

Aus dem Institut für Tierernährung
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Auswirkungen des Natrium- und Rohproteingehalts
sowie der Proteinqualität im Futter
auf die Harnzusammensetzung von gesunden Katzen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hannes Ulrich Burmeier
Tierarzt
aus Bielefeld

Berlin 2016

Journal-Nr.: 3920

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Leo Brunnberg
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Mahtab Bahramsoltani

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

cats; urine; urine analysis; diet; sodium; proteins; protein quality; anions; cations; pH;
calcium; oxalates; calcium oxalate; citrates; phosphorus; potassium; urolithiasis; urinary
calculi; food restriction; faeces; faeces composition; nutrient content

Tag der Promotion: 25.01.2017

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-86387-793-4

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2016

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder
Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in
irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,
vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch
ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der
Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von
jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written
authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2017

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de - www.menschundbuch.de

Anna, Pia und meiner Familie

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATUR.....	3
2.1	Feline Lower Urinary Tract Disease (FLUTD)	3
2.1.1	Pathogenese der Harnsteinbildung	4
2.2	Kalziumoxalaturolithiasis.....	5
2.2.1	Pathogenese	5
2.2.2	Therapeutisches Vorgehen und allgemeine diätetische Empfehlungen	7
2.3	Struvituroolithiasis	8
2.3.1	Pathogenese	8
2.3.2	Therapeutisches Vorgehen und allgemeine diätetische Empfehlungen	9
2.4	Spezielle Aspekte der Diätetik	9
2.4.1	Harnsättigung, Flüssigkeitsaufnahme und Harnvolumen.....	9
2.4.2	Einfluss der Futterzusammensetzung auf die Harnbeschaffenheit und das Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen	11
2.4.2.1	Einfluss des Natriumgehalts im Futter	11
2.4.2.2	Einfluss des Kalziumgehalts im Futter.....	14
2.4.2.3	Einfluss des Kaliumgehalts im Futter.....	16
2.4.2.4	Einfluss des Chloridgehalts im Futter	17
2.4.2.5	Einfluss des Magnesiumgehalts im Futter	17
2.4.2.6	Einfluss des Phosphorgehalts im Futter	18
2.4.2.7	Einfluss des Oxalatgehalts im Futter	19
2.4.2.8	Einfluss des Proteingehalts sowie der Proteinqualität im Futter.....	19
2.4.2.9	Bedeutung des Harn-pH-Wertes für die Bildung von Harnsteinen	22
2.4.2.10	Fazit	23
3	MATERIAL UND METHODEN.....	24
3.1	Versuchsaufbau und Versuchsfutter	24
3.2	Versuchstiere.....	30
3.3	Tierhaltung und Probengewinnung	31
3.4	Untersuchungsparameter	32
3.5	Probenvorbereitung zur Analyse.....	32
3.5.1	Futter	32
3.5.2	Kot	33
3.5.3	Harn.....	33
3.6	Angewandte Untersuchungsmethoden	34
3.6.1	Versuchsfutter.....	34

Weender Futtermittelanalyse	34
Mineralstoffgehalte	35
3.6.2 Kot	37
Rohnährstoffe und Trockensubstanz	37
Mineralstoffgehalte	37
3.6.3 Harn	37
3.7 Ermittlung der RSS-Werte (Relative Supersaturation) für Kalziumoxalat und Struvit im Harn	42
3.8 Statistische Methoden	42
4 ERGEBNISSE	44
4.1 Körpermasse, Futterraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge der Katzen bei variierenden Natriumgehalten im Futter	44
4.2 Körpermasse, Futterraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge der Katzen bei variierenden Rohproteingehalten im Futter	45
4.3 Körpermasse, Futterraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge der Katzen bei variierenden Griebenmehlgehalten im Futter	46
4.4 Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen	47
4.4.1 Mineralstoffkonzentrationen im Harn sowie renale Mineralstoffausscheidung	47
4.4.2 Konzentrationen im Harn und renale Ausscheidung von weiteren Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen	50
4.4.3 Harn-pH, relative Übersättigung (Relative Supersaturation, RSS) des Harns sowie Stoffverhältnisse im Harn	53
4.5 Einfluss des Rohproteingehalts im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen	54
4.5.1 Mineralstoffgehalte und renale Mineralstoffausscheidung	54
4.5.2 Konzentrationen im Harn und renale Ausscheidung von weiteren Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen	57
4.5.3 Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (Relative Supersaturation, RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn	61
4.6 Einfluss des Griebenmehlgehalts im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen	62
4.6.1 Mineralstoffkonzentrationen im Harn sowie renale Mineralstoffausscheidung	62
4.6.2 Konzentrationen im Harn und renale Ausscheidung von weiteren Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen	65

4.6.3	Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (Relative Supersaturation, RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn.....	68
4.7	Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf die Kotzusammensetzung von Katzen.....	69
4.7.1	Mineralstoffkonzentrationen im Kot, fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Mineralstoffe.....	69
4.7.2	Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe.....	73
4.8	Einfluss des Rohproteingehalts im Futter auf die Kotzusammensetzung von Katzen.....	76
4.8.1	Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit von Mineralstoffen.....	76
4.8.2	Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe.....	79
4.9	Einfluss des Griebenmehlanteils im Futter auf die Kotzusammensetzung von Katzen.....	82
4.9.1	Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit von Mineralstoffen.....	82
4.9.2	Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe.....	88
4.10	Mineralstoffretention.....	92
4.10.1	Mineralstoffretention bei variierenden Natriumgehalten im Futter.....	92
4.10.2	Mineralstoffretention bei variierenden Rohproteingehalten im Futter.....	93
4.10.3	Mineralstoffretention bei variierenden Anteilen an Griebenmehl im Futter.....	94
4.11	Wasserhaushalt.....	95
4.11.1	Wasseraufnahme und Harnvolumen bei variierenden Natriumgehalten im Futter.....	95
4.11.2	Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei variierenden Rohproteingehalten im Futter.....	96
4.11.3	Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei variierenden Anteilen an Griebenmehl im Futter.....	97
5	DISKUSSION.....	99
5.1	Kritik der Methode.....	99
5.1.1	Versuchstiere.....	99
5.1.2	Versuchsaufbau.....	99
5.1.3	Versuchsfuttermittel.....	100
5.2	Diskussion der Ergebnisse.....	100

5.2.1	Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf die Harnzusammensetzung und Harneigenschaften von Katzen, sowie dessen Bedeutung für die Kalziumoxalatsteinbildung	100
5.2.2	Einfluss des Proteingehalts und der Proteinqualität im Futter auf die Harnzusammensetzung und Harneigenschaften von Katzen, sowie deren Bedeutung für die Kalziumoxalatsteinbildung	105
6	ZUSAMMENFASSUNG	109
7	SUMMARY	111
8	LITERATURVERZEICHNIS	113
9	ANHANG	134
10	PUBLIKATIONSVERZEICHNIS.....	166
11	DANKSAGUNG	167
12	SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....	168

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Analysierte Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte sowie kalkulierte Energiedichte der eingesetzten Versuchsfuttermittel mit variierendem Natriumgehalt. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.25

Tabelle 3.2: Analysierte Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte sowie kalkulierte Energiedichte der eingesetzten Versuchsfuttermittel mit variierendem Rohproteingehalt. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.....26

Tabelle 3.3: Analysierte Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte sowie kalkulierte Energiedichte der eingesetzten Versuchsfuttermittel mit variierendem Griebenmehlgehalt. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.....27

Tabelle 3.4: Zusammensetzung der eingesetzten Versuchsfuttermittel¹ mit variierendem Natriumgehalt in %. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.....28

Tabelle 3.5: Zusammensetzung der eingesetzten Versuchsfuttermittel¹ mit variierendem Rohproteingehalt in %. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.....29

Tabelle 3.6: Zusammensetzung der eingesetzten Versuchsfuttermittel¹ mit variierendem Griebenmehlgehalt in %. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.....30

Tabelle 3.7: Versuchstiere31

Tabelle 4.1: Körpermasse, Futteraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel44

Tabelle 4.2: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der Körpermasse, der Futteraufnahme, dem Trockensubstanzgehalt des Kots sowie der Kotmenge von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 32/Parameter.....45

Tabelle 4.3: Körpermasse, Futteraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel45

Tabelle 4.4: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der Körpermasse, der Futteraufnahme, dem Trockensubstanzgehalt des Kots sowie der Kotmenge von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 24/Parameter.....46

Tabelle 4.5: Körpermasse, Futtermittelaufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	46
Tabelle 4.6: Korrelationen zwischen dem Grießenmehlgehalt ¹ im Futter und der Körpermasse, der Futtermittelaufnahme, dem Trockensubstanzgehalt des Kots sowie der Kotmenge von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 16/Parameter.....	47
Tabelle 4.7: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	47
Tabelle 4.8: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 32/Parameter	48
Tabelle 4.9: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und % ¹) von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ² erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %) ..	49
Tabelle 4.10: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der renalen Mineralstoffausscheidung von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 30/Parameter	49
Tabelle 4.11: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	51
Tabelle 4.12: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und den Konzentrationen an bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 32/Parameter.....	51
Tabelle 4.13: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)	52
Tabelle 4.14: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der renalen Ausscheidung bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 30/Parameter.....	53
Tabelle 4.15: Harn-pH, relative Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	53

Tabelle 4.16: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und dem Harn-pH, der relativen Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnissen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 32/Parameter.....	54
Tabelle 4.17: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	55
Tabelle 4.18: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 24/Parameter	55
Tabelle 4.19: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und % ¹) bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ² erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)	56
Tabelle 4.20: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und der renalen Mineralstoffausscheidung von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 23/Parameter	57
Tabelle 4.21: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	58
Tabelle 4.22: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und der Konzentration bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 24/Parameter.....	59
Tabelle 4.23: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %).....	59
Tabelle 4.24: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und der renalen Ausscheidung bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 23/Parameter.....	60
Tabelle 4.25: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	62
Tabelle 4.26: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und dem Harn-pH, der relativen Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnissen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 24/Parameter.....	62
Tabelle 4.27: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	63

Tabelle 4.28: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter63

Tabelle 4.29: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und %¹) von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel64

Tabelle 4.30: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und der renalen Mineralstoffausscheidung von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter64

Tabelle 4.31: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie von harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel65

Tabelle 4.32: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und den Konzentrationen an bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter66

Tabelle 4.33: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel67

Tabelle 4.34: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und der renalen Ausscheidung bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter67

Tabelle 4.35: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel69

Tabelle 4.36: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und dem Harn-pH, der relativen Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnissen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter69

Tabelle 4.37: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel70

Tabelle 4.38: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 32/Parameter70

Tabelle 4.39: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	72
Tabelle 4.40: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der fäkalen Mineralstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 32/Parameter	73
Tabelle 4.41: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Mineralstoffen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 32/Parameter	73
Tabelle 4.42: Roh Nährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	74
Tabelle 4.43: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und den Roh Nährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 32/Parameter	74
Tabelle 4.44: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Roh Nährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	75
Tabelle 4.45: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der fäkalen Roh Nährstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 32/Parameter	75
Tabelle 4.46: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 32/Parameter	76
Tabelle 4.47: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	77
Tabelle 4.48: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 24/Parameter (für die fäkale Kalziumkonzentration: n = 22)	77
Tabelle 4.49: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel	78
Tabelle 4.50: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und der fäkalen Mineralstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 24/Parameter (für die fäkale Kalziumexkretion: n = 22)	79

Tabelle 4.51: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Mineralstoffen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 24/Parameter (für die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium: n = 22).....79

Tabelle 4.52: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....80

Tabelle 4.53: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und den Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 24/Parameter80

Tabelle 4.54: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel81

Tabelle 4.55: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der fäkalen Rohnährstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 24/Parameter82

Tabelle 4.56: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 24/Parameter82

Tabelle 4.57: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....83

Tabelle 4.58: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter (für die fäkale Kalziumkonzentration: n = 12)83

Tabelle 4.59: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....87

Tabelle 4.60: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und der fäkalen Mineralstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter (für die fäkale Kalziumexkretion: n = 12)88

Tabelle 4.61: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Mineralstoffen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter (für die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium: n = 12).....88

Tabelle 4.62: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....89

Tabelle 4.63: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt ¹ im Futter und den Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 16/Parameter	89
Tabelle 4.64: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	91
Tabelle 4.65: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt ¹ im Futter und der fäkalen Rohnährstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 16/Parameter	91
Tabelle 4.66: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt ¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 16/Parameter	92
Tabelle 4.67: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %).....	92
Tabelle 4.68: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der Mineralstoffretention bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 30/Parameter	93
Tabelle 4.69: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %).....	94
Tabelle 4.70: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und der Mineralstoffretention bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 23/Parameter (für die Kalziumretention: n = 22).	94
Tabelle 4.71: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	95
Tabelle 4.72: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlanteil ¹ im Futter und der Mineralstoffretention bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²). n = 16/Parameter (für die Kalziumretention: n = 14).	95
Tabelle 4.73: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	96
Tabelle 4.74: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt ¹ im Futter und der Wasseraufnahme (n = 32) sowie dem Harnvolumen (n = 30) von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (<i>P</i> -Wert ²).....	96

Tabelle 4.75: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	97
Tabelle 4.76: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt ¹ im Futter und der Wasseraufnahme (n = 24) sowie dem Harnvolumen (n = 23) von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²).....	97
Tabelle 4.77: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	98
Tabelle 4.78: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt ¹ im Futter und der Wasseraufnahme sowie dem Harnvolumen von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert ²). n = 16/Parameter.....	98
Tabelle 9.1: Herstellerverzeichnis der bei den Versuchen und Analysen verwendeten Chemikalien	134
Tabelle 9.2: Körpermasse, Futtermittelaufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	135
Tabelle 9.3: Körpermasse, Futtermittelaufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	136
Tabelle 9.4: Körpermasse, Futtermittelaufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	136
Tabelle 9.5: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	137
Tabelle 9.6: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und % ¹) von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ² erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %).....	138
Tabelle 9.7: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	139
Tabelle 9.8: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %).....	140

Tabelle 9.9: Harn-pH, relative Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	141
Tabelle 9.10: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	142
Tabelle 9.11: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und % ¹) bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ² erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %).....	143
Tabelle 9.12: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	144
Tabelle 9.13: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %).....	145
Tabelle 9.14: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt ¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	146
Tabelle 9.15: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebeinmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	146
Tabelle 9.16: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und % ¹) von Katzen, die ein Futter mit einem Griebeinmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	147
Tabelle 9.17: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie von harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebeinmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	148
Tabelle 9.18: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebeinmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....	149
Tabelle 9.19: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebeinmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel	150

- Tabelle 9.20:** Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....151
- Tabelle 9.21:** Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel152
- Tabelle 9.22:** Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....153
- Tabelle 9.23:** Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....154
- Tabelle 9.24:** Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....155
- Tabelle 9.25:** Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel156
- Tabelle 9.26:** Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel.....157
- Tabelle 9.27:** Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel158
- Tabelle 9.28:** Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel159
- Tabelle 9.29:** Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel ..160
- Tabelle 9.30:** Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel161
- Tabelle 9.31:** Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel ..162

Tabelle 9.32: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)..... 163

Tabelle 9.33: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)..... 163

Tabelle 9.34: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel..... 164

Tabelle 9.35: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel..... 164

Tabelle 9.36: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel..... 165

Tabelle 9.37: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel 165

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1: Renale Natriumausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Natriumgehalt von 0,38 % (n = 8), 0,65 % (n = 7), 1,14 % (n = 8) und 1,43 % (n = 7) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse 50

Abbildung 4.2: Renale Kalziumausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Rohproteingehalt von 34,7 % (n = 8), 43,8 % (n = 7) und 57,4 % (n = 8) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse 57

Abbildung 4.3: Renale Stickstoffausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Rohproteingehalt von 34,7 % (n = 8), 43,8 % (n = 7) und 57,4 % (n = 8) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse 60

Abbildung 4.4: Renale Ammoniumausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Rohproteingehalt von 34,7 % (n = 8), 43,8 % (n = 7) und 57,4 % (n = 8) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse 61

Abbildung 4.5: Harnstoffkonzentration im Harn von Katzen (n = 16), wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten 66

Abbildung 4.6: Renale Harnstoffausscheidung von Katzen (n = 16), wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; KM: Körpermasse 68

Abbildung 4.7: Magnesiumkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz84

Abbildung 4.8: Phosphorkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz84

Abbildung 4.9: Kalziumkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 6/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz85

Abbildung 4.10: Kaliumkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz86

Abbildung 4.11: Rohaschekonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz90

Abbildung 4.12: Natriumretention bei Katzen, wenn diese ein Futter mit 0,38 % (n = 8), 0,65 % (n = 7), 1,14 % (n = 8) und 1,43 % (n = 7) Natrium in der Trockensubstanz erhielten....93

Abkürzungsverzeichnis

Aqua dest.	Aqua destillata, destilliertes Wasser
ANOVA	Analysis of Variance, Varianzanalyse
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	Circa
Ca	Kalzium
CaOx	Kalziumoxalat
Cl	Chlorid
d	Tag
et al.	und weitere
Europ.	Europäisch
Fa.	Firma
FLUTDFeline	Lower Urinary Tract Disease
g	Gramm
HCl	Salzsäure
HPLC	High Performance (Pressure) Liquid Chromatography, Hochleistungsflüssigchromatographie
K	Kalium
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
KM	Körpermasse
l	Liter
λ	Lambda, Wellenlänge
m	Meter
M	Mol
MAP	Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat, Struvit
ME	Metabolische Energie
mg	Milligramm
Mg	Magnesium
min	Minute
MJ	Megajoule
mk	männlich kastriert
ml	Milliliter
mM	Millimol pro Liter
mm	Millimeter

μm	Mikrometer
n	Stichprobengröße
N	Stickstoff
Na	Natrium
NaCl	Natriumchlorid
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
NH ₄	Ammonium
nm	Nanometer
NRC	National Research Council
Ox	Oxalat
P	Phosphor
<i>P</i>	P-Wert, Irrtumswahrscheinlichkeit
PGE ₂	Prostaglandin E ₂
pH	pH-Wert
PO ₄	Phosphat
PTFE	Polytetrafluorethylen
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
RSS	Relative Supersaturation (Relative Übersättigung)
SEM	Standard Error of Mean (Standardfehler des Mittelwertes)
SO ₄	Sulfat
sV	scheinbare Verdaulichkeit
TS	Trockensubstanz
uS	ursprüngliche Substanz
UK	United Kingdom (Vereinigtes Königreich)
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
VDLUFA	Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
vs.	versus
w	Massenanteil (%)
wi	weiblich intakt
z. B.	zum Beispiel

1 EINLEITUNG

Harnsteinerkrankungen stellen ein häufiges Problem bei Katzen dar (Osborne et al., 1996a). Neben einer Struvituroolithiasis wird zunehmend auch das Auftreten von Kalziumoxalatharnsteinen beobachtet (Hesse et al., 1998; Wenkel et al., 1998; Vedrenne, 2003; Frenk, 2006; Picavet et al., 2007). Die Pathogenese dieser Harnsteinerkrankung ist noch nicht vollständig geklärt, der Zusammensetzung des Futters wird jedoch eine zentrale Bedeutung beigemessen (Hesse und Neiger, 2008). Vor dem Hintergrund humanmedizinischer Untersuchungen scheint die Bedeutung des Natriumchlorid- und Rohproteingehalts sowie der Proteinqualität in der Nahrung für die Kalziumoxalatsteinbildung interessant. Bislang liegen in diesem Zusammenhang jedoch nur wenige und teils auch widersprüchliche Daten bei Katzen vor. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, diese Aspekte näher zu untersuchen.

Hinsichtlich des Natriumgehalts im Futter sollte insbesondere die Frage erörtert werden, ob Beobachtungen aus humanmedizinischen Untersuchungen, in denen eine hohe alimentäre Natriumaufnahme zu einer Hyperkalzurie (Kleeman et al., 1964; Meyer et al., 1976; Goulding und Campbell, 1983; Sakhaee et al., 1993) und somit zu einem erhöhten Risiko für die Ausbildung einer Kalziumoxalaturolithiasis geführt hat (Frassetto und Kohlstadt, 2011), auch auf Katzen anwendbar sind. In der Veterinärmedizin wird bislang häufig angenommen, dass ein hoher Natriumgehalt im Futter aufgrund seiner positiven Auswirkungen auf die Wasseraufnahme (Hawthorne und Markwell, 2004; Luckschander et al., 2004; Tournier et al., 2006) und das Harnvolumen von Katzen (Biourge et al., 2001; Xu et al., 2006) unterstützend im Rahmen der Kalziumoxalatsteinprävention wirkt.

Beim Menschen ist bekannt, dass ein hoher Proteingehalt in der Nahrung aufgrund verschiedener Mechanismen zu einer Hyperkalzurie (Kim und Linkswiler, 1979; Robertson et al., 1979; Breslau et al., 1988; Hesse und Siener, 1997; Heilberg, 2000; Rotily et al., 2000) und einer Hyperoxalurie (Curhan et al., 1993; Nguyen et al., 2001) führt und somit das Risiko für eine Kalziumoxalatsteinentstehung erhöht. In den wenigen Untersuchungen an Katzen zu dieser Fragestellung wurden hingegen entgegengesetzte Tendenzen deutlich (Hashimoto et al., 1995; Funaba et al., 1996; Lekcharoensuk et al., 2001b; Zentek und Schulz, 2004; Dijcker et al., 2012).

Auch zu den Auswirkungen der Proteinqualität im Futter auf die Harnneigenschaften von Katzen bzw. auf eine mögliche Kalziumoxalatsteinentstehung liegen bisher nur wenige Daten vor (Skoch et al., 1991; Funaba et al., 2003; Zentek und Schulz, 2004). Denkbar wäre, dass hohe Gehalte bestimmter Aminosäuren im Futter die endogene Oxalatsynthese erhöhen.

Die Ergebnisse dieser Studie sollten helfen, bisherige diätetische Maßnahmen im Rahmen der Kalziumoxalatsteinprävention bei Katzen kritisch zu überprüfen sowie gegebenenfalls zu korrigieren oder zu erweitern.

2 LITERATUR

2.1 Feline Lower Urinary Tract Disease (FLUTD)

Unter dem Begriff der Feline Lower Urinary Tract Disease (FLUTD) werden sämtliche Erkrankungen zusammengefasst, die von den unteren harnableitenden Wegen der Katze ausgehen (Bartges und Kirk, 2006). Die Ursachen für diese Erkrankungen können dabei vielfältig sein, wohingegen die Symptome in der Regel sehr ähnlich sind.

Vorgefunden werden Symptome einer Entzündung der unteren Harnwege, wie Hämaturie, Pollakisurie, Strangurie, Dysurie, Periurie und Anzeichen von Schmerzen (Gerber et al., 2005). Diese Symptome gehen oft mit allgemeinen Symptomen wie Apathie, Anorexie, Vomitus und anderen einher (Hardie und Kyles, 2004).

Der Anteil der aufgrund von Symptomen einer FLUTD in der tierärztlichen Praxis vorgestellten Katzen wird von Osborne und Finco (1995) mit bis zu 10 % beziffert. Als häufigste Ursache für eine FLUTD wird bei über der Hälfte aller Fälle eine idiopathische, sterile Entzündung festgestellt, gefolgt von Urolithen, matrixassoziierten Harnpröpfen und Infektionen des Harntrakts (Osborne et al., 1996a). Der Anteil der FLUTD-Patienten mit Urolithiasisanteil und Harnpröpfen als Ursache wird mit bis zu 44 % angegeben (Osborne et al., 1996a; Lekcharoensuk et al., 2001a; Gerber et al., 2005; Cannon et al., 2007).

Die bei Katzen mit jeweils über 40 % am häufigsten vorgefundenen Harnsteintypen sind Struvit- (Magnesium-Ammonium-Phosphat) und Kalziumoxalatsteine (Kerr, 2013). Weitere Harnsteinarten, wie Urat, Xanthin, Kalziumphosphat (Brushit, Apatit), Zystin, Silikate oder andere, treten lediglich in 6-16 % der Fälle auf (Osborne und Finco, 1995; Houston et al., 2003; Cannon et al., 2007; Houston und Moore, 2009). Verschiedene epidemiologische Studien haben seit Ende der 1990er Jahre gezeigt, dass sich das Häufigkeitsverhältnis von Struvit- zu Kalziumoxalatsteinen bei Katzen im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte umgekehrt hat. War anfänglich noch Struvit die mit großem Abstand vorherrschende Harnsteinart bei Katzen, so ist heutzutage Kalziumoxalat als Konkrementbildner vermehrt in den Vordergrund gerückt (Lekcharoensuk et al., 2000; Houston et al., 2003; Lekcharoensuk et al., 2005; Cannon et al., 2007; Lulich und Osborne, 2008; Houston und Moore, 2009). Diese Entwicklung wurde zuerst für den nordamerikanischen Raum beschrieben. Hier stellen heutzutage Kalziumoxalatsteine die häufigste Harnsteinart bei Katzen dar (Lulich und Osborne, 2008; Houston und Moore, 2009). Aber auch in Europa wurde die gleiche Tendenz festgestellt, wenngleich die Ausprägung dieser reziproken Verschiebung im Auftreten der Harnsteinarten von verschiedenen Autoren unterschiedlich beschrieben wird (Hesse et al., 1998; Wenkel et al., 1998; Vedrenne, 2003; Frenk, 2006; Picavet et al., 2007). Als Ursache für diese Entwicklung wird vor allem der vermehrte Einsatz von harnansäuernden Futtermitteln zur Prophylaxe von Struvitsteinen angesehen (Buffington et al., 1997; Cannon et al., 2007), da ein saures

Harnmilieu die Bildung von Kalziumoxalatsteinen begünstigt (Dow et al., 1990; Kirk et al., 1995; Thumchai et al., 1996; Lekcharoensuk et al., 2000).

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Entwicklungen hat die Erforschung von Ätiologie, Pathogenese, Therapie und Prophylaxe der Kalziumoxalaturolithiasis der Katze eine zunehmende Bedeutung erlangt.

2.1.1 Pathogenese der Harnsteinbildung

Die Bildung von Harnsteinen bei Katzen ist ein vielschichtiges Geschehen mit multifaktorieller Pathogenese, wobei kausale und formale Faktoren zusammenwirken.

Bei den formalen Faktoren werden die Kristallisations-, Inhibitormangel- und Matrixtheorie diskutiert (Hautmann, 1983; Osborne et al., 1986; Osborne et al., 1992; Wirth und Meyer-Lindenberg, 1995; Hesse et al., 1998). So besagt die Kristallisations- oder auch Übersättigungstheorie, dass aufgrund einer erhöhten renalen Ausscheidung lithogener Substanzen und/oder eines verringerten Harnvolumens das Löslichkeits- oder Aktivitätsprodukt dieser Substanzen im Harn überschritten wird. Als Folge kristallisieren die Harnsalze unter Einbeziehung einer organischen Matrix aus (Wirth und Meyer-Lindenberg, 1995; Hesse und Neiger, 2008).

Nach der Inhibitormangeltheorie kommt es hingegen bei Vorliegen eines Mangels an Kristallisationsinhibitoren leichter bzw. eher zur Auskristallisation und Aggregation der lithogenen Substanzen. Mögliche Kristallisationsinhibitoren sind z. B. Tamm-Horsfall-Mukoproteine, Zitrat und Glukosaminoglykane (Wirth und Meyer-Lindenberg, 1995).

Die Kolloid- oder Matrixtheorie betrachtet schließlich die in nahezu sämtlichen Harnkonkrementen nachweisbaren organischen Matrixsubstanzen (Bakterien, Zelldetritus, Schleimsubstanzen, Entzündungsprodukte o. a.), welche mit Kalzium oder anderen Ionen einen Kristallisationskern bilden, als Ausgangspunkt der Lithogenese (Wirth und Meyer-Lindenberg, 1995; Hesse und Neiger, 2008).

Diese Theorien stellen jedoch lediglich Erklärungsmodelle dar. Tatsächlich sind vermutlich verschiedene Faktoren aller drei Theorien für eine Harnsteinentstehung mitverantwortlich (Hesse und Neiger, 2008). Zu berücksichtigen sind ferner kausale Faktoren, wie urodynamische Funktionsstörungen aufgrund pathologisch-anatomischer Anomalien, metabolische Störungen, genetische sowie klimatische und diätetische Faktoren (Hesse et al., 1998), die u. a. zu Harnverhalten sowie zu einem Harn-pH-Wert führen, der eine Präzipitation lithogener Substanzen begünstigt (Leidinger, 1999).

Schließlich stellen Adipositas und eine reine Wohnungshaltung eine Prädisposition für die Entstehung von Harnsteinen bei Katzen dar (Houston et al., 2003).

2.2 Kalziumoxalaturolithiasis

Bei der Kalziumoxalaturolithiasis können drei verschiedene Kristallformen unterschieden werden: Kalziumoxalat-monohydrat (Whewellit), Kalziumoxalat-dihydrat (Weddelit) und Kalziumoxalat-trihydrat. Letztere Form ist jedoch bei der Katze ohne klinische Relevanz (Hesse und Neiger, 2008). Whewellit- und Weddelit-Steine unterscheiden sich deutlich in ihrem Erscheinungsbild. Während Whewellit-Steine hart, glatt und von dunkler Farbe sind, haben Weddelit-Steine eher eine lockere Struktur aus spitzen, scharfkantigen Einzelkristallen sowie eine hellere Farbe. Mikroskopisch erscheinen die Monohydrate als sogenannte „Hantelform“, die Dihydrate als Bipyramiden (Hesse und Neiger, 2008).

Kalziumoxalaturolithen können bei Katzen eine oder beide dieser Kristallformen enthalten. Häufig kommen auch Mischformen mit weiteren Mineralkomponenten vor (Osborne und Finco, 1995).

Bestimmte Rassekatzen (Siamkatzen, Ragdoll, verschiedene Perserarten und andere) scheinen eine Prädisposition für die Entwicklung einer Kalziumoxalaturolithiasis aufzuweisen. Männliche, kastrierte Tiere sind statistisch häufiger betroffen (Thumchai et al., 1996; Houston et al., 2003; Cannon et al., 2007; Houston und Moore, 2009), ebenso Tiere im Alter zwischen 7 bis 10 Jahren (Lekcharoensuk et al., 2000).

Die anatomische Lokalisation der Kalziumoxalaturolithen ist am häufigsten (ca. 75 %) in der Blase, zu einem geringeren Anteil (ca. 10 %) auch in der Harnröhre (Cannon et al., 2007). Im Gegensatz zu Struvit kann man Kalziumoxalatkonkremente auch relativ häufig (ca. 10 %) im oberen Harntrakt (Nieren, Harnleiter) nachweisen (Thumchai et al., 1996; Lekcharoensuk et al., 2005; Cannon et al., 2007).

2.2.1 Pathogenese

Die Pathogenese der Kalziumoxalatkrystallurie bzw. -urolithiasis ist komplex und bislang nicht vollständig geklärt. Neben den oben genannten Alters-, Rasse- und Geschlechtsprädispositionen kommt der Zusammensetzung des Futters eine zentrale Bedeutung zu (Hesse und Neiger, 2008). Demnach sind Futtermittel mit einem geringen Feuchtigkeitsgehalt oder stark harnansäuernder Wirkung die wichtigsten Risikofaktoren für die Entwicklung von Kalziumoxalatsteinen im Harn von Katzen (Hesse und Neiger, 2008).

Als prädisponierende Faktoren für eine Kalziumoxalaturolithiasis gelten allgemein eine Hyperkalzurie, Hyperoxalurie, Hypozitraturie, ein Mangel an weiteren Kristallisationsinhibitoren im Urin, eine diätetische Unterversorgung an Vitamin B₆ und Phosphat, eine geringe Flüssigkeitsaufnahme sowie ein hoher Anteil an bindegewebsreichen Materialien tierischen Ursprungs in der Ration (Osborne et al., 1994; Kirk et al., 1995; Osborne et al., 1996c). Auch ein Mangel an Magnesium (Bartges und Kirk, 2006; Hesse und Neiger,

2008) und Kalium (Lekcharoensuk et al., 2001b) im Futter von Katzen wird mit einem erhöhten Risiko zur Bildung von Kalziumoxalatkristallen in Verbindung gebracht, wohingegen exzessive Mengen an Vitamin C im Futter vermieden werden sollten (Bartges und Kirk, 2006).

Mögliche Ursachen für eine Hyperkalzurie sind eine vermehrte intestinale Kalziumabsorption, eine gesteigerte renale Kalziumexkretion aufgrund einer reduzierten tubulären Rückresorption von Kalzium, eine sekundäre Hyperkalzämie infolge einer Grunderkrankung (z. B. Hyperparathyreoidismus, idiopathische Hyperkalzämie, Hyperadrenokortizismus, chronische metabolische Azidose) sowie eine iatrogene Hyperkalzämie (Marquez et al., 1995; Midkiff et al., 2000; Savary et al., 2000; Hostutler et al., 2005).

Eine Hyperoxalurie steht bei der Katze weniger im Zusammenhang mit einer erhöhten exogenen Oxalatzufuhr. Oxalsäurereiche Futtermittel sind insbesondere grünblättriges Gemüse, Kleie, Nüsse und Getreide, wohingegen Fleisch und Fisch oxalsäurearm sind. Insgesamt nehmen Katzen daher eher geringe Mengen an Oxalat mit dem Futter auf (Dijcker et al., 2011). Die im Harn der Katze vorkommende Oxalsäure stammt in erster Linie aus der endogenen Synthese. Hier dienen Zucker (Glukose und Fruktose), Aminosäuren (Hydroxyprolin, Glyzin, Serin, Phenylalanin, Tyrosin und Tryptophan) und/oder Glykolat als Ausgangssubstrate. Diese Substrate werden in den Hepatozyten der Katze auf verschiedenen Wegen zu Glyoxylat und schließlich zu Oxalat verstoffwechselt (Dijcker et al., 2011).

Da Vitamin B₆ bei der Transaminierung von Glyoxylat zu Glyzin als Kofaktor für das katalysierende Enzym Alanin:Glyoxylat Aminotransferase 1 dient, könnte bei einem diätetischen Mangel an Vitamin B₆ eine gesteigerten endogene Oxalatsynthese und renale Oxalatexkretion resultieren (Dijcker et al., 2011). Vitamin B₆ dient außerdem bei weiteren enzymatischen Prozessen als Kofaktor, unter anderem bei der Synthese von Zitrat, welches als Kristallisationsinhibitor für Kalziumoxalat fungiert (Dijcker et al., 2011). Zudem kann ein genetisch bedingter Mangel an hepatischer D-Glyzeratdehydrogenase bei Katzen eine Hyperoxalurie hervorrufen (Primäre Hyperoxalurie Typ II) (Bartges und Kirk, 2006). Die D-Glyzeratdehydrogenase ist an mehreren Stellen des Oxalsäurestoffwechsels als Oxidations- und Reduktionsschritte katalysierendes Enzym von Bedeutung (Dijcker et al., 2011).

Nach Hesse et al. (1998) sowie Bartges und Kirk (2006) wirken Zitrat, Magnesium, Pyrophosphate, Glukosaminoglykane, Tamm-Horsfall-Proteine und eventuell Hippursäure mit jeweils unterschiedlichen Wirkungsmechanismen als Kristallisationsinhibitoren bei der Bildung von Kalziumoxalatsteinen.

2.2.2 Therapeutisches Vorgehen und allgemeine diätetische Empfehlungen

Im Gegensatz zur Struvituroolithiasis ist eine diätetische Auflösung von Harnkonkrementen im Falle einer Kalziumoxalaturolithiasis nicht möglich (Lulich et al., 1993; Folger, 1999; Bartges et al., 2004). Bei nachgewiesenen kleinen, glatten Steinen (< 4-5 mm) kommen als konservative Therapieansätze eine Urohydropropulsion („Lulich-Prozedur“) oder eine Entfernung mittels Katheter in Frage, andernfalls muss eine operative Entfernung der Steine mittels Zystotomie erfolgen (Lulich et al., 1993; Folger, 1999; Bartges et al., 2004). Für den Fall, dass eine Primärerkrankung die Ursache einer Hyperkalzämie und konsekutiv einer Hyperkalzurie ist, muss diese ebenfalls behandelt werden (Bartges et al., 2004).

Als Rezidivprophylaxe kommt der Diätetik bei der Kalziumoxalaturolithiasis eine große Bedeutung zu (Osborne et al., 2009). Hier zielen die Maßnahmen primär darauf ab, eine Reduktion der Kalzium- und Oxalatkonzentrationen im Harn zu erreichen (Bartges und Kirk, 2006; Osborne et al., 2009).

Weiterhin sollten keine Diäten zur Auflösung und Prophylaxe von Struvitharnsteinen mit stark harnansäuernden Eigenschaften zur Prophylaxe von Kalziumoxalatsteinen eingesetzt werden (Kirk et al., 1995; Folger, 1999; Bartges und Kirk, 2006). Grundsätzlich wird ein niedriger Harn-pH-Wert (< 6,29) als Risikofaktor für die Entwicklung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen angesehen (Kirk et al., 1995; Osborne et al., 1995). Eine Ansäuerung des Harns auf einen pH-Wert von < 6,2 kann zudem eine metabolische Azidose hervorrufen (Bartges und Kirk, 2006). Diese führt zu einer Abgabe von Kalzium aus dem Knochen und somit zu einem Anstieg des ionisierten Kalziums im Blut. Daneben kann ein niedriger Harn-pH zu einer vermehrten renalen Kalziumausscheidung durch verminderte tubuläre Reabsorption von Kalzium führen und die Funktion und Konzentration von Kristallisationsinhibitoren, insbesondere von Zitrat, beeinträchtigen (Bartges und Kirk, 2006).

Zur Unterstützung einer vermehrten Flüssigkeitsaufnahme der Katzen werden unter anderem Futtermittel mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt, z. B. Dosenfutter, empfohlen (Lekcharoensuk et al., 2001b; Lulich et al., 2004; Bartges und Kirk, 2006). Die erhöhte Flüssigkeitsaufnahme soll über eine Verdünnung des Harns einen präventiven Effekt auf die Entwicklung von Harnsteinen ausüben. Als sinnvoll wird zudem erachtet, Diätfuttermittel zur Prophylaxe von Kalziumoxalatharnsteinen mit Vitamin B₆ zum Ausgleich eines eventuell vorliegenden Pyridoxinmangels sowie mit Kaliumzitrat als Kristallisationsinhibitor anzureichern (Morgan, 2000; Bartges et al., 2004). Für Katzen mit zeitgleicher Hyperkalzämie wird eine faserreiche Diät empfohlen (Bartges et al., 2004; Bartges und Kirk, 2006), um die Kalziumabsorption im Darm zu reduzieren. Zur Vermeidung einer verstärkten Kalziumabsorption aus dem Darm sollte im Futter zudem kein Vitamin D-Überschuss vorliegen. Ebenso ist die Zufuhr an Vitamin C als Vorläufersubstanz für die endogene Oxalatenstehung, welche im Rahmen einer nichtenzymatischen Oxidation von Ascorbat

erfolgt, einzuschränken (Osborne et al., 1990a; Morgan, 2000; Yu und Gross, 2005; Dijcker et al., 2011), obgleich eine Untersuchung zeigen konnte, dass Ascorbinsäure für die Entstehung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen nur von untergeordneter Bedeutung zu sein scheint (Yu und Gross, 2005).

Allgemein sollte das Futter stets restriktiv angeboten werden, um der Entstehung von Übergewicht als Risikofaktor für die Entwicklung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen vorzubeugen (Bartges und Kirk, 2006).

2.3 Struvitrolithiasis

Struvitsteine, mit der chemischen Zusammensetzung Magnesiumammoniumphosphat-Hexahydrat, sind makroskopisch sehr variabel. Sie können von weißer, gelblicher bis hellbrauner Färbung sein, die Steinoberfläche ist glatt oder scharfkantig (Leidinger, 1999; Hesse und Neiger, 2008). In Harnsteinen von Katzen ist Struvit vereinzelt auch in Kombination mit anderen Kristalltypen, wie zum Beispiel Kalziumoxalat, Kalziumphosphat und/oder Ammoniumurat anzutreffen (Osborne et al., 1996c; Leidinger, 1999). Mikroskopisch sind Struvitkristalle durch eine sogenannte „Sargdeckelform“ zu identifizieren (Osborne et al., 1996d).

Prädispositionen für Struvitsteine werden für nicht reinrassige Tiere (Thumchai et al., 1996) sowie für bestimmte Katzenrassen (Ragdoll, Himalaya, Orientalisch und Amerikanisch Kurzhaar und andere) beschrieben. Auch bei weiblichen und kastrierten Individuen sowie bei mittelalten Tieren zwischen 4 und 7 Jahren ist ein erhöhtes Erkrankungsrisiko gegeben (Osborne et al., 1996c; Lekcharoensuk et al., 2000; Houston et al., 2003).

Struvitsteine sind im Gegensatz zu Kalziumoxalatsteinen fast ausschließlich in den unteren harnableitenden Wegen (Blase, Harnröhre) zu finden (Thumchai et al., 1996; Lekcharoensuk et al., 2000).

2.3.1 Pathogenese

Anders als bei Hund und Mensch stellt eine Infektion mit Urease-positiven Bakterien bei der Katze keinen entscheidenden ursächlichen Faktor in der Pathogenese der Struvitrolithiasis dar. Bei einem Großteil der untersuchten Fälle bei Katzen handelte es sich vielmehr um sterile Prozesse (Osborne et al., 1996c; Leidinger, 1999; Hesse und Neiger, 2008). Auch die übermäßige alimentäre Aufnahme von Magnesium, Phosphat und Ammonium (letzteres aus dem Nahrungsprotein) und die daraus resultierende vermehrte renale Ausscheidung dieser Substanzen ist für die Pathogenese der Struvitrolithiasis zwar von wichtiger, nicht jedoch von entscheidender Bedeutung (Osborne et al., 1996c). Tartelin (1987) beschreibt, dass der pH-Wert des Harns eine wesentlich größere Auswirkung auf die Lithogenese besitzt als die

alimentäre Mineralstoffaufnahme. Ein basisches Harnmilieu fördert die Übersättigung des Harns mit Phosphat (PO_4^{3-}) durch vermehrte Dissoziation von $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$ und HPO_4^{2-} (Osborne et al., 1996c) und führt somit zu einer leichteren Auskristallisation von Struvit (Hesse und Neiger, 2008). Dieser Zustand wird insbesondere dann erreicht, wenn über die Nahrung große Mengen alkalisierender Substanzen aufgenommen werden (Kienzle und Schuknecht, 1993; Kienzle und Wilms-Eilers, 1993; Kienzle und Wilms-Eilers, 1994).

Als mögliche Ursachen für eine Hyperammonurie werden von Osborne et al. (1996c) verschiedene Faktoren genannt. Zum einen wird beschrieben, dass durch eine übermäßige Proteinzufuhr über die Nahrung zusätzlicher Harnstoff für den Ammoniakstoffwechsel sowie vermehrt Glutamin als Ausgangssubstanz der renalen Ammoniaksynthese bereitgestellt werden. Zum anderen werden eine metabolische Azidose, die den Stoffwechsel von Glutamin zu Ammoniak fördert und eine Hypokaliämie, die zu einer intrazellulären Azidose führen kann, als zusätzliche, mögliche Faktoren genannt. Bei einem Überangebot an ionisiertem Ammoniak und Protonen im Lumen der Nierentubuli verbinden sich diese vermehrt zu Ammonium, welches dann mit dem Harn ausgeschieden wird.

2.3.2 Therapeutisches Vorgehen und allgemeine diätetische Empfehlungen

Bei Vorliegen einer Struvitrolithiasis ohne mechanisch bedingte Harnabsatzstörungen kann versucht werden, die Harnsteine in der Blase diätetisch aufzulösen (Bartges und Kirk, 2006). Im Vorfeld sollte zunächst diagnostisch möglichst genau die Zusammensetzung der Konkremente ermittelt werden. Hierzu muss über das Sediment einer gewonnenen Harnprobe eine mikroskopische Bestimmung der enthaltenen Kristalle erfolgen. Sollte es sich um eine bakteriell bedingte Struvitrolithiasis handeln, muss diese begleitend durch den Einsatz eines adäquaten Antibiotikums behandelt werden (Osborne et al., 1996b).

Als Hauptziele der Diätetik zur Prophylaxe und Therapie einer Struvitrolithiasis gelten ein Absenken des pH-Wertes im Harn auf $< 6,6$, die Restriktion der Aufnahme an Magnesium, Phosphor und Protein über das Futter sowie die Verdünnung des Harns durch eine Erhöhung der Flüssigkeitsaufnahme der Tiere (Osborne et al., 1996; Bartges und Kirk, 2006). Zur Verhinderung einer postprandialen Alkalisierung des Harns wird zudem eine Fütterung von mehreren kleinen Mahlzeiten pro Tag empfohlen (Finke und Litzenberger, 1992).

