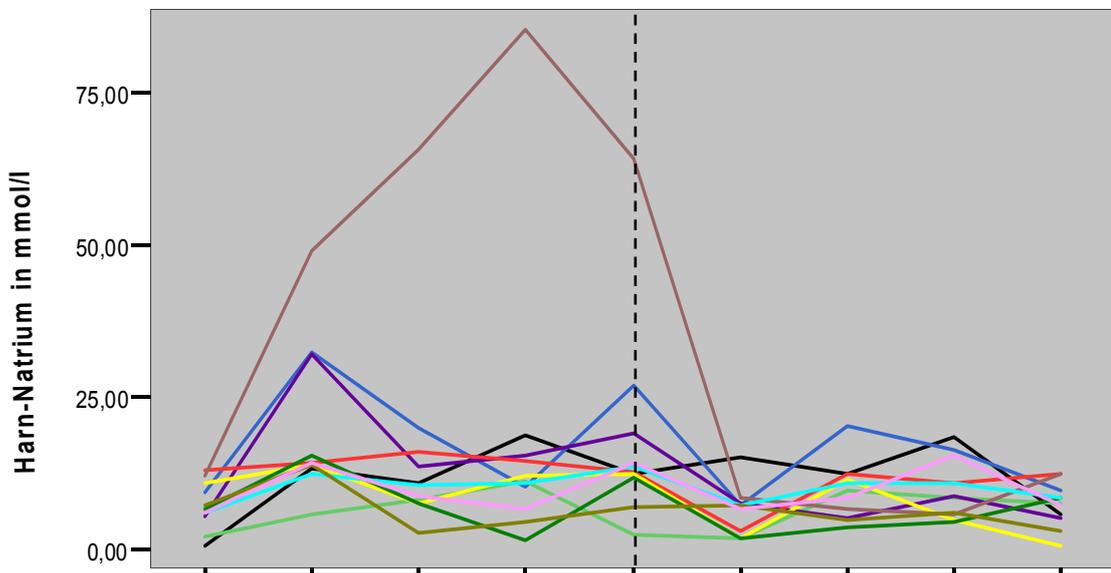


4 Ergebnisse

4.1 Effekt verschiedener Anionenergänzungen auf die Konzentration von Mengenelementen im Harn

4.1.1 Natrium (Na)

Die Harn-Na-Konzentration bleibt unter Verabreichung der meisten Salze weitestgehend unbeeinflusst. Für das Salz NaCl wird ein statistisch abgesicherter Effekt nachgewiesen. Entsprechend der Abb. 4 und Anhang Tab. 34 ist ein stetiger Anstieg mit Maximalwerten am Tag s11 ($\bar{x} \pm s = 85,3 \pm 71,3$ mmol/l) der Salzgabe zu beobachten. Das Absetzen des Salzes führt innerhalb von vier Tagen zum Rückgang in den Ausgangsbereich.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	n. s.	a**	a**	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

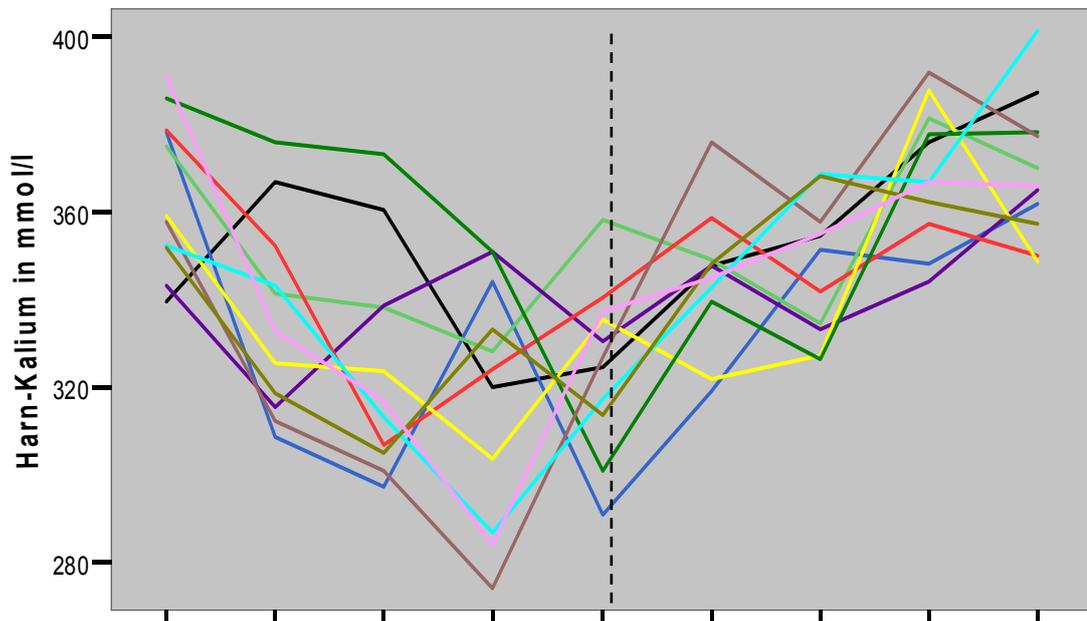
a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

Abb. 4: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Natrium-Konzentration und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.1.2 Kalium (K)

Wie in Abb. 5 deutlich wird, befinden sich die Messwerte der Harn-K-Konzentration in einem Bereich von $\bar{x} \pm s = 274,2 \pm 56,1$ und $\bar{x} \pm s = 401,1 \pm 72,7$ mmol/l. Die Verlaufsdarstellung lässt einen Abfall der Kaliumkonzentration unter Salzeinfluss vermuten. Wenngleich auch für die meisten Salze ein Abfall der Werte bis zum Tag s11 ersichtlich ist, ein statistisch abgesicherter Einfluss der Salzwirkung im Vergleich zu den Kontrolltieren kann nicht nachgewiesen werden. Anders der Vergleich zum Ausgangswert. Hier wird an drei Zeitpunkten ein signifikanter Unterschied für die Salze CaCl_2 und $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ angezeigt.



Salz	Probentag								
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂	n. s.	n. s.	a	n. s.	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
MgCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	a	n. s.				

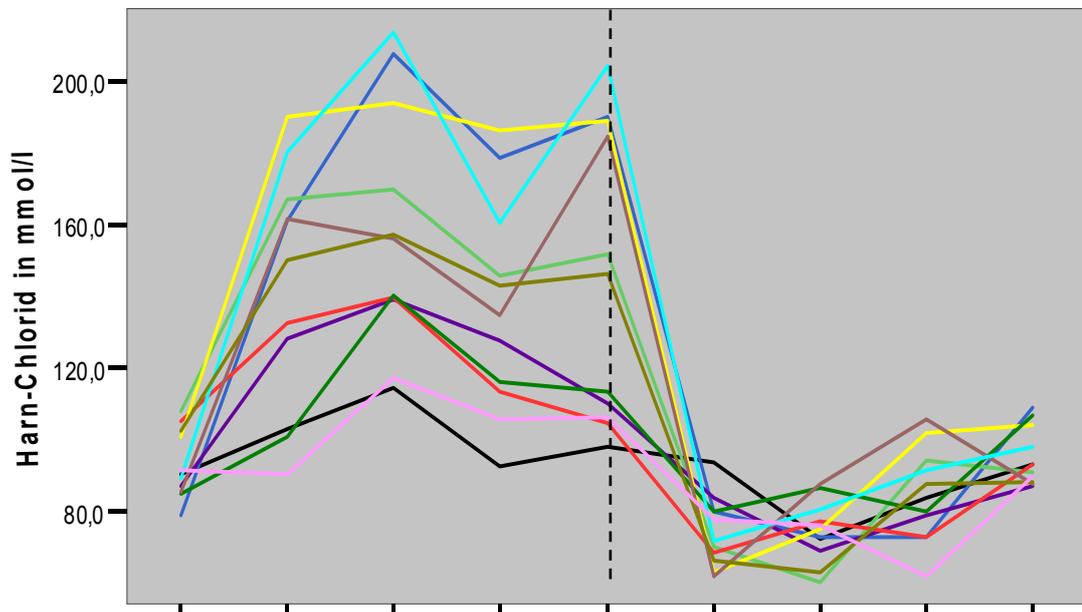
n. s. nicht signifikant

a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

Abb. 5: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Kalium-Konzentration und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probentage zum Ausgangswert (s0).

4.1.3 Chlorid (Cl)

Die Salze CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl und NH_4Cl führen zu einer deutlichen Erhöhung der Cl-Konzentration im Harn (Abb. 6, Anhang Tab. 36). Verglichen zum Ausgangswert sind am Tag s4 zweifach höhere Konzentrationen und maximale Auslenkungen am Tag s7 (NH_4Cl : $\bar{x} \pm s = 213,7 \pm 48,2$ mmol/l) nachweisbar. Dieser Effekt wird zumeist für die Dauer der Verabreichung aufrechterhalten und endet erst nach Absetzen der Salze. Sowohl die beiden Salzmischungen als auch Sulfat-Salze zeigen keinen statistisch gesicherten Einfluss auf die Harn-Chlorid-Konzentration. Signifikante Unterschiede zu den Kontrolltieren werden tabellarisch dargestellt.



Salz	Probestag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	a*	a**	a*	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	a*	a**	a**	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	a*	a	n. s.	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	a**	a**	n. s.	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

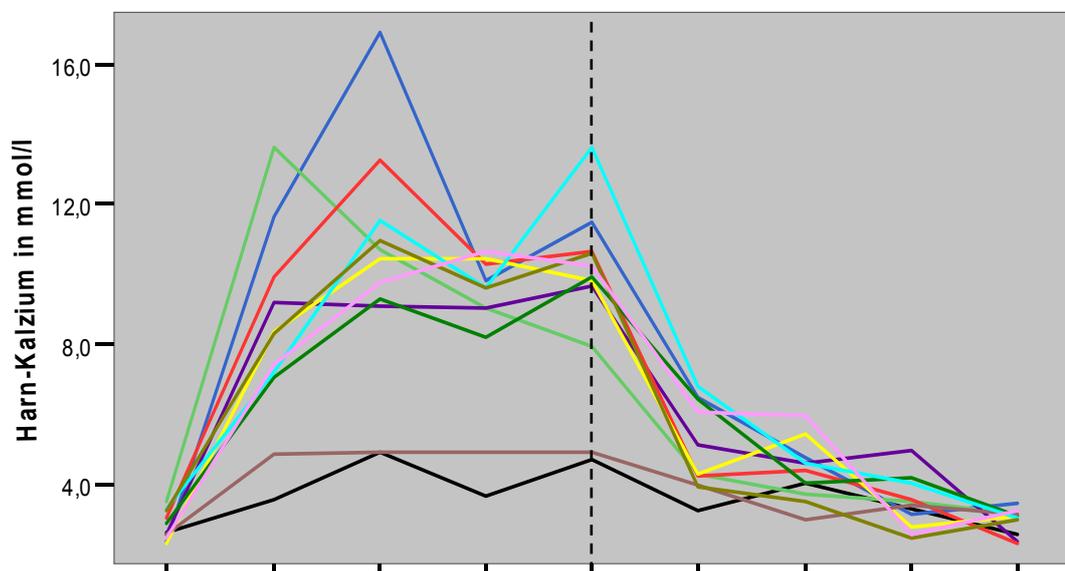
a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

* / ** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,05 / 0,01 signifikant.

Abb. 6: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Chlorid-Konzentration und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probestage zum Ausgangswert (s0).

