

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

Strontium-, Barium-, Cadmium-, Kupfer-, Zink-, Mangan-, Chrom- und
Antimonkonzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark der Spezies Katze,
Hund und Pferd in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

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

vorgelegt von
Barbara Mainzer
Tierärztin aus Berlin

Berlin 2009
Journal-Nr.: 3339

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Leo Brunberg
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Johannes Handler
Dritter Gutachter: PD Dr. Helmut Schafft

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

dogs, cats, horses, liver, kidney, kidney diseases, strontium, barium, cadmium,
manganese, zinc, copper, chromium, antimony, trace elements, age factors, sex
differences

Tag der Promotion: 12.02.2010

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: 978-3-86664-791-6

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2009

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 2010

choriner str. 85 - 10119 berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

MEINEM MANN ROBERT UND UNSEREN BEIDEN KINDERN
JOHANNA UND GREGOR

Inhalt

Inhalt	I
Tabellen	VI
Abbildungen	XVII
Abkürzungen	XXII
1. Einleitung	1
2. Literatur	2
2.1 Strontium und Barium	2
2.1.1 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Strontium	2
2.1.2 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Barium	3
2.2 Cadmium	5
2.2.1 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Cadmium	5
2.2.2 Cd-Konzentrationen in Organen	7
2.2.2.1 Cd-Konzentrationen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	9
2.2.3 Interaktion des Cadmiums zu anderen Spurenelementen	10
2.2.3.1 Cadmium und Zink	10
2.2.3.2 Cadmium und Kupfer	10
2.2.4 Auswirkungen von Cadmium auf die Gesundheit	11
2.3 Kupfer, Zink, Mangan und Chrom	12
2.3.1 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Kupfer	12
2.3.2 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Zink	13
2.3.2.1 Indikatororgane des Zn-Status	15
2.3.2.2 Zn-Gehalt in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	16
2.3.3 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Mangan	16
2.3.3.1 Indikatororgane des Mn-Status	18
2.3.3.2 Mn-Konzentrationen in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Erkrankungen	18
2.3.4 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Chrom	19
2.3.4.1 Cr-Konzentrationen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	20
2.3.5 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Antimon	20
3. Material und Methoden	23
3.1 Tiermaterial und Probenentnahme	23
3.2 Probenaufarbeitung	24

3.3	Bestimmung der Elemente mittels ICP-MS.....	24
3.4	Statistische Auswertung	25
4.	Ergebnisse	26
4.1	Erdalkalimetalle in den Geweben von Katzen	26
4.1.1	Sr-Konzentrationen	26
4.1.1.1	Einfluss des Geschlechts	28
4.1.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	29
4.1.1.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	30
4.1.2	Ba-Konzentrationen.....	32
4.1.2.1	Einfluss des Geschlechts	34
4.1.2.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	34
4.1.2.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	36
4.2	Cd-Konzentrationen in den Geweben von Katzen	37
4.2.1.1	Einfluss des Geschlechts	39
4.2.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	40
4.2.1.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	42
4.3	Spurenelemente in den Geweben von Katzen	43
4.3.1	Cu-Konzentrationen	43
4.3.1.1	Einfluss des Geschlechts	45
4.3.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	45
4.3.1.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	47
4.3.2	Zn-Konzentrationen.....	48
4.3.2.1	Einfluss des Geschlechts	50
4.3.2.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	50
4.3.2.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	52
4.3.3	Mn-Konzentrationen	53
4.3.3.1	Einfluss des Geschlechts	55
4.3.3.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	55
4.3.3.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	57
4.3.4	Cr-Konzentrationen	58
4.3.4.1	Einfluss des Geschlechts	60
4.3.4.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	60
4.3.4.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	62
4.3.5	Sb-Konzentrationen.....	63

4.3.5.1	Einfluss des Geschlechts	65
4.3.5.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	66
4.3.5.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	67
4.4	Erdalkalimetalle in den Geweben von Hunden	70
4.4.1	Sr-Konzentrationen	70
4.4.1.1	Einfluss des Geschlechts	72
4.4.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	73
4.4.1.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	74
4.4.2	Ba-Konzentrationen.....	75
4.4.2.1	Einfluss des Geschlechts	78
4.4.2.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	78
4.4.2.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	79
4.5	Cd-Konzentrationen in Geweben von Hunden	81
4.5.1.1	Einfluss des Geschlechts	83
4.5.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	83
4.5.1.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	85
4.6	Spurenelemente in den Geweben von Hunden	86
4.6.1	Cu-Konzentrationen	86
4.6.1.1	Einfluss des Geschlechts	88
4.6.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	89
4.6.1.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	90
4.6.2	Zn-Konzentrationen.....	92
4.6.2.1	Einfluss des Geschlechts	94
4.6.2.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	95
4.6.2.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	96
4.6.3	Mn-Konzentrationen	97
4.6.3.1	Einfluss des Geschlechts	99
4.6.3.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	100
4.6.3.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	101
4.6.4	Cr-Konzentrationen	102
4.6.4.1	Einfluss des Geschlechts	105
4.6.4.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	105
4.6.4.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	106
4.6.5	Sb-Konzentrationen.....	108

Inhalt

4.6.5.1	Einfluss des Geschlechts	109
4.6.5.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	110
4.6.5.3	Einfluss chronischer Nierenerkrankungen	111
4.7	Erdalkalimetalle in den Geweben von Pferden	113
4.7.1	Sr-Konzentrationen	113
4.7.1.1	Einfluss des Geschlechts	115
4.7.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	115
4.7.2	Ba-Konzentrationen.....	116
4.7.2.1	Einfluss des Geschlechts	119
4.7.2.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	119
4.8	Cd-Konzentrationen in den Geweben von Pferden.....	120
4.8.1.1	Einfluss des Geschlechts	122
4.8.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	123
4.9	Spurenelemente in den Geweben von Pferden	124
4.9.1	Cu-Konzentrationen	124
4.9.1.1	Einfluss des Geschlechts	126
4.9.1.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	127
4.9.2	Zn-Konzentrationen.....	128
4.9.2.1	Einfluss des Geschlechts	131
4.9.2.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	131
4.9.3	Mn-Konzentrationen	132
4.9.3.1	Einfluss des Geschlechts	134
4.9.3.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	135
4.9.4	Cr-Konzentrationen	136
4.9.4.1	Einfluss des Geschlechts	138
4.9.4.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	138
4.9.5	Sb-Konzentrationen.....	139
4.9.5.1	Einfluss des Geschlechts	141
4.9.5.2	Einfluss des Alters und Geschlechts	142
5.	Diskussion	143
5.1	Schlussfolgerung.....	156
6.	Zusammenfassung.....	157
7.	Summary	159
8.	Literaturanhang	161

