

4. Ergebnisse

4.1 Konzentration flüchtiger Fettsäuren im Pansensaft

4.1.1 Essigsäure

Abbildung 5 zeigt die Essigsäurekonzentrationen im Pansensaft während der ruminalen Supplementierung der zehn geprüften Salze und der Kontrolle (H_2O) an den Probetagen S7 und S14. Bei keinem der Salze konnte an einem der beiden Probetage ein signifikanter Unterschied der Essigsäurekonzentrationen verglichen mit den Kontrollen aufgezeigt werden. Der Medianwert der Kontrolle betrug nach 7 Tagen 80,4 mmol/l und nach 14 Tagen 79,2 mmol/l (Tab. 11 und 12). Im Vergleich dazu unterschieden sich die Medianwerte der Salzapplikationen am Tag S7 mit Werten zwischen 72,9 und 85,9 mmol/l um -9,3 bis +6,8 %-Punkte von der Kontrolle. Die Abweichungen am Tag S14 mit Medianwerten zwischen 77,0 und 82,2 mmol/l betragen -2,8 bis +3,8 %-Punkte.

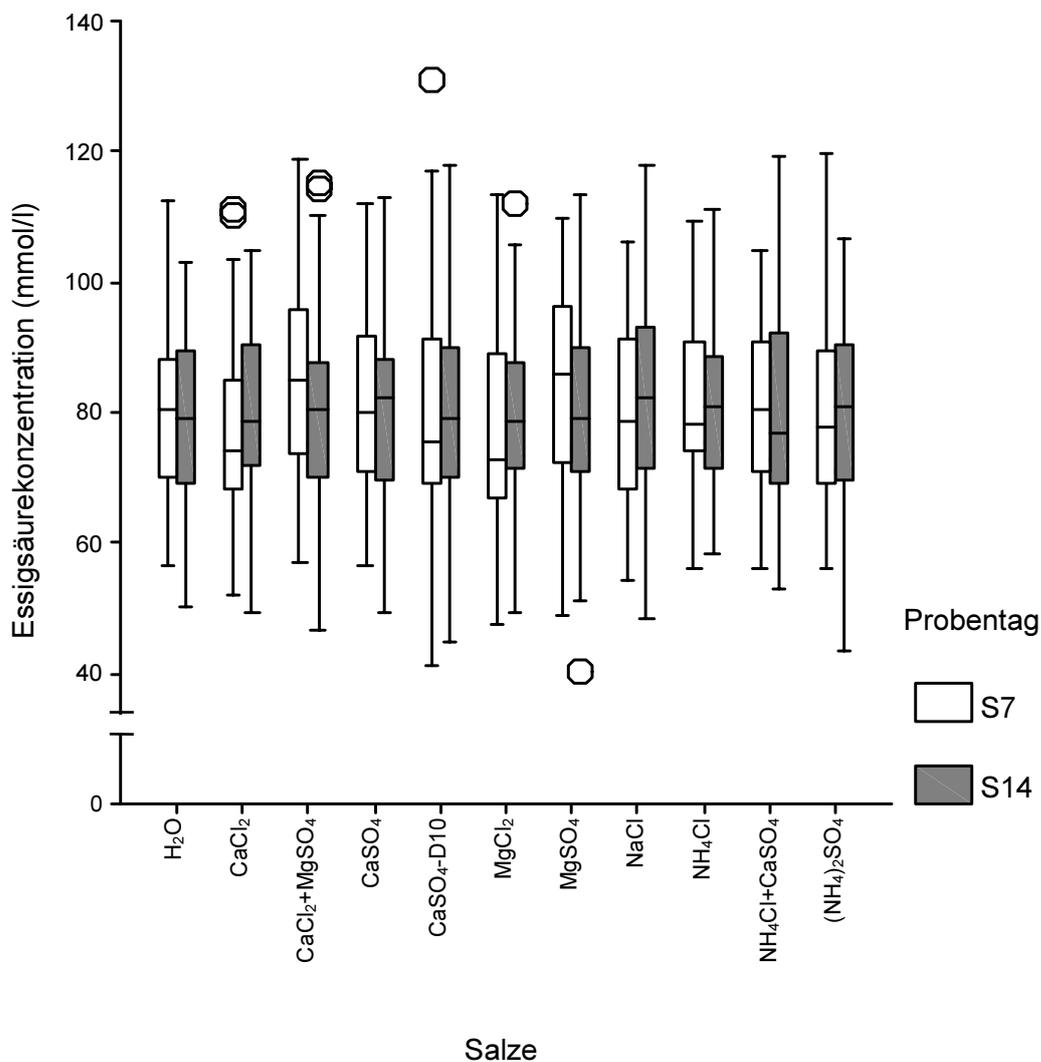


Abbildung 5: Essigsäurekonzentration im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H_2O) an den Tagen S7 und S14.

4.1.2 Propionsäure

Die Propionsäurekonzentrationen der Kontrollen betragen an den beiden Proben Tagen S7 und S14 24,0 und 26,3 % der Essigsäurekonzentrationen. Die Propionsäuregehalte der Salzapplikationen lagen bei 23,4 bis 27,3 %, bzw. 23,8 bis 27,5 %.

Wie Abbildung 6 zeigt, betrug der Medianwert der Kontrolle nach sieben Tagen 19,3 mmol/l und nach vierzehn Tagen 20,8 mmol/l. Die Medianwerte der Propionsäurekonzentrationen unter Einfluss der verschiedenen Salze ließen am Proben Tag S7 mit Werten zwischen 19,0 und 20,6 mmol/l (Tab. 13 und 14) Unterschiede von -1,6 bis +6,7 %-Punkten und am Tag S14 mit Medianwerten zwischen 18,9 und 21,2 mmol/l Abweichungen von -7,7 bis +1,9 %-Punkten erkennen. Es konnten an keinem der Tage statistisch abzusichernde Unterschiede einer Salzapplikation gegenüber der Kontrolle festgestellt werden.

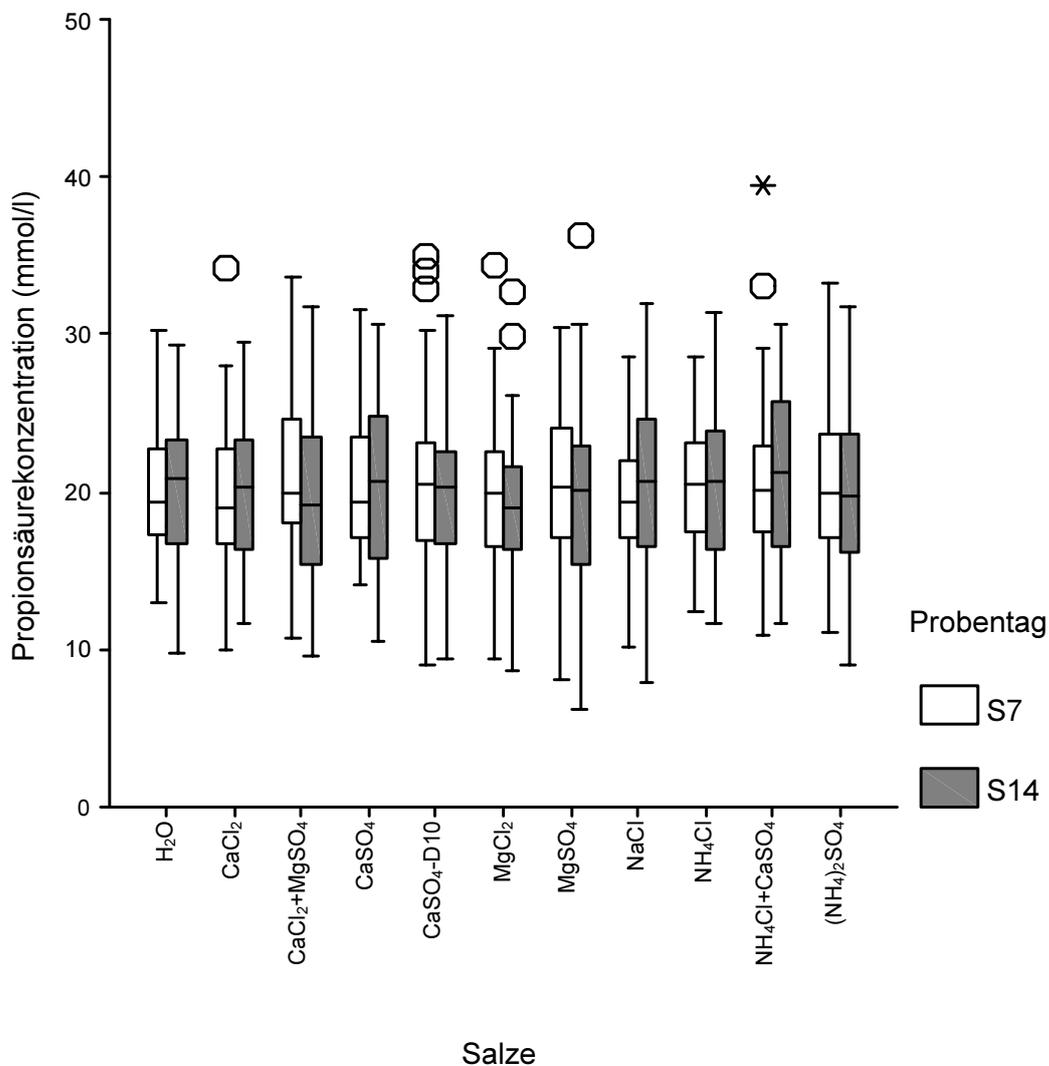


Abbildung 6: Propionsäurekonzentration im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) an den Tagen S7 und S14.

4.1.3 n-Buttersäure

Die in Abbildung 7 zu sehenden n-Buttersäurekonzentrationen der Kontrollen und Proben unter Salzeinfluss lagen, bezogen auf die Essigsäurekonzentrationen an den beiden Probetagen bei 14,6 – 17,4 %. Sie waren weder am Tag S7 noch an S14 unter Verabreichung der Salze im Vergleich zur Kontrolle signifikant verändert. Die Medianwerte nach sieben Tagen Salzapplikation betrugen 11,8 bis 14,4 mmol/l (Tab. 15 und 16) und wichen damit um -7,1 bis +13,4 %-Punkte vom Medianwert der Kontrolle mit 12,7 mmol/l ab. Die Unterschiede zur Kontrolle am Tag S14 bewegten sich zwischen 2,6 und 19 %-Punkten.

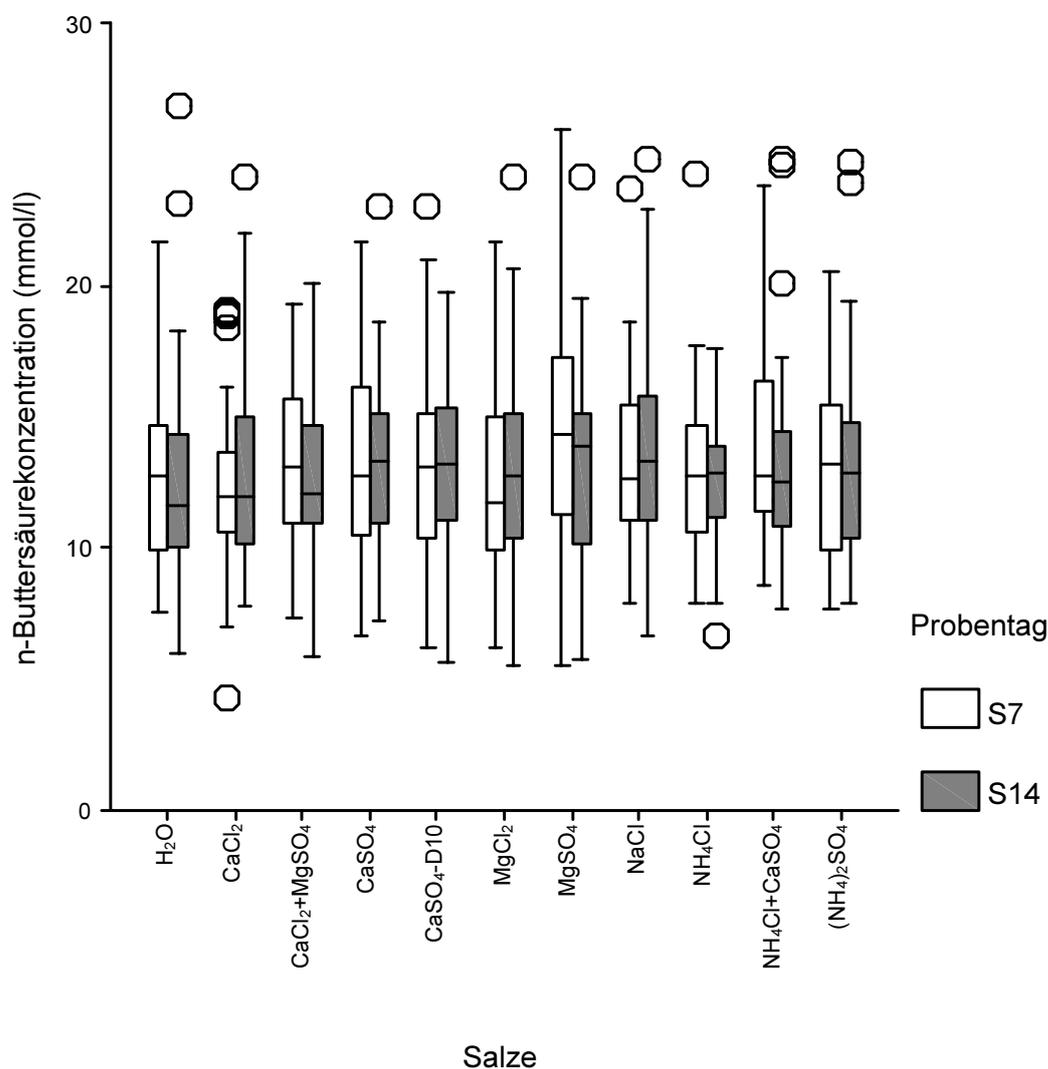


Abbildung 7: n-Buttersäurekonzentration im Pansen-saft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) an den Tagen S7 und S14. Ein zusätzlicher Extremwert liegt bei 31,09 mmol/l (NaCl).

