrechten Strich stellt die Phase der Fütterung im Erhaltungsbedarf bei Stroh und Kraftfutter dar. Der zweite Strich markiert den Übergang zur reinen Strohfütterung, mit der eine negative Energiebilanz beabsichtigt wurde.

Der dritte und letzte Strich kennzeichnet das Ende der Salzapplikation bzw. den Beginn der Wash-Out-Phase. Die Ziffer 1 stellt signifikante Unterschiede aller Tage zum Ausgangswert (Tag 0) dar. Die Ziffer 2 gibt signifikante Unterschiede der einzelnen Tage ab Tag 22 zum Ausgangswert der zweiten Versuchshälfte (Tag 21) wieder. Die Buchstaben a und b kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Salzen zum gleichen Zeitpunkt.

4.3.1. pH-Wert im Blut

Der Verlauf des pH-Wertes der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.21) im Blut zeigt sich wellenförmig mit sinkender Tendenz. Erst gegen Ende der Versuchsphase liegen Signifikanzen vor. Vom 30. bis zum 41. Tag fallen die Werte stark ab. Nach dem Absetzen der Salze steigen die Werte wieder an, liegen jedoch weiterhin unterhalb der Ausgangssituation. Der niedrigste gemessene pH-Wert von 7,27 wurde am 34. und 37. Tag gemessen, der höchste betrug 7,37 und wurde an den Tagen 0 und 1 gemessen.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.22) sinken die Werte am 6. Tag und gegen Ende der Versuchsphase signifikant ab. Es ergeben sich ein minimaler Wert von 7,32 an den Tagen 37 und 41 und ein maximaler Wert von 7,37 am 1. und 44. Tag. Mit Absetzen der Salze erreichen sie wieder ihre Ausgangswerte.

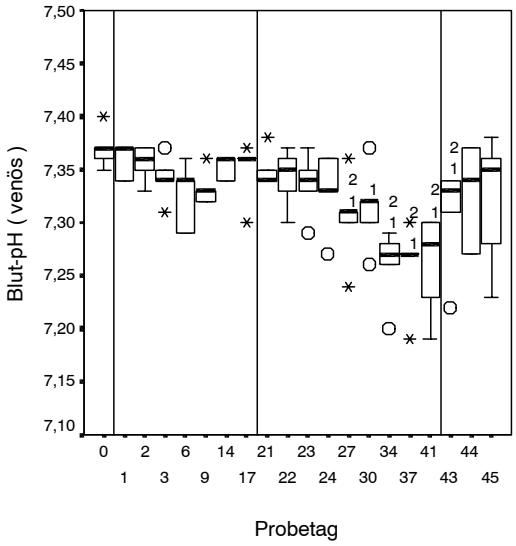

Abb.21: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe

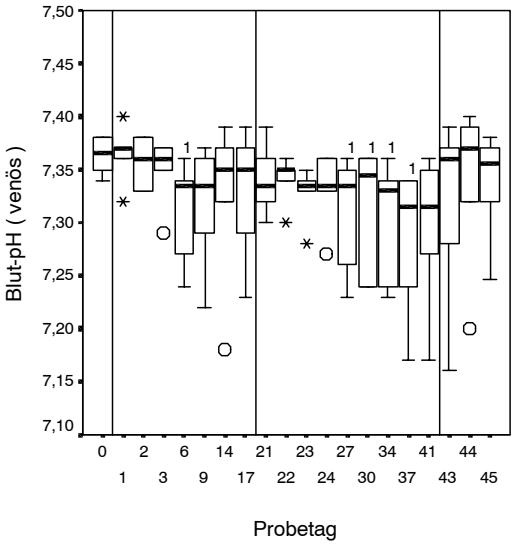

Abb.22: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.3.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Der Verlauf der BE-Werte der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.23) im Blut verhält sich analog zu dem der Blut-pH-Werte. In der ersten Phase des Versuchs zeigt nur der 6. Tag eine Signifikanz. Bis zu diesem Tag sinken die Werte und steigen danach wieder an. In der zweiten Phase des Versuchs sinken die BE-Werte erneut signifikant und kontinuierlich bis zum Ende der Phase ab. Sie erreichen dabei Werte, die unterhalb des ersten Absinkens liegen. Mit Absetzen der sauren Salze steigen die Werte wieder an, erreichen aber nicht ihre Ausgangswerte. Der minimale und der maximale Medianwert liegen bei - 9 am 41. Tag und bei 2 am Tag 0. An den Tagen 27 bis 43 und 45 liegen signifikante Unterschiede zum Ausgangswert der zweiten Phase vor.

Der Verlauf der BE-Werte der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.24) im Blut verhält sich vom Prinzip wie der der $CaCl_2$-Gruppe. Signifikanzen sind am Tag 9 und 14 zu erkennen, bis zu dem die BE-Werte abfallen und am Ende der Versuchsphase. Der minimale und der maximale Wert werden am 37. Tag mit - 7 und am Tag 1 mit 1,5 verzeichnet.

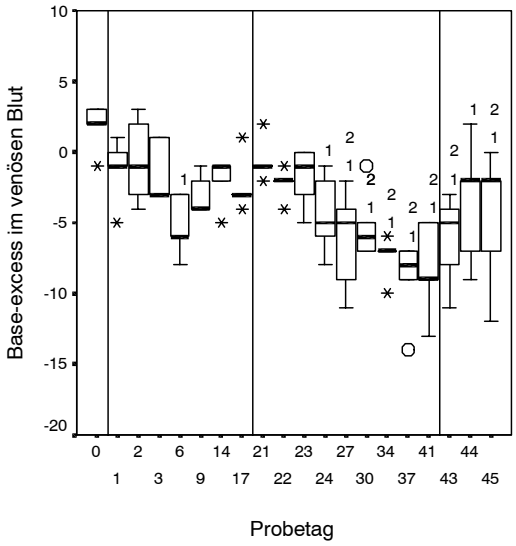

Abb.23: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaCl_2$-Gruppe

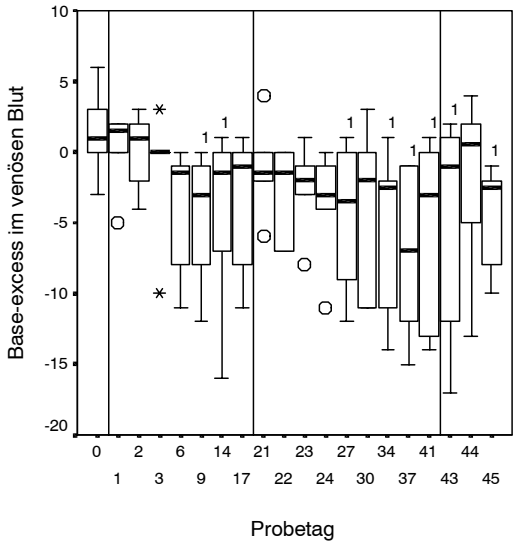

Abb.24: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe

4.3.3. pH-Wert im Harn

Der pH-Wert im Urin der Kalziumchloridgruppe (Abb.25) fällt innerhalb der ersten sechs Tage stark ab und zeigt danach einen wellenförmigen Verlauf mit sinkender Tendenz. Signifikanzen liegen an allen Tagen, außer an Tag 1 vor. An den Tagen 27 und 30 befinden sich die kleinsten gemessenen Werte von 5,31. Der maximale Wert von 8,80 wurde am Tag 0 gemessen. Nach dem Absetzen der Salze halten die Werte ihr Niveau.

Bei der Kalziumsulfatgruppe (Abb.26) zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Werte fallen an den Tagen 6 bis 17 signifikant ab. In der zweiten Phase des Versuches sinken die Werte ebenfalls signifikant ab (Tage 23 bis 41). Der kleinste gemessene Wert lag bei 5,58 am 37. Tag und der größte bei 8,70 am Tag 0. Mit Absetzen der Anionen steigen die Werte der Kalziumsulfatgruppe wieder an.

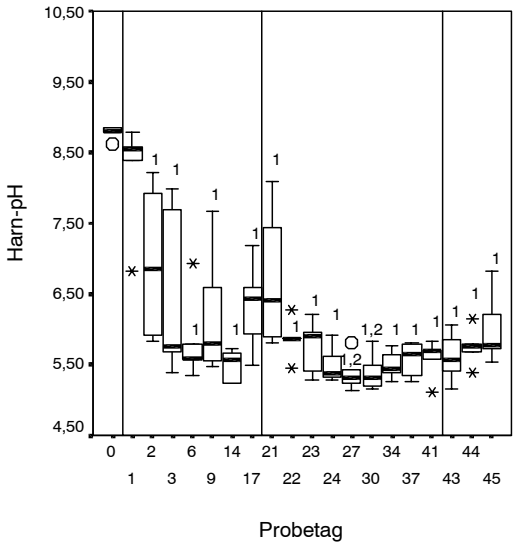

Abb.25: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe

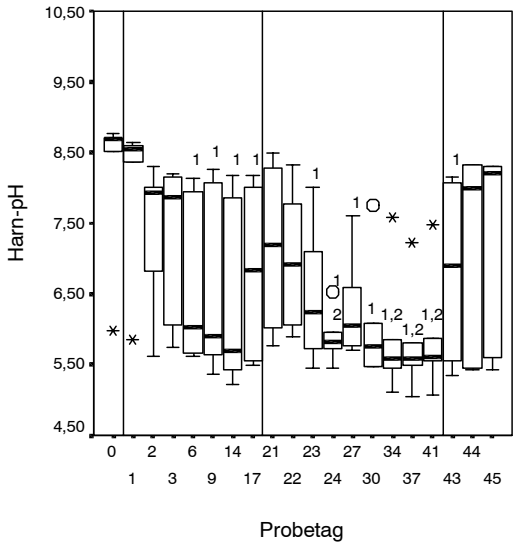

Abb.26: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.3.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Der Verlauf der NSBA der Kalziumchloridgruppe (Abb.27) ähnelt tendenziell dem Verlauf der Harn-pH-Werte. Auffallend ist jedoch der abrupte Abfall der NSBA-Werte in negative Bereiche. Es liegen für die gesamte Versuchszeit signifikante Unterschiede zum Ausgangswert vor. Signifikante Unterschiede zum Ausgangswert der zweiten Phase können ab dem 30. Tag bis zum Ende der Versuchsphase festgestellt werden. Nach Absetzen der Salze kann innerhalb der drei gemessenen Tage keine Erholung der Werte beobachtet werden. Der niedrigste NSBA-Wert befindet sich bei – 139 am 37. Tag, der höchste beträgt 198 am Tag 0.

Im Gegensatz zu der Kalziumchloridgruppe erreichen die NSBA-Werte der Kalziumsulfatgruppe (Abb.28) mit dem Absetzen der sauren Salze in etwa ihre Ausgangswerte wieder. Der niedrigste gemessene NSBA-Wert befindet sich in dieser Gruppe bei – 76 am 37. Tag, der höchste beträgt 170 am Tag 0. Signifikante Unterschiede zum Tag 0 ergeben sich für den 3. bis zum 43. Probentag. Ein signifikanter Unterschied zum Ausgangswert der zweiten Phase konnte am Tag 45 festgestellt werden.

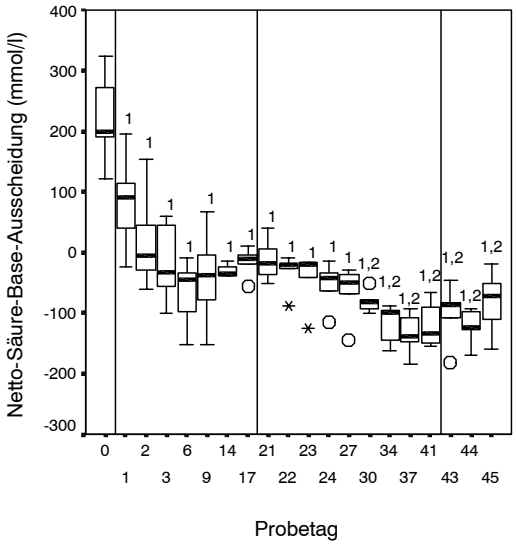

Abb.27: Verlauf der NSBA im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

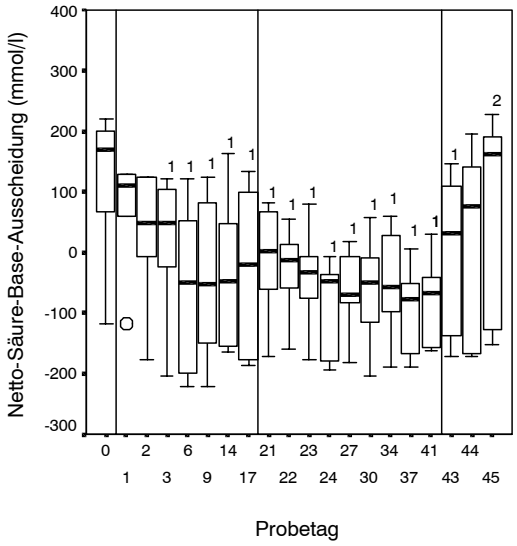

Abb.28: Verlauf der NSBA im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.3.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Der Basen-Säuren-Quotient der Kalziumchloridgruppe (Abb.29) fällt unter Salzgabe bis am 2. und 3. Tag signifikant ab und zeigt danach auch beim Absetzen der Salze nur geringfügige Schwankungen. Der kleinste BSQ-Wert wurde für den Tag 30 mit 0,74 errechnet, der größte für den Tag 0 mit 3,59. An den Tagen 24 bis 30 liegen signifikante Unterschiede zum Ausgangswert der zweiten Versuchsphase vor.

Der Verlauf des BSQ der Kalziumsulfatgruppe (Abb.30) verhält sich ähnlich, jedoch kann hier mit dem Absetzen der Salze ein stärkerer Anstieg des BSQ beobachtet werden. Der niedrigste Medianwert wurde für den Tag 37 errechnet und lag bei 0,80. Am Tag 0 wurde der maximale BSQ-Wert von 3,14 festgestellt. Am Tag 45 liegt ein signifikanter Unterschied zum Ausgangswert der zweiten Versuchsphase vor.

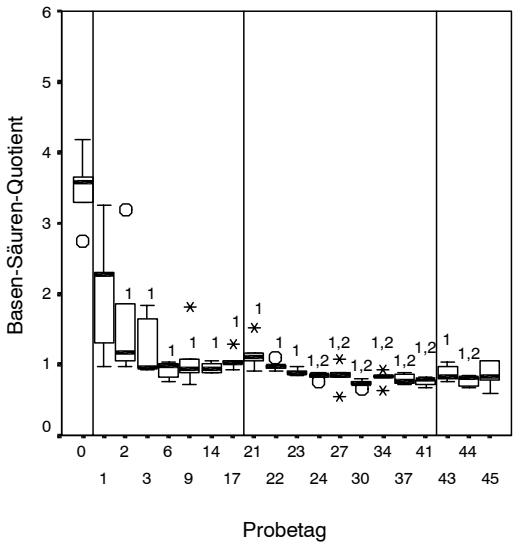

Abb.29: Verlauf des BSQ im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

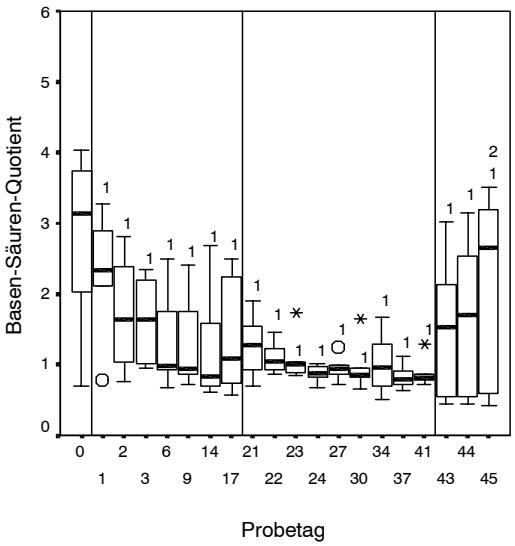

Abb.30: Verlauf des BSQ im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.4. Auswirkungen von Kalium- und Natriumhydrogencarbonat

In diesen Versuchsphasen wurden die sauren Salze jeweils über einen Zeitraum von 8 Tagen verabreicht. Die 1. senkrecht verlaufende Linie kennzeichnet erneut den Beginn der Salzphase, die 2. Linie markiert das Ende der Salzphase bzw. den Beginn der Wash-Out-Phase. Die Ziffer 1 stellt die signifikanten Unterschiede zum Tag 0 dar. Die Buchstaben a und b stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Natrium- ($NaHCO_3$-$CaCl_2$ / $NaHCO_3$-$CaSO_4$) bzw. den Kaliumsalzen ($KHCO_3$-$CaCl_2$ / $KHCO_3$-$CaSO_4$) zum gleichen Zeitpunkt. Die Buchstaben c und d kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Chlorid- ($NaHCO_3$-$CaCl_2$ / $KHCO_3$-$CaCl_2$) bzw. den Sulfatsalzen ($NaHCO_3$-$CaSO_4$ / $KHCO_3$-$CaSO_4$) zum gleichen Zeitpunkt.

4.4.1. pH-Wert im Blut

Die pH-Werte der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb. 31) verlaufen ohne Schwankungen. Der minimale pH-Medianwert liegt am 8. Tag mit 7,36, der maximale beträgt 7,38 am Tag 7.

Die pH-Werte der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb. 32) unterliegen ebenfalls keinen starken Schwankungen. Der minimale pH-Medianwert liegt am 8. Tag mit 7,37, der maximale beträgt 7,39 am Tag 0. Am 8. Tag kann ein signifikanter Unterschied zwischen den Natriumhydrogencarbonatsalzen (s. auch Abb. 34) festgestellt werden.

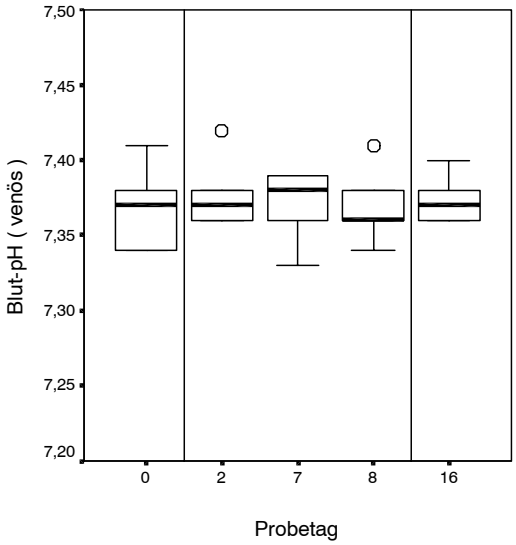

Abb.31: Verlauf der Blut-pH-Werte der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

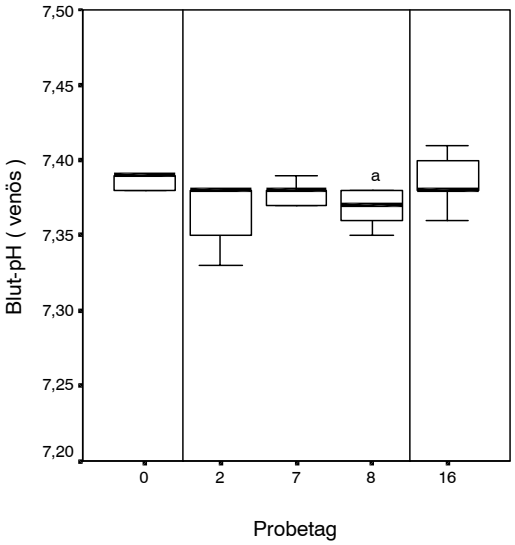

Abb.32: Verlauf der Blut-pH-Werte der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

Die pH-Werte der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb. 33) bewegen sich im Median durchweg im physiologischen Bereich. Der kleinste pH-Wert beträgt 7,38 am 8. Tag, der größte 7,40 an den Tagen 0 und 2. Es liegen keine Signifikanzen vor.