Inhalt

Anhang – Katzen	1
Anhang – Hunde	5
Anhang – Pferde.....	9

Tabellen

Tab. 1:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	26
Tab. 2:	Korrelationskoeffizienten der Sr-Konzentrationen in Geweben von Katzen	27
Tab. 3:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	28
Tab. 4:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	29
Tab. 5:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	29
Tab. 6:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	30
Tab. 7:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	31
Tab. 8:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	31
Tab. 9:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	32
Tab. 10:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	32
Tab. 11:	Korrelationskoeffizienten der Ba-Konzentrationen in Geweben von Katzen	33
Tab. 12:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	34
Tab. 13:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	35
Tab. 14:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	35
Tab. 15:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	35
Tab. 16:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	36
Tab. 17:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	36

Tabellen

Tab. 18:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	37
Tab. 19:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	37
Tab. 20:	Korrelationskoeffizienten der Cd-Konzentrationen in Geweben von Katzen	38
Tab. 21:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	40
Tab. 22:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	41
Tab. 23:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	41
Tab. 24:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	41
Tab. 25:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	42
Tab. 26:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	42
Tab. 27:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	43
Tab. 28:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	43
Tab. 29:	Korrelationskoeffizienten der Cu-Konzentrationen in Geweben von Katzen	44
Tab. 30:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	45
Tab. 31:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	46
Tab. 32:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	46
Tab. 33:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	46
Tab. 34:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	47
Tab. 35:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	47

Tabellen

Tab. 36:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	48
Tab. 37:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	48
Tab. 38:	Korrelationskoeffizienten der Zn-Konzentrationen in Geweben von Katzen.....	49
Tab. 39:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	50
Tab. 40:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	51
Tab. 41:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	51
Tab. 42:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	51
Tab. 43:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	52
Tab. 44:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	52
Tab. 45:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	53
Tab. 46:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	53
Tab. 47:	Korrelationskoeffizienten der Mn-Konzentrationen in Geweben von Katzen.....	54
Tab. 48:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	55
Tab. 49:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Leber von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	56
Tab. 50:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	56
Tab. 51:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	56
Tab. 52:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	57
Tab. 53:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	57

Tabellen

Tab. 54:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	58
Tab. 55:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	58
Tab. 56:	Korrelationskoeffizienten der Cr-Konzentrationen in Geweben von Katzen.....	59
Tab. 57:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	60
Tab. 58:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	61
Tab. 59:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	61
Tab. 60:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	62
Tab. 61:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	62
Tab. 62:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	63
Tab. 63:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	63
Tab. 64:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen.....	64
Tab. 65:	Korrelationskoeffizienten der Sb-Konzentrationen in Geweben von Katzen	64
Tab. 66:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen	66
Tab. 67:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	66
Tab. 68:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	67
Tab. 69:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	67
Tab. 70:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	68
Tab. 71:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	68

Tabellen

Tab. 72:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	69
Tab. 73:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Lebern, Nierenrinden und Nierenmark von Hunden	70
Tab. 74:	Korrelationskoeffizienten der Sr-Konzentrationen in Geweben von Hunden.....	71
Tab. 75:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden.....	72
Tab. 76:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	73
Tab. 77:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	73
Tab. 78:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	74
Tab. 79:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	74
Tab. 80:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	75
Tab. 81:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	75
Tab. 82:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden	76
Tab. 83:	Korrelationskoeffizienten der Ba-Konzentrationen in Geweben von Hunden.....	76
Tab. 84:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden.....	78
Tab. 85:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	78
Tab. 86:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	79
Tab. 87:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunde in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	79
Tab. 88:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	80
Tab. 89:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	80

Tabellen

Tab. 90:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	80
Tab. 91:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden	81
Tab. 92:	Korrelationskoeffizienten der Cd-Konzentrationen in Geweben von Hunden.....	82
Tab. 93:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden.....	83
Tab. 94:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	84
Tab. 95:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	84
Tab. 96:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	85
Tab. 97:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Leber von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	85
Tab. 98:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	86
Tab. 99:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	86
Tab. 100:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden	87
Tab. 101:	Korrelationskoeffizienten der Cu-Konzentrationen in Geweben von Hunden.....	87
Tab. 102:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden.....	89
Tab. 103:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	89
Tab. 104:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	90
Tab. 105:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	90
Tab. 106:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern der Hunde in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	91
Tab. 107:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	91

Tabellen

Tab. 108:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	91
Tab. 109:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden	92
Tab. 110:	Korrelationskoeffizienten der Zn-Konzentrationen in Geweben von Hunden	93
Tab. 111:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden	94
Tab. 112:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	95
Tab. 113:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	95
Tab. 114:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	96
Tab. 115:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	96
Tab. 116:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	97
Tab. 117:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	97
Tab. 118:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden	98
Tab. 119:	Korrelationskoeffizienten der Mn-Konzentrationen in Geweben von Hunden	98
Tab. 120:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden	100
Tab. 121:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	100
Tab. 122:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	100
Tab. 123:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht	101
Tab. 124:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	101
Tab. 125:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	102

Tabellen

Tab. 126:	Mn-Konzentrationen des Nierenmarks ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Hunde in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	102
Tab. 127:	Cr-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden	103
Tab. 128:	Korrelationskoeffizienten der Cr-Konzentrationen in Geweben von Hunden....	103
Tab. 129:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden.....	105
Tab. 130:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	105
Tab. 131:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	106
Tab. 132:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	106
Tab. 133:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	107
Tab. 134:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	107
Tab. 135:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	107
Tab. 136:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden	108
Tab. 137:	Korrelationskoeffizienten der Sb-Konzentrationen in Geweben von Hunden...	108
Tab. 138:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden.....	110
Tab. 139:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	110
Tab. 140:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	111
Tab. 141:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht.....	111
Tab. 142:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen.....	112
Tab. 143:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	112