4.1.4 Kalzium (Ca)

Die Harn-Ca-Konzentration wird mit Ausnahme von H₂O und NaCl durch alle anderen verabreichten Salze signifikant erhöht (Abb. 7, Anhang Tab. 37). Auch Salze, die kein Kalzium enthalten, bewirken nach vier Tagen der Verabreichung eine Erhöhung der Konzentration auf das zwei- bis dreifache des Ausgangswertes. Stärkste Auslenkungen am Tag s7 und somit eine Erhöhung auf das vier- bis siebenfache des Ausgangswertes erzielen CaCl₂ ($\bar{x} \pm s = 16,9 \pm 15,6$ mmol/l), CaSO₄-D10 ($\bar{x} \pm s = 13,3 \pm 5,4$ mmol/l) und NH₄Cl ($\bar{x} \pm s = 11,6 \pm 11,06$ mmol/l). Dieser Einfluss bleibt zumeist unter der weiteren Salzgabe erhalten oder verstärkt sich. Mit Absetzen der Behandlung sinken alle Werte innerhalb von sieben Tagen zurück in ihren Ausgangsbereich.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	a**	a**	a**	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	a**	a	a*	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄	n. s.	a*	a	a*	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	a*	a**	a**	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	a**	a*	a*	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	n. s.	a*	a*	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	a*	a*	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	*	a*	*	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	a*	a**	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

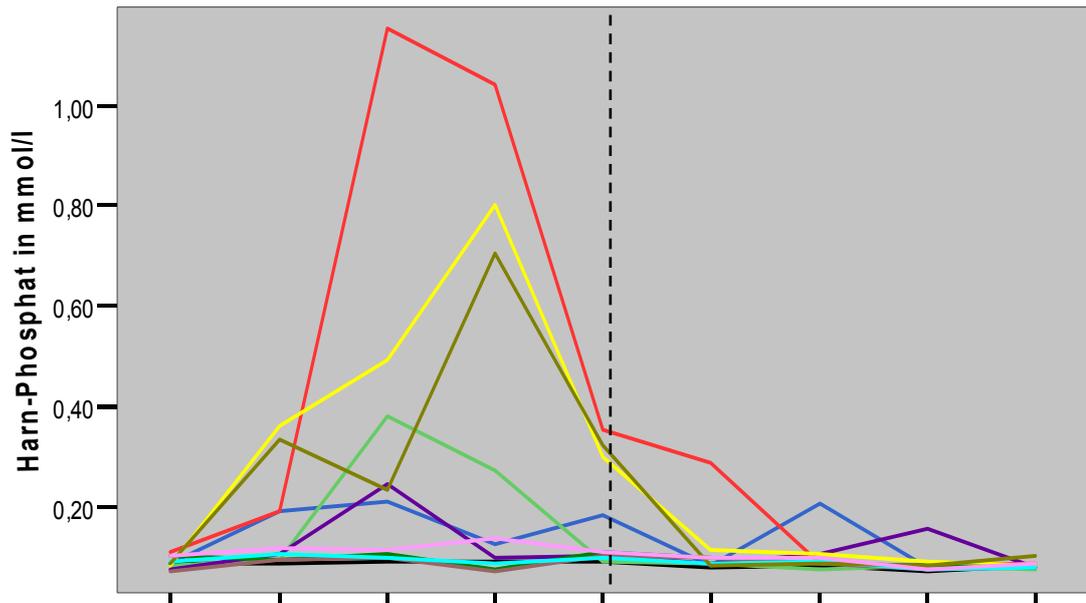
a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

* / ** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,05 / 0,01 signifikant.

Abb. 7: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Kalzium-Konzentration und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.1.5 Anorganisches Phosphat (P_i)

Der Einfluss verabreichter Salze auf die Harn-P_i-Konzentration wird in Abb. 8 verdeutlicht. Höchste Mittelwerte werden am Tag s7 und Tag s11 durch die Salze CaSO₄-D10, MgCl₂ und der Salzmischung NH₄Cl+CaSO₄ erreicht. Dabei befinden sich alle Werte innerhalb des Referenzbereiches von < 5,7 mmol/l. Statistisch abgesicherte Unterschiede zum Ausgangswert und zu den Kontrolltieren können nicht nachgewiesen werden.



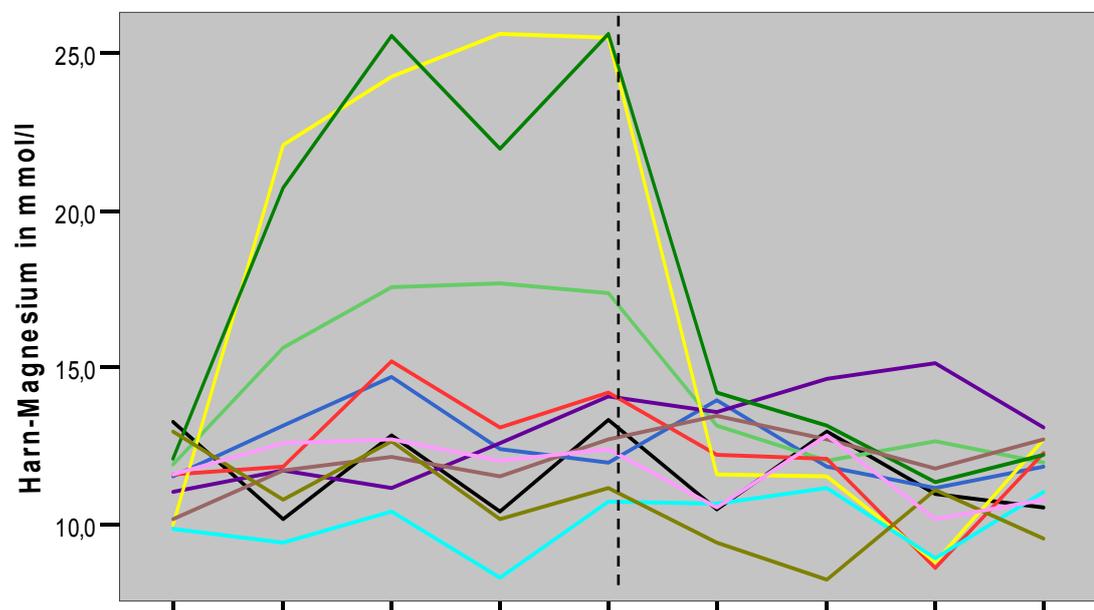
Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
MgCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

n. s. nicht signifikant

Abb. 8: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Phosphat-Konzentration und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.1.6 Magnesium (Mg)

Die Gabe von Mg-Salzen hat erwartungsgemäß einen Anstieg der renalen Mg-Konzentration zur Folge. Dies kann auch für die Salze MgCl_2 und MgSO_4 statistisch abgesichert werden (Abb. 9, Anhang Tab. 39). Über den Zeitraum der Behandlung steigen die Konzentrationen am Tag s14 auf Maximalwerte von $\bar{x} \pm s = 25,6 \pm 12,6$ mmol/l an, um nach Absetzen der Salze innerhalb von vier Tagen in die Ausgangsbereiche zurückzufallen. Obwohl die Kombination $\text{CaCl}_2 + \text{MgSO}_4$ keinen signifikanten Unterschied aufweist, so liegen die Harn-Mg-Konzentrationen unter Einfluss dieser Salzmischung dennoch deutlich über denen, der magnesiumfreien Komponenten.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	a**	a**	a**	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	a**	a**	a**	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

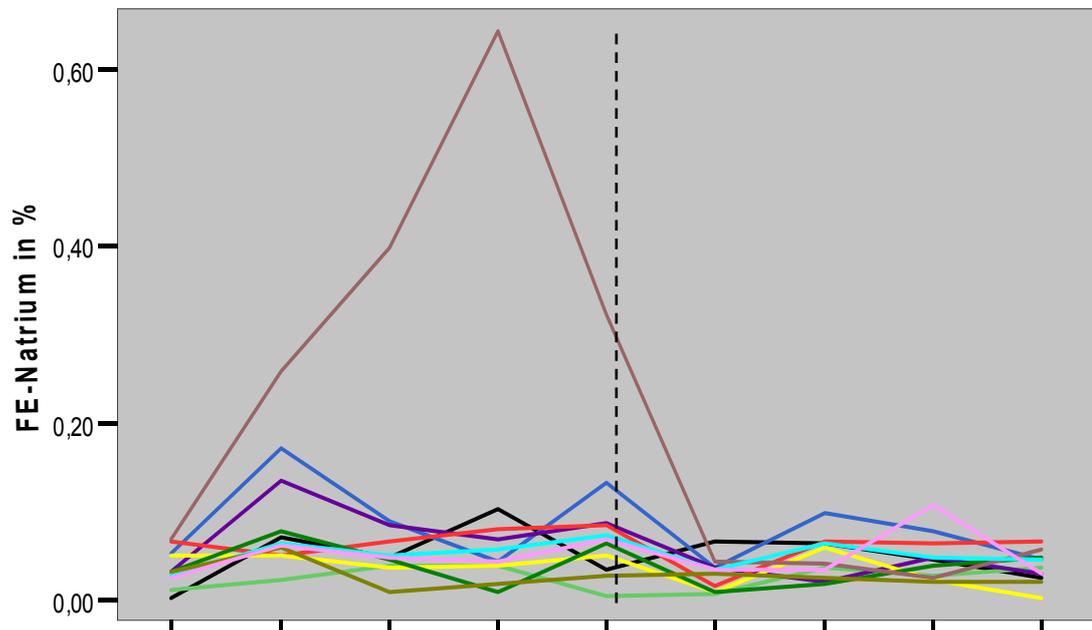
** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

Abb. 9: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Magnesium-Konzentration und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

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

4.2.1 FE-Natrium (FE_{Na})

Ein Einfluss der verabreichten Salze auf die FE_{Na} kann einzig für das Salz NaCl ab Tag s7 nachgewiesen werden (Abb. 10, Anhang Tab. 40). Dabei steigt die Exkretionsrate bis zum Tag s11 auf das zehnfache des Ausgangswertes ($\bar{x} \pm s = 0,64 \pm 0,63\%$) an und fällt nach dem Absetzen der Salzbehandlung in den Bereich des Ausgangswertes zurück.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	n. s.	a**	a**	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

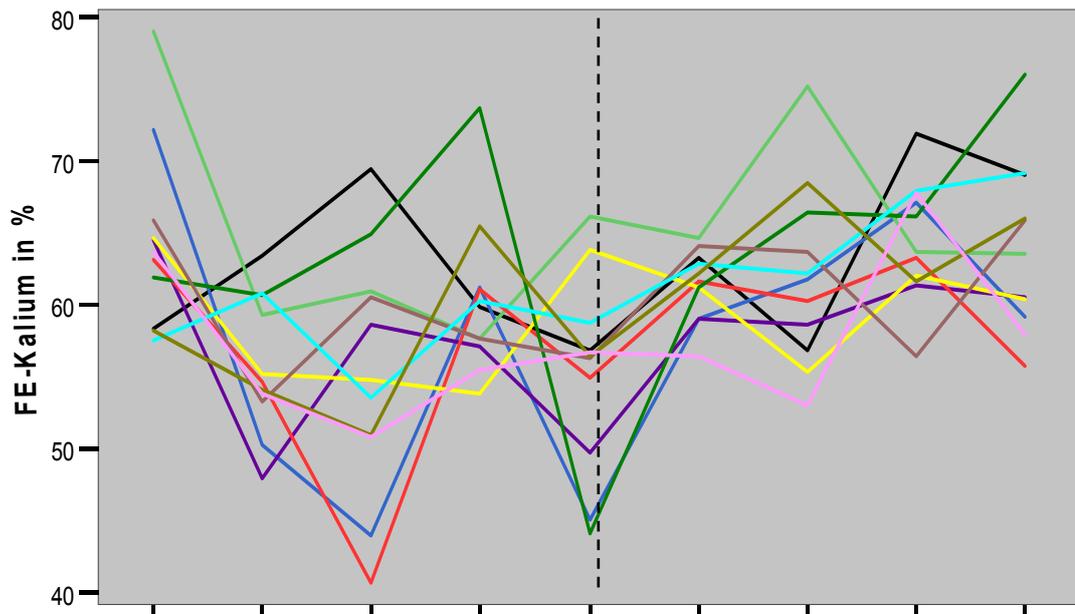
a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

Abb. 10: Verlaufdiagramm der Mittelwerte FE-Natrium im Harn und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.2.2 FE-Kalium (FE_K)

Insgesamt unterliegen die Messergebnisse der FE_K einer großen Schwankungsbreite (Abb. 11, Anhang Tab. 41). Eine signifikante Verminderung der FE_K kann nach sieben Tagen Salzbehandlung für CaCl₂ ($\bar{x} \pm s = 40,2 \pm 25,2$ %) und CaSO₄ -D10 ($\bar{x} \pm s = 40,7 \pm 12,6$ %) nachgewiesen werden.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂	n. s.	n. s.	a**	n. s.						
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	*	n. s.						
MgCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

n. s. nicht signifikant

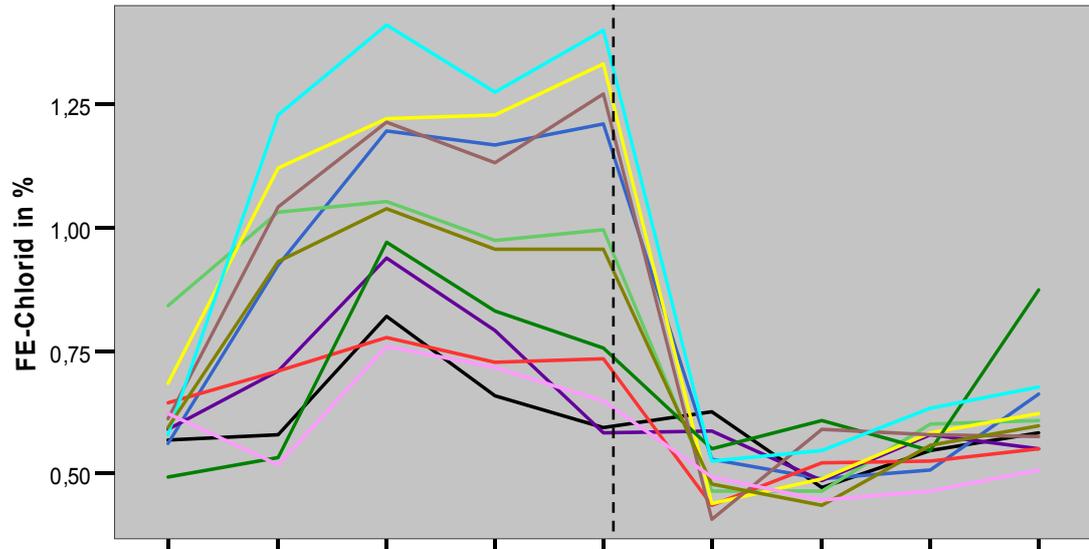
a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

* / ** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,05 / 0,01 signifikant.