Die pH-Werte der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb. 34) liegen mit Werten von 7,39 an den Tagen 2 und 8 bis 7,40 an den übrigen Tagen der Versuchsphase ebenfalls im physiologischen Bereich.

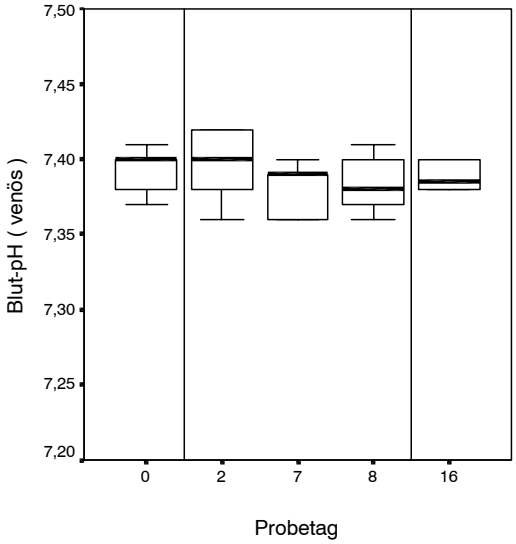

Abb.33: Verlauf der Blut-pH-Werte der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

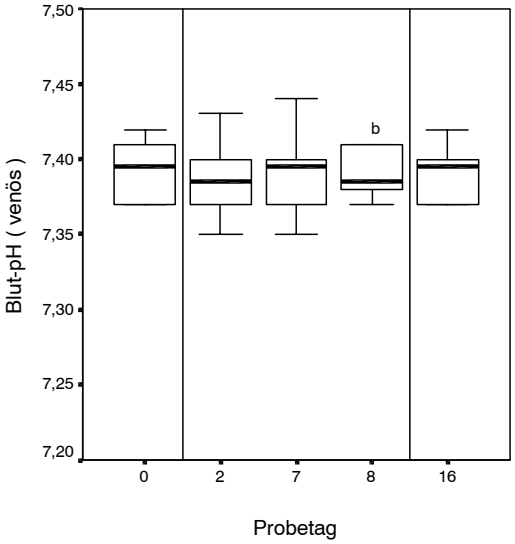

Abb.34: Verlauf der Blut-pH-Werte der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

4.4.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Die BE-Werte der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb. 35) sinken unter Salzgabe leicht von 2 am Tag 0 auf 0 an den Tagen 2 bis 8 ab. Nach Absetzen der Salze steigt der BE-Wert wieder leicht an. Die BE-Werte der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb. 36) schwanken etwas stärker zwischen 1 an den Tagen 0 und 7 und - 2 am 8. Tag.

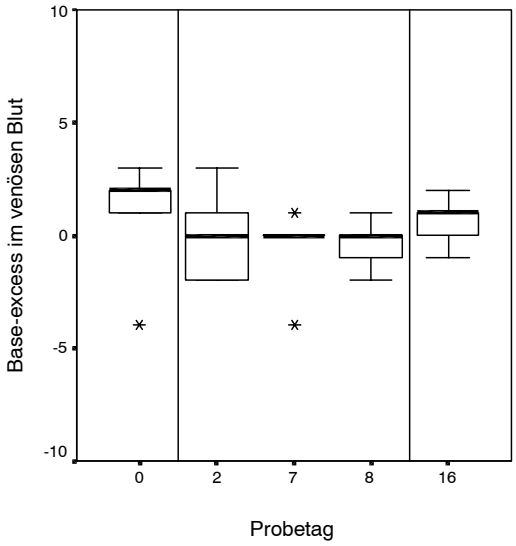

Abb.35: Verlauf der BE-Werte im Blut der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

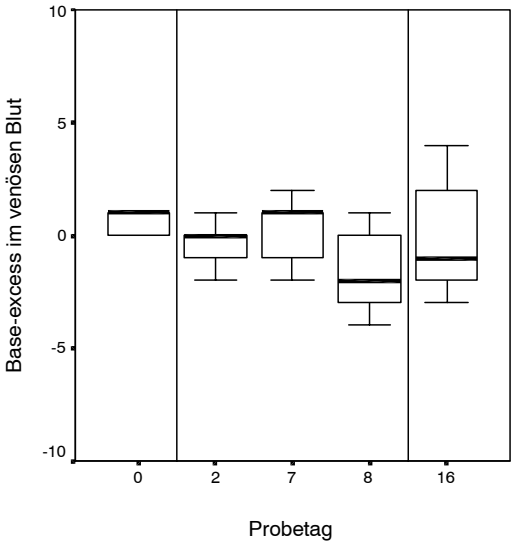

Abb.36: Verlauf der BE-Werte im Blut der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

Die BE-Werte der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb. 37) fallen von 2,5 an den Tagen 0 und 2 auf 1 an den übrigen Tagen und zeigen dann keine großen Veränderungen mehr. Es liegen keine Signifikanzen vor.

Die BE-Werte der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb. 38) bewegen sich zwischen 2 am 7. Tag und - 1 an den Tagen 8 und 16, an denen auch Signifikanzen vorliegen.

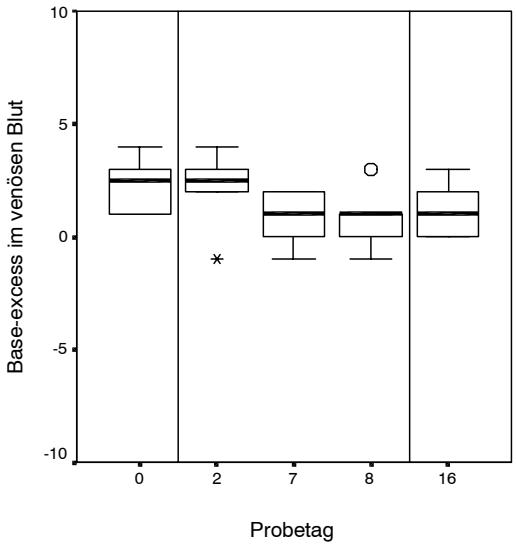

Abb.37: Verlauf der BE-Werte im Blut der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

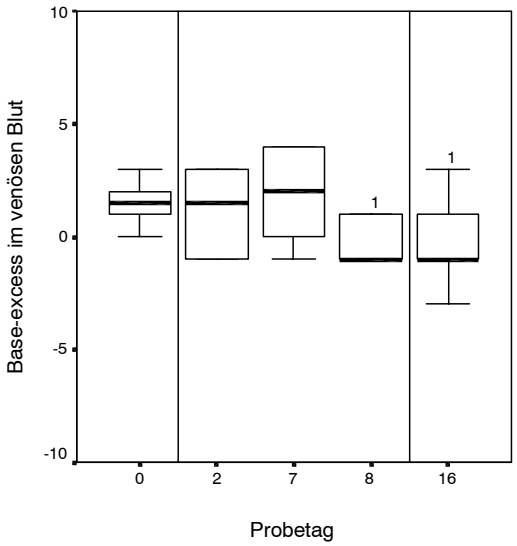

Abb.38: Verlauf der BE-Werte im Blut der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

4.4.3. pH-Wert im Harn

Die pH-Werte des Harnes der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb.39) verlaufen zwischen 8,11 an den Tagen 2 und 7 und 8,26 am Tag 16. Es liegen keine großen Schwankungen oder Signifikanzen vor.

Die pH-Werte des Harnes der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb.40) schwanken zwischen 8,11 am Tag 7 und 8,37 nach Absetzen der sauren Salze am 16. Tag, an dem auch ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzen $NaHCO_3$-$CaCl_2$ und $NaHCO_3$-$CaSO_4$ (Abb. 42) vorliegt.

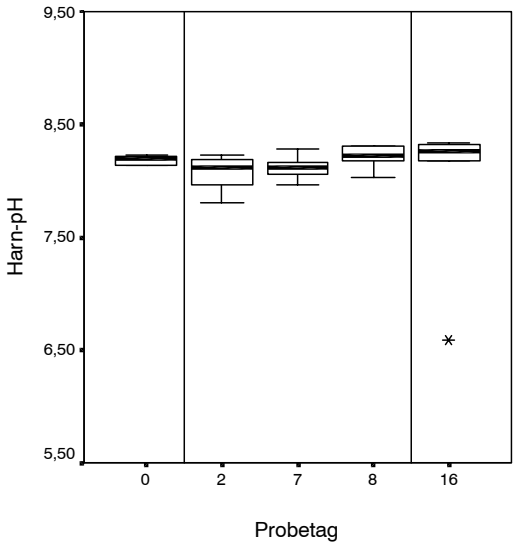

Abb.39: Verlauf der Harn-pH-Werte der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

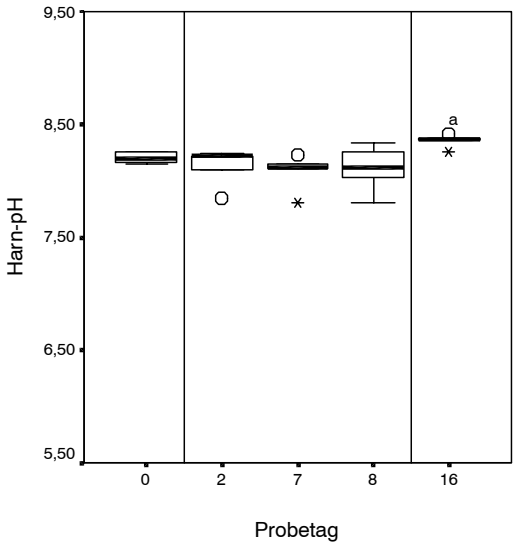

Abb.40: Verlauf der Harn-pH-Werte der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

In der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb.41) bewegen sich die pH-Werte des Harnes zwischen 8,16 am Tag 0 und 8,27 am 16. Tag. An den letzten beiden Tagen liegen Signifikanzen vor. Am Tag 16 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzgruppen $KHCO_3$-$CaSO_4$ und $NaHCO_3$-$CaSO_4$ vor.

In der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb.42) liegen bis zum Absetzen der Salze kaum Schwankungen vor. Die Werte bewegen sich zwischen 8,23 an Tag 2 und 8,51 am 16. Tag. Nach Absetzen der Salze steigen die Werte signifikant an.

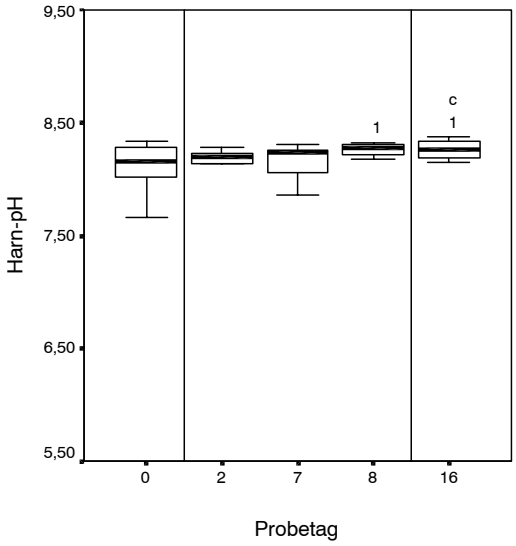

Abb.41: Verlauf der Harn-pH-Werte der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

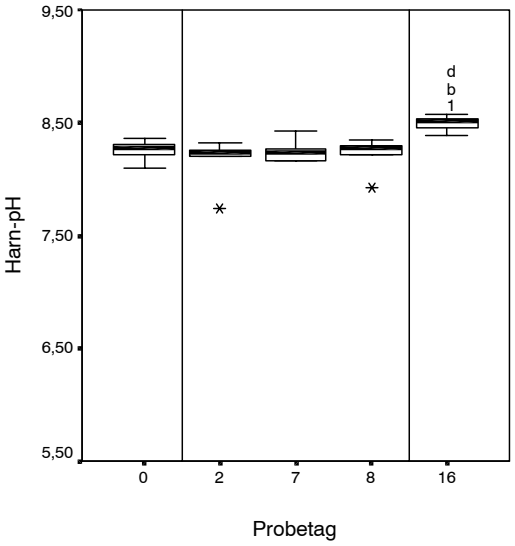

Abb.42: Verlauf der Harn-pH-Werte der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

4.4.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die NSBA-Werte der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb.43) fallen mit Beginn der Salzgabe leicht auf 106 am Tag 2 ab und steigen danach wieder kontinuierlich an, bis sie nach Absetzen der Salze den höchsten Medianwert von 194 erreichen.

Die NSBA-Werte der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb.44) zeigen einen schwankenden Verlauf ohne Signifikanzen. Der niedrigste Medianwert liegt am Tag 0 vor, mit 126, der höchste beträgt 178 am 8. Tag. Am Tag 0 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzgruppen $NaHCO_3$-$CaCl_2$ und $NaHCO_3$-$CaSO_4$ (Abb. 46) vor.

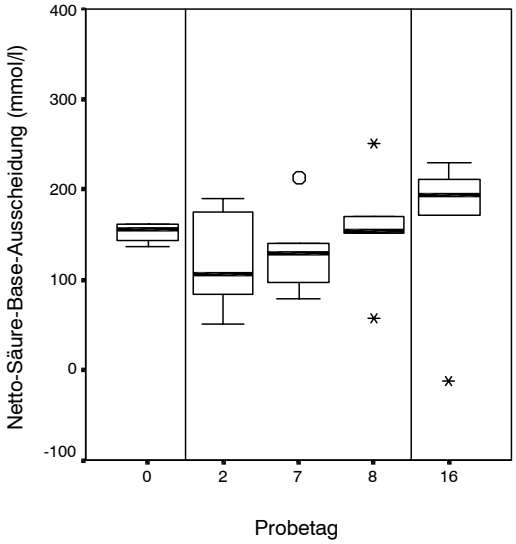

Abb.43: Verlauf der NSBA im Harn der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

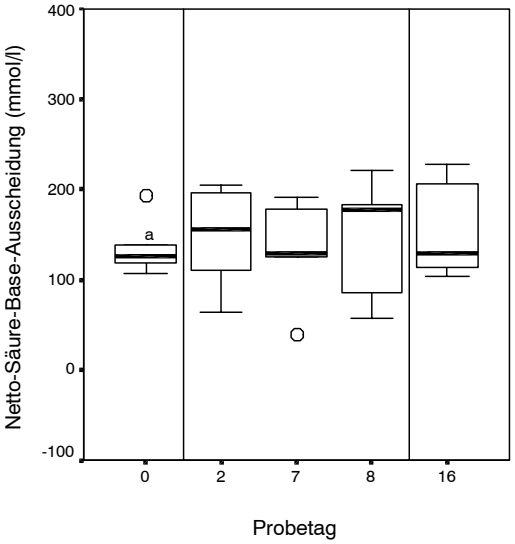

Abb.44: Verlauf der NSBA im Harn der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

Die Werte der NSBA der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb.45) steigen unter Salzgabe und auch nach Absetzen der Salze minimal von 124 am Tag 0 auf 184 am 16. Tag an. Am Tag 16 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzgruppen $KHCO_3$-$CaSO_4$ und $NaHCO_3$-$CaSO_4$ vor.

Die Werte der NSBA der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb.46) fallen unter Salzgabe kontinuierlich bis zum 8. Tag auf 176 ab und steigen nach Absetzen der Salze am 16. Tag wieder auf 184 an.

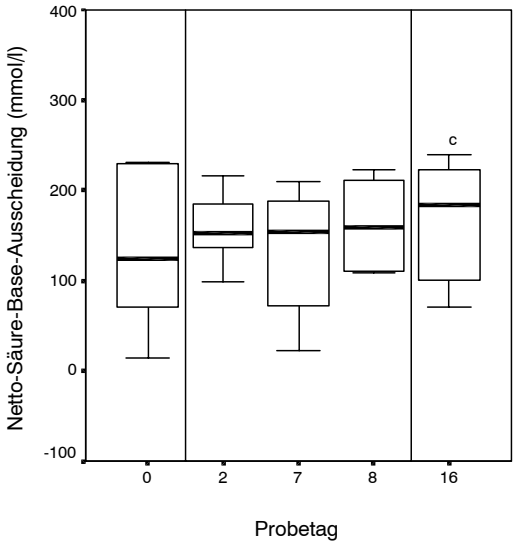

Abb.45: Verlauf der NSBA im Harn der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

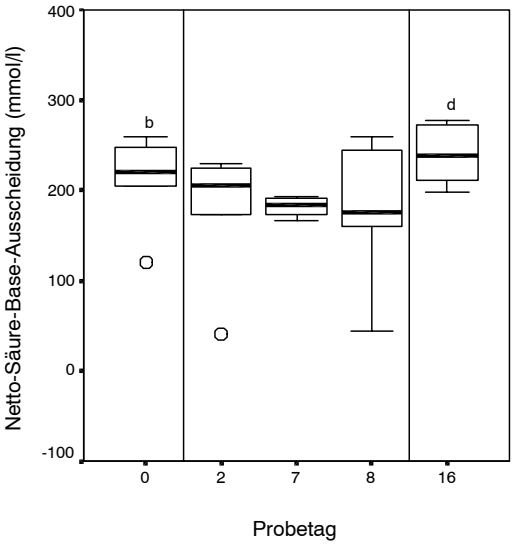

Abb.46: Verlauf der NSBA im Harn der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

4.4.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Die BSQ-Werte der $KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb.47) steigen im Verlauf der Salzgabe leicht von 2,54 am 2. Tag auf 3,25 am 8. Tag an. Am 2. Tag liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzgruppen $KHCO_3$-$CaCl_2$ und $KHCO_3$-$CaSO_4$ (Abb. 49) vor.

In der $NaHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe (Abb.48) fallen die Werte bis zum 7. Tag von 3,47 am Tag 0 auf 2,76 ab und steigen danach wieder leicht an. Am 16. Tag liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzgruppen $NaHCO_3$-$CaCl_2$ und $NaHCO_3$-$CaSO_4$ (Abb. 50) vor.

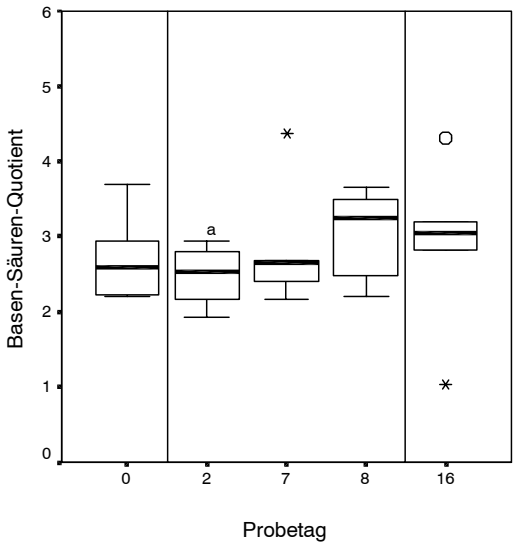

Abb.47: Verlauf des BSQ im Harn der $KHCO_3$- $CaCl_2$-Gruppe

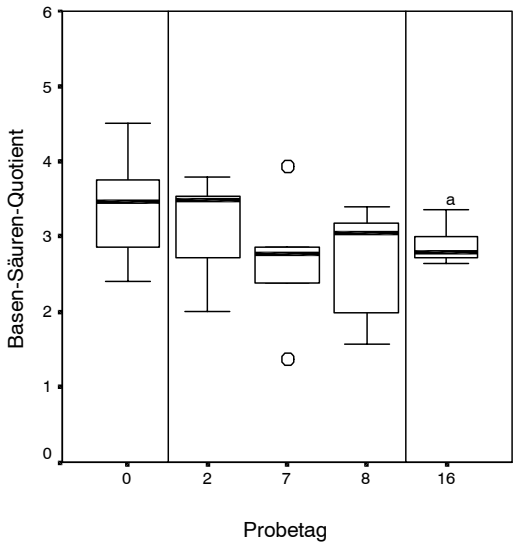

Abb.48: Verlauf des BSQ im Harn der $NaHCO_3$- $CaCl_2$-Gruppe

Die Werte des BSQ der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb.49) zeigen einen schwankenden Verlauf, in dem der BSQ am 2. und 8. Tag signifikant ansteigt. Am Tag 0 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzgruppen $KHCO_3$-$CaSO_4$ und $NaHCO_3$-$CaSO_4$ vor. Die Werte liegen zwischen 2,42 am Tag 0 und 3,30 am Tag 16. Nach Absetzen der Salze steigen die Werte weiter signifikant an.