Tabellen

Tab. 144:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen	112
Tab. 145:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	113
Tab. 146:	Korrelationskoeffizienten der Sr-Konzentrationen in Geweben von Pferden....	114
Tab. 147:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	115
Tab. 148:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	116
Tab. 149:	Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	116
Tab. 150:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	117
Tab. 151:	Korrelationskoeffizienten der Ba-Konzentrationen in Geweben von Pferden...	117
Tab. 152:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	119
Tab. 153:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren).....	119
Tab. 154:	Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	120
Tab. 155:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	120
Tab. 156:	Korrelationskoeffizienten der Cd-Konzentrationen in Geweben von Pferden...	121
Tab. 157:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	123
Tab. 158:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren).....	123
Tab. 159:	Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	124
Tab. 160:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	124
Tab. 161:	Korrelationskoeffizienten der Cu-Konzentrationen in Geweben von Pferden...	125
Tab. 162:	Cu-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	126

Tabellen

Tab. 163:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren).....	127
Tab. 164:	Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	127
Tab. 165:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	128
Tab. 166:	Korrelationskoeffizienten der Zn-Konzentrationen in Geweben von Pferden ...	129
Tab. 167:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	131
Tab. 168:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren).....	131
Tab. 169:	Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	132
Tab. 170:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	132
Tab. 171:	Korrelationskoeffizienten der Mn-Konzentrationen in Geweben von Pferden ..	133
Tab. 172:	Mn-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	134
Tab. 173:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren).....	135
Tab. 174:	Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	135
Tab. 175:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	136
Tab. 176:	Korrelationskoeffizienten der Cr-Konzentrationen in Geweben von Pferden....	136
Tab. 177:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	138
Tab. 178:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	138
Tab. 179:	Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	139
Tab. 180:	Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden	139
Tab. 181:	Korrelationskoeffizienten der Sb-Konzentrationen in Geweben von Pferden ...	140

Tabellen

Tab. 182: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden.....	141
Tab. 183: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren).....	142
Tab. 184: Sb-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)	142

Abbildungen

Abb. 1:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	27
Abb. 2:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	27
Abb. 3:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	28
Abb. 4:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	33
Abb. 5:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	33
Abb. 6:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	34
Abb. 7:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	39
Abb. 8:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	39
Abb. 9:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	39
Abb. 10:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	44
Abb. 11:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	44
Abb. 12:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	45
Abb. 13:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	49
Abb. 14:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	49
Abb. 15:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	50
Abb. 16:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	54

Abbildungen

Abb. 17:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	54
Abb. 18:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	55
Abb. 19:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	59
Abb. 20:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	59
Abb. 21:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	60
Abb. 22:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen.....	65
Abb. 23:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen.....	65
Abb. 24:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen.....	65
Abb. 25:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden.....	71
Abb. 26:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	71
Abb. 27:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	72
Abb. 28:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden.....	77
Abb. 29:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	77
Abb. 30:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	77
Abb. 31:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden.....	82
Abb. 32:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	82
Abb. 33:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	83

Abbildungen

Abb. 34:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden	88
Abb. 35:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	88
Abb. 36:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	88
Abb. 37:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden	93
Abb. 38:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	93
Abb. 39:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	94
Abb. 40:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden	99
Abb. 41:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	99
Abb. 42:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	99
Abb. 43:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden	104
Abb. 44:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	104
Abb. 45:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	104
Abb. 46:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden	109
Abb. 47:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden.....	109
Abb. 48:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden.....	109
Abb. 49:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	114
Abb. 50:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	114

Abbildungen

Abb. 51:	Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	115
Abb. 52:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	118
Abb. 53:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	118
Abb. 54:	Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	118
Abb. 55:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	122
Abb. 56:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	122
Abb. 57:	Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	122
Abb. 58:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	125
Abb. 59:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	125
Abb. 60:	Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	126
Abb. 61:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	130
Abb. 62:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	130
Abb. 63:	Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	130
Abb. 64:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	133
Abb. 65:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	133
Abb. 66:	Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	134
Abb. 67:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	137

Abbildungen

Abb. 68:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	137
Abb. 69:	Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	137
Abb. 70:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden	140
Abb. 71:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden.....	140
Abb. 72:	Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden.....	141

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
Aqua dest.	destilliertes Wasser
As	Arsen
Ba	Barium
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
Ca	Kalzium
ca.	zirka
Cd	Cadmium
chron.	chronisch
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
EKH	europäisch Kurzhaar
et al.	und andere
Fa.	Firma
FG	Frischgewicht
FS	Frischsubstanz
ICP-MS	doppelfokussierendes Massenspektrometer
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
max.	Maximal
mg	Milligramm
Mn	Mangan
Mo	Molybdän
MWT	Mann Whitney Test
n	Anzahl
p	Überschreitungswahrscheinlichkeit
r	Korrelationskoeffizient nach Spearman
s	Standardabweichung
Sb	Antimon

Abkürzungen

SO ₄	Sulfat
Sr	Strontium
Tab.	Tabelle
TS	Trockensubstanz
U-Test	Mann Whitney Test
Zn	Zink
z.B.	zum Beispiel
X _{max}	Maximumwert
X _{min}	Minimumwert
\tilde{x}	Median
$\bar{x} \pm s$	Mittelwert \pm Standardabweichung
μg	Mikrogramm

1. Einleitung

Die Spurenelemente (Kupfer, Zink, Mangan und Chrom), die Erdalkalimetalle (Strontium und Barium), das Schwermetall Cadmium und das Halbmetall Antimon treten überall in unserer Umwelt in Erscheinung. Menschen und Tiere nehmen diese Elemente über den Magen-Darm-Trakt bzw. die Lunge auf.

Diese Arbeit befasst sich mit diesen Elementen in ausgewählten Geweben bei Hund, Katze und Pferd. Es liegen Kenntnisse zu den essentiellen Spurenelementen Zink, Kupfer und Mangan vor. Die Elemente Chrom, Strontium, Barium und Antimon wurden bisher noch nicht systematisch untersucht. Mit Hilfe einer diskriptiven Analyse wurden in der vorliegenden Arbeit Organanalysen durchgeführt und in Abhängigkeit von Spezies, Alter und Geschlecht sowie - sofern bekannt - Erkrankungen ausgewertet.

Durch die induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) war es möglich, die Konzentrationen der Elemente in Leber, Nierenrinde und Nierenmark bei Hund, Katze und Pferd zu messen.