Abb. 11: Verlaufsdigramm der Mittelwerte FE-Kalium im Harn und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.2.3 FE-Chlorid (FE_{Cl})

In Abb. 12 wird deutlich, dass das Verabreichen chloridhaltiger Salze einen prompten Anstieg der FE_{Cl} zur Folge hat. Die stärksten Auslenkungen am Tag s14 werden unter Einfluss der Salze NH₄Cl ($\bar{x} \pm s = 1,40 \pm 0,39$ %), MgCl₂ ($\bar{x} \pm s = 1,33 \pm 0,51$ %), NaCl ($\bar{x} \pm s = 1,27 \pm 0,32$ %) und CaCl₂ ($\bar{x} \pm s = 1,21 \pm 0,47$ %) beobachtet. Die Verlaufskurven der Sulfatsalze unterscheiden sich unwesentlich von der des Wassers. Signifikante Unterschiede werden tabellarisch dargestellt.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	a*	a	a*	a*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	*	n. s.							
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	**	a	a**	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	**	a	n. s.	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	a**	a**	a*	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	*	n. s.							
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

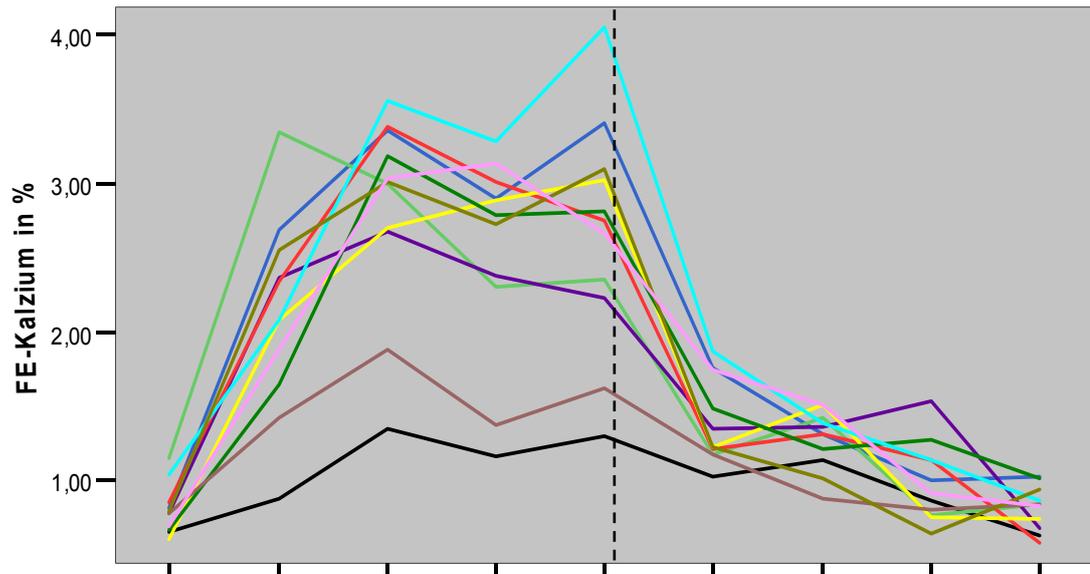
a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

* / ** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,05 / 0,01 signifikant.

Abb. 12: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte FE-Chlorid im Harn und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.2.4 FE-Kalzium (FE_{Ca})

Mit Ausnahme von H₂O und NaCl führen alle anderen Salzvarianten zu einem signifikanten Anstieg der FE_{Ca} (Abb. 13, Anhang Tab. 43). Zumeist wird dieser Effekt am Tag s4 nachgewiesen und für die Dauer der Verabreichung aufrechterhalten. Höchste Werte am Tag s7 bewirken NH₄Cl, CaSO₄ -D10 und CaCl₂. Das Beenden der Behandlung führt zur prompten Verminderung der Exkretionsrate und erreicht nach 7 Tagen den Bereich ihrer Ausgangswerte.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	a**	a**	a**	a*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	a**	a	*	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄	n. s.	a**	a	a*	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	a**	a**	a**	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	a**	a*	a**	a*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	a	a*	a**	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	a	a**	a**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	a**	a*	a*	a*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	a	a**	a	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

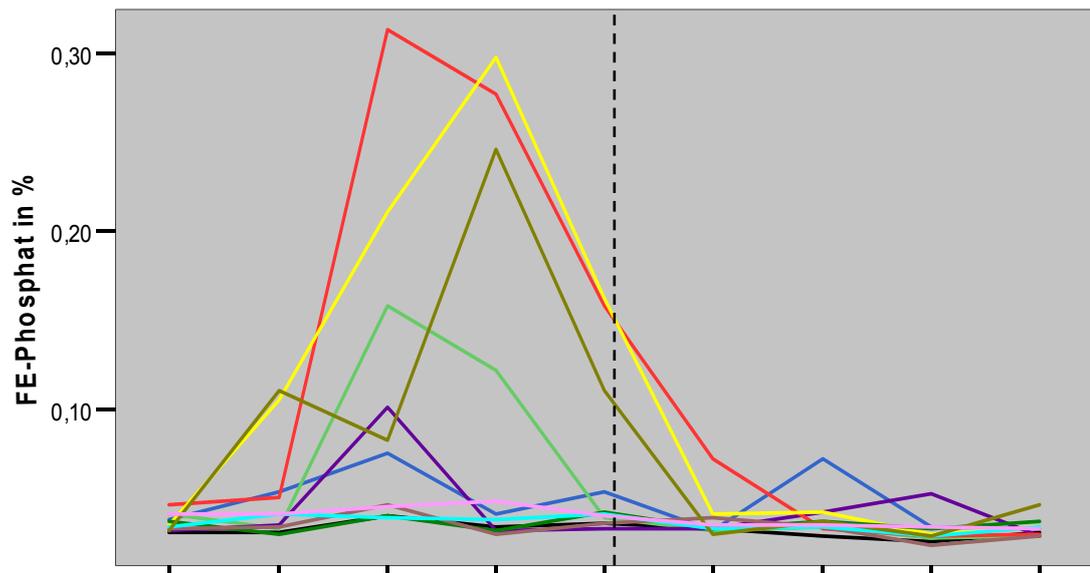
a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

* / ** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,05 / 0,01 signifikant.

Abb. 13: Verlaufsdigramm der Mittelwerte FE-Kalzium im Harn und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.2.5 FE-anorganisches Phosphat (FE_{Pi})

Der zeitliche Verlauf der fraktionierten Exkretion P_i unter Salzeinfluss wird in Abb. 14 gezeigt. Höchstwerte werden am Tag s7 und Tag s11 durch die Salze CaSO₄-D10, MgCl₂ und der Salzmischung NH₄Cl+CaSO₄ erreicht. Signifikante Unterschiede werden weder im Vergleich zu den Werten der Kontrolltiere noch zum Ausgangswert nachgewiesen.



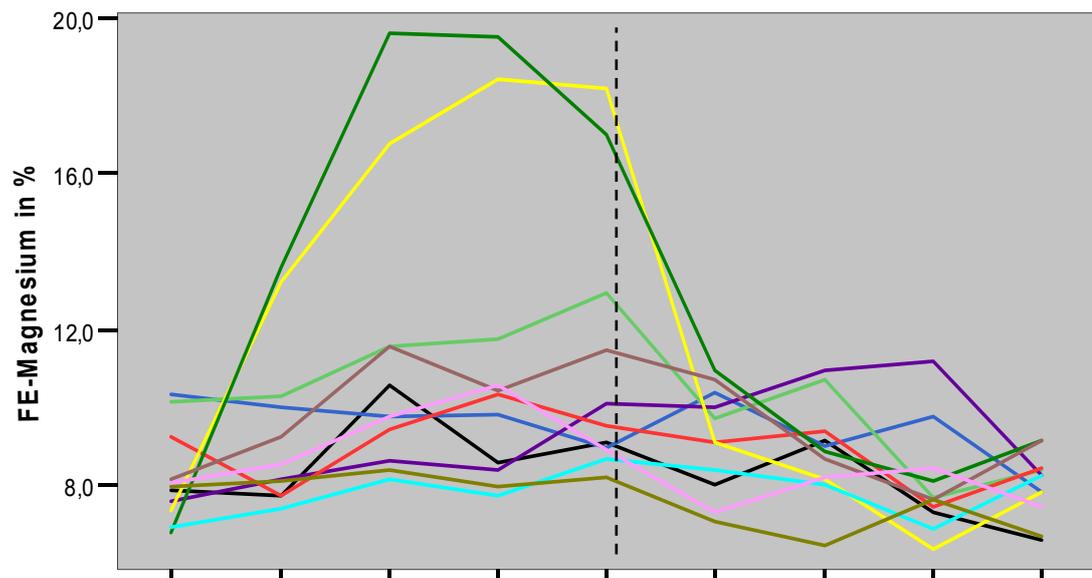
Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	

n. s. nicht signifikant

Abb. 14: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte FE-anorganisches Phosphat im Harn und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.2.6 FE-Magnesium (FE_{Mg})

Bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der fraktionierten Exkretion Mg (Abb. 15, Anhang Tab. 45) wird wiederum der Einfluss der Magnesiumsalze deutlich. Dabei erhöht sich die Exkretionsrate signifikant über den Zeitraum der Verabreichung auf das zwei- bis dreifache des Ausgangswertes und erreicht für $MgSO_4$ am Tag s7 ein Maximum von $\bar{x} \pm s = 19,6 \pm 7,2\%$. Innerhalb von vier Tagen nach Beenden der Salzapplikation fallen die Messwerte zurück in ihren Ausgangsbereich.



Salz	Probentag									
	s0	s4	s7	s11	s14	w4	w7	w11	w14	
H ₂ O	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄ -D10	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
MgCl ₂	n. s.	a**	a**	a**	a**	n. s.				
MgSO ₄	n. s.	a**	a**	a**	a**	n. s.				
NaCl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

n. s. nicht signifikant

a Die mittlere Differenz Salz zum Ausgangswert s0 ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

** Die mittlere Differenz Salz zu H₂O ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

Abb. 15: Verlaufdiagramm der Mittelwerte FE-Magnesium im Harn und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Salze zu den Kontrolltieren (H₂O) und aller Probenstage zum Ausgangswert (s0).