In der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe (Abb.50) fallen die Werte bis zum 7. Tag auf 3,16 ab und steigen danach wieder bis zum 16. Tag auf 3,99 an.

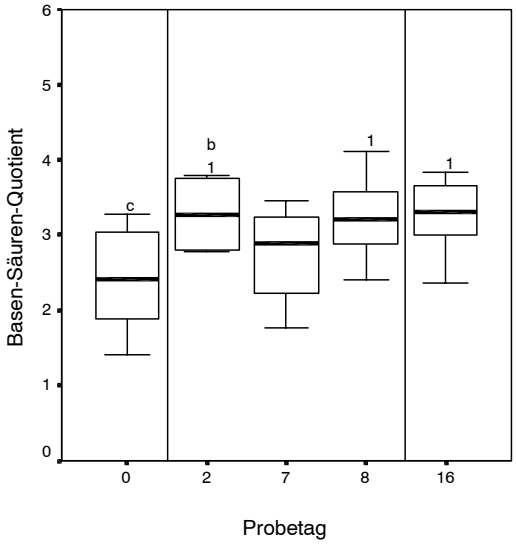

Abb.49: Verlauf des BSQ im Harn der $KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

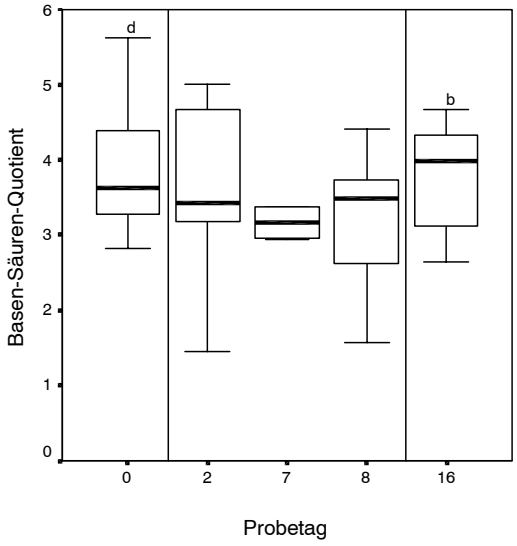

Abb.50: Verlauf des BSQ im Harn der $NaHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

4.5. Auswirkungen eines Gemisches von Natrium- und Kaliumhydrogencarbonat auf die Wirkung der sauren Salze

4.5.1. pH-Wert im Blut

Die pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.51) schwanken zwischen 7,39 am Tag 0 und 7,35 am 8. Tag. In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.52) befinden sich die pH-Werte zwischen 7,39 am 7. Tag und 7,37 am Tag 16.

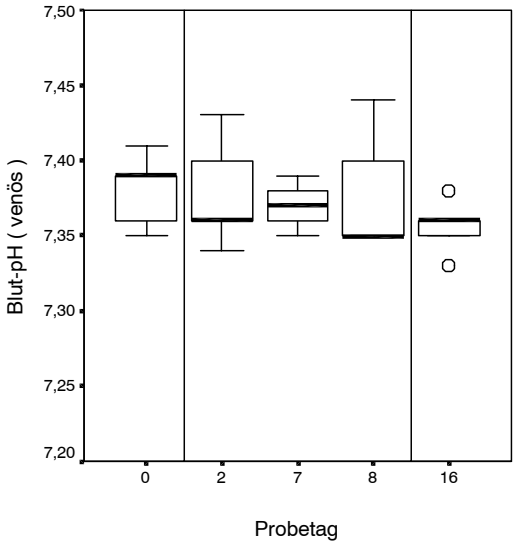

Abb.51: Verlauf der Blut-pH-Werte der $NaHCO_3$-$KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

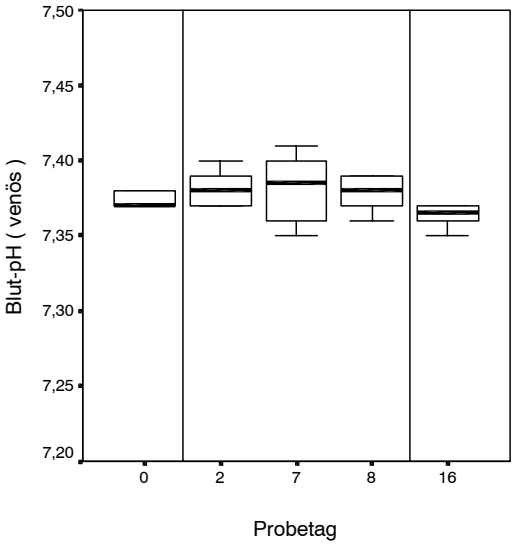

Abb.52: Verlauf der Blut-pH-Werte der $NaHCO_3$-$KHCO_3$- $CaSO_4$-Gruppe

4.5.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Die BE-Werte der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.53) verändern sich im Verlauf nur geringgradig und schwanken zwischen - 1 an den ersten beiden Probentagen und 0 an den übrigen Tagen. Am Tag 7 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Salzen vor.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.54) steigen die BE-Werte bis zum 7. Tag auf 3 an und fallen danach wieder ab. Am 8. Tag liegt der niedrigste Medianwert von - 0,5 vor.

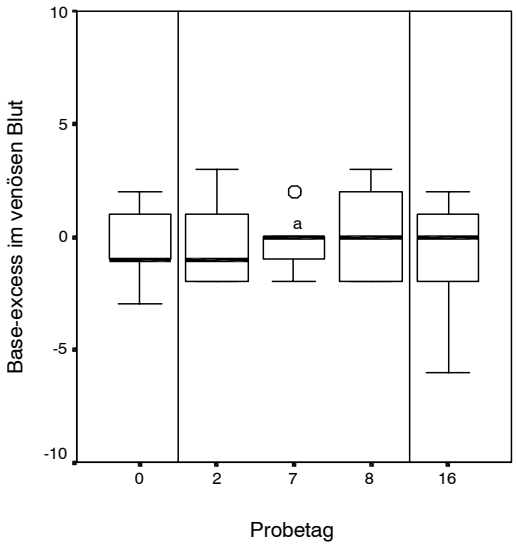

Abb.53: Verlauf der BE -Werte im Blut der $NaHCO_3$-$KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

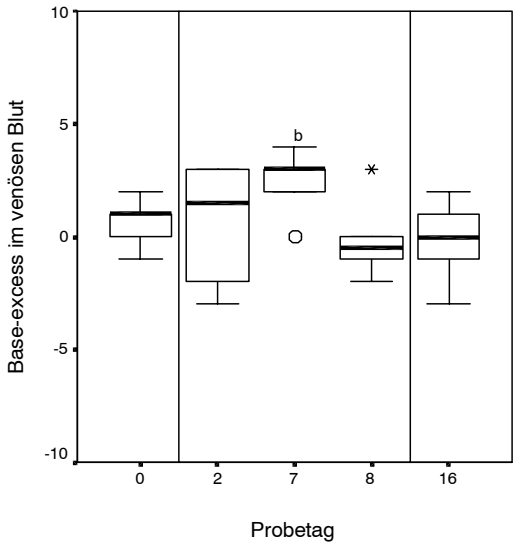

Abb.54: Verlauf der BE -Werte im Blut der $NaHCO_3$-$KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

4.5.3. pH-Wert im Harn

Der pH-Wert im Harn der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.55) zeigt einen schwankenden Verlauf mit leicht steigender Tendenz. Der minimale Wert liegt am Tag 0 mit 7,73 und der maximale befindet sich am 8. Tag bei 8,32. Am Tag 7 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Salzen vor.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.56) fällt der Harn-pH-Wert direkt nach der Salzgabe am 2. Tag signifikant von 8,47 am Tag 0 auf 8,15 ab.

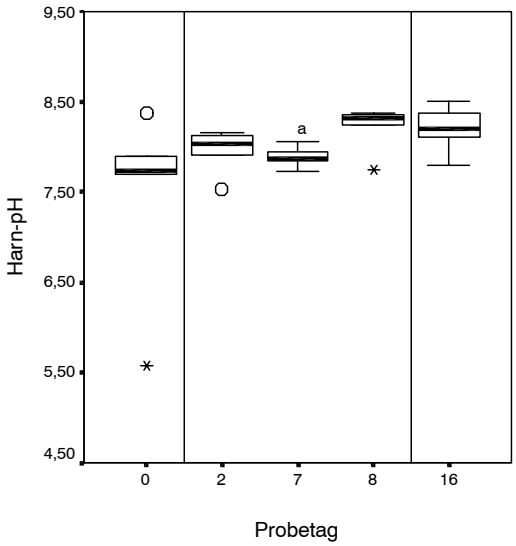

Abb.55: Verlauf der Harn-pH-Werte der $NaHCO_3$-$KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

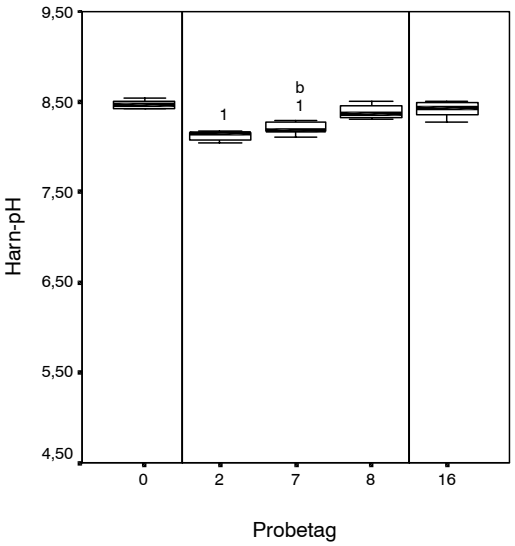

Abb.56: Verlauf der Harn-pH-Werte der $NaHCO_3$-$KHCO_3$-$CaSO_4$-Gruppe

4.5.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die NSBA der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.57) steigt unter der Salzgabe an und erreicht am 8. Tag ihren Maximalwert von 112, der Minimalwert beträgt 9 am Tag 0. Am Tag 0 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Salzen vor.

Die NSBA der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.58) steigt ebenfalls bis zum 8. Tag an und erreicht hier einen Maximalwert von 209. Der minimale NSBA-Wert liegt am Tag 2 bei 138.

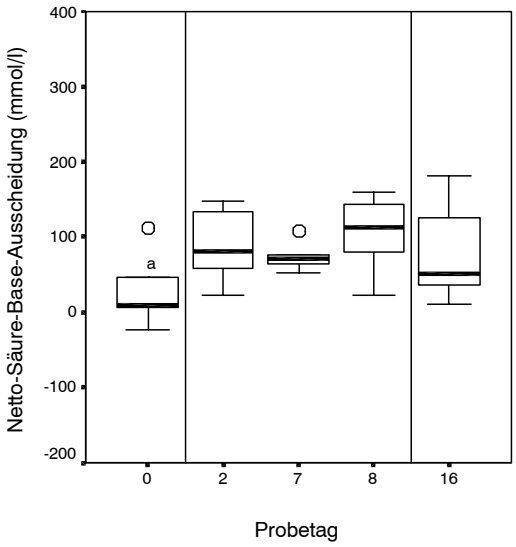

Abb.57: Verlauf der NSBA im Harn der $NaHCO_3$-$KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

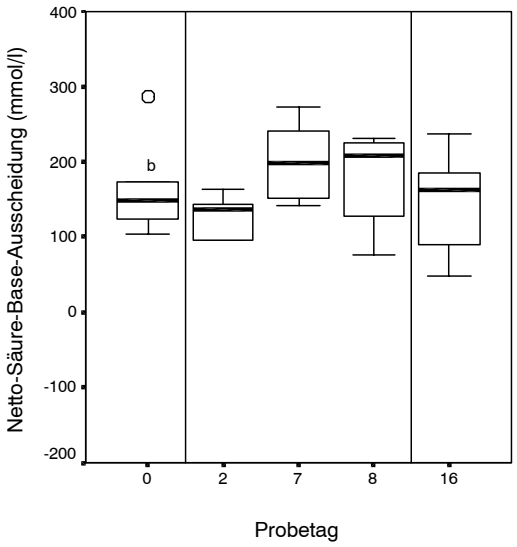

Abb.58: Verlauf der NSBA im Harn der $NaHCO_3$-$KHCO_3$- $CaSO_4$-Gruppe

4.5.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Der BSQ der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.59) zeigt einen schwankenden Verlauf, am Tag 0 liegt der niedrigste Wert von 1,27 vor, am 8. Tag der höchste von 2,77. An den Tagen 0, 7 und 16 liegen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Salzen vor.

Der Verlauf des BSQ der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.60) erfolgt ebenfalls schwankend. Am Tag 2 liegt der niedrigste Medianwert von 2,90 vor, am 7. Tag der höchste von 4,01.

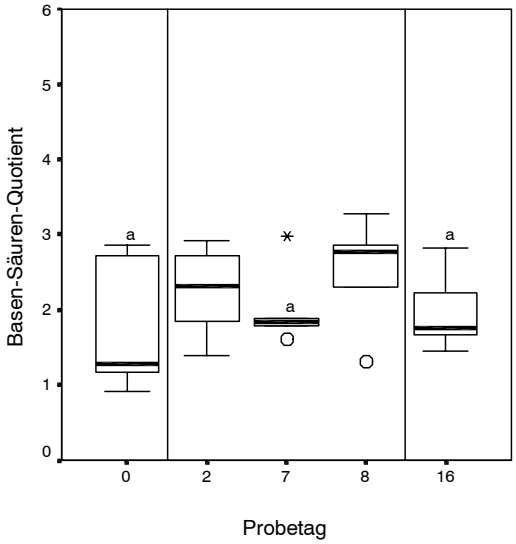

Abb.59: Verlauf des BSQ im Harn der $NaHCO_3$-$KHCO_3$-$CaCl_2$-Gruppe

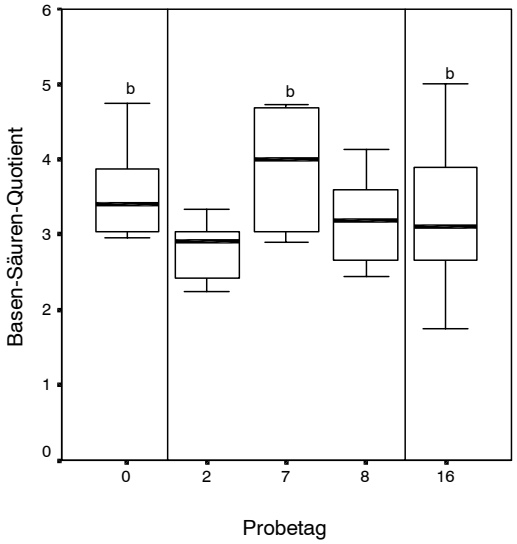

Abb.60: Verlauf des BSQ im Harn der $NaHCO_3$-$KHCO_3$- $CaSO_4$-Gruppe

4.6. Auswirkungen von Natrium- und Kaliumhydrogencarbonat

4.6.1. pH-Wert im Blut

Der pH-Wert der $KHCO_3$-Gruppe (Abb.61) steigt nur am 2. Tag auf 7,39 an, an allen übrigen Tagen bleibt der pH-Wert stabil bei 7,38.

Die pH-Werte der $NaHCO_3$-Gruppe (Abb.62) schwanken zwischen 7,40 am Tag 0 und 7,38 am 16. Tag.

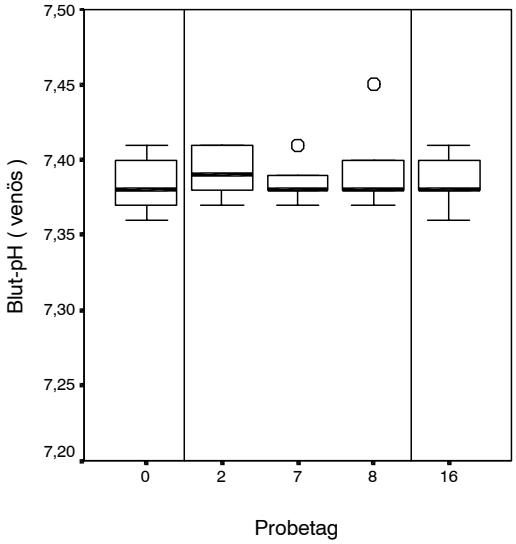

Abb.61: Verlauf der Blut-pH-Werte der $KHCO_3$-Gruppe

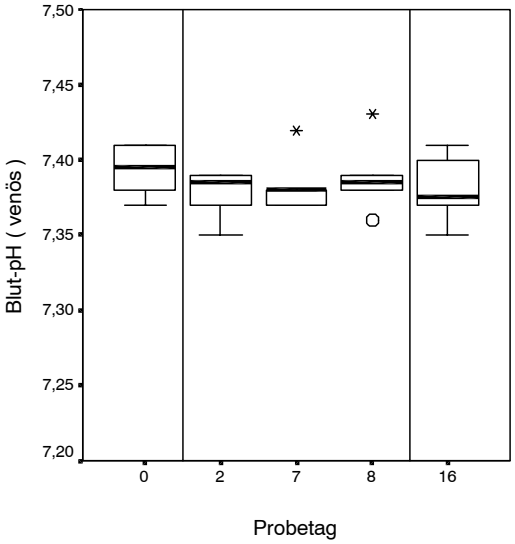

Abb.62: Verlauf der Blut-pH-Werte der $NaHCO_3$-Gruppe

4.6.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Die BE-Werte der $KHCO_3$-Gruppe (Abb.63) sinken am Tag 2 signifikant ab auf den minimalen Wert von - 1 und erreichen danach wieder ihren Ausgangswert. Mit Absetzen der Salze steigen sie weiter an und erreichen den Höchstwert von 3.

Auch die BE-Werte der $NaHCO_3$-Gruppe (Abb.64) sinken am 2. Tag ab auf 0, pendeln sich danach wieder ein und zeigen am 8. Tag den größten Wert von 3. Es liegen keine Signifikanzen vor.

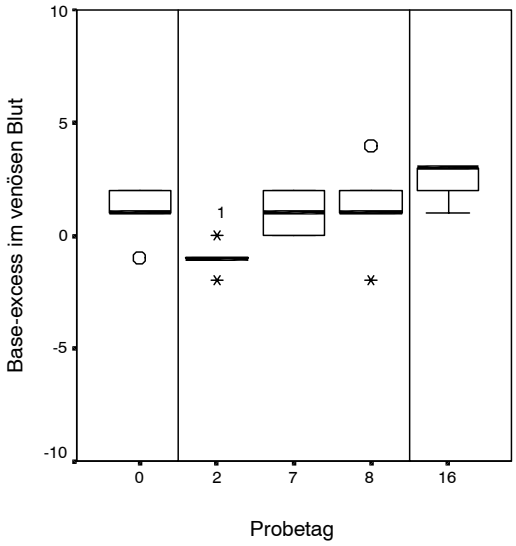

Abb.63: Verlauf der BE-Werte im Blut der $KHCO_3$-Gruppe

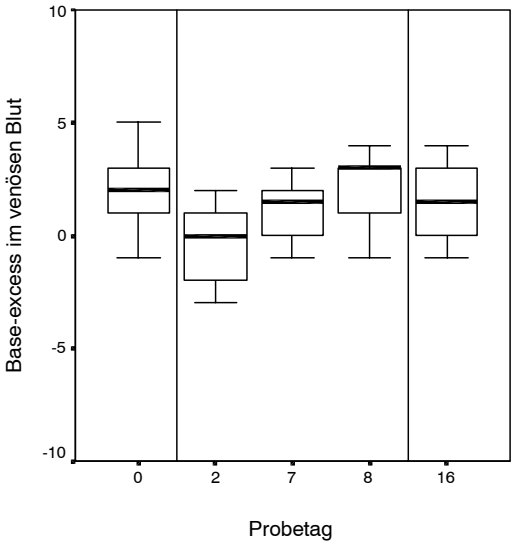

Abb.64: Verlauf der BE-Werte im Blut der $NaHCO_3$ -Gruppe

4.6.3. pH-Wert im Harn

Die pH-Werte im Harn der $KHCO_3$-Gruppe (Abb.65) verändern sich während der Salzgabe kaum, erst nach Absetzen der Salze sinken sie am 16. Tag signifikant auf 7,98 ab. Am 2. Tag liegt der höchste Wert von 8,41 vor.