2. Literatur

2.1 Strontium und Barium

2.1.1 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Strontium

Strontium ist wie Barium ein Erdalkalimetall. Es steht in der zweiten Hauptgruppe im Periodensystem der Elemente und besitzt die Ordnungszahl 38. Strontium wurde im Jahre 1790 von dem Wissenschaftler A. Crawford im Mineral Strontianit entdeckt. Humphry Davy gelang 1808 die Darstellung von Strontium. In der Natur kommt das Leichtmetall nicht ungebunden vor. Strontiumcarbonat, Strontiumhydroxid und Strontiumnitrat stellen die wichtigsten Verbindungen dar. Es tritt als Begleiter von Barium- und Kalziummineralien auf und ist am Aufbau der Erdkruste beteiligt. Im Organismus hat es mit vereinzelt Ausnahmen keine essentielle Funktion (STREIT, 1994).

Strontium ist ein weiches, verformbares und silbrig-weißes Metall, das in Verbindung mit Luft sofort eine dünne gelbliche Oxidschicht ausbildet. In der Natur besteht Strontium aus einem Gemisch von vier stabilen Isotopen (Sr-84, Sr-86, Sr-87 und Sr-88). Darüber hinaus gibt es 19 instabile Isotope, die eine Halbwertszeit zwischen 600 ms und 28,5 Jahren (^{90}Sr) besitzen. Als ein β - und γ -Strahler mit einer Halbwertszeit von 50,5 Tagen fungiert ^{89}Sr , das in der kernphysikalischen Forschung und wie ^{90}Sr in der Nuklearmedizin eingesetzt wird (STREIT, 1994).

In den 50er und 60er Jahren wurde ^{90}Sr bei oberirdischen Kernwaffenversuchen freigesetzt. In den menschlichen und tierischen Körper gelangt es durch Inhalation von verseuchter Luft sowie durch die Aufnahme von kontaminierten Nahrungs- und Futtermitteln.

Die Strontiumverbindungen finden Verwendung zum Färben von Gläsern, bei der Stahlhärtung und in der Pyrotechnik. Die metallische Form des Strontiums wird in der Metallurgie eingesetzt (RUTHERFORD, 2006).

Auf Grund der Kontamination der Erde mit radioaktivem Strontium (^{90}Sr) durch Kernwaffenversuche hat der Sr-Metabolismus an Aufmerksamkeit gewonnen. Viele Autoren weisen darauf hin, dass oftmals Kalzium und Strontium im Hinblick auf die Nahrungsaufnahme und den Stoffwechsel bei Menschen und Tieren vorliegen. Der Übergang von Strontium aus dem Boden, über die Pflanzen und Tiere bis hin zum Menschen wird seit den 60er Jahren verstärkt diskutiert. Seit dieser Zeit gibt es vermehrt Studien, die die Sr-Konzentrationen in den Geweben, insbesondere bei Menschen darstellen. Besonders heranwachsende Organismen bauen viel ^{90}Sr ein. Durch die lange physikalische

Halbwertszeit und die lange Verweildauer im Knochen kommt es zu einer andauernden Strahlenbelastung, die eine karzinogene und mutagene Belastung des Organismus zur Folge hat (STREIT, 1994). Strontium ist zusätzlich im Zahnschmelz und Dentin der Zähne nachweisbar (SPENCER et al., 1960).

Die Sr-Resorption geht vor allem sehr rasch in Duodenum und Jejunum, weniger im Ileum vor sich. Dies gilt sowohl bei Ratten als auch beim Menschen (CAVELIUS, 1989). Bei Ratten konnte KUNTZEN (1966) zeigen, dass die Resorption passiv in Abhängigkeit vom Konzentrationsgefälle erfolgte. Strontium besitzt eine chemische Ähnlichkeit zum Kalzium. Insofern ergeben sich erhebliche Wechselwirkungen im Metabolismus zwischen diesen beiden Elementen. Die Anwesenheit von Kalzium und Phosphat verringert die Resorption von Strontium (SPENCER et al., 1960). Eine Rolle bei der Sr-Resorption spielt die Form, in der das Kalzium verabreicht wurde. Die Resorptionsrate von Strontium wird einerseits durch eine Milchgabe erhöht und andererseits durch die Gabe von anorganischen Kalziumsalzen, wie z.B. Kalziumglukonat, erniedrigt (COMAR und WASSERMANN, 1964). Nachdem Strontium aus dem Magen-Darm-Trakt resorbiert wurde, geht es vom Blut in den Knochen über und lagert sich im Knochen an Stellen ab, die mit dem Blut in engem Kontakt stehen und einen hohen Stoffwechsel aufweisen. Ein Teil (10 bis 20 %) der resorbierten Menge an Strontium wird nach der Resorption wieder in den Magen-Darm-Trakt rücksezerniert (KUNTZEN, 1966) und gemeinsam mit dem bedeutend größeren Anteil des oral aufgenommenen Strontiums über die Faeces unresorbiert ausgeschieden. Ein Erwachsener, der über einen Zeitraum von 8 Tagen täglich 1,99 mg Strontium aufnahm, schied über die Faeces 1,58 mg und über den Urin 0,39 mg aus (HARRISON et al., 1955).

2.1.2 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Barium

Barium steht in der 6. Periode der II. Hauptgruppe des Periodensystems und besitzt die Ordnungszahl 56. Es wurde erstmals 1774 von Carl Wilhelm Scheele identifiziert. Im elementaren Zustand ist es metallisch-glänzend und von silbrig-weißer Farbe. Es kommt in der Natur wegen seiner hohen Reaktivität nicht elementar vor und ist zu 0,04 - 0,05 % am Aufbau der Erdkruste beteiligt. Von den 7 stabilen Isotopen sind ^{136}Ba , ^{137}Ba , ^{138}Ba die bedeutendsten. Ferner gibt es noch 23 instabile Isotope, die eine Halbwertszeit von 500 ms bis 10,5 Jahre aufweisen (STREIT, 1994).

Barium findet als Bariumsulfat bei der Erdölförderung, als Füllmittel für Anstrichfarben und Papier, als Schwerbetonzusatz, bei Feuerwerken sowie als Röntgenkontrastmittel

Anwendung. In der Keramik- und Glasindustrie und als Rodentizid wird Bariumcarbonat eingesetzt (UMWELT-HANDBUCH, 1993).