4.3 Tagesprofil und zirkadiane Rhythmik

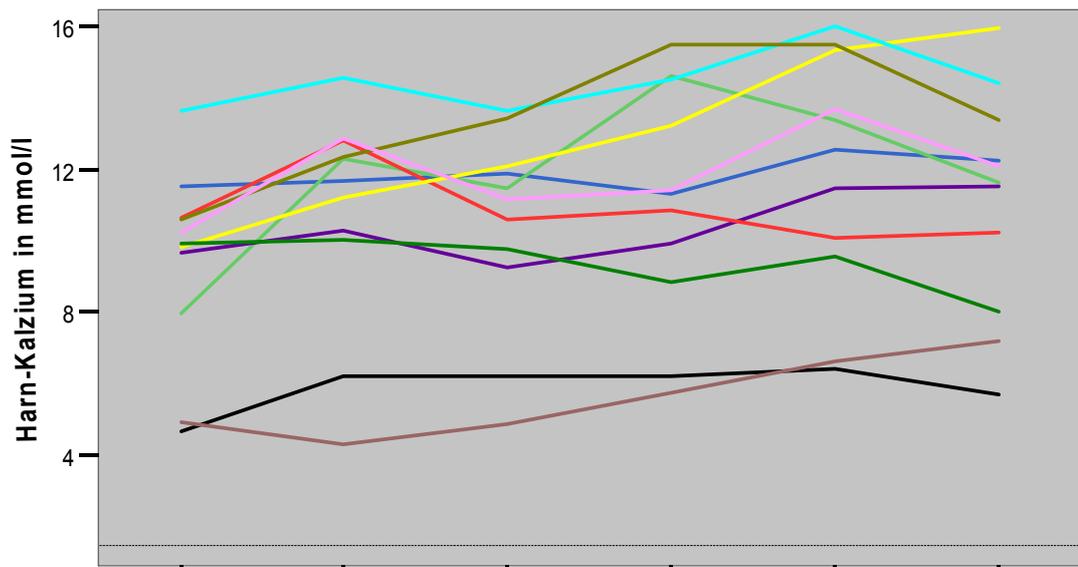
Da ein zeitlich unabhängiges Monitoring der Salzwirkung die Konstanz der Kontrollparameter voraussetzt, wurde zur Überprüfung einer zirkadianen Rhythmik im Mengenelementhaushalt des Rindes am Ende jeder Salzphase (Tag s14) ein 24h-Profil erstellt. Dazu wurde an jedem dieser Tage der Harn aller Probanden über 24 Stunden aufgefangen, in Zeitintervallen von vier Stunden die Harnmenge bestimmt sowie jeweils eine Sammelprobe abgefüllt und analysiert. Die erste Probenanalyse fand um 11.00 Uhr statt, so dass ein Ausgangswert vor der ersten Salzapplikation (07.00 Uhr) für diesen Tag fehlt. Stattdessen wird der Tagesprofilendwert (07.00 Uhr des folgenden Tages) als Vergleichswert zu allen anderen Probezeitpunkten genutzt, da davon auszugehen ist, dass sich dieser ähnlich dem Wert 24 Stunden vorher verhält.

Des Weiteren wird das Gesamtharnvolumen sowie die renale Gesamtmengenelementausscheidung am Tag s14 anhand der Ergebnisse aller Entnahmezeitpunkte berechnet und der Einfluss der sauren Salze untersucht. Als Absolutbeträge eines Tages können diese Parameter aussagekräftige Einflussgrößen darstellen.

Auf Grund der Resultate aus Abschnitt 4.1 und 4.2 wird im Folgenden Interesse auf die Mengenelemente Kalzium und Chlorid gelegt. Um die Beziehung zu Parametern des Säuren-Basen-Haushaltes (SBH) aufzeigen zu können, werden zusätzlich Untersuchungsergebnisse zu pH-Wert und Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) in die Auswertungen aufgenommen. Weitere Ergebnisse zum SBH werden bei Löffler (2005) angeführt.

4.3.1 Tagesverlauf der Harn-Kalzium-Konzentration

Wie in Abb. 16 (Anhang Tab. 47) ersichtlich, verlaufen die Zeitkurven in Abhängigkeit der verabreichten Salze auf höherem Niveau im Vergleich zu den Kontrolltieren (H_2O) und den Tieren, denen $NaCl$ verabreicht wird. Dies ist als Ausdruck der zuvor 13-tägigen Salzbehandlung anzusehen und steht in Übereinstimmung mit den im Abschnitt 4.1.4 dargestellten Ergebnissen. Insgesamt liegen alle Messwerte oberhalb des Referenzwertes von $< 1,5$ mmol/l (fein gezeichnete Linie). Dabei befinden sich die gemittelten Werte der Kalziumkonzentration zum Zeitpunkt 07.00 Uhr zwischen 5,7 und 15,9 mmol/l. Die Kontrolltiere verbleiben über den Tag auf einem Niveau von $\bar{x} \pm s = 5,9 \pm 6,0$ mmol/l. Auch die Werte der unter Salzeinfluss stehenden Rinder zeigen im weiteren Tagesverlauf relative Konstanz. Es kann zu keinem der untersuchten Zeitpunkte ein statistisch abgesicherter Unterschied zum Ausgangswert 07.00 Uhr, d.h. keine zirkadiane Rhythmik nachgewiesen werden.



Salz	Zeit					
	11.00 Uhr	15.00 Uhr	19.00 Uhr	23.00 Uhr	03.00 Uhr	07.00 Uhr
H ₂ O	n. s.					
CaCl ₂	n. s.					
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.					
CaSO ₄	n. s.					
CaSO ₄ -D10	n. s.					
MgCl ₂	n. s.					
MgSO ₄	n. s.					
NaCl	n. s.					
NH ₄ Cl	n. s.					
NH ₄ Cl+CaSO ₄	n. s.					
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.					

n. s. nicht signifikant

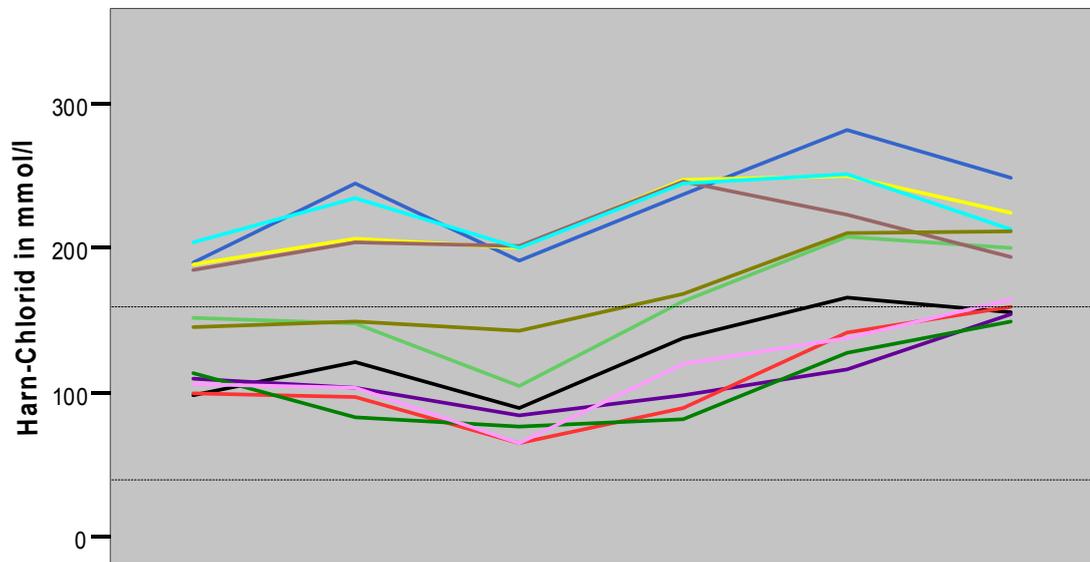
Abb. 16: Tagesverlauf der mittleren Harn-Kalzium-Konzentration am Tag 14 der Anionenapplikation und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Probenzeitpunkte zum Zeitpunkt 07.00 Uhr.

4.3.2 Tagesverlauf der Harn-Chlorid-Konzentration

Abbildung 17 (Anhang Tab. 48) zeigt den Einfluss der sauren Salze bzw. der Negativkontrolle im 24h-Verlauf. Es wird deutlich, dass die Chloridsalze eine höhere Cl-Ausscheidung provozieren als dies die anderen Salze bzw. H₂O erwirken. Dabei befinden sich die Cl-Konzentrationen zum Zeitpunkt 11.00 Uhr für die Salze NH₄Cl ($\bar{x} \pm s = 203,9 \pm 62,1$ mmol/l), CaCl₂ ($\bar{x} \pm s = 189,7 \pm 72,8$ mmol/l), MgCl₂ ($\bar{x} \pm s = 188,6 \pm 62,5$ mmol/l) und NaCl ($\bar{x} \pm s = 184,4 \pm 64,6$ mmol/l) oberhalb des Referenzbereiches von 160 mmol/l. Die anderen Salze verbleiben im zeitlichen Verlauf innerhalb des Referenzintervalls und folgen im Wesentlichen dem Verlauf des H₂O, abweichend die beiden Salzkombinationen

4 Ergebnisse

CaCl₂+MgSO₄ und NH₄Cl+CaSO₄, die sich ab dem Zeitpunkt 23.00 Uhr in Richtung der anderen Chloridsalze bewegen und damit ebenfalls das Referenzintervall überschreiten.



Salz	Zeit					
	11.00 Uhr	15.00 Uhr	19.00 Uhr	23.00 Uhr	03.00 Uhr	07.00 Uhr
H ₂ O	**	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂	**	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.
CaCl ₂ +MgSO ₄	n. s.	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄	n. s.	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.
CaSO ₄ -D10	**	**	**	**	n. s.	n. s.
MgCl ₂	n. s.					
MgSO ₄	n. s.					
NaCl	n. s.					
NH ₄ Cl	n. s.					
NH ₄ Cl+CaSO ₄	**	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.
(NH ₄) ₂ SO ₄	n. s.	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.

n. s. nicht signifikant

** Die mittlere Differenz Salz zum Zeitpunkt 07.00 Uhr ist auf der Stufe 0,01 signifikant.

Abb. 17: Tagesverlauf der mittleren Harn-Chlorid-Konzentration am Tag 14 der Anionenapplikation und Ergebnisübersicht der Mehrfachvergleiche aller Probenzeitpunkte zum Zeitpunkt 07.00 Uhr.

Bei Betrachtung des Kurvenverlaufs fällt ein Einfluss zum Zeitpunkt 19.00 Uhr auf, bei dem die Cl-Konzentrationen aller Salze und der Negativkontrolle Tiefstwerte erreichen, um fortan bis zum Zeitpunkt 07.00 Uhr wieder anzusteigen. Die Ergebnisse der Varianzanalyse bestätigen diese Vermutung mit einem signifikanten Unterschied für H₂O und sechs von zehn Salzen im Vergleich 19.00 Uhr zu 07.00 Uhr. Weiterhin fallen die signifikanten Unterschiede des H₂O, CaCl₂ und NH₄Cl+CaSO₄ an 11.00 Uhr sowie des CaSO₄-D10 der Zeitpunkte 11.00, 15.00, 19.00 und 23.00 Uhr zum Ausgangswert 07.00 Uhr auf. Ein zirkadianer Rhythmus wird hiermit nachgewiesen. Da dies auch für die Kontrolltiere zutrifft, kann hier nur von einem salzunabhängigen Einfluss ausgegangen werden.

4.3.3 24-Stunden Harnvolumen

In Zeitabständen von jeweils vier Stunden wurde der bis dahin aufgefangene Urin gewogen, die Dichte bestimmt und über die Gleichung

$$\frac{\text{Masse}}{\text{Dichte}} = \text{Volumen}$$

die Harnmenge (Liter) errechnet. In Abb. 18 werden die mittleren Volumina an s14 in Abhängigkeit der Salzgruppen dargestellt.

Diese Darstellung zeigt den geringsten Wert für die Kontrolltiere ($\bar{x} \pm s = 8,66 \pm 2,14$ l) und den höchsten Wert für die Tiere, die CaCl_2 erhielten ($\bar{x} \pm s = 13,24 \pm 6,14$ l). Der Vergleich aller Salzgruppen zu H_2O ergibt einzig für CaCl_2 ein signifikant größeres Ausscheidungsvolumen (Tab. 20). Dabei verbleiben die Ausscheidungsmengen innerhalb physiologischer Grenzbereiche. Des Weiteren liegt die durchschnittliche Tagesharnmenge der mit Chloridsalzen behandelten Tiere ($x_{\text{mean}} = 11,67$ l) um etwa 10% höher als bei den Tieren, denen Sulfatsalze verabreicht wurden ($x_{\text{mean}} = 10,27$ l) und um ca. 35% über den unbehandelten Kontrolltieren.