4.1.4 i-Buttersäure

Die Konzentration der verzweigt-kettigen i-Buttersäure, mit einem Anteil von 5–6 % bezogen auf die geradkettige n-Buttersäure, unterschied sich während der Salzapplikation im Vergleich zu den Kontrollwerten nicht signifikant (Abb. 8). Die Medianwerte in den Pansensaftproben sowohl während der Zulage der Salze als auch der Kontrollen betragen an den beiden Proben Tagen S7 und S14 zwischen 0,6 und 0,8 mmol/l (Tab. 17 und 18). Die Abweichungen in den Medianwerten zur Kontrolle reichten von -12,5 bis +25 %-Punkten.

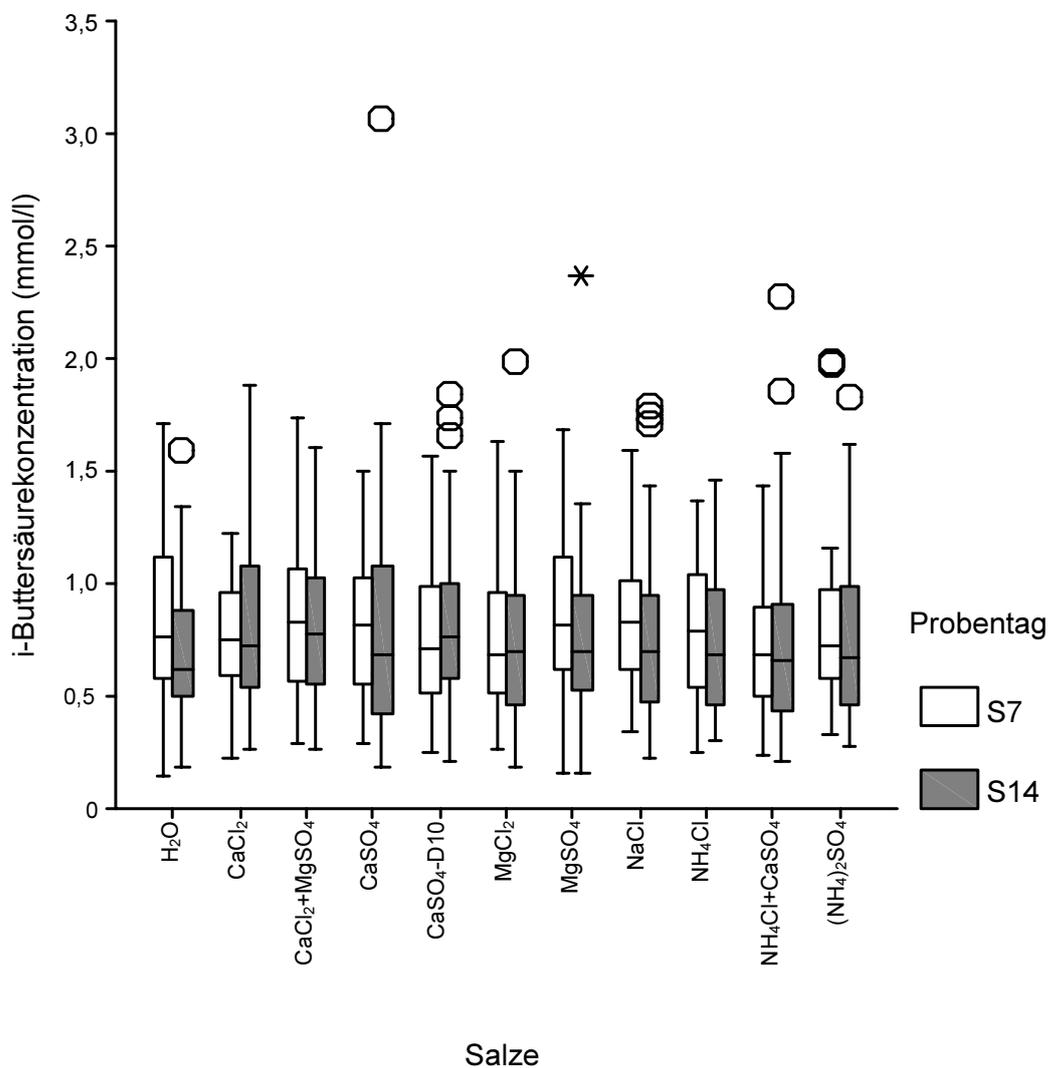


Abbildung 8: i-Buttersäurekonzentration im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) an den Tagen S7 und S14.

4.1.5 n-Valeriansäure

Die n-Valeriansäurekonzentrationen zeigten während der Salzapplikationen im Vergleich zur Kontrolle keinen signifikanten Unterschiede (Abb. 9). Die Medianwerte nach sieben und nach vierzehn Tagen Salzzulage bewegten sich zwischen 1,1 und 1,3 mmol/l und zeigten damit Abweichungen von -8,3 bis +8,3 %-Punkten von der Kontrolle mit 1,2 mmol/l (Tab. 19 und 20).

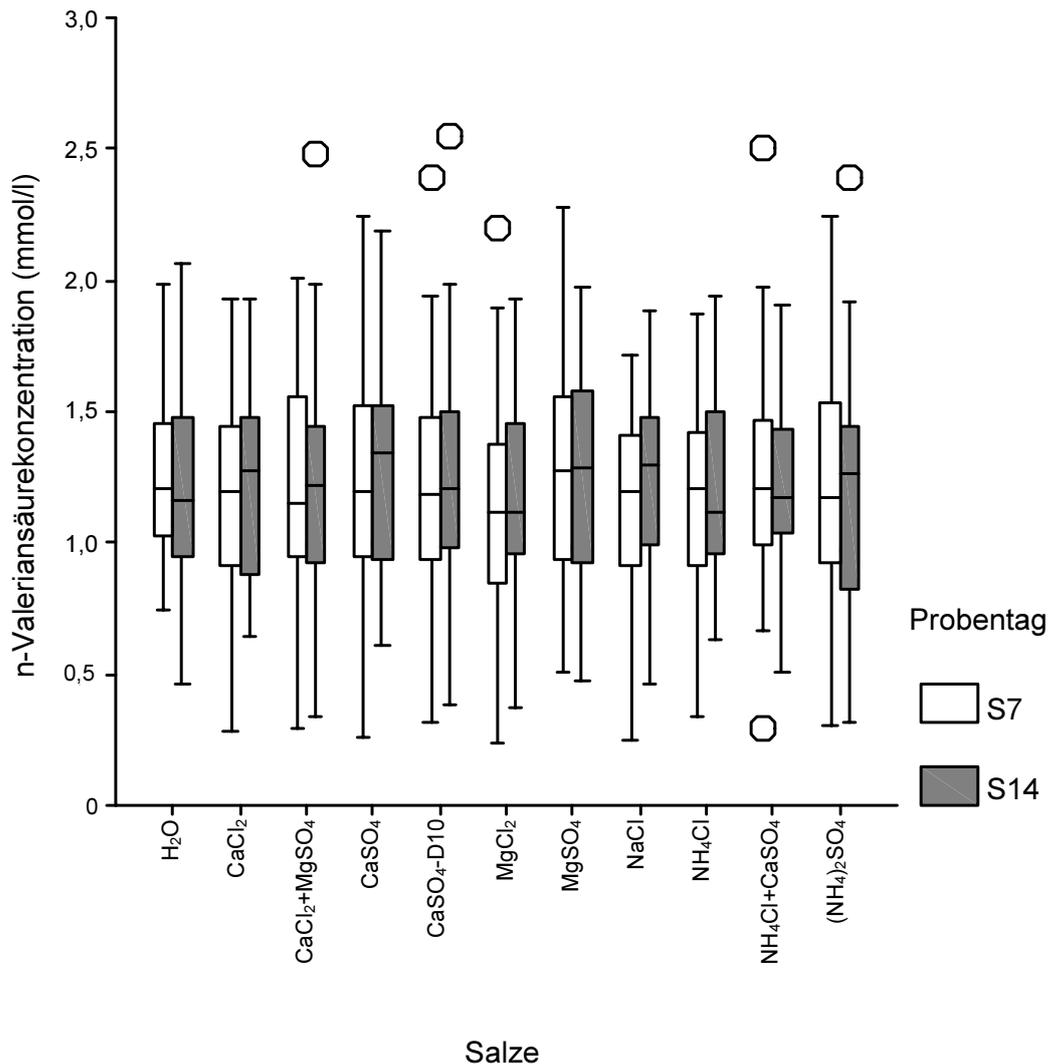


Abbildung 9: n-Valeriansäurekonzentration im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) an den Tagen S7 und S14.

4.1.6 i-Valeriansäure

Abbildung 10 zeigt die verzweigt-kettige i-Valeriansäurekonzentration im Pansensaft bei Salzsupplementierung im Vergleich zur Kontrolle. Es konnte während der vierzehntägigen Salzzulage bei keinem der zehn Salze im Vergleich zur i-Valeriansäurekonzentration in der Kontrolle ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Der Medianwert betrug sowohl nach sieben als auch nach vierzehn Tagen Wasserzulage 0,9 mmol/l (Tab. 21 und 22). Die Medianwerte während der Salzsupplementierung lagen an beiden Proben Tagen 12,3 bis 0 %-Punkte unterhalb des Kontrollwertes.