Der Bedeutung von Barium bei Mensch und Tier wurde bisher wenig Bedeutung geschenkt, so dass nur sehr spärliche Untersuchungsergebnisse in Bezug auf das Stoffwechselverhaltens vorlagen.

CUDDIHY und OZOG (1973) stellten fest, dass die lösliche Form von Barium in allen Bereichen des Respirationstrakts ohne weiteres absorbiert wurde. Die Absorption von $^{133}\text{BaCl}_2$ über die Nase eines Hamsters belief sich 4 Stunden nach der Gabe auf etwa auf 60 – 80 % und die alveoläre Absorption erfolgte in einem ähnlichen Ausmaß. Barium gelangt überwiegend mit der Nahrung in den Magen-Darm-Trakt, wird hier resorbiert und geht ebenfalls wie Strontium vom Blut in den Knochen über. TAYLOR et al. (1962) ermittelten in ihren Untersuchungen an Ratten, dass die Jungtiere Barium nahezu vollständig resorbierten und die Resorptionsrate mit dem Alter sank.

Alle Erdalkalimetalle haben die Tendenz, sich im Skelett anzureichern. ELSASSER et al. (1969) ermittelten eine Präferenz von Barium für die Knochenoberfläche. Nach einer intravenösen Gabe von $^{133}\text{Ba}^{2+}$ bei Hunden war die spezifische Aktivität im Brustbein am höchsten, gefolgt vom Kreuzbein, Wirbelsäule, Rippen, Oberarm und Oberschenkel.

SCHROEDER et al. (1972) stellten bei Menschen eine Akkumulationstendenz mit zunehmendem Alter fest. Dabei kam es zu einer vermehrten Bariumanreicherung in der Lunge (Staubexposition) sowie in Aorta, Niere und Milz. Die Konzentrationen von Barium waren bei Kindern in Aorta, Herz, Niere, Leber, Milz und Muskulatur höher als bei älteren Personen. Bei ihren Untersuchungen an Personen verschiedener Herkunft ermittelten sie unterschiedliche Ba-Konzentrationen in den Geweben.

Die Ausscheidung des oral aufgenommenen Bariums erfolgt bevorzugt über den Magen-Darm-Trakt. In den Faeces wurden annähernd 91 %, 6 % im Schweiß und 3 % im Urin gefunden (SCHROEDER et al., 1972).

Ob beide Elemente für den Organismus essentiell sind, wurde in der Vergangenheit von vielen Autoren sehr unterschiedlich diskutiert. ANDERSON (1966) bezeichnete Barium und Strontium als essentielle Spurenelemente, während KAHN et al. (1969) angaben, dass Strontium keine eindeutige essentielle Funktion hat. SCHROEDER et al. (1972) kamen zu der Annahme, dass es aus ihrer Sicht unbewiesen sei, Strontium als essentielles Spurenelement zu definieren. Bezüglich Barium konnten sie keine wesentlichen biologischen Funktionen bei den Säugetieren erkennen. PETRIDES und LÖFFLER (1998) sahen in

beiden Elementen eine mögliche Bedeutung als Katalysatoren in den Enzymsystemen der Zelle.

2.2 Cadmium

2.2.1 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Cadmium

Cadmium tritt in der Nahrung und Umwelt von Mensch und Tier auf. Im Periodensystem der Elemente steht es in der zweiten Nebengruppe mit der Ordnungszahl 48 und besitzt das Symbol Cd. Cadmium ist natürlicher Bestandteil der Erdkruste (WEIGERT, 1986). Es wird als ein Spurenelement mit einem hohen Gefahrenpotential für den gesundheitlichen Verbraucherschutz betrachtet (SALMI und HIRN, 1981), das bereits in geringen Konzentrationen toxisch ist und bei fortwährender Aufnahme geringer Mengen eine potentielle Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellt (KREUZER et al., 1978). Es gehört daher zu einem der wichtigsten Umweltkontaminaten (HECHT, 1983). Es gibt 8 stabile und 15 instabile Isotope mit einer Halbwertszeit von 800 ms bis 453 Tagen (^{109}Cd). Es kommt in der Natur als Nebenbestandteil von Zinkmineralien vor. Verwendung findet dieses Schwermetall als korrosionshemmender Überzug von Stahl und Eisen (STREIT, 1994), Legierungszusatz sowie für Absorberstäbe von Kernreaktoren (BROCKHAUS, 1995). Der Cd-Gehalt im Boden hängt vom Mineraldüngereinsatz, wie z.B. Phosphatdünger, aber auch von der Industrieabluft sowie von der Klärschlammanwendung ab. Cadmium gelangt durch Emission in die Atmosphäre und lagert sich in der Regel als Oxid oder Salz an Aerosolpartikeln an, die dann in die Lunge gelangen (STREIT, 1994).

Für Cadmium existieren zwei Hauptwege der Resorption. Cadmium wird über die Lunge gut aufgenommen. Die größte Rolle bei der Aufnahme spielt der Magen-Darm-Trakt. Die intestinale Resorption ist abhängig von der chemischen Bindungsform des Elements, von der Tierart, der Rasse, dem biochemischen Verhalten innerhalb des Magen-Darm-Trakts, vom Alter der Tiere und deren Stoffwechselaktivität, der Nahrungszusammensetzung, von der Versorgung mit synergetisch-antagonistisch wirkenden Elementen und vom Gesundheitszustand der Tiere und Menschen (HECHT, 1984). Die Cd-Aufnahme erfolgt in der Regel beim landwirtschaftlichen Nutztier über das Futter (GRÜNDER, 1982; HAPKE 1983a; HECHT, 1982). Die Cd-Resorption bei Milchkühen betrug 3 - 9 % (GRÜNDER, 1982). MILLER et al. (1967) ermittelten im Kot der Milchkühe 18 % des zuvor aufgenommenen Cadmiums. SUZUKI und TAGUCHI (1980) gingen in ihren Untersuchungen davon aus, dass ein großer Teil des aufgenommenen Cadmiums in die Darmmukosa gelangt