Die pH-Werte im Harn der $NaHCO_3$-Gruppe (Abb.66) schwanken ebenfalls unter der Salzgabe nur geringgradig und sinken erst nach Beendigung der Salzgabe am 16. Tag weiter ab auf 8,03. Der höchste pH-Wert des Harnes von 8,44 liegt am Tag 0 vor.

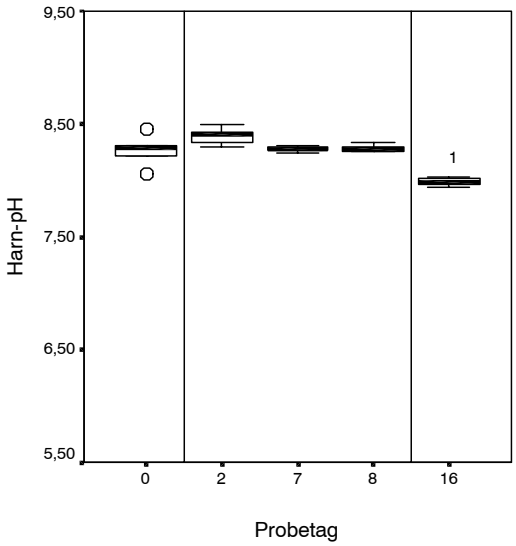

Abb.65: Verlauf der pH-Werte im Harn der $KHCO_3$-Gruppe

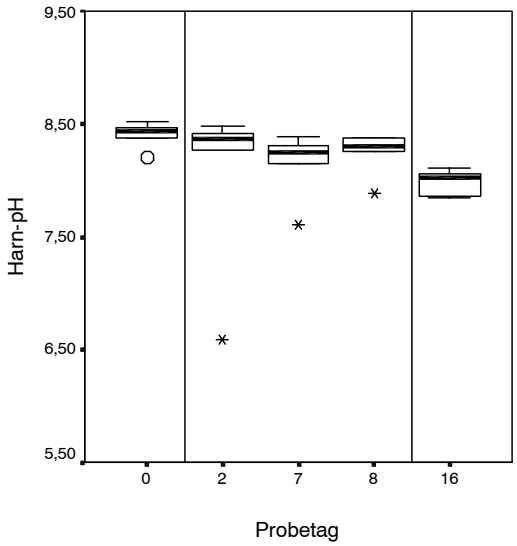

Abb.66: Verlauf der pH-Werte im Harn der $NaHCO_3$-Gruppe

4.6.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die NSBA-Werte der $KHCO_3$-Gruppe (Abb.67) schwanken geringgradig zwischen 140 am 16. Tag und 163 an den Tagen 2 und 8.

In der $NaHCO_3$-Gruppe (Abb.68) liegt der höchste NSBA-Wert am Tag 0 mit 196 vor. Am 2. Tag sinkt die NSBA auf den niedrigsten Wert von 108 ab. Es liegen keine Signifikanzen vor.

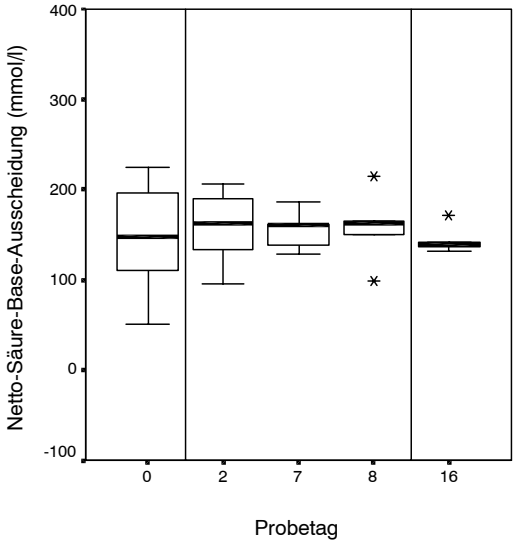

Abb.67: Verlauf der NSBA im Harn der $KHCO_3$-Gruppe

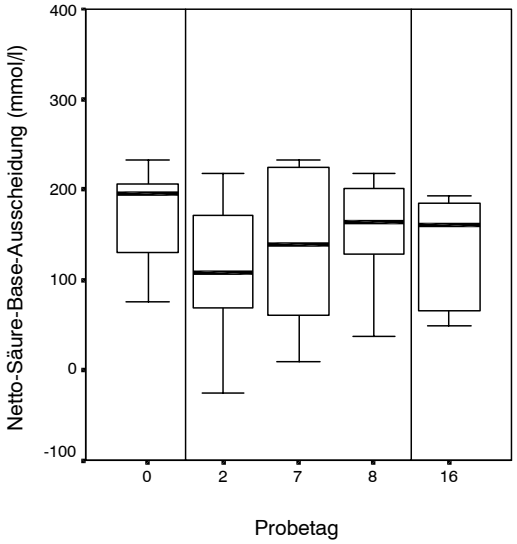

Abb.68: Verlauf der NSBA im Harn der $NaHCO_3$-Gruppe

4.6.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Unter der Salzgabe steigen die BSQ-Werte der $KHCO_3$-Gruppe (Abb.69) signifikant an. Der Höchstwert von 3,28 befindet sich am 2. Tag. Der niedrigste Wert liegt am Tag 0 vor und beträgt 2,31.

Die BSQ-Werte der $NaHCO_3$-Gruppe (Abb.70) schwanken zwischen 2,54 am 2. Tag und 3,24 am 8. Tag, es liegen jedoch keine Signifikanzen vor.

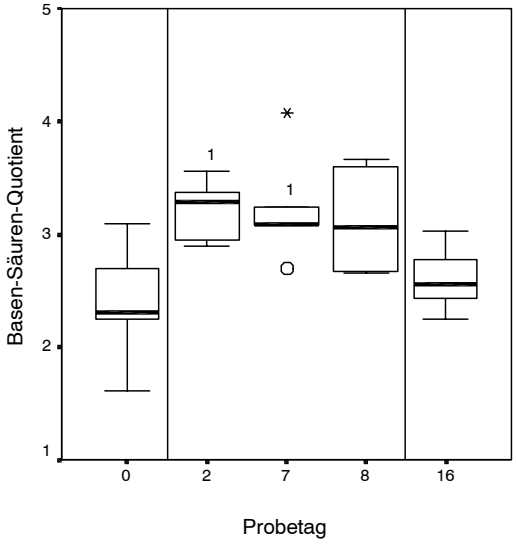

Abb.69: Verlauf des BSQ im Harn der $KHCO_3$-Gruppe

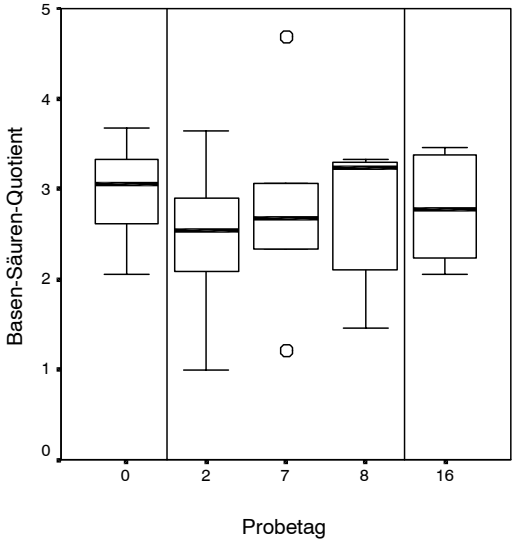

Abb.70: Verlauf des BSQ im Harn der $NaHCO_3$-Gruppe

4.7. Auswirkungen einer kalziumarmen Fütterung und einer ausgeglichenen Kalziumversorgung

In dieser Versuchsphase wurden die sauren Salze über einen Zeitraum von 9 Tagen verabreicht. Die 1. senkrecht verlaufende Linie kennzeichnet den Beginn der Salzphase, die 2. Linie markiert das Ende der Salzphase bzw. den Beginn der Wash-Out-Phase. Die Ziffer 1 stellt die signifikanten Unterschiede zum Tag 0 dar. Die Buchstaben a und b stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat zum gleichen Zeitpunkt bei kalziumarmer Fütterung bzw. ausgeglichener Kalziumversorgung. Die Buchstaben c und d kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen kalziumarmer Fütterung bzw. ausgeglichener Kalziumversorgung bei den Kalziumchlorid- bzw. den Kalziumsulfatsalzen zum gleichen Zeitpunkt.

4.7.1. pH-Wert im Blut

Mit Einsetzen der Salzphase sinken die pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.71) signifikant ab und erreichen am 9. Tag den niedrigsten Wert von 7,31. Nach Absetzen der Salze steigen sie stark an und erreichen den Höchstwert von 7,41 am 13. Tag.

Der Verlauf der pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.72) erfolgt analog. Der kleinste Wert liegt ebenfalls am 9. Tag vor mit 7,30, der größte beträgt 7,40 am Tag 13. Am 2. Tag liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat (Abb.74) bei ausgeglichener Kalziumversorgung vor.

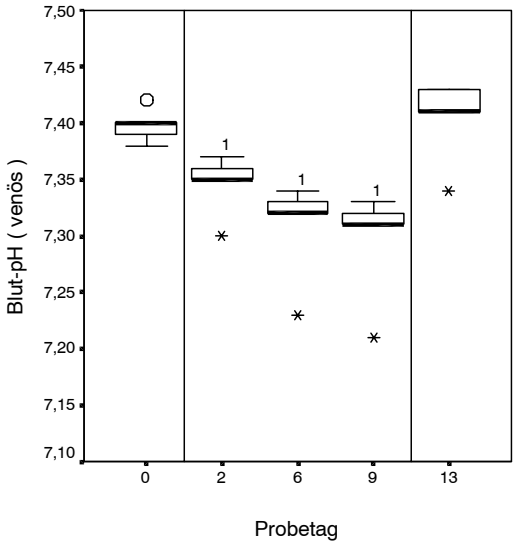

Abb.71: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

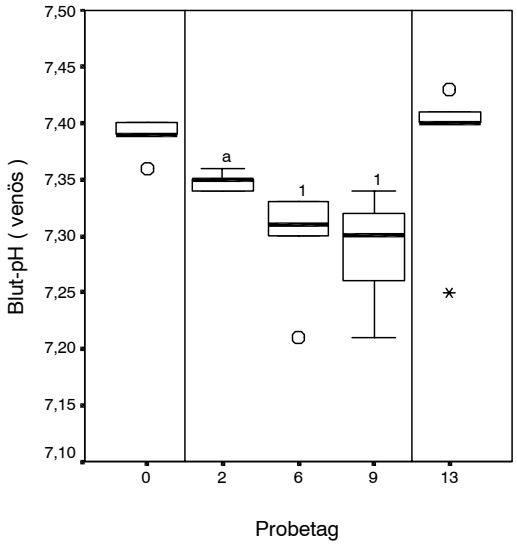

Abb.72: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

Der Verlauf der pH-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.73) ähnelt stark dem Verlauf der pH-Werte der Kalziumchloridgruppen. Es liegen jedoch keine Signifikanzen vor. Der niedrigste Wert befindet sich am 9. Tag und beträgt 7,33, der größte beträgt 7,42 am Tag 13.

Der pH-Wert der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.74) sinkt am 9. Tag signifikant ab auf 7,26 und verhält sich vom Verlauf wie der der $CaSO_4$-Gruppe. Der höchste Wert befindet sich am 13. Tag und beträgt 7,42.

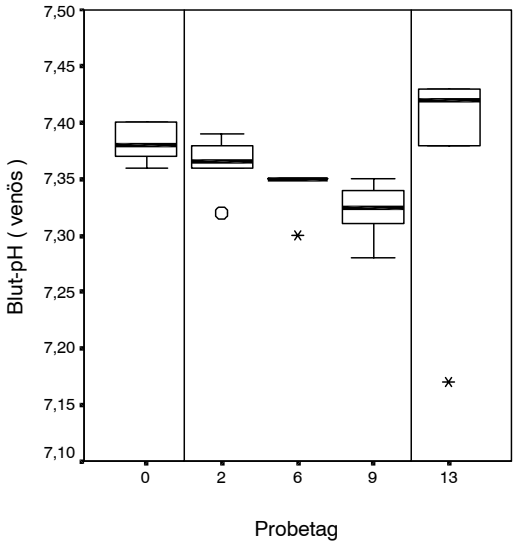

Abb.73: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

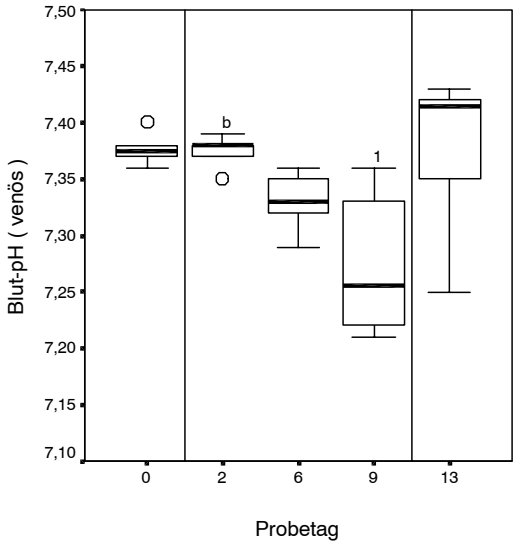

Abb.74: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

4.7.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Die BE-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.75) sinken unter der Salzgabe signifikant ab und erreichen am 6. Tag ihren tiefsten Wert von - 5. Nach Absetzen der Salze steigt der BE-Wert am 13. Tag wieder auf 5 an.

Die BE-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.76) verlaufen analog zu denen der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung, Signifikanzen liegen jedoch nur an den Tagen 6 und 9 vor. Der niedrigste Wert befindet sich ebenfalls am 6. Tag und beträgt ebenfalls - 5, der größte beträgt 4 am Tag 13.

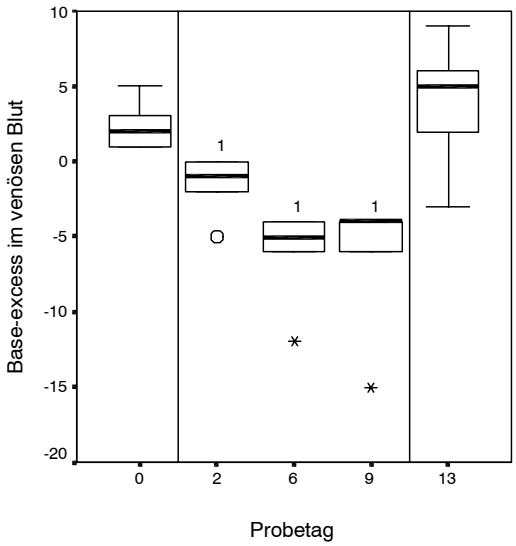

Abb.75: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

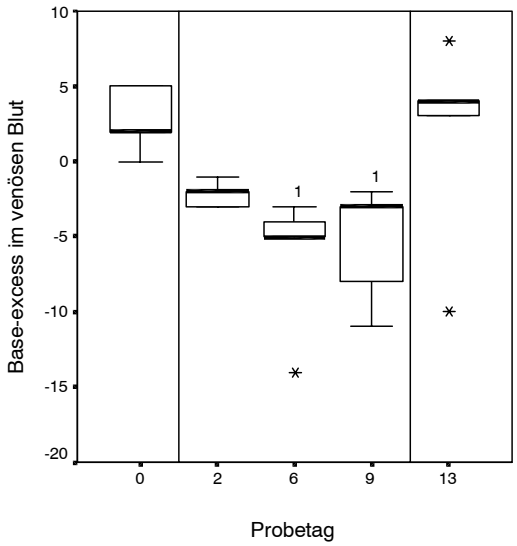

Abb.76: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

Der BE-Wert der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.77) sinkt am 9. Tag signifikant auf den tiefsten Wert von – 4 ab. Nach Absetzen der Salze am 13. Tag wird der höchste Wert von 3,5 erreicht.

Der Verlauf der BE-Werte der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.78) verhält sich in ähnlicher Weise. Der niedrigste Wert befindet sich ebenfalls am 9. Tag und beträgt - 4, der größte beträgt 3 am 13. Tag.

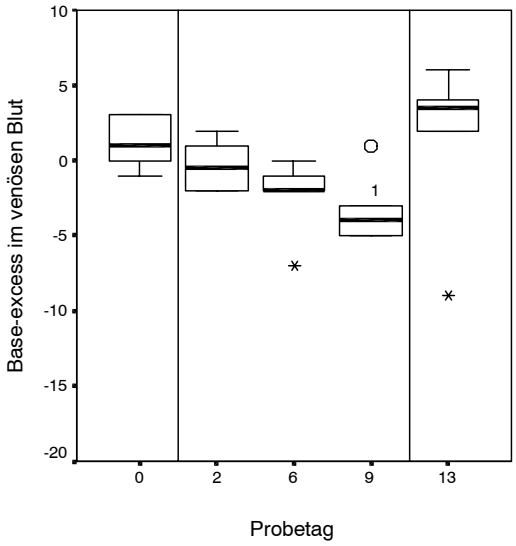

Abb.77: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

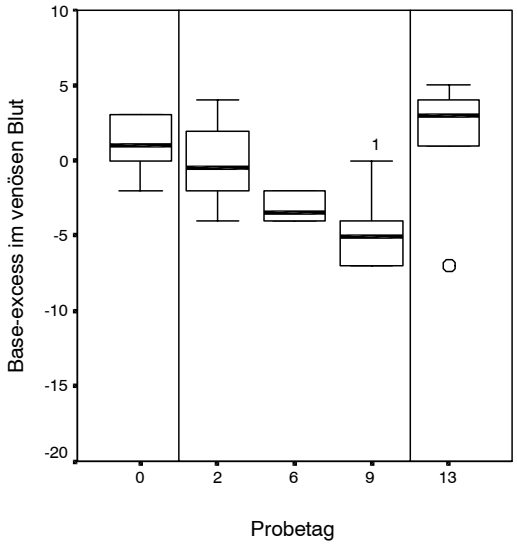

Abb.78: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

4.7.3. pH-Wert im Harn

Die pH-Werte im Harn der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.79) fallen unter der Salzgabe signifikant ab und erreichen am 6. Tag ihren tiefsten Wert von 5,50. Nach Absetzen der Salze steigt der Harn-pH-Wert am 13. Tag wieder auf 8,11 an. An den Tagen 6 und 9 liegen außerdem signifikante Unterschiede zwischen den Kalziumchloridsalzen bei kalziumarmer Fütterung und ausgeglichener Kalziumversorgung vor.

Die pH-Werte im Harn der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.80) fallen am 6. und 9. Tag signifikant ab und erreichen am 9. Tag ihren niedrigsten Wert von 5,61. Nach Absetzen der sauren Salze steigt der Harn-pH-Wert am 13. Tag wieder auf 8,20 an. An den Tagen 6 und 9 liegen signifikante Unterschiede zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat (Abb. 82) vor.