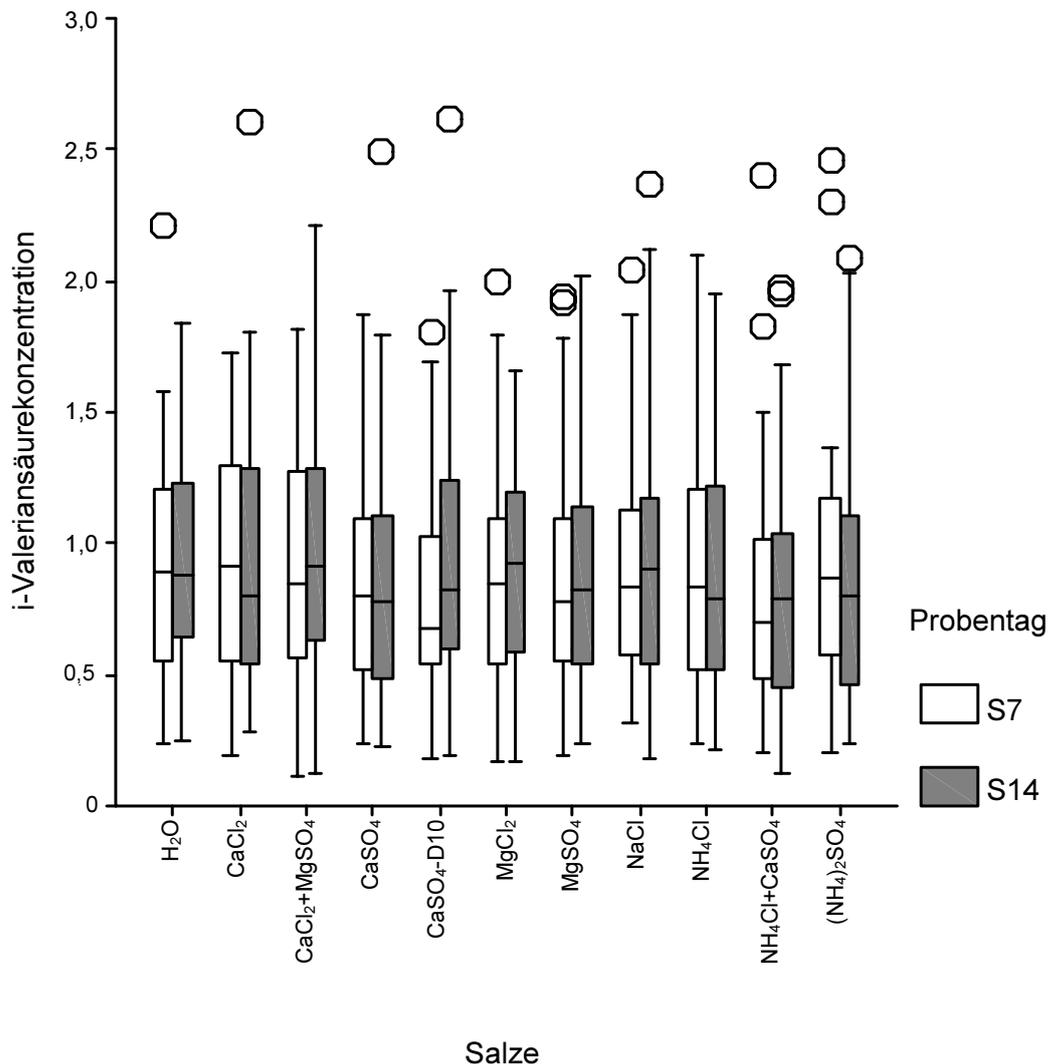


Abbildung 10: i-Valeriansäurekonzentration im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) an den Tagen S7 und S14. Ein zusätzlicher Extremwert liegt bei 3,04 mmol/l (MgCl₂).

4.1.7 Gesamtfettsäuren

Die Gesamtfettsäurekonzentration ließ, wie bei den vorangegangenen Ergebnissen, weder nach sieben noch nach vierzehn Tagen Salzzulage signifikante Unterschiede im Vergleich zur Kontrolle erkennen (Abb. 11). An S7 betrug der Medianwert in der Kontrolle 113,9 mmol/l. Unter Salzapplikation lagen die Werte zwischen 107,5 und 124,1 mmol/l (Tab. 23 und 24) und damit 5,6 unter bis 9,0 %-Punkte über den Kontrollwerten. Nach vierzehn Tagen war der Medianwert in der Kontrolle von 116,80 mmol/l und Unterschiede der Werte unter Salzeinfluss um -2,3 %-Punkte (114,1 mmol/l) bis +3,2 %-Punkte (120,5 mmol/l) zu beobachten.

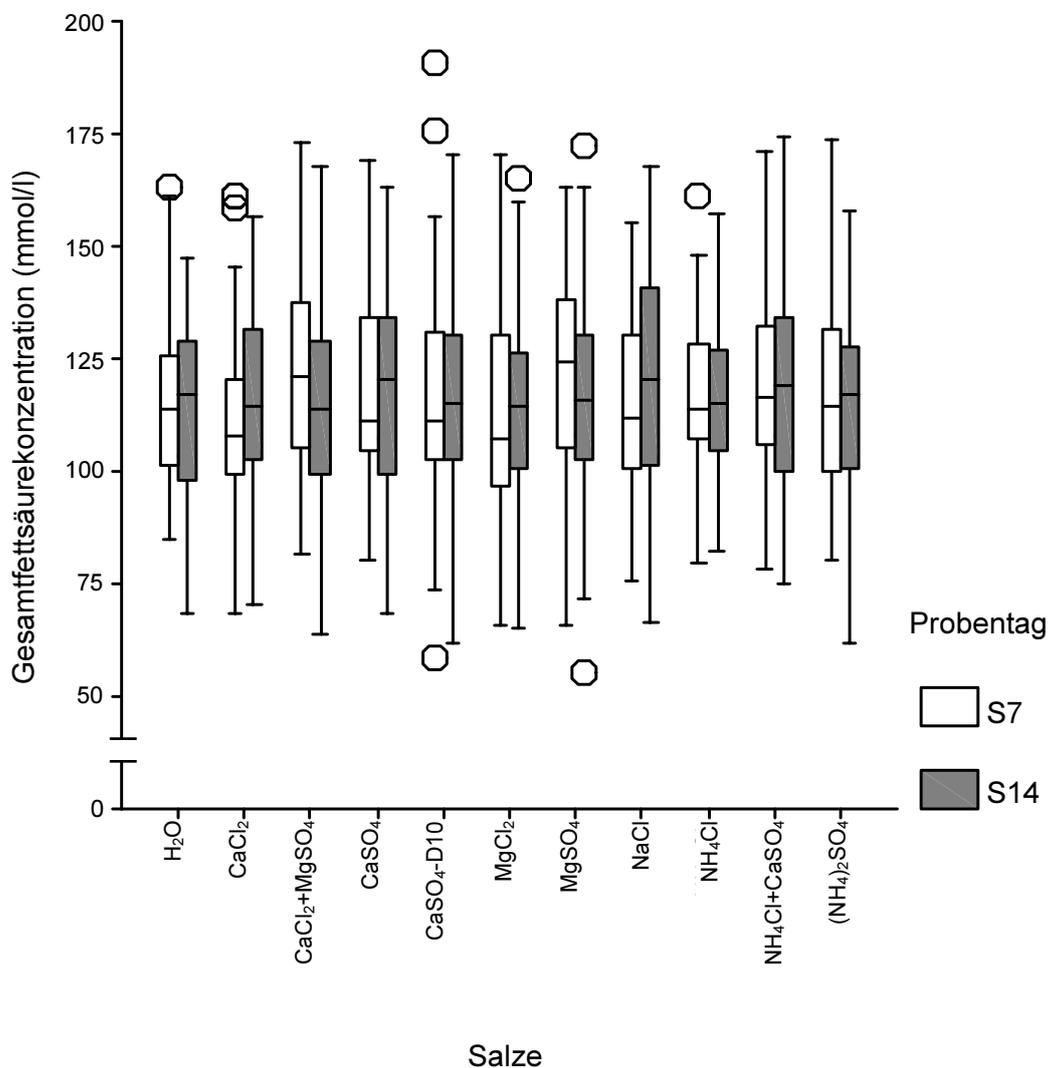


Abbildung 11: Gesamtfettsäurekonzentration im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) an den Tagen S7 und S14.

4.1.8 Verteilungsmuster

Die Verhältnisse der Einzelfettsäuren an der Gesamtfettsäurekonzentration (= 100 %) unter Zulage der Salze und Kontrolle an den Tagen S7 und S14 sind in zwei einzelnen Balkendiagrammen dargestellt (Abb. 12 und 13). Der Vergleich der prozentualen Verteilung der Essigsäure-, Propionsäure-, n- Buttersäurekonzentration sowie der Konzentration der restlichen FFS (Rest) an der Gesamtfettsäurekonzentration ließ am Tag S7 keinen signifikanten Unterschied zwischen den Salzsupplementierungen und der Kontrolle erkennen ($p > 0,05$). Die Verhältnisse der flüchtigen Fettsäuren lagen während der Salz- bzw. Salzgemischapplikation bei 68,8 - 69,6 % : 16,8 – 17,7 % : 10,8 - 11,6 % : 2,4 - 2,7 %. Sie unterschieden sich vernachlässigbar zum Fettsäureverhältnis während der Kontrollzulage von 69,1 : 17,3 : 11,0 und 2,6 % (Tab. 25).

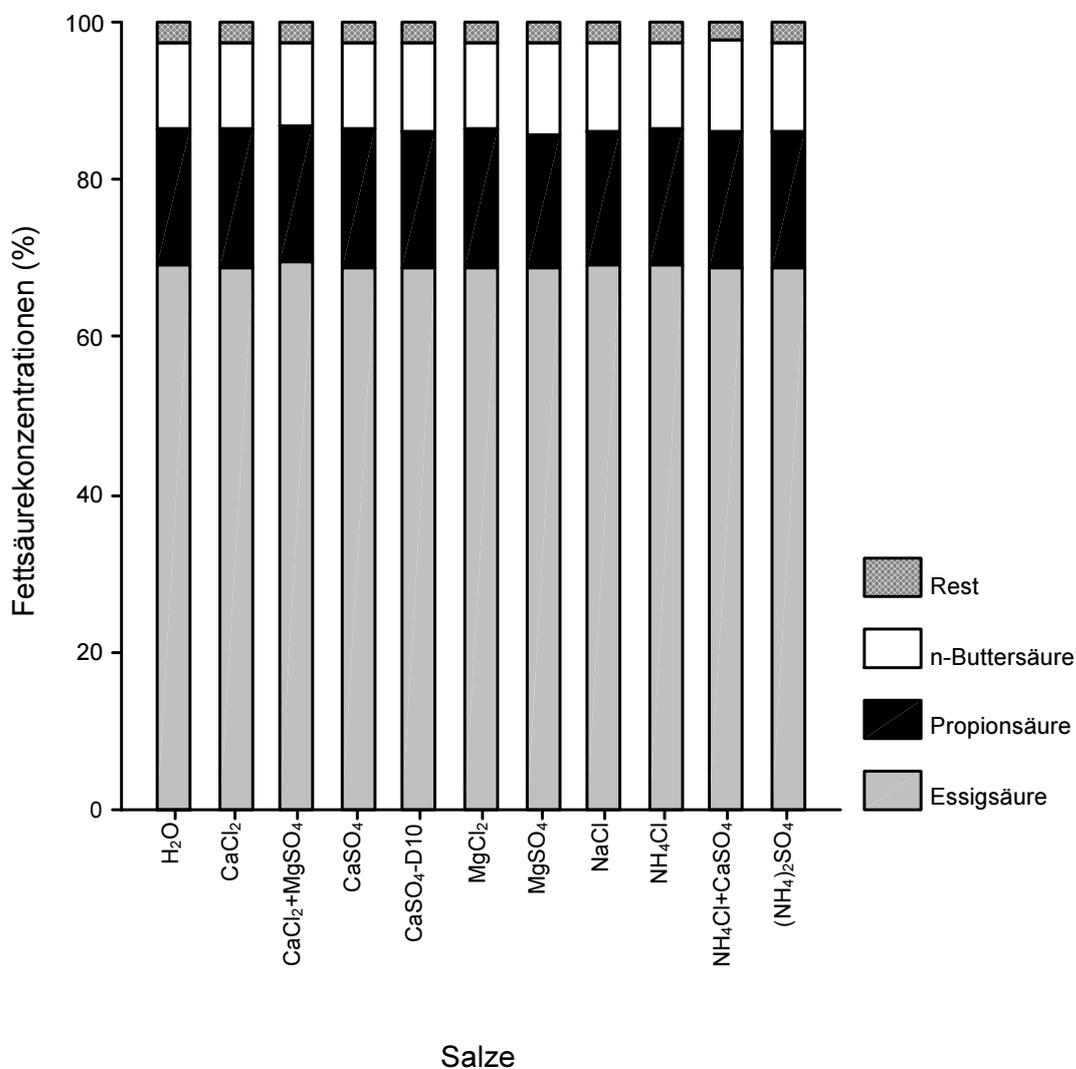


Abbildung 12: Mittelwerte der Fettsäureanteile an der Gesamtfettsäurekonzentration (100 %) im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) am Tag S7.

4. Ergebnisse

Das Verteilungsmuster der Fettsäuremittelwerte an S14 zeigte ebenfalls minimale und damit nicht signifikante Unterschiede bei Salz- und Kontrollsupplementierung. Die Konzentrationen an beiden Probenahme waren fast identisch.