und von dort nicht weiter in den Organismus transportiert wird. Für organisch gebundenes Cadmium ermittelte KREUZER (1973), zitiert nach SCHMID (1976) eine enterale Resorption von 37 %. KREUZER et al. (1979, 1981) fanden bei Untersuchungen in Leber und Nieren an Rinderbeständen heraus, dass bestimmte Futtermittel die Cd-Resorption begünstigen. Rübenblatt, Rübenblattsilage, insbesondere Kreuzblütlerarten und daraus bereitetes Gärfutter enthalten im Durchschnitt höhere Cd-Gehalte als andere Futtermittel (GRÖSSMANN et al., 1978). KEUZER et al. (1979, 1981) wiesen darauf hin, dass bei stärkerem Einsatz dieser Futtermittel mit höheren Cd-Konzentrationen in Leber und Nieren gerechnet werden muß. VAN BRUWAENE und KIRCHMAN (1979), VAN BRUWAENE et al. (1983), GRÜNDER (1982) und SCHÜNEMANN (1983) zeigten in ihren Untersuchungen, inwieweit die Fütterung von unterschiedlichen Cd-Isotopen bzw. von verschiedenen Cd-Verbindungen an Milchkühen Einfluss auf die Cd-Resorption haben. OSTERTAG und KREUZER (1980) fanden nach der Verfütterung einer flüssigen Ration eine verbesserte Cd-Resorption bei Schlachtschweinen vor. Zu einer Erhöhung der Cd-Resorptionsrate bei Wiederkäuern kam es bei Erkrankungen aber auch bei einer Verminderung der Passagerate innerhalb des Magen-Darm-Trakts (NEATHERLY und MILLER, 1975). CAMPBELL et al. (1978) beschrieben, dass eine marginale Zn-Gabe bei Ratten eine erhöhte Cd-Resorption und -Retention zur Folge hat.

Cadmium gelangt aus dem Magen-Darm-Trakt relativ schnell in das Blut. Zwei bis acht Stunden nach Verabreichung konnte die maximale Cd-Aktivität im Blut festgestellt werden (VAN BRUWAENE und KIRCHMAN, 1979). Nach KÄGI und VALLEE (1960) liegt Cadmium innerhalb der Erythrozyten an dem Cd- und Zn-bindenden Metallothionein vor. BJORLAND und NORHEIM (1981) fanden fast ausschließlich das gesamte Cadmium im Cytosol der Nierenrinde an Metallothionein gebunden vor. Untersuchungen an landwirtschaftlichen Nutztieren zeigten, dass Cadmium nicht gleichmäßig im Körper verteilt ist und dass die Cd-Konzentrationen zwischen aber auch innerhalb jeder Spezies sehr großen Schwankungen unterliegen.

VAN BRUWAENE und KIRCHMAN (1979) sowie VAN BRUWAENE et al. (1983) führten Isotopenstudien an Milchkühen durch. Nach einer einmaligen oralen Applikation von ^{109}Cd wurde die Verteilung des Isotops im Organismus ermittelt. Die Untersuchung erfolgte am 15., 97. bzw. 131. Tag nach Gabe des Isotops. Ein Zusammenhang bestand zwischen den Cd-Gehalten im Futter und der Cd-Konzentration in Niere und Leber. Mit steigendem Cd-Gehalt im Futtermittel kam es zu einem Anstieg von Cadmium in Niere und Leber (KREUZER et al., 1981; SCHENKEL und MERKLE, 1982). Bestätigt wurden diese Ergebnisse durch ähnliche Untersuchungen an Jungbullen (VREMAN und DE RUIG, 1980a) und Schweinen (COUSINS

et al., 1973). Bei einer Fütterungsstudie in Schweinemastbetrieben wiesen die Nieren die höchsten Konzentrationen an Cadmium auf. Sie lagen 2 – 9mal höher als die der Leber bzw. 15 - 40mal höher als die Cd-Gehalte in der Muskulatur (OSTERTAG und KREUZER, 1980). SALISBURY et al. (1991) machten in ihren Untersuchungen an kanadischen Schlachtpferden darauf aufmerksam, dass im Vergleich zu anderen Spezies die Cd-Konzentrationen in deren Geweben, insbesondere Leber und Niere, am höchsten waren. Die höchsten Werte für Nieren und Leber betragen 185 und 43,5 µg/g. Eine Altersabhängigkeit bezüglich der Cd-Konzentration in den Nieren bei finnischen Pferden bestand laut SALMI und HIRN (1981). Mit zunehmendem Alter stieg der Cd-Gehalt in der Niere an, wobei eine Abnahme zwischen dem 25. - 30. Lebensjahr zu verzeichnen war. Bestätigt wurde diese Aussage im Hinblick auf die Cd-Konzentration beim Menschen. Der Cd-Gehalt steigt bis zum 50. Lebensjahr an und nimmt nachfolgend ab (KJELLSTRÖM, 1979). Cadmium hat eine biologische Halbwertszeit von mehr als 10 Jahren und wird daher in einigen Organen über einen langen Zeitraum in erheblicher Menge gespeichert (STOEPLER, 1991).

Der überwiegende Anteil des oral aufgenommenen Cadmiums wird über den Kot ausgeschieden (MILLER et al., 1967; HOFFMANN et al., 1980). Der Kot enthält einen nicht resorbierbaren und endogenen Cd-Anteil. Endogenes Cadmium entstammt den abgeschilferten Darmmukosazellen und dem Gallen- und Pankreassaft (MILLER, 1973). NEATHERLY und MILLER (1975) kamen zu dem Ergebnis, dass die maximale Ausscheidung am zweiten Tag nach oraler Gabe von radioaktivem Cadmium erfolgte. Ein weiterer Exkretionsweg erfolgt über die Niere. Untersuchungen an Färsen (WENTINK et al., 1988) und Milchkühen (MILLER et al., 1967) ergaben eine sehr geringe renale Cd-Ausscheidung, sofern keine Schädigung des Nierenparenchyms vorliegt. Anhand von verschiedenen Fütterungsversuchen bei Milchkühen, die 14 Tage lang etwa 200 - 300 mg/kg Futter in ihrer Ration erhielten, lag die Cd-Ausscheidung bei weniger als 0,22 % der verabreichten Menge (MILLER et al., 1967).