2.4 Spezielle Aspekte der Diätetik

2.4.1 Harnsättigung, Flüssigkeitsaufnahme und Harnvolumen

Die Sättigung des Harns mit lithogenen Substanzen, insbesondere mit wenig löslichen Salzen, spielt eine zentrale Rolle in der Pathogenese von Harnsteinen (Bartges und Kirk, 2006). Als

biochemisches Maß kann in diesem Zusammenhang die relative Übersättigung des Harns (Relative Supersaturation, RSS) herangezogen werden, welche ursprünglich in der Humanmedizin etabliert und anschließend für den Veterinärbereich adaptiert wurde (Robertson et al., 2002).

Zur Ermittlung der relativen Übersättigung des Harns müssen der pH-Wert sowie die Konzentrationen an Kalzium, Magnesium, Natrium, Kalium, Ammonium, Phosphat, Oxalat, Zitrat, Sulfat, Harnstoff und Chlorid im Harn bestimmt werden. Mithilfe spezieller Computerprogramme (Supersat (nach Robertson) oder Equil 2 (nach Finlayson)) wird aus diesen ermittelten Daten ein spezifischer RSS-Wert für Kalziumoxalat und Struvit errechnet.

Wie Biourge (2007) beschreibt, bedeutet ein RSS-Wert < 1 eine Untersättigung des Harns mit den jeweiligen lithogenen Substanzen. Hier kann es zu keiner Kristallbildung kommen und eine Kristallauflösung ist möglich. Bei Werten zwischen 1 und 2,5 (Struvit) bzw. 1 und 12 (Kalziumoxalat) liegt eine sogenannte metastabile Phase vor. In dieser kann es zu keiner spontanen Kristallbildung kommen. Sind jedoch bereits Kristallisationskerne im Harn vorhanden, ist eine Kristallbildung möglich. Eine Kristallauflösung kann in der metastabilen Phase nicht stattfinden.

Die Phase der metastabilen Übersättigung endet für Struvit bei einem RSS-Wert von 2,5 und für Kalziumoxalat bei einem RSS-Wert von 12. Dieser Schwellenwert wird Bildungsprodukt genannt. Oberhalb dieser Schwellenwerte liegt ein Zustand labiler Übersättigung vor. Hier kommt es zu einer spontanen Kristallbildung und zu einem schnellen Kristallwachstum. Eine Kristallauflösung ist in dieser Phase nicht möglich.

Vor dem geschilderten Hintergrund besteht ein Ziel der diätetischen Urolithiasisbehandlung und -prophylaxe darin, die renale Ausscheidung von wenig löslichen Mineralstoffen zu minimieren, um eine Übersättigung des Harns zu verhindern (Buffington et al., 1990; Buckley et al., 2011). Dies kann einerseits über eine Restriktion der Mineralstoffaufnahme über das Futter (Lekcharoensuk et al., 2001b; Bartges und Kirk, 2006), und andererseits über eine Steigerung der täglichen Wasseraufnahme der Tiere erreicht werden (Markwell et al., 1998; Kerr, 2013). Neben einer Fütterung von Feuchtfutter (Markwell et al., 1998; Kerr, 2013) bzw. von Futter mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt (Buckley et al., 2011) werden auch die Fütterung sehr fettreicher (Sauer et al., 1985) oder proteinreicher (Funaba et al., 1996) Diäten sowie die Anreicherung des Futters mit Natrium bzw. Natriumchlorid als Möglichkeiten genannt, um die tägliche Wasseraufnahme und damit das Harnvolumen der Katzen zu erhöhen (Hawthorne und Markwell, 2004). Bei Fütterung von Trockenfutter nimmt nach allgemeiner Annahme zwar die Trinkmenge der Katzen zu, die Gesamtflüssigkeitsaufnahme ist nach Jackson und Tovey (1977) jedoch höher bei Fütterung von Feuchtfutter mit einem Flüssigkeitsgehalt von ca. 70-80 %. In Untersuchungen von Schultz (2003) konnte diese Korrelation zwischen dem Trockensubstanz (TS)-Gehalt des Futters und der

Wasseraufnahme von Katzen allerdings nicht bestätigt werden. Da Katzen bei ausschließlicher Gabe von Trockenfutter jedoch tendenziell geringere Harnmengen produzieren als bei einer Fütterung von Feuchtfutter, wird hier häufig ein Zusammenhang mit der Entwicklung von Harnsteinen vermutet (Burger et al., 1980; Buffington und Chew, 1998). Eine Alternative zur Gabe eines Feuchtfutters stellt das Einweichen des Trockenfutters dar (Kerr, 2013).

Ein weiterer positiver Effekt eines größeren Harnvolumens ist neben der Harnverdünnung eine erhöhte Harnabsatzfrequenz der Tiere, wodurch die Zeit zur Nukleation und Aggregation von Harnkristallen reduziert wird (Stevenson et al., 2004; Biourge, 2007).

2.4.2 Einfluss der Futterzusammensetzung auf die Harnbeschaffenheit und das Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen

2.4.2.1 Einfluss des Natriumgehalts im Futter

Wie in verschiedenen Untersuchungen mit Katzen gezeigt werden konnte, liegt zwischen der Natriumaufnahme mit dem Futter und der Natriumausscheidung über den Harn ein linearer Zusammenhang vor. Andere fütterungsassoziierte Parameter haben keinen deutlichen Einfluss auf die renale Natriumausscheidung (Dammers, 1980; Zentek, 1987; Figge, 1989; Schuknecht, 1991; Wilms-Eilers, 1992; Dekeyzer, 1997; Schultz, 2003).

Die Auffassung, dass ein erhöhter Natrium- oder Natriumchloridgehalt im Futter zu einer erhöhten Wasseraufnahme und/oder zu einem höheren Harnvolumen bei Katzen führt, ist in der Literatur weit verbreitet (Biourge et al., 2001; Wagner et al., 2002; Hawthorne und Markwell, 2004; Luckschander et al., 2004; Bartges und Kirk, 2006; Tournier et al., 2006; Xu et al., 2006). Demnach soll Natrium einen stimulierenden Effekt auf Hormone wie Vasopressin und Angiotensin ausüben, wodurch das Durstgefühl der Tiere gesteigert wird (Thrasher et al., 1980; Blair-West et al., 1994).

Hawthorne und Markwell (2004) konnten zeigen, dass bei Fütterung einer Diät mit einem hohen Natriumgehalt (0,66-0,96 g Natrium/MJ metabolische Energie (ME)) im Vergleich zu einer Kontrolldiät (< 0,42 g Natrium/MJ ME) sowohl die Trinkmenge als auch das Harnvolumen von Katzen signifikant zunahm. Vergleichbare Beobachtungen wurden von Tournier et al. (2006) gemacht, die Versuchsfuttermittel mit Natriumgehalten zwischen 0,44 % und 1,56 % in der TS einsetzten. Luckschander et al. (2004) konnten ebenfalls einen signifikanten Anstieg der täglichen Wasseraufnahme sowie des täglichen Harnvolumens bei Katzen feststellen, wenn ein Futter mit einem hohen Natriumchloridgehalt (1,02 % Natrium und 2,02 % Chlorid in der TS) mit einem Futter mit einem niedrigen Natriumchloridgehalt (0,46 % Natrium und 1,33 % Chlorid in der TS) verglichen wurde.

Xu et al. (2006) konnten in ihren Untersuchungen an Katzen zeigen, dass ein hoher Natriumgehalt im Futter von 1,2 % in der TS im Vergleich zu Diäten mit 0,4 % bzw. 0,8 % Natrium in der TS zwar nicht zu einer höheren Wasseraufnahme, wohl aber zu einem Anstieg der täglich ausgeschiedenen Harnmenge der Tiere geführt hat. Eine Erhöhung des täglichen Harnvolumens von Katzen bei einer höheren Natriumchloridkonzentration im Futter (0,43 g Natrium/100g und 1,23 g Chlorid/100g vs. 0,91 g Natrium/100g und 2,16 g Chlorid/100g) wurde ebenfalls von Biourge et al. (2001) beobachtet.

Durch einen erhöhten Natriumgehalt im Futter kann über ein höheres Harnvolumen eine Absenkung des spezifischen Gewichts des Katzenharns erreicht werden (Hawthorne und Markwell, 2004; Xu et al., 2006). In einer Studie von Wagner et al. (2002) konnte diese Beobachtung unter Verwendung von Natriumchlorid im Futter allerdings nicht bestätigt werden.

Auf den pH-Wert des Harns von Katzen hatte der Natrium- (Hawthorne und Markwell, 2004; Xu et al., 2006) oder Natriumchloridgehalt (Wagner et al., 2002; Luckschander et al., 2004) im Futter keine Auswirkung.

Studien aus der Humanmedizin sowie an Ratten konnten zeigen, dass eine hohe Natrium- oder Natriumchloridaufnahme zu einer erhöhten renalen Kalziumexkretion führt (Kleeman et al., 1964; Meyer et al., 1976; Goulding und Campbell, 1983; Sakhaee et al., 1993). Als zugrunde liegender Mechanismus wird eine Hochregulierung von spezifischen Kalzium-Transportmolekülen in den distalen Nierentubuli vermutet (Lee et al., 2012). Aus diesem Grund wird in der Humanmedizin die diätetische Restriktion von Kochsalz zur Prävention einer Kalziumoxalaturolithiasis empfohlen (Frassetto und Kohlstadt, 2011).

Ein vergleichbarer Zusammenhang zwischen der Natriumaufnahme und der renalen Kalziumausscheidung wurde auch bei Hunden beobachtet (Walser, 1961; Sutton et al., 1979). Untersuchungen von Lulich et al. (2005) an gesunden Hunden konnten zeigen, dass ein Anstieg des Natriumgehalts im Futter von 0,24 % auf 1,2 % in der TS zwar zu einer Zunahme der renalen Kalziumexkretion, jedoch auch zu einer Zunahme des täglichen Harnvolumens geführt hat. Die Kalziumkonzentration im Harn wurde hingegen durch den Natriumgehalt im Futter nicht beeinflusst. Zudem nahmen die Oxalatkonzentration im Harn sowie der RSS-Wert für Kalziumoxalat mit einem höheren Natriumgehalt im Futter ab. Die Autoren schlussfolgerten, dass – vorbehaltlich der Ergebnisse von Langzeitstudien – die diätetische Supplementierung von Natriumchlorid ein probates Mittel zur Kalziumoxalatsteinprophylaxe bei gesunden Hunden sei (Lulich et al., 2005).

Bislang wurden nur wenige Untersuchungen zum Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf die renale Kalzium- und Oxalatexkretion sowie auf das damit verbundene Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen durchgeführt. Biourge et al. (2001) konnten zeigen, dass mit steigenden Natriumchloridgehalten im Futter die tägliche renale

Kalziumausscheidung bei Katzen zunahm. Die Kalzium- und Oxalatkonzentrationen im Harn sowie die RSS-Werte für Kalziumoxalat wurden hingegen durch den Natriumchloridgehalt im Futter nicht beeinflusst. Hawthorne und Markwell (2004) sowie Tournier et al. (2006) konnten ebenfalls keine Veränderung der Kalziumkonzentration im Harn von Katzen in Abhängigkeit von der Natriumaufnahme feststellen. Die RSS-Werte für Kalziumoxalat nahmen in beiden Studien mit ansteigenden Natriumgehalten im Futter ab. Tournier et al. (2006) stellten zudem eine Reduktion der Oxalatkonzentration im Harn fest, wenn die Katzen eine Diät mit einem höheren Natriumgehalt erhielten.

Xu et al. (2006) setzten in ihrer Untersuchung Versuchsfuttermittel mit einem Natriumgehalt von 0,4 %, 0,8 % und 1,2 % in der TS bei Katzen ein. Die Autoren konnten keine Beeinflussung der täglichen renalen Kalziumausscheidung sowie des RSS-Wertes für Kalziumoxalat in Abhängigkeit von der Natriumaufnahme der Tiere feststellen.

Ein Anstieg der täglichen renalen Kalziumexkretion mit zunehmendem Natriumchloridgehalt im Futter wurde hingegen von Kirk et al. (2006) in Untersuchungen mit Katzen beobachtet.

Eine epidemiologische Untersuchung von Lekcharoensuk et al. (2001b) ergab, dass natriumreiche Diäten zu einem erniedrigten Risiko für die Entwicklung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen beitragen.

Neben der Bedeutung für die Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen ist der Natriumgehalt im Futter auch im Hinblick auf eine Beeinflussung der Nierenfunktion sowie des Blutdrucks von Katzen relevant. Untersuchungen von Kirk et al. (2006) an niereninsuffizienten Katzen konnten zeigen, dass der Einsatz einer Diät mit einem hohen Natriumchloridgehalt zu einem Anstieg der Nierenparameter Kreatinin, Phosphor und Harnstoff im Serum der Tiere geführt hat. Daneben wurde ein Anstieg der Verkürzungsfraktion während der Herzkontraktion beobachtet. Auf den Blutdruck der Katzen hatte der Natriumchloridgehalt im Futter in dieser Studie keinen Einfluss. Auch Buranakarl et al. (2004) konnten an einseitig nephrektomierten Katzen keine Erhöhung des Blutdrucks in Abhängigkeit vom Natriumgehalt des Futters (50, 100 und 200 mg Natrium/kg) feststellen. Eine erhöhte Natriumaufnahme führte in dieser Studie zu einer gesteigerten glomerulären Filtrationsrate. Während die Stickstoff- und Kreatininkonzentrationen im Blut der Katzen unbeeinflusst blieben, wurde eine Hypokaliämie aufgrund einer vermehrten renalen Ausscheidung von Kalium bei den Katzen beobachtet, die das Futter mit dem niedrigsten Gehalt an Natriumchlorid erhielten. In Untersuchungen von Wagner et al. (2002) an gesunden Katzen hatte der Natriumchloridgehalt im Futter (0,46 % Natrium und 1,33 % Chlorid in der TS vs. 1,09 % Natrium und 2,02 % Chlorid in der TS) keinen Einfluss auf die Blutparameter Totalprotein, Kreatinin, Harnstoff, Natrium und Chlorid oder auf den systolischen Blutdruck der Tiere. Eine weitere Studie konnte bei einer Erhöhung des Natriumgehalts im Futter zwar einen Anstieg des intrazellulären Flüssigkeitsvolumens, jedoch keine Auswirkung auf die Nierenwerte von Katzen feststellen (Barzad et al., 2007).

Xu et al. (2009) untersuchten über einen Zeitraum von 6 Monaten, ob ein Futter mit einem hohem Natriumchloridgehalt (1,11 % Natrium in der TS, 1,78 % Chlorid in der TS) einen negativen Einfluss auf den Gesundheitsstatus von Katzen ausübt. Die Autoren konnten keine Beeinflussung des Körpergewichts, Hydratationsstatus oder des Blutdrucks feststellen. Auch die Mineralstoffgehalte der Knochen sowie der Protein-Kreatinin-Quotient im Harn wurden durch eine hohe Natriumaufnahme nicht beeinflusst. Zum Vergleich wurde ein Futter mit einem Natriumgehalt von 0,55 % in der TS und einem Chloridgehalt von 1,02 % in der TS gefüttert. In Übereinstimmung mit den Empfehlungen des National Research Council (NRC) (2006) wird von Xu et al. (2009) ein Natriumgehalt von bis zu 1,5 % in der TS als gesundheitlich unbedenklich für gesunde Katzen angesehen.

2.4.2.2 Einfluss des Kalziumgehalts im Futter

In der Humanmedizin galt es über Jahrzehnte als gesichert, dass die diätetische Restriktion von Kalzium die renale Kalziumausscheidung vermindert und somit das Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen reduziert (Drach, 1986). Neuere Studien konnten jedoch zeigen, dass Personen mit einer hohen alimentären Kalziumaufnahme vielmehr ein geringeres Risiko für Kalziumoxalatsteine aufwiesen (Curhan et al., 1993; Curhan et al., 1997). Die Autoren vermuteten, dass im Falle einer hohen Kalziumaufnahme eine verstärkte intestinale Komplexbildung zwischen Kalzium und Oxalat stattfindet, wodurch weniger Kalzium und Oxalat im Darm resorbiert und über die Nieren ausgeschieden werden.

In Untersuchungen von Stevenson et al. (2003) an Hunden wurden die Effekte folgender Versuchsfuttermittel auf die Harnzusammensetzung verglichen: Diäten mit niedrigem Kalzium- und gleichzeitig niedrigem, mittlerem und hohem Oxalatgehalt, Diäten mit mittlerem Kalzium- und niedrigem und mittlerem Oxalatgehalt sowie Diäten mit hohem Kalzium- und niedrigem und hohem Oxalatgehalt. Die Autoren stellten fest, dass bei einem hohen Kalziumgehalt im Futter (1,79 g Kalzium/MJ ME), unabhängig vom Oxalatgehalt im Futter, die Kalziumkonzentration im Harn erhöht war. Ein niedriger Kalziumgehalt (0,43 g Kalzium/MJ ME) bei gleichzeitig hohem Oxalatgehalt (59,7 mg Oxalat/MJ ME) in der Diät hatte eine erhöhte Oxalatkonzentration im Harn zur Folge. Der niedrigste RSS-Wert für Kalziumoxalat wurde nach der Fütterung der Diät mit den niedrigsten Gehalten an Kalzium und Oxalat (0,43 g Kalzium/MJ ME, 23,9 mg Oxalat/MJ ME) beobachtet und der höchste RSS-Wert für Kalziumoxalat bei einem hohen Kalzium- und niedrigen Oxalatgehalt im Futter (1,79 g Kalzium/MJ ME, 23,9 mg Oxalat/MJ ME).

Lulich et al. (2004) führten Untersuchungen an Katzen durch, die bereits an einer Kalziumoxalaturolithiasis erkrankt waren. Verglichen wurde die Harnzusammensetzung der Katzen bei Fütterung der Diät, welche vor Feststellung der Urolithiasis eingesetzt wurde, mit

der Harnzusammensetzung bei Fütterung einer kalziumreduzierten Präventionsdiät für Kalziumoxalatsteine. Hierbei konnte bei Fütterung der Präventionsdiät keine Beeinflussung der Oxalatkonzentration im Harn oder der renalen Oxalatausscheidung festgestellt werden, wohl aber eine reduzierte Kalziumkonzentration im Harn und eine reduzierte renale Kalziumausscheidung. Zudem stellten die Autoren einen reduzierten RSS-Wert für Kalziumoxalat bei Einsatz der Präventionsdiät fest.

Grundsätzlich wird bei Katzen nur ein geringer Anteil des mit dem Futter aufgenommenen Kalziums über die Nieren ausgeschieden (Hintz und Schryver, 1988). Eine Korrelation zwischen alimentärer Kalziumaufnahme und renaler Kalziumexkretion scheint nicht zu bestehen (Zentek, 1987; Figge, 1989; Schuknecht, 1991; Wilms-Eilers, 1992; Dekeyzer, 1997; Schultz, 2003).

In einer epidemiologischen Untersuchung von Lekcharoensuk et al. (2001b) wurde ermittelt, dass Katzen, die ein Futter mit einem reduzierten Kalziumgehalt (4,1-8,6 mg/kJ ME) erhielten, ein um 25-50 % höheres Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen aufwiesen als Tiere, die ein Futter mit einem normalem Kalziumgehalt (8,6-15,7 mg/kJ ME) erhielten. Auch die Fütterung von Diäten mit einem sehr hohen Kalziumgehalt (15,7-21,2 mg/kJ ME) erhöhte das Risiko für die Entwicklung von Kalziumoxalatsteinen.

Pastoor et al. (1994b) konnten bei einer Erhöhung des Kalziumgehalts im Futter durch Zulage von Kalziumkarbonat eine Abnahme der Konzentrationen an Phosphor und Magnesium im Harn von Katzen beobachten, wohingegen die Kalziumkonzentration im Harn unbeeinflusst blieb. Auch die Blutplasmakonzentrationen an Kalzium, Magnesium und Phosphor sowie die Plasmaaktivität der alkalischen Phosphatase wurden durch den Kalziumgehalt im Futter nicht beeinflusst. Die Konzentrationen an Kalzium, Magnesium und Phosphor im Kot stiegen hingegen mit zunehmendem Kalziumgehalt in den Futtermitteln an, ebenso wie der Harn-pH-Wert.

Weiterführende Untersuchungen von Pastoor et al. (1994a) konnten zeigen, dass die Auswirkungen auf den pH-Wert und die Phosphorkonzentrationen im Harn von Katzen von der Art des diätetisch zugesetzten Kalziumsalzes abhängig sind. Bei gleichbleibendem Kalziumgehalt im Futter und zunehmendem Austausch des Kalziumkarbonats durch eine equimolare Menge an Kalziumchlorid konnten ein Absinken des pH-Wertes sowie eine verringerte Phosphorkonzentration im Harn beobachtet werden. Die Konzentrationen an Kalzium und Magnesium im Harn wurden von der Art des Kalziumsalzes im Futter nicht beeinflusst.

Paßlack und Zentek (2013) setzten in ihren Versuchsfuttermitteln Knochenmehl (Kalziumapatit) als Kalziumquelle ein. Die Autoren konnten keine Beeinflussung der Kalzium- und Oxalatkonzentrationen im Harn sowie des Harn-pH-Wertes (nüchtern) bei Katzen in Abhängigkeit von der Kalziumaufnahme feststellen. Sie beobachteten jedoch eine erhöhte

Ausscheidung von Kalzium mit dem Kot sowie abnehmende Parathormonkonzentrationen im Blut der Katzen mit steigenden Kalziumgehalten im Futter. Vor diesem Hintergrund vermuteten die Autoren eine intestinale Regulierung der Kalziumausscheidung bei Katzen (Paßlack und Zentek, 2013).

2.4.2.3 Einfluss des Kaliumgehalts im Futter

Zwischen der alimentären Kaliumaufnahme von Katzen und der Kaliumausscheidung über den Harn liegt eine positive Korrelation vor (Dammers, 1980; Zentek, 1987; Figge, 1989; Schuknecht, 1991; Dekeyzer, 1997; Schultz, 2003).

In Humanstudien wurde sowohl ein Anstieg der Kalziumausscheidung über den Harn bei Reduktion des diätetischen Kaliums, als auch eine Verringerung der renalen Kalziumexkretion bei Erhöhung des Kaliumgehalts in der Nahrung beobachtet (Caldas et al., 1978; Lemann et al., 1991). Einen möglichen Erklärungsansatz für letzteren Effekt könnte eine kaliuminduzierte erhöhte Phosphatretention darstellen, infolgedessen die Kalzitriolsynthese in den Nieren gehemmt und die intestinale Kalziumabsorption reduziert würde (Lemann et al., 1991; Lemann et al., 1993). Eine weitere Theorie besagt, dass eine erhöhte Kaliumaufnahme mit der Nahrung zu einer stärkeren Kalziumretention im Körper sowie zu einer Hemmung der Knochenresorption führen könnte (Lemann et al., 1993).

Eine epidemiologische Studie von Lekcharoensuk et al. (2001b) ergab, dass ein Futter mit einem hohen Kaliumgehalt (9,1-13,4 mg/kJ ME) ein geringeres Risiko für die Entstehung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen darstellt als ein Futter mit einem niedrigen Kaliumgehalt (4,0-6,7 mg/kJ ME).

Eine Studie von Paßlack et al. (2014a) untersuchte die Auswirkungen des Kaliumgehalts sowie des eingesetzten Kaliumsalzes im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen. Die Autoren konnten keinen Einfluss der Kaliumkonzentration im Futter auf die renale Kalziumausscheidung der Tiere nachweisen, wohl aber eine geringere renale Kalziumausscheidung bei Verwendung von Kaliumhydrogencarbonat in den Versuchsdiäten anstelle von Kaliumchlorid. Die Oxalatkonzentrationen im Harn der Katzen waren generell geringer ($P > 0,05$), wenn Kaliumchlorid als Kaliumsalz eingesetzt wurde. Ein dosisabhängiger Einfluss der Kaliumkonzentration im Futter auf den Oxalatgehalt im Harn der Katzen konnte hingegen nur unter Verwendung von Kaliumhydrogencarbonat in den Diäten beobachtet werden. Der Nüchtern-pH-Wert des Harns stieg mit zunehmenden Kaliumkonzentrationen im Futter an. Obgleich dieser Effekt unabhängig von dem eingesetzten Kaliumsalz war, wurden generell höhere pH-Werte im Harn bei Einsatz von Kaliumhydrogencarbonat beobachtet. Die Autoren schlussfolgerten, dass der Einsatz von Kaliumhydrogencarbonat anstelle von Kaliumchlorid im Futter günstiger für die Prävention von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen sei,

da hier eine geringere renale Kalziumexkretion sowie generell höhere Harn-pH-Werte beobachtet wurden (Paßlack et al., 2014a).

2.4.2.4 Einfluss des Chloridgehalts im Futter

Verschiedene Studien konnten einen linearen Zusammenhang zwischen dem Chloridgehalt im Futter und der Chloridkonzentration im Harn von Katzen aufzeigen. Weitere diätetische Faktoren, die einen Einfluss auf die renale Chloridausscheidung bei Katzen ausüben, konnten nicht identifiziert werden (Ching et al., 1989; Schuknecht, 1991; Wilms-Eilers, 1992; Schultz, 2003).

Die epidemiologische Untersuchung von Lekcharoensuk et al. (2001b) ergab keinen Zusammenhang zwischen dem Chloridgehalt im Futter und der Entstehung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen.

2.4.2.5 Einfluss des Magnesiumgehalts im Futter

Zahlreiche Studien belegen eine starke positive Korrelation zwischen der Magnesiumaufnahme mit dem Futter und der renalen Magnesiumexkretion bei Katzen (Lewis et al., 1978; Dammers, 1980; Finco et al., 1985; Sauer et al., 1985; Zentek, 1987; Pastoor et al., 1995b; Schultz, 2003).

Die Bedeutung des Magnesiumgehalts in der Nahrung für die Entstehung von Kalziumoxalatsteinen ist bislang nicht abschließend geklärt. Eine *in vitro*-Studie aus der Humanmedizin konnte zeigen, dass nach Zugabe von Magnesium zu mit Kalziumoxalat übersättigtem Harn eine Komplexbildung zwischen den Magnesiumionen und der Oxalsäure stattfand, wodurch die Übersättigung des Harns mit Kalziumoxalat gesenkt werden konnte (Kohri et al., 1988). Untersuchungen von Johansson et al. (1980) beschreiben einen präventiven Effekt von Magnesium in der Nahrung auf die Bildung von Kalziumoxalatsteinen beim Menschen. Einer Gruppe von an Kalziumoxalatsteinen erkrankten Personen wurde über einen Zeitraum von zwei Jahren Magnesiumhydroxid oral verabreicht. In dieser Gruppe war ein Rezidiv von Kalziumoxalatsteinen signifikant geringer als in einer Kontrollgruppe ohne Supplementierung von Magnesium.

Aufgrund des vermehrten Auftretens von Kalziumoxalaturolithen bei Katzen und dem weit verbreiteten Einsatz magnesiumrestriktiver Diäten zur Struvitprophylaxe kamen Buffington und Chew (1998) zu der Vermutung, dass ein niedriger Magnesiumgehalt im Futter und nachfolgend im Harn als Risikofaktor für die Kalziumoxalatentstehung bei Katzen angesehen werden könne. Diese Annahme wurde durch die epidemiologischen Untersuchungen von Lekcharoensuk et al. (2001b) gestützt. Die Autoren stellten für Katzen, die ein Futter mit einem geringen Magnesiumgehalt (0,38-0,75 mg/kJ ME) erhielten, ein höheres Risiko zur

Entwicklung von Kalziumoxalatsteinen fest als bei Katzen, die ein Futter mit einem normalen Magnesiumgehalt (0,80-1,5 mg/kJ ME) erhielten. Auch weitere Autoren unterstützen diese These (Thumchai et al., 1996; Lekcharoensuk et al., 2000; Bartges und Kirk, 2006).

Es existieren allerdings auch Beobachtungen, dass die orale Gabe von Magnesiumoxid bei Menschen mit Kalziumoxalaturolithiasis eine verstärkte renale Kalziumexkretion hervorgerufen hat (Fetner et al., 1978), sodass von einer exzessiven Magnesiumaufnahme abgeraten wurde.

Ähnliche Beobachtungen wurden in Untersuchungen an Hunden gemacht (Lekcharoensuk et al., 2001b). Bei Fütterung einer Diät mit einem hohen Magnesiumgehalt (10,5 mg/kJ ME) im Vergleich zu einem Futter mit einem geringeren Magnesiumgehalt (0,8 mg/kJ ME) war die renale Kalziumexkretion der Tiere um das Fünffache erhöht.

In einer epidemiologischen Studie wurde ein höheres Risiko zur Ausbildung einer Kalziumoxalaturolithiasis bei Katzen ermittelt, wenn ein Futter mit einem hohen Magnesiumgehalt (1,5-5,9 mg/kJ ME) anstelle eines Futters mit einem normalen Magnesiumgehalt (0,80-1,5 mg/kJ ME) eingesetzt wurde (Lekcharoensuk et al., 2001b).

2.4.2.6 Einfluss des Phosphorgehalts im Futter

Aus Humanstudien ist bekannt, dass ein höherer Phosphorgehalt in der Nahrung die Kalziumkonzentration im Harn senken kann (Spencer et al., 1978), sodass häufig neutrale Phosphate zur Verringerung der renalen Kalziumexkretion bzw. zur Prophylaxe einer Kalziumoxalatkrystallurie eingesetzt werden (Burdette et al., 1976; Pak, 1992). Zusätzlich wird durch die Verwendung von Orthophosphorsäure die Ausscheidung von Pyrophosphaten und Zitrat mit dem Harn erhöht, welche als Kristallisationsinhibitoren für Kalziumoxalat wirken (Smith, 1983). Weiterhin ist beim Menschen bekannt, dass eine phosphorarme Ernährung die Kalzitriolproduktion (Vitamin D₃) anregen kann, wodurch es zu einer vermehrten Absorption von Kalzium und Phosphor im Darm und einer gesteigerten renalen Kalziumausscheidung kommt (Pak, 1992). Auch Lulich et al. (1999) beschreiben für Hunde, dass bei einem niedrigen Phosphorgehalt in der Ration die intestinale Absorption und renale Exkretion von Kalzium erhöht war. Ebenso konnten Pastoor et al. (1995a) zeigen, dass Katzen reduzierte Kalziumkonzentrationen im Harn aufwiesen, wenn diese eine Diät mit einem höheren Phosphorgehalt erhielten. Auf der anderen Seite wird eine exzessive Aufnahme von Phosphor als Risikofaktor für die Entstehung von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen betrachtet (Lekcharoensuk et al., 2001b). Bei einer hohen Phosphoraufnahme könnte Phosphor im Darm vermehrt Kalzium binden, wodurch weniger Kalzium für eine intestinale Komplexbildung mit Oxalat zur Verfügung stünde. Infolgedessen würde freies Oxalat vermehrt intestinal resorbiert und renal ausgeschieden werden (Lekcharoensuk et al., 2001b).

Eine epidemiologische Untersuchung von Lekcharoensuk et al. (2001b) ergab, dass Katzen bei Fütterung einer phosphorreduzierten Diät (3,6-7,4 mg/kJ ME) ein fünffach höheres Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen aufwiesen als bei der Fütterung einer Diät mit einem normalen Phosphorgehalt (7,4-13,2 mg/kJ ME). Allerdings wurde auch ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von Kalziumoxalatsteinen ermittelt, wenn ein Futter mit einem hohen Phosphorgehalt (13,3-19,7 mg/kJ ME) eingesetzt wurde. Vor diesem Hintergrund wird zur Prophylaxe von Kalziumoxalatsteinen bei Katzen ein Futter mit einem moderaten Phosphorgehalt empfohlen (Lekcharoensuk et al., 2001b; Kirk et al., 2003).

2.4.2.7 Einfluss des Oxalatgehalts im Futter

Wie oben bereits beschrieben, ist mit dem Futter aufgenommenes Oxalat für die Entstehung einer Hyperoxalurie bei Katzen, im Gegensatz zum Menschen, von nur untergeordneter Bedeutung (Bartges et al., 2004; Bartges und Kirk, 2006), da Katzenfutter nur geringe Mengen an Oxalat enthält (Dijcker et al., 2011). Dennoch wird zur Prophylaxe von Kalziumoxalatsteinen empfohlen, den Oxalatgehalt im Katzenfutter so gering wie möglich zu halten (< 20 mg/100 g in der TS) (Kirk et al., 1995). Insbesondere bei einer Reduktion des Kalziumgehalts im Futter muss gleichzeitig auch eine Reduktion des Oxalatgehalts erfolgen, um einen größeren Konzentrationsunterschied zwischen Kalzium und Oxalat im Darm zu vermeiden. Da Kalzium und Oxalat im Darm einen Komplex bilden, der nicht resorbiert werden kann, würde überzähliges Oxalat verstärkt über die Darmwand aufgenommen und über die Nieren ausgeschieden werden, wodurch ein erhöhtes Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen besteht (Stevenson et al., 2003; Lulich et al., 2004; Bartges und Kirk, 2006; Dijcker et al., 2011).

2.4.2.8 Einfluss des Proteingehalts sowie der Proteinqualität im Futter

In der Humanmedizin gilt ein hoher Anteil an Protein in der Nahrung, insbesondere Protein tierischen Ursprungs, als Risikofaktor für die Entstehung von Kalziumoxalatsteinen (Hesse und Siener, 1997). Hintergrund ist, dass eine hohe Proteinaufnahme zu einer Azidose führen kann, da verstärkt schwefelhaltige Aminosäuren aufgenommen und unter Freisetzung von Protonen zu Schwefelsäure oxidiert werden (Sabry et al., 1965). Als Folge wird zur Pufferung der Protonen vermehrt Kalziumkarbonat und Kalziumphosphat aus den Knochen mobilisiert (Kim und Linkswiler, 1979; Robertson et al., 1979; Breslau et al., 1988; Hesse und Siener, 1997; Heilberg, 2000; Rotily et al., 2000). Bei dieser Pufferungsreaktion entstehen unter Freisetzung von Kalziumionen Kohlensäure bzw. Dihydrogenphosphat. Das erhöhte Kalziumangebot führt hierbei zu einem höheren Risiko zur Bildung von Kalziumoxalatkomplexen im Harn. Da bei einer Azidose zudem die renale Ausscheidung von Harnsäure erhöht und die des

Kristallisationsinhibitors Zitrat vermindert ist (Negri et al., 2013), wird das Risiko zur Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen zusätzlich verstärkt. Harnsäurekristalle dienen beim Menschen nachweislich als Kristallisationskern für Kalziumoxalatsteine (Grases et al., 2007).

Neuere Untersuchungen konnten allerdings zeigen, dass eine Azidose nicht als alleinige Ursache für eine erhöhte renale Kalziumexkretion bei einer hohen Proteinaufnahme infrage kommt (Ceglia et al., 2009; Maalouf et al., 2011). Die Autoren dieser Studien beobachteten auch nach Zugabe von alkalisierendem Kaliumbikarbonat oder Kaliumzitrat zu einer eiweißreichen Diät eine Hyperkalzurie bei Menschen. Vor diesem Hintergrund werden andere Ursachen als eine Azidose für die erhöhten Kalziumkonzentrationen im Harn bei hoher Proteinaufnahme diskutiert, beispielsweise eine gesteigerte intestinale Kalziumabsorption (Kerstetter et al., 2005; Hunt et al., 2009) oder eine erhöhte Sekretion von Prostaglandinen (Piccoli et al., 1991). Hier könnte insbesondere eine verstärkte Ausscheidung von Prostaglandin E₂ über die Nieren zu einer Stimulation der Kalzitriolsynthese und somit zu einer höheren renalen Kalziumausscheidung führen (Calo et al., 1990, Baggio, 2004).

Eine verstärkte Kalziumausscheidung über den Harn im Zusammenhang mit einer proteinreichen Fütterung wurde auch bei Hunden (Lulich et al., 1999) und Katzen (Funaba et al., 1996) beschrieben.

Neben einer vermehrten renalen Kalziumausscheidung wurde in Humanstudien auch eine erhöhte renale Oxalatexkretion bei einer hohen Proteinaufnahme beobachtet (Curhan et al., 1993; Nguyen et al., 2001). Dieser Zusammenhang konnte allerdings in einer Untersuchung von Knight et al., 2009 nicht bestätigt werden. Hier führte eine höhere Proteinaufnahme vielmehr zu einer Reduktion der renalen Oxalatausscheidung, wenn diese mit der renalen Ausscheidung von Kreatinin ins Verhältnis gesetzt wurde.

Studien an Katzen konnten ebenfalls keine gesteigerte renale Oxalatexkretion bei einer hohen Proteinaufnahme aufzeigen (Zentek und Schulz, 2004; Dijcker et al., 2012).

In einer epidemiologischen Untersuchung von Lekcharoensuk et al. (2001) wiesen Katzen ein um mehr als 50 % vermindertes Risiko zur Entwicklung einer Kalziumoxalaturolithiasis auf, wenn diese eine Diät mit einem hohen Rohproteingehalt (43,9-57,6 g/100 kJ ME) im Vergleich zu einem proteinarmen Futter (21,6-33,4 g/100 kJ ME) erhielten. Als eine mögliche Erklärung für diesen Effekt nannten die Autoren einen gleichzeitig hohen Kaliumgehalt in den proteinreichen Diäten, der zu einer verminderten Kalziumausscheidung über den Harn führen könnte (siehe 2.4.2.3). Andere Autoren vermuten eine ursächliche Erklärung in einer erhöhten renalen Phosphorausscheidung mit zunehmendem Rohproteingehalt in der Nahrung (Hashimoto et al., 1995; Funaba et al., 1996), wodurch es zu einer erhöhten Konzentration von Pyrophosphat im Harn kommt, welcher als Kristallisationsinhibitor für Kalziumoxalat fungiert (Grases et al., 1992). Die Bedeutung des Phosphorgehalts in der Diät für die Entwicklung von Kalziumoxalatsteinen wird detailliert in Kapitel 2.4.2.6 beschrieben.

Eine Studie von Zentek und Schulz (2004) konnte zeigen, dass die Proteinqualität im Futter die renale Oxalatekretion von Katzen beeinflusst. Bei Verwendung eines Futters mit einem niedrigen Proteingehalt auf Basis von bindegewebsreichem Grießenmehl konnte eine höhere renale Oxalatekretion bei den Tieren beobachtet werden als bei dem Einsatz von Futtermitteln mit hohen und niedrigen Proteingehalten auf Basis von Pferdefleisch oder Sojaprotein. Dieser Effekt könnte mit den hohen Gehalten an bestimmten Aminosäuren, wie Glyzin und Hydroxyprolin, im Bindegewebe zusammenhängen (Reuterswaid et al., 1985), welche unter anderem als Ausgangssubstrate für die endogene Oxalatsynthese der Katze dienen (Knight et al., 2009; Dijcker et al., 2011).

Interessanterweise ergab der Vergleich zwischen einer Diät mit einem hohen und einem geringen Proteingehalt auf Basis von Grießenmehl, dass bei dem Einsatz der eiweißarmen Ration eine deutlich höhere renale Oxalatekretion bei den Katzen gegeben war als nach der Verfütterung der eiweißreichen und somit auch bindegewebsreicheren Diät. Die Autoren gaben an, dass möglicherweise andere Faktoren als der Bindegewebsanteil in der Ration einen Einfluss auf die endogene Oxalatsynthese der Katzen genommen haben, beispielsweise ein in dieser Studie vorliegender variierender Fettgehalt in den Versuchsdieten (Zentek und Schulz, 2004).

In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass der Proteingehalt sowie die Proteinqualität im Futter den pH-Wert des Harns von Katzen beeinflussen. Funaba et al. (2003) stellten fest, dass eine Diät mit einem hohen Rohproteingehalt von 55 % in der TS auf Basis von Maisklebermehl, Fischmehl und Sojamehl als Proteinquellen einen Harn-pH von 6,63 zur Folge hatte. Bei Fütterung einer Ration mit einem moderaten Rohproteingehalt von 29 % in der TS auf Basis der zuvor genannten Proteinlieferanten wurde hingegen ein alkalischer Harn-pH von 7,25 gemessen. In einer weiteren Studie von Funaba et al. (2005) konnte bei Fütterung von Diäten mit moderaten Rohproteingehalten zwischen 29,4 % und 32,4 % in der TS auf Basis von Fleischmehl, Geflügelmehl oder Maisklebermehl ebenfalls ein alkalischer Harn-pH (> 7) bei Katzen nachgewiesen werden. Dabei wurde der höchste Harn-pH-Wert (7,99) nach dem Einsatz des Futters auf Basis von Fleischmehl und der niedrigste Harn-pH-Wert (7,08) nach Fütterung der Diät auf Basis von Maisklebermehl festgestellt.

Skoch et al. (1991) ermittelten in einer Studie, in der der Sojamehlanteil einer Basisdiät durch verschiedene Mengen an Geflügelmehl, Maisklebermehl oder Fleischknochenmehl ersetzt wurde, dass Maisklebermehl die stärkste azidierende Wirkung auf den Harn-pH-Wert von Katzen ausübt (ca. pH 6,0).

In einer epidemiologischen Studie von Lekcharoensuk et al. (2001b) wurde eine negative Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und dem pH-Wert im Harn von Katzen festgestellt.

Schließlich wurde im Zusammenhang mit einem ansteigenden Proteingehalt im Futter eine gesteigerte Wasseraufnahme sowie ein daraus resultierendes erhöhtes Harnvolumen bei Katzen beobachtet (Hashimoto et al., 1995; Funaba et al., 1996).

2.4.2.9 Bedeutung des Harn-pH-Wertes für die Bildung von Harnsteinen

Der pH-Wert des Harns von Katzen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Bildung von Harnsteinen. Aufgrund einer erhöhten Löslichkeit von Struvitkristallen in saurem Milieu wird zur Vorbeugung dieser Harnsteinart eine Azidierung des Harns auf pH-Werte < 6,5 empfohlen (Osborne et al., 1990b; Hesse und Neiger, 2008). Verantwortlich für die harnansäuernde Eigenschaft einer Diät sind schwefelhaltige Aminosäuren (z. B. Methionin und Zystein), Phospholipide, organische Säuren und die Konzentrationen an anorganischen Anionen und Kationen (Kerr, 2013). Wie in Kapitel 2.4.2.8 genauer erläutert, führen insbesondere ein hoher Rohproteingehalt in der Ration, Protein tierischen Ursprungs sowie Maisklebermehl zu einem sauren Harn-pH (Skoch et al., 1991; Funaba et al., 2003). In kommerziellen Diätfuttermitteln werden häufig DL-Methionin, Ammoniumchlorid, Phosphorsäure, Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat oder Natriumbisulfat zur Azidierung des Harns von Katzen eingesetzt (Spears et al., 2003), wohingegen Kalziumkarbonat, Magnesiumkarbonat oder Kaliumzitrat zur Alkalisierung verwendet werden (Pastoor et al., 1994a; Buffington und Chew, 1998).

Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, besteht bei einer dauerhaften Absenkung des Harn-pHs auf Werte < 6,0 die Gefahr einer metabolischen Azidose und infolgedessen einer verstärkten renalen Kalziumexkretion, wodurch das Risiko zur Ausbildung einer Kalziumoxalaturolithiasis erhöht wird (Dow et al., 1990; Kirk et al., 1995; Thumchai et al., 1996; Lekcharoensuk et al., 2000). Zudem wird bei einer Azidose die Funktion und Konzentration von Kristallisationsinhibitoren herabgesetzt, insbesondere die von Zitrat (Bartges und Kirk, 2006). Zitrat stellt im Harn den stärksten Inhibitor für die Kristallisation von Kalziumoxalat dar, indem es freies Kalzium bindet und somit eine Komplexbildung zwischen Kalzium und Oxalat verhindert (Kirk et al., 2003; Hesse und Neiger, 2008). Die Bindungskapazität des Zitrats für Kalzium ist jedoch im sauren Harn-pH-Bereich nur sehr gering (Kirk et al., 1995; Hesse und Neiger, 2008).

Zudem kommt es ab einem Harn-pH-Wert von < 6,29 zu einer leichteren Auskristallisation von Kalziumoxalat (Kirk et al., 1995).

Zur Verhinderung einer Kalziumoxalaturolithiasis wird aus den vorgenannten Gründen ein höherer Harn-pH im Bereich von 6,6-7,3 empfohlen (Kirk et al., 2003).

2.4.2.10 Fazit

Vor dem Hintergrund der geschilderten Datenlage kann gesagt werden, dass zum Teil uneinheitliche und mitunter widersprüchliche Fütterungsempfehlungen zur Prophylaxe einer Kalziumoxalaturolithiasis bei Katzen vorliegen. Ziel dieser Studie war es, in diesem Zusammenhang die Auswirkungen des Natrium- und Proteingehalts sowie der Proteinqualität im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen näher zu untersuchen und mögliche Risikofaktoren für die Entwicklung einer Kalziumoxalaturolithiasis zu identifizieren.

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Versuchsaufbau und Versuchsfutter

Der dieser Studie zugrunde liegende Tierversuch an Katzen wurde genehmigt vom Tierschutzkomitee des zuständigen Landesamts für Soziales, Berlin (G0004/08).