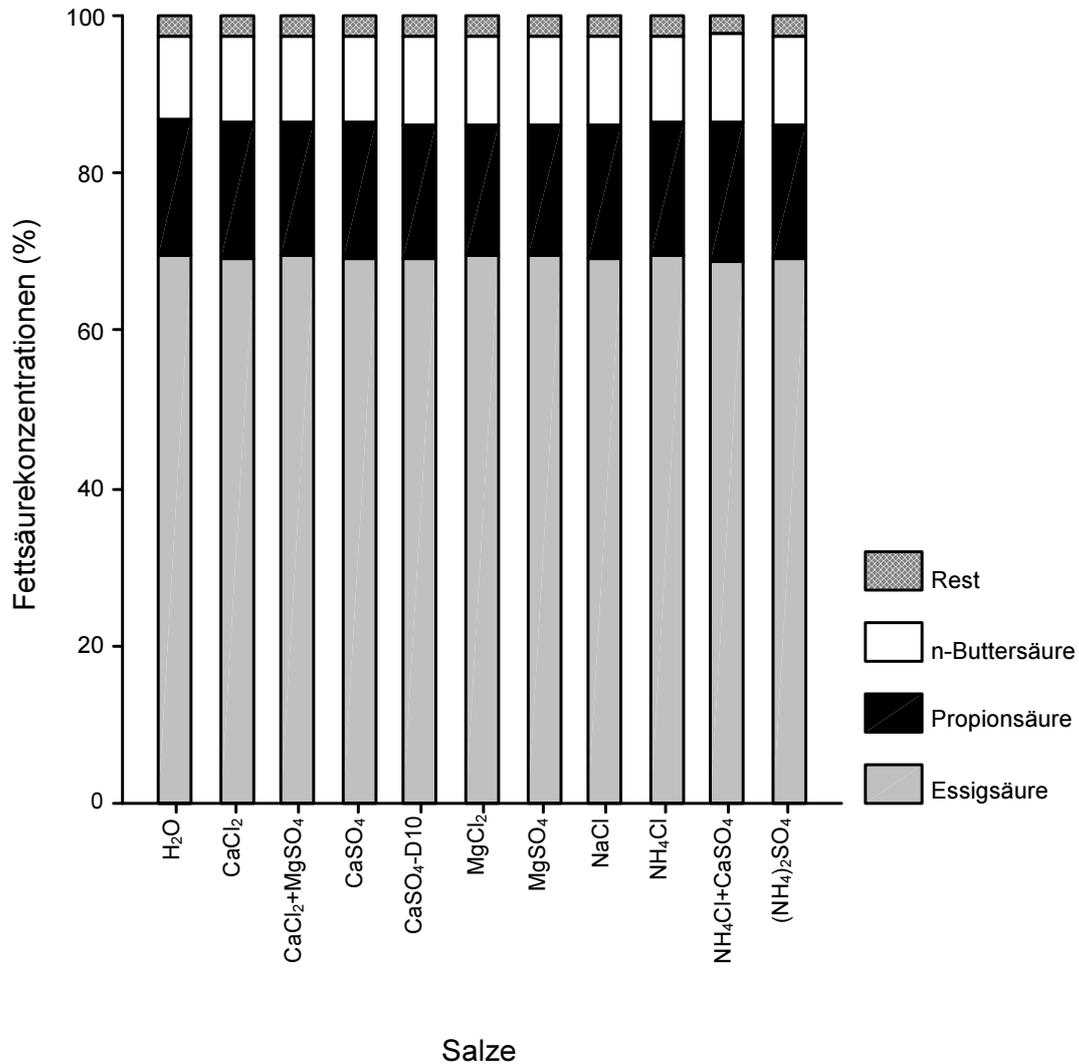


Abbildung 13: Mittelwerte der Fettsäureanteile an der Gesamtfettsäurekonzentration (100 %) im Pansensaft bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) am Tag S14.

4.2 Pansensaft-pH-Wert

Neben dem Fettsäuremuster ist der Pansensaft-pH-Wert ein weiteres Charakteristikum der ruminalen Fermentationsvorgänge und damit der mikrobiellen Aktivität. Die Darstellung erfolgt in Abbildung 14 für die Tag S7 und S14 sowie in den Abbildungen 15 und 16 für die Tage S4 und S11.

Während der Salzzulagen konnten an den Probetagen S7 und S14 im Vergleich zur Kontrolle nur geringe, nicht signifikante Abweichungen festgestellt werden (Abb. 14). Die Medianwerte lagen bei Salzapplikation an beiden Probetagen bis zu 1,5 %-Punkte unter oder über den Medianwerten der Kontrollen.

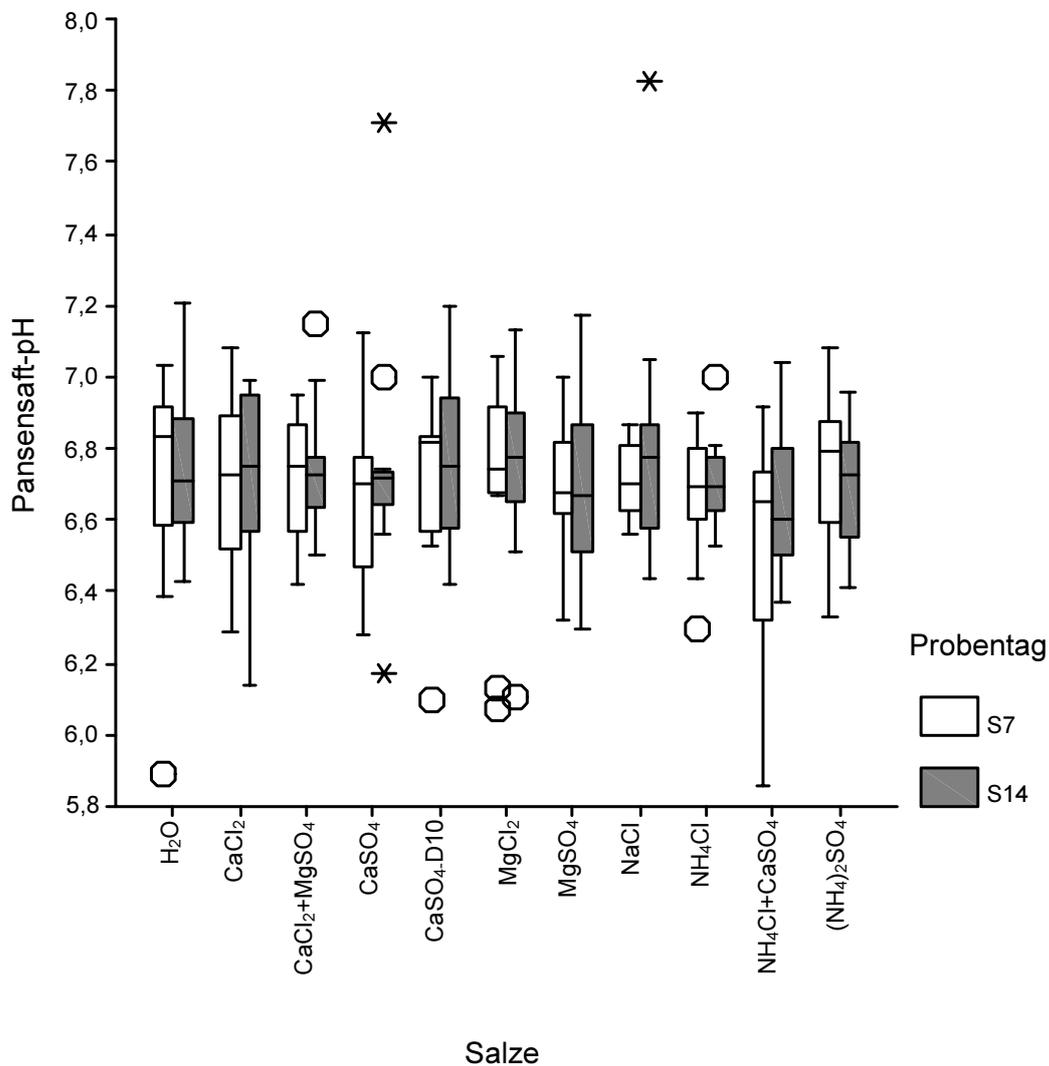


Abbildung 14: pH-Wert der Pansenflüssigkeit bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) an den Tagen S7 und S14.

4. Ergebnisse

Auch an den Proben Tagen S4 (Abb. 15) und S11 (Abb. 16) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Salzsupplementierung und der Kontrolle festgestellt werden. Die Medianwerte in der Kontrolle betragen 6,7 und 6,9 an S4 und S11. Die Medianwerte unter Salzzulage lagen zwischen 6,6 und 6,8 (mit einer großen Spannweite von 1 bei CaCl_2) und zwischen 6,7 und 6,9 (Tab. 27 und 29).

Die Unterschiede der pH-Werte bei Salzzulage an den vier Proben Tagen waren sehr gering. 50 % (25. + 75. Perzentil) aller Werte befanden sich am Tag S4 zwischen 6,3 und 6,9, an S7 zwischen 6,2 und 6,9, an S11 zwischen 6,5 und 7,0 und am Tag S14 zwischen 6,4 und 7,0 (Tab. 27 bis 30).

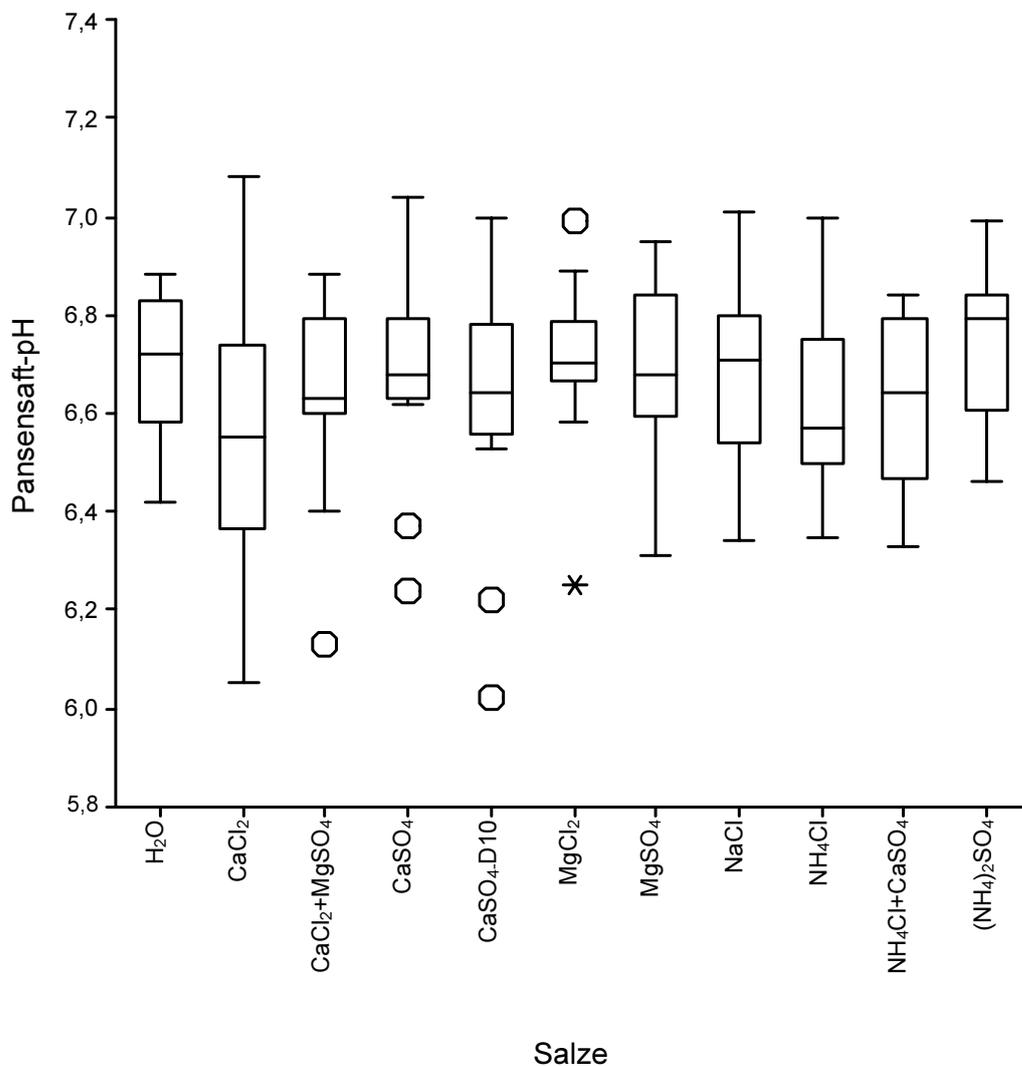


Abbildung 15: pH-Wert der Pansenflüssigkeit bei Salz- und Kontrollzulage (H_2O) am Tag S4.