4.3.4 Harn-Chlorid-Ausscheidung

Die anhand der einzelnen Probenentnahmen am Tag s14 errechneten Gesamtmengen an Chlorid im Harn ($\text{Harn-Cl}_{\text{total}}$) befinden sich zwischen $\bar{x} \pm s = 972,3 \pm 560,6$ mmol/24h für $\text{CaSO}_4\text{-D10}$ und $\bar{x} \pm s = 2723,9 \pm 424,9$ mmol/24h für CaCl_2 (Abb. 19). Umgerechnet entspricht das einem täglichen Verlust über den Harn von 34,5 g Chlorid unter Gabe von $\text{CaSO}_4\text{-D10}$ und von 96,7 g für CaCl_2 . Es dominieren in ihrer Wirkung die Einzel-Chlorid-Salze CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl und NH_4Cl gefolgt von den beiden chloridhaltigen Salzmischungen. Bemerkenswert ist, dass sich sämtliche chloridfreien Salze weder zu den Kontrolltieren noch untereinander signifikant unterscheiden.

Der Salzeinfluss auf die mittlere Harn-Cl-Konzentration ($\text{Harn-Cl}_{\text{mean}}$) an s14 stellt sich ebenso durch erhöhte Messergebnisse dar (Abb. 20). Alle chloridhaltigen Salze bewirken Werte oberhalb des Referenzwertes von 160 mmol/l. Höchste Ausprägungen werden wiederum durch NH_4Cl , CaCl_2 , MgCl_2 und NaCl erreicht. Für die chloridfreien Salze lässt sich auch hier kein statistisch gesicherter Einfluss nachweisen (Tab. 21 und 22).

4 Ergebnisse

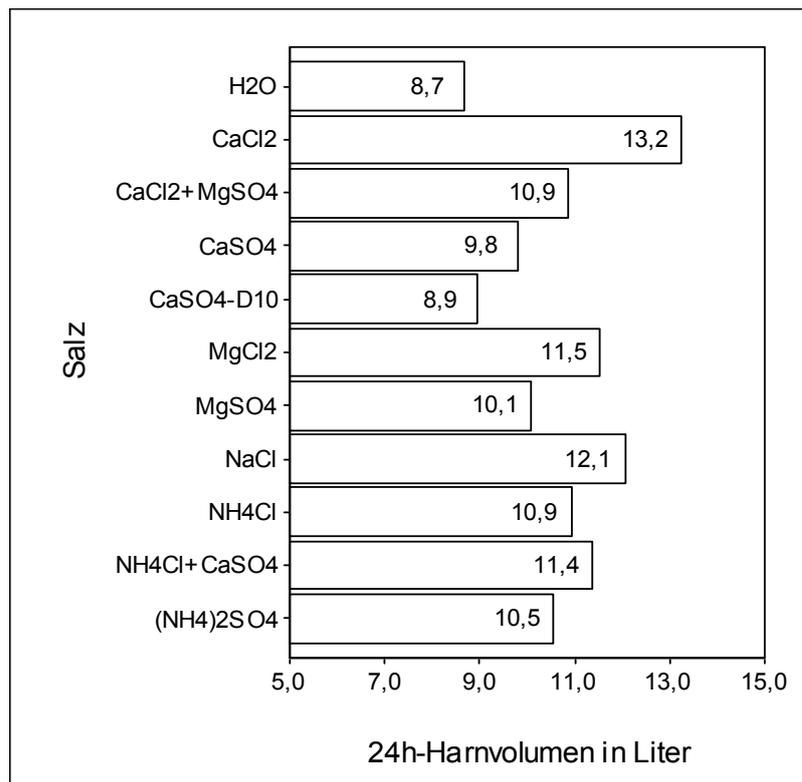


Abb. 18: Mittelwerte des 24h-Harnvolumens (Liter) in Abhängigkeit der Salzbehandlungen

Tab. 20: Ergebnisse der Mehrfachvergleiche aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren (H₂O) bezogen auf das 24h-Harnvolumen (Liter) am Tag s14

Salz	N	\bar{x}	s	x_{\min}	x_{\max}	mittlere Differenz ($\bar{x}_{\text{Salz}} - \bar{x}_{\text{H}_2\text{O}}$)	p
H ₂ O	11	8,66	2,14	6,17	13,01	-	-
CaCl ₂	10	13,24	6,14	8,40	25,43	4,58 *	0,0246
CaCl ₂ +MgSO ₄	11	10,87	6,26	5,84	28,71	2,21	0,6025
CaSO ₄	11	9,81	3,19	5,38	14,80	1,15	0,9832
CaSO ₄ -D10	11	8,94	2,08	6,13	12,72	0,28	1,0000
MgCl ₂	11	11,53	5,58	5,77	26,78	2,87	0,3038
MgSO ₄	11	10,08	2,94	6,38	15,78	1,42	0,9397
NaCl	11	12,06	4,38	6,49	20,47	3,40	0,1501
NH ₄ Cl	11	10,93	2,77	5,56	14,90	2,27	0,5743
NH ₄ Cl+CaSO ₄	11	11,38	5,42	5,26	26,37	2,72	0,3636
(NH ₄) ₂ SO ₄	11	10,54	3,32	6,86	15,05	1,88	0,7694

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

4 Ergebnisse

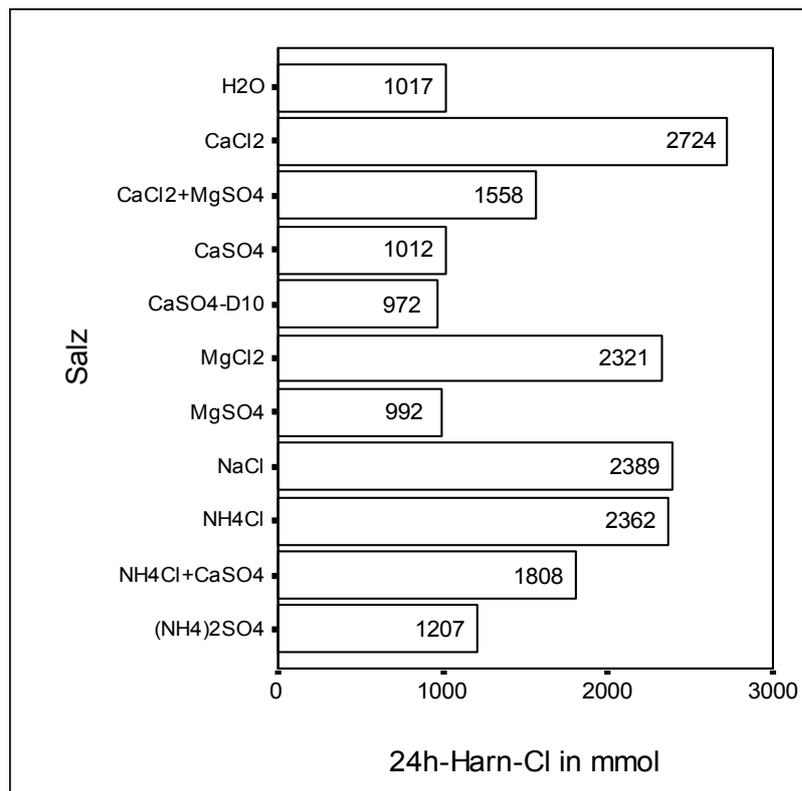


Abb. 19: Harn-Cl_{total} (mmol) am Tag s14 in Abhängigkeit der Salzbehandlungen

Tab. 21: Ergebnisse der Mehrfachvergleiche aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren (H₂O) bezogen auf die Tagesgesamtausscheidung an Chlorid (mmol) am Tag s14

Salz	N	\bar{X}	S	X _{min}	X _{max}	logHarn-Cl _{total} mittlere Differenz ($\bar{X}_{\text{Salz}} - \bar{X}_{\text{H}_2\text{O}}$)	p
H ₂ O	11	1017,4	526,7	476,3	1933,2	-	-
CaCl ₂	10	2723,9	424,8	1990,3	3529,2	0,472 *	0,0000
CaCl ₂ +MgSO ₄	11	1558,4	413,9	953,5	2198,3	0,220 *	0,0427
CaSO ₄	11	1012,3	465,1	330,4	1506,2	-0,013	1,0000
CaSO ₄ -D10	11	972,3	560,6	217,6	1999,4	-0,053	0,9939
MgCl ₂	11	2320,7	673,9	1140,9	3148,6	0,388 *	0,0000
MgSO ₄	11	991,8	438,9	455,3	1802,3	0,002	1,0000
NaCl	11	2388,6	651,5	1464,5	3318,2	0,404 *	0,0000
NH ₄ Cl	11	2362,1	578,0	1378,1	3084,9	0,402 *	0,0000
NH ₄ Cl+CaSO ₄	11	1808,0	580,9	751,2	2791,7	0,275 *	0,0052
(NH ₄) ₂ SO ₄	11	1206,7	539,0	533,2	2407,3	0,083	0,8923

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

4 Ergebnisse

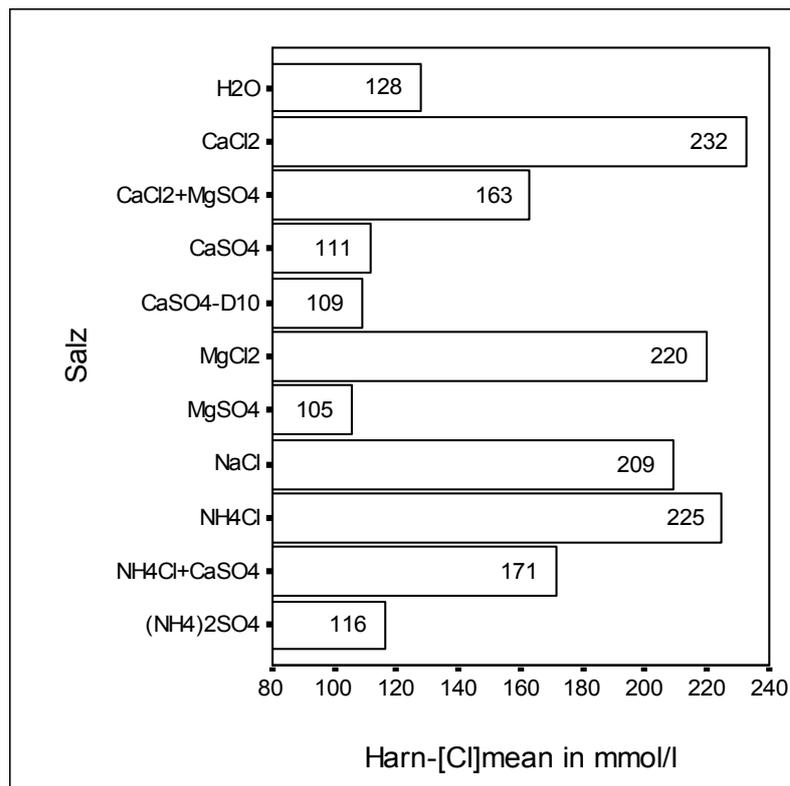


Abb. 20: Harn-[Cl]_{mean} (mmol/l) am Tag s14 in Abhängigkeit der Salzbehandlungen

Tab. 22: Ergebnisse der Mehrfachvergleiche aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren (H₂O) bezogen auf die mittlere Harn-Cl-Konzentration (mmol/l) am Tag s14

Salz	N	\bar{x}	s	X _{min}	X _{max}	logHarn-[Cl] _{mean} mittlere Differenz ($\bar{X}_{\text{Salz}} - \bar{X}_{\text{H}_2\text{O}}$)	p
H ₂ O	66	127,8	79,9	25,8	303,0	-	-
CaCl ₂	60	232,4	79,8	62,3	351,0	0,313 *	0,0000
CaCl ₂ +MgSO ₄	66	163,0	66,8	27,4	297,3	0,150 *	0,0038
CaSO ₄	66	111,4	70,9	10,5	296,8	-0,081	0,3150
CaSO ₄ -D10	66	108,9	68,0	13,3	275,3	-0,089	0,2200
MgCl ₂	66	219,6	71,1	36,1	325,4	0,293 *	0,0000
MgSO ₄	66	105,3	68,6	15,4	321,9	-0,085	0,2706
NaCl	66	208,9	74,8	61,2	424,4	0,271*	0,0000
NH ₄ Cl	66	224,8	67,8	26,7	326,9	0,305 *	0,0000
NH ₄ Cl+CaSO ₄	66	171,5	68,5	46,3	319,0	0,179 *	0,0003
(NH ₄) ₂ SO ₄	66	116,3	65,2	20,2	291,7	-0,034	0,9804

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

4.3.5 Harn-Kalzium-Ausscheidung

In den folgenden Abbildungen und Tabellen werden die Effekte auf die renale Tagesgesamtausscheidung an Kalzium (Harn- Ca_{total}) und mittlere Harn-Ca-Konzentration (Harn- $[\text{Ca}]_{\text{mean}}$) am Tag s14 gegenüber gestellt.