In der vorliegenden Studie wurden 7 Versuchsfuttermittel eingesetzt, die sich in den Natrium- und Rohproteingehalten sowie in dem Anteil an Grießenmehl als Proteinquelle unterschieden (Tabellen 3.1 - 3.6). Jedes Versuchsfuttermittel wurde an insgesamt 8 Katzen verfüttert (Tabelle 3.7), wobei jeweils eine dreiwöchige Adaptationsperiode (Gruppentierhaltung) sowie eine nachfolgende einwöchige Bilanzperiode (Einzeltierhaltung) vorgesehen wurden. In den Bilanzperioden wurden der Harn und Kot der Katzen in metabolischen Käfigen quantitativ aufgefangen. Die Katzen erhielten jeweils das gleiche Versuchsfuttermittel zur selben Zeit.

Das Futter wurde den Tieren restriktiv angeboten. Hierfür wurde die tägliche Futtermenge pro Tier nach den Vorgaben des National Research Councils (2006) berechnet. Die Fütterung der Katzen erfolgte während der Adaptationsphasen in 2 Gruppen, wobei jeweils die weiblichen und männlichen Tiere gemeinsam gefüttert wurden. In den Bilanzperioden erhielten die Tiere das Futter einzeln zugeteilt. Die Fütterung der Katzen erfolgte jeweils morgens, übrig gebliebene Futterreste wurden während der Bilanzperioden am Folgetag zurückgewogen. Leitungswasser stand stets *ad libitum* zur Verfügung. Es wurde in den Bilanzperioden jedoch ebenfalls morgens ein- und am Folgetag zurückgewogen. Auf diese Weise konnten die täglichen Futter- und Wasseraufnahmen der Einzeltiere in den Bilanzperioden ermittelt werden.

Tabelle 3.1: Analysierte Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte sowie kalkulierte Energiedichte der eingesetzten Versuchsfuttermittel mit variierendem Natriumgehalt. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.

Inhaltsstoffe		Versuchsfuttermittel			
		Na 0,38 %	Na 0,65 % ²	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Trockensubstanz	g/kg uS	922	920	937	927
Rohprotein	g/kg TS	400	438	435	433
Rohfett	g/kg TS	119	124	115	120
Rohfaser	g/kg TS	13,0	22,8	17,1	5,39
Stickstofffreie Extraktstoffe	g/kg TS	402	348	351	357
Rohasche	g/kg TS	63,8	67,6	81,2	86,4
Kalzium	g/kg TS	11,5	11,3	11,2	9,88
Phosphor	g/kg TS	10,8	11,0	11,0	10,9
Natrium	g/kg TS	3,82	6,50	11,4	14,3
Magnesium	g/kg TS	1,16	1,12	1,07	1,06
Kalium	g/kg TS	4,69	5,24	6,54	7,43
Chlorid	g/kg TS	5,57	9,49	19,0	25,1
Umsetzbare Energie¹	MJ/kg TS	17,6	17,6	17,3	17,3

¹ Kalkuliert nach NRC (2006); ² Entspricht Versuchsfuttermittel Rp 43,8 %

Tabelle 3.2: Analysierte Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte sowie kalkulierte Energiedichte der eingesetzten Versuchsfuttermittel mit variierendem Rohproteingehalt. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.

Inhaltsstoffe		Versuchsfuttermittel		
		Rp 34,7 %	Rp 43,8 % ²	Rp 57,4 % ³
Trockensubstanz	g/kg uS	904	920	923
Rohprotein	g/kg TS	347	438	574
Rohfett	g/kg TS	115	124	169
Rohfaser	g/kg TS	11,1	22,8	10,8
Stickstofffreie Extraktstoffe	g/kg TS	454	348	172
Rohasche	g/kg TS	72,8	67,6	71,0
Kalzium	g/kg TS	12,2	11,3	11,3
Phosphor	g/kg TS	11,3	11,0	12,3
Natrium	g/kg TS	7,40	6,50	7,48
Magnesium	g/kg TS	1,08	1,12	1,36
Kalium	g/kg TS	6,29	5,24	7,33
Chlorid	g/kg TS	11,6	9,49	8,3
Umsetzbare Energie¹	MJ/kg TS	17,1	17,6	18,8

¹ Kalkuliert nach NRC (2006); ² Entspricht Versuchsfuttermittel Na 0,65 %; ³ Entspricht Versuchsfuttermittel Griebenmehl 12 %

Tabelle 3.3: Analysierte Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte sowie kalkulierte Energiedichte der eingesetzten Versuchsfuttermittel mit variierendem Griebenmehlgehalt. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.

Inhaltsstoffe		Versuchsfuttermittel	
		Griebenmehl 12 % ²	Griebenmehl 35 %
Trockensubstanz	g/kg uS	923	928
Rohprotein	g/kg TS	574	547
Rohfett	g/kg TS	169	183
Rohfaser	g/kg TS	10,8	11,9
Stickstofffreie Extraktstoffe	g/kg TS	172	187
Rohasche	g/kg TS	71,0	72,7
Kalzium	g/kg TS	11,3	11,2
Phosphor	g/kg TS	12,3	11,5
Natrium	g/kg TS	7,48	7,76
Magnesium	g/kg TS	1,36	0,90
Kalium	g/kg TS	7,33	7,01
Chlorid	g/kg TS	8,3	10,7
Umsetzbare Energie¹	MJ/kg TS	18,8	19,1

¹ Kalkuliert nach NRC (2006); ² Entspricht Versuchsfuttermittel Rp 57,4 %

Tabelle 3.4: Zusammensetzung der eingesetzten Versuchsfuttermittel¹ mit variierendem Natriumgehalt in %. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.

Zutaten	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %²	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Mais	35,4	32,7	31,1	29,2
Reis	2,03	0	0	0
Geflügelmehl	24,0	27,5	27,4	28,8
Sojaprotein	0	0	0	0
Maisgluten	11,7	11,6	11,9	11,6
Griebenmehl	9,05	9,64	9,67	9,69
Schweinefett	7,13	6,59	6,73	6,62
Reisgluten	2,71	2,89	2,90	2,91
Trockenschnitzel	1,81	1,93	1,93	1,94
Digest und Antioxidanzien	3,62	3,83	3,91	3,92
Salz	0	0,86	1,99	2,88
Bierhefe	0,90	0,96	0,97	0,97
Ringelblumenmehl	0,03	0,03	0,03	0,03
Mineralstoffe und Vitamine	1,62	1,47	1,47	1,44

¹ Hergestellt von der Firma Mars Petcare, Verden, Deutschland; ² Entspricht Versuchsfuttermittel Rp 43,8 %

Tabelle 3.5: Zusammensetzung der eingesetzten Versuchsfuttermittel¹ mit variierendem Rohproteingehalt in %. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.

Zutaten	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %²	Rp 57,4 %³
Mais	44,2	32,7	9,43
Reis	0	0	0
Geflügelmehl	17,2	27,5	33,7
Sojaprotein	0	0	12,7
Maisgluten	9,51	11,6	17,0
Griebenmehl	9,51	9,64	11,3
Schweinefett	7,45	6,59	9,23
Reisgluten	2,85	2,89	0
Trockenschnitzel	1,90	1,93	0
Digest und Antioxidanzien	3,93	3,83	3,85
Salz	0,91	0,86	0,90
Bierhefe	0,95	0,96	0,94
Ringelblumenmehl	0,03	0,03	0,03
Mineralstoffe und Vitamine	1,56	1,47	0,92

¹ Hergestellt von der Firma Mars Petcare, Verden, Deutschland; ² Entspricht Versuchsfuttermittel Na 0,65 %;

³ Entspricht Versuchsfuttermittel Griebenmehl 12 %

Tabelle 3.6: Zusammensetzung der eingesetzten Versuchsfuttermittel¹ mit variierendem Griebenmehlgehalt in %. Die Bezeichnung der Versuchsfuttermittel erfolgt analog zu der nachfolgenden tabellarischen Darstellung der Studienergebnisse.

Zutaten	Versuchsfuttermittel	
	Griebenmehl 12 %²	Griebenmehl 35 %
Mais	9,43	19,2
Reis	0	0
Geflügelmehl	33,7	31,5
Sojaprotein	12,7	0
Maisgluten	17,0	0
Griebenmehl	11,3	33,6
Schweinefett	9,23	8,92
Reisgluten	0	0
Trockenschnitzel	0	0
Digest und Antioxidanzien	3,85	3,85
Salz	0,90	0,58
Bierhefe	0,94	0,96
Ringelblumenmehl	0,03	0,03
Mineralstoffe und Vitamine	0,92	1,36

¹ Hergestellt von der Firma Mars Petcare, Verden, Deutschland; ² Entspricht Versuchsfuttermittel Rp 57,4 %

3.2 Versuchstiere

Die Untersuchungen wurden mit 8 klinisch gesunden, adulten Katzen der Rasse Europäisch Kurzhaar durchgeführt (Tabelle 3.7). Die Körpermasse der Tiere lag zu Versuchsbeginn zwischen 2,3 und 6,2 kg, das Alter der Tiere variierte zwischen 12 und 25 Monaten. Zur Kontrolle der Körpermasseentwicklung wurden die Katzen zu Beginn jeder Woche und am Ende jeder Bilanzperiode gewogen.

Tabelle 3.7: Versuchstiere

Versuchs- katzen	Geschlecht	Alter zu Versuchsbeginn (Monate)	Körpermasse zu Versuchsbeginn (kg)	Körpermasse am Versuchsende (kg)
K1	mk	14	5,3	5,0
K2	mk	13	6,2	6,4
K3	mk	14	4,8	5,0
K4	mk	25	5,8	5,9
K5	wi	13	2,3	2,6
K6	wi	14	3,1	3,1
K7	wi	14	2,6	2,7
K8	wi	12	3,0	3,0

K1-K8: Katzen 1-8; mk = männlich kastriert; wi = weiblich intakt

3.3 Tierhaltung und Probengewinnung

Die Haltung der Katzen erfolgte in den Räumlichkeiten des Instituts für Tierernährung der Freien Universität Berlin. Mit Hilfe eines Lichtprogramms wurden jeweils zwölfstündige Licht- und Dunkelphasen in dem Katzenstall eingestellt. Die Raumtemperatur betrug 20 °C. In den Bilanzperioden wurden die Katzen einzeln in Stoffwechselkäfigen gehalten, um den Harn und Kot der Tiere aufzufangen. Die Stoffwechselkäfige bestanden aus Edelstahl und hatten eine Grundfläche von 0,74 m² bei einer Höhe von 0,8 m. Die Böden bestanden aus Kunststoff mit einer darin eingebauten Katzentoilette, welche mit einem Gefälle zu einem Ausfluss hin versehen war. Die Katzentoilette wurde mit etwa 300 ml einer speziellen, aus Kunststoff bestehenden, Katzenstreu (Katkor, Rein Vet Products, Utrecht, Niederlande) gefüllt. Der in diese Katzentoilette abgegebene Harn konnte so, dem Gefälle folgend, durch den Ausfluss in einen damit verbundenen Harnsammelbehälter abfließen, während der Kot der Katze in der Katzentoilette verblieb. Die Sammelbehälter waren jeweils mit einem Tropfen Chlorhexidingluconat 20 % zur Verhinderung eines bakteriellen Wachstums im Harn versehen. Der Harn und Kot der Katzen wurde dreimal täglich eingesammelt und bis zur Untersuchung und Aufbereitung am Ende einer 24-stündigen Sammelperiode bei 4 °C gelagert. Das tägliche Harnvolumen pro Katze wurde mithilfe eines geeichten Messzylinders bestimmt, zudem erfolgte eine Messung des Harn-pH-Werts (pH-Meter SevenMulti, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Schweiz) in den Tagesmischproben der Einzeltiere. Der Harn wurde bis zur weiteren Untersuchung bei -80 °C tiefgefroren. Der Kot der Katzen wurde täglich gewogen und bis zur weiteren Analytik bei -20 °C tiefgefroren.

3.4 Untersuchungsparameter

Zusätzlich zu den in den Bilanzperioden täglich beziehungsweise wöchentlich erhobenen Daten bezüglich der Futter- und Wasseraufnahme, des Harn-pH-Werts, der Menge des Harn- und Kotabsatzes sowie der Körpermasseentwicklung der Katzen wurden folgende Parameter im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht:

- Futter und Kot: Trockensubstanzgehalte sowie Konzentrationen an Rohnährstoffen, Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Chlorid und Phosphor
- Harn: Konzentrationen an Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Ammonium, Sulfat, Phosphat, Oxalat, Zitat, Harnstoff, Kreatinin und Stickstoff

Zudem wurde anhand der ermittelten Daten für verschiedene Anionen und Kationen die renale und fäkale Ausscheidung, die Retention sowie die scheinbare Verdaulichkeit mit Hilfe folgender Formeln berechnet:

Renale Exkretion (mg/kg KM/Tag) = (Anionen- oder Kationenkonzentration im Harn (mg/ml) × Harnvolumen (ml/Tag)) / KM (kg)

Fäkale Exkretion (mg/kg KM/Tag) = (Mineralstoffkonzentration im Kot (mg/g TS) × Kotmenge (g TS/Tag)) / KM (kg)

Scheinbare Verdaulichkeit (%) = (Mineralstoffaufnahme (mg/Tag) – fäkale Mineralstoffexkretion (mg/Tag)) / Mineralstoffaufnahme (mg/Tag) × 100.

Die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe erfolgte analog.

Mineralstoffretention (mg/Tag) = Mineralstoffaufnahme (mg/Tag) – renale Mineralstoffexkretion (mg/Tag) – fäkale Mineralstoffexkretion (mg/Tag).

3.5 Probenvorbereitung zur Analyse

3.5.1 Futter

Von jedem Versuchsfutter wurde eine Probe von 500 g entnommen und zu einer Partikelgröße von 0,5 mm vermahlen (Mühle: ZM 100, Fa. Kurt Retsch, Haan, Deutschland). Die gemahlten Proben wurden anschließend in fest verschlossenen Glasbehältern bis zur weiteren Analyse bei Raumtemperatur aufbewahrt.

3.5.2 Kot

Die gefrorenen Kotproben wurden in einer Vakuumgefrier- und Trocknungsanlage (Lyovac GT2, LC Didactic, Hürth, Deutschland) bei einer Laufzeit von mindestens 3 Tagen lyophilisiert. Anschließend wurden die Proben einzeln ohne Feinzerkleinerungseinsatz vorgemahlen (Mühle: ZM 100, Fa. Kurt Retsch, Haan, Deutschland), um eine Trennung von Kot und möglicherweise noch darin vorhandener Plastikeinstreu zu erreichen. Letztere konnte durch eine grobe Siebung vom Kot separiert und anschließend gewogen werden. Das Gewicht der Plastikeinstreu wurde von dem zuvor ermittelten Gewicht der Kotproben (3.1.3) abgezogen, um die Gesamtkotmenge pro Katze und Versuchsdurchgang zu ermitteln. Die Kotproben wurden dann erneut, nun zu einer Partikelgröße von 0,25 mm, vermahlen. Die gemahlene Proben wurden in fest verschlossenen Glasbehältern bis zur weiteren Analyse bei Raumtemperatur aufbewahrt.

3.5.3 Harn

Die tiefgefrorenen Tagessammelproben wurden langsam bei Zimmertemperatur aufgetaut und zur homogenen Verteilung aller Harnkomponenten, insbesondere des Sediments, für 5 Minuten in ein Ultraschallbad (Typ RK 106, Bandeln electronic KG, Berlin, Deutschland) gestellt. Anschließend wurde für jedes Einzeltier und jede Bilanzperiode eine Sammelmischprobe von 40 ml hergestellt, wobei die vorliegenden Tagessammelproben anteilig berücksichtigt wurden. Zur Stabilisierung und Konservierung wurden die Sammelmischproben durch Zugabe von 37 %iger Salzsäure und unter ständigem Rühren und gleichzeitiger Messung des pH-Werts (pH-Meter SevenMulti, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Schweiz) auf einen pH-Wert von 2,00 eingestellt. Die dafür verbrauchte Menge an Salzsäure wurde in Mikrolitern genau gemessen und für spätere Umrechnungen festgehalten.

Von den so aufbereiteten Harnproben wurden anschließend jeweils 300 µl in Probengefäße pipettiert und für die spätere Stickstoffbestimmung bei -80 °C eingefroren.

Anschließend wurde der angesäuerte Harn über einen Spritzenfilter mit einer Porengröße von 0,2 µm (Rotilabo-Spritzenfilter, steril, Carl-Roth GmbH, Karlsruhe, Deutschland) in weitere Probengefäße überführt und bis zur späteren Analyse auf Harnstoff und Kreatinin (ca. 1 ml) sowie Anionen (ca. 3 ml) und Kationen (ca. 3 ml) bei -80 °C eingefroren. Der noch verbliebene azidierte Harn wurde ebenfalls bei -80 °C als Rückstellprobe tiefgefroren.

3.6 Angewandte Untersuchungsmethoden

3.6.1 Versuchsfutter

Die Bestimmung der Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalte in den Versuchsfuttermitteln erfolgte mittels Weender Futtermittelanalyse gemäß den Vorschriften der VDLUFA in der Fassung von Naumann und Bassler (2004).

Weender Futtermittelanalyse

Trockensubstanz (TS)

Die gemahlene Probe (E) wurde in ein Wiegegläschen (T1, Leergewicht) eingewogen und anschließend für etwa 4 Stunden bei 103 °C im belüfteten Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach Abkühlen im Exsikkator wurde die Probe ausgewogen (T2) und der Trockensubstanzgehalt unter Verwendung folgender Formel rechnerisch ermittelt:

$$\text{TS (in g/kg)} = [(T2 \text{ (g)} - T1 \text{ (g)}) / E \text{ (g)}] * 1000$$

Rohasche (Ra)

Zur Bestimmung des Rohaschegehalts wurde die gemahlene Probe (E) in einen konstant geglühten Tiegel (T1) eingewogen und über 9 Stunden im Muffelofen bei 600 °C verascht. Nach Auskühlen im Exsikkator wurde der Tiegel samt Probe erneut gewogen (T2) und der Rohaschegehalt mittels folgender Formel berechnet:

$$\text{Ra (in g/kg)} = [(T2 \text{ (g)} - T1 \text{ (g)}) / E \text{ (g)}] * 1000$$

Rohprotein (Rp)

Die Rohproteingehalte in den Versuchsfuttermitteln wurden unter Verwendung des vollautomatischen vario MAX CN Makro-Elementaranalysators (elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Deutschland) ermittelt. Der vario MAX arbeitet nach dem Prinzip der katalytischen Rohrverbrennung unter Sauerstoffzufuhr und hohen Temperaturen, wobei Helium als Spül- und Trägergas verwendet wird. Dabei werden die Verbrennungsgase der Proben von störenden Fremdgasen gereinigt und die übrigen Gase mit Hilfe spezifischer Adsorptionssäulen voneinander getrennt. Der Gesamtstickstoffgehalt wurde anschließend über einen Wärmeleitfähigkeitsdetektor bestimmt. Die jeweiligen Ergebnisse wurden mit dem Faktor 6,25 multipliziert, um vom elementaren Stickstoff auf die entsprechende Menge an Rohprotein umzurechnen.

Rohfett (Rfe)

Die gemahlene Futterproben wurden in spezielle Filterbags (XT4, Ankom Technology, Macedon, New York, USA) eingewogen (E) und verschweißt. Das in den Proben enthaltene Rohfett wurde über 3 Stunden in einer Soxhletapparatur (Büchi-Extraction System B-811, Büchi Labortechnik GmbH, Konstanz, Deutschland) unter Verwendung von Petrolether als Lösungsmittel extrahiert. Das Lösungsmittel wurde anschließend verdampft, indem das Extrakt in einem konstant gewogenen Glasgefäß (T1) für 30 Minuten bei 103 °C im belüfteten Trockenschrank getrocknet wurde. Nach Abkühlen in einem Exsikkator wurde das Extrakt im Glasgefäß (T2) gewogen und die Menge an Rohfett im Versuchsfutter mithilfe folgender Formel berechnet:

$$\text{Rfe (in g/kg)} = [(T2 \text{ (g)} - T1 \text{ (g)}) / E \text{ (g)}] * 1000$$

Rohfaser (Rfa)

Die Bestimmung des Rohfasergehalts in den Versuchsfuttermitteln erfolgte durch die Firma SGS Germany GmbH, Hamburg, Deutschland.

Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)

Die Bestimmung der stickstofffreien Extraktstoffe erfolgte rechnerisch unter Verwendung folgender Formel:

$$\text{NfE (in g/kg)} = \text{TS (g/kg)} - (\text{Ra (g/kg)} + \text{Rp (g/kg)} + \text{Rfe (g/kg)} + \text{Rfa (g/kg)})$$

Mineralstoffgehalte

Aufschluss

Die Futterproben wurden zur Bestimmung der Mineralstoffgehalte zunächst aufgeschlossen. Hierzu wurde jeweils etwa 1 g der Proben in Porzellantiegel eingewogen und im Muffelofen für etwa 12 Stunden bei 600 °C verascht. Die Asche wurde anschließend zusammen mit 6 ml Salzsäure (37 %) und 20 ml Aqua destillata (Aqua dest.) in ein Becherglas gegeben, welches abgedeckt für 50 Minuten bei 210-220 °C in ein vorgeheiztes Sandbad gestellt wurde. Nach dem Abkühlen wurde der Inhalt des Becherglases über einen Faltenfilter in einen 50 ml Messkolben überführt, welcher dann bis zur Messmarke mit Aqua dest. aufgefüllt wurde. Im Anschluss konnten die Mineralstoffkonzentrationen in den Proben bestimmt werden.

Phosphor

Die Phosphorgehalte der aufgeschlossenen Futterproben wurden spektralphotometrisch gemäß des Verfahrens nach Gericke und Kurmies (1952) ermittelt. Hierbei reagiert die in den Proben vorhandene Orthophosphorsäure in salpetersaurer Lösung mit Ammoniumvanadat und Ammoniummolybdat zu einem gelben Farbkomplex. Die für diese Reaktion notwendige Nitrovanadatmolybdatlösung wurde zu der vorgelegten Futterprobe und Ultrapureinstwasser in eine Makroküvette (Polystyrol 2,5 ml; Plastibrand, Brand GmbH, Wertheim, Deutschland) pipettiert. Nach Erstellen einer Kalibriergeraden mittels Monokaliumphosphat wurden die Extinktionen der Proben im Spektralphotometer (Ultraspec 2000, Pharmacia Biotech, Cambridge, England) bei einer Wellenlänge von 436 nm gemessen. Die Extinktionen stellten hierbei ein Maß für den in der beschriebenen Reaktion entstandenen Farbkomplex und somit indirekt für den Phosphorgehalt der Proben dar.

Kalzium, Natrium, Kalium und Magnesium

Die Bestimmung der Kalzium-, Natrium-, Kalium- und Magnesiumkonzentrationen in den Versuchsfuttermitteln erfolgte mittels Atomabsorptionsspektrometrie. Es wurde ein Flammen-Atomabsorptionsspektrometer vom Typ vario 6 mit Autosampler AS 52 (beide Analytik Jena AG, Jena, Deutschland) verwendet.

Bei diesem Verfahren wurden die aufgeschlossenen Proben zunächst in ein Aerosol überführt, um dann einer Flamme zugeführt zu werden. Die Flamme wurde hierbei entweder durch ein Ethin-Lachgas-Gemisch (im Falle der Kalziumbestimmung) oder durch ein Ethin-Luft-Gemisch (im Falle der Natrium-, Kalium- und Magnesiumbestimmung) erzeugt. Nach Verdampfen der Lösungsmittel schmolzen, verdampften und dissoziierten schließlich auch die zu detektierenden Mineralstoffe und wurden atomisiert. Die so erzeugte Atomwolke schwächte einen von einer Lichtquelle mit definierten Wellenlängen (Kalzium: $\lambda = 422,7$ nm; Natrium: $\lambda = 589,0$ nm; Kalium: $\lambda = 766,5$ nm; Magnesium: $\lambda = 285,2$ nm) und Intensitäten emittierten Lichtstrahl. Der Grad dieser Lichtabsorption wurde gemessen und auf Basis des Lambert-Beer'schen Gesetzes („Mit steigender Konzentration der Analyten steigt die Extinktion proportional“) auf die entsprechende Menge an Mineralstoffen in den Proben geschlossen.

Chlorid

Der Chloridgehalt in den Versuchsfuttermitteln wurde mittels Ionenaustauschchromatographie analog zur Bestimmung der Anionen im Harn ermittelt (siehe 3.6.3). Vor der Analyse wurden die gemahlene Futterproben zusätzlich mit Ultrapureinstwasser verdünnt, aufgeschüttelt und filtriert.

3.6.2 Kot

Rohnährstoffe und Trockensubstanz

Die Bestimmung der Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalte in den vorbereiteten Kotproben (3.5.2) erfolgte analog zu den Analysen der Versuchsfuttermittel (3.6.1). Abweichend hiervon wurde zusätzlich der Rohfasergehalt im Kot bestimmt.

Rohfaser (Rfa)

Zur Bestimmung des Rohfasergehalts wurden die in spezielle Filterbags (F57, Ankom Technology, Macedon, New York, USA) eingewogenen Kotproben zunächst in einem Rohfaseranalysator (Ankom 2000 Fiber Analyzer, Ankom Technology, Macedon, New York, USA) mit Schwefelsäure und Natriumhydroxid aufgeschlossen. Nach dem automatischen Durchlauf wurden die Filterbags für 5 Minuten in Azeton eingelegt und anschließend für wenige Minuten an der Luft sowie für eine Stunde im belüfteten Trockenschrank bei 103 °C getrocknet. Schließlich wurden die Proben für 12 Stunden in einem Muffelofen bei 600 °C verascht und nach Abkühlen im Exsikkator letztmalig gewogen. Die rechnerische Ermittlung des Rohfasergehalts in den Proben erfolgte anhand folgender Formel:

$$\text{Rfa (g/kg)} = [\text{W3 (g)} - (\text{W1 (g)} * \text{C1})] * 1000 / \text{W2 (g)}$$

W1 = leerer Filterbag

W2 = Probeneinwaage

W3 = Gewicht der organischen Masse (= Gewichtsverlust nach Veraschen)

C1 = Blank-Bag-Korrektur-Faktor (= Gewichtsverlust nach Veraschen eines leeren Filterbags)

Mineralstoffgehalte

Die Bestimmung der Mineralstoffgehalte im Kot erfolgte analog zu den in 3.6.1 beschriebenen Futtermittelanalysen.

3.6.3 Harn

Volumen

Die Bestimmung des Harnvolumens erfolgte während der Bilanzperioden täglich und unter Verwendung eines geeichten Messzylinders mit einer Ablesegenauigkeit von mindestens 1 ml.

pH-Wert

Der pH-Wert des Harns wurde in den Bilanzperioden täglich mit einem digitalen pH-Meter (SevenMulti) bestimmt. Vor jedem Messdurchgang wurde die Messelektrode mithilfe zweier

bekannter Pufferlösungen (pH 4,01 und 7,00) neu kalibriert (alle Mettler Toledo, Schwerzenbach, Schweiz).

Stickstoff

Die Stickstoffgehalte im Harn wurden in azidierten, aber ungefilterten Proben bestimmt (3.1.5.3). Die Proben wurden bei Raumtemperatur aufgetaut und der Gehalt des darin enthaltenen elementaren Stickstoffs wurde anschließend analog zur Proteinbestimmung im Futter und Kot (3.6.1) mit einem vario MAX CN Makro-Elementaranalysator (elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Deutschland) bestimmt.

Harnstoff und Kreatinin

Für die Messung der Harnstoff- und Kreatininkonzentrationen im Harn wurden die Proben wie in 3.5.3 beschrieben vorbereitet. Nach dem Auftauen bei Raumtemperatur wurden die Proben zur gleichmäßigen Verteilung der Harnbestandteile für 5 Minuten in ein Ultraschallbad (Typ RK 106, Bandeln electronic KG, Berlin, Deutschland) gestellt.

Für die Bestimmung der Harnstoffkonzentrationen wurden jeweils 500 µl der Proben und 500 µl einer zuvor hergestellten Pufferlösung (bestehend aus 1,25 g Lithiumkarbonat und 2,5 g Orthoborsäure, im 500 ml Messkolben bis zur Eichmarke mit Ultrapureinstwasser aufgefüllt) in HPLC-Phiolen aus Kunststoff gegeben. Diese wurden mit einem PTFE/Silicone snap-cap (beides Agilent Technologies, Waldbronn, Deutschland) verschlossen und gründlich gemischt (Vortex-Genie 2, Scientific Industries Inc., Bohemia, USA).

Zur Bestimmung der Kreatininkonzentrationen wurden jeweils 500 µl der Harnproben in 50 ml Messkolben pipettiert, die bis zur Eichmarke mit Ultrapureinstwasser aufgefüllt wurden. Von diesen Verdünnungen wurde jeweils ein Aliquot von etwa 1 ml in Glasphiolen überführt, die anschließend mit einem PTFE/Silicone snap-cap (beides Agilent Technologies, Waldbronn, Deutschland) verschlossen wurden.

Die vorverdünnten Proben zur Harnstoff- und Kreatininanalyse wurden jeweils am Tag ihrer Anfertigung untersucht. Hierfür wurde ein HPLC-System (High Performance Liquid Chromatography) vom Modell Agilent 1100 (Agilent Technologies, Waldbronn, Deutschland) genutzt. Das System besteht aus Lösemittelkabinett, Vakuumentgaser, quarternärer Pumpe, Autosampler und UV-Detektor. Es wurde eine Umkehrphasen-Trennsäule vom Typ Phenomenex Synergi Hydro-RP (Phenomenex Ltd., Aschaffenburg, Deutschland) mit C18 (auf Basis von Kieselgel und Octadecylsilanen) als stationäre Phase verwendet. Als Elutionsmittel (mobile Phase) für die durchgeführte Gradientenelution wurden ein Phosphatpuffer (0,1 M, hergestellt aus Kaliumdihydrogenphosphat und Ultrapureinstwasser) und ein 50:50-Gemisch aus Methanol und Ultrapureinstwasser verwendet.

Um die Analyten quantitativ bestimmen zu können, musste zunächst eine Kalibrierung erfolgen. Bei der hier verwendeten externen Kalibrierung (Kalibrierung mithilfe einer

Standardlösung, die das gesuchte Element in definierter Konzentration enthält) wurde das Signal der Proben mit den Messwerten von Standardlösungen verglichen. Hierfür wurde eine Einzelpunkt-Kalibriergerade erstellt. So konnte dann später auf den Gehalt der Analyten in den Proben zurück gerechnet werden. Vor Beginn der Messungen wurden Standardlösungen für Harnstoff und Kreatinin hergestellt. Der Harnstoffstandard hatte eine Konzentration von 100 µg/ml, der Kreatininstandard von 20 µg/ml. Es wurde zunächst mehrfach der jeweilige Standard gemessen, bevor die vorverdünnten Harnproben, nach Versuchstieren sortiert, analysiert wurden. Um eventuelle Veränderungen während eines Analyselaufes in die Berechnungen mit einbeziehen zu können, wurde nach jedem Versuchstier erneut ein Standard gemessen.

Das Injektionsvolumen betrug für die Harnstoff- und Kreatininanalysen 10 µl, die Durchflussrate 1 ml/min. Die Temperatur des Säulenofens betrug jeweils 25 °C. Die Einzelanalysen dauerten bei Harnstoff etwa 21 Minuten, bei Kreatinin etwa 12 Minuten pro Probe. Sowohl Harnstoff als auch Kreatinin wurden bei einer Wellenlänge von 235 nm detektiert.

Die Identifizierung von Harnstoff und Kreatinin erfolgte über die Retentionszeit des entsprechenden Standards, die Quantifizierung über den direkten Vergleich der Peakflächen von Standard und Proben.

Anionen

Die Bestimmung der Gehalte an Anionen im Harn (Sulfat, Phosphat = Major Anionen; Oxalat, Zitrat = Minor Anionen) erfolgte mittels Ionenaustauschchromatographie. Hierfür wurde ein Anionenaustauschchromatographiesystem vom Typ Dionex DX-500 genutzt. Dies beinhaltete eine Gradientenpumpe (GP50), einen elektrochemischen Detektor (ED40), einen Autosampler (Dionex ICS-3000 AS; alle Dionex Corp., Sunnyvale, Kalifornien, USA) sowie einen Säulenkühler (IGLOO-CIL; Esslab, Hadleigh, Essex, England). Als Analysensäule wurde ein Dionex IonPac AS11-HC, als Vorsäule ein Dionex IonPac AG11-HC und als Ionensuppressor ein Dionex SRS ULTRA II 4-mm (alle Dionex Corp., Sunnyvale, Kalifornien, USA) verwendet. Die vorbereiteten Harnproben (3.1.5.3) wurden analog zur Harnstoff- und Kreatininbestimmung zunächst aufgetaut und im Ultraschallbad durchmischt. Anschließend wurden die Proben mit Ultrapureinstwasser verdünnt. Der Verdünnungsfaktor betrug für die Major-Anionen 100, für die Minor Anionen 10. Von diesen Verdünnungen wurde ein Aliquot von etwa 1 ml in Glaspiolen pipettiert, die anschließend mit einem PTFE/Silicone snap-cap (beides Agilent Technologies, Waldbronn, Deutschland) verschlossen wurden.

Vor den Messungen wurde eine externe Kalibrierung durchgeführt. Für die Major Anionen wurde eine Einzelpunkt-Kalibriergerade unter Verwendung einer zuvor hergestellten Standardlösung erstellt. Dieser Standard enthielt Chlorid (250 µg/ml), Sulfat (40 µg/ml),

Phosphat (30 µg/ml), Oxalat (10 µg/ml) und Ziträt (10 µg/ml) und wurde mit Ultrapureinstwasser auf 200 ml aufgefüllt. Für die Minor Anionen wurden insgesamt 4 Standards in einer Verdünnungsreihe hergestellt, die Oxalat- und Zitratkonzentrationen von 50, 25, 10 und 1 µg/ml aufwiesen. Verdünnt wurde hierbei jeweils mit Ultrapureinstwasser. Mithilfe dieser Standardlösungen konnte eine Kalibrierfunktion erstellt werden.

Für die Messung der Anionen im Harn wurden die Proben im Autosampler bei einer Temperatur von 10 °C aufbewahrt. Die Proben wurden mit einem Volumen von 25 µl über eine Probenschleife in das System injiziert und durch das Elutionsmittel mit einer Fließgeschwindigkeit von 1 ml/Minute zur Analysensäule transportiert. Als Eluent (mobile Phase) für die Gradientenelution wurde Natriumhydroxid in 2 Konzentrationen (20 und 80 mM) verwendet. Die Analysensäule wurde auf 20 °C temperiert. Sie enthielt als stationäre Phase für den Austausch von Anionen ein Latexpolymer. Im Anschluss war ein Suppressor in das System eingeschaltet, um die Grundleitfähigkeit des Eluenten zu vermindern. Auf den Suppressor folgte schließlich der elektrochemische Detektor zur Bestimmung der Leitfähigkeit der Proben. Da die Leitfähigkeit proportional zur Konzentration der Ionen ist, konnte so eine quantitative Aussage zum Gehalt der Anionen in den Harnproben getroffen werden (Vergleich der Peakflächen von Standards und Proben). Die qualitative Identifizierung der Anionen erfolgte über die Retentionszeiten der Probenansätze im Vergleich zu den Standards.

Die Analysedauer für die Konzentrationen an Major Anionen im Harn betrug ca. 13 Minuten pro Probe, die für die Konzentrationen an Minor Anionen im Harn 26 Minuten pro Probe. Um eventuelle Veränderungen während eines Analysedurchlaufes in die Berechnungen mit einbeziehen zu können, wurde nach jeweils 7 Proben (= nach jedem Versuchstier) ein Standard gemessen.

Kationen

Die Bestimmung der Gehalte an Kationen im Harn (Natrium, Kalium, Ammonium = Major Kationen; Magnesium, Kalzium = Minor Kationen) erfolgte ebenfalls mittels Ionenaustauschchromatographie. Hierfür stand ein Kationenaustauschchromatographie-system vom Typ Dionex DX-120 mit elektrochemischem Detektor und einem angeschlossenen gekühlten Autosampler mit automatischer Verdünnungsfunktion (Dionex AS3500; alle Dionex Corp., Sunnyvale, Kalifornien, USA) zur Verfügung. Als Analysensäule wurde ein Dionex IonPac CS12A, als Vorsäule ein Dionex IonPac CG12A und als Ionensuppressor ein Dionex CSRS ULTRA II 4-mm (alle Dionex Corp., Sunnyvale, Kalifornien, USA) verwendet.

Die vorbereiteten Harnproben (3.1.5.3) wurden bei Raumtemperatur aufgetaut und für 5 Minuten im Ultraschallbad durchmischt. Anschließend wurden die Proben mit einem zuvor vorbereiteten Lithiumstandard (500 µg/ml) sowie mit Ultrapureinstwasser verdünnt. Der Verdünnungsfaktor betrug für die Major Kationen 500 (100 µl Harn, 500 µl Lithiumstandard,

auf 50 ml mit Ultrapureinstwasser aufgefüllt) und für die Minor Kationen 10 (2,5 ml Harn, 250 µl Lithiumstandard, auf 25 ml mit Ultrapureinstwasser aufgefüllt). Von diesen Verdünnungen wurde ein Aliquot von etwa 1 ml in Phiolen pipettiert, die für die Major Kationen aus Plastik und für die Minor Kationen aus Glas bestanden. Diese wurden mit einem PTFE/Silicone snap-cap (alle Agilent Technologies, Waldbronn) verschlossen.

Zur quantitativen Bestimmung der einzelnen Analyten musste zunächst eine interne Kalibrierung (Kalibrierung mithilfe von verschiedenen Standardlösungen, die als internen Standard und relative Bezugsgröße eine probenfremde Komponente beinhalten, die den Analyten chemisch ähnlich ist) durchgeführt werden. Hierfür wurde eine Lithiumlösung als interner Standard mit einer Konzentration von 5 µg/ml angefertigt.

Für die Messung von Ammonium in den Harnproben musste eine quadratische Kalibrierfunktion erstellt werden. Hierfür wurde eine Ammoniumlösung (1000 µg/ml) mit 0,01 M HCl und Lithiumstandard (50 und 500 µg/ml) in unterschiedlichen Verhältnissen verdünnt. So wurde eine Verdünnungsreihe mit 4 Ammonium-Standardlösungen mit Konzentrationen von 10, 6, 3 und 1 µg/ml hergestellt.

Für die Messung von Natrium, Kalium, Magnesium und Kalzium in den Harnproben wurde zur Kalibrierung eine gemischte Standardlösung hergestellt. Diese enthielt Lithium (5 µg/ml), Natrium (20 µg/ml), Ammonium (10 µg/ml), Kalium (20 µg/ml), Magnesium (10 µg/ml) und Kalzium (4 µg/ml). Hierbei wurde mit 0,01 M HCl verdünnt. Unter Verwendung dieses Standards wurde eine Einzelpunkt-Kalibriergerade erstellt.

Für die Messung der Kationen im Harn wurden die Phiolen im Autosampler bei einer Temperatur von 10 °C aufbewahrt. Die Proben wurden mit einem Volumen von 25 µl über eine Probenschleife in das System injiziert und durch das Elutionsmittel mit einer Fließgeschwindigkeit von 1 ml/Minute zur Analysensäule transportiert. Als Eluent (mobile Phase) für die hier durchgeführte isokratische Elution wurde 24 mM Methansulfonsäure verwendet. Die Analysensäule hatte Raumtemperatur. Sie enthielt als stationäre Phase für den Austausch von Kationen hochquervernetzte Ethylvinylbenzol-Divinylbenzol-Harze mit Karbon- und Phosphonsäuregruppen. Im Anschluss war ein Suppressor in das System eingeschaltet, um die Grundleitfähigkeit des Eluenten zu vermindern. Auf den Suppressor folgte der elektrochemische Detektor zur Bestimmung der Leitfähigkeit der Proben. Analog zu den Anionen im Harn konnte somit über die Proportionalität von der Leitfähigkeit der Proben und der in den Proben enthaltenen Ionenkonzentration eine quantitative Aussage zum Kationengehalt im Harn getroffen werden (Vergleich der Peakflächen von Standards und Proben). Die qualitative Identifizierung der Kationen erfolgte über die Retentionszeiten der Probenansätze im Vergleich zu den Standards.

Die Analysedauer für die Kationenkonzentrationen im Harn betrug ca. 15 Minuten pro Probe. Nach Analyse aller Proben eines Versuchstieres wurde jeweils ein Standard gemessen, um

eventuelle Veränderungen während eines Messdurchlaufes im Rahmen der Berechnungen berücksichtigen zu können.

Die Auswertung der Chromatogramme von Harnstoff und Kreatinin sowie von den Anionen und Kationen erfolgte unter Verwendung des computergestützten Chromeleon Client, Version 6.80 SP2 (Dionex Corp., Sunnyvale, Kalifornien, USA).

3.7 Ermittlung der RSS-Werte (Relative Supersaturation) für Kalziumoxalat und Struvit im Harn

Zur Berechnung der RSS-Werte für Kalziumoxalat und Struvit im Harn der Katzen wurden für die gemäß 3.6.3 ermittelten Konzentrationen an Kalzium, Magnesium, Natrium, Kalium, Ammonium, Phosphat, Oxalat, Zitrat, Sulfat und Harnstoff im Harn zunächst die jeweiligen Stoffmengenkonzentrationen in mmol/l berechnet. Diese Werte sowie der ermittelte pH-Wert des Harns wurden dann für jede Einzelprobe in das Computerprogramm „Supersat“ (Robertson, 1969; Robertson et al., 2002) eingegeben, welches speziell für die multiplen, komplexen Berechnungen der RSS-Werte entwickelt wurde. Mithilfe der Software wurden so RSS-Werte für Kalziumoxalat und Struvit für jede einzelne Harnprobe ermittelt.

3.8 Statistische Methoden

Die statistische Datenauswertung wurde unter Verwendung des Computerprogramms SPSS 15.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) durchgeführt. Hierbei fanden die folgenden statistischen Methoden Anwendung:

- Ermittlung der Mittelwerte und Standardabweichungen vom Mittelwert („SEM“, Standard Error of Mean), bzw.
- Ermittlung der Mediane sowie der unteren und oberen Quartile zur Zusammenfassung von Einzelwerten
- Kolmogorov-Smirnov-Test zur Überprüfung auf Normalverteilung der Ausgangsdaten
- Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen („Repeated Measurements ANOVA“), dabei Test auf Innersubjektkontraste („within design“) zur Ermittlung signifikanter Gruppenunterschiede
- Korrelationsanalyse zur Überprüfung der Beziehungen verschiedener Parameter zueinander
- Regressionsanalyse zur Quantifizierung der in der Korrelationsanalyse ermittelten signifikanten Zusammenhänge

Zur Kennzeichnung signifikanter Gruppenunterschiede wurden in den folgenden Tabellen Kleinbuchstaben verwendet. Mittelwerte bzw. Mediane, die mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P \leq 0,05$.

Bei der statistischen Auswertung der Daten wurden verschiedene Fragestellungen unabhängig voneinander betrachtet.

Zur Ermittlung des Einflusses des Natriumgehalts im Futter auf die Testparameter wurden die Futtermittel „Na 0,38 %“, „Na 0,65 %“ (= „Rp 43,8 %“), „Na 1,14 %“ und „Na 1,43 %“ miteinander verglichen. Zur Bestimmung der Effekte variierender Rohproteingehalte im Futter auf die Untersuchungsparameter wurden die Futtermittel „Rp 34,7 %“, „Rp 43,8 %“ (= „Na 0,65 %“) und „Rp 57,4 %“ (= Griebe­n­mehl 12 %) miteinander verglichen. Für die Untersuchung, ob die Proteinqualität im Futter einen Einfluss auf die Testparameter ausübt, wurden die Futtermittel „Griebe­n­mehl 12 %“ (= „Rp 57,4 %“) und „Griebe­n­mehl 35 %“ gegenübergestellt.

4 ERGEBNISSE

4.1 Körpermasse, Futteraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge der Katzen bei variierenden Natriumgehalten im Futter

Das Körpergewicht sowie die Futteraufnahme der Katzen unterschieden sich bei der Fütterung der Versuchsdiäten mit variierenden Natriumgehalten nur geringgradig (Tabelle 4.1).

Der TS-Gehalt des Kots war mit 38,5 % bei Fütterung des Futters „Na 1,14 %“ am niedrigsten und mit 48,3 % bei Fütterung des Futters „Na 0,38 %“ am höchsten ($P \leq 0,05$).