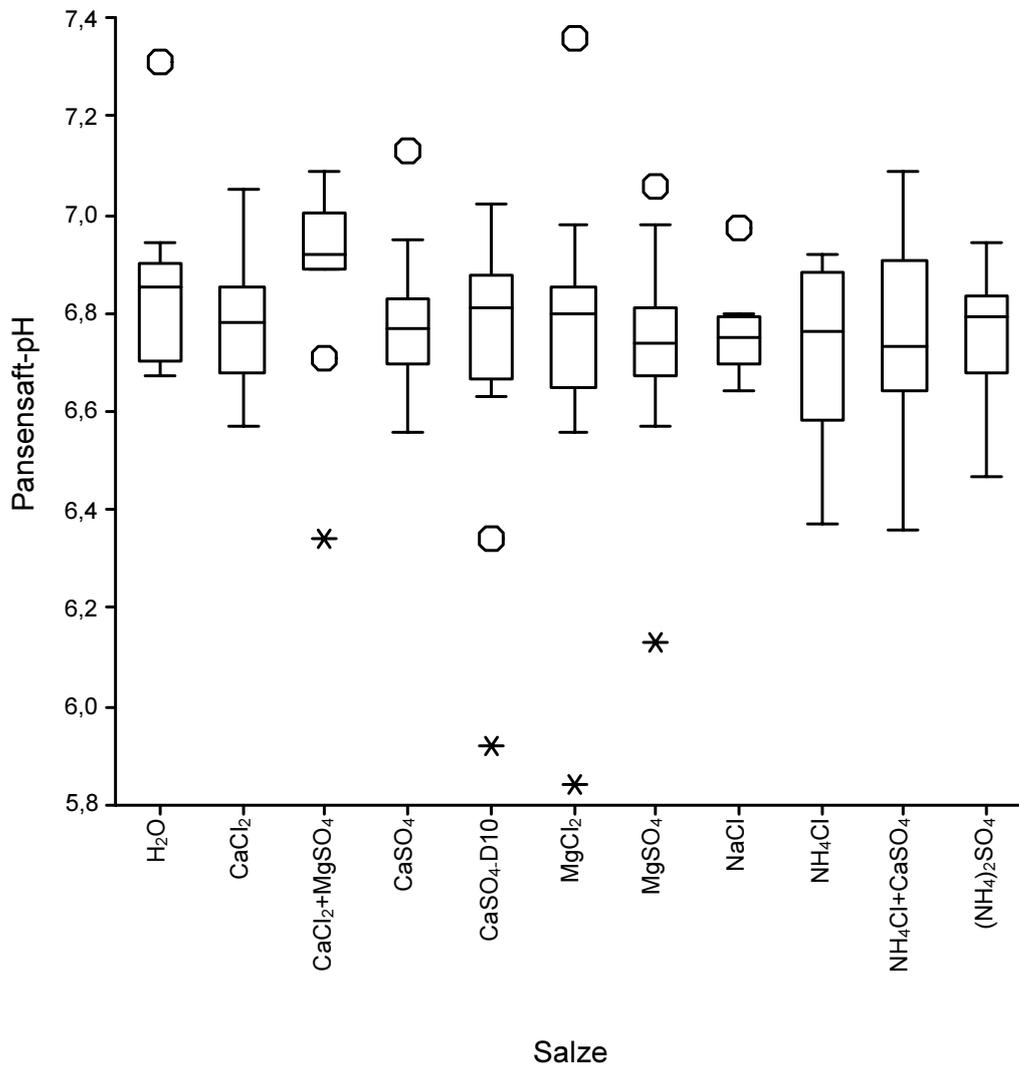


Abbildung 16: pH-Wert der Pansenflüssigkeit bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) am Tag S11.

4.3 Wasseraufnahme

Abbildung 17 zeigt die Wasseraufnahme bei Salzsupplementierung und Zulage der Kontrolle während der Salzphasen. Im Vergleich zur Kontrolle konnte bei keinem der 10 Salze ein signifikanter Unterschied im Trinkverhalten der Tiere beobachtet werden. Die Wasseraufnahme wich durch die Zulage der Salze um -7,5 bis +1,9 %-Punkte von der Kontrolle mit einem Medianwert von 52 Litern/Tag ab.

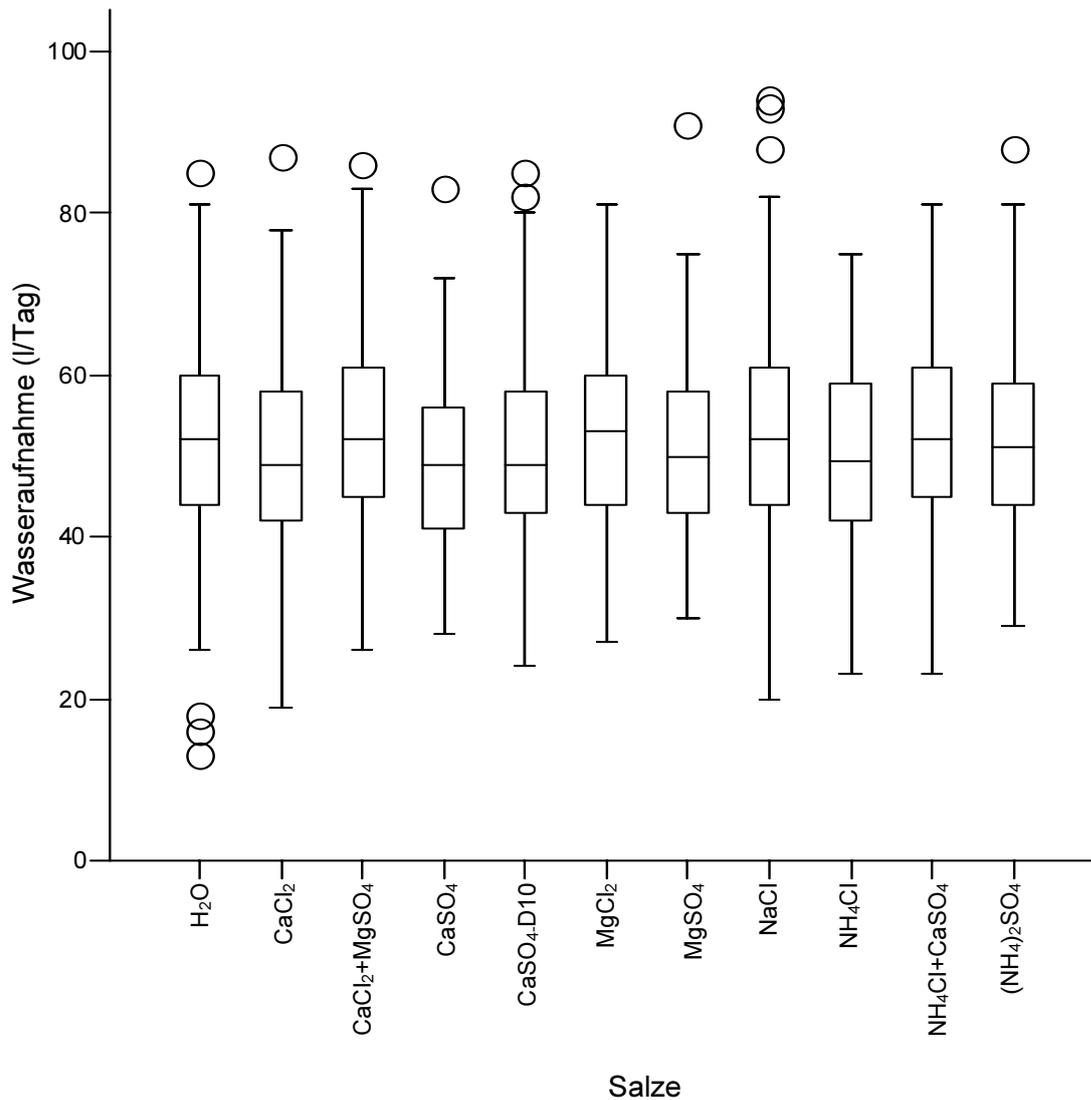


Abbildung 17: Wasseraufnahme bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) während der Salzphasen (l/Tag).

Das Trinkverhalten der Studientiere in Abhängigkeit der DCAB-Werte, die sich aus dem Futter und der supplementierten Salze ergaben, wies einen signifikanten Unterschied auf (Abb. 18).

Die Wasseraufnahme der DCAB-Gruppe 1 mit den niedrigsten DCAB-Werten (< -150 meq/kg TS) war im Vergleich zu allen vier darüber liegenden Gruppen (2, 3, 4 und 5) signifikant ($p \leq 0,001$) erhöht.

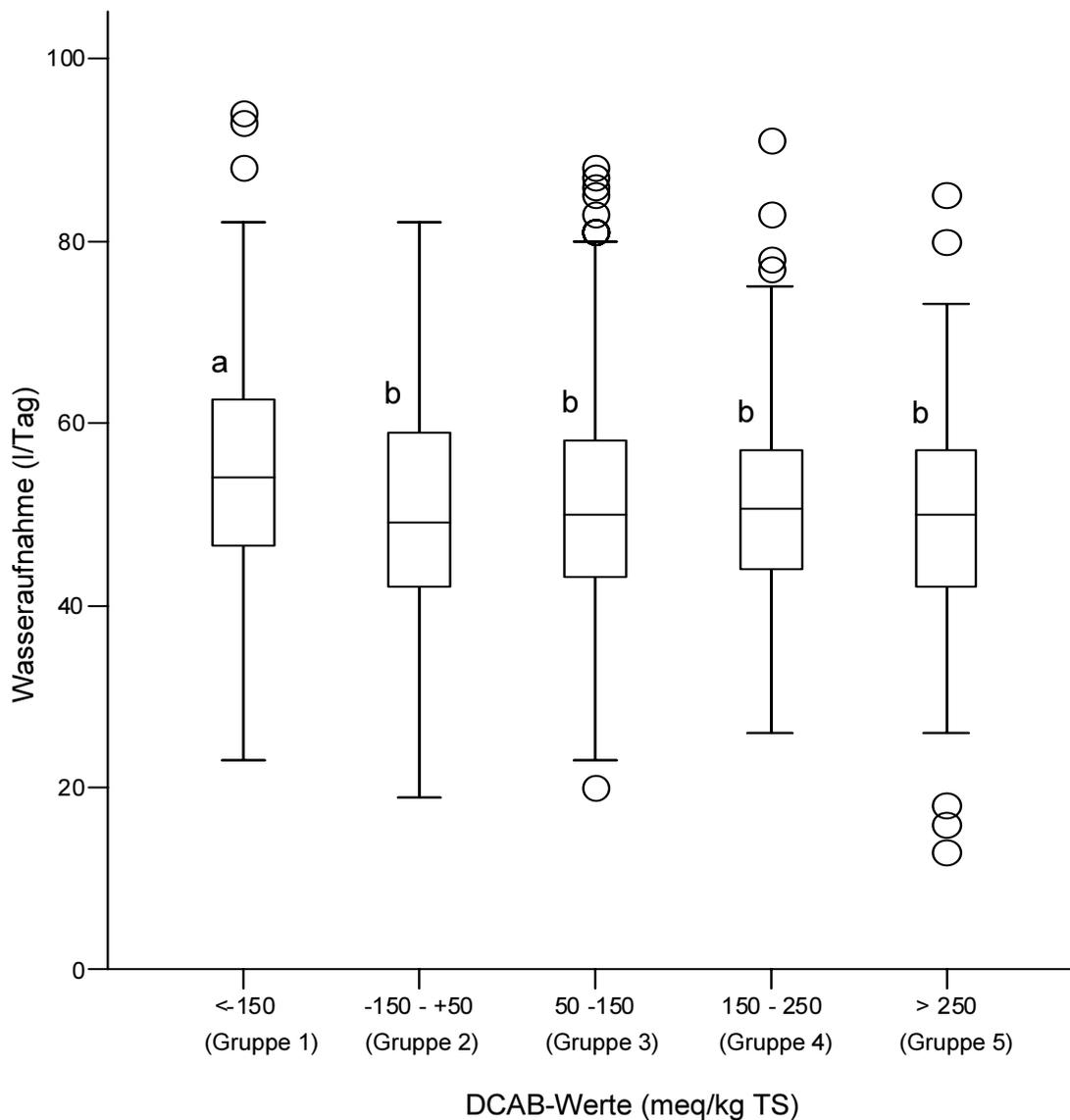


Abbildung. 18: Wasseraufnahme (l/Tag) während der Salzphase in Abhängigkeit der DCAB-Werte im Futter. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den DCAB-Gruppen.

Bei Gruppe 1 mit einem Mittelwert von 54 liegt das Konfidenzintervall bei $52,6 \leq \mu \leq 55,4$ l/Tag und auch die Konfidenzintervalle der übrigen Gruppen sind sehr schmal (Gruppe 2 mit einem Mittelwert von 51: $49,6 \leq \mu \leq 52,4$). Da die Berechnung der 95%-Konfidenzintervalle für die Differenz der jeweiligen geschätzten Gruppenmittelwerte von Gruppe 1 zu allen weiteren Gruppen nicht den Wert des „Nulleffekts“ beinhaltet, bedeutet dies ein signifikantes Ergebnis zum Niveau $\alpha = 5 \%$.