In Abb. 21 wird die Harn- Ca_{total} in Abhängigkeit der Salzvarianten in Form eines Balkendiagramms abgetragen. Dabei ist für die Kontrolltiere am Tag s14 ein Wert von $\bar{x} \pm s = 46,52 \pm 43,78$ mmol/24h messbar. Umgerechnet entspricht dies einer renalen Gesamtausscheidung von 1,87 g Kalzium innerhalb eines Tages. Das ist gleichzeitig der geringste Wert im Vergleich zu allen anderen Salzvarianten für diesen Tag. Maximalwerte erreichen die Salze NH_4Cl ($\bar{x} \pm s = 145,70 \pm 71,49$ mmol/24h oder 5,84 g Kalzium/Tag) und MgCl_2 ($\bar{x} \pm s = 140,22 \pm 89,9$ mmol/24h oder 5,62 g Kalzium/Tag). Dies ist bemerkenswert, enthalten doch beide Salze kein Kalzium und führen dennoch zu den höchsten Ausscheidungsraten. Ein alimentärer Einfluss scheint hier nicht Ausschlag gebender Faktor zu sein.

Die Gruppierung der Salzvarianten in Chlorid- und Sulfatsalze zeigt jedoch auf, dass die reinen Chloridsalze (ohne NaCl) mit $x_{\text{mean}} = 138,77$ mmol/24h (entspricht 5,56 g Kalzium/Tag) eine in ihrer Wirkstärke vergleichbar höhere Tagesausscheidung an Kalzium über den Harn bewirken, als dies reine Sulfatsalze ($x_{\text{mean}} = 94,13$ mmol/24h oder 3,77 g Kalzium/Tag) erreichen. Das entspricht im Vergleich zu den Kontrolltieren eine Verdopplung der renalen Ca-Ausscheidung durch Sulfatsalze und einer Mehrausscheidung um den Faktor 3 durch Chloridsalze. Der Vergleich aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren ergibt signifikante Unterschiede für neun von zehn Salzen (Tab. 23).

Im Vergleich dazu werden in Abb. 22 die Harn- $[\text{Ca}]_{\text{mean}}$ der Salzvarianten dargestellt. Es fallen hier die zu erwartenden Parallelen zur Tagesgesamtausscheidung an Kalzium auf. Die geringsten Konzentrationen werden wiederum für die Kontrolltiere (H_2O) und NaCl ($\bar{x} \pm s = 5,63 \pm 5,63$ mmol/l) erreicht. Höchstwerte können für NH_4Cl ($\bar{x} \pm s = 14,45 \pm 7,51$ mmol/l), der Salzmischung $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaSO}_4$ ($\bar{x} \pm s = 13,44 \pm 7,17$ mmol/l) und MgCl_2 ($\bar{x} \pm s = 12,94 \pm 7,41$ mmol/l) gemessen werden. Die Gruppierung der Salzvarianten in Chlorid- und Sulfatsalze stellt sich in einer ähnlichen Abstufung wie bei der Tagesgesamtausscheidung an Kalzium dar. Chloridsalze bewirken im Vergleich zu den Sulfatsalzen eine durchschnittlich höhere Kalziumkonzentration im Harn. Der Mehrfachvergleich aller Varianten zu den Kontrolltieren weist auch hier für neun von zehn Salzen signifikant höhere Konzentrationen nach (Tab. 24).

4 Ergebnisse

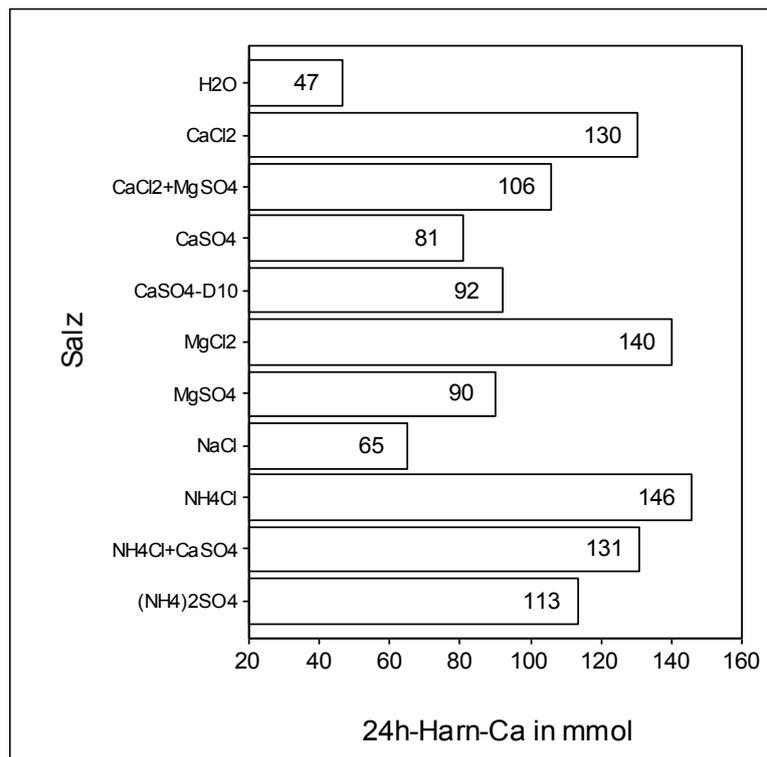


Abb. 21: Harn-Ca_{total} (mmol) am Tag s14 in Abhängigkeit der Salzbehandlungen

Tab. 23: Ergebnisse der Mehrfachvergleiche aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren (H₂O) bezogen auf die Tagesgesamtausscheidung an Kalzium (mmol) am Tag s14

Salz	N	\bar{X}	S	X _{min}	X _{max}	logHarn-Ca _{total} mittlere Differenz ($\bar{X}_{\text{Salz}} - \bar{X}_{\text{H}_2\text{O}}$)	p
H ₂ O	11	46,52	43,78	13,93	152,00	-	-
CaCl ₂	10	130,38	69,35	31,91	278,21	0,523 *	0,0003
CaCl ₂ +MgSO ₄	11	106,09	50,92	36,30	174,69	0,437 *	0,0028
CaSO ₄	11	80,87	42,50	29,11	174,01	0,320 *	0,0448
CaSO ₄ -D10	11	92,11	49,46	33,62	209,53	0,378 *	0,0138
MgCl ₂	11	140,22	89,90	22,59	290,30	0,511 *	0,0003
MgSO ₄	11	90,17	51,49	40,94	198,14	0,361 *	0,0213
NaCl	11	64,98	65,46	9,26	194,15	0,087	0,9883
NH ₄ Cl	11	145,70	71,49	43,09	247,23	0,565 *	0,0000
NH ₄ Cl+CaSO ₄	11	130,95	59,95	62,45	212,69	0,542 *	0,0001
(NH ₄) ₂ SO ₄	11	113,37	73,13	20,08	279,49	0,428 *	0,0036

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

4 Ergebnisse

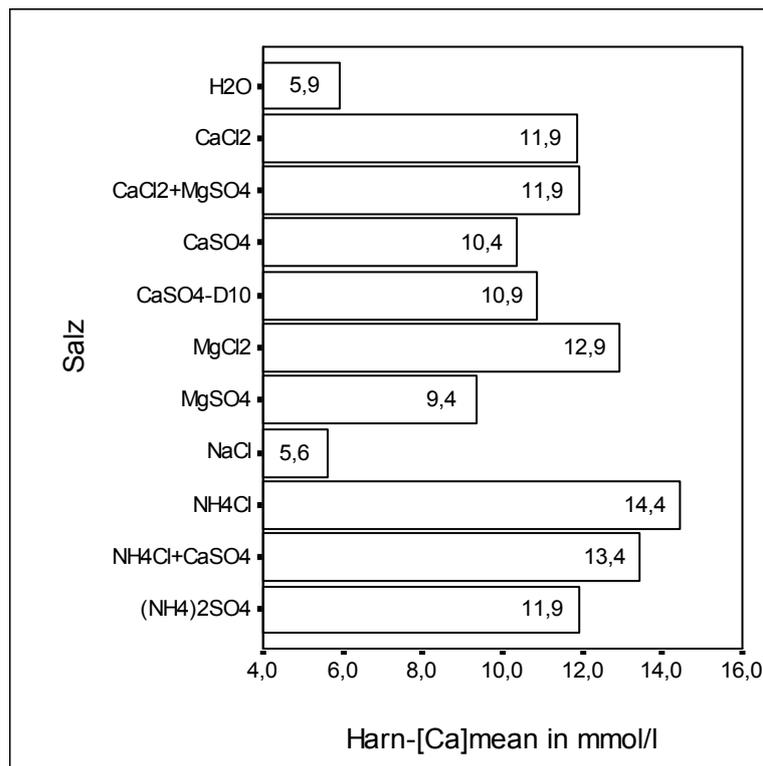


Abb. 22: Harn-[Ca]_{mean} (mmol/l) am Tag s14 in Abhängigkeit der Salzbehandlungen

Tab. 24: Ergebnisse der Mehrfachvergleiche aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren (H₂O) bezogen auf die mittlere Harn-Ca-Konzentration (mmol/l) am Tag s14

Salz	N	\bar{X}	S	X _{min}	X _{max}	logHarn-[Ca] _{mean} mittlere Differenz ($\bar{X}_{\text{Salz}} - \bar{X}_{\text{H}_2\text{O}}$)	p
H ₂ O	66	5,91	6,06	,30	24,24	-	-
CaCl ₂	60	11,85	7,53	1,41	24,95	0,377 *	0,0000
CaCl ₂ +MgSO ₄	66	11,89	7,08	1,89	24,07	0,385 *	0,0000
CaSO ₄	66	10,35	8,31	1,34	32,60	0,286 *	0,0000
CaSO ₄ -D10	66	10,87	6,84	1,00	24,82	0,338 *	0,0000
MgCl ₂	66	12,94	7,41	1,17	26,60	0,424 *	0,0000
MgSO ₄	66	9,35	5,74	,78	22,55	0,289 *	0,0000
NaCl	66	5,63	5,63	,60	23,31	-0,043	0,9905
NH ₄ Cl	66	14,45	7,51	2,34	27,00	0,487 *	0,0000
NH ₄ Cl+CaSO ₄	66	13,44	7,17	1,01	24,16	0,447 *	0,0000
(NH ₄) ₂ SO ₄	66	11,89	7,64	,85	27,81	0,364 *	0,0000

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

4.3.6 Harn-pH

Der mittlere Harn-pH der Kontrolltiere lag bei $\bar{x} \pm s = 8,0 \pm 0,56$. Bei den Versuchstieren konnten in Abhängigkeit der Salzvarianten für alle Salze außer NaCl signifikant niedrigere pH-Werte ermittelt werden (Abb. 23 und Tab. 25). Stärksten Einfluss zeigen hier die Salze NH_4Cl , CaCl_2 , MgCl_2 und $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaSO}_4$ mit Werten von bis zu 1,5 pH-Wert-Einheiten unter denen der Kontrolltiere.