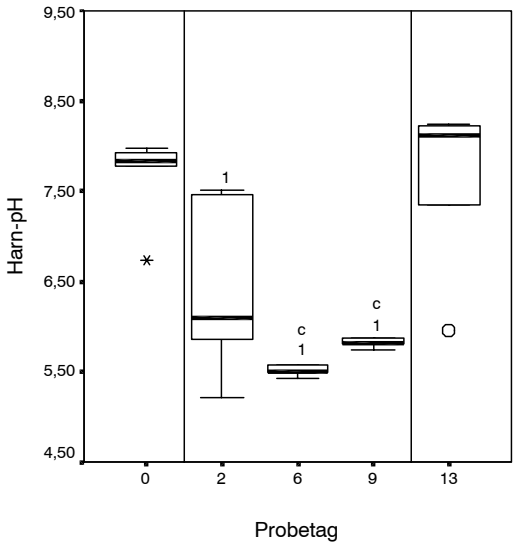

Abb.79: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

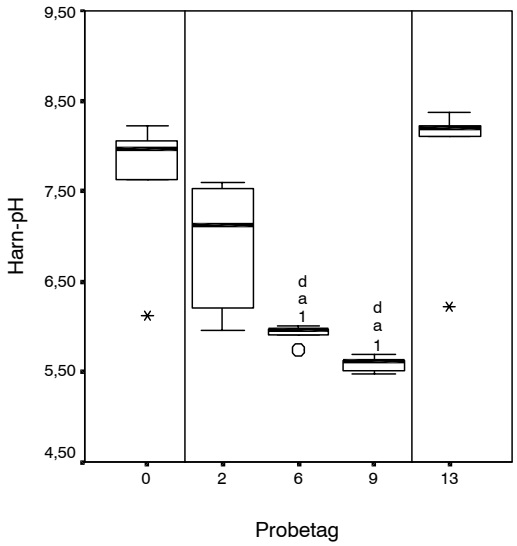

Abb.80: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

In der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.81) sinkt der Medianwert am 2. Tag signifikant ab und hält dann während der Salzapplikation ungefähr dieses Niveau. Der niedrigste Wert kann am 6. Tag mit 5,98 festgestellt werden. Der höchste liegt nach Absetzung der Salze am 13. Tag vor und beträgt 8,14. Am 2. Tag liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Kalziumsulfatsalzen bei kalziumarmer Fütterung und ausgeglichener Kalziumversorgung vor.

Die Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.82) fallen am 6. und 9. Tag signifikant ab und erreichen am 9. Tag ihren niedrigsten Wert von 5,85. Der höchste Wert liegt am Tag 0 vor und beträgt 8,21. Nach Absetzen der sauren Salze steigt der Harn-pH-Wert am 13. Tag wieder an, erreicht jedoch nicht seine Ausgangslage.

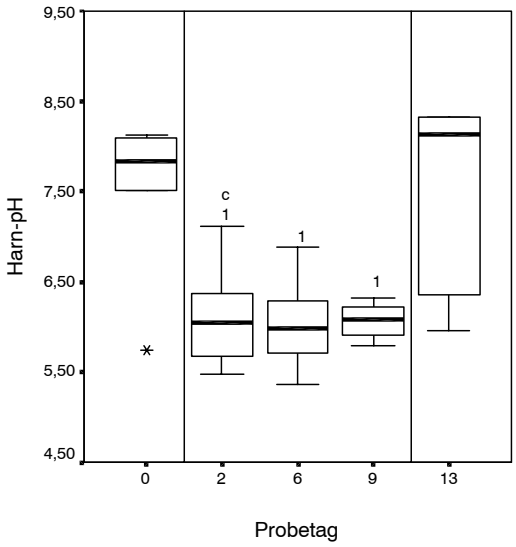

Abb.81: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

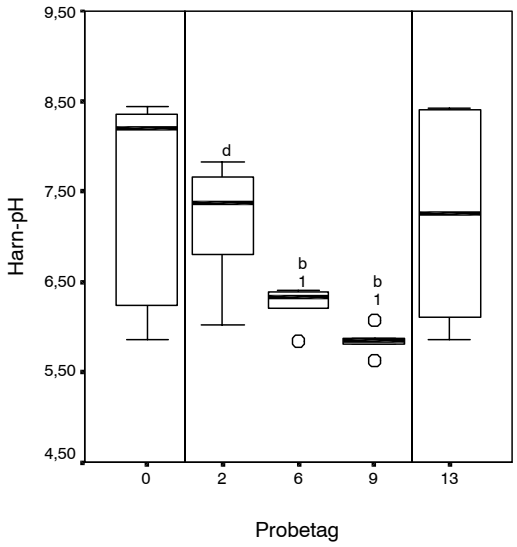

Abb.82: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

4.7.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die Werte der NSBA der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.83) fallen an den Tagen 6 und 9 signifikant ab. Am 9. Tag liegt der tiefste Wert von - 86 vor, am 13. Tag nach der Beendigung der Salzapplikation erreicht der Medianwert der NSBA den Höchstwert von 92.

Auch die NSBA-Werte der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.84) fallen unter der Salzgabe signifikant ab (Tage 6 und 9) und steigen nach Absetzen der Salze signifikant auf den Höchstwert von 104 an (Tag 13). Der niedrigste Wert liegt am 9. Tag vor und beträgt – 113. Am Tag 6 liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat (Abb. 86) bei ausgeglichener Kalziumversorgung vor.

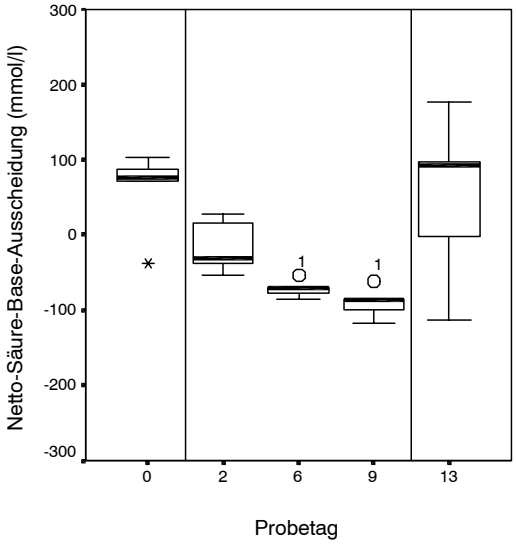

Abb.83: Verlauf der NSBA im Harn der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

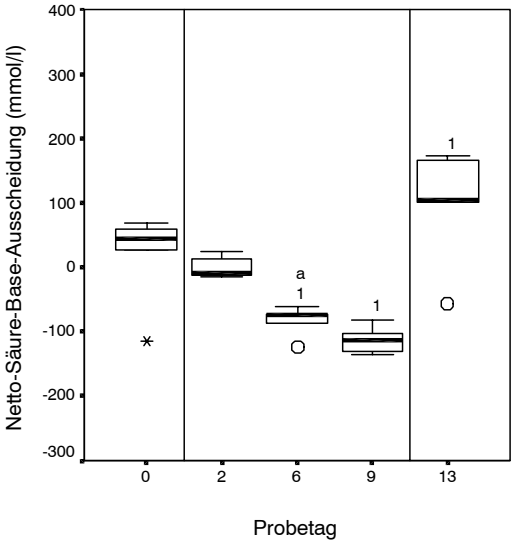

Abb.84: Verlauf der NSBA im Harn der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

In der $CaSO_4$-Gruppe sinkt bei kalziumarmer Fütterung (Abb.85) der Medianwert der NSBA ebenfalls während der Salzapplikation ab und zeigt an den Tagen 6 und 9 Signifikanzen. Der niedrigste Wert beträgt – 127 am 9. Tag, der höchste liegt am 13. Tag nach Absetzen der Salze mit 112 vor.

Die NSBA-Werte der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.86) zeigen einen ähnlichen Verlauf. Der höchste Wert liegt jedoch am Tag 0 vor und beträgt 104, der Niedrigste beträgt – 152 und liegt am 9. Tag.

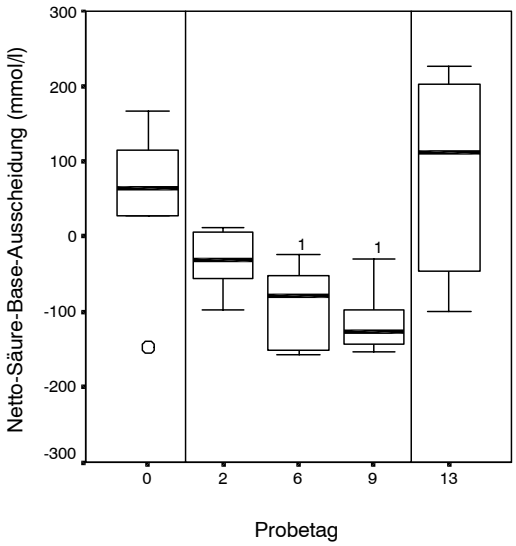

Abb.85: Verlauf der NSBA im Harn der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

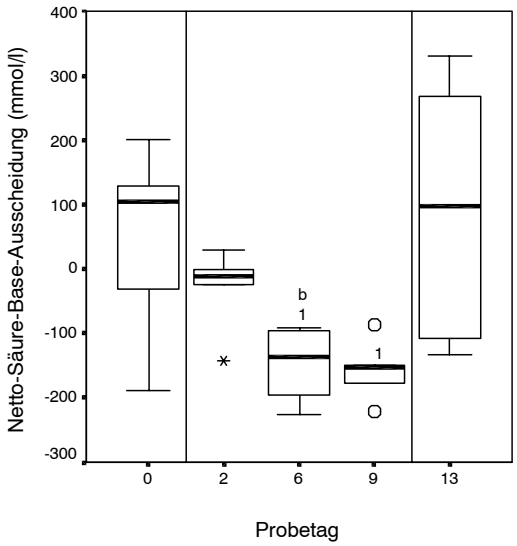

Abb.86: Verlauf der NSBA im Harn der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

4.7.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Der BSQ der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung (Abb.87) fällt unter der Salzgabe ab und steigt nach deren Beendigung wieder an. Der niedrigste Wert liegt am 6. Tag mit 0,85 vor, der höchste am 13. Tag mit 2,04.

Der Verlauf des BSQ der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.88) zeigt ein ähnliches Bild. Der niedrigste Wert liegt am 9. Tag mit 0,87 vor. Nach Absetzen der Salze am 13. Tag steigt der BSQ signifikant an und erreicht den höchsten Wert von 2,80.

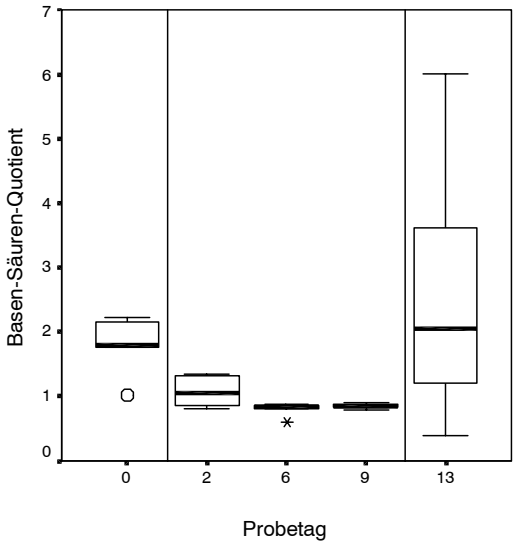

Abb.87: Verlauf des BSQ im Harn der $CaCl_2$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

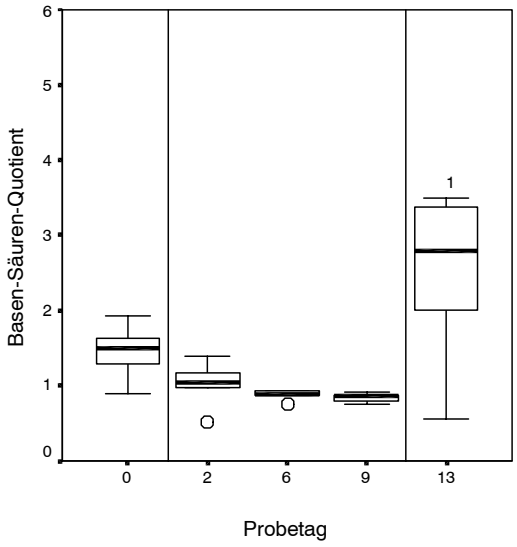

Abb.88: Verlauf des BSQ im Harn der $CaCl_2$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

Der BSQ der $CaSO_4$-Gruppe mit kalziumarmer Fütterung (Abb.89) sinkt unter der Salzgabe ab und steigt nach Absetzen der Salze signifikant an. Der kleinste Wert liegt am 6. Tag mit 0,89 vor, der größte am 13. Tag mit 4,01.

Der Verlauf des BSQ der $CaSO_4$-Gruppe mit ausgeglichener Ca-Versorgung (Abb.90) verhält sich wie der der $CaSO_4$-Gruppe mit kalziumarmer Fütterung. Es liegen jedoch keine Signifikanzen vor. Der kleinste Wert beträgt 0,82 am Tag 9, der größte 2,55 am 13. Tag.

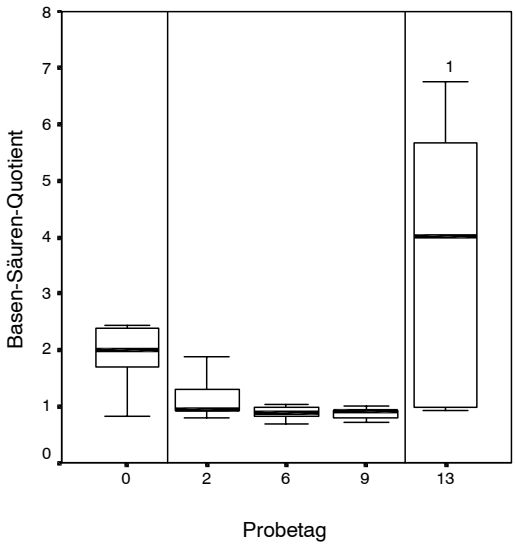

Abb.89: Verlauf des BSQ im Harn der $CaSO_4$-Gruppe bei kalziumarmer Fütterung

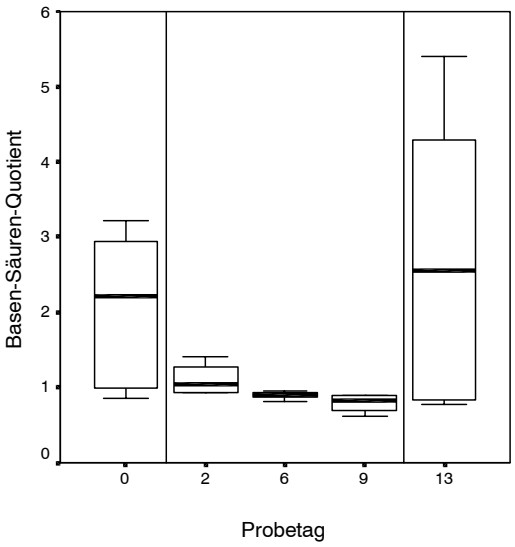

Abb.90: Verlauf des BSQ im Harn der $CaSO_4$-Gruppe bei ausgeglichener Ca-Versorgung

4.8. Auswirkungen einer einmaligen Gabe der Tagessalzmenge

In dieser Versuchsreihe wurde die gesamte Tagessalzmenge (2 Äquivalente) nur einmal täglich morgens zu der Fütterung für einen Zeitraum von 1 Woche verabreicht.

4.8.1. pH-Wert im Blut

Die pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.91) sinken unter der Salzgabe an den Tagen 2, 4 und 7 signifikant ab. Am 2. Tag erreicht der pH den niedrigsten Wert von 7,34, am Tag 0 liegt der Höchstwert von 7,40 vor.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.92) sinkt der pH-Wert an den Tagen 2 und 7 signifikant ab. Der niedrigste Wert wird erst nach Absetzen der sauren Salze am 9. Tag mit 7,36 erreicht, der höchste liegt am Tag 0 mit 7,39 vor.

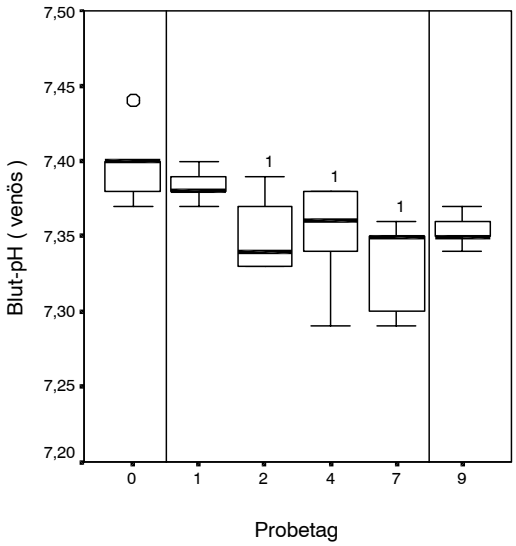

Abb.91: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe

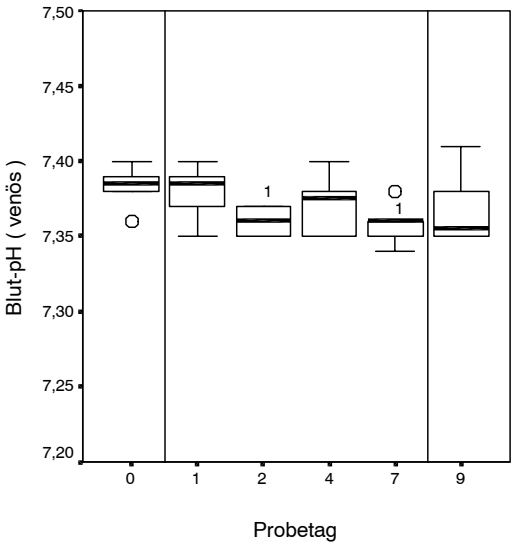

Abb.92: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.8.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Die BE-Werte der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.93) sinken unter der Salzgabe am 7. Tag signifikant auf den niedrigsten Wert von - 6 ab. Am Tag 0 liegt der höchste Wert von 2 vor. Nach Absetzen der sauren Salze steigen die Werte am 9. Tag wieder an, erreichen aber nicht ihre Ausgangswerte.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.94) sinkt der BE-Wert am 7. Tag signifikant ab. Am Tag 0 liegt der höchste Wert von 1 vor. Nach Absetzen der sauren Salze sinken die BE-Werte am 9. Tag signifikant auf den niedrigsten Wert von – 3 ab.

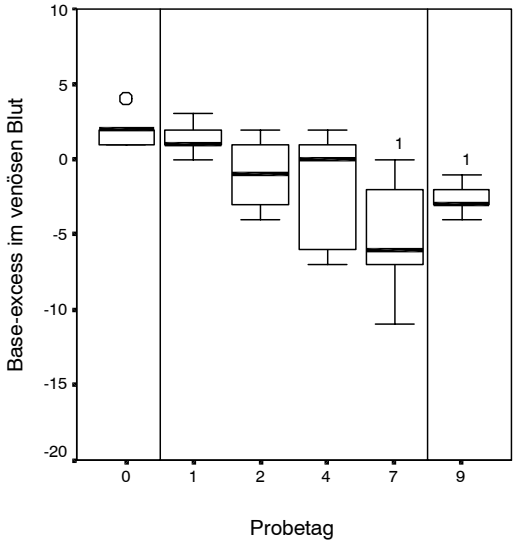

Abb.93: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaCl_2$-Gruppe

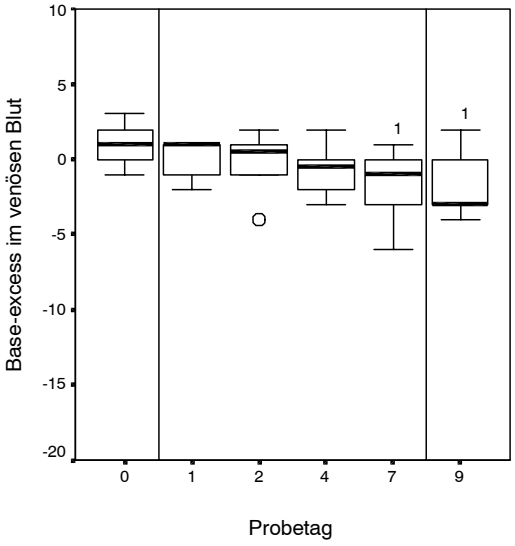

Abb.94: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe

4.8.3. pH-Wert im Harn

Die pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.95) im Harn sinken an den Tagen 2 und 7 signifikant ab. Am 7. Tag erreicht der Harn-pH den niedrigsten Wert von 7,01, am Tag 9 nach Absetzen der Salze liegt der höchste Wert von 8,31 vor.