Allerdings reichen bei dem hier vorliegenden Stichprobenumfang schon kleine absolute Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen aus, um eine statistische Signifikanz hervorzurufen. Zwischen den Gruppen 2 bis 5 konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

4.4 Harnvolumen

Die Boxplots in Abbildung 19 repräsentieren die Harnvolumina, die über vierundzwanzig Stunden am letzten Probenstag des jeweiligen Abschnittes (Tag S14) bestimmt wurden.

CaCl₂ bewirkte bei den Kühen eine signifikant erhöhte Harnausscheidung im Vergleich zur Kontrolle. Der Median unter CaCl₂-Einfluss lag mit 10,8 Litern 31,7 %-Punkte über dem Medianwert der Kontrolltiere mit 8,2 Liter/24 h. Durch den Einfluss von NaCl war die Harnausscheidung mit einem Medianwert von 10,8 l/24h tendenziell aber nicht signifikant ($p = 0,07$) erhöht. Die Medianwerte bei Zulage der übrigen Salze (Tab. 35) zeigten ebenfalls keine signifikanten Abweichungen zur Kontrolle.

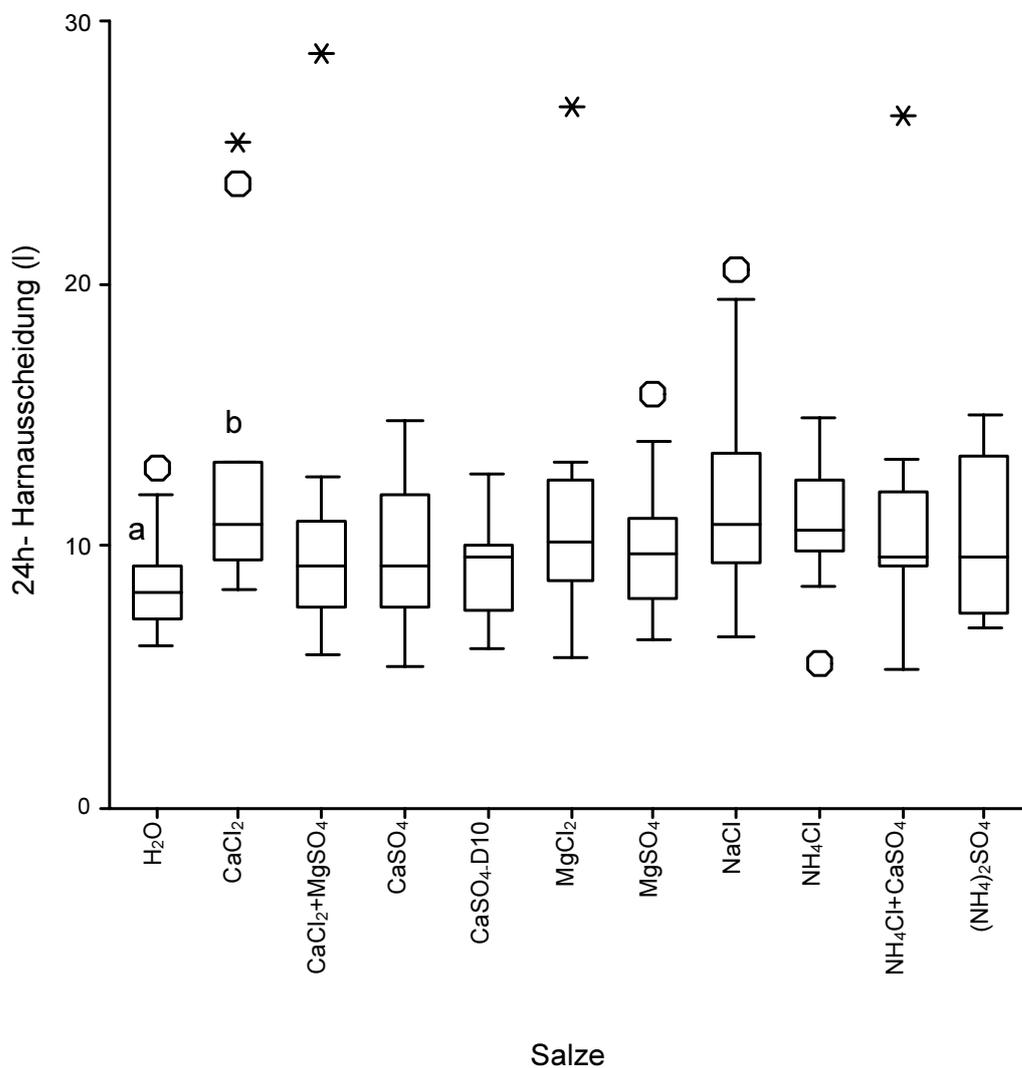


Abbildung 19: Harnmenge (l/24h) bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) am Tag S14.

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Salz und Kontrolle (Wasser) während der Zulagephase.

4.4.1 Quotient aus Harnvolumen und Wasseraufnahme

Zur Bildung des Harnvolumen-Wasseraufnahme-Quotienten (HWQ) am Tag S14 wurde die Wasseraufnahme am letzten Tag des Salzabschnittes ausgewertet (Abb. 20). Am Tag S14 waren bei der Wasseraufnahme keine signifikanten Unterschiede zwischen der Salz- und der Wassersupplementierung zu erkennen (Tab. 36). Im Gegensatz dazu wies der HWQ unter Einfluss des Salzes CaCl_2 einen signifikante Unterschied ($p = 0,007$) gegenüber der Kontrolle auf. Mit Zulage von CaCl_2 wurde signifikant mehr Harn pro getrunkenem Liter Wasser ausgeschieden (Medianwert 220 ml vs 140 ml für CaCl_2 bzw. Kontrolle). Für die übrigen Salze konnte ein solcher Unterschied nicht festgestellt werden.

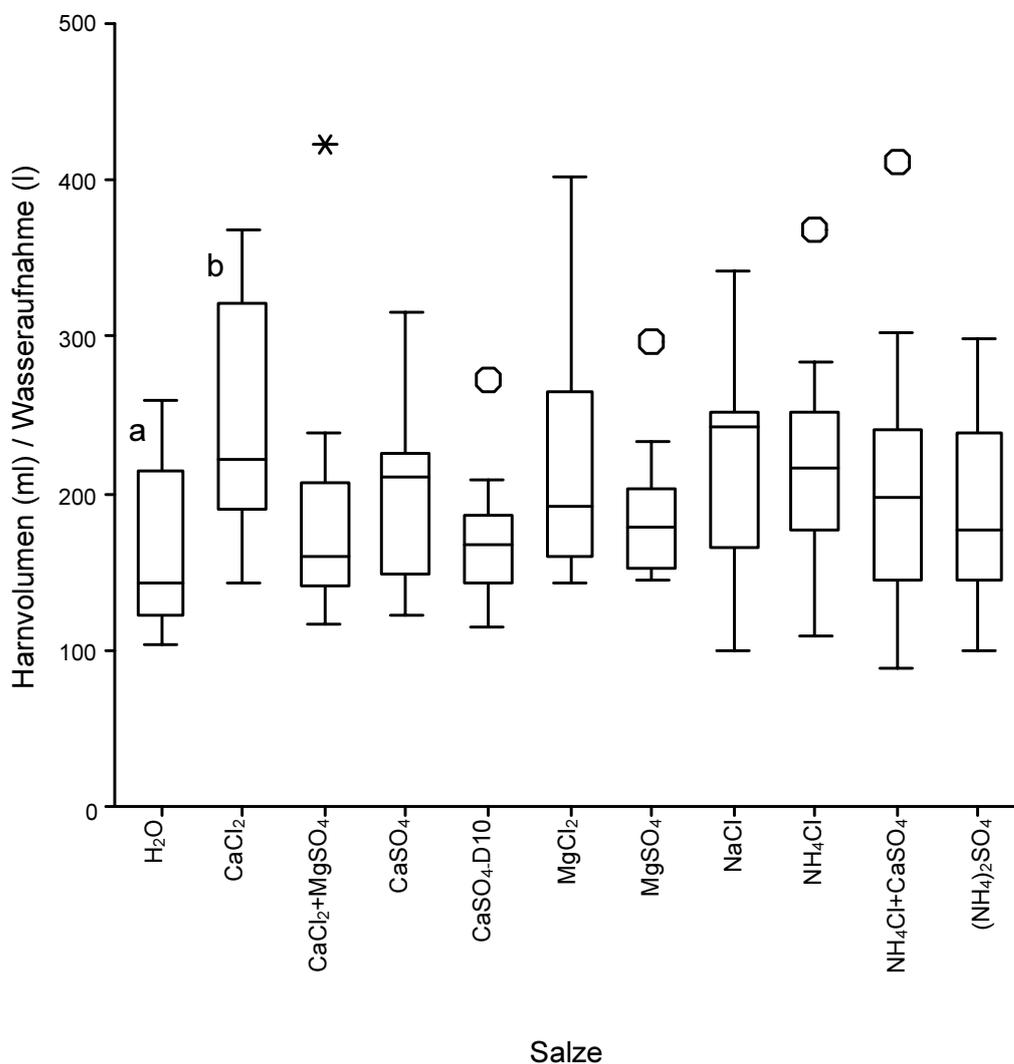


Abbildung 20: Quotient aus Harnvolumen und Wasseraufnahme (ml/l) bei Salz- und Kontrollzulage (H_2O) am Tag S14. Ein zusätzlicher Ausreißer liegt bei 600 ml (CaCl_2).

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Salz und Kontrolle (Wasser) während der Zulagephase.

4.5 Intraruminale Verdaulichkeit der organischen Substanz

Zur Untersuchung des möglichen Einflusses der Salze auf den ruminalen Abbau der organischen Substanz wurden verschiedene Futtermittel (Getreide, Leguminosen, Heu und Stroh) jeweils für die Dauer von 24 und 48 Stunden mittels *in-sacco*-Methode in den Pansen inkubiert.

Auf Grund der geringen Probenzahl wurden keine statistischen Auswertungen vorgenommen.

4.5.1 Getreide

Die geringen Veränderungen des ruminalen Abbaus durch die Salze stellten sich bei dem Vergleich der Salz- mit der Wash-out-Periode je nach Futtermittel und Inkubationszeit sehr unterschiedlich dar (Tab. 9). Im Vergleich zur Wash-out-Phase ohne Salzzulage führte die Zulage von CaCl_2 nach 24 Stunden Inkubation von Weizen, Roggen, Triticale und Gerste zu einen um 1,4; 4,1; 0,5 bzw. 3,1 % verstärkten, bei Hafer und Mais jedoch zu einem um 1,4 und 1,0 % verminderten Abbau der oS. Nach 48 Stunden Inkubation blieben die Effekte bei Roggen, Triticale, Gerste und Mais unverändert, bei Weizen war jedoch durch die Salzapplikation ein verminderter, bei Hafer ein verstärkter Abbau zu beobachten.

Nach Zulage von CaSO_4 war der Abbau von Weizen, Gerste und Hafer nach 24 Stunden um 2,9, 2,9 und 0,9 % höher und bei Roggen, Triticale und Mais um 2,2, 0,7 und 0,6 % niedriger als in der Wash-out-Phase. Auch hier konnte nach weiteren 24 Stunden Inkubation bei zwei Getreidesorten, bei Mais und wiederum bei Hafer, eine umgekehrte Wirkung durch die Salze festgestellt werden.

Nicht nur die minimale Wirkung eines Salzes auf verschiedene Futtermittel, sondern auch die sehr geringen Effekte verschiedener Salze auf ein Futtermittel waren, Gerste ausgenommen, nicht einheitlich. Mais wurde durch CaCl_2 und CaSO_4 nach 24 Stunden Inkubation um 1,1 bzw. 0,6 % weniger, durch $\text{CaCl}_2+\text{MgSO}_4$ und MgCl_2 um 1,8 und 2,2 % verstärkt abgebaut.

Der Abbau von Roggen wurde nur durch CaCl_2 um 4,1 %, der Gersteabbau hingegen durch den Einfluss aller 4 Salze um 2,9 bis 5,2 % gesteigert.

Gerste wurde unter Zulage der Einzelsalze, nicht aber des Salzgemisches, einheitlich abgebaut. Nach 24 sowie nach 48 Stunden Inkubation konnte durch die Supplementierung der Einzelsalze eine verstärkte, bei $\text{CaCl}_2+\text{MgSO}_4$ nur nach 24 Stunden eine leicht positive Beeinflussung festgestellt werden.