2.2.2 Cd-Konzentrationen in Organen

Der Cd-Status wird am sichersten über die Niere und Leber dargestellt. Eine Vielzahl von Autoren stimmen in der Meinung überein, dass sich die Niere und Leber verschiedener landwirtschaftlicher Nutztiere als Indikatororgane zum Nachweis des toxischen Elements Cadmium eignen (KREUZER und ROSOPULO, 1981; KREHL et al., 1982; BALDINI et al.,

2000). Die Nieren von Schlachtrindern wiesen ausschließlich die höchsten Cd-Gehalte auf, gefolgt von der Leber. Die Muskelproben enthielten die geringsten Cd-Werte. Der Medianwert für Cadmium betrug 0,230 in den Nieren, 0,050 in Leber und in der Muskulatur lag er unterhalb von 0,0005 mg/kg. Rinder mit hohen Cd-Gehalten in den Nieren zeigten auch relativ viel Cadmium in der Leber (KREUZER et al., 1978). KREUZER et al. (1977) ermittelten bei Schweinen einen 4mal höheren Cd-Gehalt im Nierengewebe als in der Leber. Zu einem zwei- bis vierfachen Anstieg der Cd-Konzentration im Nierengewebe im Vergleich zur Leber kam es bei Untersuchungen an Ratten (DECKER et al., 1958). SHARMA et al. (1979); HOFFMANN et al. (1980) und VREMAN et al. (1980a) konnten anhand experimenteller Untersuchungen an Rindern nachweisen, dass dosisabhängige Cd-Gehalte in Nieren, Leber und Muskulatur durch Cd-Zusätze im Futter vorlagen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam SCHENKEL (1981) bei Schweinen. Bei der Ermittlung der Cd-Gehalte in Nieren, Leber und Muskulatur von Schlachtschweinen in Abhängigkeit von unterschiedlichem Fütterungsregime fiel auf, dass die Nieren stets die höchsten Cd-Gehalte aufwiesen, gefolgt von den Lebern. Die geringste Konzentration wurde in der Muskulatur gemessen (OSTERTAG und KREUZER, 1980). THIND und FISCHER (1975) wiesen durch Versuche an unbehandelten Hunden eine Speicherung in der Niere, bei mit Cadmium behandelten Tieren eine erhöhte Akkumulation in Niere und Leber nach. Pferde reabsorbieren ebenfalls bedeutend höhere Cd-Gehalte in den Nieren (JEFFERY et al., 1989). Das Pferd nimmt eine Sonderstellung bezüglich der Cd-Anreicherung ein. Der Cd-Gehalt ist nicht nur in Niere und Leber, sondern auch im Pferdefleisch bedeutend höher als im Fleisch von landwirtschaftlichen Nutztieren aus mit Cadmium hochbelasteten Gebieten (ANKE et al., 1978 zitiert nach GRÖSSMANN, 1982; HOLM, 1979, zitiert nach GRÖSSMANN, 1982; HECHT, 1983). Schwedische Forscher gaben an, dass das Pferd als Indikator für die Cd-Verunreinigungen der Umwelt gesehen werden kann (ELINDER, 1981). Die Niere stellt das sicherste Organ zum Nachweis von Cadmium beim landwirtschaftlichen Nutztier und Pferd dar. Obwohl der Gehalt der Leber meistens unter der Cd-Konzentration der Niere liegt und zwischen beiden Organen eine Korrelation hinsichtlich deren Konzentrationen besteht, kann diese ebenfalls als Indikatororgan für den Cd-Gehalt fungieren. Die durchschnittliche Cd-Konzentration in den Nieren bei schwedischen Pferden lag 5mal höher als die von Menschen (ELINDER und PISCATOR, 1978). Das Pferd nimmt eine besondere Rolle im Nachweis des toxischen Schwermetalls Cadmium ein. SALISBURY et al. (1991) stellten heraus, dass im Vergleich zu anderen Haustieren der Cd-Gehalt in Pferdenieren am höchsten ist.

2.2.2.1 Cd-Konzentrationen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Bei allen Tierarten findet man in den Nieren für Cadmium eine ausgeprägte Altersabhängigkeit, die zum einen von der Tierart und zum anderen von den Cd-Gehalten in den Futtermitteln abhängig ist. Die meisten Nutztiere werden recht jung geschlachtet, mit Ausnahme der Pferde (HECHT, 1983).

Eine lineare Beziehung bei Rindern besteht zwischen dem Cd-Gehalt in der Niere und dem Alter (AGTHE und DICKEL, 1980). Auch KREUZER et al. (1978) kamen zu der gleichen Aussage, bezogen aber die Leber mit ein. Der Cd-Gehalt der Lebern von Zuchtsauen wies ebenfalls eine lineare Korrelation zum Alter auf. Heidschnucken zeigten eine etwas stärkere Altersabhängigkeit des Cd-Gehaltes der Leber, die mit großer Wahrscheinlichkeit auf deren Fressgewohnheiten zurückgeführt werden kann. Gleiches trifft für Pferde zu. Hier besteht eine noch ausgeprägtere Cd-Akkumulation (HECHT, 1983; BALDINI et al., 2000). In den Nieren nimmt der Cd-Gehalt mit dem Alter zu (TEILMANN und HANSEN, 1984; BALDINI et al., 2000). Im Gegensatz dazu bestand bei HOLTERMANN et al. (1984) keine altersabhängige Akkumulation. TEILMANN und HANSEN (1984) ermittelten bei Pferden die höchste durchschnittliche Cd-Konzentration im Alter zwischen dem 7. und dem 10. Lebensjahr. Eine geringe Abnahme bestand bei Pferden, die älter als 10 Jahre waren (TEILMANN und HANSEN, 1984) bzw. im Alter von 25 bis 30 Jahren (BJORLAND und NORHEIM, 1981; SALMI und HIRN, 1981). Die gleiche Tendenz besteht bei den menschlichen Nieren. Ab dem 50. Lebensjahr nahm der Cd-Gehalt ab (KJELLSTRÖM, 1979).

Bei der Überprüfung verschiedener Altersgruppen der Menschen wiesen Nieren und Lebern von Frauen höhere Cd-Gehalte auf als bei Männern (KJELLSTRÖM, 1979). SANSONI et al. (1974) und KREUZER et al. (1978) konnten bei Rindern keinen Einfluss hinsichtlich des Geschlechts auf die Cd-Konzentration in Leber und Niere feststellen. HECHT (1986) bestätigte diese Aussage für die Leber. In den von BALDINI et al. (2000) durchgeführten Untersuchungen konnte eine verstärkte Cd-Akkumulation in Niere, Leber und Muskulatur bei Stuten nachgewiesen werden. WEYERMANN und LÜCKER (1998) stellten eine geschlechtsunabhängige Cd-Anreicherung in der Muskulatur fest.