In der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.96) sinkt der pH-Wert im Harn an den Tagen 2, 4 und 7 signifikant ab. Am Tag 7 liegt der niedrigste Wert von 7,56 vor. Nach Absetzen der sauren Salze am 9. Tag steigen die BE-Werte auf den höchsten Wert von 8,48 an.

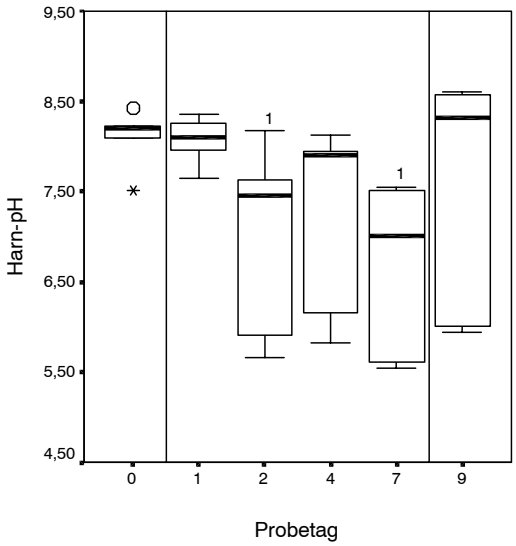

Abb.95: Verlauf der pH-Werte im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

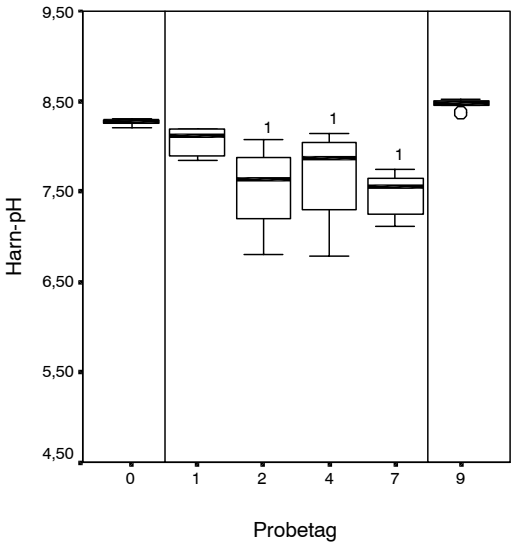

Abb.96: Verlauf der pH-Werte im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.8.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

In der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.97) sinkt der NSBA-Wert im Harn an den Tagen 2, 4 und 7 signifikant ab. Am Tag 7 liegt der niedrigste Wert von - 11 vor. Am Tag 0 liegt der höchste Wert von 141 vor.

In der $CaSO_4$- Gruppe (Abb.98) sinkt der NSBA-Wert unter der Salzgabe signifikant ab. Der niedrigste Wert befindet sich am 2. Tag mit 22, der höchste liegt am Tag 0 vor mit 172.

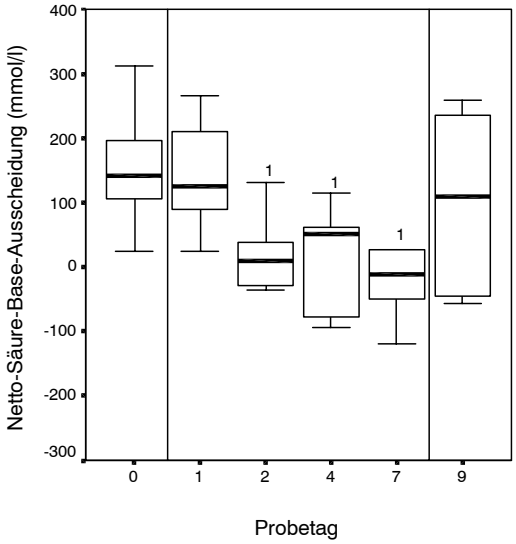

Abb.97: Verlauf der NSBA im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

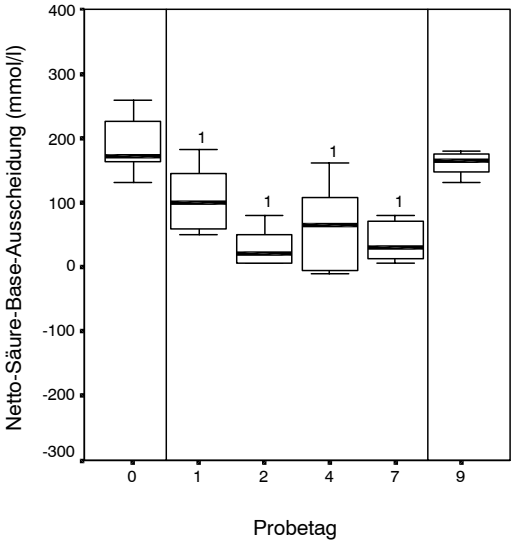

Abb.98: Verlauf der NSBA im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.8.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

In der $CaCl_2$-Gruppe (Abb.99) sinkt der BSQ-Wert im Harn an den Tagen 2, 4 und 7 signifikant ab. Am Tag 7 liegt der niedrigste Wert von 1,07 vor. Der höchste Wert von 3,28 findet sich am Tag 1.

Die BSQ-Werte der $CaSO_4$-Gruppe (Abb.100) sinken ebenfalls an den Tagen 2, 4 und 7 signifikant ab. Nach Absetzen der Salze kommt es zu einem signifikanten Anstieg. Der niedrigste Wert wird am 7. Tag mit 1,41 erreicht, der höchste liegt am Tag 0 mit 3,31 vor.

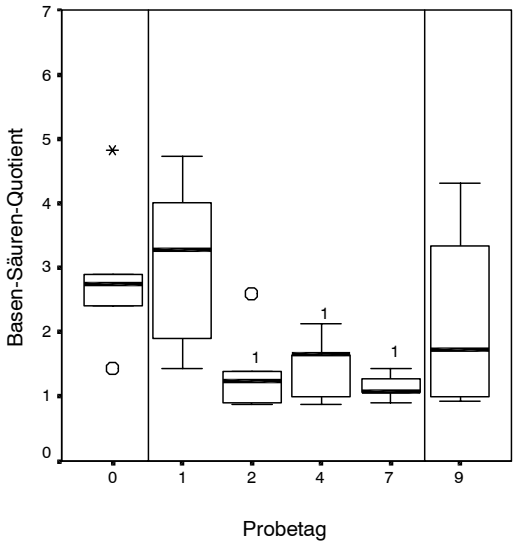

Abb.99: Verlauf des BSQ im Harn der $CaCl_2$-Gruppe

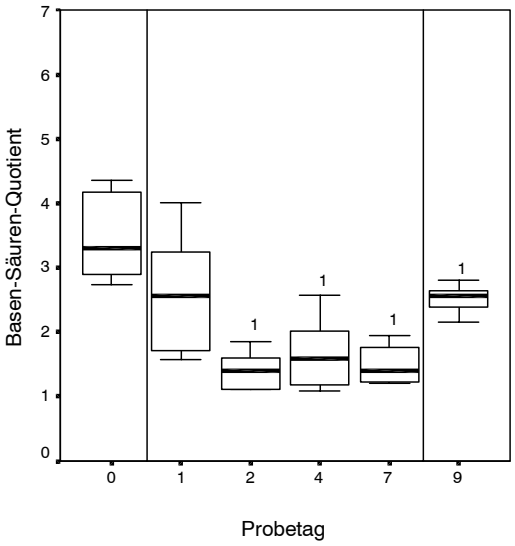

Abb.100: Verlauf des BSQ im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.9. Auswirkungen der Verabreichung von 2,5 Äquivalenten Kalziumsulfat

In diesem Versuch wurden allen Tieren täglich 2,5 Äquivalente $CaSO_4$, aufgeteilt auf zwei Gaben, für 7 Tage verabreicht. Nach diesen 7 Tagen wurde die Dosis wöchentlich jeweils um 0,5 Äquivalente erhöht. Die Ergebnisse des weiteren Verlaufes sind in tabellarischer Form unter 4.10. dargestellt.

4.9.1. pH-Wert im Blut

Die pH-Werte im Blut sinken durch die Applikation von Kalziumsulfat (Abb.101) von 7,37 an den Tagen 0 und 2 signifikant auf 7,34 an den Tagen 4 und 7 ab.

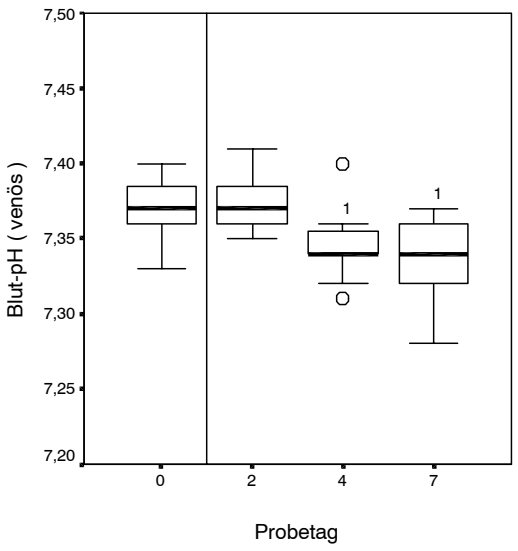

Abb.101: Verlauf der Blut-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.9.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Die BE-Werte (Abb.102) sinken von dem Höchstwert 1 am Tag 0 kontinuierlich bis zum 7. Tag auf – 4 ab. An den Tagen 4 und 7 liegen Signifikanzen vor.

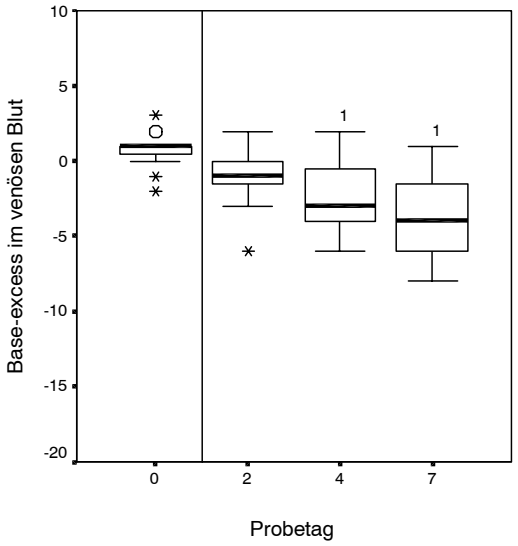

Abb.102: Verlauf der BE-Werte im Blut der $CaSO_4$-Gruppe

4.9.3. pH-Wert im Harn

Die Harn-pH-Werte (Abb.103) sinken an den Tagen 4 und 7 von 8,21 am Tag 0 signifikant ab und erreichen am 7.Tag den niedrigsten Wert von 5,73.

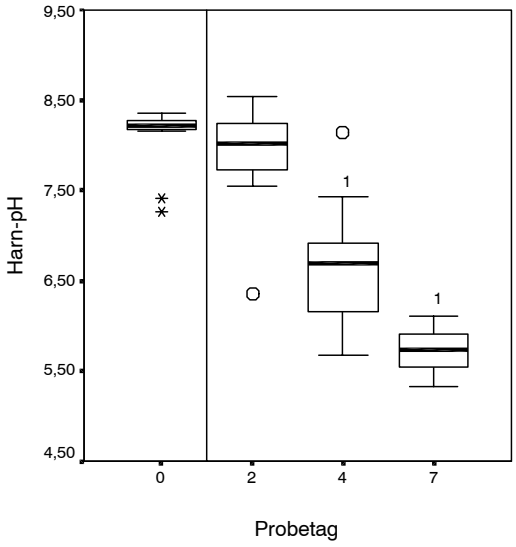

Abb.103: Verlauf der Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe

4.9.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die NSBA-Werte (Abb.104) sinken unter der Salzgabe an den Tagen 4 und 7 signifikant ab. Am Tag 0 liegt der höchste Wert von 112 vor, dieser fällt bis zum 7. Tag auf – 46 ab.

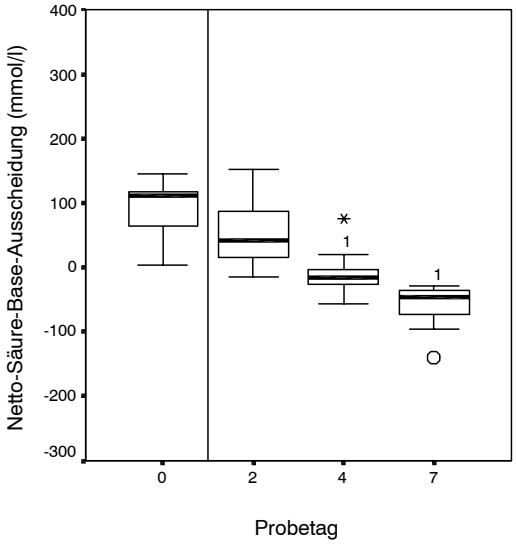

Abb.104: Verlauf der NSBA im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.9.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Auch die BSQ-Werte zeigen an den Tagen 4 und 7 ein signifikantes Absinken. Am Tag 0 liegt der Höchstwert von 2,07 vor, dieser fällt bis zum Tag 7 auf 0,90 ab.

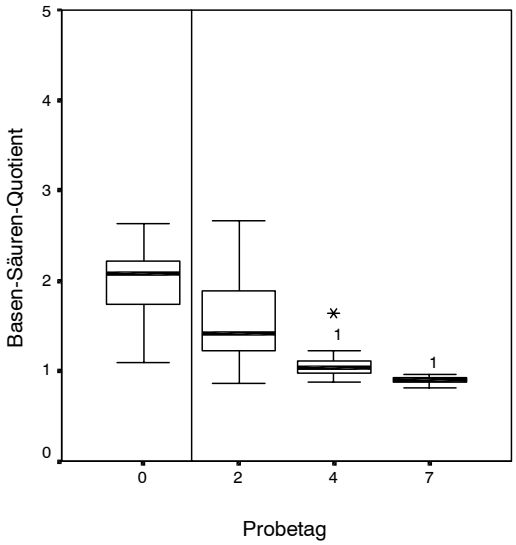

Abb.105: Verlauf des BSQ im Harn der $CaSO_4$-Gruppe

4.10. Auswirkungen einer steigenden Dosierung von Kalziumsulfat (2,5 – 6,0 Äquivalente)

In dieser Versuchsphase wurde nur $CaSO_4$ verabreicht. Die Dosierung wurde wöchentlich um 0,5 Äquivalente gesteigert. Zur vereinfachten Darstellung wurde der Versuch in einzelne Versuche (V12 – 19) aufgeteilt. Jede Woche bzw. jede Dosierung stellt einen einzelnen Versuch dar. Die erste Dosis lag bei 2,5 Äquivalenten (s.a. 4.9.), diese wurde bis auf 6,0 Äquivalente erhöht. Zwischen den Steigerungen wurde keine Wash-Out-Phase durchgeführt. Sobald eine der Kühe bei zwei aufeinander folgenden Fütterungen Appetitmangel zeigte, wurde sie am nächsten Morgen aus der Versuchsreihe genommen. Daraufhin schloss sich eine Wash-Out-Phase für dieses Einzeltier an, die drei Probenentnahmen beinhaltete. Die Tiere 4 und 6 zeigten auch bei steigenden Dosen keine Einstellung der Futteraufnahme. Bei ihnen wurde der Versuch bei 6,0 Äquivalenten beendet. Die erste grau unterlegte Zeile der jeweiligen Tabellen gibt den Ausgangswert aller Tiere wieder, der vor der ersten Salzapplikation bestimmt wurde. Die jeweils letzten drei grauen Felder einer Spalte kennzeichnen die oben genannte Wash-Out-Phase. Nach dem 29. Probentag wurde das Heu gewechselt und den noch im Versuch verbleibenden Tieren 4, 5 und 6 vorgelegt.

Das erste Heu hatte eine nur mäßige Akzeptanz, sodass die Heuration von 8 kg/d auf 5 kg/d reduziert wurde. Das neue Heu hatte eine bessere Akzeptanz, und die Heuration wurde wieder vollständig gefressen.

4.10.1. pH-Wert im Blut

Die pH-Werte (Tab. 10) der Tiere sinken unter dem Einfluss der Salze deutlich ab. Eine Ausnahme stellen die Tiere 4 und 6 dar. Bei ihnen sinkt der pH-Wert initial ab, zeigt aber nach der Heuumstellung (s.o.) ab dem 31. Tag trotz weiterhin steigender Dosen von Kalziumsulfat einen deutlichen Wiederanstieg. Die pH-Werte, bei denen die Tiere aufgrund von Appetitmangel aus dem Versuch genommen wurden, lagen zwischen 7,19 und 7,27. Nach Absetzen der Salze erholen sich die pH-Werte bei fast allen Tieren, außer bei den Tieren 7 und 9 schnell wieder.

4.10.2. Base-Excess-Wert (BE-Wert)

Auch bei den BE-Werten (Tab. 11) ist ein deutliches Absinken bei allen Tieren, ausgenommen Nr. 4 und 6 erkennbar. Wie für den pH-Wert bereits beschrieben, sinken bei diesen beiden Tieren auch die BE-Werte bis zum 30. Tag ab und steigen danach wieder an. Kurz vor dem Herausnehmen der einzelnen Tiere aus dem Versuch lagen die BE-Werte zwischen – 10 und – 16. Die BE-Werte erholen sich bei fast allen Tieren, außer bei den Tieren 7 und 9 nach Absetzen der Salze schnell wieder.

4.10.3. pH-Wert im Harn

Die Harn-pH-Werte (Tab. 12) sinken mit leichten Schwankungen bei allen Tieren deutlich ab. Auffällig ist, dass die pH-Werte auch nach Absetzen der sauren Salze bei fast allen Tieren, außer den Tieren 4, 5 und 6, innerhalb der nächstfolgenden drei Messungen im niedrigen Bereich, nämlich unter 6,06 bleiben. Lediglich die Tiere 4, 5 und 6 erreichen am letzten Tag der Wash-Out-Phase wieder höhere Werte (8,14; 7,18 und 8,19). Die Werte, die kurz vor dem Ausstieg der Tiere aus dem Versuch gemessen wurden, lagen zwischen 5,64 und 6,15.

4.10.4. Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die NSBA (Tab. 13) sinkt bei allen Tieren unter der Salzgabe ab. Ab dem 3. bzw. 7. Tag befinden sich die Werte ausnahmslos im negativen Bereich. Bis zum Aussteigen der Tiere fällt die NSBA weiter deutlich ab und erreicht Werte zwischen – 125 und - 256. Während der Wash-Out-Phase erholen sich die Werte nur langsam, außer den Tieren 4 und 6 erreicht in dieser Phase kein anderes Tier positive Werte.

4.10.5. Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Der Basen-Säuren-Quotient (Tab. 14) verhält sich unter der Salzgabe bei den Tieren 4, 5 und 6 schwankend mit sinkender Tendenz. Bei allen übrigen sinkt er unter der Salzapplikation deutlicher ab und erreicht kurz vor dem Herausnehmen der Tiere aus dem Versuch Werte zwischen 0,60 und 0,95. Nach dem Absetzen lässt sich bei allen Tieren, außer Tier-Nr. 9 ein Anstieg des BSQ erkennen, jedoch erreichen nur die beiden Tiere 4 und 6 wieder in etwa ihre Ausgangswerte. Bei den Tieren 1 bis 3 und 7 bis 11 liegen die letzten Wash-Out-Probenwerte noch unter 1.

Die Tab. 9 gibt zum besseren Verständnis der folgenden Tabellen eine Übersicht über den zeitlichen Ablauf des Versuches.