Die Kotmengen waren bei Gabe der beiden Futtermittel mit mittleren Natriumgehalten („Na 0,65 %“ und „Na 1,14 %“) am niedrigsten und bei Fütterung der Diät mit dem geringsten Natriumgehalt („Na 0,38 %“) am höchsten ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.1: Körpermasse, Futteraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Körpermasse (kg)	4,19 ^{ab}	3,99 ^a	4,06 ^{ab}	4,20 ^b	0,26
Futteraufnahme (g TS/kg KM/Tag)	14,2 ^{ab}	13,2 ^a	14,6 ^b	13,6 ^a	0,64
TS-Gehalt des Kots (%)	48,3 ^b	42,4 ^{ab}	38,5 ^a	39,6 ^{ab}	1,17
Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	7,07 ^b	4,46 ^a	5,30 ^a	4,83 ^{ab}	0,37
Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)	3,53 ^b	1,85 ^a	2,02 ^a	1,87 ^a	0,20

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Es konnte eine negative Korrelation zwischen dem Natriumgehalt im Futter und dem TS-Gehalt des Kots ($r = -0,484$, $P = 0,005$) sowie zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der Kotmenge (g TS/kg KM/Tag) der Katzen ($r = -0,434$, $P = 0,013$) festgestellt werden (Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der Körpermasse, der Futteraufnahme, dem Trockensubstanzgehalt des Kots sowie der Kotmenge von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 32/Parameter

	Körpermasse (kg)	Futteraufnahme (g TS/kg KM/Tag)	TS-Gehalt des Kots (%)	Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)
Natriumgehalt im Futter	0,012 (0,950)	0,015 (0,935)	-0,484 (0,005)	-0,279 (0,122)	-0,434 (0,013)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet; KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

4.2 Körpermasse, Futteraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge der Katzen bei variierenden Rohproteingehalten im Futter

Die Körpermasse der Katzen unterschied sich bei Fütterung von Diäten mit variierenden Rohproteingehalten nur geringgradig (Tabelle 4.3). Die Futteraufnahme der Tiere war bei Einsatz des Futters „Rp 57,4 %“ am höchsten ($P \leq 0,05$). Ebenso wurde in dieser Gruppe eine höhere Kotmenge pro Tag im Vergleich zu den anderen Fütterungsgruppen beobachtet ($P \leq 0,05$). Der TS-Gehalt des Kots war hingegen mit 39,3 % bei Fütterung der Diät „Rp 57,4 %“ am geringsten und bei Fütterung von Diät „Rp 34,7 %“ mit 44,2 % am höchsten ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.3: Körpermasse, Futteraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Körpermasse (kg)	4,07 ^b	3,99 ^a	4,17 ^b	0,30
Futteraufnahme (g TS/kg KM/Tag)	13,3 ^a	13,3 ^{ab}	16,0 ^b	0,83
TS-Gehalt des Kots (%)	44,2 ^{ab}	42,4 ^b	39,3 ^a	0,83
Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	5,25 ^a	4,46 ^a	7,35 ^b	0,53
Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)	2,33 ^b	1,85 ^a	2,83 ^b	0,19

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Es konnte eine negative Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und dem TS-Gehalt des Kots festgestellt werden ($r = -0,507$, $P = 0,011$) (Tabelle 4.4).

Tabelle 4.4: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der Körpermasse, der Futterraufnahme, dem Trockensubstanzgehalt des Kots sowie der Kotmenge von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). $n = 24$ /Parameter

	Körper- masse (kg)	Futterraufnahme (g TS/kg KM/Tag)	TS-Gehalt des Kots (%)	Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)
Rohprotein- gehalt im Futter	0,034 (0,876)	0,299 (0,156)	-0,507 (0,011)	0,372 (0,073)	0,243 (0,252)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

4.3 Körpermasse, Futterraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge der Katzen bei variierenden Griebenmehlgehalten im Futter

Ein unterschiedlicher Griebenmehlgehalt im Futter hat zu keiner Beeinflussung der Körpermasse, Futterraufnahme, Kotmenge sowie des TS-Gehalts des Kots bei den Katzen geführt ($P > 0,05$) (Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5: Körpermasse, Futterraufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); $n = 8$ /Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebenmehl 12 %	Griebenmehl 35 %	
Körpermasse (kg)	4,17	4,22	0,36
Futterraufnahme (g TS/kg KM/Tag)	16,0	13,4	1,03
TS-Gehalt des Kots (%)	39,3	49,0	2,23
Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	7,35	5,74	0,64
Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)	2,83	2,88	0,31

KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

Es wurde eine positive Korrelation zwischen dem Griebenmehlgehalt im Futter und dem TS-Gehalt des Kots beobachtet ($r = 0,562$, $P = 0,023$) (Tabelle 4.6).

Tabelle 4.6: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und der Körpermasse, der Futtermittelaufnahme, dem Trockensubstanzgehalt des Kots sowie der Kotmenge von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter

	Körpermasse (kg)	Futtermittelaufnahme (g TS/kg KM/Tag)	TS-Gehalt des Kots (%)	Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)
Griebenmehlgehalt im Futter	-0,015 (0,955)	0,333 (0,208)	0,562 (0,023)	-0,326 (0,217)	0,108 (0,689)

¹ Das Futter wies einen Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

4.4 Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen

4.4.1 Mineralstoffkonzentrationen im Harn sowie renale Mineralstoffausscheidung

Mit steigenden Natriumgehalten im Futter konnte ein deutlicher Anstieg der Natriumkonzentrationen im Harn der Katzen von 1768 mg/l auf 3886 mg/l beobachtet werden ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.7). Die Kalium- und Phosphorkonzentrationen im Harn nahmen hingegen von 2417 mg/l auf 1626 mg/l ($P \leq 0,05$) bzw. von 3059 mg/l auf 2157 mg/l ($P \leq 0,05$) mit steigendem Natriumgehalt im Futter ab. Die Konzentrationen an Kalzium und Magnesium im Harn der Katzen wurden durch den Natriumgehalt im Futter nicht beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.7: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Kalzium (mg/l)	57,5	59,4	59,3	63,8	3,36
Phosphor (mg/l)	3059 ^b	2658 ^{ab}	2400 ^a	2157 ^a	143
Magnesium (mg/l)	33,8	47,6	34,0	37,6	2,88
Kalium (mg/l)	2417 ^c	2009 ^b	1920 ^b	1626 ^a	98,8
Natrium (mg/l)	1768 ^a	1990 ^a	3417 ^b	3886 ^c	216

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz
Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Auch anhand der Korrelationsanalyse (Tabelle 4.8) wurde der beschriebene Zusammenhang zwischen dem Natriumgehalt im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn der Katzen deutlich. Für die Natriumkonzentrationen im Harn lag eine positive Korrelation von

$r = 0,745$ ($P < 0,001$) und im Falle der Phosphor- und Kaliumkonzentrationen eine mit $r = -0,457$ bzw. $r = -0,518$ negative Korrelation vor ($P = 0,009$ und $P = 0,002$). Die Kalzium- und Magnesiumkonzentrationen im Harn korrelierten nicht mit den Natriumgehalten im Futter ($P > 0,05$).

Tabelle 4.8: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). $n = 32$ /Parameter

	Mineralstoffkonzentrationen im Harn (mg/l)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Natriumgehalt im Futter	0,107 (0,561)	-0,457 (0,009)	-0,058 (0,754)	-0,518 (0,002)	0,745 (< 0,001)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

Bei Betrachtung der renalen Mineralstoffexkretion konnte ebenfalls ein deutlicher Anstieg der Natriumausscheidung von 18,1 mg/kg KM/Tag auf 63,8 mg/kg KM/Tag mit steigenden Natriumgehalten im Futter festgestellt werden ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.9). Das Verhältnis zwischen der renalen Natriumausscheidung und der Natriumaufnahme mit dem Futter blieb dadurch unbeeinflusst.

Die renale Phosphorausscheidung der Katzen stieg von 31,3 mg/kg KM/Tag auf 35,9 mg/kg KM/Tag mit steigendem Natriumgehalt in der Ration an ($P \leq 0,05$). Aufgrund der vergleichbaren Phosphorgehalte in den Versuchsfuttermitteln resultierte daraus ein Anstieg des Verhältnisses zwischen renaler Phosphorausscheidung und Phosphoraufnahme mit dem Futter ($P \leq 0,05$).

Die Ermittlung der renalen Magnesium- und Kalziumausscheidung ergab einen Anstieg von 0,36 mg Magnesium/kg KM/Tag auf 0,65 mg Magnesium/kg KM/Tag ($P \leq 0,05$) bzw. von 0,62 mg Kalzium/kg KM/Tag auf 1,05 mg Kalzium/kg KM/Tag ($P \leq 0,05$) mit steigenden Natriumgehalten in der Ration. Da die Magnesium- und Kalziumgehalte in den Versuchsfuttermitteln vergleichbar waren, ergab sich ein Anstieg des Verhältnisses zwischen der renalen Ausscheidung von Magnesium bzw. Kalzium und der Magnesium- bzw. Kalziumaufnahme mit dem Futter ($P \leq 0,05$).

Die renale Kaliumausscheidung der Katzen wurde durch den Natriumgehalt im Futter nicht beeinflusst. Aufgrund der höheren Kaliumgehalte in den Versuchsfuttermitteln „Na 1,14 %“ und „Na 1,43 %“ (Tabelle 3.1) ergab sich eine Abnahme des Verhältnisses zwischen der renalen Kaliumausscheidung und der Kaliumaufnahme mit dem Futter von 39,7 % auf 26,9 % ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.9: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und %¹) von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt² erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)

		Versuchsfuttermittel				SEM
		Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Kalzium	mg/kg KM/Tag	0,62 ^a	0,69 ^a	0,83 ^a	1,05 ^b	0,06
	%	0,38 ^a	0,48 ^{ab}	0,51 ^{bc}	0,78 ^c	0,04
Phosphor	mg/kg KM/Tag	31,3 ^a	30,3 ^{ab}	33,9 ^{ab}	35,9 ^b	1,61
	%	21,5 ^a	21,8 ^{ab}	21,7 ^{ab}	25,1 ^b	1,24
Magnesium	mg/kg KM/Tag	0,36 ^a	0,54 ^{ab}	0,47 ^a	0,65 ^b	0,05
	%	2,15 ^a	3,96 ^{bc}	2,91 ^b	4,48 ^c	0,32
Kalium	mg/kg KM/Tag	25,7	22,2	26,7	27,0	1,37
	%	39,7 ^b	33,5 ^{ab}	27,9 ^a	26,9 ^a	1,87
Natrium	mg/kg KM/Tag	18,1 ^a	21,6 ^a	47,5 ^b	63,8 ^c	3,88
	%	31,2	26,2	28,7	33,4	1,33

¹ Renale Mineralstoffausscheidung (mg/Tag)/Mineralstoffaufnahme (mg/Tag); ² Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die beschriebenen Zusammenhänge zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der renalen Natrium- und Kalziumausscheidung der Katzen spiegeln sich in einer positiven Korrelation von $r = 0,879$ ($P < 0,001$) und $r = 0,454$ ($P = 0,012$) wider (Tabelle 4.10). Für die renale Magnesium-, Phosphor- und Kaliumausscheidung konnte keine Korrelation mit dem Natriumgehalt im Futter aufgezeigt werden ($P > 0,05$).

Tabelle 4.10: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der renalen Mineralstoffausscheidung von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 30/Parameter

	Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Natriumgehalt im Futter	0,454 (0,012)	0,227 (0,227)	0,335 (0,071)	0,144 (0,448)	0,879 ($< 0,001$)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

In Abbildung 4.1 dargestellt ist die Regressionsgerade, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der renalen Ausscheidung von Natrium verdeutlicht. Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist mit 0,771 als hoch zu bewerten.

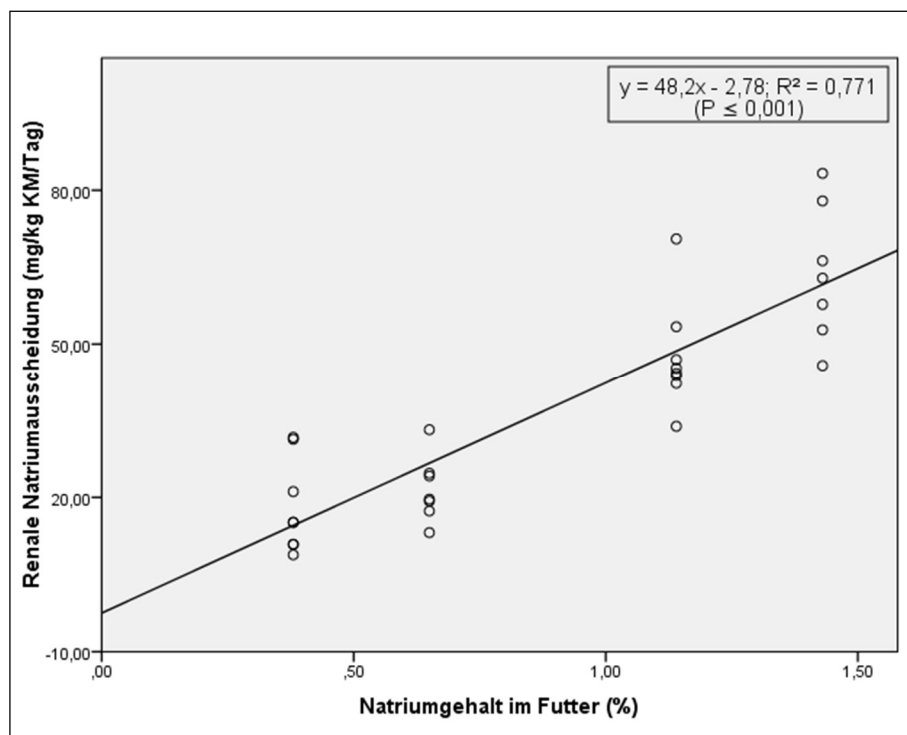


Abbildung 4.1: Renale Natriumausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Natriumgehalt von 0,38 % (n = 8), 0,65 % (n = 7), 1,14 % (n = 8) und 1,43 % (n = 7) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse

4.4.2 Konzentrationen im Harn und renale Ausscheidung von weiteren Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen

Die Bestimmung von weiteren Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn der Katzen zeigte zahlreiche Gruppenunterschiede auf (Tabelle 4.11). So nahmen die Konzentrationen an Oxalat, Stickstoff, Kreatinin und Ammonium mit steigendem Natriumgehalt im Futter ab ($P \leq 0,05$). Die Zitrats- und Harnstoffkonzentrationen im Harn der Katzen waren in der Gruppe, die das Futter mit dem niedrigsten Natriumgehalt erhielt, höher als in den anderen Versuchsgruppen ($P \leq 0,05$). Die Sulfatkonzentrationen im Harn wurden durch den Natriumgehalt im Futter nicht beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.11: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Sulfat (mg/l)	3564	3664	3239	2824	234
Stickstoff (g/l)	49,8 ^c	47,7 ^c	40,2 ^b	34,3 ^a	1,86
Ammonium (mg/l)	1329 ^c	1346 ^c	1125 ^b	1008 ^a	55,7
Kreatinin (mg/l)	2730 ^b	2170 ^{ab}	1956 ^a	1688 ^a	134
Harnstoff (mg/l)	125 ^c	50,7 ^a	60,1 ^b	65,5 ^b	6,59
Zitrat (mg/l)	117 ^c	65,0 ^a	65,8 ^b	65,0 ^b	9,70
Oxalat (mg/l)	141 ^b	135 ^b	101 ^a	99,3 ^a	6,56

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Bei Betrachtung der Korrelationen zwischen den Konzentrationen verschiedener Substanzen im Harn und dem Natriumgehalt im Futter (Tabelle 4.12) war auffällig, dass sämtliche Parameter negativ mit der Natriumaufnahme korrelierten, wenn auch nicht in jedem Fall statistisch signifikant.

Tabelle 4.12: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und den Konzentrationen an bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 32/Parameter

	Konzentration im Harn (mg/l)						
	Sulfat	Stickstoff*	Ammonium	Kreatinin	Harnstoff	Zitrat	Oxalat
Natriumgehalt im Futter	-0,232 (0,200)	-0,590 (< 0,001)	-0,441 (0,012)	-0,487 (0,005)	-0,229 (0,093)	-0,300 (0,096)	-0,509 (0,003)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

*Stickstoff in g/l

Bei der renalen Exkretion dieser Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen war lediglich für Harnstoff und Sulfat ein Einfluss des Natriumgehalts im Futter festzustellen (Tabelle 4.13). Bei Erhöhung des Natriumgehalts im Futter von 0,38 % auf 0,65 % konnte zunächst eine Abnahme der renalen Harnstoffexkretion beobachtet werden, wohingegen es

bei einer weiteren Erhöhung des Natriumgehalts im Futter zu einem Anstieg der renalen Harnstoffausscheidung kam ($P \leq 0,05$). Die renale Ausscheidung von Sulfat stieg mit zunehmendem Natriumgehalt im Futter von 36,0 mg/kg KM/Tag auf 47,3 mg/kg KM/Tag an ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.13: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Sulfat (mg/kg KM/Tag)	36,0 ^a	43,5 ^{ab}	44,9 ^{ab}	47,3 ^b	3,04
Stickstoff (g/kg KM/Tag)	0,52	0,53	0,56	0,57	0,03
Ammonium (mg/kg KM/Tag)	13,9	15,0	15,7	17,1	0,75
Kreatinin (mg/kg KM/Tag)	27,7	25,3	27,6	29,2	1,40
Harnstoff (mg/kg KM/Tag)	1,26 ^c	0,56 ^a	0,86 ^b	1,13 ^{bc}	0,07
Zitrat (mg/kg KM/Tag)	1,16	0,64	0,90	1,01	0,11
Oxalat (mg/kg KM/Tag)	1,48	1,51	1,40	1,72	0,08

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab keinen Zusammenhang zwischen der renalen Ausscheidung dieser Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen und dem Natriumgehalt im Futter (Tabelle 4.14).

Tabelle 4.14: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der renalen Ausscheidung bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert²). n = 30/Parameter

	Renale Ausscheidung (mg/kg KM/Tag)						
	Sulfat	Stickstoff*	Ammonium	Kreatinin	Harnstoff	Zitrat	Oxalat
Natriumgehalt im Futter	0,237 (0,207)	0,146 (0,441)	0,276 (0,140)	0,106 (0,577)	-0,020 (0,918)	-0,025 (0,896)	0,137 (0,472)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

*Stickstoff in g/kg KM/Tag

4.4.3 Harn-pH, relative Übersättigung (Relative Supersaturation, RSS) des Harns sowie Stoffverhältnisse im Harn

Bei Betrachtung der Harn-pH-Werte wurden geringe, nicht unidirektionale Gruppenunterschiede festgestellt ($P \leq 0,05$), wobei die Werte lediglich zwischen 6,33 und 6,45 variierten (Tabelle 4.15).

Der RSS-Wert für Struvit nahm mit steigendem Natriumgehalt im Futter ab, obgleich ein signifikanter Unterschied nur zwischen den Gruppen „Na 1,14 %“ und „Na 1,43 %“ vorlag. Der RSS-Wert für Kalziumoxalat wurde durch den Natriumgehalt im Futter nicht beeinflusst. Das Kalzium:Oxalat-Verhältnis im Harn stieg mit höheren Natriumgehalten im Futter an, wohingegen das Kalzium:Zitrat-Verhältnis nicht durch die Fütterung beeinflusst wurde.

Tabelle 4.15: Harn-pH, relative Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Harn-pH	6,45 ^{bc}	6,34 ^a	6,45 ^c	6,33 ^{ab}	0,02
RSS CaOx²	9,68	10,9	8,42	9,28	0,60
RSS MAP³	0,49 ^{ab}	0,31 ^{ab}	0,24 ^b	0,18 ^a	0,05
Ca:Ox-Verhältnis	0,96 ^a	1,06 ^a	1,35 ^b	1,50 ^b	0,81
Ca:Zitrat-Verhältnis	4,08	12,1	14,5	9,51	2,46

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz; ² Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ³ Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)
Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Unter Hinzuziehung der Korrelationsanalyse wurde der beschriebene Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf den RSS-Wert für Struvit bestätigt (Tabelle 4.16).

Tabelle 4.16: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und dem Harn-pH, der relativen Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnissen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 32/Parameter

	pH	RSS CaOx ³	RSS MAP ⁴	Ca:Ox	Ca:Zitrat
Natrium- gehalt im Futter	-0,161 (0,378)	-0,156 (0,395)	-0,412 (0,019)	0,477 (0,006)	0,212 (0,244)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet; ³ Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ⁴ Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)
Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

4.5 Einfluss des Rohproteingehalts im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen

4.5.1 Mineralstoffgehalte und renale Mineralstoffausscheidung

Der variierende Rohproteingehalt im Futter führte zu einer Beeinflussung der Mineralstoffkonzentrationen im Harn der Katzen (Tabelle 4.17). So wurden die höchsten Kalziumkonzentrationen im Harn festgestellt, wenn die Katzen das Futter mit dem höchsten Rohproteingehalt („Rp 57,4 %“) erhielten ($P \leq 0,05$). Die Konzentrationen an Kalium und Natrium im Harn nahmen hingegen mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter ab ($P \leq 0,05$). Die Magnesiumkonzentrationen im Harn der Katzen stiegen zunächst mit Erhöhung des Rohproteingehalts im Futter von 33,0 mg/l („Rp 34,7 %“) auf 47,6 mg/l („Rp 43,8 %“) an, sanken jedoch bei Einsatz des Futters mit dem höchsten Rohproteingehalt („Rp 57,4 %“) auf 29,9 mg/l ($P \leq 0,05$). Die Phosphorkonzentrationen im Harn der Katzen wurden durch den variierenden Rohproteingehalt im Futter nicht beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.17: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Kalzium (mg/l)	60,5 ^a	59,4 ^a	78,3 ^b	4,32
Phosphor (mg/l)	2880	2658	2608	178
Magnesium (mg/l)	33,0 ^a	47,6 ^b	29,9 ^a	3,08
Kalium (mg/l)	2165 ^b	2009 ^b	1773 ^a	107
Natrium (mg/l)	2443 ^b	1990 ^{ab}	1947 ^a	139

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz
 Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse konnte hingegen keinen Einfluss des Rohproteingehalts im Futter auf die Mineralstoffkonzentrationen im Harn der Katzen detektieren (Tabelle 4.18).

Tabelle 4.18: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 24/Parameter

	Mineralstoffkonzentration im Harn (mg/l)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Rohproteingehalt im Futter	0,373 (0,073)	-0,124 (0,564)	-0,138 (0,519)	-0,315 (0,134)	-0,286 (0,175)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

Die Ermittlung der renalen Mineralstoffausscheidung ergab zahlreiche Gruppenunterschiede (Tabelle 4.19). So stieg die renale Kalziumausscheidung mit steigendem Rohproteingehalt im Futter von 0,59 mg/kg KM/Tag auf 1,32 mg/kg KM/Tag an ($P \leq 0,05$). Aufgrund der vergleichbaren Kalziumgehalte in den Versuchsfuttermitteln stieg somit auch das Verhältnis zwischen renaler Kalziumexkretion und der Kalziumaufnahme mit dem Futter von 0,36 % auf 0,74 % an ($P \leq 0,05$).

Ähnliches war auch für die renale Natriumausscheidung feststellbar, welche mit zunehmendem Rohproteingehalt in der Ration von 22,2 mg/kg KM/Tag („Rp 34,7 %“) auf 32,3 mg/kg KM/Tag („Rp 57,4 %“) anstieg ($P \leq 0,05$). Da die Natriumgehalte in den Versuchsfuttermitteln vergleichbar waren, konnte ein Anstieg des Verhältnisses zwischen der

renalen Natriumausscheidung und der Natriumaufnahme mit dem Futter von 22,9 % auf 26,8 % ermittelt werden ($P \leq 0,05$).

Die renale Exkretion von Phosphor, Magnesium und Kalium stieg ebenfalls mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter an. Auf das Verhältnis zwischen renaler Exkretion und oraler Aufnahme dieser drei Mineralstoffe hatte der Rohproteingehalt des Futters keine Auswirkung ($P > 0,05$).

Tabelle 4.19: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und %¹) bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt² erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)

		Versuchsfuttermittel			SEM
		Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Kalzium	mg/kg KM/Tag	0,59 ^a	0,69 ^a	1,32 ^b	0,10
	%	0,36 ^a	0,48 ^{ab}	0,74 ^b	0,08
Phosphor	mg/kg KM/Tag	27,3 ^a	30,3 ^{ab}	43,8 ^b	3,06
	%	18,6	21,8	22,6	2,06
Magnesium	mg/kg KM/Tag	0,30 ^a	0,54 ^{ab}	0,50 ^b	0,04
	%	2,19	3,96	2,32	0,36
Kalium	mg/kg KM/Tag	20,3 ^a	22,2 ^{ab}	29,7 ^b	1,91
	%	24,7	33,5	25,2	1,97
Natrium	mg/kg KM/Tag	22,2 ^a	21,6 ^a	32,3 ^b	1,65
	%	22,9 ^a	26,2 ^{ab}	26,8 ^b	1,95

¹ Renale Mineralstoffausscheidung (mg/Tag)/Mineralstoffaufnahme (mg/Tag); ² Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Der beschriebene Zusammenhang zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der renalen Mineralstoffexkretion spiegelte sich auch in der Korrelationsanalyse wider (Tabelle 4.20).

Tabelle 4.20: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der renalen Mineralstoffausscheidung von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 23/Parameter

	Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Rohproteingehalt im Futter	0,648 (0,001)	0,495 (0,016)	0,357 (0,095)	0,385 (0,070)	0,424 (0,044)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

In Abbildung 4.2 dargestellt ist die Regressionsgerade, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der renalen Ausscheidung von Kalzium aufzeigt.

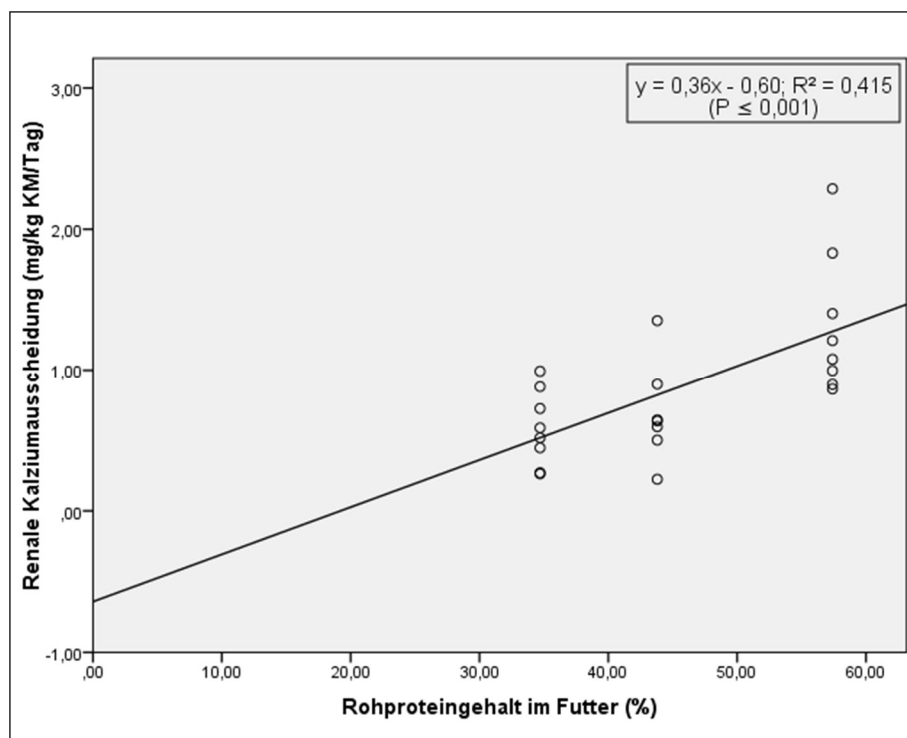


Abbildung 4.2: Renale Kalziumausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Rohproteingehalt von 34,7 % (n = 8), 43,8 % (n = 7) und 57,4 % (n = 8) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse

4.5.2 Konzentrationen im Harn und renale Ausscheidung von weiteren Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen

Mit steigendem Rohproteingehalt in der Ration stiegen die Stickstoffkonzentrationen im Harn der Katzen von 38,9 g/l auf 53,6 g/l kontinuierlich an ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.21). Die Ammoniumkonzentrationen im Harn waren nach dem Einsatz des Futters mit dem niedrigsten Rohproteingehalt geringer als bei der Fütterung der Versuchsdiäten mit höheren

Rohproteingehalten ($P \leq 0,05$). Die Konzentrationen an Kreatinin im Harn nahmen mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter von 2602 mg/l auf 1727 mg/l ab ($P \leq 0,05$).

Die höchsten Zitratkonzentrationen im Harn wurden nach dem Einsatz des Futters mit dem niedrigsten Rohproteingehalt vorgefunden ($P \leq 0,05$). Die Oxalatkonzentrationen im Harn waren am geringsten, wenn die Katzen das Futter mit dem höchsten Rohproteingehalt erhielten. Die Konzentrationen an Sulfat und Harnstoff im Harn der Katzen wurden durch den variierenden Rohproteingehalt im Futter nicht beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.21: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Sulfat (mg/l)	3277	3664	3548	293
Stickstoff (g/l)	38,9 ^a	47,7 ^b	53,6 ^c	2,28
Ammonium (mg/l)	1125 ^a	1346 ^b	1249 ^b	59,5
Kreatinin (mg/l)	2602 ^b	2170 ^{ab}	1727 ^a	155
Harnstoff (mg/l)	78,6	50,7	54,0	5,55
Zitrat (mg/l)	148 ^b	65,0 ^a	80,8 ^a	16,8
Oxalat (mg/l)	118 ^b	135 ^b	102 ^a	7,53

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Wie in Tabelle 4.22 dargestellt, konnte eine positive Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der Stickstoffkonzentration im Harn ($r = 0,514$, $P = 0,006$) sowie eine negative Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der Kreatininkonzentration im Harn der Katzen ($r = -0,479$, $P = 0,018$) festgestellt werden.

Tabelle 4.22: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der Konzentration bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert²). n = 24/Parameter

	Konzentration im Harn (mg/l)						
	Sulfat	Stickstoff*	Ammonium	Kreatinin	Harnsäure	Zitrat	Oxalat
Rohproteingehalt im Futter	0,069 (0,747)	0,541 (0,006)	0,149 (0,487)	-0,479 (0,018)	-0,347 (0,097)	-0,306 (0,146)	-0,212 (0,321)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

*Stickstoff in g/l

Die renale Ausscheidung von Sulfat, Stickstoff, Ammonium und Oxalat stieg mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter an ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.23).

Die renale Ausscheidung von Harnstoff und Zitrat variierte in Abhängigkeit von der Rohproteinaufnahme der Katzen, wobei kein unidirektionaler Effekt festgestellt werden konnte.

Die renale Kreatininausscheidung wurde durch den Rohproteingehalt im Futter nicht beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.23: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Sulfat (mg/kg KM/Tag)	30,6 ^a	43,5 ^{ab}	59,4 ^b	5,18
Stickstoff (g/kg KM/Tag)	0,36 ^a	0,53 ^a	0,90 ^b	0,06
Ammonium (mg/kg KM/Tag)	10,8 ^a	15,0 ^{ab}	21,0 ^b	1,38
Kreatinin (mg/kg KM/Tag)	24,5	25,3	28,7	1,86
Harnstoff (mg/kg KM/Tag)	0,81 ^{ab}	0,56 ^a	0,91 ^b	0,09
Zitrat (mg/kg KM/Tag)	1,20 ^b	0,64 ^a	1,29 ^b	0,13
Oxalat (mg/kg KM/Tag)	1,08 ^a	1,51 ^{ab}	1,68 ^b	0,10

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Der erläuterte Zusammenhang zwischen der renalen Exkretion von Sulfat, Stickstoff, Ammonium und Oxalat und dem Rohproteingehalt im Futter wurde durch die Korrelationsanalyse bestätigt (Tabelle 4.24).

Tabelle 4.24: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der renalen Ausscheidung bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert²). n = 23/Parameter

	Renale Ausscheidung (mg/kg KM/Tag)						
	Sulfat	Stickstoff*	Ammonium	Kreatinin	Harnstoff	Zitrat	Oxalat
Rohproteingehalt im Futter	0,519 (0,011)	0,802 ($< 0,001$)	0,659 (0,001)	0,205 (0,348)	0,267 (0,218)	0,108 (0,623)	0,524 (0,010)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
 KM: Körpermasse
 *Stickstoff in g/kg KM/Tag

In Abbildung 4.3 und 4.4 sind Regressionsgeraden dargestellt, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der renalen Ausscheidung von Stickstoff bzw. Ammonium aufzeigen.

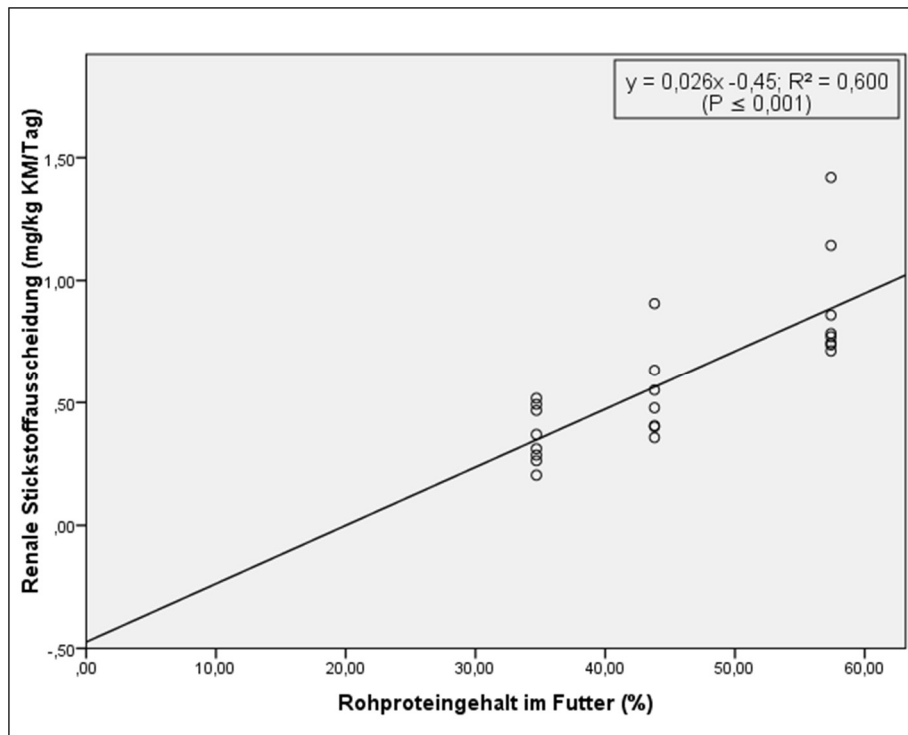


Abbildung 4.3: Renale Stickstoffausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Rohproteingehalt von 34,7 % (n = 8), 43,8 % (n = 7) und 57,4 % (n = 8) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse

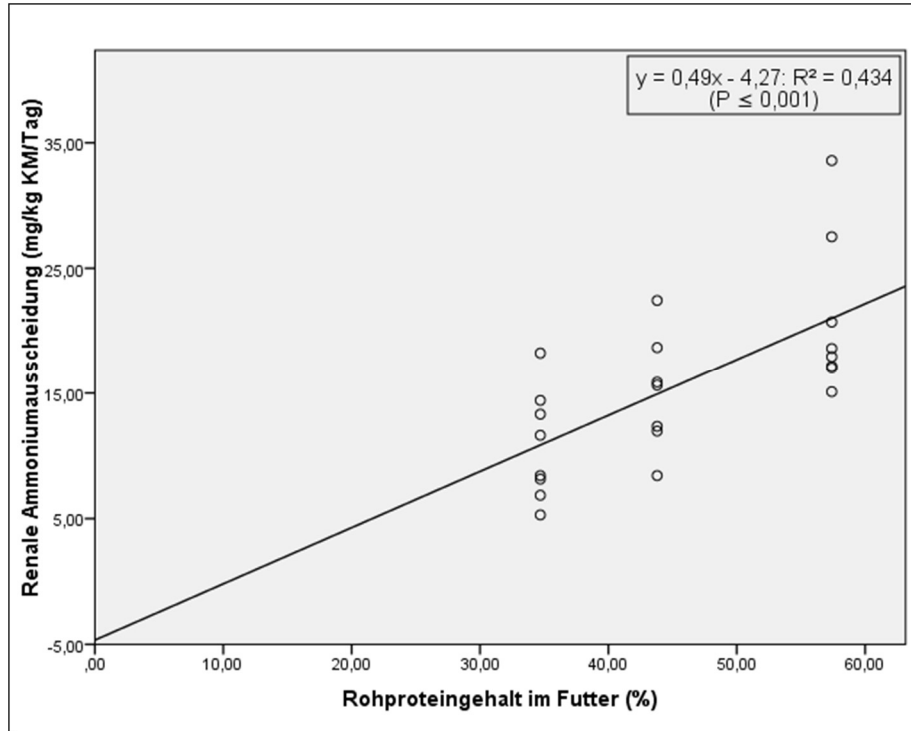


Abbildung 4.4: Renale Ammoniumausscheidung von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Rohproteingehalt von 34,7 % (n = 8), 43,8 % (n = 7) und 57,4 % (n = 8) in der Trockensubstanz erhielten; KM: Körpermasse

4.5.3 Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (Relative Supersaturation, RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn

Der Harn-pH-Wert war nach dem Einsatz des Versuchsfuttermittels „Rp 43,8 %“ (6,34) niedriger als nach der Fütterung der Diäten „Rp 34,7 %“ (6,66) und „Rp 57,4 %“ (6,61) ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.25).

Der RSS-Wert für Kalziumoxalat stieg mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter von 8,24 auf 11,2 an ($P \leq 0,05$). Auf den RSS-Wert für Struvit hatte der Rohproteingehalt im Futter keinen Einfluss. Das Kalzium:Oxalat-Verhältnis im Harn war in der Gruppe am höchsten, die das Futter mit dem höchsten Rohproteingehalt erhielt ($P \leq 0,05$). Das Kalzium:Zitrat-Verhältnis im Harn wurde nicht durch die Fütterung beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.25: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
pH	6,66 ^b	6,34 ^a	6,61 ^b	0,04
RSS CaOx ²	8,24 ^a	10,9 ^b	11,2 ^b	0,80
RSS MAP ³	0,59	0,31	0,41	0,08
Ca:Ox-Verhältnis	1,23 ^a	1,06 ^a	1,75 ^b	0,10
Ca:Zitrat-Verhältnis	3,31	12,1	7,82	2,21

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; ² Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ³ Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)
Ca: Kalzium; Ox: Oxalat
Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Mit Hilfe der Korrelationsanalyse konnte eine positive Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und dem Kalzium:Oxalat-Verhältnis im Harn aufgezeigt werden ($r = 0,477$; $P = 0,018$) (Tabelle 4.26).

Tabelle 4.26: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und dem Harn-pH, der relativen Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnissen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 24/Parameter

	pH	RSS CaOx ³	RSS MAP ⁴	Ca:Ox	Ca:Zitrat
Rohproteingehalt im Futter	0,041 (0,851)	0,304 (0,149)	-0,015 (0,945)	0,477 (0,018)	0,369 (0,076)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet ³ Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ⁴ Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)
Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

4.6 Einfluss des Griebenmehlgehalts im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen

4.6.1 Mineralstoffkonzentrationen im Harn sowie renale Mineralstoffausscheidung

Der Anteil an Griebenmehl in den Versuchsfuttermitteln hatte keine Auswirkungen auf die Mineralstoffkonzentrationen im Harn der Katzen (Tabelle 4.27).

Tabelle 4.27: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %	
Kalzium (mg/l)	78,3	68,0	5,16
Phosphor (mg/l)	2608	2557	207
Magnesium (mg/l)	29,9	25,0	3,25
Kalium (mg/l)	1773	1994	124
Natrium (mg/l)	1947	2162	181

Es lagen keine Korrelationen zwischen dem Griebsmehlanteil im Versuchsfutter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn der Katzen vor ($P > 0,05$) (Tabelle 4.28).

Tabelle 4.28: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlgehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter

	Mineralstoffkonzentration im Harn (mg/l)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Griebsmehlgehalt im Futter	-0,108 (0,689)	-0,032 (0,907)	-0,195 (0,468)	0,230 (0,392)	0,153 (0,571)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

Ebenso hatte der Griebsmehlgehalt im Versuchsfutter kaum Auswirkungen auf die renale Mineralstoffausscheidung der Katzen (Tabelle 4.29). So war lediglich die renale Kalziumausscheidung höher, wenn die Katzen das Futter mit dem niedrigeren Griebsmehlanteil erhielten ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.29: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und %¹) von Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel		SEM
		Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %	
Kalzium	mg/kg KM/Tag	1,32 ^b	0,98 ^a	0,12
	%	0,74	0,73	0,06
Phosphor	mg/kg KM/Tag	43,8	34,7	3,16
	%	22,6	24,9	1,42
Magnesium	mg/kg KM/Tag	0,50	0,35	0,05
	%	2,32	3,14	0,28
Kalium	mg/kg KM/Tag	29,7	28,2	2,23
	%	25,2	31,4	1,67
Natrium	mg/kg KM/Tag	32,3	29,7	2,32
	%	26,8	29,2	1,13

¹ Renale Mineralstoffausscheidung (mg/Tag)/Mineralstoffaufnahme (mg/Tag)

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab eine negative Korrelation zwischen der renalen Phosphorausscheidung und dem Griebsmehlgehalt im Futter ($r = -0,542$, $P = 0,030$) (Tabelle 4.30).

Tabelle 4.30: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlgehalt¹ im Futter und der renalen Mineralstoffausscheidung von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter

	Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Griebsmehlgehalt im Futter	-0,380 (0,146)	-0,542 (0,030)	-0,298 (0,262)	-0,081 (0,765)	-0,081 (0,765)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

4.6.2 Konzentrationen im Harn und renale Ausscheidung von weiteren Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen

Ein höherer Griebenmehlanteil in der Ration führte zu geringeren Sulfatkonzentrationen sowie zu höheren Kreatinin- und Harnstoffkonzentrationen im Harn der Katzen ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.31). Die Stickstoff-, Ammonium-, Ziträt- und Oxalatkonzentrationen im Harn wurden durch den Griebenmehlanteil im Futter nicht beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.31: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie von harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebenmehl 12 %	Griebenmehl 35 %	
Sulfat (mg/l)	3548 ^b	2911 ^a	317
Stickstoff (g/l)	53,6	50,0	2,51
Ammonium (mg/l)	1249	1272	67,5
Kreatinin (mg/l)	1727 ^a	2286 ^b	175
Harnstoff (mg/l)	54,0 ^a	124 ^b	10,4
Ziträt (mg/l)	80,8	67,0	12,2
Oxalat (mg/l)	102	104	5,72

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab eine positive Korrelation zwischen dem Anteil an Griebenmehl im Versuchsfutter und der Harnstoffkonzentration im Harn der Katzen ($r = 0,867$, $P < 0,001$) (Tabelle 4.32).

Tabelle 4.32: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und den Konzentrationen an bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert²). n = 16/Parameter

	Konzentration im Harn (mg/l)						
	Sulfat	Stickstoff*	Ammonium	Kreatinin	Harnstoff	Zitrat	Oxalat
Griebenmehlgehalt im Futter	-0,259 (0,332)	-0,185 (0,492)	0,044 (0,871)	0,413 (0,112)	0,867 ($< 0,001$)	-0,217 (0,420)	0,056 (0,838)

¹ Das Futter wies einen Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
*Stickstoff in g/l

In Abbildung 4.5 ist eine Regressionsgerade dargestellt, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Anteil an Griebenmehl im Futter und der Harnstoffkonzentration im Harn der Katzen aufzeigt. Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist mit 0,751 als hoch zu bewerten.