Abschließend ist zu sagen, dass eine erwartungsgemäße Steigerung des Futtermittelabbaus von der 24-stündigen bis zur 48-stündigen Inkubation zu beobachten war. Diese fand

unabhängig von der Salz- oder Wash-out-Phase statt. Die Zunahmen bewegten sich von 1,9 – 5,7 (bei Weizen) über 8,1 – 16,8 (bei Gerste) bis zu 27,4 – 46,8 % (bei Mais).

Tabelle 9: Ruminaler Abbau der oS verschiedener Futtermittel nach 24 und 48 Stunden Inkubation während der Salzphase und der Wash-out-Periode (in %)

		CaCl ₂		CaSO ₄		CaCl ₂ + MgSO ₄		MgCl ₂	
		Salz	Wash-Out	Salz	Wash-Out	Salz	Wash-Out	Salz	Wash-Out
Weizen	24h	93,1 ±1,6	91,7 ±4,5	92,3 ±2,3	89,4 ±4,4	92,4 ±1,1	92,6 ±2,9	91,8 ±0,7	94,2 ±0,5
	48h	95,0 ±1,0	95,5 ±1,3	95,4 ±0,2	95,1 ±0,6	95,4 ±2,0	95,7 ±1,3	95,0 ±1,0	96,0 ±1,6
Roggen	24h	85,8 ±4,7	81,7 ±7,8	85,8 ±2,3	88,0 ±3,9	87,2 ±3,5	88,6 ±5,8	86,6 ±4,3	88,7 ±3,4
	48h	94,5 ±2,2	94,1 ±1,4	93,1 ±0,9	94,7 ±1,4	93,8 ±2,0	94,5 ±2,6	93,1 ±1,5	95,2 ±1,7
Triticale	24h	92,3 ±2,2	91,7 ±3,6	88,8 ±3,6	89,5 ±4,2	90,7 ±2,6	92,3 ±2,5	90,4 ±3,4	93,9 ±2,3
	48h	95,9 ±2,2	94,9 ±1,8	93,9 ±0,4	94,1 ±1,0	94,5 ±1,8	94,4 ±0,3	95,1 ±2,4	96 ±1,7
Gerste	24h	77,4 ±3,0	73,3 ±8,6	71,6 ±4,2	68,7 ±8,5	78,6 ±5,5	73,3 ±11,6	76,0 ±7,5	71,6 ±4,6
	48h	87,1 ±4,8	85,6 ±7,7	87,2 ±2,0	85,5 ±3,4	86,7 ±4,2	90,1 ±4,5	89,8 ±0,6	87,3 ±3,4
Hafer	24h	67,2 ±1,6	68,6 ±2,8	67,2 ±0,3	66,4 ±1,7	67,5 ±1,4	68,9 ±3,2	65,4 ±4,0	67,2 ±0,00
	48h	74,6 ±1,6	74,4 ±1,6	70,7 ±1,1	74,5 ±0,8	73,1 ±1,1	76,0 ±2,7	73,6 ±2,7	75,5 ±1,00
Mais	24h	48,1 ±6,9	49,2 ±4,0	46,1 ±5,0	46,7 ±2,8	53,6 ±0,9	51,8 ±4,6	51,6 ±3,7	49,4 ±7,5
	48h	86,4 ±11,1	90,2 ±7,6	92,9 ±2,9	89,8 ±5,7	81,0 ±13,6	89,0 ±4,2	88,0 ±6,5	91,6 2,6

4.5.2 Leguminosen, Heu, Stroh

Der ruminale Abbau von Sonnenblumenextrakt, Sojaextraktionsschrot, High Protein Sojaextraktionsschrot (Soja Hp), von Heu sowie Stroh zeigte eine noch unregelmäßigere, aber ebenso geringe Beeinflussung durch die eingesetzten Salze wie bei den Getreidesorten (Tab. 10).

Während der Abbau von Sojaextraktionsschrot nach 24 Stunden Inkubation durch CaCl_2 und CaSO_4 um 5,1 und 3,2 % leicht verbessert wurde, zeigten sich nach Zulage von $\text{CaCl}_2+\text{MgSO}_4$ und MgCl_2 negative Effekte in der Größenordnung von $-1,6$ bis $-2,2$ %. Bei Soja Hp hatten hingegen CaCl_2 und $\text{CaCl}_2+\text{MgSO}_4$ eine positive und CaSO_4 und MgCl_2 , eine reduzierende Wirkung auf den Abbau.

Auch die Wirkungen der Salze und des Salzgemischs auf den Abbau des Sonnenblumenextraktes waren zu den zwei Inkubationszeitpunkten sehr unterschiedlich. Mit Supplementierung von CaCl_2 wurde der Abbau nach 24 Stunden im Vergleich zum Wash-out um 2,6 und nach 48 Stunden um 3,0 % positiv beeinflusst. Die restlichen drei Salze zeigten dagegen Wirkungen, die teilweise günstig und teilweise ungünstig gegenüber der Wash-out-Phase ausfielen. Dabei waren auch Veränderungen zwischen den beiden Proben Tagen zu beobachten.

Auch bei den Leguminosen war eine erwartungsgemäße Steigerung des Abbaus zwischen 24 und 48 Stunden Inkubation zu beobachten. Die Verdaulichkeit von Sonnenblumenextrakt nahm, von einer Ausnahme abgesehen, unabhängig von Salz- oder Wash-out-Phase zwischen den zwei Proben Tagen um 1,1 – 6 % zu. Bei Sojaextraktionsschrot lag die Zunahme zwischen 7,5 und 12,1 %, bei Soja Hp zwischen 1,4 und 12,2 %.

Der Abbau des Heus wurde durch alle vier Salze nach 24 Stunden Inkubation im Vergleich zur Wash-out-Phase um 1,0 (CaCl_2) bis 3,9 % ($\text{CaCl}_2+\text{MgSO}_4$) gesteigert, wobei nach 48 Stunden unter dem Einfluss von CaCl_2 und CaSO_4 0,3 und 1,1 % weniger abgebaut wurde als ohne Salzzulage.

Stroh wurde nach 24 als auch 48 Stunden durch die Zulage von CaSO_4 und MgCl_2 vermehrt, durch die Applikation von CaCl_2 weniger abgebaut.

Tabelle 10: Ruminaler Abbau der oS verschiedener Futtermittel nach 24 und 48 Stunden Inkubation während der Salzphase und der Wash-out-Periode (in %)

Futtermittel		CaCl ₂		CaSO ₄		CaCl ₂ + MgSO ₄		MgCl ₂	
		Salz	Wash-Out	Salz	Wash-Out	Salz	Wash-Out	Salz	Wash-Out
Sonneblumenextrakt	24h	61,3 ±3,4	58,9 ±7,9	60,8 ±1,4	62,7 ±8,3	59,3 ±2,7	59,9 ±4,2	60,5 ±3,1	58,3 ±6,8
	48h	67,3 ±1,4	64,3 ±3,7	65,1 ±3,2	62,3 ±2,4	64,3 ±1,2	64,8 ±1,1	61,6 ±3,2	63,2 ±1,8
Sojaextraktionsschrot	24h	90,2 ±3,3	85,1 ±5,0	89,4 ±3,3	86,2 ±2,1	84,2 ±10,7	86,8 ±8,5	86,6 ±6,6	88,2 ±7,2
	48h	96,7 ±0,9	97,2 ±1,5	96,9 ±0,7	96,8 ±1,6	97,1 ±1,4	97,0 ±0,4	97,3 ±0,9	97,1 ±1,3
Soja Hp	24h	93,3 ±4,6	91,0 ±9,1	91,3 ±6,1	96,8 ±1,6	91,7 ±5,3	90,1 ±6,8	85,8 ±1,5	92,3 ±6,0
	48h	97,5 ±1,6	97,6 ±1,8	97,7 ±1,3	98,2 ±1,5	97,8 ±1,9	99,0 ±0,1	98,0 ±1,3	97,9 ±1,3
Heu	24h	51,4 ±1,3	50,4 ±2,1	52,5 ±2,2	51,3 ±3,3	53,1 ±2,7	49,2 ±1,2	53,0 ±3,1	50,5 ±3,1
	48h	65,2 ±3,5	65,6 ±2,3	65,2 ±3,4	66,3 ±3,2	66,6 ±3,3	65,2 ±4,0	66,6 ±4,1	65,8 ±3,1
Stroh	24h	10,9 ±3,0	11,9 ±0,7	13,6 ±1,5	10,4 ±3,3	12,7 ±3,9	13,0 ±0,6	15,6 ±2,0	12,2 ±2,7
	48h	18,1 ±4,0	20,1 ±1,8	22,6 ±2,4	17,2 ±7,5	21,6 ±2,5	19,4 ±1,3	19,2 ±3,9	17,5 10,9

4.6 Spurenelementkonzentration im Serum

4.6.1 Kupfer

Abbildung 21 zeigt die Kupferkonzentration im Serum im Vergleich zur Kontrolle über den gesamten Zeitraum der Salzzulage. Es konnten keine signifikanten Veränderungen während der Salzsupplementierungen beobachtet werden. Die Mediane der Kupferkonzentrationen bei Salzzulage wichen mit Werten zwischen 11,1 und 12,7 $\mu\text{mol/l}$ (Tab. 37) um -3,5 bis +10,4 % Punkte von der Kontrolle (11,5 $\mu\text{mol/l}$) ab.

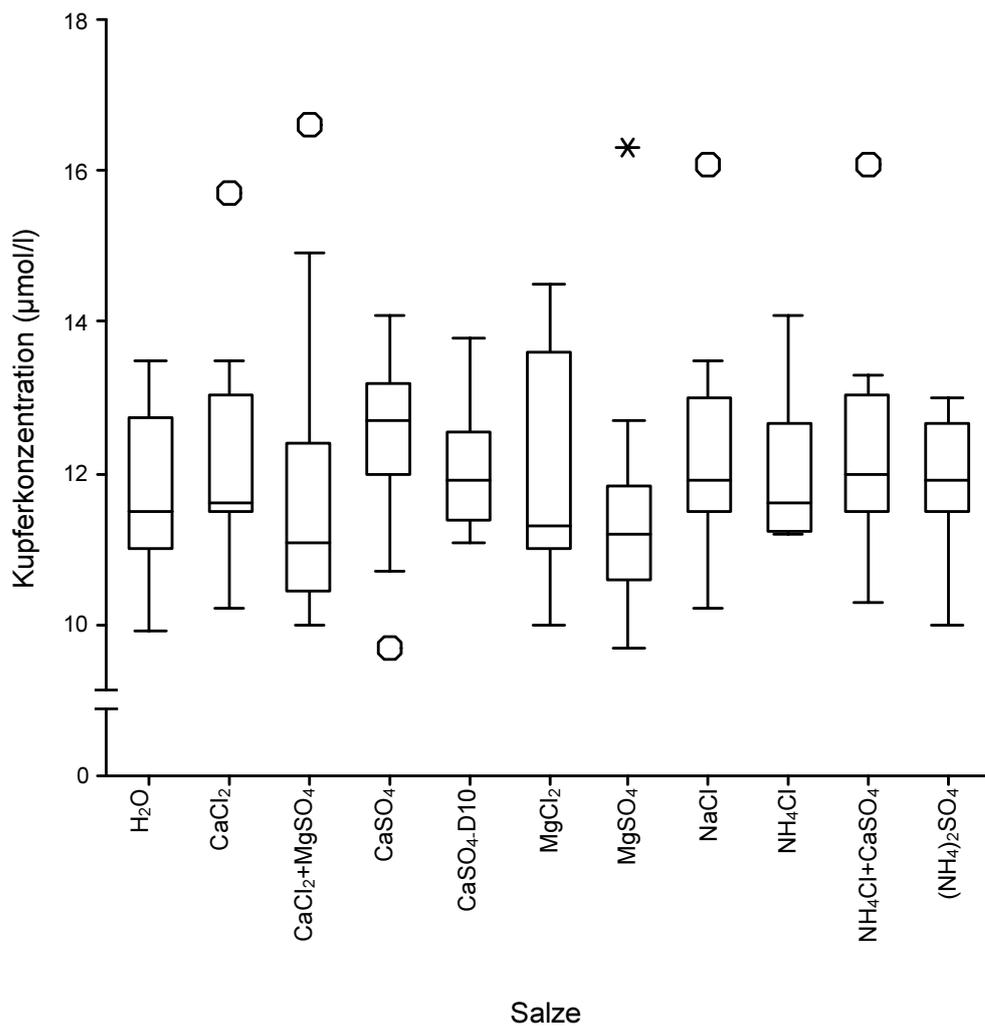


Abbildung 21: Kupferkonzentration im Serum ($\mu\text{mol/l}$) bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) über die gesamte Salzphase.