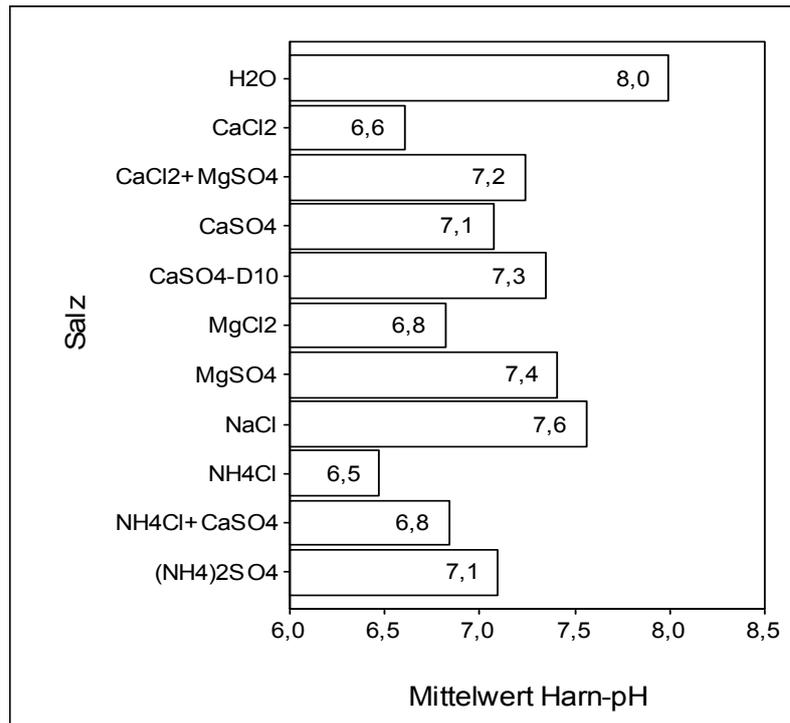


Abb. 23: Mittelwerte des Harn-pH am Tag s14 in Abhängigkeit der Salzbehandlungen

Tab. 25: Ergebnisse der Mehrfachvergleiche aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren (H_2O) bezogen auf den Harn-pH am Tag s14

Salz	N	\bar{X}	S	X_{\min}	X_{\max}	mittlere Differenz ($\bar{X}_{\text{Salz}} - \bar{X}_{\text{H}_2\text{O}}$)	p
H ₂ O	66	8,00	0,56	6,18	8,72	-	-
CaCl ₂	60	6,60	1,10	5,06	8,37	-1,40 *	0,0000
CaCl ₂ +MgSO ₄	66	7,24	0,97	5,44	8,63	-0,76 *	0,0001
CaSO ₄	66	7,07	1,13	5,07	8,65	-0,93 *	0,0000
CaSO ₄ -D10	66	7,35	1,11	5,35	8,67	-0,65 *	0,0018
MgCl ₂	65	6,83	1,07	5,04	8,42	-1,17 *	0,0000
MgSO ₄	66	7,41	1,00	5,28	8,66	-0,59 *	0,0066
NaCl	66	7,56	1,06	5,06	8,62	-0,44	0,0866
NH ₄ Cl	66	6,47	1,03	5,37	8,45	-1,53 *	0,0000
NH ₄ Cl+CaSO ₄	66	6,84	1,12	5,07	8,59	-1,16 *	0,0000
(NH ₄) ₂ SO ₄	66	7,10	1,10	5,30	8,50	-0,90 *	0,0000

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

4.3.7 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

In Abb. 24 wird der Einfluss der sauren Salze auf die NSBA dargestellt. Auch hier ist die deutliche Abstufung der Kontrolltiere zu den Probanden erkennbar. Die mittlere NSBA der H₂O-Tiere (+85,2 mmol/l) unterscheidet sich signifikant von allen anderen Salzvarianten, ausgenommen NaCl (Tab. 26). Vergleichbar mit den Ergebnissen zum pH-Wert führen auch hier die Salze NH₄Cl und CaCl₂ zu Tiefstwerten ($\bar{x} \pm s = -13,5 \pm 72,2$ und $\bar{x} \pm s = -5,7 \pm 55,1$ mmol/l).

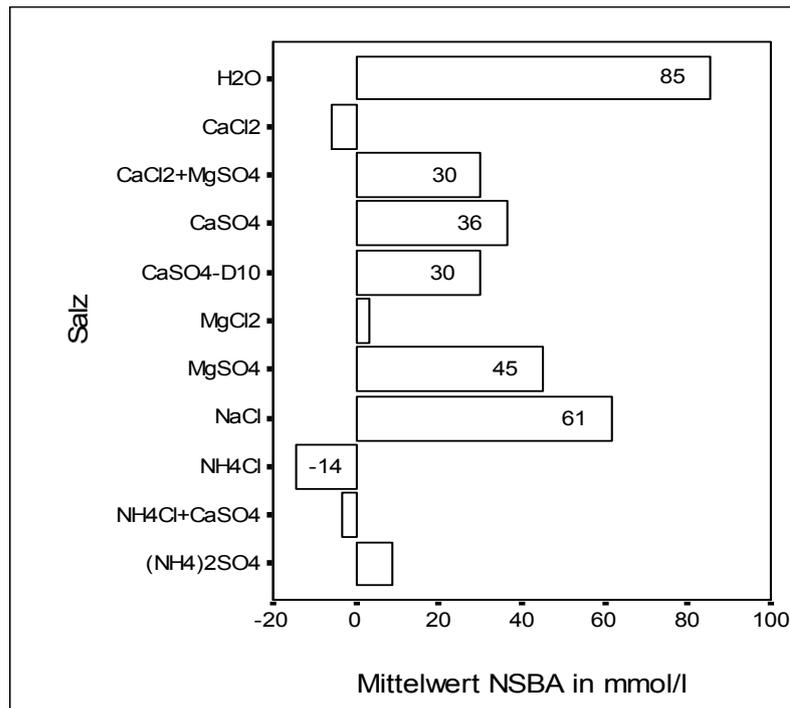


Abb. 24: Mittelwerte der NSBA (mmol/l) am Tag s14 in Abhängigkeit der Salzbehandlungen

Tab. 26: Ergebnisse der Mehrfachvergleiche aller Salzvarianten zu den Kontrolltieren (H₂O) bezogen auf die NSBA (mmol/l) am Tag s14

Salz	N	\bar{x}	s	x_{\min}	x_{\max}	mittlere Differenz ($\bar{X}_{\text{Salz}} - \bar{X}_{\text{H}_2\text{O}}$)	p
H ₂ O	66	85,2	85,2	-25,0	274,0	-	-
CaCl ₂	60	-5,7	55,1	-103,0	135,0	-90,9 *	0,0000
CaCl ₂ +MgSO ₄	66	30,1	80,5	-58,0	285,0	-55,1 *	0,0003
CaSO ₄	66	36,5	100,1	-134,0	236,0	-48,7 *	0,0022
CaSO ₄ -D10	66	29,8	100,9	-204,0	236,0	-55,4 *	0,0003
MgCl ₂	65	3,8	70,4	-123,0	229,5	-81,4 *	0,0000
MgSO ₄	66	45,2	89,4	-108,0	273,0	-40,1 *	0,0206
NaCl	66	61,5	87,3	-91,0	234,0	-23,7	0,3861
NH ₄ Cl	66	-13,5	72,2	-115,0	177,0	-98,8 *	0,0000
NH ₄ Cl+CaSO ₄	66	-3,3	81,0	-175,5	203,0	-88,5 *	0,0000
(NH ₄) ₂ SO ₄	66	8,6	89,3	-120,0	239,0	-76,6 *	0,0000

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe 0,05 signifikant.

4.3.8 Beziehungen zwischen ausgewählten Harnparametern

In Tab. 27 sind die PEARSON-Korrelationskoeffizienten der Parameter Harn-pH, NSBA, Harn-Kalzium und Harn-Chlorid aufgeführt. Dabei wurden die Messergebnisse aller Salzvarianten am Tag s14 berücksichtigt. Es wird die sehr enge Beziehung zwischen den Parametern des Säuren-Basen-Haushaltes NSBA und pH-Wert deutlich ($r = 0,821$). Ähnlich stark stellt sich die Beziehung zwischen NSBA und Harn-Kalzium mit $r = -0,729$ dar, wohingegen Harn-Chlorid deutlich geringere Korrelationskoeffizienten sowohl zur NSBA als auch zum Harn-pH aufweist. Alle beschriebenen Korrelationen sind mit $p \leq 0,01$ (2-seitig) signifikant.

Tab. 27: Korrelationen zwischen den Harn-Parametern: pH, NSBA, Kalzium und Chlorid

Parameter		Harn-pH	NSBA	Harn-Kalzium	Harn-Chlorid
Harn-pH	Korrelation nach Pearson	1	0,821**	-0,666**	-0,221**
	N	653	652	653	653
NSBA	Korrelation nach Pearson	0,821**	1	-0,729**	-0,224**
	N	652	652	652	652
Harn-Kalzium	Korrelation nach Pearson	-0,666**	-0,729**	1	0,314**
	N	653	652	654	654
Harn-Chlorid	Korrelation nach Pearson	-0,221**	-0,224**	0,314**	1
	N	653	652	654	654

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

4.4 Einfluss der DCAB auf ausgewählte Harnparameter

Die DCAB des Futters als Kontrollgröße beim Einsatz saurer Salze ist ein gebräuchlicher Parameter. Bereiche von -50 bis -150 meq/kg TS werden als Rationsrichtwerte für die Vorbereiter (tragende Rinder ca. 3 Wochen a.p.) empfohlen.

Über den Versuchszeitraum wurden, abhängig von der Grundration und der Applikation von anionischen Salzen, DCAB-Werte zwischen -155 und +455 meq/kg TS analysiert (Tab. 19).

Zur Auswertung des Fütterungseinflusses auf ausgewählte Harnparameter werden vorerst die Messergebnisse aller unbehandelten Kontrolltiere (H₂O) genutzt. Zusätzlich werden entsprechende Tiere in Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 enthält alle Rinder mit einer für Trockensteher (tragende Rinder ca. 6-8 Wochen a.p.) angestrebten Rations-DCAB von +50

bis +300 meq/kg TS. Alle Tiere mit einem Wert > +300 meq/kg TS werden der Gruppe 2 zugeteilt.

Die Untersuchungen zum Fütterungseinfluss auf Harnparameter unter Zulage anionischer Salze werden ähnlich durchgeführt. In die Auswertungen fließen alle Messwerte der Tiere ein, die eines der sauren Salze erhalten haben (s4-s14). Zur Darstellung von Abstufungen werden fünf DCAB-abhängige Gruppen gebildet: Gruppe A enthält Messwerte < -100 meq/kg TS, Gruppe B: -100 bis 0, Gruppe C: 0 bis +100, Gruppe D: +100 bis +200 und Gruppe E: > +200 meq/kg TS.

Alle fünf Gruppen werden in einer Varianzanalyse sowie anschließend post-hoc Test nach SCHEFFÉ bzw. bei nur zwei Gruppen mittels t-Test auf das Vorhandensein signifikanter ($p \leq 0,05$) Gruppenunterschiede geprüft (unterschiedliche Kleinbuchstaben im unteren Teil der Abbildungen kennzeichnen signifikante Gruppenunterschiede).

4.4.1 Kontrolltiere (H₂O)

Die Messergebnisse zur Harn- [Ca] der Gruppe 2 befinden sich mit $\bar{x} \pm s = 1,5 \pm 1,2$ mmol/l auf der oberen Grenze des Referenzwertes von $\leq 1,5$ mmol/l (waagerechte Linie). Gruppe 1 mit $\bar{x} \pm s = 5,2 \pm 4,3$ mmol/l hingegen liegt mit mindestens 50% aller Werte oberhalb des Referenzwertes und unterscheidet sich signifikant zur Gruppe 2. Eine Zunahme der Harn-[Ca] mit sinkender DCAB wird sichtbar (Abb. 25 u. Tab. 28).

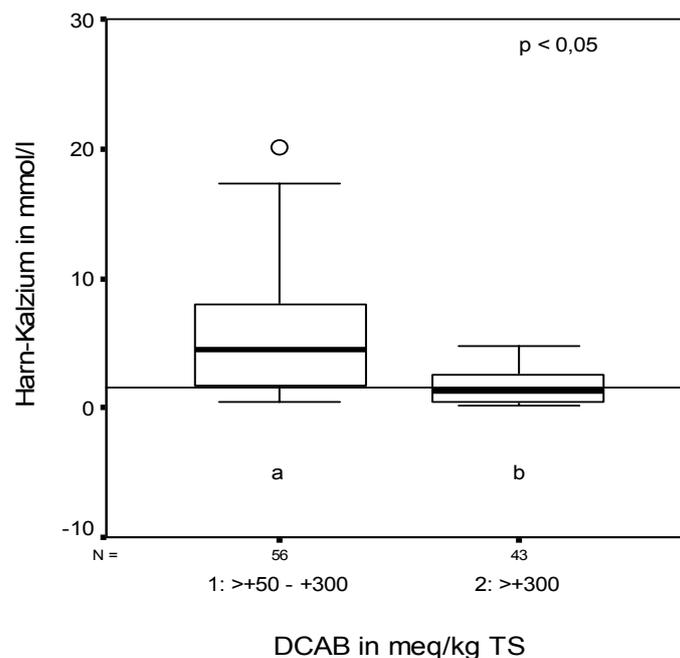


Abb. 25: Einfluss der DCAB auf die Harn-Kalzium-Konzentration bei Betrachtung der Kontrolltiere (H₂O)

4 Ergebnisse

Tab. 28: Statistische Werte des Harn-Kalzium (mmol/l) für die Kontrolltiere (H₂O)

DCAB (meq/kg TS)	N	\bar{x}	s	$x_{0,5}$	25. Perzentil	75. Perzentil	x_{\min}	x_{\max}
1: > +50 – +300	56	5,2	4,3	4,6	1,5	7,9	0,4	20,1
2: > +300	43	1,5	1,1	1,4	0,4	2,5	0,2	4,8

Bei Betrachtung der Harn- [Cl] (Abb. 26 u. Tab. 29) befinden sich mindestens 50% der Werte beider Gruppen innerhalb des Referenzbereiches, wenngleich sich die Gruppe 2 mit $\bar{x} \pm s = 68 \pm 34,4$ mmol/l signifikant von den Werten der Gruppe 1 unterscheidet ($\bar{x} \pm s = 113,1 \pm 74,4$ mmol/l).