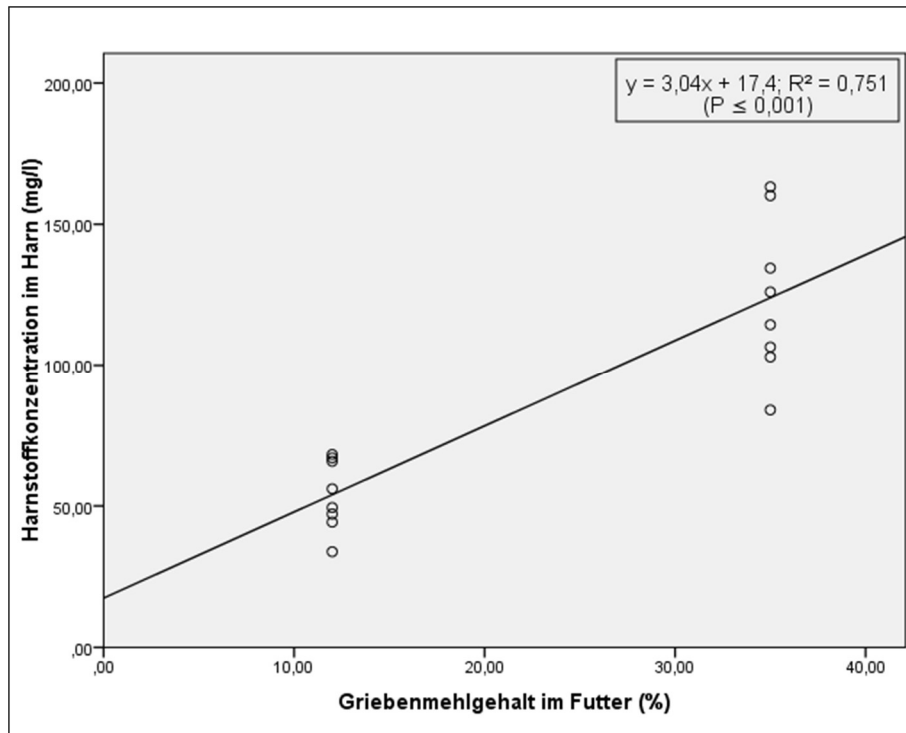


Abbildung 4.5: Harnstoffkonzentration im Harn von Katzen (n = 16), wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten

Die renale Exkretion verschiedener Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen wurde kaum durch den Griebenmehlgehalt im Futter beeinflusst (Tabelle 4.33). So war lediglich die renale Harnstoffausscheidung höher, wenn das Futter mit dem höheren Anteil an Griebenmehl gefüttert wurde ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.33: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %	
Sulfat (mg/kg KM/Tag)	59,4	39,0	5,50
Stickstoff (g/kg KM/Tag)	0,90	0,72	0,06
Ammonium (mg/kg KM/Tag)	21,0	17,9	1,34
Kreatinin (mg/kg KM/Tag)	28,7	31,3	2,05
Harnstoff (mg/kg KM/Tag)	0,91 ^a	1,80 ^b	0,16
Zitrat (mg/kg KM/Tag)	1,29	0,89	0,16
Oxalat (mg/kg KM/Tag)	1,68	1,48	0,10

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Auch die Korrelationsanalyse ergab eine positive Korrelation zwischen der renalen Harnstoffausscheidung und dem Anteil an Griebsmehl im Versuchsfutter ($r = 0,730$, $P = 0,001$) (Tabelle 4.34).

Tabelle 4.34: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlgehalt¹ im Futter und der renalen Ausscheidung bestimmter Anionen und Kationen sowie harnpflichtiger Substanzen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter

	Renale Ausscheidung (mg/kg KM/Tag)						
	Sulfat	Stickstoff*	Ammonium	Kreatinin	Harnstoff	Zitrat	Oxalat
Griebsmehlgehalt im Futter	-0,477 (0,062)	-0,488 (0,055)	-0,295 (0,267)	0,166 (0,540)	0,730 (0,001)	-0,324 (0,221)	-0,265 (0,321)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

KM: Körpermasse

*Stickstoff in g/kg KM/Tag

In Abbildung 4.6 wird eine Regressionsgerade gezeigt, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Anteil an Griebsmehl im Futter und der renalen Harnstoffausscheidung verdeutlicht.

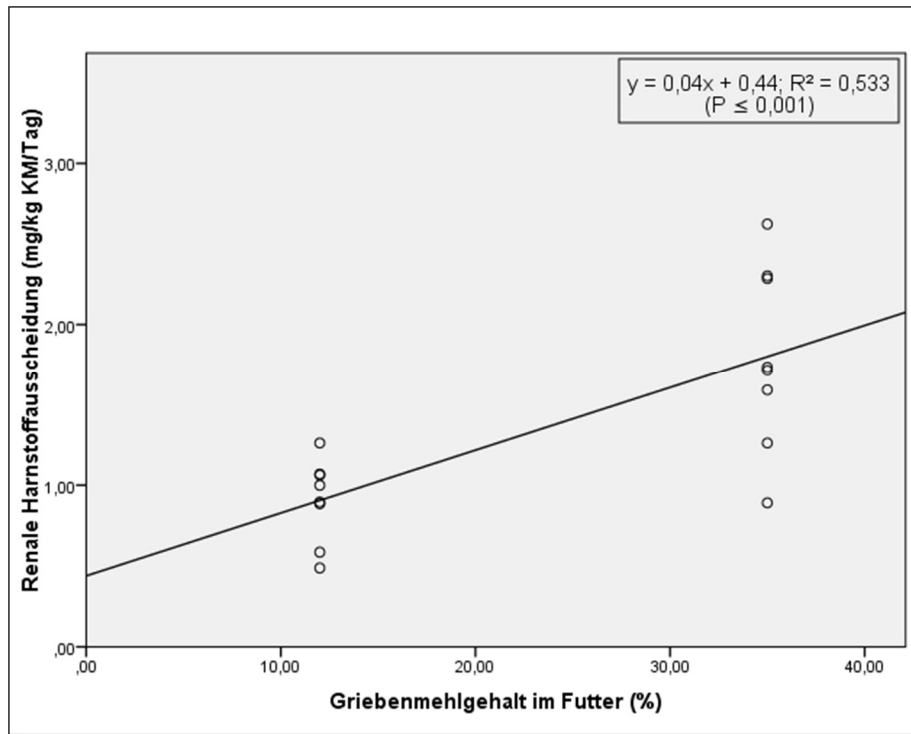


Abbildung 4.6: Renale Harnstoffausscheidung von Katzen (n = 16), wenn diese ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; KM: Körpermasse

4.6.3 Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (Relative Supersaturation, RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn

Der Anteil an Griebenmehl im Futter hatte keinen Einfluss auf den Harn-pH sowie auf die relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat und Struvit ($P > 0,05$) (Tabelle 4.35). Ebenso wurde das Kalzium:Oxalat-Verhältnis nicht durch die Fütterung beeinflusst. Das Kalzium:Zitrat-Verhältnis war höher, wenn das Futter mit dem höheren Anteil an Griebenmehl eingesetzt wurde ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.35: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebenmehl 12 %	Griebenmehl 35 %	
pH	6,61	6,58	0,02
RSS CaOx¹	11,2	10,1	0,94
RSS MAP²	0,41	0,35	0,06
Ca:Ox-Verhältnis	1,75	1,52	0,11
Ca:Zitrat-Verhältnis	7,82 ^a	9,00 ^b	2,22

¹ Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ² Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)

Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab keinen Zusammenhang zwischen dem Griebenmehlanteil im Futter und dem Harn-pH, der relativen Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat und Struvit sowie dem Kalzium:Oxalat- und Kalzium:Zitrat-Verhältnis im Harn der Katzen (Tabelle 4.36) ($P > 0,05$).

Tabelle 4.36: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und dem Harn-pH, der relativen Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnissen im Harn von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter

	pH	RSS CaOx ³	RSS MAP ⁴	Ca:Ox	Ca:Zitrat
Griebenmehl-gehalt im Futter	-0,328 (0,215)	-0,162 (0,550)	-0,434 (0,093)	-0,259 (0,332)	< 0,001 (1,000)

¹ Das Futter wies einen Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet; ³ Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ⁴ Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)

Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

4.7 Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf die Kotzusammensetzung von Katzen

4.7.1 Mineralstoffkonzentrationen im Kot, fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Mineralstoffe

Bei Einsatz des Futters mit dem niedrigsten Natriumgehalt wurden geringere Kalzium- und Kaliumkonzentrationen im Kot der Katzen vorgefunden als bei der Verfütterung der anderen

Versuchsdiäten ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.37). Die niedrigsten Chloridkonzentrationen im Kot wurden nach dem Einsatz des Futters „Na 1,14 %“ und die höchsten Chloridkonzentrationen im Kot nach Fütterung der Diät „Na 1,43 %“ festgestellt ($P \leq 0,05$).

Für die Konzentrationen an Phosphor, Magnesium und Natrium im Kot waren keine Gruppenunterschiede zu beobachten ($P > 0,05$).

Tabelle 4.37: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Kalzium (mg/g TS)	53,0 ^a	63,0 ^{bc}	65,5 ^c	61,0 ^b	1,18
Phosphor (mg/g TS)	35,5	33,2	37,1	32,9	0,90
Magnesium (mg/g TS)	5,08	5,24	5,37	5,22	0,08
Kalium (mg/g TS)	1,32 ^a	4,48 ^b	3,41 ^b	3,85 ^b	0,30
Natrium (mg/g TS)	1,77	1,98	2,03	2,10	0,10
Chlorid (mg/g TS)	1,44 ^{ab}	1,64 ^{ab}	1,11 ^a	2,06 ^b	0,18

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab ebenfalls eine positive Korrelation zwischen dem Natriumgehalt im Futter und den Kalzium- ($r = 0,440$, $P = 0,012$) und Kaliumkonzentrationen ($r = 0,554$, $P = 0,001$) im Kot der Katzen (Tabelle 4.38).

Tabelle 4.38: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 32/Parameter

	Mineralstoffkonzentration im Kot (mg/g TS)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Natriumgehalt im Futter	0,440 (0,012)	-0,139 (0,447)	0,148 (0,418)	0,554 (0,001)	0,176 (0,336)	0,114 (0,534)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
TS: Trockensubstanz

Bei Betrachtung der fäkalen Mineralstoffausscheidung sowie der scheinbaren Verdaulichkeit der Mineralstoffe lagen für alle analysierten Parameter Gruppenunterschiede vor (Tabelle 4.39). So war die fäkale Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumausscheidung in der Gruppe, die das Futter mit dem niedrigsten Natriumgehalt („Na 0,38 %“) erhielt, höher als in den anderen Versuchsgruppen ($P \leq 0,05$). Aufgrund der vergleichbaren Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumgehalte in den Versuchsfuttermitteln war die scheinbare Verdaulichkeit dieser Mineralstoffe in der Gruppe „Na 0,38 %“ am niedrigsten ($P \leq 0,05$).

Für die fäkale Kaliumausscheidung konnte mit zunehmendem Natriumgehalt im Futter ein Anstieg von 4,73 mg/kg KM/Tag („Na 0,38 %“) auf 8,91 mg/kg KM/Tag („Na 0,65 %“) bzw. auf 7,19 mg/kg KM/Tag („Na 1,43 %“) festgestellt werden ($P \leq 0,05$). Da die Kaliumgehalte in den Versuchsfuttermitteln mit steigendem Natriumgehalt ebenfalls anstiegen (Tabelle 3.1), wurden keine Gruppenunterschiede für die scheinbare Verdaulichkeit von Kalium ermittelt ($P > 0,05$). Die höchste fäkale Ausscheidung von Natrium und Chlorid konnte festgestellt werden, wenn die Katzen das Futter mit dem geringsten Natrium- und Chloridgehalt („Na 0,38 %“) erhielten. Die scheinbare Verdaulichkeit von Natrium und Chlorid stieg im Gegenzug mit steigenden Natrium- und Chloridgehalten im Futter an ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.39: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel				SEM
		Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Kalzium	mg/kg KM/Tag	183 ^b	117 ^a	133 ^a	115 ^a	9,88
	sV (%)	-8,67 ^a	22,4 ^b	18,6 ^b	12,9 ^{ab}	3,81
Phosphor	mg/kg KM/Tag	122 ^b	62,2 ^a	74,8 ^a	61,9 ^a	7,07
	sV (%)	23,3 ^a	57,6 ^b	53,4 ^b	56,7 ^b	3,43
Magnesium	mg/kg KM/Tag	17,5 ^b	9,76 ^a	10,8 ^a	9,82 ^a	0,95
	sV (%)	-3,84 ^a	34,4 ^b	30,5 ^b	29,8 ^b	4,06
Kalium	mg/kg KM/Tag	4,73 ^a	8,91 ^b	7,03 ^{ab}	7,19 ^b	0,72
	sV (%)	92,9	87,5	92,8	92,9	0,90
Natrium	mg/kg KM/Tag	6,47 ^b	3,70 ^a	4,20 ^a	3,97 ^{ab}	0,46
	sV (%)	88,9 ^a	95,7 ^b	97,5 ^c	97,9 ^c	0,80
Chlorid	mg/kg KM/Tag	5,35 ^b	3,32 ^{ab}	2,19 ^a	4,01 ^{ab}	0,51
	sV (%)	93,5 ^a	97,4 ^b	99,2 ^c	98,8 ^c	0,54

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab eine negative Korrelation zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der fäkalen Ausscheidung von Phosphor ($r = -0,430$, $P = 0,014$) und Magnesium ($r = -0,423$, $P = 0,016$) (Tabelle 4.40).

Tabelle 4.40: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der fäkalen Mineralstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 32/Parameter

	Fäkale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Natriumgehalt im Futter	-0,345 (0,053)	-0,430 (0,014)	-0,423 (0,016)	0,118 (0,518)	-0,279 (0,122)	-0,206 (0,257)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

Daneben wurde eine positive Korrelation zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Natrium ($r = 0,845$, $P \leq 0,001$) und Chlorid ($r = 0,705$, $P \leq 0,001$) vorgefunden (Tabelle 4.41). In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die Chloridgehalte im Futter analog zu den Natriumgehalten erhöht wurden.

Eine positive Korrelation lag weiterhin zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Phosphor ($r = 0,516$, $P = 0,003$) und Magnesium ($r = 0,439$, $P = 0,012$) vor.

Tabelle 4.41: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Mineralstoffen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 32/Parameter

	Scheinbare Verdaulichkeit (%)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Natriumgehalt im Futter	0,245 (0,176)	0,516 (0,003)	0,439 (0,012)	0,118 (0,520)	0,845 ($< 0,001$)	0,705 ($< 0,001$)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.7.2 Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe

Der Einsatz von Futtermitteln mit variierenden Natriumgehalten hatte nur geringen Einfluss auf die Rohnährstoffkonzentrationen im Kot der Katzen (Tabelle 4.42). So wurden geringere fäkale Rohproteinkonzentrationen in der Gruppe „Na 0,65 %“ im Vergleich zu den Gruppen „Na 1,14 %“ und „Na 1,43 %“ vorgefunden ($P \leq 0,05$). Die höchsten Rohaschekonzentrationen im Kot der Katzen lagen bei Fütterung der Diät „Na 1,14 %“ vor ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.42: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Rohprotein (mg/g TS)	368 ^{ab}	351 ^a	366 ^b	365 ^b	4,36
Rohfaser (mg/g TS)	93,9	110	120	113	4,95
Rohfett (mg/g TS)	37,7	32,0	30,7	32,5	1,90
Rohasche (mg/g TS)	228 ^{ab}	243 ^b	252 ^c	234 ^a	3,00

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Es lagen keine Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt im Futter und den Rohnährstoffkonzentrationen im Kot der Katzen vor ($P > 0,05$) (Tabelle 4.43).

Tabelle 4.43: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und den Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 32/Parameter

	Fäkale Rohnährstoffkonzentrationen (mg/g TS)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Natriumgehalt im Futter	0,058 (0,752)	0,157 (0,390)	-0,175 (0,338)	0,199 (0,276)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
TS: Trockensubstanz

Die fäkale Ausscheidung von Rohprotein, Rohfett und Rohasche war in der Gruppe, die das Futter mit dem niedrigsten Natriumgehalt erhielt, höher als in den anderen Versuchsgruppen ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.44). Die fäkale Rohfaserausscheidung wurde hingegen nicht durch den Natriumgehalt im Futter beeinflusst ($P > 0,05$).

Da die Rohnährstoffgehalte in den Versuchsfuttermitteln vergleichbar waren, stieg die scheinbare Verdaulichkeit von Rohprotein, Rohfett und Rohasche mit steigenden Natriumgehalten im Futter an ($P \leq 0,05$). Für die scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser konnte kein unidirektionaler Effekt des Natriumgehalts im Versuchsfutter festgestellt werden.

Tabelle 4.44: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel				SEM
		Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Rohprotein	mg/kg KM/Tag	1343 ^b	654 ^a	741 ^a	686 ^a	85,3
	sV (%)	77,3 ^a	88,7 ^b	88,4 ^b	88,1 ^b	1,22
Rohfaser	mg/kg KM/Tag	361	201	248	209	27,2
	sV (%)	-82,7 ^b	34,4 ^c	1,24 ^b	-191 ^a	19,1
Rohfett	mg/kg KM/Tag	122 ^b	58,5 ^a	60,6 ^a	59,4 ^a	7,86
	sV (%)	92,6 ^a	96,4 ^b	96,3 ^b	96,2 ^b	0,46
Rohasche	mg/kg KM/Tag	778 ^b	453 ^a	510 ^a	439 ^a	41,9
	sV (%)	15,8 ^a	50,1 ^b	57,0 ^{bc}	61,7 ^c	3,76

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab eine negative Korrelation zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der fäkalen Ausscheidung von Rohprotein, Rohfett und Rohasche ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.45). Zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der fäkalen Rohfaserausscheidung konnte keine Korrelation aufgezeigt werden ($P > 0,05$).

Tabelle 4.45: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der fäkalen Rohnährstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 32/Parameter

	Fäkale Rohnährstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Natriumgehalt im Futter	-0,406 (0,021)	-0,268 (0,138)	-0,438 (0,012)	-0,421 (0,017)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

Die scheinbare Verdaulichkeit von Rohprotein, Rohfett und Rohasche korrelierte positiv mit dem Natriumgehalt im Futter ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.46). Für die scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser wurde hingegen eine negative Korrelation mit dem Natriumgehalt im Futter festgestellt ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.46: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 32/Parameter

	Scheinbare Verdaulichkeit (%)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Natriumgehalt im Futter	0,489 (0,005)	-0,381 (0,031)	0,435 (0,005)	0,742 (< 0,001)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.8 Einfluss des Rohproteingehalts im Futter auf die Kotzusammensetzung von Katzen

4.8.1 Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit von Mineralstoffen

Die Mineralstoffkonzentrationen im Kot der Katzen variierten in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt in den Versuchsfuttermitteln (Tabelle 4.47). So waren die Kalzium-, Phosphor-, Magnesium- und Natriumkonzentrationen im Kot der Katzen in der Versuchsgruppe „Rp 43,8 %“ niedriger als in den anderen Gruppen. Die Kaliumkonzentrationen im Kot waren hingegen in der Gruppe „Rp 43,8 %“ am höchsten ($P \leq 0,05$).

Die Chloridkonzentrationen im Kot der Katzen wurden durch den variierenden Rohproteingehalt in den Versuchsfuttermitteln nicht beeinflusst ($P > 0,05$).

Tabelle 4.47: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Kalzium (mg/g TS)	72,1 ^b	63,0 ^a	77,2 ^{b*}	1,62
Phosphor (mg/g TS)	48,8 ^b	33,2 ^a	50,9 ^b	1,81
Magnesium (mg/g TS)	6,10 ^b	5,24 ^a	7,12 ^b	0,20
Kalium (mg/g TS)	2,16 ^a	4,48 ^b	2,36 ^a	0,37
Natrium (mg/g TS)	2,13 ^b	1,98 ^a	2,35 ^b	0,13
Chlorid (mg/g TS)	1,50	1,64	1,78	0,21

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; * n = 6

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Es lagen keine Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Kot der Katzen vor ($P > 0,05$) (Tabelle 4.48).

Tabelle 4.48: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 24/Parameter (für die fäkale Kalziumkonzentration: n = 22)

	Mineralstoffkonzentration im Kot (mg/g TS)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Rohproteingehalt im Futter	0,287 (0,196)	0,197 (0,357)	0,310 (0,141)	0,088 (0,681)	-0,037 (0,864)	-0,037 (0,864)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

TS: Trockensubstanz

Die Ermittlung der fäkalen Mineralstoffexkretion ergab die geringste Ausscheidung von Kalzium, Phosphor, Magnesium und Natrium in der Versuchsgruppe „Rp 43,8 %“ ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.49). Die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium, Phosphor und Magnesium war in dieser Gruppe am höchsten ($P \leq 0,05$).

Die fäkale Kaliumausscheidung wurde durch den Rohproteingehalt im Futter nicht beeinflusst, allerdings konnte die geringste scheinbare Verdaulichkeit von Kalium in der Gruppe „Rp 43,8 %“ beobachtet werden ($P \leq 0,05$).

Der Rohproteingehalt im Futter hatten keinen Einfluss auf die fäkale Chloridausscheidung sowie auf die scheinbare Verdaulichkeit von Chlorid ($P > 0,05$).

Tabelle 4.49: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel			SEM
		Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Kalzium	mg/kg KM/Tag	167 ^b	117 ^a	224 ^{c*}	16,9
	sV (%)	0,09 ^a	22,5 ^b	-19,1 ^{a*}	5,46
Phosphor	mg/kg KM/Tag	112 ^b	62,2 ^a	144 ^b	10,8
	sV (%)	27,1 ^a	57,6 ^b	27,2 ^a	3,90
Magnesium	mg/kg KM/Tag	14,3 ^b	9,76 ^a	20,1 ^b	1,49
	sV (%)	4,73 ^a	34,4 ^b	7,60 ^a	4,68
Kalium	mg/kg KM/Tag	5,91	8,91	7,27	1,14
	sV (%)	93,6 ^b	87,5 ^a	94,1 ^b	1,29
Natrium	mg/kg KM/Tag	5,27 ^{ab}	3,70 ^a	6,93 ^b	0,68
	sV (%)	95,0	95,7	94,3	0,42
Chlorid	mg/kg KM/Tag	3,69	3,32	5,58	0,77
	sV (%)	97,7	97,4	96,0	0,51

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; * n = 6

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der fäkalen Mineralstoffausscheidung der Katzen lagen keine Korrelationen vor ($P > 0,05$) (Tabelle 4.50).

Tabelle 4.50: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der fäkalen Mineralstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 24/Parameter (für die fäkale Kalziumexkretion: n = 22)

	Fäkale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Rohproteingehalt im Futter	0,224 (0,315)	0,295 (0,162)	0,376 (0,070)	0,080 (0,711)	0,243 (0,252)	0,103 (0,631)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

Auch zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit der Mineralstoffe konnte keine Korrelationen beobachtet werden (Tabelle 4.51).

Tabelle 4.51: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Mineralstoffen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 24/Parameter (für die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium: n = 22)

	Scheinbare Verdaulichkeit (%)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Rohproteingehalt im Futter	-0,316 (0,152)	-0,078 (0,716)	-0,010 (0,962)	-0,015 (0,945)	-0,163 (0,446)	-0,192 (0,370)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.8.2 Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe

Der variierende Rohproteingehalt im Versuchsfutter führte zu einer Beeinflussung der Rohnährstoffkonzentrationen im Kot der Katzen (Tabelle 4.52). So stieg die Rohproteinkonzentration im Kot mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter von 339 mg/g TS auf 403 mg/g TS an ($P \leq 0,05$). Die fäkale Rohfettkonzentration nahm hingegen von 36,6 mg/g TS auf 29,2 mg/g TS mit steigendem Rohproteingehalt im Futter ab. Zu berücksichtigen ist zudem, dass der Rohfettgehalt in den Futtermitteln „Rp 43,8 %“ und „Rp 57,4 %“ höher war als in dem Futtermittel „Rp 34,7 %“ (Tabelle 3.1).

Die Rohfaser- und Rohaschekonzentrationen im Kot der Katzen zeigten Variationen ($P \leq 0,05$), wobei kein unidirektionaler Effekt des Rohproteingehalts im Futter zu beobachten war.

Tabelle 4.52: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Rohprotein (mg/g TS)	339 ^a	351 ^a	403 ^b	7,20
Rohfaser (mg/g TS)	144 ^b	110 ^a	127 ^{ab}	7,82
Rohfett (mg/g TS)	36,6 ^b	32,0 ^{ab}	29,2 ^a	1,36
Rohasche (mg/g TS)	270 ^b	243 ^a	285 ^b	4,81

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Mit Hilfe der Korrelationsanalyse konnte ebenfalls gezeigt werden, dass der Rohproteingehalt im Futter positiv mit der Rohproteinkonzentration im Kot ($r = 0,781$, $P < 0,001$) sowie negativ mit der Rohfettkonzentration im Kot ($r = -0,452$, $P = 0,027$) der Katzen korreliert war (Tabelle 4.53).

Tabelle 4.53: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und den Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 24/Parameter

	Rohnährstoffkonzentrationen im Kot (mg/g TS)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Rohproteingehalt im Futter	0,781 ($< 0,001$)	-0,074 (0,732)	-0,452 (0,027)	0,351 (0,093)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

TS: Trockensubstanz

Auch bei Betrachtung der fäkalen Rohnährstoffausscheidung bzw. der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe wurden zahlreiche Gruppenunterschiede deutlich (Tabelle 4.54).

So wurde die höchste fäkale Rohproteinausscheidung vorgefunden, wenn die Katzen das Versuchsfutter mit dem höchsten Rohproteingehalt („Rp 57,4 %“) erhielten ($P \leq 0,05$). Die scheinbare Verdaulichkeit von Rohprotein war nach dem Einsatz des Versuchsfutters mit dem niedrigsten Rohproteingehalt („Rp 34,7 %“) am geringsten ($P \leq 0,05$).

Die fäkale Rohfaser- und Rohascheausscheidung war am niedrigsten, wenn die Katzen das Versuchsfutter mit dem mittleren Rohproteingehalt („Rp 43,8 %“) erhielten ($P \leq 0,05$).

Gleichzeitig konnte in dieser Versuchsgruppe die höchste scheinbare Verdaulichkeit von Rohfaser und Rohasche ermittelt werden ($P \leq 0,05$).

Ebenso war die fäkale Ausscheidung von Rohfett nach dem Einsatz des Futtermittels mit dem mittleren Rohproteingehalt („Rp 43,8 %“) mit 58,5 mg/kg KM/Tag deutlich niedriger als nach der Fütterung der anderen Versuchsdiäten, bei denen die fäkale Rohfettausscheidung 87,4 mg/kg KM/Tag („Rp 34,7%“) bzw. 80,8 mg/kg KM/Tag („Rp 57,4 %“) betrug ($P \leq 0,05$). Die scheinbare Verdaulichkeit von Rohfett stieg von 94,5 % („Rp 34,7 %“) auf 97,0 % („Rp 57,4 %“) mit steigendem Rohproteingehalt im Futter an ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.54: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel			SEM
		Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Rohprotein	mg/kg KM/Tag	799 ^a	654 ^a	1158 ^b	85,6
	sV (%)	83,3 ^a	88,7 ^b	87,6 ^b	0,80
Rohfaser	mg/kg KM/Tag	353 ^b	201 ^a	363 ^b	36,8
	sV (%)	-123 ^a	34,4 ^b	-102 ^a	19,4
Rohfett	mg/kg KM/Tag	87,4 ^b	58,5 ^a	80,8 ^b	6,93
	sV (%)	94,5 ^a	96,4 ^b	97,0 ^c	0,35
Rohasche	mg/kg KM/Tag	615 ^b	453 ^a	807 ^c	54,3
	sV (%)	37,9 ^a	50,1 ^b	29,6 ^a	2,66

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab keinen Zusammenhang zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der fäkalen Ausscheidung der Rohnährstoffe ($P > 0,05$) (Tabelle 4.55).

Tabelle 4.55: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der fäkalen Roh Nährstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert²). n = 24/Parameter

	Fäkale Roh Nährstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Rohproteingehalt im Futter	0,394 (0,057)	0,068 (0,751)	-0,043 (0,842)	0,317 (0,131)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

Daneben wurde anhand der Korrelationsanalyse eine positive Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Rohprotein und Rohfett festgestellt ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.56).

Tabelle 4.56: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert²). n = 24/Parameter

	Scheinbare Verdaulichkeit (%)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Rohproteingehalt im Futter	0,406 (0,049)	0,016 (0,941)	0,586 (0,003)	-0,329 (0,116)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.9 Einfluss des Grießenmehlanteils im Futter auf die Kotzusammensetzung von Katzen

4.9.1 Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit von Mineralstoffen

Der variierende Anteil an Grießenmehl in den Versuchsfuttermitteln hat die Mineralstoffkonzentrationen im Kot der Katzen beeinflusst (Tabelle 4.57). So wurden geringere Kalzium-, Phosphor-, Magnesium- und Kaliumkonzentrationen im Kot gemessen, wenn die Katzen das Futter mit dem höheren Anteil an Grießenmehl erhielten ($P \leq 0,05$). Der Anteil an Grießenmehl in den Versuchsdäten hatte keinen Einfluss auf die Natrium- und Chloridkonzentrationen im Kot der Katzen ($P > 0,05$).

Tabelle 4.57: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %	
Kalzium (mg/g TS)	77,2 ^{b*}	68,2 ^{a*}	2,06
Phosphor (mg/g TS)	50,9 ^b	41,1 ^a	1,44
Magnesium (mg/g TS)	7,12 ^b	4,72 ^a	0,35
Kalium (mg/g TS)	2,36 ^b	1,08 ^a	0,28
Natrium (mg/g TS)	2,35	2,21	0,15
Chlorid (mg/g TS)	1,78	1,35	0,27

TS: Trockensubstanz

* n = 6

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die beschriebenen Gruppenunterschiede spiegelten sich auch in den Ergebnissen der Korrelationsanalyse wider (Tabelle 4.58). So konnte eine negative Korrelation zwischen dem Griebsmehlanteil im Futter und der Kalzium-, Phosphor-, Magnesium- und Kaliumkonzentration im Kot der Katzen aufgezeigt werden ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.58: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlgehalt¹ im Futter und den Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter (für die fäkale Kalziumkonzentration: n = 12)

	Fäkale Mineralstoffkonzentrationen (mg/g TS)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Griebsmehl- gehalt im Futter	-0,658 (0,020)	-0,878 (< 0,001)	-0,868 (< 0,001)	-0,597 (0,015)	-0,125 (0,646)	-0,108 (0,689)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
TS: Trockensubstanz

In Abbildung 4.7 und Abbildung 4.8 dargestellt sind Regressionsgeraden, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Anteil an Griebsmehl im Futter und den Magnesium- bzw. Phosphorkonzentrationen im Kot der Katzen verdeutlichen. Die Bestimmtheitsmaße R^2 sind mit 0,805 bzw. 0,770 jeweils als hoch zu bewerten.

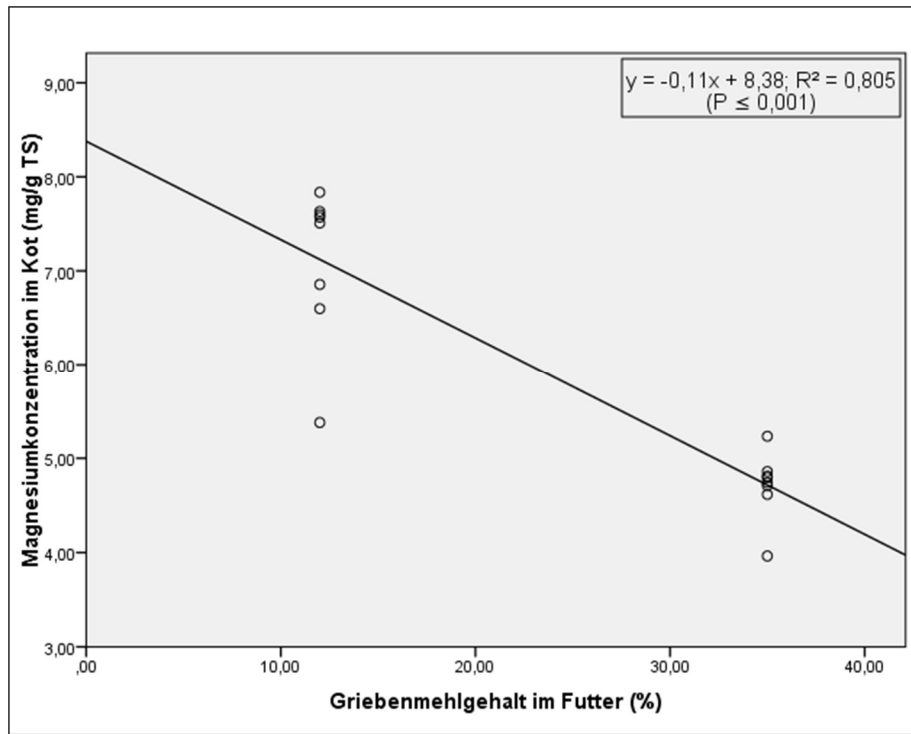


Abbildung 4.7: Magnesiumkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz

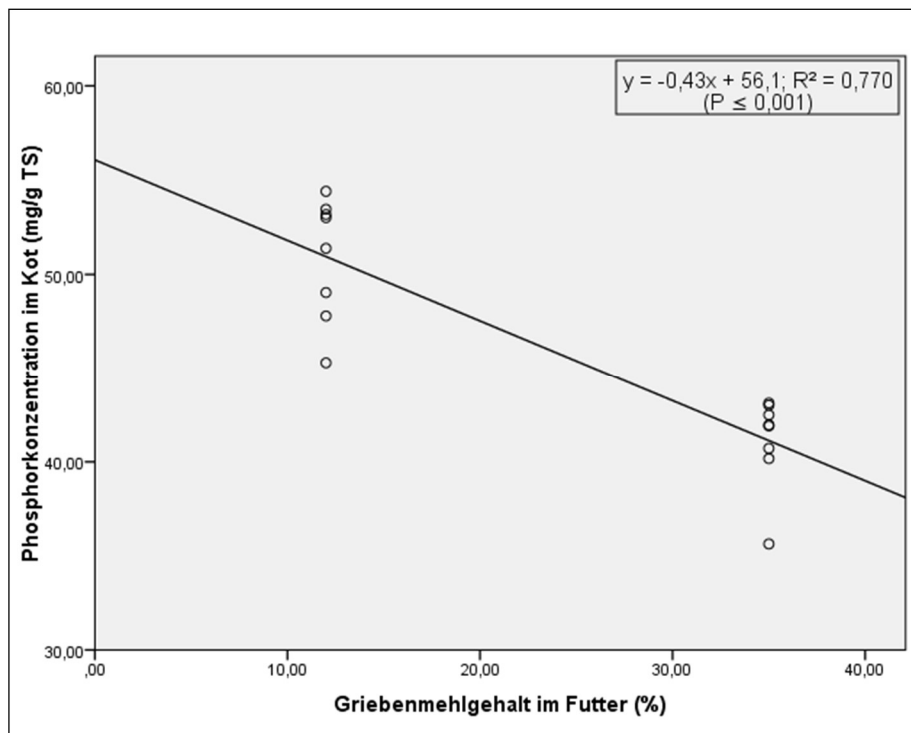


Abbildung 4.8: Phosphorkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz

Abbildung 4.9 und Abbildung 4.10 zeigen Regressionsgeraden, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Anteil an Grießenmehl im Futter und den Kalzium- bzw. Kaliumkonzentrationen im Kot der Katzen verdeutlichen.

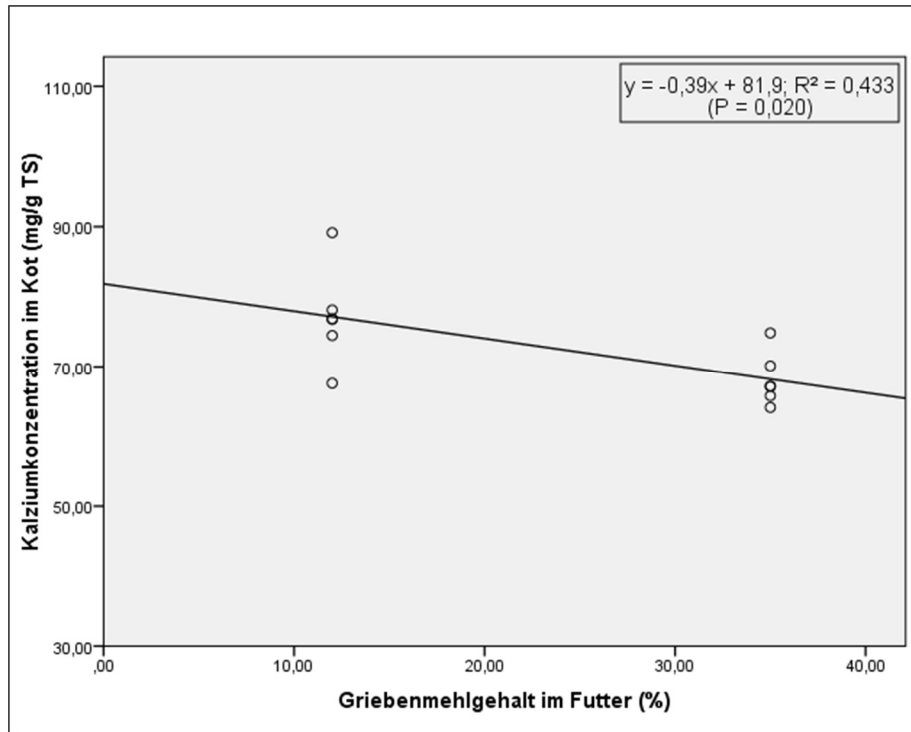


Abbildung 4.9: Kalziumkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 6/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz

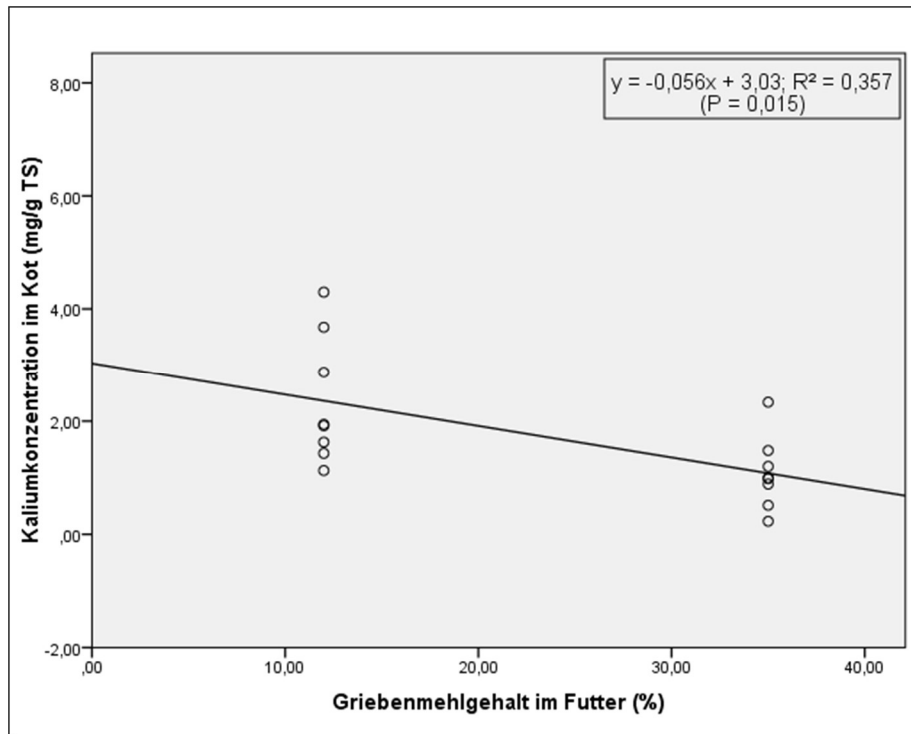


Abbildung 4.10: Kaliumkonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz

Die Ermittlung der fäkalen Kalzium-, Magnesium- und Kaliumausscheidung ergab ebenfalls geringere Werte, wenn die Katzen das Futter mit dem höheren Anteil an Griebsmehl erhielten ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.59). Die fäkale Ausscheidung von Phosphor, Natrium, und Chlorid wurde durch den Griebsmehlanteil in der Diät nicht beeinflusst.

Bei Betrachtung der scheinbaren Verdaulichkeit der Mineralstoffe lagen keine Gruppenunterschiede in Abhängigkeit vom Griebsmehlgehalt der Versuchsfuttermittel vor ($P > 0,05$).

Tabelle 4.59: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel		SEM
		Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %	
Kalzium	mg/kg KM/Tag	224 ^{b*}	166 ^{a*}	21,5
	sV (%)	-19,1*	-16,2*	5,46
Phosphor	mg/kg KM/Tag	144	115	12,5
	sV (%)	27,2	23,5	3,90
Magnesium	mg/kg KM/Tag	20,1 ^b	13,2 ^a	1,77
	sV (%)	7,60	-11,1	4,68
Kalium	mg/kg KM/Tag	7,27 ^b	2,94 ^a	1,10
	sV (%)	94,1	96,5	1,29
Natrium	mg/kg KM/Tag	6,93	6,65	1,07
	sV (%)	94,3	93,6	0,42
Chlorid	mg/kg KM/Tag	5,58	4,11	1,12
	sV (%)	96,0	97,2	0,51

KM: Körpermasse

* n = 6

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse ergab eine negative Korrelation zwischen dem Griebsmehlanteil im Futter und der fäkalen Ausscheidung von Magnesium und Kalium ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.60). Für die fäkale Ausscheidung der übrigen Mineralstoffe sowie für die scheinbare Verdaulichkeit der Mineralstoffe (Tabelle 4.61) konnte keine Korrelation mit dem Griebsmehlanteil in der Ration nachgewiesen werden ($P > 0,05$).

Tabelle 4.60: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlgehalt¹ im Futter und der fäkalen Mineralstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter (für die fäkale Kalziumexkretion: n = 12)

	Fäkale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Griebsmehlgehalt im Futter	-0,408 (0,188)	-0,294 (0,270)	-0,502 (0,047)	-0,508 (0,045)	-0,054 (0,842)	-0,190 (0,481)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

Tabelle 4.61: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlgehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit von Mineralstoffen bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter (für die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium: n = 12)

	Scheinbare Verdaulichkeit (%)					
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium	Chlorid
Griebsmehlgehalt im Futter	0,048 (0,882)	-0,100 (0,713)	-0,326 (0,218)	0,375 (0,218)	-0,081 (0,765)	0,244 (0,362)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.9.2 Konzentrationen im Kot, fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe

Die Rohaschekonzentrationen im Kot waren geringer, wenn die Katzen die Diät mit dem höheren Griebsmehlanteil erhielten ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.62). Daneben konnten keine weiteren Unterschiede in den fäkalen Rohrnährstoffkonzentrationen in Abhängigkeit vom Griebsmehlanteil in den Versuchsfuttermitteln festgestellt werden.

Tabelle 4.62: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %	
Rohprotein (mg/g TS)	403	429	7,19
Rohfaser (mg/g TS)	127	61,8	14,9
Rohfett (mg/g TS)	29,2	32,3	1,65
Rohasche (mg/g TS)	285 ^b	259 ^a	4,17

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Ebenso ergab die Korrelationsanalyse eine negative Korrelation zwischen dem Griebsmehlanteil im Futter und der Rohaschekonzentration im Kot der Katzen ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.63).

Tabelle 4.63: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlgehalt¹ im Futter und den Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter

	Fäkale Rohnährstoffkonzentrationen (mg/g TS)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Griebsmehlgehalt im Futter	0,464 (0,070)	-0,488 (0,055)	0,241 (0,368)	-0,808 (< 0,001)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
TS: Trockensubstanz

In Abbildung 4.11 ist eine Regressionsgerade dargestellt, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Anteil an Griebsmehl im Futter und den Rohaschekonzentrationen im Kot der Katzen darstellt. Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist mit 0,653 als hoch zu bewerten.

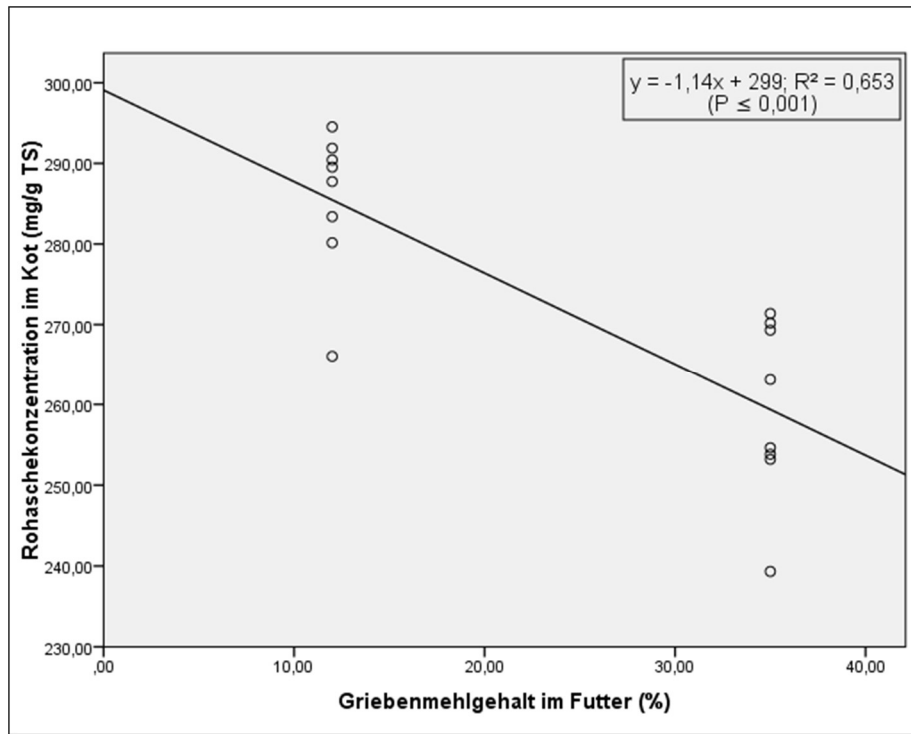


Abbildung 4.11: Rohaschekonzentrationen im Kot von Katzen, wenn diese ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten; n = 8/Versuchsfuttermittel; TS: Trockensubstanz

Die Ermittlung der fäkalen Ausscheidung und scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe ergab eine geringere fäkale Rohfaserausscheidung sowie eine höhere scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser, wenn die Katzen das Futter mit dem höheren Anteil an Griebsmehl erhielten ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.64).