4.6.2 Eisen

Die Eisenkonzentrationen im Serum zeigten während der Salzapplikationen keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Kontrollapplikation (Abb. 22). Die Medianwerte unter Salzeinfluss (20 – 24 $\mu\text{mol/l}$) (Tab. 38) unterschieden sich um -4,8 bis +14,3 %-Punkte von der Kontrolle.

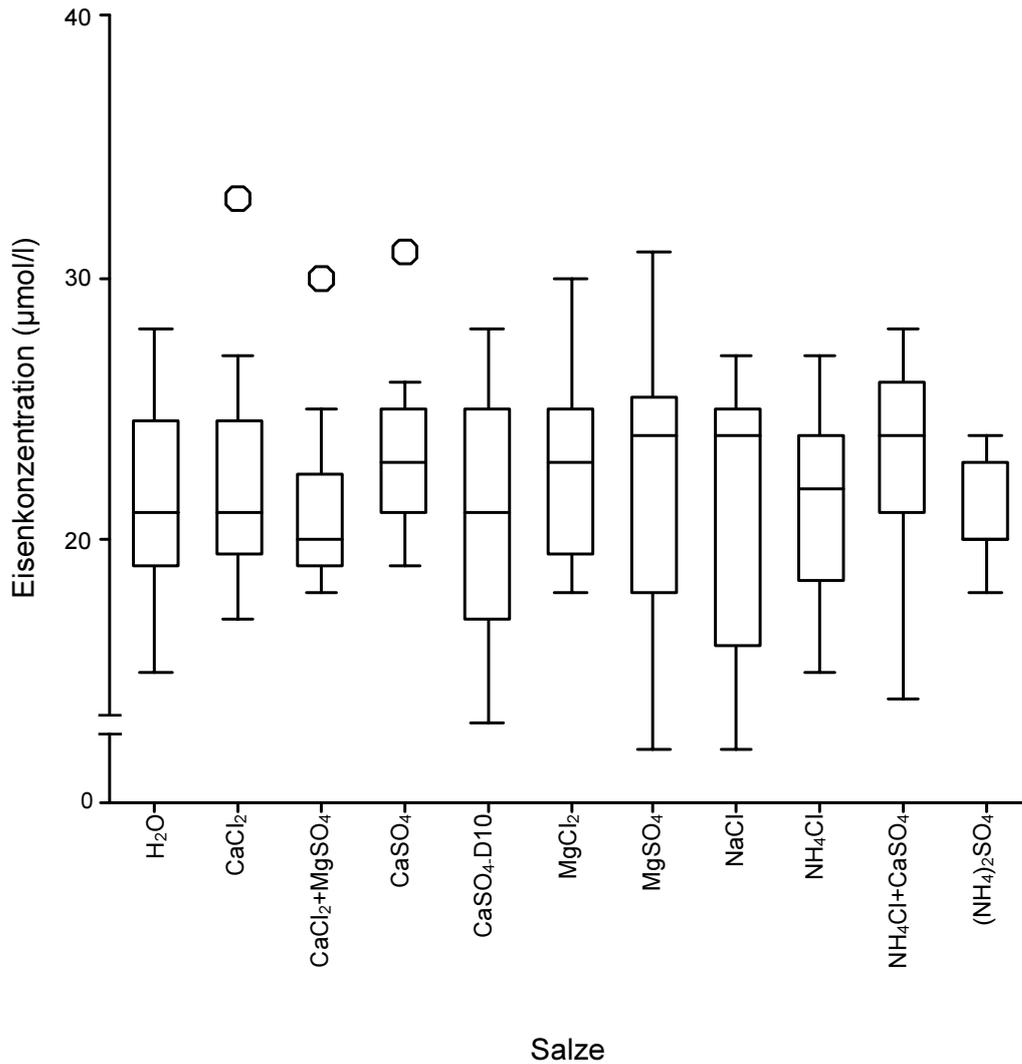


Abbildung 22: Eisenkonzentration im Serum ($\mu\text{mol/l}$) bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) über die gesamte Salzphase.

4.6.3 Zink

Obwohl 75 % der Zinkkonzentrationen während der Zulage von CaCl_2 oberhalb des Medianwertes der Kontrolle lagen, konnten hier sowie bei Zulage aller zehn weiteren Salze mit Medianwerten zwischen 11,2 und 12,5 $\mu\text{mol/l}$ (Tab. 39) keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle festgestellt (11,6 $\mu\text{mol/l}$) werden (Abb. 23). Die Abweichungen zur Kontrolle bewegten sich zwischen -3,5 und +7,8 %-Punkten.

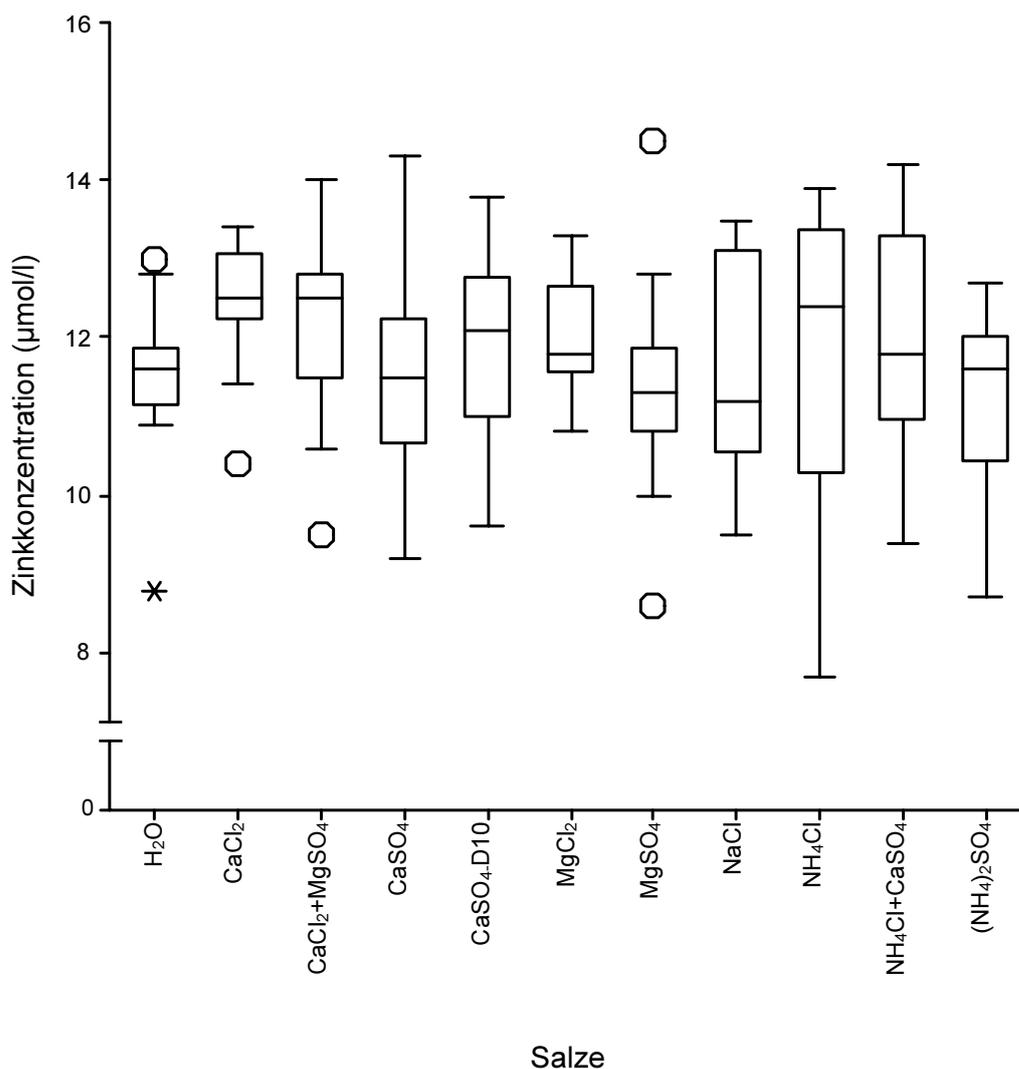


Abbildung 23: Zinkkonzentration im Serum ($\mu\text{mol/l}$) bei Salz- und Kontrollzulage (H_2O) über die gesamte Salzphase.

4.6.4 Selen

Während der Salzzulage war die Selenkonzentration im Serum im Vergleich zur Kontrolle kaum beeinflusst und nicht signifikant verändert (Abb. 24). Der Medianwert der Selenkonzentrationen betrug in der Kontrolle 0,78 $\mu\text{mol/l}$. Die Medianwerte während der Einwirkung der zehn Salze lagen zwischen 0,76 und 0,80 $\mu\text{mol/l}$ (Tab. 40) und unterschieden sich somit um -2,6 bis +2,6 %-Punkte von der Kontrolle.

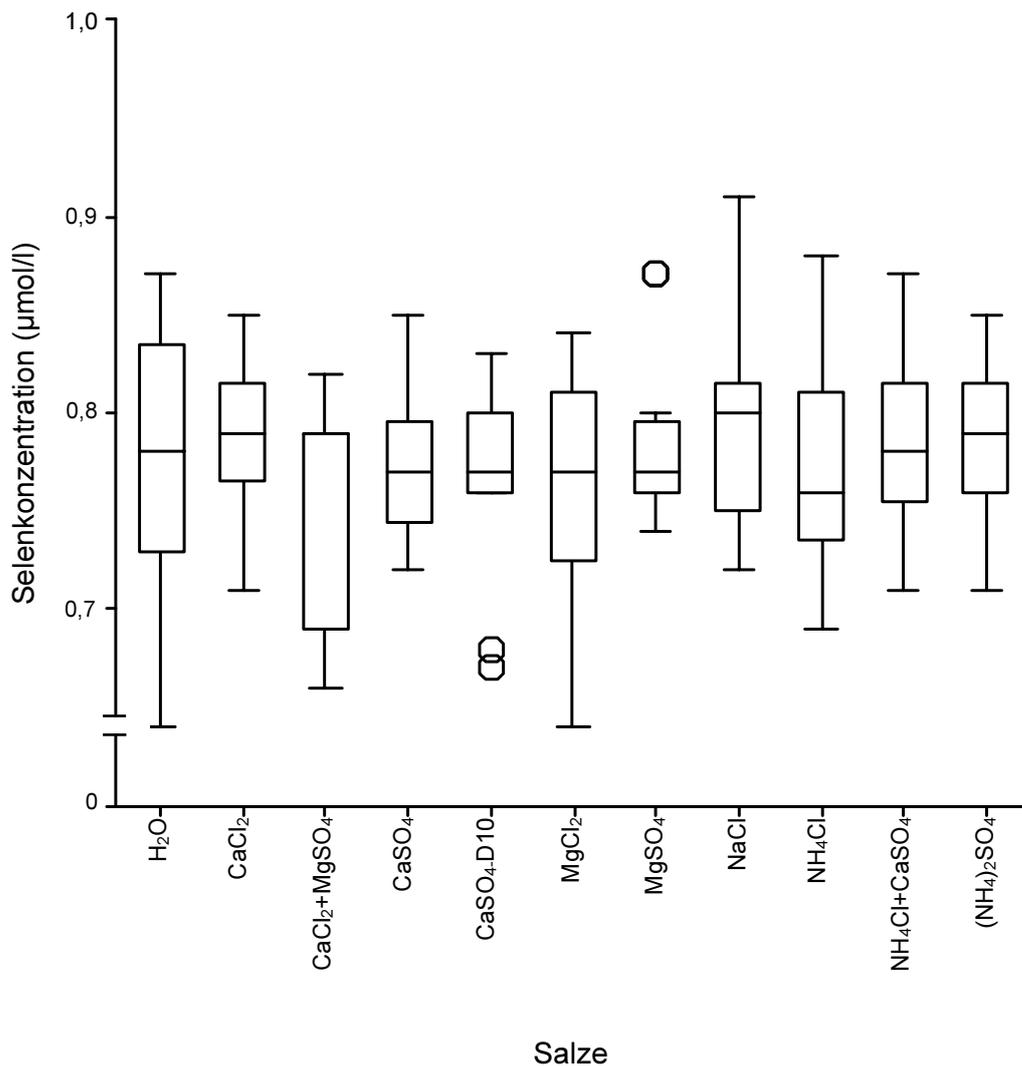


Abbildung 24: Selenkonzentration im Serum ($\mu\text{mol/l}$) bei Salz- und Kontrollzulage (H₂O) über die gesamte Salzphase.