Tab. 9: Zeitlicher Ablauf von V 12 – V19

V	Äqu.	Tage
12	2,5	0 – 7
13	3,0	8 – 14
14	3,5	15 – 21
15	4,0	22 – 28
16	4,5	29 – 35
17	5,0	36 – 42
18	5,5	43 – 49
19	6,0	50 - 56

Tab. 10: Verlauf der pH-Werte der einzelnen Tiere unter steigender Kalziumsulfatapplikation

			Tier-Nr.										
V	**Äqu.**	**Tag**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
12	**0**	**0**	7,39	7,40	7,36	7,36	7,39	7,37	7,38	7,36	7,38	7,35	7,33
	2,5	**2**	7,36	7,37	7,37	7,38	7,41	7,37	7,39	7,36	7,35	7,39	7,35
		4	7,34	7,35	7,34	7,36	7,40	7,34	7,34	7,34	7,31	7,36	7,32
		7	7,37	7,32	7,32	7,36	7,35	7,36	7,33	7,36	7,29	7,34	7,28
13	**3,0**	**9**	7,34	7,29	7,30	7,31	7,31	7,36	7,38	7,33	7,26	7,38	7,27
		11	7,33	7,33	7,32	7,33	7,32	7,33	7,30	7,31	7,25	7,35	7,29
		14	7,28	7,28	7,26	7,29	7,27	7,27	7,27	7,26	7,17	7,30	7,24
14	**3,5**	**16**	7,27	7,25	7,21	7,24	7,26	7,21	7,19	7,27	7,13	7,30	7,23
		17							7,23				
		18	7,24	7,24	7,26	7,25	7,26	7,21		7,27		7,27	7,21
		19							7,23				
		20								7,31	7,31		
		21	7,23	7,20		7,27	7,24	7,22				7,27	7,21
15	**4,0**	**22**			7,37								7,24
		23	7,24	7,20		7,25	7,25	7,20	7,28			7,28	
		24								7,36		7,28	7,30
		25	7,22	7,29		7,21	7,19	7,21					
		26										7,32	
		27	7,33										
		28				7,22	7,27	7,18					7,37
16	**4,5**	**29**		7,40		Heuumstellung							
		30				7,20	7,20	7,15				7,38	
		31	7,38			7,24	7,24	7,23					
		32				7,25		7,22					
		33					7,39						
		35				7,24		7,26					
17	**5,0**	**37**				7,28	7,44	7,20					
		39				7,28		7,23					
		42				7,28		7,21					
18	**5,5**	**44**				7,29		7,25					
		46				7,27		7,24					
		49				7,27		7,29					
19	**6,0**	**51**				7,27		7,30					
		53				7,28		7,32					
		56				7,35		7,38					
		57				7,32		7,35					
		59				7,36		7,42					
		63				7,42		7,42					

Tab. 11: Verlauf der BE-Werte der einzelnen Tiere unter steigender Kalziumsulfatapplikation

			Tier-Nr.										
V	**Äqu.**	**Tag**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
12	**0**	**0**	-2	2	1	1	1	1	0	3	1	-1	-2
	2,5	**2**	-2	0	-6	0	0	2	-1	-1	-3	1	-1
		4	1	-3	-4	1	2	-4	-6	-1	-6	0	-3
		7	-1	-2	-8	-1	-4	-2	-5	0	-8	-4	-7
13	**3,0**	**9**	-2	-4	-6	-3	-5	0	-1	-4	-9	0	-9
		11	-6	-8	-10	-4	-9	-4	-9	-6	-12	-6	-7
		14	-9	-9	-10	-6	-8	-7	-9	-9	-16	-7	-13
14	**3,5**	**16**	-9	-10	-12	-9	-13	-11	-14	-11		-7	-12
		17							-13				
		18	-10	-10	-13	-11	-11	-12		-10		-9	-14
		19							-14				
		20								-6	-7		
		21	-12	-14		-7	-12	-11				-8	-13
15	**4,0**	**22**			-4								-12
		23	-12	-14		-11	-15	-10	-10			-11	
		24								1		-10	-4
		25	-12	-6		-11	-15	-10					
		26										-5	
		27	-4										
		28				-11	-12	-14					-2
	4,5	**29**		7		Heuumstellung							
		30				-13	-16	-14				2	
		31	2			-12	-15	-10					
		32				-10		-10					
		33					-3						
		35				-11		-10					
17	**5,0**	**37**				-8	5	-12					
		39				-7		-11					
		42				-6		-9					
18	**5,5**	**44**				-8		-10					
		46				-8		-8					
		49				-7		-7					
19	**6,0**	**51**				-10		-5					
		53				-6		-2					
		56				-1		2					
		57				-6		0					
		59				0		9					
		63				6		7					

Tab. 12: Verlauf der pH-Werte im Harn der einzelnen Tiere unter steigender Kalziumsulfatapplikation

			Tier-Nr.										
V	**Äqu.**	**Tag**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
12	**0**	**0**	8,19	8,29	8,36	8,22	8,21	8,35	7,27	8,26	8,20	8,16	7,42
	2,5	**2**	7,94	8,27	8,05	8,43	8,54	8,20	7,54	7,73	6,35	8,02	7,72
		4	6,78	6,69	5,80	6,80	8,15	7,03	5,68	6,02	6,30	6,58	7,43
		7	5,55	6,07	5,97	5,73	5,86	6,10	5,57	5,45	5,73	5,52	5,33
13	**3,0**	**9**	5,68	5,63	6,01	5,68	6,08	6,41	5,84	6,40	5,95	5,72	5,56
		11	5,52	5,64	6,05	5,74	6,02	6,05	5,68	5,68	6,15	5,90	5,28
		14	6,10	6,04	5,95	5,83	5,98	6,15	5,83	5,84	6,05	5,80	5,91
14	**3,5**	**16**	5,80	5,82	5,69	5,62	5,77	5,95	5,64	5,52	5,74	5,56	5,76
		17							5,58				
		18	6,02	5,90	5,52	5,81	5,81	5,96		5,63		5,60	5,61
		19							5,71				
		20								5,44	5,63		
		21	6,05	5,89		5,94	5,95	6,07				5,85	5,67
15	**4,0**	**22**			5,64								5,49
		23	5,91	5,67		5,94	5,85	5,97	5,57			5,88	
		24								5,42		6,04	5,75
		25	5,99	5,50		5,86	5,84	6,00					
		26										5,66	
		27	5,84										
		28				5,68	5,80	6,05					5,47
16	**4,5**	**29**		5,84		Heuumstellung							
		30				6,15	6,06	6,21				5,70	
		31	5,72			6,18	6,30	6,14					
		32				5,84		6,10					
		33					5,96						
		35				5,98		6,09					
17	**5,0**	**37**				5,85	7,18	6,14					
		39				5,82		6,23					
		42				5,87		6,16					
18	**5,5**	**44**				6,02		6,10					
		46				5,81		6,33					
		49				6,09		6,06					
19	**6,0**	**51**				6,16		6,32					
		53				5,81		6,14					
		56				5,81		6,07					
		57				5,64		5,95					
		59				5,87		7,83					
		63				8,14		8,19					

Tab. 13: Verlauf der NSBA der einzelnen Tiere unter steigender Kalziumsulfatapplikation

			Tier-Nr.										
V	**Äqu.**	**Tag**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
12	**0**	**0**	115	116	112	120	80	144	9	132	50	98	3
	2,5	**2**	44	102	42	152	150	73	7	1	-15	24	22
		4	2	-23	-45	-8	75	-12	-30	-18	-56	-16	19
		7	-29	-36	-95	-64	-37	-40	-80	-34	-141	-61	-46
13	**3,0**	**9**	-57	-65	-131	-79	-48	-35	-81	-15	-128	-97	-72
		11	-65	-83	-148	-88	-77	-40	-79	-60	-95	-101	-71
		14	-196	-203	-163	-158	-212	-153	-149	-197	-107	-120	-192
14	**3,5**	**16**	-215	-208	-163	-127	-233	-148	-125	-248	-46	-147	-225
		17							-78				
		18	-196	-230	-188	-90	-179	-145		-303		-230	-256
		19							-109				
		20								-176	-73		
		21	-200	-220		-95	-224	-144				-131	-238
15	**4,0**	**22**			-156								-212
		23	-147	-238		-99	-206	-152	-169			-172	
		24								-82		-151	-169
		25	-68	-218		-100	-199	-91					
		26										-202	
		27	-176										
		28				-129	-160	-116					-80
16	**4,5**	**29**		-90		Heuumstellung							
		30				-104	-158	-111				-112	
		31	-126			-90	-101	-153					
		32				-93		-183					
		33					-158						
		35				-82		-108					
17	**5,0**	**37**				-113	-4	-160					
		39				-98		-139					
		42				-129		-161					
18	**5,5**	**44**				-93		-149					
		46				-106		-78					
		49				-121		-116					
19	**6,0**	**51**				-141		-97					
		53				-102		-98					
		56				-123		-80					
		57				-90		-54					
		59				-85		-23					
		63				140		160					

Tab. 14: Verlauf des BSQ der einzelnen Tiere unter steigender Kalziumsulfatapplikation

			Tier-Nr.										
V	**Äqu.**	**Tag**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
12	**0**	**0**	2,27	2,09	2,07	2,17	1,82	2,64	1,13	2,25	1,67	1,83	1,09
	2,5	**2**	1,50	1,92	1,42	2,66	2,35	1,87	1,15	1,12	,86	1,33	1,30
		4	1,14	1,00	,87	1,05	1,64	1,09	,91	,96	1,00	1,03	1,23
		7	,90	,94	,95	,88	,92	,91	,81	,90	,83	,96	,86
13	**3,0**	**9**	,85	,89	,88	,93	1,00	,99	,80	1,08	,86	,82	,88
		11	,93	,91	,66	1,03	,86	1,00	,83	,90	,95	,82	,92
		14	,87	,93	,86	,63	,98	,83	1,00	,82	,95	1,03	,85
14	**3,5**	**16**	,78	,95	,73	,82	,82	,71	,60	,63	,86	,75	,86
		17							,71				
		18	,93	,75	,48	,71	,78	,86		,53		,88	,70
		19							,87				
		20								,54	,78		
		21	,94	,76		,85	,81	,97				,78	,71
15	**4,0**	**22**			,67								,70
		23	,83	,54		,86	,92	,81	,76			,92	
		24								,80		,80	,84
		25	,56	,57		,74	,83	1,03					
		26										,81	
		27	,86										
		28				,52	,85	,71					,97
16	**4,5**	**29**		,87		Heuumstellung							
		30				,75	,90	,88				,91	
		31	,87			1,11	,81	,93					
		32				,60		,82					
		33					,87						
		35				,89		1,00					
17	**5,0**	**37**				,85	1,15	,71					
		39				,83		,77					
		42				,86		,88					
18	**5,5**	**44**				,96		,70					
		46				,96		,93					
		49				,86		,92					
19	**6,0**	**51**				,96		,94					
		53				,81		,95					
		56				,94		,97					
		57				,82		1,00					
		59				,88		,87					
		63				2,45		2,50					

4.11.Tagesprofile

4.11.1. Tagesprofil 1 bei einmaliger Salzgabe anhand von 4 Proben

Die Tagessalzmenge wurde in diesem Versuch nicht auf zwei Gaben aufgeteilt, sondern morgens zu der 7 Uhr Fütterung komplett verabreicht. Die Ergebnisse sind in tabellarischer Form (Tab. 15) aufgeführt, die Werte stellen die Mittelwerte der Salzgruppen dar. Die erste Probe entspricht der Nullprobe und wurde vor der ersten Salzapplikation um 6 Uhr genommen. Diese sind in der Tabelle grau unterlegt. Danach erfolgte die Salzgabe. Die weiteren Proben wurden um 10, 17 und 21 Uhr gewonnen, also 4, 11 und 15 Stunden nach Salzgabe. Die Ziffer 1 markiert signifikante Unterschiede der einzelnen Stunden zur Stunde 0 (Ausgangswert).

Die pH-Werte der $CaCl_2$-Gruppe sinken im Laufe des Tages signifikant auf 7,36 ab (11 und 15 Stunden nach Salzgabe). Der Ausgangswert entspricht dem Höchstwert und beträgt 7,40. Die pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe sinken von 7,38 auf 7,37 ab.

Die BE-Werte der $CaCl_2$-Gruppe sinken innerhalb von 15 Stunden nach der Salzgabe kontinuierlich auf – 1,8 ab. Bei 11 und 15 Stunden nach Salzgabe liegen Signifikanzen vor. Der Ausgangswert entspricht dem Höchstwert und beträgt 2. Die BE-Werte der $CaSO_4$-Gruppe sinken von 1 (Ausgangswert) signifikant auf – 2 (15 Stunden) ab.

Die pH-Werte des Harns der $CaCl_2$-Gruppe sinken 15 Stunden nach Salzapplikation signifikant auf 7,18 ab. Der Ausgangswert entspricht dem Höchstwert und beträgt 8,09. Die Harn-pH-Werte der $CaSO_4$-Gruppe sinken nach 4 bis 15 Stunden signifikant ab. Der höchste Wert ist der Ausgangswert mit 8,27, nach 11 Stunden kann der niedrigste Wert mit 7,91 festgestellt werden.

Die NSBA-Werte der $CaCl_2$-Gruppe sinken nach 11 und 15 Stunden signifikant ab. Die NSBA sinkt innerhalb von 15 Stunden von anfangs 156 auf 44. In der $CaSO_4$-Gruppe sinken die NSBA-Werte signifikant von 187 (Ausgangswert) auf 72 (Stunde 11) ab.

Der BSQ der $CaCl_2$-Gruppe sinkt, außer nach 4 Stunden unter der Salzgabe ab. Der kleinste Wert beträgt 1,61 nach 15 Stunden, der größte 3,07 nach 4 Stunden. In der $CaSO_4$-Gruppe sinken die BSQ-Werte nach 11 und 15 Stunden signifikant ab. Der kleinste Wert beträgt 1,83 nach 11 Stunden, der größte 3,46 (Stunde 0).

Signifikante Unterschiede zwischen den Salzen lagen bei keinem der Parameter vor.

Tab. 15: Verlauf der Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes im Tagesprofil 1

Parameter	n	Salz	Stunden nach Salzgabe bzw. Uhrzeit			
			0	4	11	15
			06:00	10:00	17:00	21:00
pH	5	$CaCl_2$	7,40	7,38	7,36 [1]	7,36 [1]
	6	$CaSO_4$	7,38	7,38	7,37	7,37
BE	5	$CaCl_2$	2,0	1,4	-1,0 [1]	-1,8 [1]
	6	$CaSO_4$	1,0	0,1	0,1	-2,0 [1]
Harn-pH	5	$CaCl_2$	8,09	8,06	7,63	7,18 [1]
	6	$CaSO_4$	8,27	8,09 [1]	7,91 [1]	7,99 [1]
NSBA	5	$CaCl_2$	156	143	56 [1]	44 [1]
	6	$CaSO_4$	187	107 [1]	72 [1]	80 [1]
BSQ	5	$CaCl_2$	2,86	3,07	1,74	1,61
	6	$CaSO_4$	3,46	2,61	1,83 [1]	2,01 [1]

1 = signifikanter Unterschied zur Probe der Stunde 0 (p = 0,05)
a, b = signifikanter Unterschied zwischen den Salzen $CaCl_2$ und $CaSO_4$
n = Anzahl der Tiere

4.11.2. Tagesprofil 2 bei einmaliger Salzgabe anhand von 7 Proben

Bei diesem Tagesprofil wurde ebenfalls die gesamte Tagessalzmenge morgens um 7 Uhr zur Fütterung verabreicht. Im Unterschied zum ersten Tagesprofil erhielten die Kühe zum Zeitpunkt dieses Tagesprofils bereits 1 Woche lang die sauren Salze $CaCl_2$ oder $CaSO_4$. Daher stellt die Probe 0 nur den Ausgangswert für den Tag dar. Diese Werte sind in der Tabelle (Tab. 16) grau unterlegt. Außerdem umfasste der Probenumfang hier 7 Proben. Die erste Probe (Probe 0) wurde vor der Salzapplikation dieses Tages um 6 Uhr gewonnen. Danach erfolgte die Salzgabe. Weitere Blutproben wurden um 10, 14, 18, 22, 2 und 6 Uhr genommen. Das entspricht einem Beprobungsintervall von vier Stunden. Die Ziffer 1 markiert signifikante Unterschiede der einzelnen Stunden zur Stunde 0 (Ausgangswert). Die Kleinbuchstaben a und b kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Salzen.

Der pH-Wert der $CaCl_2$-Gruppe sinkt 12 Stunden nach der Salzgabe signifikant ab auf den niedrigsten Wert von 7,32. Der pH-Wert steigt nach 16 Stunden wieder an, bis er nach 24 Stunden den höchsten Wert von 7,37 erreicht. In der $CaSO_4$-Gruppe sinken die pH-Werte nach 4 und 12 Stunden signifikant ab und steigen danach wieder kontinuierlich und signifikant (Stunde 16) an. Der höchste Wert ist der Ausgangswert, er liegt bei 7,39, der kleinste beträgt 7,35 und tritt nach 12 Stunden auf.

Die BE-Werte der $CaCl_2$-Gruppe fallen nach 4 und nach 12 Stunden ab und steigen danach wieder kontinuierlich an bis sie am Ende des Versuchstages den höchsten Wert von – 2,4 erreicht haben. Der niedrigste Wert von – 5,2 kann nach 4 Stunden festgestellt werden. Die BE-Werte der $CaSO_4$-Gruppe fallen 12 Stunden nach Salzgabe signifikant ab auf den niedrigsten Wert von – 2. Danach steigen die Werte wieder an. Der höchste Wert von 1,3

kann zu Beginn (Stunde 0) festgestellt werden. Bei der ersten Probe (Stunde 0) liegen signifikante Unterschiede zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat vor.

Der pH-Wert des Harns der $CaCl_2$-Gruppe sinkt 12 Stunden nach der Salzgabe signifikant auf den kleinsten Wert von 5,98 ab. Danach steigt er wieder an und erreicht nach 24 Stunden den höchsten Wert von 7,37. Der pH-Wert des Harns der $CaSO_4$-Gruppe sinkt ebenfalls 12 Stunden nach der Salzgabe signifikant ab und erreicht dann den kleinsten Wert von 6,42. Im weiteren Verlauf steigt er 16 Stunden nach Salzapplikation signifikant an. Der höchste pH-Wert liegt bei 24 Stunden und beträgt 8,20. Bei der ersten und dritten Probe (Stunde 0 und Stunde 8) liegen signifikante Unterschiede zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat vor.

Die NSBA der $CaCl_2$-Gruppe sinkt bis 12 Stunden nach Salzgabe leicht ab auf den minimalen Wert von – 41 und steigt danach wieder an, bis sie den Höchstwert von - 2 nach 24 Stunden erreicht. Die NSBA der $CaSO_4$-Gruppe sinkt nach 12 und 16 Stunden signifikant ab. Der niedrigste Wert beträgt 4 nach 12 Stunden, der Höchstwert beträgt 117 nach 24 Stunden. Bei der ersten und dritten Probe (Stunde 0 und Stunde 8) liegen signifikante Unterschiede zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat vor.

Der BSQ der $CaCl_2$-Gruppe sinkt bis 12 Stunden nach Salzgabe ab auf den minimalen Wert von 0,94 und steigt danach wieder an, bis nach 24 Stunden der Höchstwert von 1,52 erreicht ist. Der BSQ der $CaSO_4$-Gruppe sinkt bis 16 Stunden nach der Salzapplikation signifikant ab. Der niedrigste Wert beträgt 1,16 (nach 12 Stunden). Der höchste Wert liegt bei Stunde 0 und beträgt 2,5675. Bei der dritten Probe (Stunde 8) liegen signifikante Unterschiede zwischen den Salzen Kalziumchlorid und Kalziumsulfat vor.