Tabelle 4.64: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel		SEM
		Grießenmehl 12 %	Grießenmehl 35 %	
Rohprotein	mg/kg KM/Tag	1158	1260	152
	sV (%)	87,6	82,9	1,60
Rohfaser	mg/kg KM/Tag	363 ^b	164 ^a	48,1
	sV (%)	-102 ^a	-3,30 ^b	22,8
Rohfett	mg/kg KM/Tag	80,8	94,2	10,0
	sV (%)	97,0	96,2	0,34
Rohasche	mg/kg KM/Tag	807	735	75,5
	sV (%)	29,6	23,2	5,37

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Ebenso konnte die Korrelationsanalyse eine negative Korrelation zwischen dem Grießenmehlgehalt im Futter und der fäkalen Rohfaserausscheidung der Katzen (Tabelle 4.65) sowie eine positive Korrelation zwischen dem Anteil an Grießenmehl in der Ration und der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohfaser (Tabelle 4.66) aufzeigen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.65: Korrelationen zwischen dem Grießenmehlgehalt¹ im Futter und der fäkalen Rohnährstoffausscheidung bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter

	Fäkale Rohnährstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Grießenmehlgehalt im Futter	-0,027 (0,921)	-0,597 (0,015)	0,173 (0,521)	-0,124 (0,647)

¹ Das Futter wies einen Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

Tabelle 4.66: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (*P*-Wert²). n = 16/Parameter

	Scheinbare Verdaulichkeit (%)			
	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche
Griebenmehlgehalt im Futter	-0,461 (0,072)	0,542 (0,030)	-0,312 (0,240)	0,163 (0,547)

¹ Das Futter wies einen Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.10 Mineralstoffretention

4.10.1 Mineralstoffretention bei variierenden Natriumgehalten im Futter

Die Mineralstoffretention der Katzen wurde durch den variierenden Natriumgehalt in den Versuchsfuttermitteln beeinflusst (Tabelle 4.67). So nahm die Natrium- und Kaliumretention mit steigenden Natriumgehalten im Futter zu ($P \leq 0,05$). Ebenso war die Kalzium-, Phosphor- und Magnesiumretention bei Einsatz des Futters mit dem niedrigsten Natriumgehalt geringer als nach der Fütterung der anderen Versuchsdäten ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.67: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Kalzium (mg/Tag)	-44,1 ^a	98,8 ^b	126 ^b	41,6 ^{ab}	22,2
Phosphor (mg/Tag)	14,0 ^a	172 ^b	198 ^b	159 ^b	21,4
Magnesium (mg/Tag)	-2,52 ^a	14,2 ^b	17,3 ^b	11,8 ^b	2,35
Kalium (mg/Tag)	135 ^a	131 ^a	237 ^b	248 ^b	13,5
Natrium (mg/Tag)	126 ^a	213 ^b	437 ^c	464 ^c	30,8

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz
 Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Die Korrelationsanalyse konnte eine positive Korrelation zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der Retention von Phosphor, Magnesium, Kalium und Natrium bei den Katzen aufzeigen ($P \leq 0,05$) (Tabelle 4.68).

Tabelle 4.68: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der Mineralstoffretention bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P-Wert²). n = 30/Parameter

	Mineralstoffretention (mg/Tag)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Natriumgehalt im Futter	0,287 (0,124)	0,427 (0,019)	0,419 (0,021)	0,714 (< 0,001)	0,861 (< 0,001)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

In Abbildung 4.12 ist eine Regressionsgerade dargestellt, die den linearen Zusammenhang zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der Natriumretention bei den Katzen aufzeigt. Das Bestimmtheitsmaß R^2 sind mit 0,742 als hoch zu bewerten.

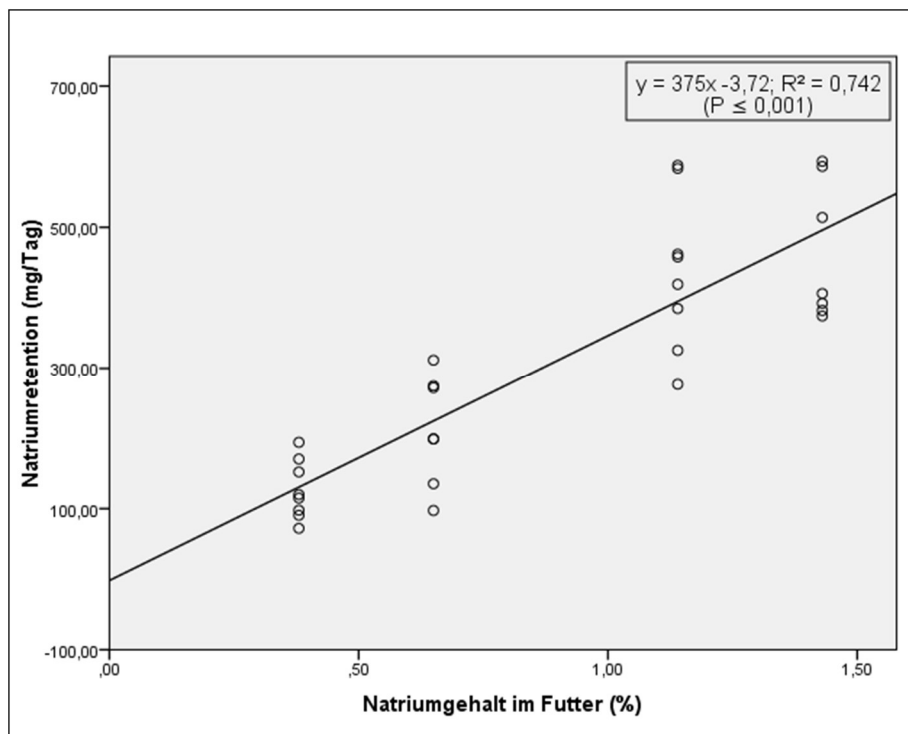


Abbildung 4.12: Natriumretention bei Katzen, wenn diese ein Futter mit 0,38 % (n = 8), 0,65 % (n = 7), 1,14 % (n = 8) und 1,43 % (n = 7) Natrium in der Trockensubstanz erhielten

4.10.2 Mineralstoffretention bei variierenden Rohproteingehalten im Futter

Der Einsatz von Versuchsfuttermitteln mit variierenden Rohproteingehalten hat zu keiner unidirektionalen Beeinflussung der Mineralstoffretention bei den Katzen geführt (Tabelle 4.69). So lag für Kalzium, Phosphor und Magnesium die höchste sowie für Kalium und Natrium die niedrigste Retention vor, wenn die Katzen die Diät mit dem mittleren Rohproteingehalt („Rp 43,8 %“) erhielten ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.69: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Kalzium (mg/Tag)	-4,92 ^a	98,8 ^b	-32,6 ^{ab}	43,3
Phosphor (mg/Tag)	43,8 ^a	172 ^b	28,1 ^a	23,7
Magnesium (mg/Tag)	0,90 ^a	14,2 ^b	4,20 ^{ab}	2,90
Kalium (mg/Tag)	217 ^b	131 ^a	313 ^c	18,7
Natrium (mg/Tag)	267 ^b	213 ^a	313 ^c	15,5

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz;
 Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Mit Hilfe der Korrelationsanalyse (Tabelle 4.70) konnte eine positive Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der Kaliumretention der Katzen aufgezeigt werden ($r = 0,526$, $P = 0,010$).

Tabelle 4.70: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der Mineralstoffretention bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 23/Parameter (für die Kalziumretention: n = 22).

	Mineralstoffretention (mg/Tag)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Rohproteingehalt im Futter	-0,075 (0,740)	-0,115 (0,601)	0,061 (0,781)	0,526 (0,010)	0,313 (0,146)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.10.3 Mineralstoffretention bei variierenden Anteilen an Griebsmehl im Futter

Der Anteil an Griebsmehl im Versuchsfutter hatte nur geringe Auswirkungen auf die Mineralstoffretention der Katzen (Tabelle 4.71). So wurde lediglich eine geringere Kaliumretention bei Einsatz des Futters mit dem höheren Griebsmehlanteil festgestellt ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.71: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %	
Kalzium (mg/Tag)	-32,6*	-81,0*	69,1
Phosphor (mg/Tag)	28,1	11,1	32,7
Magnesium (mg/Tag)	4,20	-4,72	3,99
Kalium (mg/Tag)	313 ^b	247 ^a	20,0
Natrium (mg/Tag)	313	269	19,4

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

* n = 7

Die Korrelationsanalyse konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Griebsmehlanteil im Versuchsfutter und der Mineralstoffretention der Katzen aufzeigen ($P > 0,05$) (Tabelle 4.72).

Tabelle 4.72: Korrelationen zwischen dem Griebsmehlanteil¹ im Futter und der Mineralstoffretention bei Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter (für die Kalziumretention: n = 14).

	Mineralstoffretention (mg/Tag)				
	Kalzium	Phosphor	Magnesium	Kalium	Natrium
Griebsmehlgehalt im Futter	-0,101 (0,743)	-0,067 (0,805)	-0,289 (0,278)	-0,429 (0,098)	-0,298 (0,262)

¹ Das Futter wies einen Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

4.11 Wasserhaushalt

4.11.1 Wasseraufnahme und Harnvolumen bei variierenden Natriumgehalten im Futter

Der variierende Natriumgehalt in den Versuchsfuttermitteln führte zu einer Beeinflussung der Wasseraufnahme sowie des Harnvolumens der Katzen (Tabelle 4.73). So wurde die niedrigste Wasseraufnahme (29,8 ml/kg KM/Tag) bei dem Einsatz der Versuchsdät „Na 0,65 %“ festgestellt. Die Erhöhung des Natriumgehalts im Futter auf 1,14 % und 1,43 % führte zu einem Anstieg der täglichen Wasseraufnahme der Katzen (30,8 ml/kg KM/Tag und 34,8 ml/kg KM/Tag) ($P \leq 0,05$).

Das tägliche Harnvolumen der Katzen nahm mit steigendem Natriumgehalt im Futter von 10,8 ml/kg KM/Tag („Na 0,38 %“) auf 16,5 ml/kg KM/Tag („Na 1,43 %“) zu ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.73: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel				SEM
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %	
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	33,4 ^{abc}	29,8 ^a	30,8 ^b	34,8 ^c	1,27
Harnvolumen (ml/kg KM/Tag)	10,8 ^a	10,9 ^{ab*}	14,3 ^{bc}	16,5 ^{c*}	0,71

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz; * n = 7

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Anhand der Korrelationsanalyse konnte eine positive Korrelation zwischen dem Natriumgehalt im Futter und dem täglichen Harnvolumen der Katzen aufgezeigt werden ($r = 0,586$, $P = 0,001$) (Tabelle 4.74).

Tabelle 4.74: Korrelationen zwischen dem Natriumgehalt¹ im Futter und der Wasseraufnahme (n = 32) sowie dem Harnvolumen (n = 30) von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²).

	Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	Harnvolumen (ml/kg KM/Tag)
Natriumgehalt im Futter	0,077 (0,675)	0,586 (0,001)

¹ 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % Natrium in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

4.11.2 Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei variierenden Rohproteingehalten im Futter

Die tägliche Wasseraufnahme der Katzen wurde durch den variierenden Rohproteingehalt in den Versuchsfuttermitteln nicht beeinflusst ($P > 0,05$) (Tabelle 4.75).

Das tägliche Harnvolumen der Katzen nahm hingegen mit steigendem Rohproteingehalt im Futter von 9,86 ml/kg KM/Tag auf 17,0 ml/kg KM/Tag zu ($P \leq 0,05$).

Tabelle 4.75: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			SEM
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %	
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	29,8	29,8	35,4	1,79
Harnvolumen (ml/kg KM/Tag)	9,86 ^a	10,9 ^{a*}	17,0 ^b	1,03

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; * n = 7

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Ebenso wurde anhand der Korrelationsanalyse eine positive Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und dem täglichen Harnvolumen der Katzen ermittelt ($r = 0,640$, $P = 0,001$) (Tabelle 4.76).

Tabelle 4.76: Korrelationen zwischen dem Rohproteingehalt¹ im Futter und der Wasseraufnahme (n = 24) sowie dem Harnvolumen (n = 23) von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²).

	Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	Harnvolumen (ml/kg KM/Tag)
Rohproteingehalt im Futter	0,391 (0,059)	0,640 (0,001)

¹ 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % Rohprotein in der Trockensubstanz; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet

KM: Körpermasse

4.11.3 Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei variierenden Anteilen an Grießenmehl im Futter

Der Anteil an Grießenmehl in den Versuchsfuttermitteln hatte keinen Einfluss auf die Wasseraufnahme oder das Harnvolumen der Katzen ($P > 0,05$) (Tabelle 4.77).

Tabelle 4.77: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Mittelwert und Standardfehler des Mittelwerts (SEM); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		SEM
	Griebenmehl 12 %	Griebenmehl 35 %	
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	35,4	32,5	1,77
Harnvolumen (ml/kg KM/Tag)	17,0	14,7	1,05

KM: Körpermasse

Ebenso konnte die Korrelationsanalyse keinen Zusammenhang zwischen dem Griebenmehlgehalt im Futter und der Wasseraufnahme sowie dem Harnvolumen der Katzen aufzeigen ($P > 0,05$) (Tabelle 4.78)

Tabelle 4.78: Korrelationen zwischen dem Griebenmehlgehalt¹ im Futter und der Wasseraufnahme sowie dem Harnvolumen von Katzen. Korrelationskoeffizient (r) (P -Wert²). n = 16/Parameter

	Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	Harnvolumen (ml/kg KM/Tag)
Griebenmehlgehalt im Futter	-0,244 (0,362)	-0,290 (0,275)

¹ Das Futter wies einen Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % auf; ² Als signifikant wurde $P \leq 0,05$ betrachtet
KM: Körpermasse

5 DISKUSSION

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen des Natrium- und Proteingehalts sowie der Proteinqualität im Futter auf die Harnzusammensetzung von Katzen zu untersuchen und mögliche Risikofaktoren einer Kalziumoxalaturolithiasis zu ermitteln.

5.1 Kritik der Methode

5.1.1 Versuchstiere

Als ein Kritikpunkt der vorliegenden Untersuchungen ist anzumerken, dass es sich bei den eingesetzten Versuchstieren um gesunde und mit einem Alter von 12 bis 25 Monaten relativ junge Katzen handelte. Da eine Kalziumoxalatsteinbildung vor allem bei Katzen im Alter von über 4 bis 5 Jahren (Lekcharoensuk et al., 2000) und eine Struvitsteinbildung bei Individuen im Alter von 4 bis 7 Jahren vermehrt auftritt (Osborne et al., 1996; Lekcharoensuk et al., 2000; Houston et al., 2003), können die vorliegenden Studienergebnisse nicht uneingeschränkt auf ältere oder für Harnsteine prädisponierte Tiere übertragen werden.

5.1.2 Versuchsaufbau

Für die dreiwöchigen Adaptationsphasen wurde aus tierschutzrechtlichen Erwägungen eine Gruppenhaltung der Katzen vorgesehen. In dieser Zeit wurden die männlichen und weiblichen Katzen getrennt voneinander gefüttert. Somit war in dieser Phase nur eine bedingte Kontrolle der individuellen Futteraufnahme möglich. Diese erfolgte insbesondere über die regelmäßige Messung der Körpermassen der Katzen. In den einwöchigen Bilanzperioden wurden die Katzen einzeln in Stoffwechselläufigen gehalten und die Futteraufnahme der Tiere täglich protokolliert. Eine Fütterungsperiode umfasste demnach 4 Wochen, sodass keine Aussage über Langzeiteffekte der Versuchsdiäten möglich ist.

Zudem sollte berücksichtigt werden, dass in den vorliegenden Untersuchungen ausschließlich Trockenfuttermittel eingesetzt wurden. Die Gabe von Feuchtfutter könnte aufgrund des höheren Wassergehalts oder aufgrund einer anderen Zusammensetzung im Vergleich zu Trockenfuttermitteln abweichende Ergebnisse erzielen.

Schließlich ist kritisch anzumerken, dass die vorliegenden Untersuchungen nicht im Sinne eines Cross-over-Designs durchgeführt wurden. Somit könnten äußere Faktoren (z. B. jahreszeitlich bedingte Temperaturunterschiede) sowie die Abfolge der Verfütterung der Versuchsdiäten die Ergebnisse möglicherweise beeinflusst haben. Allerdings sollte berücksichtigt werden, dass die Katzen in einem Raum mit einem konstanten Temperatur- und

Lichtregime gehalten wurden und die Dauer der einzelnen Fütterungsperioden ausreichend lang war, um einen Einfluss der vorausgegangenen Fütterung weitmöglich auszuschließen.

5.1.3 Versuchsfuttermittel

Obgleich die in dieser Studie eingesetzten Versuchsfuttermittel eine vergleichbare Zusammensetzung aufwiesen und lediglich unterschiedliche Natrium-, Chlorid- und Rohproteingehalte vorgesehen waren, konnten zum Teil weitere Abweichungen in den analysierten Nährstoffgehalten zwischen den Diäten festgestellt werden. So variierte insbesondere der Rohfasergehalt in den Versuchsfuttermitteln mit unterschiedlichen Natriumgehalten zwischen 5,00 und 21,0 g/kg uS und in den Diäten mit unterschiedlichen Rohproteingehalten zwischen 10,0 und 21,0 g/kg uS. Auch bei einigen Mineralstoffkonzentrationen wurden Abweichungen zwischen den Versuchsfuttermitteln ermittelt. So sollten die Diäten mit variierenden Rohprotein- und Griebsmehlgehalten vergleichbare Natrium- und Chloridgehalte aufweisen, wobei die Nährstoffanalyse jedoch Natriumgehalte zwischen 5,98 und 7,13 g/kg uS und Chloridgehalte zwischen 7,70 und 10,5 g/kg uS ergab. Daneben variierten die Kalziumgehalte in den Versuchsfuttermitteln mit unterschiedlichen Natriumgehalten zwischen 9,16 und 10,6 g/kg uS. Die analysierten Kaliumgehalte lagen in den Versuchsdüäten mit variierendem Natriumgehalt zwischen 4,32 und 6,89 g/kg uS und in den Futtermitteln mit variierendem Rohproteingehalt zwischen 4,82 und 6,47 g/kg uS.

Diese Abweichungen sind vermutlich auf variierende Inhaltsstoffe der in den Versuchsfuttermitteln eingesetzten Rohmaterialien zurückzuführen. Diese natürlichen Schwankungen können bei der Herstellung von Futtermitteln nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Für die Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden die Variationen in den analysierten Inhaltsstoffen der Versuchsdüäten entsprechend berücksichtigt.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Einfluss des Natriumgehalts im Futter auf die Harnzusammensetzung und Harneigenschaften von Katzen, sowie dessen Bedeutung für die Kalziumoxalatsteinbildung

In ernährungsphysiologischen Untersuchungen aus dem humanmedizinischen Bereich konnte gezeigt werden, dass eine hohe Natriumchloridaufnahme zu einem Anstieg der renalen Kalziumexkretion um 19-44 % geführt hat (Castenmiller et al., 1985; Kok et al., 1990; Sakhaee et al., 1993). Als Konsequenz wird einem niedrigen Natriumchloridgehalt in der Nahrung ein positiver Effekt in der Prophylaxe von Kalziumoxalatharnsteinen beigemessen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit konnten ebenfalls eine erhöhte renale Kalziumausscheidung um etwa 69 % bei jungen, gesunden Katzen aufzeigen, wenn diese Diäten mit hohen Natriumchloridgehalten erhielten.

Ogleich eine erhöhte renale Kalziumausscheidung einen Risikofaktor für die Ausbildung von Kalziumoxalatkristallen und -steinen darstellt, deuten weitere Beobachtungen der vorliegenden Arbeit darauf hin, dass der Einsatz eines Futters mit einem höheren Natriumchloridgehalt auch günstige Effekte auf die Harnbeschaffenheit von Katzen ausüben kann. So wurden ein höheres Harnvolumen sowie reduzierte Oxalatkonzentrationen im Harn der Katzen bei einer natriumreichen Fütterung festgestellt. Zudem wurde die Kalziumkonzentration im Harn durch den Natriumchloridgehalt im Futter nicht beeinflusst. Es kann vermutet werden, dass der Anstieg der renalen Kalziumexkretion bei höheren Natriumchloridgehalten in den Versuchsdiäten durch die gleichzeitig beobachtete Erhöhung des Harnvolumens kompensiert wurde. Vor dem Hintergrund der Kalziumoxalatsteinprophylaxe bzw. -entstehung kommt den auch bei hohen Natriumchloridgehalten im Futter unbeeinflussten Kalziumkonzentrationen im Harn der Katzen vermutlich eine größere Bedeutung zu als dem beobachteten Anstieg der renalen Kalziumexkretion, da das Kristallisationspotenzial für Kalziumoxalat vor allem durch die frei verfügbare Menge an Kalzium und Oxalat im Harn bestimmt wird (Hesse und Neiger, 2008).

In diesem Zusammenhang sind auch die ermittelten RSS-Werte für Kalziumoxalat zu bewerten, die durch den Natriumchloridgehalt im Futter nicht beeinflusst wurden. Diese Beobachtung unterstreicht, dass der mit einer hohen Natriumchloridaufnahme assoziierte Anstieg der renalen Kalziumexkretion bei Katzen keinen spezifischen Risikofaktor für die Ausbildung von Kalziumoxalatsteinen darzustellen scheint.

In einer früheren Studie wurde eine Abnahme des RSS-Wertes für Kalziumoxalat im Harn von Katzen bei einer hohen Natriumaufnahme der Tiere beobachtet (Hawthorne und Markwell, 2004). Diese Diskrepanz zu den vorliegenden Ergebnissen lässt sich möglicherweise mit den in der früheren Studie eingesetzten höheren Natriumgehalten in den Versuchsfuttermitteln sowie mit einem damit verbundenen höheren Harnvolumen und verringerten spezifischen Gewicht des Harns der Katzen erklären.

Des Weiteren wurde in der vorliegenden Arbeit das Verhältnis zwischen der Kalzium- und Oxalatkonzentration im Harn der Katzen ermittelt. Es konnte gezeigt werden, dass dieser Quotient mit höheren Natriumchloridgehalten im Futter anstieg ($P \leq 0,05$), d. h., eine höhere Kalzium- als Oxalatkonzentration im Harn vorlag. Dies lässt sich durch die mit zunehmenden Natriumchloridgehalten im Futter abnehmenden Oxalatkonzentrationen im Harn der Katzen erklären. Im Hinblick auf eine mögliche Komplexbildung zwischen Kalzium und Oxalat im Harn

war diese bei einer natriumreichen Ernährung der Katzen entsprechend eingeschränkt, da eine Kristallisation dieser beiden Komponenten stets im Verhältnis 1 : 1 erfolgt (Hesse und Neiger, 2008).

Ein hohes Harnvolumen wird grundsätzlich als vorteilhaft für eine Harnsteinprophylaxe angesehen (Dijcker et al., 2011), da hiermit eine stärkere Verdünnung des Harns sowie eine gesteigerte Harnabsatzfrequenz bei den Tieren verbunden ist. In der vorliegenden Arbeit wurde zwar ein erhöhtes Harnvolumen bei den Katzen festgestellt, wenn diese ein Futter mit einem hohen Natriumchloridgehalt erhielten. Im Gegensatz zu früheren Studien (Wagner et al., 2002; Hawthorne und Markwell, 2004; Luckschander et al., 2004) blieb die Wasseraufnahme der Tiere jedoch von dem Natriumchloridgehalt in den Versuchsdiäten unbeeinflusst. Es kann vermutet werden, dass das erhöhte Harnvolumen auf den natriuretischen Effekt des Futters zurückzuführen ist, da mit steigender Natriumaufnahme auch ein Anstieg der Natriumkonzentrationen im Harn der Katzen zu beobachten war.

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine Kurzzeitstudie handelte, sodass die Daten zur Wasseraufnahme und Harnausscheidung der Katzen vorsichtig interpretiert werden sollten. Ergebnisse von Langzeituntersuchungen (Xu et al., 2009; Reynolds et al., 2013) konnten keine Erhöhung des Harnvolumens bei Katzen durch hohe Natriumgehalte im Futter aufzeigen.

Die Oxalatkonzentration im Harn stellt einen weiteren wichtigen Faktor in der Pathogenese von Kalziumoxalatkristallen und -steinen bei Katzen dar. Grundsätzlich sollte eine niedrige Konzentration im Rahmen einer Kalziumoxalatprävention angestrebt werden. Vor diesem Hintergrund stellen die in der vorliegenden Studie vorgefundenen abnehmenden Oxalatkonzentrationen im Harn der Katzen mit zunehmendem Natriumchloridgehalt im Futter ein praktisch relevantes Ergebnis dar.

Da in Katzenfuttermitteln lediglich geringe Mengen an Oxalat enthalten sind (Dijcker et al., 2011), stammt das von Katzen renal ausgeschiedene Oxalat hauptsächlich aus der endogenen Synthese. In früheren Studien konnte gezeigt werden, dass die endogene Oxalatsynthese von Katzen durch den Rohprotein- und Rohfettgehalt im Futter beeinflusst wird (Zentek und Schulz, 2004; Dijcker et al., 2012). Die in der vorliegenden Studie eingesetzten Versuchsdiäten mit variierenden Natriumchloridgehalten wiesen hingegen vergleichbare Rohprotein- und Rohfettgehalte auf. Die beobachtete Abnahme der Oxalatkonzentrationen im Harn der Katzen mit ansteigenden Natriumchloridgehalten im Futter lässt sich daher vermutlich durch die oben beschriebene Verdünnung des Harns aufgrund des höheren Harnvolumens erklären.

Zitrat gilt als Kristallisationsinhibitor für die Kalziumoxalatsteinentstehung (Dijcker et al., 2011), da Kalzium an Zitrationen gebunden und somit einer möglichen Komplexbildung bzw. Kristallisation mit Oxalationen entzogen wird. Ein hoher Harn-pH-Wert fördert die renale Zitratausscheidung und kann somit das Risiko einer Kalziumoxalatsteinbildung reduzieren (Rattan et al., 1994; Kirk et al., 1995; Bonny et al., 2008). In der vorliegenden Arbeit wurde mit zunehmenden Natriumchloridgehalten im Futter eine Abnahme der Zitratkonzentrationen im Harn der Katzen beobachtet, vermutlich aufgrund des gleichzeitig zunehmenden Harnvolumens. Zudem lag der ermittelte Harn-pH mit Werten zwischen 6,33-6,45 in einem eher niedrigen Bereich. Diese Ergebnisse können vor dem geschilderten Hintergrund daher als nachteilig im Rahmen der Kalziumoxalatsteinprävention erachtet werden.

Als weitere Beobachtung der vorliegenden Studie konnte eine mit zunehmenden Natriumchloridgehalten im Futter ansteigende renale Magnesiumausscheidung (0,36 - 0,65 mg/kg KM/Tag; $P \leq 0,05$) bei den Katzen aufgezeigt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auch bei Einsatz der Diät mit dem höchsten Natriumchloridgehalt (Na 1,33 %) eine positive Magnesiumretention von 11,8 mg pro Tier und Tag festgestellt wurde. Aus diesem Grund kann vermutet werden, dass auch eine längerfristige Gabe eines Futters mit einem hohen Natriumchloridgehalt nicht zu einem Defizit an Magnesium bei Katzen führen wird.

Einen interessanten Nebenbefund dieser Studie stellt die Abnahme der Kaliumkonzentrationen im Harn der Katzen mit steigenden Natriumchloridgehalten im Futter dar.

Eine hohe Natriumaufnahme stimuliert die Freisetzung von Renin und hemmt somit das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (Krikken et al., 2009). Ein Absinken des Aldosterongehalts im Blut wiederum führt zu einer verminderten Kaliumausscheidung über den Harn sowie zu einer reduzierten renalen Natriumreabsorption (Youn und McDonough, 2009). Dies hat schließlich, wie auch in der vorliegenden Studie beobachtet, einen Anstieg der Natrium- und eine Abnahme der Kaliumkonzentrationen im Harn zur Folge. Bei pathologisch niedrigen Aldosteronkonzentrationen im Blut wurde beim Menschen eine hiermit assoziierte Hyperkaliämie beobachtet (Marfo und Glicklich, 2012; Chiang et al., 2013).

Die vorliegenden Untersuchungen konnten zeigen, dass bei höheren Natriumchloridgehalten im Futter die Kaliumkonzentrationen im Harn der Katzen abnahmen (Korrelationskoeffizient -0,518; $P = 0,002$), obgleich die Kaliumgehalte im Futter analog zu den Natriumchloridgehalten anstiegen. Folglich wurde eine erhöhte Kaliumretention bei den Tieren beobachtet ($P \leq 0,05$). Da im Rahmen dieser Studie keine Blutuntersuchungen durchgeführt wurden, liegen keine Daten zu den Kaliumkonzentrationen im Blut der Katzen vor. Daher bleibt

es weiterführenden Untersuchungen vorbehalten, das potenzielle Risiko einer natriumchloridreichen Diät für den Kaliumstoffwechsel von Katzen zu beurteilen. Es kann jedoch vermutet werden, dass eine eher geringe Beeinflussung des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems vorlag, da die renale Kaliumexkretion der Katzen unbeeinflusst von dem Natriumgehalt im Futter blieb.

Eine Schwachstelle dieses Studienabschnitts stellen die sehr unterschiedlichen Rohfasergehalte in den einzelnen Versuchsdiäten dar. Obwohl die Zusammensetzung der Diäten, mit Ausnahme des Gehalts an Natriumchlorid, vergleichbar war, wurden bei der Nährstoffanalyse Rohfasergehalte zwischen 5-21 g/kg uS festgestellt. Da die analytisch ermittelten Rohfasergehalte in Tierfuttermitteln jedoch erfahrungsgemäß Schwankungen unterliegen, sollten die vorliegenden Ergebnisse an dieser Stelle vorsichtig interpretiert werden.

Frühere Studien haben gezeigt, dass sich eine hohe Rohfaseraufnahme negativ auf die intestinale Absorption von Kalzium auswirkt (Walker, 1987; Watkins et al., 1992; Gralak et al., 1996).

Da in der vorliegenden Studie die Diäten mit niedrigen und mittleren Natriumchloridgehalten deutlich höhere Rohfasergehalte aufwiesen als die Diät mit dem höchsten Gehalt an Natriumchlorid, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die in diesen Gruppen beobachtete geringere renale Kalziumausscheidung teilweise auf den Einfluss des hohen Rohfasergehalts in den Versuchsdiäten zurückzuführen ist. Dennoch kann vor dem Hintergrund des ermittelten linearen Anstiegs der renalen Kalziumausscheidung vermutet werden, dass die Hauptursache hierfür in dem stufenweisen Anstieg des Natriumchloridgehalts in den Versuchsfuttermitteln zu finden ist.

Die beschriebenen Ergebnisse zum Einfluss variierender Natriumchloridgehalte im Futter auf die Harnbeschaffenheit von Katzen weisen insgesamt eine hohe klinische Relevanz für die Prävention von Kalziumoxalaturolithen auf. Hier sind insbesondere das höhere Harnvolumen, die reduzierte Oxalatkonzentration im Harn sowie die unveränderte Kalziumkonzentration im Harn sowie unbeeinflussten RSS-Werte für Kalziumoxalat bei steigenden Natriumchloridgehalten im Futter zu nennen. Anzumerken ist, dass diese Studie jedoch ausschließlich mit jungen, gesunden Katzen durchgeführt wurde, wohingegen das Hauptrisiko für eine Kalziumoxalaturolithiasis bei Katzen mit einem Alter von über 4-5 Jahren liegt (Lekcharoensuk et al., 2000). Zur Überprüfung und Bestätigung der dargestellten Ergebnisse wären weiterführende Untersuchungen an älteren oder bereits erkrankten Tiere sinnvoll.

5.2.2 Einfluss des Proteingehalts und der Proteinqualität im Futter auf die Harnzusammensetzung und Harneigenschaften von Katzen, sowie deren Bedeutung für die Kalziumoxalatsteinbildung

Zielsetzung dieses Studienteils war es, zu überprüfen, ob eine proteinreiche Ernährung von Katzen – analog zu Beobachtungen aus der Humanmedizin – einen Risikofaktor für die Entstehung einer Kalziumoxalaturolithiasis darstellt. Die Ergebnisse wurden ebenso im Kontext einiger veterinärmedizinischer Studien betrachtet, in denen ein vorteilhafter Effekt einer proteinreichen Diät im Zusammenhang mit einer Kalziumoxalatsteinprävention bei Katzen ermittelt wurde (Lekcharoensuk et al., 2001; Dijcker et al., 2012; Kerr, 2013).

In der vorliegenden Studie konnte mit zunehmendem Rohproteingehalt in den Versuchsdiäten sowohl ein Anstieg der Kalziumkonzentration im Harn der Katzen, als auch der renalen Kalziumausscheidung nachgewiesen werden. Diese Beobachtungen stimmen mit Studienergebnissen aus der Humanmedizin überein (Bihuniak et al., 2013). Eine durch eine hohe Proteinaufnahme hervorgerufene Hyperkalzurie wird insbesondere auf eine verstärkte Säurebelastung („acid load“) des Organismus zurückgeführt, welche aus einer vermehrten Oxidation schwefelhaltiger Aminosäuren zu Schwefelsäure unter Freisetzung von Protonen resultiert (Sabry et al., 1965). In den vorliegenden Untersuchungen konnte jedoch mit steigendem Proteingehalt im Futter kein Absinken des Harn-pH-Wertes der Katzen beobachtet werden. Allerdings verdoppelte sich die tägliche renale Sulfatausscheidung von 30,6 mg/kg KM auf 59,4 mg/kg KM. Diese Beobachtung könnte einen Hinweis auf eine vermehrte Oxidation schwefelhaltiger Aminosäuren bei rohproteinreicher Fütterung darstellen.

Eine weitere Theorie aus humanmedizinischen Untersuchungen besagt, dass eine proteinreiche Ernährung die Kalziumabsorption im Darm erhöht und somit die renale Kalziumausscheidung fördert (Kerstetter et al., 2005; Hunt et al., 2009). In der vorliegenden Studie war bei Fütterung der eiweißreichen Diät die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium nicht erhöht, allerdings konnte eine höhere Kalziumausscheidung mit dem Kot nachgewiesen werden. Da auch eine Erhöhung der renalen Kalziumausscheidung nach Fütterung der proteinreichen Diät beobachtet wurde, lag mit -32,6 mg/Tag eine deutlich negative Kalziumretention bei den Katzen dieser Gruppe vor. Vor diesem Hintergrund kann vermutet werden, dass der Anstieg der Kalziumkonzentrationen im Harn der Katzen mit steigenden Rohproteingehalten im Futter nicht aus einer erhöhten intestinalen Kalziumabsorption, sondern vielmehr aus einer Kalziummobilisation im Organismus resultiert. Ähnliche Beobachtungen liegen auch aus der humanmedizinischen Forschung vor, da eine proteinreiche Ernährung mit einer negativen Kalziumbilanz und Knochenschwund assoziiert war (Hegsted et al., 1981; Metz et al., 1993).

Daneben konnten die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz des Futters mit der geringeren Proteinqualität („Griebenmehl 35 %“) zu einer niedrigeren renalen

Kalziumausscheidung geführt hat als die Gabe des Futters mit einem vergleichbaren Rohproteingehalt, jedoch einer höheren Proteinqualität („Griebenmehl 12 %“). Bislang ist die Ursache dieses Effekts unklar. Eventuell ist diese Beobachtung dadurch zu erklären, dass bei der Diät mit der höheren Eiweißqualität als Ersatz für das Griebenmehl eine Mischung aus Geflügelmehl und Sojaprotein verwendet wurde. Da die scheinbare Rohproteinverdaulichkeit bei Einsatz der qualitativ hochwertigeren Diät mit 87,6 % höher lag als bei Gabe der qualitativ minderwertigeren Diät (82,9 %; $P > 0,05$), könnte dies einen Einfluss auf den Nährstoffmetabolismus und Säuren-Basen-Haushalt der Katzen genommen haben. So wurden bei Einsatz des Futters mit dem geringeren Griebenmehlanteil höhere Sulfatkonzentrationen im Harn ($P \leq 0,05$) sowie eine höhere renale Sulfatausscheidung ($P > 0,05$) als bei der Fütterung der Diät mit dem höheren Griebenmehlanteil nachgewiesen. Da jedoch keine Auswirkung des Griebenmehlgehalts im Futter auf den Harn-pH-Wert der Katzen beobachtet werden konnte, wurde somit auch keine deutliche, die renale Kalziumausscheidung fördernde, Säurebelastung nachgewiesen. Somit kann der Einfluss der Proteinqualität im Futter auf die renale Kalziumausscheidung von Katzen mithilfe dieser Studie nicht abschließend geklärt werden und bedarf weiterer Untersuchungen.

Die Oxalatkonzentrationen im Harn der Katzen waren in der vorliegenden Studie am niedrigsten, wenn die Diät mit dem höchsten Rohproteingehalt („Rp 53 %“) eingesetzt wurde. Der Zusammenhang zwischen dem Rohproteingehalt im Futter und der Oxalatkonzentration im Harn war jedoch nicht linear, da die höchsten Oxalatkonzentrationen bei Fütterung der Diät mit dem mittleren Proteingehalt („Rp 40 %“) beobachtet wurden. Bei Betrachtung der renalen Oxalatausscheidung konnte hingegen ein unidirektionaler Anstieg mit steigenden Rohproteingehalten im Futter nachgewiesen werden. Es kann vermutet werden, dass dieser Effekt auf eine gesteigerte endogene Oxalatsynthese zurückzuführen ist, da die Oxalatgehalte in Katzenfuttermitteln allgemein gering sind (Dijcker et al., 2011) und in der vorliegenden Studie mit durchschnittlich 7 mg/100 g TS zwischen den Versuchsdiäten vergleichbar waren. Daneben wurde bei Fütterung der Diäten mit dem mittleren („Rp 40 %“) und hohen („Rp 53 %“) Rohproteingehalt ein signifikant höherer RSS-Wert für Kalziumoxalat festgestellt als bei Fütterung der Diät mit dem niedrigen Rohproteingehalt („Rp 31 %“). Dieser Effekt ist vermutlich auf die höhere renale Kalzium- und Oxalatausscheidung bei Einsatz der rohproteinreicheren Diäten zurückzuführen.

Eine frühere Studie konnte keine Auswirkung einer proteinreichen Diät auf Basis von Casein auf die renale Oxalatausscheidung von Katzen aufzeigen (Dijcker et al., 2012). Die Autoren dieser Veröffentlichung vermuteten jedoch, dass sich dieser Effekt bei Verwendung einer anderen Proteinquelle abweichend darstellen könnte. In der vorliegenden Arbeit wurde

Geflügelmehl als hauptsächliche Proteinquelle in den Versuchsdiäten verwendet. Da dieses auch häufig in kommerziell erhältlichen Katzenfuttermitteln eingesetzt wird, sind die Ergebnisse dieser Studie von hoher praktischer Relevanz.

Die Proteinqualität im Futter hatte interessanterweise keinen Einfluss auf die Oxalatkonzentrationen im Harn oder auf die renale Oxalatausscheidung der Katzen. Es war erwartet worden, dass die endogene Oxalatsynthese durch die im Grießenmehl in höheren Konzentrationen vorkommenden Aminosäuren Hydroxyprolin und Glyzin gesteigert würde. Eine frühere Studie konnte zeigen, dass bei Fütterung einer Diät mit bindegewebsreichem Grießenmehl als Proteinquelle eine höhere renale Oxalatausscheidung bei Katzen vorlag als bei Fütterung von Versuchsfuttermitteln mit Pferdefleisch oder Sojaproteinisolat als Proteinquellen (Zentek und Schulz, 2004). Die Autoren konnten weiterhin nachweisen, dass die renale Oxalatekretion der Tiere bei Einsatz einer Diät mit einem niedrigen Gehalt an Grießenmehl höher war als bei Fütterung einer Diät mit einem höheren Grießenmehlanteil. Diese Beobachtung lässt vermuten, dass neben dem Aminosäurenmuster im Futter weitere diätetische Faktoren für die endogene Oxalatsynthese von Bedeutung sind. In diesem Zusammenhang scheint insbesondere der Fettgehalt des Futters interessant. In der Studie von Zentek und Schulz (2004) wies die Diät mit dem geringeren Grießenmehlanteil einen Rohfettgehalt von 23,5 % in der TS und die Diät mit dem höheren Gehalt an Grießenmehl einen Rohfettgehalt von 10,1 % in der TS auf. Es wäre daher möglich, dass der höhere Rohfettgehalt im Futter zu einer gesteigerten endogenen Oxalatsynthese bei den Katzen geführt hat. Diese Vermutung wird durch neuere Untersuchungen von Dijcker et al. (2012) gestützt, die bei Einsatz eines Futters mit einem hohen Rohfettgehalt höhere Oxalatkonzentrationen im Harn von Katzen feststellen konnten als bei Fütterung einer Diät mit einem hohen Rohproteingehalt.

Die in der vorliegenden Studie eingesetzten Versuchsfuttermittel mit einem variierenden Grießenmehlanteil wiesen vergleichbare Rohfettgehalte auf, sodass dies eine Erklärung für die unbeeinflussten Oxalatkonzentrationen im Harn sowie für die gleichbleibende renale Oxalatausscheidung der Katzen in diesen beiden Gruppen darstellen könnte. Die Ergebnisse haben zudem gezeigt, dass höhere Gehalte an bestimmten Aminosäuren im Futter, welche als potenzielle Ausgangsstoffe für die endogene Oxalatsynthese angesehen werden, zu keinem vermehrten Anfall an Oxalat geführt haben und daher keinen spezifischen Risikofaktor für die Entstehung einer Kalziumoxalaturolithiasis bei Katzen darstellen.

Mit steigenden Rohproteingehalten im Futter konnte ein Anstieg des Harnvolumens ($P < 0,05$) sowie der Wasseraufnahme ($P > 0,05$) bei den Katzen beobachtet werden. Diese Ergebnisse stimmen mit früheren Untersuchungen an ausgewachsenen Katzen und Katzenwelpen überein (Hashimoto et al., 1995; Funaba et al., 1996; Hashimoto et al., 1996). Eine größere

Verdünnung des Harns kann allgemein als vorteilhaft für die Prävention von Harnkristallen und -steinen bei Katzen angesehen werden (Kerr, 2013). Vor dem Hintergrund des zuvor beschriebenen Anstiegs der renalen Kalzium- und Oxalatausscheidung sowie der RSS-Werte für Kalziumoxalat mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter scheint das höhere Harnvolumen der Katzen jedoch von eher untergeordneter Bedeutung für die Entwicklung bzw. Prophylaxe von Kalziumoxalatsteinen zu sein.

Die Proteinqualität in den Versuchsfuttermitteln hatte keinen Einfluss auf die Wasseraufnahme oder auf das Harnvolumen der Katzen.

Der Harn-pH der Katzen lag bei Fütterung der verschiedenen Versuchsdäten mit Werten zwischen 6,34 und 6,66 in einem eher niedrigen Bereich. Da Harn-pH-Werte von < 6,29 als Risikofaktor für die Bildung von Kalziumoxalatkristallen angesehen werden (Kirk et al., 1995), haben sich die in dieser Studie ermittelten Werte nahe dieses kritischen Bereichs bewegt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der mit einer hohen Rohproteinaufnahme verbundene Anstieg der renalen Kalzium- und Oxalatausscheidung sowie die ansteigenden RSS-Werte für Kalziumoxalat kritische Faktoren für die Bildung von Kalziumoxalatharnsteinen darstellen. Vor diesem Hintergrund scheint der Einsatz einer proteinreichen Diät bei Katzen zur Kalziumoxalatsteinprophylaxe, anders als bislang angenommen, nicht empfehlenswert.

Die Auswirkung der Proteinqualität im Futter auf die Zusammensetzung des Harns von Katzen war in der vorliegenden Studie gering. Die renale Oxalatausscheidung sowie die Kalzium- und Oxalatkonzentrationen im Harn der Katzen wurden durch die Eiweißqualität in den Versuchsdäten nicht beeinflusst. Zukünftige Studien sollten die reduzierte renale Kalziumausscheidung der Tiere bei Einsatz des Versuchsfutters mit dem hohen Anteil an Grießenmehl weiter untersuchen.

Daneben sollte die klinische Relevanz der beobachteten negativen Kalziumbilanz bei Fütterung der rohproteinreichen Diät ermittelt werden, insbesondere vor dem Hintergrund eines möglichen Verlusts an Knochensubstanz bei Katzen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Auswirkungen des Natrium- und Rohproteingehalts sowie der Proteinqualität im Futter auf die Harnzusammensetzung von gesunden Katzen

Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen des Natrium- und Rohproteingehalts sowie der Proteinqualität im Futter auf die Harneigenschaften von Katzen zu untersuchen und mögliche Risikofaktoren einer Kalziumoxalatsteinentstehung zu ermitteln.