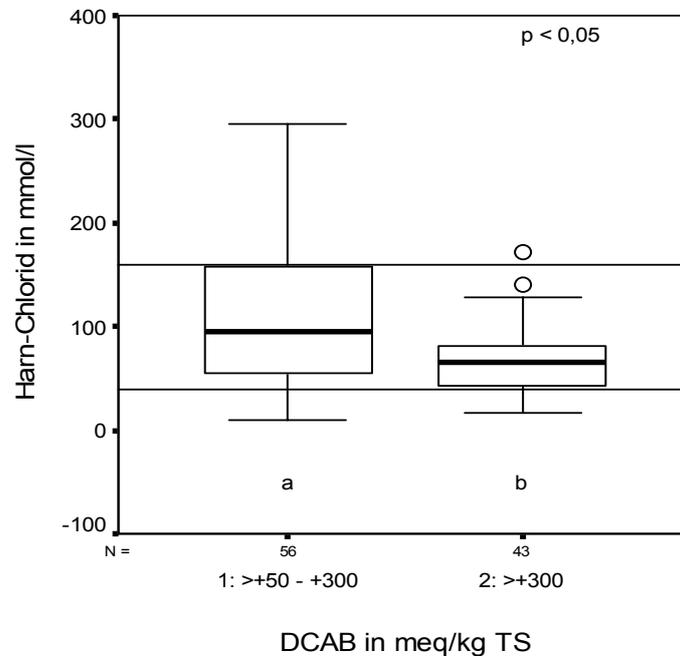


Abb. 26: Einfluss der DCAB auf die Harn-Chlorid-Konzentration bei Betrachtung der Kontrolltiere (H₂O)

Tab. 29: Statistische Werte des Harn-Chlorid (mmol/l) für die Kontrolltiere (H₂O)

DCAB (meq/kg TS)	N	\bar{x}	s	$x_{0,5}$	25. Perzentil	75. Perzentil	x_{\min}	x_{\max}
1: >+50 – +300	56	113,1	74,4	95,6	54,4	159,4	9,0	295,6
2: > +300	43	68,0	34,4	65,6	43,0	81,4	17,3	172,2

4.4.2 Rinder mit Salzapplikation (s4-s14)

Die in diese Untersuchungen einbezogenen DCAB-Werte befinden sich im Zeitraum s4-s14 unter Salzeinfluss zwischen -155 und +248 meq/kg TS und werden in oben beschriebene fünf Gruppen unterteilt.

In der Abb. 27 und Tab. 30 wird deutlich sichtbar, dass mit abnehmender DCAB die Harn-[Ca] ansteigt. Niedrigste mittlere Konzentrationen werden in der Gruppe E ($\bar{x} \pm s = 6,5 \pm 8,5$ mmol/l), höchste mittlere Werte in Gruppe A ($\bar{x} \pm s = 17,5 \pm 7,4$ mmol/l) gemessen. Mindestens 75% aller Werte der Gruppen C, D und E liegen oberhalb des Referenzbereiches von $\leq 1,5$ mmol/l. DCAB-Werte im Negativbereich führen für alle Messwerte zum Überschreiten dieses Referenzwertes und mehr als 75% der Messwerte erreichen den für anionensupplementierte Vorbereiter empfohlenen Richtwert im Bereich um 10 mmol Kalzium/Liter Harn (Gruppe B: $\bar{x} \pm s = 11,3 \pm 7,4$ mmol/l und Gruppe A: $\bar{x} \pm s = 17,5 \pm 7,5$ mmol/l). Bis auf Gruppe C, die keine statistisch gesicherte Abweichung zu D und E zeigt, unterscheiden sich alle anderen Gruppen signifikant ($p \leq 0,05$) voneinander.

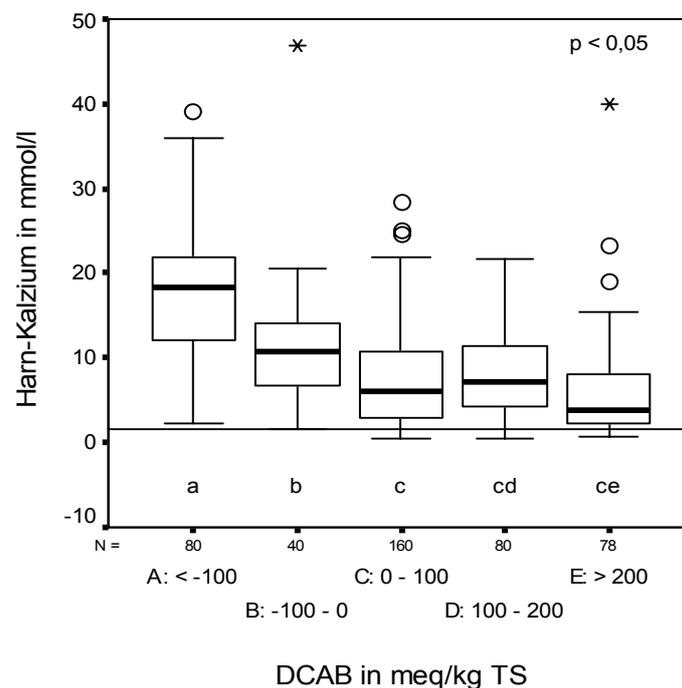


Abb. 27: Einfluss der DCAB auf die Harn-Kalzium-Konzentration unter Salzapplikation im Zeitraum s4-s14

4 Ergebnisse

Tab. 30: Statistische Werte des Harn-Kalzium (mmol/l) unter Salzapplikation im Zeitraum s4-s14

DCAB (meq/kg TS)	N	\bar{x}	s	$x_{0,5}$	25. Perzentil	75. Perzentil	x_{\min}	x_{\max}
A: < -100	80	17,5	7,4	18,2	12,0	22,1	2,3	39,0
B: -100 – 0	40	11,3	7,4	10,7	6,6	14,1	1,7	46,8
C: 0 – +100	160	7,5	5,5	6,0	2,9	10,7	0,5	28,4
D: +100 – +200	80	8,2	5,3	7,1	4,2	11,5	0,4	21,6
E: > + 200	78	6,5	8,5	3,8	2,2	8,0	0,6	40,1

Bei Betrachtung der Harn- [Cl] befinden sich die Mehrzahl der Messwerte der Gruppen B, C, D und E innerhalb des Referenzintervalls von 40 – 160 mmol/l, und es wird kein statistisch gesicherter Unterschied zwischen diesen Gruppen festgestellt (Abb. 28 u. Tab. 31). Einzig in Gruppe A (DCAB < -100 meq/kg TS) liegen mehr als 50% der Werte außerhalb des Referenzbereiches ($\bar{x} \pm s = 223,9 \pm 54,6$ mmol/l). Eine Steigerung der Chloridexkretion über den Harn kann nur bei Tieren dieser Gruppe mit einem signifikanten Unterschied zu allen anderen Gruppen nachgewiesen werden.

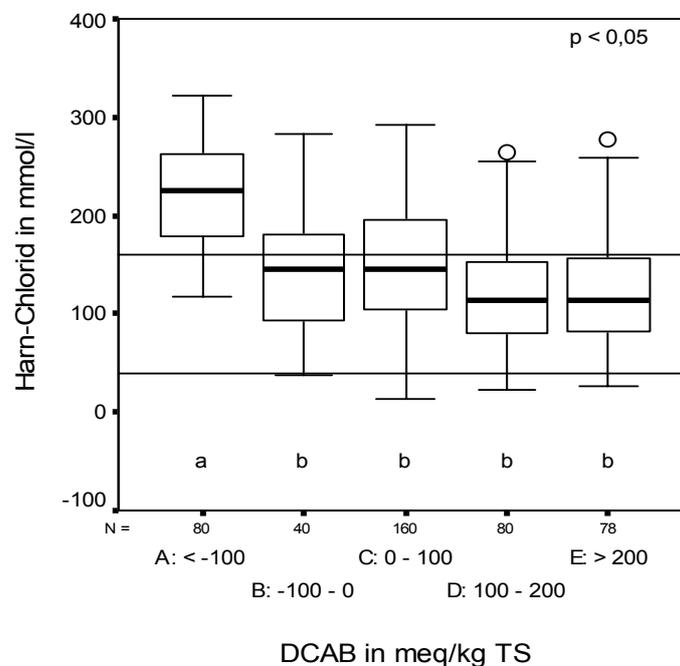


Abb. 28: Einfluss der DCAB auf die Harn-Chlorid-Konzentration unter Salzapplikation im Zeitraum s4-s14

4 Ergebnisse

Tab. 31: Statistische Werte des Harn-Chlorid (mmol/l) unter Salzapplikation im Zeitraum s4-s14

DCAB (meq/kg TS)	N	\bar{x}	s	$x_{0,5}$	25. Perzentil	75. Perzentil	x_{\min}	x_{\max}
A: < -100	80	223,9	54,6	225,7	177,7	262,4	117,5	321,4
B: -100 – 0	40	137,6	61,1	145,0	91,3	182,0	37,3	282,0
C: 0 – +100	160	143,9	63,9	145,4	104,8	194,9	13,1	292,0
D: +100 – +200	80	122,3	56,4	114,1	80,9	154,7	23,3	263,9
E: > + 200	78	122,9	56,8	113,4	80,8	156,6	26,5	276,4

Um Aussagen über die Beziehungen der Harnparameter Kalzium und Chlorid zur DCAB des Futters treffen zu können, werden die Korrelationskoeffizienten nach PEARSON berechnet. Es wird die enge Beziehung zu beiden Harnparametern deutlich, stärkere Ausprägungen liegen hier für die Harn- [Ca] vor (Tab. 32).

Tab. 32: Korrelationen der DCAB des Futters zu Harnparametern im Zeitraum s4-s14

Parameter		Harn-Chlorid	Harn-Kalzium
DCAB	Korrelationskoeffizient nach Pearson	-0,372**	-0,450**
	N	438	438

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

4.5 Rangfolge saurer Salze anhand ausgewählter Harn-Parameter

Bei Betrachtung der Mittelwerte ausgewählter Harnparameter am Probenstag s7 (1 Woche Salzgabe) zeigt sich innerhalb der sauren Salze eine Rangfolge. Im Harn führen anhand von Harn-Kalzium-Konzentration, NSBA und Harn-pH die anionischen Komponenten CaCl_2 , CaSO_4 -D10 und NH_4Cl zu stärksten Auslenkungen (Tab. 33).

Tab. 33: Mittelwerte ausgewählter Harn-Parameter am Probenstag s7 – Salze sortiert nach stärksten Auslenkungen (fettgedruckt) der Harn-[Ca]

Salz	Harn-[Ca] (mmol/l)	NSBA (mmol/l) ⁶⁾	Harn-pH ⁶⁾
CaCl_2	16,9	-65	6,27
CaSO_4 -D10	13,3	-30	6,39
NH_4Cl	11,6	-32	6,48
$\text{NH}_4\text{Cl}+\text{CaSO}_4$	11,0	-23	6,86
$\text{CaCl}_2+\text{MgSO}_4$	10,7	11	6,94
MgCl_2	10,5	8	6,84
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	9,8	4	7,01
MgSO_4	9,3	28	7,37
CaSO_4	9,1	4	6,80
NaCl	4,9	66	7,78
H_2O	4,9	97	7,94

⁶⁾ Löffler (2005)