Tab. 16: Verlauf der Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes im Tagesprofil 2

Parameter	n	Salz	Stunden nach Salzgabe bzw. Uhrzeit						
			0	4	8	12	16	20	24
			06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00	06:00
pH	5	$CaCl_2$	7,35	7,33	7,34	7,32 [1]	7,33	7,34	7,37
	6	$CaSO_4$	7,39	7,36 [1]	7,38	7,35 [1]	7,37 [1]	7,38	7,38
BE	5	$CaCl_2$	-3,4 [a]	-5,2	-4,2	-5,0	-4,4	-3,4	-2,4
	6	$CaSO_4$	1,3 [b]	-1,7 [1]	0,1	-2,0 [1]	-1,0	-0,5	0,3
Harn-pH	5	$CaCl_2$	6,90 [a]	6,64	6,35 [a]	5,98 [1]	6,28	6,96	7,37
	6	$CaSO_4$	7,89 [b]	7,48	7,51 [b]	6,42 [1]	6,69 [1]	7,70	8,20
NSBA	5	$CaCl_2$	-22 [a]	-25	-20 [a]	-41	-32	-3	-2
	6	$CaSO_4$	104 [b]	39	40 [b]	4 [1]	26 [1]	102	117
BSQ	5	$CaCl_2$	1,28	1,15	1,11 [a]	0,94	1,04	1,49	1,52
	6	$CaSO_4$	2,57	1,49 [1]	1,59 [1,b]	1,16 [1]	1,40 [1]	2,48	2,51

1 = signifikanter Unterschied zur Stunde 0 (p = 0,05)
a, b = signifikanter Unterschied zwischen den Salzen $CaCl_2$ und $CaSO_4$
n = Anzahl der Tiere

4.11.3. Tagesprofil 3 bei zweimaliger Gabe deutlich höherer Dosierungen von Kalziumsulfat (2,5 – 3 Äquivalente)

In diesem Tagesprofil (Tab. 17) wurde zweimal täglich Kalziumsulfat verabreicht. Die Tiere erhielten bereits seit 1 Woche Kalziumsulfat. Die erste Probe (Probe 0) wurde vor der Salzapplikation dieses Tages um 6 Uhr gewonnen. Diese Werte sind in der Tabelle grau unterlegt. Danach erfolgte die erste Salzgabe. Weitere Blutproben wurden um 10, 14, 18, 22, 2 und 6 Uhr genommen. Das entspricht einem Beprobungsintervall von vier Stunden. Nach der 14 Uhr Probe (Stunde 8) wurde das zweite Mal Kalziumsulfat verabreicht, und es erfolgte die Umstellung auf 3 Äquivalente. Die Ziffer 1 markiert signifikante Unterschiede der einzelnen Stunden zur Stunde 0 (Ausgangswert).

Der pH-Wert sinkt 4 und 8 Stunden nach der Applikation der Salze signifikant ab. Ab der 12. Stunde steigen die Werte wieder kontinuierlich bis zum Ende des Versuchstages an. Der pH-Wert erreicht einen minimalen Wert von 7,33 (Stunde 8) und einen maximalen Wert von 7,37 (Stunde 24).

Die BE-Werte fallen initial ab, steigen dann wieder leicht an und sinken nach 16 Stunden auf den niedrigsten Wert von – 4,4. Danach steigen die Werte wieder an und erreichen nach 24 Stunden den höchsten Wert von - 1,3, der eine Signifikanz aufweist.

Der pH-Wert des Harns zeigt anfangs einen schwankenden Verlauf mit sinkender Tendenz, er erreicht den niedrigsten Wert von 5,71 nach 12 Stunden und steigt danach bis zum Ende kontinuierlich an. Der maximale Wert liegt nach 24 Stunden mit 6,58 vor.

Die NSBA zeigt einen schwankenden Verlauf. Die Werte liegen zwischen – 60 nach 4 Stunden und – 30 nach 24 Stunden.

Der BSQ sinkt bis 8 Stunden nach Salzgabe ab auf den minimalen Wert von 0,88 und steigt danach wieder an, bis nach 24 Stunden der Höchstwert von 1,20 erreicht ist.

Tab. 17: Verlauf der Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes im Tagesprofil 3

Para-meter	n	Salz	Stundenangaben bzw. Uhrzeit						
			0	4	8	12	16	20	24
			06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00	06:00
pH	11	$CaSO_4$	7,36	7,34 [1]	7,33 [1]	7,34	7,35	7,36	7,37
BE			-3,3	-3,6	-3,5	-3,1	-4,4	-2,7	-1,3 [1]
Harn-pH			6,13	5,72	5,76	5,71	5,92	6,35	6,58
NSBA			-48	-60	-34	-41	-44	-44	-30
BSQ			0,94	0,90	0,88	0,90	0,94	1,03	1,20

1 = signifikanter Unterschied zur Stunde 0 (p = 0,05)

n = Anzahl der Tiere

4.11.4. Tagesprofil 4 bei zweimaliger Gabe deutlich höherer Dosierungen von Kalziumsulfat (4 Äquivalente)

In diesem Tagesprofil (Tab. 18) wurde ebenfalls zweimal täglich Kalziumsulfat verabreicht, morgens um 7 Uhr und nachmittags um 14 Uhr. Die Tiere erhielten bereits seit 3 Woche Kalziumsulfat in wöchentlich steigenden Dosen. Die Werte vor der morgendlichen Salzgabe sind in der Tabelle grau unterlegt. Abgesehen von der Dosierung lagen die gleichen Bedingungen wie beim Tagesprofil 3 vor.

Der pH-Wert sinkt unter der Salzgabe signifikant ab. Nach 12 Stunden erreicht er den minimalen Wert von 7,21, danach steigen die Werte wieder leicht an. Der maximale Wert von 7,27 liegt zur Stunde 0 vor (Ausgangswert).

Die BE-Werte fallen nach 8, 12, 16, 20 und 24 Stunden signifikant ab. Der höchste Wert liegt mit – 9 zur Stunde 0 vor, der niedrigste beträgt -13,2 und liegt nach 12 Stunden vor. Danach ist bis zum Ende des Versuchstages ein leichter Anstieg zu erkennen. Die Werte bleiben jedoch deutlich unter dem Ausgangswert.

Der pH-Wert des Harns steigt anfangs leicht an und sinkt nach 12 und 16 Stunden auf den minimalen Wert von 5,45. Danach steigt der pH-Wert bis zum Ende an. Der maximale Wert liegt zur Stunde 0 vor und beträgt 5,70.

Die NSBA zeigt einen schwankenden Verlauf mit sinkender Tendenz. Die Werte liegen zwischen – 127 zu Beginn des Versuchstages (Stunde 0) und – 170 nach 24 Stunden.

Der BSQ sinkt bis 12 Stunden nach der ersten Salzgabe leicht ab, steigt dann kurz an und fällt bis zum Ende auf den minimalen Wert von 0,72 ab. Der Höchstwert von 0,93 liegt zur Stunde 0 vor.

Tab. 18: Verlauf der Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes im Tagesprofil 4

Para-meter	n	Salz	Stundenangaben bzw. Uhrzeit						
			0	4	8	12	16	20	24
			06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00	06:00
pH	6	$CaSO_4$	7,27	7,24 [1]	7,23 [1]	7,21 [1]	7,23 [1]	7,23 [1]	7,25
BE			-9,0	-10,7	-11, 3 [1]	-13,2 [1]	-12,8 [1]	-12,8 [1]	-11,0 [1]
Harn-pH			5,70	5,81	5,51	5,45	5,45	5,48	5,68
NSBA			-127	-170	-150	-152	-151	-154	-170
BSQ			0,93	0,75	0,75	0,75	0,77	0,74	0,72

1 = signifikanter Unterschied zur Stunde 0 (p = 0,05)

n = Anzahl der Tiere

4.12. Abhängigkeit des DCAB-Wertes

Hier wurden die Zusammenhänge zwischen der DCAB und den Parametern des Säuren-Basen-Haushaltes dargestellt. Dazu wurden einmal alle Werte der unterschiedlichen Parameter des Säuren-Basen-Haushaltes genutzt, diese sind auf der linken Seite dargestellt (A1= alle Werte) und einmal wurden nur die Werte der letzten Probentage der Salz- und Wash-Out-Phasen sowie die Werte der 0-Proben verwendet (A2= ausgewählte Werte). Diese sind auf der rechten Seite abgebildet. Die Zusammenhänge wurden in einem Streudiagramm graphisch dargestellt und mit Hilfe einer linearen, quadratischen oder kubischen Regressionsgrade verdeutlicht.

4.12.1. Abhängigkeit von DCAB und Blut-pH

Die graphischen Darstellungen der Abhängigkeit von DCAB und Blut-pH zeigt eine Sättigungskurve (Abb. 106, 107). Bis zu einem DCAB-Wert von ca. 200 - 220 mmol/l bzw. 400 mmol/l steigt mit steigender DCAB auch der Blut-pH. Bei höheren DCAB-Werten bleibt der pH-Wert des Blutes konstant bei ca. 7,37-7,38.

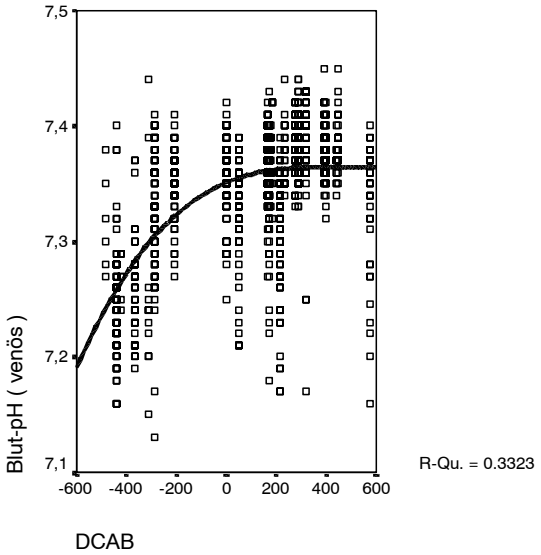

Abb.106: (A1) Abhängigkeit von DCAB und Blut-pH mittels kubischer Regression

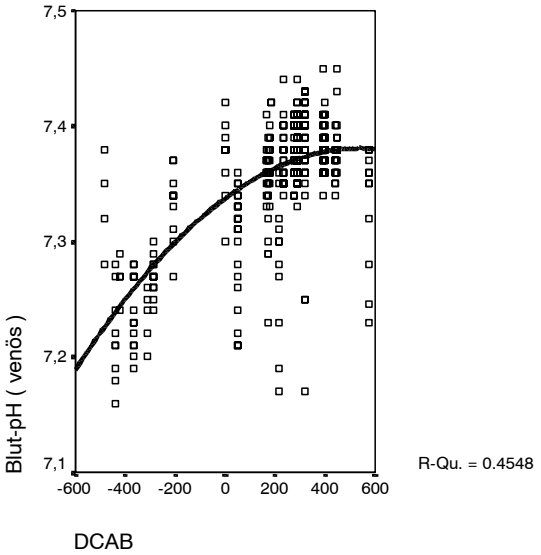

Abb. 107: (A2) Abhängigkeit von DCAB und Blut-pH mittels quadratischer Regression

4.12.2. Abhängigkeit von DCAB und BE

Der BE-Wert der Abb. 108 steigt mit steigender DCAB bis zu einem DCAB-Wert von ca. 200 meq/kg TS an, hält dann bis zu einem DCAB-Wert von ca. 400 meq/kg TS dieses Niveau und sinkt danach bei weiter steigenden DCAB-Werten wieder ab.

Der BE-Wert der Abb. 109 zeigt annähernd eine Sättigungskurve.

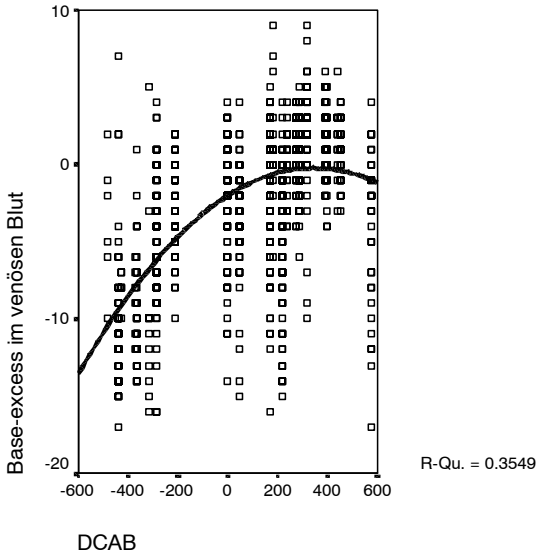

Abb.108: (A1) Abhängigkeit von DCAB und BE mittels quadratischer Regression

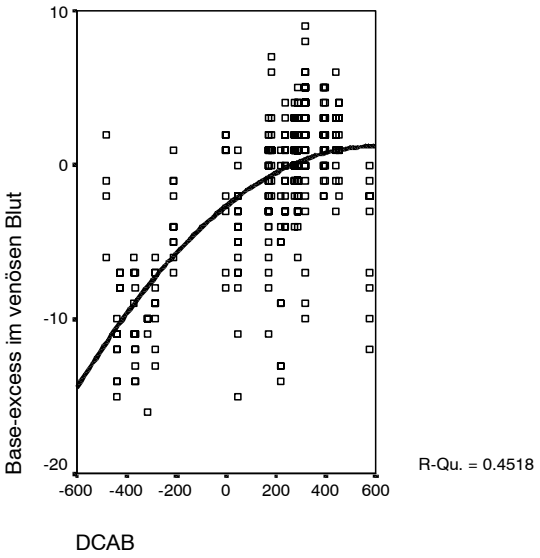

Abb. 109: (A2) Abhängigkeit von DCAB und BE mittels quadratischer Regression

4.12.3. Abhängigkeit von DCAB und Harn-pH

Die graphische Darstellung der Abhängigkeit von DCAB- und Harn-pH-Werten zeigt einen linearen Anstieg. Mit steigenden DCAB-Werten steigt auch der Harn-pH.

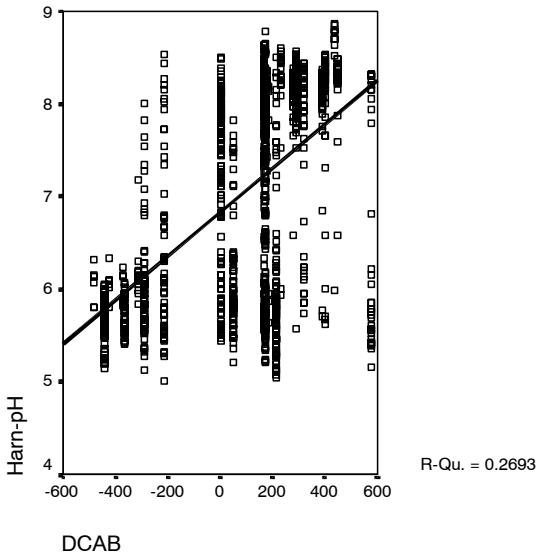

Abb.110: (A1) Abhängigkeit von DCAB und Harn-pH mittels linearer Regression

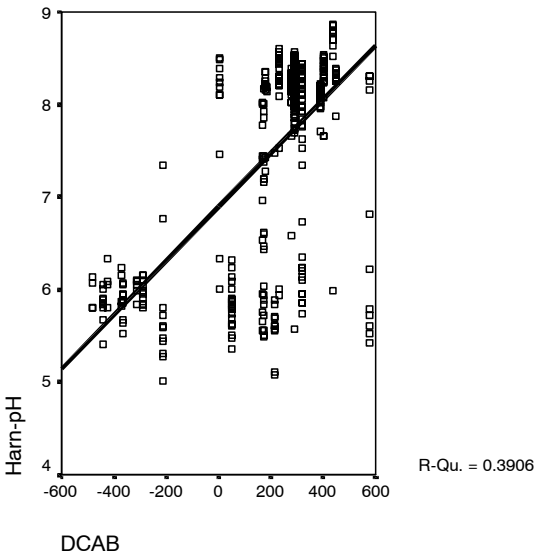

Abb. 111: (A2) Abhängigkeit von DCAB und Harn-pH mittels linearer Regression

4.12.4. Abhängigkeit von DCAB und NSBA

Die NSBA steigt mit steigenden DCAB-Werten linear an.

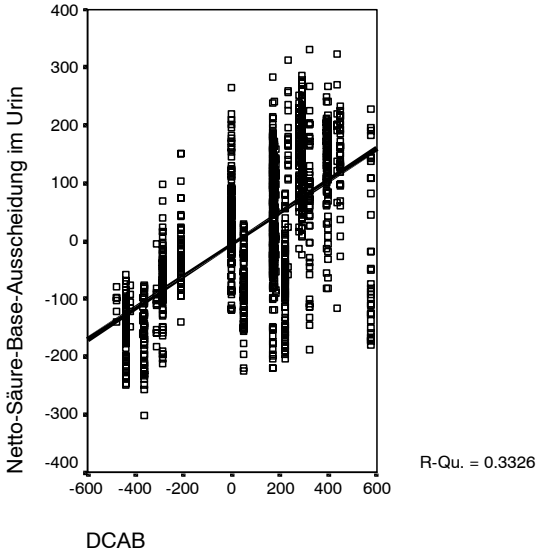

Abb.112: (A1) Abhängigkeit von DCAB und NSBA mittels linearer Regression

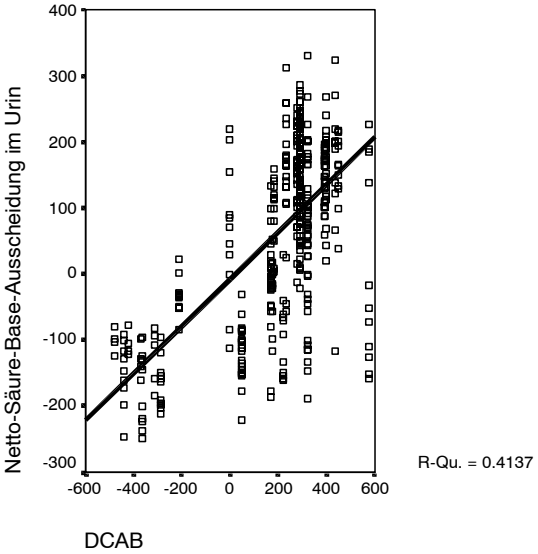

Abb. 113: (A2) Abhängigkeit von DCAB und NSBA mittels linearer Regression

4.12.5. Abhängigkeit von DCAB und BSQ

Der BSQ steigt mit steigenden DCAB-Werten linear an.

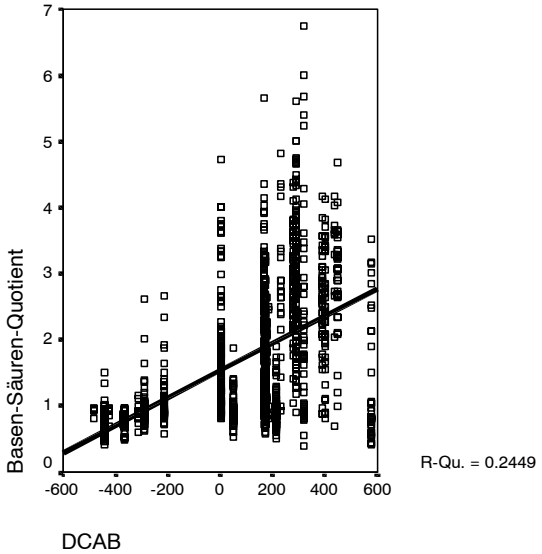

Abb.114: (A1) Abhängigkeit von DCAB und BSQ mittels linearer Regression

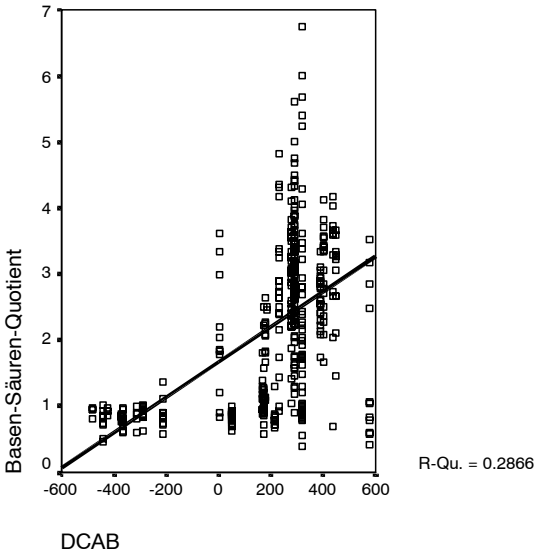

Abb. 115: (A2) Abhängigkeit von DCAB und BSQ mittels linearer Regression