Hierzu wurden insgesamt 7 Diäten mit variierenden Gehalten an Natrium (0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 %), Rohprotein (34,7 %, 43,8 % und 57,4 %) und Grießenmehl (12 % und 35 %) in jeweils dreiwöchigen Adaptations- und einwöchigen Bilanzperioden an 8 gesunde Katzen verfüttert.

In den Bilanzperioden wurden die Katzen einzeln in Stoffwechselkäfigen gehalten, um den Harn und Kot der Tiere quantitativ zu sammeln. Zudem wurde die tägliche Futter- und Wasseraufnahme der Katzen ermittelt.

Im Harn wurden die Konzentrationen an Anionen und Kationen sowie der pH-Wert gemessen. Anhand dieser Daten konnte zudem die relative Übersättigung des Harns mit Kalziumoxalat und Struvit rechnerisch ermittelt werden. In den Kotproben wurden die Trockensubstanzgehalte sowie die Konzentrationen an Rohnährstoffen und Mineralstoffen bestimmt. Die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen sollen nachfolgend kurz dargestellt werden.

Mit steigenden Natriumgehalten im Futter konnte ein erhöhtes Harnvolumen sowie eine verstärkte renale Ausscheidung von Natrium bei den Katzen beobachtet werden. Die Kalziumkonzentration im Harn wurde nicht beeinflusst, jedoch stieg die renale Ausscheidung von Kalzium mit zunehmendem Natriumgehalt in der Ration von 0,62 auf 1,05 mg/kg Körpermasse/Tag an ($P \leq 0,05$). Die Konzentrationen an Oxalat, Ziträt, Phosphor und Kalium im Harn nahmen hingegen mit steigendem Natriumgehalt in den Diäten ab ($P \leq 0,05$). Die pH-Werte des Harns lagen bei Einsatz der Versuchsdiäten zwischen 6,33 und 6,45 ($P > 0,05$). Der Natriumgehalt im Futter hatte keinen Einfluss auf die relative Übersättigung des Harns mit Kalziumoxalat.

Somit konnte dieser Studienteil einige vorteilhafte Auswirkungen einer kurzzeitigen hohen Natriumaufnahme bei Katzen vor dem Hintergrund der Kalziumoxalatsteinentstehung aufzeigen. Insbesondere die Tatsache, dass die Kalziumkonzentrationen im Harn sowie die relative Übersättigung des Harns mit Kalziumoxalat unverändert und die Oxalatkonzentrationen im Harn reduziert waren, könnte zur Prävention von Kalziumoxalatsteinen beitragen.

Mit zunehmendem Rohproteingehalt im Futter konnte ein Anstieg des Harnvolumens, der Kalziumkonzentrationen im Harn, der renalen Kalzium- und Oxalatausscheidung sowie der relativen Übersättigung des Harns mit Kalziumoxalat festgestellt werden ($P \leq 0,05$). Der pH-Wert des Harns lag bei allen Gruppen zwischen 6,34 und 6,66, wobei kein unidirektionaler Einfluss des Rohproteingehalts im Futter beobachtet werden konnte ($P > 0,05$). Mit Ausnahme des gesteigerten Harnvolumens sind diese Effekte einer proteinreichen Fütterung für die Prophylaxe von Kalziumoxalatharnsteinen bei Katzen insgesamt als kritisch zu bewerten.

Bei Fütterung der Diät mit dem höheren Anteil an Grießenmehl konnte eine geringere renale Kalziumausscheidung bei den Katzen nachgewiesen werden ($P \leq 0,05$). Die Ursache dieses Effekts sollte in weiterführenden Studien näher untersucht werden.

Um belastbare Fütterungsempfehlungen zur Prävention von Kalziumoxalatharnsteinen aussprechen zu können, sollten die Ergebnisse dieser Arbeit in weiterführenden Untersuchungen an prädisponierten oder erkrankten Katzen überprüft werden.

7 SUMMARY

Effects of variations in sodium and crude protein concentrations as well as protein quality in a diet on urine composition of healthy cats

This study aimed at investigating the effects of variations in sodium and crude protein concentrations as well as protein quality in a diet on urine composition of cats. In particular, risk factors for the formation of calcium oxalate urine stones were evaluated.

For this, seven experimental diets were fed to 8 healthy adult cats. Diets varied in concentrations of sodium (0.38 %, 0.65 %, 1.14 % and 1.43 % in dry matter), crude protein (34.7 %, 43.8 % and 57.4 % in dry matter) and collagen-rich greaves meal (12 % and 35 % in the diet). Each diet was fed for a three-week adaptation period and a subsequent one-week collection period. For the collection periods, cats were housed individually in metabolic cages to collect their urine and faeces. Feed and water intake were recorded daily during the collection periods.

Concentrations of urinary anions and cations, relative supersaturation of the urine with calcium oxalate and struvite as well as faecal dry matter, crude nutrient and mineral concentrations were determined. The key findings of this study are briefly listed below.

Increasing levels of dietary sodium were associated with an enhanced urine volume and renal sodium excretion. The concentration of calcium in the urine of the cats was not affected, but the urinary excretion of calcium increased from 0.62 to 1.05 mg/kg body weight/day with increasing dietary sodium levels ($P \leq 0.05$). Urinary oxalate, citrate, phosphorus and potassium concentrations decreased at higher sodium intakes ($P \leq 0.05$). The pH of the urine ranged between 6.33 and 6.45 among the treatment groups ($P > 0.05$). The relative supersaturation of the urine with calcium oxalate was not affected by varying sodium levels in the experimental diets.

Consequently, in the context of the formation of calcium oxalate urine stones, this part of the study shows some positive effects of a high sodium intake in cats over a short time. The concentrations of calcium in the urine as well as the relative supersaturation of the urine with calcium oxalate remained unaffected and the concentrations of oxalate in the urine were reduced. This finding could especially contribute to prevent the formation of calcium oxalate urine stones.

With increasing concentrations of crude protein in the diet, an enhanced urine volume could be observed as well as an increase in urinary calcium concentrations, renal calcium and oxalate excretion and relative supersaturation of the urine with calcium oxalate ($P \leq 0.05$). The pH of the urine ranged from 6.34 to 6.66 among all groups, while no unidirectional influence of

the dietary protein level could be detected ($P > 0.05$). With the exception of the enhanced urine volume, these effects of a high protein diet might be critical with regard to the prevention of calcium oxalate urine stones in cats.

When feeding the diet with a higher percentage of collagen-rich greaves meal, less urinary excretion of calcium could be detected ($P \leq 0.05$). The reason for this effect remains unclear and should be investigated in future studies.

To be able to give reliable feeding recommendations for the prevention of calcium oxalate urine stones, the results of the present study should be verified through further investigations in cats that are either predisposed or diseased.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Baggio, B. (2004):

Protein diet and hypercalciuria.

Kidney International. 65(5), 1970-1970.

Bartges, J. W.; Kirk, C.; Lane, I. F. (2004):

Update: Management of calcium oxalate uroliths in dogs and cats.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 34(4), 969-987

Bartges, J. W.; Kirk, C. A. (2006):

Nutrition and lower urinary tract disease in cats.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 36(6), 1361-1376.

Barzad, C.; Staffrod, C.; Kirby, J. (2007):

Effects of dietary salt on body fluid volume and renal function in healthy cats. Abstract.

Proceedings of the ACVIM Forum, 3.-6.6.2007, Seattle WA.

Bihuniak, J. D.; Simpson, C. A.; Sullivan, R. R.; Caseria, D. M.; Kerstetter, J. E.; Insogna, K. L. (2013):

Dietary protein-induced increases in urinary calcium are accompanied by similar increases in urinary nitrogen and urinary urea: a controlled clinical trial.

Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 113(3), 447-451.

Biourge, V. C.; Devois, C.; Morice, G.; Sergheraert, R. (2001):

Increased dietary NaCl significantly increases urine volume but does not increase urinary calcium oxalate relative supersaturation in healthy cats.

Journal of Veterinary Internal Medicine. 15(3), 301.

Biourge, V. C. (2007):

Urinary saturation: A key factor of the treatment of diseases of the efferent urinary tract in cats.

Kleintierpraxis. 52(1), 38-41.

Blair-West, J. R.; Burns, P.; Denton, D. A.; Ferraro, T.; McBurnie, M. I.; Tarjan, E.; Weisinger, R. S. (1994):

Thirst induced by increasing brain sodium concentration is mediated by brain angiotensin. *Brain Research*. 637(1-2), 335-338.

Bonny, O.; Rubin, A.; Huang, C. L.; Frawley, W. H.; Pak, C. Y.; Moe, O. W. (2008):

Mechanism of urinary calcium regulation by urinary magnesium and pH. *Journal of the American Society of Nephrology*. 19(8), 1530-1537.

Breslau, N. A.; Brinkley, L.; Hill, K. D.; Pak, C. Y. C. (1988):

Relationship of animal protein-rich diet to kidney-stone formation and calcium-metabolism. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 66(1), 140-146.

Buckley, C. M.; Hawthorne, A.; Colyer, A.; Stevenson, A. E. (2011):

Effect of dietary water intake on urinary output, specific gravity and relative supersaturation for calcium oxalate and struvite in the cat. *British Journal of Nutrition*. 106 Suppl. 1, 128-130.

Buffington, C. A. T.; Rogers, Q. R.; Morris, J. G. (1990):

Effect of diet on struvite activity product in feline urine. *American Journal of Veterinary Research*. 51(12), 2025-2030.

Buffington, C. A. T.; Chew, D. J.; Kendall, M. S.; Scrivani, P. V.; Thompson, S. B.; Blaisdell, J. L.; Woodworth, B. E. (1997):

Clinical evaluation of cats with nonobstructive urinary tract diseases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 210(1), 46-50.

Buffington, C. A. T.; Chew, D. J. (1998):

Effects of diet on cats with non-obstructive lower urinary tract diseases: a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition - Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde*. 80(2-5), 120-127.

Buranakarl, C.; Mathur, S.; Brown, S. A. (2004):

Effects of dietary sodium chloride intake on renal function and blood pressure in cats with normal and reduced renal function. *American Journal of Veterinary Research*. 65(5), 620-627.

Burdette, D. C.; Thomas, W. C.; Finlayson, B. (1976):

Urinary supersaturation with calcium-oxalate before and during orthophosphate therapy.

Journal of Urology. 115(4), 418-422.

Burger, I. H.; Anderson, R. S.; Holme, D. W. (1980):

Nutritional factors affecting water balance in the dog and cat.

In: R. S. Anderson (editor). Nutrition of the dog and cat. Pergamon Press. Oxford, UK. 145-156.

Caldas, A. E.; Gray, R. W.; Lemann, J. (1978):

Simultaneous measurement of vitamin-D metabolites in plasma - Studies in healthy adults and in patients with calcium nephrolithiasis.

Journal of Laboratory and Clinical Medicine. 91(5), 840-849.

Calò L, Cantaro S, Marchini F, et al. (1990)

Is hydrochlorothiazide-induced hypocalciuria due to inhibition of prostaglandin E2 synthesis?

Clinical Science. 78, 321-325.

Cannon, A. B.; Westropp, J. L.; Ruby, A. L.; Kass, P. H. (2007):

Evaluation of trends in urolith composition in cats: 5,230 cases (1985-2004).

Journal of the American Veterinary Medical Association. 231(4), 570-576.

Castenmiller, J. J.; Mensink, R. P.; van der Heijden, L.; Kouwenhoven, T.; Hautvast, J. G.; de Leeuw, P. W.; Schaafsma, G. (1985):

The effect of dietary sodium on urinary calcium and potassium excretion in normotensive men with different calcium intakes.

American Journal of Clinical Nutrition. 41(1), 52-60.

Ceglia, L.; Harris, S. S.; Abrams, S. A.; Rasmussen, H. M.; Dallal, G. E.; Dawson-Hughes, B. (2009):

Potassium bicarbonate attenuates the urinary nitrogen excretion that accompanies an increase in dietary protein and may promote calcium absorption.

Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 94(2), 645-653.

Chiang, W. F.; Cheng, C. J.; Wu, S. T.; Sun, G. H.; Lin, M. Y.; Sung, C. C.; Lin, S. H. (2013):
Incidence and factors of post-adrenalectomy hyperkalemia in patients with aldosterone
producing adenoma.

Clinica Chimica Acta. 424, 114-118.

Ching, S. V.; Fettman, M. J.; Hamar, D. W.; Nagode, L. A.; Smith, K. R. (1989):

The effect of chronic dietary acidification using ammonium-chloride on acid-base and mineral
metabolism in the adult cat. *Journal of Nutrition*. 119(6), 902-915.

Curhan, G. C.; Willett, W. C.; Rimm, E. B.; Stampfer, M. J. (1993):

A prospective-study of dietary calcium and other nutrients and the risk of symptomatic kidney-
stones.

New England Journal of Medicine. 328(12), 833-838.

Curhan, G. C.; Willett, W. C.; Speizer, F. E.; Spiegelman, D.; Stampfer, M. J. (1997):

Comparison of dietary calcium with supplemental calcium and other nutrients as factors
affecting the risk for kidney stones in women.

Annals of Internal Medicine. 126(7), 497-504.

Dammers, C. (1980):

Untersuchungen über den Wasser-, Stickstoff- und Mineralstoffwechsel beim Einsatz von
Futtermitteln mit unterschiedlichem Wassergehalt.

Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Dekeyzer, A. (1997):

Untersuchungen zum Proteinbedarf adulter Katzen.

Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Dijcker, J. C.; Plantinga, E. A.; van Baal, J.; Hendriks, W. H. (2011):

Influence of nutrition on feline calcium oxalate urolithiasis with emphasis on endogenous
oxalate synthesis.

Nutrition Research Reviews. 24 , 96-110

Dijcker, J. C.; Hagen-Plantinga, E. A.; Hendriks, W. H. (2012):

Changes in dietary macronutrient profile do not appear to affect endogenous urinary oxalate
excretion in healthy adult cats.

The Veterinary Journal. 194(2), 235-239.

Dow, S. W.; Fettman, M. J.; Smith, K. R.; Hamar, D. W.; Nagode, L. A.; Refsal, K. R.; Wilke, W. L. (1990):

Effects of dietary acidification and potassium-depletion on acid-base-balance, mineral metabolism and renal-function in adult cats.

Journal of Nutrition. 120(6), 569-578.

Drach, G. W. (1986):

Urinary lithiasis.

In: P. C. Walsh, R. F. Gittes, A. D. Perlmutter and T. A. Stamey (editors). Campbell's urology. W. B. Saunders, Philadelphia, USA. 1094-1905.

Fetner, C. D.; Barilla, D. E.; Townsend, J.; Pak, C. Y. (1978):

Effects of magnesium oxide on the crystallization of calcium salts in urine in patients with recurrent nephrolithiasis.

Journal of Urology. 120(4), 399-401.

Figge, S. (1989):

Untersuchungen über Akzeptanz, Verträglichkeit und Verdaulichkeit von Eiweißfuttermitteln bei Katzen.

Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Finco, D. R.; Barsanti, J. A.; Crowell, W. A. (1985):

Characterization of magnesium-induced urinary disease in the cat and comparison with feline urologic syndrome.

American Journal of Veterinary Research. 46(2), 391-400.

Finke, M. D.; Litzenberger, B. A. (1992):

Effect of food-intake on urine pH in cats.

Journal of Small Animal Practice. 33(6), 261-265.

Folger, W. R. (1999):

Calcium oxalate urolithiasis in a cat.

Feline Practice. 27(4), 17-20.

Frassetto, L.; Kohlstadt, I. (2011):

Treatment and prevention of kidney stones: An update.

American Family Physician. 84(11), 1234-1242.

Frenk, M. (2006):

Epidemiologische und laborexperimentelle Untersuchungen zur Urolithiasis bei Katzen.

Ludwig Maximilian Universität München, Dissertation.

Funaba, M.; Hashimoto, M.; Yamanaka, C.; Shimogori, Y.; Iriki, T.; Ohshima, S.; Abe, M. (1996):

Effects of a high-protein diet on mineral metabolism and struvite activity product in clinically normal cats.

American Journal of Veterinary Research. 57(12), 1726-1732.

Funaba, M.; Yamate, T.; Hashida, Y.; Maki, K.; Gotoh, K.; Kaneko, M.; Yamamoto, H.; Iriki, T.; Hatano, Y.; Abe, M. (2003):

Effects of a high-protein diet versus dietary supplementation with ammonium chloride on struvite crystal formation in urine of clinically normal cats.

American Journal of Veterinary Research. 64(8), 1059-1064.

Funaba, M.; Oka, Y.; Kobayashi, S.; Kaneko, M.; Yamamoto, H.; Namikawa, K.; Iriki, T.; Hatano, Y.; Abe, M. (2005):

Evaluation of meat meal, chicken meal, and corn gluten meal as dietary sources of protein in dry cat food.

Canadian Journal of Veterinary Research-Revue Canadienne De Recherche Veterinaire. 69(4), 299-304.

Gerber, B.; Boretti, F. S.; Kley, S.; Luluha, P.; Muller, C.; Sieber, N.; Unterer, S.; Wenger, M.; Fluckiger, M.; Glaus, T.; Reusch, C. E. (2005):

Evaluation of clinical signs and causes of lower urinary tract disease in European cats.

Journal of Small Animal Practice. 46(12), 571-577.

Gericke, S.; Kurmies, B. (1952):

Colorimetrische Bestimmung der Phosphorsäure mit Vanadat-Molybdat (Vm-Methode).

Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie. 137(1), 15-22.

Goulding, A.; Campbell, D. (1983):

Dietary NaCl loads promote calciuria and bone loss in adult oophorectomized rats consuming a low calcium diet.

Journal of Nutrition. 113(7), 1409-1414.

Gralak, M. A.; Leontowicz, M.; Morawiec, M.; Bartnikowska, E.; Kulasek, G. W. (1996):
Comparison of the influence of dietary fibre sources with different proportions of soluble and insoluble fibre on Ca, Mg, Fe, Zn, Mn and Cu apparent absorption in rats.
Archiv für Tierernährung. 49(4), 293-299.

Grases, F.; Conte, A.; Genestar, C.; Costabauza, A. (1992):
Inhibitors of calcium-oxalate crystallization and urolithiasis.
Urologia Internationalis. 48(4), 409-414.

Grases, F.; Sanchis, P.; Isern, B.; Perello, J.; Costa-Bauza, A. (2007):
Uric acid as inducer of calcium oxalate crystal development.
Scandinavian Journal of Urology and Nephrology. 41(1), 26-31.

Hardie, E. M.; Kyles, A. E. (2004):
Management of ureteral obstruction.
Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 34(4), 989-1010.

Hashimoto, M.; Funaba, M.; Abe, M.; Ohshima, S. (1995):
Dietary-protein levels affect water-intake and urinary-excretion of magnesium and phosphorus in laboratory cats.
Experimental Animals. 44(1), 29-35.

Hashimoto, M.; Funaba, M.; Abe, M.; Ohshima, S. (1996):
Effect of chronic high protein intake on magnesium, calcium, and phosphorus balance in growing cats.
Experimental Animals. 45(1), 63-70.

Hautmann, R. (1983):
Urolithiasis.
World Journal of Urology. 1(3), 113.

Hawthorne, A. J.; Markwell, P. J. (2004):
Dietary sodium promotes increased water intake and urine volume in cats.
Journal of Nutrition. 134, 2128-2129.

Hegsted, M.; Schuette, S. A.; Zemel, M. B.; Linkswiler, H. M. (1981):
Urinary calcium and calcium balance in young men as affected by level of protein and phosphorus intake.

Journal of Nutrition. 111(3), 553-562.

Heilberg, I. P. (2000):

Update on dietary recommendations and medical treatment of renal stone disease.

Nephrology Dialysis Transplantation. 15(1), 117-123.

Hesse, A.; Siener, R. (1997):

Current aspects of epidemiology and nutrition in urinary stone disease.

World Journal of Urology. 15(3), 165-171.

Hesse, A.; Steffes, H. J.; Graf, C. (1998):

Pathogenetic factors of urinary stone formation in animals.

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 80(2-5), 108-119.

Hesse, A.; Neiger, R. (2008):

Harnsteine bei Kleintieren. 1. Auflage.

Enke Verlag, Stuttgart.

Hintz, H. F.; Schryver, H. F. (1988):

Mineral-nutrition of the cat.

Companion Animal Practice. 2(3), 40-44.

Hostutler, R. A.; Chew, D. J.; DiBartola, S. P. (2005):

Recent concepts in feline lower urinary tract disease.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 35(1), 147-170.

Houston, D. M.; Moore, A. E.; Favrin, M. G.; Hoff, B. (2003):

Feline urethral plugs and bladder uroliths: a review of 5484 submissions 1998-2003.

Canadian Veterinary Journal-Revue Veterinaire Canadienne. 44(12), 974-977.

Houston, D. M.; Moore, A. E. P. (2009):

Canine and feline urolithiasis: Examination of over 50 000 urolith submissions to the Canadian Veterinary Urolith Centre from 1998 to 2008.

Canadian Veterinary Journal-Revue Veterinaire Canadienne. 50(12), 1263-1268.

Hunt, J. R.; Johnson, L. K.; Roughead, Z. K. F. (2009):
Dietary protein and calcium interact to influence calcium retention: a controlled feeding study.
American Journal of Clinical Nutrition. 89(5), 1357-1365.

Jackson, O. F.; Tovey, J. D. (1977):
Water balance studies in domestic cats.
Feline Practice. 7, 30-33.

Johansson, G.; Backman, U.; Danielson, B. G.; Fellstrom, B.; Ljunghall, S.; Wikstrom, B.
(1980):
Biochemical and clinical effects of the prophylactic treatment of renal calcium stones with
magnesium hydroxide.
Journal of Urology. 124(6), 770-774.

Kerr, K. R. (2013):
Companion Animals Symposium: dietary management of feline lower urinary tract symptoms.
Journal of Animal Science. 91(6), 2965-2975.

Kerstetter, J. E.; O'Brien, K. O.; Caseria, D. M.; Wall, D. E.; Insogna, K. L. (2005):
The impact of dietary protein on calcium absorption and kinetic measures of bone turnover in
women.
Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 90(1), 26-31.

Kienzle, E.; Schuknecht, A. (1993):
Investigations on struvite dietary-treatment .1. Influence of food rations on urine pH in the cat.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift. 100(5), 198-203.

Kienzle, E.; Wilms-Eilers, S. (1993):
Investigations on dietary-treatment of struvite urolithiasis .2. Influence of ammonium-chloride
and carbonates on acid-base-balance and mineral-balance of cats.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift. 100(10), 399-405.

Kienzle, E.; Wilms-Eilers, S. (1994):
Struvite diet in cats: effect of ammonium chloride and carbonates on acid base balance of cats.
Journal of Nutrition. 124(12), 2652-2659.

Kim, Y.; Linkswiler, H. M. (1979):

Effect of level of protein-intake on calcium-metabolism and on parathyroid and renal-function in the adult human male.

Journal of Nutrition. 109(8), 1399-1404.

Kirk, C. A.; Ling, G. V.; Franti, C. E.; Scarlett, J. M. (1995):

Evaluation of factors associated with development of calcium oxalate urolithiasis in cats.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 207(11), 1429-1434.

Kirk, C. A.; Ling, G. V.; Osborne, C. A. (2003):

Clinical guidelines for managing calcium oxalate uroliths in cats: medical therapy, hydration, dan dietary therapy.

In: Hill's Pet Nutrition (editor). Managing urolithiasis in cats: recent updates and practice guidelines. Topeka , Kansas, USA.

Kirk, C. A.; Jewell, D. E.; Lowry, S. R. (2006):

Effects of sodium chloride on selected parameters in cats.

Veterinary Therapeutics: Research in applied veterinary medicine. 7(4), 333-346.

Kleeman, C. R.; Bohannon, J.; Bernstein, D.; Ling, S.; Maxwell, M. H. (1964):

Effect of variations in sodium intake on calcium excretion in normal humans.

Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Vol. 115, 29-32.

Knight, J.; Easter, L.; Neiberg, R.; Assimos, D. G.; Holmes, R. P. (2009):

Increased protein intake on controlled oxalate diets does not increase urinary oxalate excretion.

Urological Research. 37(2), 63-68.

Kohri, K.; Garside, J.; Blacklock, N. J. (1988):

The role of magnesium in calcium oxalate urolithiasis.

British Journal of Urology. 61(2), 107-115.

Kok, D. J.; Iestra, J. A.; Doorenbos, C. J.; Papapoulos, S. E. (1990):

The effects of dietary excesses in animal protein and in sodium on the composition and the crystallization kinetics of calcium oxalate monohydrate in urines of healthy men.

The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 71(4), 861-867.

Krikken, J. A.; Laverman, G. D.; Navis, G. (2009):

Benefits of dietary sodium restriction in the management of chronic kidney disease. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*. 18(6), 531-538.

Lee, C. T.; Lien, Y. H. H.; Lai, L. W.; Ng, H. Y.; Chiou, T. T. Y.; Chen, H. C. (2012):

Variations of dietary salt and fluid modulate calcium and magnesium transport in the renal distal tubule.

Nephron Physiology. 122(3-4), 19-27.

Leidinger, J. (1999):

Harnsteindiagnostik bei Hund und Katze.

Wiener Tierärztliche Monatsschrift. 86, 18-23.

Lekcharoensuk, C.; Lulich, J. P.; Osborne, C. A.; Koehler, L. A.; Ulrich, L. K.; Carpenter, K. A.; Swanson, L. L. (2000):

Association between patient-related factors and risk of calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 217(4), 520-525.

Lekcharoensuk, C.; Osborne, C. A.; Lulich, J. P. (2001a):

Epidemiologic study of risk factors for lower urinary tract diseases in cats.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 218(9), 1429-1435.

Lekcharoensuk, C.; Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Pusoonthornthum, R.; Kirk, C. A.; Ulrich, L. K.; Koehler, L. A.; Carpenter, K. A.; Swanson, L. L. (2001b):

Association between dietary factors and calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 219(9), 1228-1237.

Lekcharoensuk, C.; Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Albasan, H.; Ulrich, L. K.; Koehler, L. A.; Carpenter, K. A.; Swanson, L. L.; Pederson, L. A. (2005):

Trends in the frequency of calcium oxalate uroliths in the upper urinary tract of cats.

Journal of the American Animal Hospital Association. 41(1), 39-46.

- Lemann, J.; Pleuss, J. A.; Gray, R. W.; Hoffmann, R. G. (1991):
Potassium administration increases and potassium deprivation reduces urinary calcium excretion in healthy-adults.
Kidney International. 39(5), 973-983.
- Lemann, J.; Pleuss, J. A.; Gray, R. W. (1993):
Potassium causes calcium retention in healthy-adults.
Journal of Nutrition. 123(9), 1623-1626.
- Lewis, L. D.; Chow, F. H. C.; Taton, G. F.; Hamar, D. W. (1978):
Effect of various dietary mineral concentrations on occurrence of feline urolithiasis.
Journal of the American Veterinary Medical Association. 172(5), 559-563.
- Luckschander, N.; Iben, C.; Hosgood, G.; Gabler, C.; Biourge, V. (2004):
Dietary NaCl does not affect blood pressure in healthy cats.
Journal of Veterinary Internal Medicine. 18(4), 463-467.
- Lulich, J. P.; Osborne, C. A.; Carlson, M.; Unger, L. K.; Samelson, L. L.; Koehler, L. A.; Bird, K. A. (1993):
Nonsurgical removal of urocystoliths in dogs and cats by voiding urohydropropulsion.
Journal of the American Veterinary Medical Association. 203(5), 660-663.
- Lulich, J. P.; Osborne, C. A.; Thumchai, R.; Lekcharoensuk, C.; Ulrich, L. K.; Koehler, L. A.; Bird, K. A.; Swanson, L. L.; Nakagawa, Y. (1999):
Epidemiology of canine calcium oxalate uroliths - Identifying risk factors.
Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 29(1), 113-122.
- Lulich, J. P.; Osborne, C. A.; Lekcharoensuk, C.; Kirk, C. A.; Bartges, J. W. (2004):
Effects of diet on urine composition of cats with calcium oxalate urolithiasis.
Journal of the American Animal Hospital Association. 40(3), 185-191.
- Lulich, J. P.; Osborne, C. A.; Sanderson, S. L. (2005):
Effects of dietary supplementation with sodium chloride on urinary relative supersaturation with calcium oxalate in healthy dogs.
American Journal of Veterinary Research. 66(2), 319-324.

Lulich, J. P.; Osborne, C. A. (2008):

Feline urolithiasis: Understanding the shift in urolith type.

Compendium-Continuing Education for Veterinarians. 30(3A), 44-46.

Maalouf, N. M.; Moe, O. W.; Adams-Huet, B.; Sakhaee, K. (2011):

Hypercalciuria associated with high dietary protein intake is not due to acid load.

Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 96(12), 3733-3740.

Marfo, K.; Glicklich, D. (2012):

Fludrocortisone therapy in renal transplant recipients with persistent hyperkalemia.

Case Reports in Transplantation. 2012, Article ID 586859.

Markwell, P. J.; Buffington, C. T.; Smith, B. H. E. (1998):

The effect of diet on lower urinary tract diseases in cats.

Journal of Nutrition. 128(12), 2753-2757.

Marquez, G. A.; Klausner, J. S.; Osborne, C. A. (1995):

Calcium-oxalate urolithiasis in a cat with a functional parathyroid adenocarcinoma.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 206(6), 817-819.

Metz, J. A.; Anderson, J. J.; Gallagher, P. N., Jr. (1993):

Intakes of calcium, phosphorus, and protein, and physical-activity level are related to radial bone mass in young adult women.

American Journal of Clinical Nutrition. 58(4), 537-542.

Meyer, W. J., 3rd; Transbol, I.; Bartter, F. C.; Delea, C. (1976):

Control of calcium absorption: effect of sodium chloride loading and depletion.

Metabolism. 25(9), 989-993.

Midkiff, A. M.; Chew, D. J.; Randolph, J. F.; Center, S. A.; DiBartola, S. P. (2000):

Idiopathic hypercalcemia in cats.

Journal of Veterinary Internal Medicine. 14(6), 619-626.

Morgan, D. L. (2000):

Diätetische Behandlung der Kalziumoxalatsteine bei Katzen.

Schweizerische Vereinigung für Kleintiermedizin. 31. Jahresversammlung. Luzern, 31-40.

National Research Council / Committee on Animal Nutrition (2006):

Nutrient requirements of cats and dogs. 1st edition. -

National Academic Press, Washington D.C., USA

Naumann, C.; Bassler, R. (1976-2004)

Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln.

VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Negri, A. L.; Spivacow, F. R.; Del Valle, E. E. (2013):

Diet in the treatment of renal lithiasis. Pathophysiological basis.

Medicina-Buenos Aires. 73(3), 267-271.

Nguyen, Q. V.; Kalin, A.; Drouve, U.; Casez, J. P.; Jaeger, P. (2001):

Sensitivity to meat protein intake and hyperoxaluria in idiopathic calcium stone formers.

Kidney International. 59(6), 2273-2281.

Osborne, C. A.; Poffenbarger, E. M.; Klausner, J. S.; Johnston, S. D.; Griffith, D. P. (1986):

Etiopathogenesis, clinical manifestations, and management of canine calcium-oxalate urolithiasis.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 16(1), 133-170.

Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Bartges, J. W.; Felice, L. J. (1990a):

Medical dissolution and prevention of canine and feline uroliths - Diagnostic and therapeutic caveats.

Veterinary Record. 127(15), 369-373.

Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Kruger, J. M.; Polzin, D. J.; Johnston, G. R.; Kroll, R. A. (1990b):

Medical dissolution of feline struvite urocystoliths.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 196(7), 1053-1063.

Osborne, C. A.; Kruger, J. P.; Lulich, J. P.; Bartges, J. W.; Polzin, D. J.; Molitor, T.; Beauclair, K. D.; Onffroy, J. (1992):

Feline matrix-crystalline urethral plugs - a unifying hypothesis of causes.

Journal of Small Animal Practice. 33(4), 172-177.

Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Thumchai, R.; Bartges, J. W.; Unger, L. K.; Koehler, L. A.; Bird, K. A. (1994):

Feline calcium-oxalate urolithiasis - cause and control.

Scientific Presentations of the 61st Annual Meeting - American Animal Hospital Association, 288-291

Osborne, C.; Finco, F. (1995a):

Canine and Feline Nephrology and Urology.

Lippincott Williams + Wilkens, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Osborne CA, Lulich JP, Thumchai R, et al. (1995b):

Etiopathogenesis and Therapy of Feline Calcium Oxalate Urolithiasis.

Proceedings of 13th ACVIM Forum. Blacksburg, VA: ACVIM. 487-489.

Osborne, C. A.; Kruger, J. M.; Lulich, J. P. (1996a):

Feline lower urinary tract disorders. Definition of terms and concepts.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 26(2), 169-179.

Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Thumchai, R.; Bartges, J. W.; Sanderson, S. L.; Ulrich, L. K.; Koehler, L. A.; Bird, K. A.; Swanson, L. L. (1996b):

Diagnosis, medical treatment, and prognosis of feline urolithiasis.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice . 26(3), 589-627.

Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Thumchai, R.; Ulrich, L. K.; Koehler, L. A.; Bird, K. A.; Bartges, J. W. (1996c):

Feline urolithiasis - Etiology and pathophysiology.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 26(2), 217-&.

Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Ulrich, L. K.; Bird, K. A. (1996d):

Feline crystalluria. Detection and interpretation.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 26(2), 369-391.

Osborne, C. A.; Lulich, J. P.; Forrester, D.; Albasan, H. (2009):

Paradigm changes in the role of nutrition for the management of canine and feline urolithiasis.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 39(1), 127-141.

Pak, C. Y. C. (1992):

Pathophysiology of calcium nephrolithiasis.

In: D. W. Seldin and G. Giebisch (editors). *The kidney: physiology and pathophysiology*.

Raven Press, New York, USA. 2. 2461-2480.

Paßlack, N.; Zentek, J. (2013):

Urinary calcium and oxalate excretion in healthy adult cats are not affected by increasing dietary levels of bone meal in a canned diet.

PLoS One. 8(8), e70530.

Paßlack, N.; Brenten, T.; Neumann, K.; Zentek, J. (2014a):

Effects of potassium chloride and potassium bicarbonate in the diet on urinary pH and mineral excretion of adult cats.

British Journal of Nutrition. 111(5), 785-797.

Pastoor, F. J.; Opitz, R.; Van 't Klooster, A. T.; Beynen, A. C. (1994a):

Substitution of dietary calcium chloride for calcium carbonate reduces urinary pH and urinary phosphorus excretion in adult cats.

The Veterinary Quarterly. 16(3), 157-160.

Pastoor, F. J.; Van 't Klooster, A. T.; Mathot, J. N.; Beynen, A. C. (1994b):

Increasing calcium intakes lower urinary concentrations of phosphorus and magnesium in adult ovariectomized cats.

Journal of Nutrition. 124(2), 299-304.

Pastoor, F. J.; Van 't Klooster, A. T.; Mathot, J. N.; Beynen, A. C. (1995a):

Increasing phosphorus intake reduces urinary concentrations of magnesium and calcium in adult ovariectomized cats fed purified diets.

Journal of Nutrition. 125(5), 1334-1341.

Pastoor, F. J.; Van 't Klooster, A. T.; Opitz, R.; Beynen, A. C. (1995b):

Effect of dietary magnesium level on urinary and faecal excretion of calcium, magnesium and phosphorus in adult, ovariectomized cats.

British Journal of Nutrition. 74(1), 77-84.

Picavet, P.; Detilleux, J.; Verschuren, S.; Sparkes, A.; Lulich, J.; Osborne, C.; Istasse, L.; Diez, M. (2007):

Analysis of 4495 canine and feline uroliths in the Benelux. A retrospective study: 1994-2004. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 91(5-6), 247-251.

Piccoli A; Calò L; Modena F, et al. (1991):

Prostaglandins and renal response to protein loading in normal and glomerulonephritic kidneys: effect of indomethacin and dipyridamole.

Current Therapeutic Research, Clinical and Experimental. 49, 596–609.

Rattan, V.; Sidhu, H.; Vaidyanathan, S.; Thind, S. K.; Nath, R. (1994):

Effect of combined supplementation of magnesium oxide and pyridoxine in calcium-oxalate stone formers.

Urological Research. 22(3), 161-165.

Reutersward, A. L.; Asp, N. G.; Bjorck, I. (1985):

Protein digestibility of pigskin and bovine tendon in rats.

Journal of Food Technology. 20(6), 745-752.

Reynolds, B. S.; Chetboul, V.; Nguyen, P.; Testault, I.; Concordet, D. V.; Carlos Sampedrano, C.; Elliott, J.; Trehieu-Sechi, E.; Abadie, J.; Biourge, V.; Lefebvre, H. P. (2013):

Effects of dietary salt intake on renal function: a 2-year study in healthy aged cats.

Journal of Veterinary Internal Medicine. 27(3), 507-515.

Robertson, W. G. (1969):

Measurement of ionized calcium in biological fluids.

Clinica Chimica Acta. 24(1), 149-157.

Robertson, W. G.; Heyburn, P. J.; Peacock, M.; Hanes, F. A.; Swaminathan, R. (1979):

Effect of high animal protein-intake on the risk of calcium stone-formation in the urinary-tract.

Clinical Science. 57(3), 285-288.

Robertson, W. G.; Jones, J. S.; Heaton, M. A.; Stevenson, A. E.; Markwell, P. J. (2002):

Predicting the crystallization potential of urine from cats and dogs with respect to calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate (struvite).

Journal of Nutrition. 132(6), 1637-1641.

Rotily, M.; Leonetti, F.; Iovanna, C.; Berthezene, P.; Dupuy, P.; Vazi, A.; Berland, Y. (2000):
Effects of low animal protein or high-fiber diets on urine composition in calcium nephrolithiasis.
Kidney international. 57(3), 1115-1123.

Sabry, Z. I.; Shadarev, S. B.; Cowan, J. W.; Campbell, J. A. (1965):
Relationship of dietary intake of sulphur amino-acids to urinary excretion of inorganic sulphate
in man.
Nature. 206(4987), 931

Sakhaee, K.; Harvey, J. A.; Padalino, P. K.; Whitson, P.; Pak, C. Y. (1993):
The potential role of salt abuse on the risk for kidney stone formation.
Journal of Urology. 150(2 Pt 1), 310-312.

Sauer, L. S.; Hamar, D.; Lewis, L. D. (1985):
Effect of diet composition on water intake and excretion by the cat.
Feline Practice. 15(4), 16-21.

Savary, K. C. M.; Price, G. S.; Vaden, S. L. (2000):
Hypercalcemia in cats: A retrospective study of 71 cases (1991-1997).
Journal of Veterinary Internal Medicine. 14(2), 184-189.

Schuknecht, A. (1991):
Untersuchungen zum Einfluss der Fütterung auf den Harn-pH-Wert und die renale
Mineralstoffausscheidung bei der Katze.
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Schultz, A. (2003):
Untersuchung zum Einfluss der Proteinqualität und -quantität im Futter auf die
Harnzusammensetzung bei der Katze.
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Skoch, E. R.; Chandler, E. A.; Douglas, G. M.; Richardson, D. P. (1991):
Influence of diet on urine pH and the feline urological syndrome.
Journal of Small Animal Practice. 32(8), 413-419.

Smith, L. H. (1983):

Medical treatment of idiopathic calcium urolithiasis.

Kidney. 16, 9-15.

Spears, J. K.; Grieshop, C. M.; Fahey, G. C. (2003):

Evaluation of sodium bisulphate and phosphoric acid as urine acidifiers for cats.

Archives of Animal Nutrition-Archiv für Tierernährung. 57(5), 389-398.

Spencer, H.; Kramer, L.; Osis, D.; Norris, C. (1978):

Effect of phosphorus on absorption of calcium and on calcium balance in man.

Journal of Nutrition. 108(3), 447-457.

Stevenson, A. E.; Hynds, W. K.; Markwell, P. J. (2003):

The relative effects of supplemental dietary calcium and oxalate on urine composition and calcium oxalate relative supersaturation in healthy adult dogs.

Research in Veterinary Science. 75(1), 33-41.

Stevenson, A. E.; Blackburn, J. M.; Markwell, P. J.; Robertson, W. G. (2004):

Nutrient intake and urine composition in calcium oxalate stone-forming dogs: comparison with healthy dogs and impact of dietary modification.

Veterinary Therapeutics: Research in applied veterinary medicine. 5(3), 218-231.

Sutton, R. A.; Wong, N. L.; Dirks, J. H. (1979):

Effects of metabolic acidosis and alkalosis on sodium and calcium transport in the dog kidney.

Kidney International. 15(5), 520-533.

Tarttelin, M. F. (1987):

Feline struvite urolithiasis: factors affecting urine pH may be more important than magnesium levels in food.

Veterinary Recod. 121(10), 227-230.

Thrasher, T. N.; Brown, C. J.; Keil, L. C.; Ramsay, D. J. (1980):

Thirst and vasopressin release in the dog: an osmoreceptor or sodium receptor mechanism?

American Journal of Physiology. 238(5), 333-339.

Thumchai, R.; Lulich, J.; Osborne, C. A.; King, V. L.; Lund, E. M.; Marsh, W. E.; Ulrich, L. K.; Koehler, L. A.; Bird, K. A. (1996):

Epizootiologic evaluation of urolithiasis in cats: 3,498 cases (1982-1992).

Journal of the American Veterinary Medical Association. 208(4), 547-551.

Tournier, C.; Aladenise, S.; Vialle, S.; Venet, C.; Ecochard, C.; Sergheraert, R.; Biourge, V. (2006):

The effect of dietary sodium on urine composition and calcium oxalate relative supersaturation in healthy cats.

In: Proceedings of the 10th International Congress of ESVCN, 189.

Vedrenne, N. (2003):

Feline urolithiasis: current epidemiology.

Point Veterinaire. 34(232), 44-48.

Wagner, E.; Luckschander, N.; Iben, C.; Gabler, C.; Hitter, E.; Biourge, V. C. (2002):

Influence of dietary NaCl in the diet on urine parameters (pH, specific gravity, osmolality) and on blood pressure in adult healthy cats.

Proceedings of the Society of Nutrition Physiology. 11, 49.

Walker, A. R. (1987):

Dietary fibre and mineral metabolism.

Molecular Aspects of Medicine. 9(1), 69-87.

Walser, M. (1961):

Calcium clearance as a function of sodium clearance in the dog.

American Journal of Physiology. 200, 1099-1104.

Watkins, D. W.; Jahangeer, S.; Floor, M. K.; Alabaster, O. (1992):

Magnesium and calcium absorption in Fischer-344 rats influenced by changes in dietary fibre (wheat bran), fat and calcium.

Magnesium Research. 5(1), 15-21.

Wenkel, R.; Berg, W.; Prange, H. (1998):

Uroliths in small and other animals - a retrospective study of the years 1980-1989.

Deutsche Tierärztliche Wochenschrift. 105(5), 182-186.

Wilms-Eilers, S. (1992):

Einfluss von Ammoniumchloridzulagen auf den Säuren-Basen- und Mineralstoffhaushalt der Katze.

Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Wirth, W.; Meyer-Lindenberg, A. (1995):

Urolithiasis bei Hund und Katze. 1. Auflage.

G. Fischer, Jena, Stuttgart.

Xu, H.; Laflamme, D. P.; Bartges, J. W.; Long, G. L. (2006):

Effect of dietary sodium on urine characteristics in healthy adult cats.

Journal of Veterinary Internal Medicine. 20(3), 738-739.

Xu, H.; Laflamme, D. P.; Long, G. L. (2009):

Effects of dietary sodium chloride on health parameters in mature cats.

Journal of Feline Medicine and Surgery. 11(6), 435-441.

Youn, J. H.; McDonough, A. A. (2009):

Recent advances in understanding integrative control of potassium homeostasis.

Annual Review of Physiology. 71, 381-401.

Yu, S.; Gross, K. (2005):

Moderate dietary vitamin C supplement does not affect urinary oxalate concentrations in cats.

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 89, 428-429.

Zentek, J. (1987):

Untersuchungen zum Mineralstoffhaushalt der Katze unter besonderer Berücksichtigung des Magnesiums.

Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Zentek, J.; Schulz, A. (2004):

Urinary composition of cats is affected by the source of dietary protein.

Journal of Nutrition. 134(8), 2162-2165.

9 ANHANG

Tabelle 9.1: Herstellerverzeichnis der bei den Versuchen und Analysen verwendeten Chemikalien

Chemikalie	Summenformel	Hersteller
Ammoniak w = 25 %	NH ₃	Merck, Darmstadt
Ammoniummetavanadat	NH ₄ VO ₃	Merck, Darmstadt
Ammoniummolybdat	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ *4H ₂ O	Merck, Darmstadt
Ammoniumsulfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Azeton (Propanon)	C ₃ H ₆ O	Carl Roth GmbH, Karlsruhe
Calcium 1000 µg/ml	Ca	Merck, Darmstadt
Calciumnitrat	Ca(NO ₃) ₂	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Chlorhexidingluconat w = 20 %	C ₂₂ H ₃₀ Cl ₂ N ₁₀	Fagron, Barsbüttel
Harnsäure	C ₅ H ₄ N ₄ O ₃	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Kaliumchlorid	KCl	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Kreatinin	C ₄ H ₇ N ₃ O	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Lithiumcarbonat	Li ₂ CO ₃	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Magnesium 1000 µg/ml	Mg	Merck, Darmstadt
Magnesiumnitrat	Mg(NO ₃) ₂ * 6 H ₂ O	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Methanol	CH ₄ O	Carl Roth GmbH, Karlsruhe
Methansulfonsäure	CH ₄ SO ₃	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Monokaliumphosphat (trocken)	KH ₂ PO ₄	Merck, Darmstadt
Natriumchlorid	NaCl	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Natriumcitrat	C ₆ H ₅ Na ₃ O ₇	Riedel-de Haën, Seelze
Natriumhydroxid 0,313 N	NaOH	im Cubitainer, Hedwin Corp., Baltimore, MD, USA
Natriumhydroxid w = 46/48 %	NaOH	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Natriumoxalat	Na ₂ C ₂ O ₄	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Natriumphosphat	Na ₃ PO ₄	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Natriumpyrophosphat	Na ₄ P ₂ O ₇	Riedel-de Haën, Seelze
Natriumsulfat	Na ₂ SO ₄	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Orthoborsäure	H ₃ BO ₃	Fluka, Sigma/Aldrich Chemie, Steinheim
Petrolether		Riedel-de Haën, Seelze

Chemikalie	Summenformel	Hersteller
Salpetersäure w = 65 %	HNO ₃	Merck, Darmstadt
Salzsäure w = 37 %	HCl	Mallinckrodt Baker B.V., Deventer, Niederlande
Schwefelsäure 0,255 N	H ₂ SO ₄	im Cubitainer, Hedwin Corp., Baltimore, MD, USA

Tabelle 9.2: Körpermasse, Futtermenge, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,36 %	Na 0,60 %	Na 1,07 %	Na 1,33 %
Körpermasse (kg)	4,03 ^{ab} (2,72 / 5,65)	3,89 ^a (2,41 / 5,61)	3,94 ^{ab} (2,46 / 5,69)	4,05 ^b (2,87 / 5,65)
Futtermenge (g TS/kg KM/Tag)	13,0 ^{ab} (10,9 / 17,9)	12,0 ^a (9,61 / 17,2)	14,3 ^b (11,6 / 18,0)	13,9 ^a (9,94 / 16,7)
TS-Gehalt des Kots (%)	44,9 ^b (41,9 / 57,0)	42,5 ^{ab} (39,9 / 45,6)	40,2 ^a (34,7 / 42,9)	41,1 ^{ab} (37,6 / 42,3)
Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	6,52 ^b (4,51 / 9,73)	4,24 ^a (3,09 / 6,19)	5,32 ^a (4,33 / 6,59)	4,54 ^{ab} (3,58 / 5,77)
Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)	3,25 ^b (1,90 / 5,31)	1,81 ^a (1,31 / 2,50)	2,03 ^a (1,54 / 2,37)	1,93 ^a (1,37 / 2,26)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.3: Körpermasse, Futtermittelaufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Körpermasse (kg)	3,86 ^b (2,65 / 5,59)	3,89 ^a (2,41 / 5,61)	4,01 ^b (2,75 / 5,65)
Futtermittelaufnahme (g TS/kg KM/Tag)	12,0 ^a (10,6 / 16,6)	12,0 ^{ab} (9,61 / 17,2)	14,5 ^b (12,5 / 18,2)
TS-Gehalt des Kots (%)	43,2 ^{ab} (41,7 / 45,7)	42,5 ^b (39,9 / 45,6)	39,4 ^a (36,6 / 41,4)
Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	4,48 ^a (3,25 / 7,13)	4,24 ^a (3,09 / 6,19)	6,20 ^b (5,00 / 9,52)
Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)	1,83 ^b (1,44 / 3,56)	1,81 ^a (1,31 / 2,50)	2,67 ^b (2,00 / 3,35)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.4: Körpermasse, Futtermittelaufnahme, Trockensubstanzgehalt des Kots sowie Kotmenge von Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Grießenmehl 12 %	Grießenmehl 35 %
Körpermasse (kg)	4,01 (2,75 / 5,65)	4,16 (2,78 / 5,63)
Futtermittelaufnahme (g TS/kg KM/Tag)	14,5 (12,5 / 18,2)	13,7 (12,1 / 15,7)
TS-Gehalt des Kots (%)	39,4 (36,6 / 41,4)	50,0 (40,7 / 54,9)
Kotmenge (g uS/kg KM/Tag)	6,20 (5,00 / 9,52)	5,33 (4,36 / 6,86)
Kotmenge (g TS/kg KM/Tag)	2,67 (2,00 / 3,35)	2,42 (1,99 / 3,11)

KM: Körpermasse; TS: Trockensubstanz; uS: ursprüngliche Substanz

Tabelle 9.5: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Kalzium (mg/l)	60,6 (38,7 / 75,3)	61,2 (44,1 / 75,8)	56,4 (42,2 / 78,2)	67,4 (41,3 / 78,5)
Phosphor (mg/l)	2971 ^b (2603 / 3200)	2769 ^{ab} (1510 / 3475)	2412 ^a (1867 / 2600)	2272 ^a (1822 / 2449)
Magnesium (mg/l)	33,1 (20,5 / 48,9)	48,6 (31,7 / 59,2)	31,1 (21,1 / 47,5)	34,9 (23,1 / 56,9)
Kalium (mg/l)	2387 ^c (2050 / 2703)	1879 ^b (1600 / 2441)	1785 ^b (1451 / 2481)	1554 ^a (1223 / 2004)
Natrium (mg/l)	1577 ^a (1022 / 2369)	1875 ^a (1615 / 2420)	3239 ^b (2716 / 4046)	3767 ^c (3104 / 4319)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.6: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und %¹) von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt² erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)

		Versuchsfuttermittel			
		Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Kalzium	mg/kg KM/Tag	0,55 ^a (0,36 / 0,89)	0,64 ^a (0,50 / 0,90)	0,75 ^a (0,65 / 0,93)	1,13 ^b (0,70 / 1,48)
	%	0,40 ^a (0,25 - 0,48)	0,37 ^{ab} (0,29 - 0,61)	0,50 ^{bc} (0,42 - 0,59)	0,74 ^c (0,54 - 0,97)
Phosphor	mg/kg KM/Tag	29,5 ^a (26,1 / 37,1)	33,3 ^{ab} (14,5 / 43,3)	34,3 ^{ab} (28,9 / 38,1)	32,0 ^b (29,5 / 44,5)
	%	22,6 ^a (15,4 - 26,0)	25,2 ^{ab} (15,2 - 27,8)	22,8 ^{ab} (19,1 - 25,7)	26,7 ^b (17,9 - 31,4)
Magnesium	mg/kg KM/Tag	0,35 ^a (0,23 / 0,46)	0,46 ^{ab} (0,38 / 0,58)	0,45 ^a (0,33 / 0,61)	0,61 ^b (0,46 / 1,03)
	%	2,21 ^a (1,46 - 2,98)	3,41 ^{bc} (2,21 - 5,85)	2,97 ^b (2,39 - 3,53)	3,70 ^c (2,62 - 6,29)
Kalium	mg/kg KM/Tag	23,6 (18,7 / 35,0)	19,8 (16,4 / 26,1)	25,6 (22,0 / 28,8)	25,0 (23,9 / 35,6)
	%	38,8 ^b (35,2 - 45,1)	28,4 ^{ab} (25,9 - 40,9)	27,2 ^a (25,0 - 30,7)	26,1 ^a (19,7 - 31,0)
Natrium	mg/kg KM/Tag	15,1 ^a (10,8 / 28,8)	19,6 ^a (17,4 / 24,7)	44,8 ^b (42,6 / 51,8)	62,9 ^c (52,8 / 77,9)
	%	31,0 (23,7 - 38,1)	24,7 (20,4 - 30,7)	28,5 (25,6 - 32,2)	34,5 (24,8 - 37,6)

¹ Renale Mineralstoffausscheidung (mg/Tag)/Mineralstoffaufnahme (mg/Tag); ² Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.7: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Sulfat (mg/l)	3455 (2458 / 3898)	3366 (2036 / 5217)	2903 (2266 / 4003)	2782 (2048 / 3681)
Stickstoff (g/l)	47,3 ^c (42,0 / 54,1)	49,6 ^c (38,7 / 51,6)	40,7 ^b (32,8 / 45,3)	33,7 ^a (27,8 / 38,7)
Ammonium (mg/l)	1223 ^c (1077 / 1529)	1345 ^c (1030 / 1624)	1106 ^b (915 / 1280)	1073 ^a (723 / 1196)
Kreatinin (mg/l)	2835 ^b (2024 / 3565)	2247 ^{ab} (1355 / 2696)	1921 ^a (1517 / 2346)	1723 ^a (1518 / 1863)
Harnstoff (mg/l)	110 ^c (105 / 131)	50,3 ^a (45,0 / 56,4)	58,9 ^b (52,2 / 60,4)	62,9 ^b (51,6 / 82,4)
Zitrat (mg/l)	126 ^c (54,4 / 178)	67,7 ^a (19,3 / 103)	47,4 ^b (15,5 / 103)	72,6 ^b (28,0 / 100)
Oxalat (mg/l)	139 ^b (110 / 170)	130 ^b (106 / 172)	102 ^a (79,7 / 126)	98,9 ^a (86,5 / 115)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.8: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Sulfat (mg/kg KM/Tag)	34,2 ^a (29,0 / 44,7)	31,2 ^{ab} (22,0 / 71,0)	40,1 ^{ab} (32,8 / 58,5)	42,5 ^b (33,2 / 65,2)
Stickstoff (g/kg KM/Tag)	0,49 (0,42 / 0,69)	0,48 (0,40 / 0,63)	0,54 (0,50 / 0,59)	0,55 (0,50 / 0,69)
Ammonium (mg/kg KM/Tag)	12,7 (10,0 / 18,0)	15,6 (12,0 / 18,7)	15,0 (13,3 / 17,2)	17,2 (14,1 / 22,1)
Kreatinin (mg/kg KM/Tag)	29,1 (19,1 / 34,7)	22,7 (18,8 / 34,9)	27,1 (22,6 / 33,1)	32,1 (23,3 / 35,6)
Harnstoff (mg/kg KM/Tag)	1,19 ^c (1,04 / 1,56)	0,45 ^a (0,37 / 0,74)	0,87 ^b (0,63 / 1,04)	1,14 ^{bc} (0,88 / 1,46)
Zitrat (mg/kg KM/Tag)	0,96 (0,64 / 1,75)	0,84 (0,15 / 0,90)	0,74 (0,23 / 1,50)	1,08 (0,48 / 1,43)
Oxalat (mg/kg KM/Tag)	1,39 (1,12 / 1,98)	1,39 (1,11 / 2,00)	1,38 (1,20 / 1,68)	1,74 (1,28 / 2,14)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.9: Harn-pH, relative Übersättigung (RSS) des Harns sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
pH	6,49 ^{bc} (6,33 / 6,56)	6,35 ^a (6,24 / 6,46)	6,45 ^c (6,36 / 6,54)	6,34 ^{ab} (6,16 / 6,49)
RSS CaOx²	10,3 (6,38 / 12,1)	12,1 (7,69 / 13,6)	7,50 (5,44 / 10,2)	10,4 (5,79 / 12,0)
RSS MAP³	0,33 ^{ab} (0,21 / 0,45)	0,31 ^{ab} (0,17 / 0,41)	0,23 ^b (0,12 / 0,36)	0,16 ^a (0,07 / 0,30)
Ca:Ox-Verhältnis	0,91 ^a (0,60 / 1,26)	1,17 ^a (0,66 / 1,36)	1,45 ^b (0,95 / 1,66)	1,49 ^b (0,97 / 2,04)
Ca:Zitrat-Verhältnis	2,25 (1,04 / 6,75)	3,96 (2,86 / 23,1)	4,67 (1,99 / 36,0)	3,66 (2,46 / 13,7)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz; ² Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ³ Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)
Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.10: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Kalzium (mg/l)	63,7 ^a (41,3 / 76,3)	61,2 ^a (44,1 / 75,8)	75,2 ^b (61,9 / 95,6)
Phosphor (mg/l)	2638 (2358 / 3419)	2769 (1510 / 3475)	2501 (2149 / 3119)
Magnesium (mg/l)	28,0 ^a (21,5 / 47,3)	48,6 ^b (31,7 / 59,2)	28,1 ^a (19,8 / 37,2)
Kalium (mg/l)	2098 ^b (1642 / 2610)	1879 ^b (1600 / 2441)	1656 ^a (1339 / 2206)
Natrium (mg/l)	2102 ^b (1787 / 2861)	1875 ^{ab} (1615 / 2420)	1797 ^a (1460 / 2336)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz
 Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.11: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und %¹) bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt² erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)

		Versuchsfuttermittel		
		Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Kalzium	mg/kg KM/Tag	0,55 ^a (0,31 / 0,84)	0,64 ^a (0,50 / 0,90)	1,14 ^b (0,92 / 1,72)
	%	0,39 ^a (0,26 - 0,46)	0,37 ^{ab} (0,29 - 0,61)	0,64 ^b (0,56 - 0,97)
Phosphor	mg/kg KM/Tag	26,4 ^a (18,0 / 35,9)	33,3 ^{ab} (14,5 / 43,3)	41,4 ^b (40,5 / 45,3)
	%	18,5 (14,0 - 24,4)	25,2 (15,2 - 27,8)	23,8 (18,0 - 28,1)
Magnesium	mg/kg KM/Tag	0,27 ^a (0,22 / 0,36)	0,46 ^{ab} (0,38 / 0,58)	0,44 ^b (0,31 / 0,72)
	%	2,25 (1,40 - 2,84)	3,41 (2,21 - 5,85)	2,12 (1,60 - 2,94)
Kalium	mg/kg KM/Tag	17,8 ^a (13,7 / 27,8)	19,8 ^{ab} (16,4 / 26,1)	24,7 ^b (22,7 / 39,6)
	%	26,0 (21,4 - 26,5)	28,4 (25,9 - 40,9)	24,3 (21,2 - 30,7)
Natrium	mg/kg KM/Tag	20,2 ^a (16,0 / 28,5)	19,6 ^a (17,4 / 24,7)	27,8 ^b (25,1 / 41,7)
	%	22,6 ^a (20,1 - 25,7)	24,7 ^{ab} (20,4 - 30,7)	26,4 ^b (22,8 - 31,0)

¹ Renale Mineralstoffausscheidung (mg/Tag)/Mineralstoffaufnahme (mg/Tag); ² Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.12: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Sulfat (mg/l)	3229 (2013 / 4121)	3366 (2036 / 5217)	3151 (2546 / 4672)
Stickstoff (g/l)	36,3 ^a (32,2 / 36,3)	49,6 ^b (38,7 / 51,6)	54,2 ^c (43,4 / 59,9)
Ammonium (mg/l)	1081 ^a (908 / 1408)	1345 ^b (1030 / 1624)	1182 ^b (1041 / 1436)
Kreatinin (mg/l)	2714 ^b (1877 / 3215)	2247 ^{ab} (1355 / 2696)	1590 ^a (1303 / 2267)
Harnstoff (mg/l)	55,8 (55,8 / 87,8)	50,3 (45,0 / 56,4)	52,7 (45,0 / 66,7)
Zitrat (mg/l)	110 ^b (59,9 / 199)	67,7 ^a (19,3 / 103)	62,3 ^a (43,9 / 129)
Oxalat (mg/l)	116 ^b (84,0 / 145)	130 ^b (106 / 172)	98,6 ^a (88,2 / 114)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz
 Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.13: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Sulfat (mg/kg KM/Tag)	23,1 ^a (19,0 / 47,8)	31,2 ^{ab} (22,0 / 71,0)	54,4 ^b (41,3 / 62,0)
Stickstoff (g/kg KM/Tag)	0,34 ^a (0,27 / 0,34)	0,48 ^a (0,40 / 0,63)	0,78 ^b (0,74 / 1,07)
Ammonium (mg/kg KM/Tag)	10,0 ^a (7,17 / 14,1)	15,6 ^{ab} (12,0 / 18,7)	18,3 ^b (17,1 / 25,8)
Kreatinin (mg/kg KM/Tag)	24,6 (16,8 / 31,9)	22,7 (18,8 / 34,9)	27,2 (23,4 / 37,7)
Harnstoff (mg/kg KM/Tag)	0,46 ^{ab} (0,46 / 1,03)	0,45 ^a (0,37 / 0,74)	0,95 ^b (0,66 / 1,07)
Zitrat (mg/kg KM/Tag)	0,99 ^b (0,67 / 1,93)	0,84 ^a (0,15 / 0,90)	1,08 ^b (0,93 / 1,99)
Oxalat (mg/kg KM/Tag)	1,00 ^a (0,82 / 1,29)	1,39 ^{ab} (1,11 / 2,00)	1,53 ^b (1,43 / 2,10)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.14: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
pH	6,58 ^b (6,50 / 6,73)	6,35 ^a (6,24 / 6,46)	6,59 ^b (6,58 / 6,62)
RSS CaOx²	7,07 ^a (5,79 / 10,7)	12,13 ^b (7,69 / 13,6)	9,98 ^b (7,98 / 14,9)
RSS MAP³	0,40 (0,26 / 0,59)	0,31 (0,17 / 0,41)	0,39 (0,24 / 0,57)
Ca:Ox-Verhältnis	1,21 ^a (0,78 / 1,55)	1,17 ^a (0,66 / 1,36)	1,61 ^b (1,01 / 1,94)
Ca:Zitrat-Verhältnis	2,29 (1,09 / 6,38)	3,96 (2,86 / 23,1)	5,25 (3,16 / 9,70)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; ² Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ³ Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)
Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.15: Mineralstoffkonzentrationen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Griebenmehl 12 %	Griebenmehl 35 %
Kalzium (mg/l)	69,5 (58,3 / 82,2)	67,4 (45,5 / 81,4)
Phosphor (mg/l)	2698 (2365 / 3454)	2624 (2260 / 3365)
Magnesium (mg/l)	25,4 (17,5 / 36,3)	22,9 (12,4 / 44,9)
Kalium (mg/l)	1521 (1275 / 2132)	2062 (1598 / 2539)
Natrium (mg/l)	1582 (1420 / 2386)	2062 (1636 / 2988)

Tabelle 9.16: Renale Mineralstoffausscheidung (mg/kg KM/Tag und %¹) von Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel	
		Grießenmehl 12 %	Grießenmehl 35 %
Kalzium	mg/kg KM/Tag	1,10 ^b (0,89 / 1,51)	0,84 ^a (0,68 / 1,19)
	%	0,83 (0,72 / 1,25)	0,52 (0,42 / 0,88)
Phosphor	mg/kg KM/Tag	43,1 (41,1 / 53,5)	35,1 (32,5 / 39,2)
	%	38,2 (32,2 / 42,8)	27,6 (20,8 / 32,5)
Magnesium	mg/kg KM/Tag	0,40 (0,29 / 0,67)	0,32 (0,15 / 0,46)
	%	0,32 (0,24 / 0,50)	0,25 (0,09 / 0,46)
Kalium	mg/kg KM/Tag	24,6 (22,1 / 33,6)	25,3 (21,6 / 27,8)
	%	21,4 (17,9 / 24,7)	18,8 (15,1 / 26,3)
Natrium	mg/kg KM/Tag	27,4 (24,6 / 35,8)	28,1 (22,7 / 30,9)
	%	26,4 (22,2 / 28,9)	27,2 (23,0 / 35,1)

¹ Renale Mineralstoffausscheidung (mg/Tag)/Mineralstoffaufnahme (mg/Tag)

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.17: Konzentrationen von bestimmten Anionen und Kationen sowie von harnpflichtigen Substanzen im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %
Sulfat (mg/l)	3456 ^b (2469 / 5302)	3017 ^a (2511 / 4099)
Stickstoff (g/l)	48,3 (42,2 / 62,2)	48,3 (45,4 / 60,3)
Ammonium (mg/l)	1089 (1011 / 1476)	1350 (1011 / 1653)
Kreatinin (mg/l)	1803 ^a (1534 / 2413)	2183 ^b (2009 / 2886)
Harnstoff (mg/l)	48,3 ^a (41,7 / 67,3)	124 ^b (98,2 / 161)
Zitrat (mg/l)	87,4 (56,4 / 144)	52,3 (34,0 / 134)
Oxalat (mg/l)	98,1 (80,2 / 111)	115 (90,4 / 128)

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.18: Renale Ausscheidung von bestimmten Anionen und Kationen sowie harnpflichtigen Substanzen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %
Sulfat (mg/kg KM/Tag)	56,3 (45,6 / 77,4)	40,1 (35,2 / 45,2)
Stickstoff (g/kg KM/Tag)	0,76 (0,73 / 1,00)	0,69 (0,55 / 0,74)
Ammonium (mg/kg KM/Tag)	18,3 (16,5 / 23,9)	17,2 (14,2 / 18,3)
Kreatinin (mg/kg KM/Tag)	33,4 (24,6 / 38,0)	33,2 (27,5 / 39,9)
Harnstoff (mg/kg KM/Tag)	0,94 ^a (0,56 / 1,12)	1,71 ^b (1,26 / 2,29)
Zitrat (mg/kg KM/Tag)	1,41 (0,99 / 2,16)	0,62 (0,48 / 1,17)
Oxalat (mg/kg KM/Tag)	1,53 (1,39 / 1,88)	1,29 (1,22 / 1,86)

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.19: Harn-pH, relative Übersättigung des Harns (RSS) sowie Stoffverhältnisse im Harn von Katzen, die ein Futter mit einem Griebenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Griebenmehl 12 %	Griebenmehl 35 %
pH	6,60 (6,59 / 6,65)	6,56 (6,52 / 6,69)
RSS CaOx¹	9,13 (7,52 / 10,5)	8,33 (6,34 / 12,5)
RSS MAP²	0,39 (0,26 / 0,60)	0,26 (0,19 / 0,60)
Ca:Ox-Verhältnis	1,71 (1,43 / 2,14)	1,61 (1,01 / 1,94)
Ca:Zitrat-Verhältnis	5,25 ^a (2,96 / 11,0)	4,84 ^b (3,16 / 9,70)

¹ Relative Übersättigung des Harns für Kalziumoxalat; ² Relative Übersättigung des Harns für Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat-Hexahydrat)

Ca: Kalzium; Ox: Oxalat

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.20: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Kalzium (mg/g TS)	50,4 ^a (48,3 / 59,8)	62,8 ^{bc} (59,2 / 66,3)	64,4 ^c (61,1 / 70,6)	60,7 ^b (59,0 / 64,2)
Phosphor (mg/g TS)	34,8 (31,4 / 40,3)	32,3 (30,5 / 34,2)	34,9 (32,3 / 43,0)	32,1 (30,4 / 33,9)
Magnesium (mg/g TS)	4,96 (4,66 / 5,53)	5,22 (5,01 / 5,54)	5,25 (4,97 / 5,94)	5,09 (5,03 / 5,27)
Kalium (mg/g TS)	1,22 ^a (0,46 / 2,19)	3,86 ^b (3,15 / 5,55)	3,29 ^b (2,71 / 4,17)	3,77 ^b (3,29 / 4,46)
Natrium (mg/g TS)	1,72 (1,41 / 2,01)	1,84 (1,66 / 2,02)	1,79 (1,70 / 2,18)	1,95 (1,60 / 2,60)
Chlorid (mg/g TS)	1,42 ^{ab} (0,95 / 1,78)	1,41 ^{ab} (0,95 / 1,90)	0,95 ^a (0,48 / 1,74)	1,59 ^b (0,98 / 2,61)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.21: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel			
		Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Kalzium	mg/kg KM/Tag	176 ^b (102 / 267)	114 ^a (77 / 161)	127 ^a (105 / 170)	117 ^a (85,2 / 146)
	sV (%)	-12,8 ^a (-23,3 / 16,9)	23,7 ^b (11,6 / 34,7)	24,5 ^b (5,36 / 27,7)	13,6 ^{ab} (-4,21 / 24,2)
Phosphor	mg/kg KM/Tag	108 ^b (71,9 / 181)	59,0 ^a (39,3 / 88,7)	70,3 ^a (57,1 / 90,1)	57,7 ^a (44,5 / 78,0)
	sV (%)	26,6 ^a (8,50 / 39,0)	60,6 ^b (55,5 / 64,0)	54,3 ^b (50,7 / 59,6)	57,4 ^b (47,2 / 67,2)
Magnesium	mg/kg KM/Tag	16,9 ^b (10,1 / 25,2)	9,44 ^a (6,41 / 13,3)	10,0 ^a (8,81 / 13,4)	9,56 ^a (6,93 / 12,6)
	sV (%)	-4,19 ^a (-20,2 / 18,2)	35,7 ^b (29,6 / 42,9)	30,8 ^b (23,5 / 38,4)	30,4 ^b (17,3 / 42,7)
Kalium	mg/kg KM/Tag	4,83 ^a (1,55 / 6,89)	7,08 ^b (4,31 / 15,1)	5,75 ^{ab} (4,45 / 10,8)	7,19 ^b (5,02 / 9,25)
	sV (%)	93,0 (89,1 / 97,8)	90,2 (84,1 / 92,3)	93,7 (89,6 / 94,6)	92,7 (91,7 / 93,6)
Natrium	mg/kg KM/Tag	5,89 ^b (2,99 / 10,3)	3,62 ^a (2,52 / 4,44)	3,57 ^a (2,67 / 5,26)	3,25 ^{ab} (2,62 / 5,58)
	sV (%)	90,5 ^a (83,3 / 92,6)	96,3 ^b (94,7 / 96,6)	97,8 ^c (97,4 / 98,1)	98,2 ^c (97,4 / 98,7)
Chlorid	mg/kg KM/Tag	6,53 ^b (1,85 / 7,85)	2,77 ^{ab} (1,34 / 4,95)	2,40 ^a (0,82 / 3,17)	3,23 ^{ab} (1,56 / 4,92)
	sV (%)	93,5 ^a (90,9 / 96,9)	98,1 ^b (97,0 / 98,7)	99,2 ^c (98,8 / 99,7)	99,2 ^c (98,8 / 99,4)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.22: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Rohprotein (mg/g TS)	360 ^{ab} (344 / 395)	344 ^a (335 / 362)	362 ^b (350 / 388)	359 ^b (353 / 379)
Rohfaser (mg/g TS)	101 (54 / 125)	118 (115 / 120)	120 (118 / 122)	119 (118 / 120)
Rohfett (mg/g TS)	32,4 (20,9 / 59,0)	31,9 (25,4 / 38,1)	29,6 (27,2 / 36,2)	32,2 (30,5 / 34,9)
Rohasche (mg/g TS)	235 ^{ab} (206 / 248)	243 ^b (239 / 252)	254 ^c (240 / 260)	237 ^a (223 / 242)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.23: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel			
		Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Rohprotein	mg/kg KM/Tag	1215 ^b (637 / 2149)	620 ^a (461 / 868)	720 ^a (588 / 918)	720 ^a (482 / 856)
	sV (%)	80,6 ^a (71,0 / 84,1)	89,1 ^b (87,7 / 90,4)	88,5 ^b (87,1 / 89,6)	88,1 ^b (86,4 / 89,1)
Rohfaser	mg/kg KM/Tag	321 (121 / 617)	177 (121 / 298)	240 (187 / 322)	196 (154 / 267)
	sV (%)	-59,3 ^b (-184 / 16,5)	32,4 ^c (24,6 / 41,4)	2,05 ^b (-15,0 / 14,0)	-208 ^a (-222 / -142)
Rohfett	mg/kg KM/Tag	111 ^b (66,4 / 157)	48,6 ^a (39,5 / 83,9)	57,9 ^a (52,7 / 64,8)	55,1 ^a (50,0 / 72,9)
	sV (%)	94,2 ^a (89,1 / 95,9)	96,8 ^b (95,7 / 97,3)	96,6 ^b (95,6 / 96,9)	96,3 ^b (95,4 / 96,8)
Rohasche	mg/kg KM/Tag	712 ^b (466 / 1131)	445 ^a (292 / 633)	496 ^a (393 / 631)	437 ^a (325 / 543)
	sV (%)	19,2 ^a (4,11 / 29,3)	52,1 ^b (43,5 / 56,0)	56,8 ^{bc} (51,1 / 61,9)	60,3 ^c (53,9 / 68,2)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.24: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Kalzium (mg/g TS)	70,8 ^b (68,8 / 73,9)	62,8 ^a (59,2 / 66,3)	76,8 ^{b*} (72,8 / 80,9)
Phosphor (mg/g TS)	49,1 ^b (44,5 / 51,7)	32,3 ^a (30,5 / 34,2)	52,2 ^b (48,1 / 53,4)
Magnesium (mg/g TS)	5,90 ^b (5,72 / 6,48)	5,22 ^a (5,01 / 5,54)	7,54 ^b (6,66 / 7,62)
Kalium (mg/g TS)	1,79 ^a (1,17 / 2,86)	3,86 ^b (3,15 / 5,55)	1,93 ^a (1,48 / 3,47)
Natrium (mg/g TS)	1,86 ^b (1,78 / 2,61)	1,84 ^a (1,66 / 2,02)	2,21 ^b (1,61 / 3,11)
Chlorid (mg/g TS)	1,21 (0,98 / 2,08)	1,41 (0,95 / 1,90)	1,20 (0,88 / 2,97)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; * n = 6

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.25: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel		
		Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Kalzium	mg/kg KM/Tag	127 ^b (111 / 252)	114 ^a (77 / 161)	202 ^{c*} (144 / 316)
	sV (%)	-2,39 ^a (-18,7 / 15,8)	23,7 ^b (11,6 / 34,7)	-20,5 ^{a*} (-44,7 / 1,20)
Phosphor	mg/kg KM/Tag	85,3 ^b (74,7 / 160)	59,0 ^a (39,3 / 88,7)	141 ^b (107 / 157)
	sV (%)	26,6 ^a (13,2 / 39,2)	60,6 ^b (55,5 / 64,0)	26,9 ^a (18,3 / 36,4)
Magnesium	mg/kg KM/Tag	10,63 ^b (9,05 / 20,2)	9,44 ^a (6,41 / 13,3)	18,8 ^b (15,0 / 21,9)
	sV (%)	3,72 ^a (-12,2 / 23,4)	35,7 ^b (29,6 / 42,9)	7,03 ^a (-7,73 / 29,1)
Kalium	mg/kg KM/Tag	4,12 (1,67 / 7,91)	7,08 (4,31 / 15,1)	5,22 (3,12 / 11,3)
	sV (%)	95,1 ^b (91,7 / 97,5)	90,2 ^a (84,1 / 92,3)	95,6 ^b (90,0 / 97,2)
Natrium	mg/kg KM/Tag	3,57 ^{ab} (2,60 / 8,04)	3,62 ^a (2,52 / 4,44)	5,78 ^b (3,50 / 9,34)
	sV (%)	95,6 (93,5 / 96,8)	96,3 (94,7 / 96,6)	96,0 (91,7 / 96,8)
Chlorid	mg/kg KM/Tag	2,97 (1,60 / 6,17)	2,77 (1,34 / 4,95)	2,99 (2,03 / 10,1)
	sV (%)	98,1 (96,3 / 98,9)	98,1 (97,0 / 98,7)	97,9 (91,5 / 98,5)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; * n = 6

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.26: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Rohprotein (mg/g TS)	333 ^a (326 / 352)	344 ^a (335 / 362)	390 ^b (381 / 427)
Rohfaser (mg/g TS)	152 ^b (104 / 183)	118 ^a (115 / 120)	135 ^{ab} (105 / 153)
Rohfett (mg/g TS)	35,5 ^b (31,6 / 42,6)	31,9 ^{ab} (25,4 / 38,1)	29,1 ^a (22,9 / 35,5)
Rohasche (mg/g TS)	272 ^b (250 / 277)	243 ^a (239 / 252)	289 ^b (281 / 292)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.27: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel		
		Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Rohprotein	mg/kg KM/Tag	614 ^a (483 / 1242)	620 ^a (461 / 868)	1074 ^b (768 / 1378)
	sV (%)	82,9 ^a (80,0 / 87,8)	89,1 ^b (87,7 / 90,4)	87,6 ^b (85,9 / 89,3)
Rohfaser	mg/kg KM/Tag	260 ^b (160 / 596)	177 ^a (121 / 298)	312 ^b (224 / 564)
	sV (%)	-114 ^a (-203 / -36,4)	32,4 ^b (24,6 / 41,4)	-102 ^a (-152 / -66,9)
Rohfett	mg/kg KM/Tag	73,7 ^b (45,5 / 126)	48,6 ^a (39,5 / 83,9)	75,9 ^b (62,1 / 98,3)
	sV (%)	94,1 ^a (93,2 / 96,3)	96,8 ^b (95,7 / 97,3)	97,2 ^c (96,2 / 97,7)
Rohasche	mg/kg KM/Tag	470 ^b (429 / 917)	445 ^a (292 / 633)	778 ^c (581 / 934)
	sV (%)	36,2 ^a (29,7 / 46,0)	52,1 ^b (43,5 / 56,0)	27,0 ^a (26,5 / 35,0)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.28: Mineralstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %
Kalzium (mg/g TS)	76,8b* (72,8 / 80,9)	67,1a* (65,4 / 71,3)
Phosphor (mg/g TS)	52,2b (48,1 / 53,4)	41,9a (40,3 / 42,9)
Magnesium (mg/g TS)	7,54b (6,66 / 7,62)	4,77a (4,64 / 4,85)
Kalium (mg/g TS)	1,93b (1,48 / 3,47)	0,99a (0,61 / 1,41)
Natrium (mg/g TS)	2,21 (1,61 / 3,11)	2,16 (1,98 / 2,43)
Chlorid (mg/g TS)	1,20 (0,88 / 2,97)	1,17 (0,79 / 1,61)

TS: Trockensubstanz

* n = 6

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.29: Tägliche fäkale Mineralstoffausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Mineralstoffen bei Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel	
		Grießenmehl 12 %	Grießenmehl 35 %
Kalzium	mg/kg KM/Tag	202 ^{b*} (144 / 316)	172 ^{a*} (125 / 200)
	sV (%)	-20,5* (-44,7 / 1,20)	-16,2* (-33,1 / 4,04)
Phosphor	mg/kg KM/Tag	141 (107 / 157)	103 (82,7 / 127)
	sV (%)	26,9 (18,3 / 36,4)	32,8 (23,1 / 40,1)
Magnesium	mg/kg KM/Tag	18,8 ^b (15,0 / 21,9)	12,1 ^a (9,51 / 14,9)
	sV (%)	7,03 (-7,73 / 29,1)	-0,03 (-16,4 / 17,7)
Kalium	mg/kg KM/Tag	5,22 ^b (3,12 / 11,3)	2,85 ^a (1,26 / 3,88)
	sV (%)	95,6 (90,0 / 97,2)	97,2 (94,9 / 98,3)
Natrium	mg/kg KM/Tag	5,78 (3,50 / 9,34)	5,08 (4,47 / 6,47)
	sV (%)	96,0 (91,7 / 96,8)	94,9 (94,2 / 95,5)
Chlorid	mg/kg KM/Tag	2,99 (2,03 / 10,1)	2,59 (2,02 / 6,39)
	sV (%)	97,9 (91,5 / 98,5)	98,2 (97,0 / 98,5)

KM: Körpermasse

* n = 6

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.30: Rohnährstoffkonzentrationen im Kot von Katzen, die ein Futter mit einem Grießenmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Grießenmehl 12 %	Grießenmehl 35 %
Rohprotein (mg/g TS)	390 (381 / 427)	427 (414 / 442)
Rohfaser (mg/g TS)	135 (105 / 153)	38,9 (22,4 / 126)
Rohfett (mg/g TS)	29,1 (22,9 / 35,5)	32,4 (28,4 / 39,0)
Rohasche (mg/g TS)	289 ^b (281 / 292)	259 ^a (253 / 270)

TS: Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.31: Tägliche fäkale Ausscheidung und scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

		Versuchsfuttermittel	
		Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %
Rohprotein	mg/kg KM/Tag	1074 (768 / 1378)	1053 (846 / 1298)
	sV (%)	87,6 (85,9 / 89,3)	85,7 (82,5 / 87,1)
Rohfaser	mg/kg KM/Tag	312 ^b (224 / 564)	109 ^a (52,5 / 279)
	sV (%)	-102 ^a (-152 / -66,9)	24,0 ^b (-94,6 / 64,0)
Rohfett	mg/kg KM/Tag	75,9 (62,1 / 98,3)	76,3 (56,7 / 128)
	sV (%)	97,2 (96,2 / 97,7)	96,6 (95,1 / 97,5)
Rohasche	mg/kg KM/Tag	778 (581 / 934)	634 (514 / 797)
	sV (%)	27,0 (26,5 / 35,0)	34,9 (9,84 / 40,2)

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.32: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Natriumgehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 7 (Na 0,65 %, Na 1,43 %) bzw. n = 8 (Na 0,38 %, Na 1,14 %)

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Kalzium (mg/Tag)	-82,8 ^a (-139 / 102)	117 ^b (30,5 / 125)	164 ^b (25,8 / 192)	57,0 ^{ab} (-51,5 / 111)
Phosphor (mg/Tag)	68,2 ^a (-80,7 / 83,0)	167 ^b (93,7 / 268)	210 ^b (157 / 261)	164 ^b (61,4 / 231)
Magnesium (mg/Tag)	-3,18 ^a (-14,1 / 10,2)	15,5 ^b (8,89 / 18,6)	18,0 ^b (9,41 / 25,0)	12,4 ^b (3,47 / 22,8)
Kalium (mg/Tag)	135 ^a (108 / 158)	138 ^a (89,1 / 163)	230 ^b (174 / 304)	230 ^b (201 / 305)
Natrium (mg/Tag)	117 ^a (92,3 / 166)	199 ^b (135 / 274)	439 ^c (340 / 553)	406 ^c (382 / 586)

¹ Natrium (Na): 0,38 %, 0,65 %, 1,14 % und 1,43 % in der Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.33: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel (n = 7 für Rp 43,8 %)

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Kalzium (mg/Tag)	-17,4 ^a (-127 / 127)	117 ^b (30,5 / 125)	-71,4 ^{ab} (-309 / 17)
Phosphor (mg/Tag)	30,1 ^a (-0,92 / 116)	167 ^b (93,7 / 268)	47,1 ^a (-61,1 / 98,2)
Magnesium (mg/Tag)	1,18 ^a (-7,27 / 12,9)	15,5 ^b (8,89 / 18,6)	3,50 ^{ab} (-2,85 / 17,2)
Kalium (mg/Tag)	230 ^b (164 / 253)	138 ^a (89,1 / 163)	321 ^c (284 / 348)
Natrium (mg/Tag)	289 ^b (202 / 315)	199 ^a (135 / 274)	317 ^c (287 / 352)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.34: Mineralstoffretention bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %
Kalzium (mg/Tag)	-71,4* (-309 / 177)	-73,3* (-200 / 23,2)
Phosphor (mg/Tag)	47,1 (-61,1 / 98,2)	58,5 (-112 / 119)
Magnesium (mg/Tag)	3,50 (-2,85 / 17,2)	-0,82 (-11,7 / 7,06)
Kalium (mg/Tag)	321 ^b (284 / 348)	251 ^a (167 / 337)
Natrium (mg/Tag)	317 (287 / 253)	254 (185 / 368)

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

* n = 7

Tabelle 9.35: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel			
	Na 0,38 %	Na 0,65 %	Na 1,14 %	Na 1,43 %
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	30,0 ^{abc} (27,5 / 41,9)	26,1 ^a (23,7 / 31,5)	31,3 ^b (27,3 / 34,0)	33,9 ^c (29,8 / 38,1)
Harnvolumen (ml/kg KM/Tag)	11,3 ^a (9,12 / 13,5)	9,49 ^{ab*} (8,22 / 12,9)	14,8 ^{bc} (11,6 / 15,8)	18,9 ^{c*} (13,0 / 19,1)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; * n = 7

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.36: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem variierenden Rohproteingehalt¹ erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel		
	Rp 34,7 %	Rp 43,8 %	Rp 57,4 %
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	26,4 (23,7 / 34,4)	26,1 (23,7 / 31,5)	34,3 (31,4 / 38,8)
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	11,1 ^a (6,95 / 12,4)	9,49 ^{a*} (8,22 / 12,9)	18,0 ^b (13,9 / 18,9)

¹ Rohprotein (Rp): 34,7 %, 43,8 % und 57,4 % in der Trockensubstanz; * n = 7

KM: Körpermasse

Unterschiedliche Exponenten in einer Zeile: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($P \leq 0,05$).

Tabelle 9.37: Wasseraufnahme sowie Harnvolumen bei Katzen, die ein Futter mit einem Griebsmehlgehalt von 12 % oder 35 % erhielten. Median (unteres Quartil / oberes Quartil); n = 8/Versuchsfuttermittel

	Versuchsfuttermittel	
	Griebsmehl 12 %	Griebsmehl 35 %
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	34,3 (31,4 / 38,8)	30,1 (28,0 / 35,0)
Wasseraufnahme (ml/kg KM/Tag)	18,0 (13,9 / 18,9)	15,0 (11,5 / 17,0)

KM: Körpermasse

10 PUBLIKATIONSVERZEICHNIS

Teile der vorliegenden Arbeit wurden bereits in Zeitschriften veröffentlicht oder bei Tagungen als Poster vorgestellt.

Veröffentlichungen

Paßlack, N.; Burmeier, H.; Brenten, T.; Neumann, K.; Zentek, J. (2014):

Short term effects of increasing dietary salt concentrations on urine composition in healthy cats.

Veterinary journal (London, UK); 201(3), S. 401-405

Paßlack, N.; Burmeier, H.; Brenten, T.; Neumann, K.; Zentek, J. (2014):

Relevance of dietary protein concentration and quality as risk factors for the formation of calcium oxalate stones in cats: Metabolism and metabolic studies.

Journal of Nutritional Science; 3, S. 1-10

Poster

Paßlack, N.; Burmeier, H.; Zentek, J. (2010):

Effects of dietary protein on urinary oxalate and minerals in cats.

The Waltham International Nutritional Sciences Symposium

Cambridge – 16.09.-18.09.2010.

In: Pet Nutrition - Art or Science?

UK: S. 64

Paßlack, N.; Burmeier, H.; Zentek, J. (2010):

Effects of dietary sodium on urine composition in cats.

The Waltham International Nutritional Sciences Symposium

Cambridge – 16.09.-18.09.2010.

In: Pet Nutrition - Art or Science?

UK: S. 65

11 DANKSAGUNG

Zunächst danke ich ganz herzlich Herrn Prof. Dr. Jürgen Zentek für die frühzeitige Überlassung des Themas, die Unterstützung und Beratung bei der Anfertigung dieser Dissertation sowie seine Geduld in Bezug auf deren Fertigstellung.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Nadine Paßlack für ihre intensive und kompetente Betreuung und Beratung bei der Auswertung der Daten sowie der Niederschrift dieser Arbeit. Ohne ihre Unterstützung und vielen Ratschläge läge eine Fertigstellung vermutlich in weiter Ferne.

Für Ihre Unterstützung und Betreuung zu Beginn dieser Dissertation danke ich herzlich Frau Dr. Annabella Khol-Parisini und Frau Dr. Susan Kröger.

Allen Mitarbeitern des Instituts für Tierernährung gilt mein aufrichtiger Dank. Für die Betreuung der Katzen und Sammeln der Proben danke ich besonders Frau Ines Bebert und Frau Corinna Schmidt. Für ihre Unterstützung und Anleitung bei den Probenaufbereitungen und Laboranalysen bedanke ich mich besonders herzlich bei Frau Annett Kriesten, Frau Marita Eitinger, Frau Sybille Weinholz und Frau Katharina Topp.

Bei Herrn Dr. Konrad Neumann vom Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie der Charité Berlin bedanke ich mich für die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Zudem danke ich der Firma Mars Petcare, Verden/Aller, insbesondere Herrn Thomas Brenten, für die Herstellung und Bereitstellung der Versuchsfutter.

Meinen aktuellen und ehemaligen Kollegen der Fachtierärztlichen Praxis Dr. Hettling danke ich für ihre moralische Unterstützung und Schaffung von zeitlichen Freiräumen für die Fertigstellung dieser Arbeit. Mein Dank gilt hier insbesondere Herrn Dr. Peter Hettling, Frau Dr. Anne Sander, Herrn Henry Bernardt, Frau Dr. Imke Bernardt und Frau Dr. Sabrina Stritzel.

Ganz besonders danke ich natürlich meiner Partnerin Anna und meiner Familie für ihre Geduld, ihr Verständnis und dafür, dass ihr mir immer den Rücken frei gehalten habt.

Danke!

12 SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Bielefeld, den 25.01.2017

Hannes U. Burmeier