2.2.3 Interaktion des Cadmiums zu anderen Spurenelementen

2.2.3.1 Cadmium und Zink

Der Cd- und Zn-Stoffwechsel beeinflussen sich gegenseitig (UNDERWOOD, 1977). Cadmium und Zink werden beide an Metallothionein, ein Protein mit einem relativ kleinen Molekulargewicht, gebunden und transportiert (FRIBERG et al., 1974).

Eine Cd-Akkumulation in der Nierenrinde und Leber geht mit einem Anstieg der Zn-Konzentration bei Labortieren und Menschen einher. Die Erhöhung der Zn-Konzentration scheint von der Cd-Konzentration abhängig zu sein (ELINDER und PISCATOR, 1978; SCHROEDER et al., 1961; SUZUKI, 1979). ELINDER und PISCATOR (1978) ermittelten in ihren Untersuchungen einen equimolaren Konzentrationsanstieg beider Elemente bis zu einem Cd-Gehalt von 50 µg/g. Ein vermehrter Anstieg der Cd-Konzentration führte gleichermaßen zu einer Erhöhung der Zn-Konzentration in Leber und Niere bei schwedischen Pferden (ELINDER et al., 1981c). Die Metallothioneinsynthese wird von beiden Elementen induziert (GOYER, 1995). Der Zn-Gehalt in der Leber steigt nach einer Cd-Gabe dadurch an, dass an zwei von acht Metallbindungsstellen Zink bindet (WINGE et al., 1978). Der Anstieg des Zn-Gehaltes in der Nierenrinde wurde ebenfalls auf die entsprechende Formation von Metallothionein zurückgeführt (KÄGI et al., 1974). PISCATOR (1966) begründete die selektive Akkumulation des Cadmiums in der Niere mit der Rückresorption des Metallothioneins in die renalen Tubuli. BJORLAND und NORHEIM (1981) konnten anhand ihrer Untersuchungen an 50 norwegischen Pferden darlegen, dass zwischen der Cd- und Zn-Konzentration in den Nieren eine lineare Korrelation besteht. Der Zn-Gehalt betrug in etwa die Hälfte der Cd-Konzentration. Nach parenteraler Cd-Zufuhr bei Hunden zeigten THIND und FISCHER (1975) eine signifikante Zn-Akkumulation in Leber, Niere und Sternum im Vergleich zu unbehandelten Hunden.

2.2.3.2 Cadmium und Kupfer

WASHKO und COUSINS (1977) wiesen bei Ratten experimentell nach, dass eine Akkumulation von Cadmium in der Niere mit einem Anstieg der Cu-Konzentration einhergeht. Zu einem gegensätzlichen Ergebnis kamen CAMPBELL und MILLS (1974), CAMPBELL et al. (1978) und BREMNER (1979) bezüglich der Leber. NORDBERG et al. (1979) ermittelten keinen signifikanten Anstieg der Cu- mit der Cd-Konzentration an schwedischen Pferdenieren. Gleiches stellten SCHROEDER et al. (1961), ANKE und SCHNEIDER (1971)

sowie PISCATOR und LIND (1972) bei ihren Untersuchungen an menschlichen Nieren fest. Begründet erscheint der Cu-Anstieg in der Niere durch eine Metallothioneinformation, die eine gleichzeitige Bindung von Cadmium und Kupfer ermöglicht (SUZUKI et al., 1977; SUZUKI und TAKENAKA, 1979). Durch einen Versuch an Hennen, Enten, Kaninchen, Ziegen und Schweinen konnten ANKE et al. (1970) belegen, dass bei einer erhöhten Cd-Gabe die Cu-Reserven des Körpers erschöpft werden. Der Abbau von Kupfer betrifft nicht nur die Leber, die als eigentliches Cu-Speicherorgan fungiert, sondern auch die Haare, Gefieder, Muskulatur und Skelett.

2.2.4 Auswirkungen von Cadmium auf die Gesundheit

Ein potentielles Gesundheitsrisiko besteht durch die Aufnahme von Cadmium für Tier und Mensch. Insbesondere die Rückstände in Lebensmitteln tierischen Ursprungs stellen eine Gefahr für den Konsumenten dar (KREUZER und ROSOPULO, 1981). Das Gremium für Kontaminanten in der Lebensmittelkette der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) legte 2009 erneut Höchstgrenzen für die tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge von Cadmium auf 2,5 µg/kg KG fest. HECHT (1983) wies darauf hin, dass chronische Erscheinungen durch die Aufnahme kleinster Mengen von Cadmium über einen langen Zeitraum entstehen. Das einmal resorbierte toxische Element wird vom Körper nicht oder nur teilweise ausgeschieden und verbleibt in Depots, vor allem in Niere und Leber. Dadurch kommt es nach einiger Zeit zu einem Konzentrationsanstieg in den Speicherorganen. Unter Stressbelastung wird das locker gebundene Cadmium zum Teil remobilisiert. Die Folge sind Vergiftungserscheinungen. Nach einer langen Aufnahme kann es zu chronischen Nierenschädigungen, einhergehend mit Störungen im Mineralstoffwechsel kommen. Leberfunktionsstörungen und Knochenveränderungen sind ebenfalls möglich. KREUZER et al. (1981) konnten durch Fütterungsversuche an Rindern darlegen, dass bei durchschnittlichen Cd-Gehalten von 0,22 bis 0,88 mg/kg TS bzw. 0,10 bis 0,24 mg/kg FG keine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit und Gesundheit vorlagen. Symptome wie verminderte Futteraufnahme, Gewichtsverluste, reduzierte Milchleistung, Aborte und Anämie traten erst bei Cd-Gehalten von 100 bis 300 mg/kg TS auf. Zu Intoxikationserscheinungen kam es bei Cd-Gehalten über 640 mg/kg TS. Bei Kälbern verursachten bereits Cd-Gehalte von 40 mg/kg TS im Futter einen leichten Rückgang des Hämoglobinwertes im Blut und Wachstumsdepressionen (KREUZER et al., 1981). SHARMA et al. (1979) stellten bei Untersuchungen an Mastschweinen ein vermindertes Wachstum ab 10 mg/kg TS fest. ANKE

et al. (1970) konnten an Ziegen, die mit einer Cd-supplementierten Ration gefüttert wurden, den Einfluss von Cadmium auf Wachstum und Fortpflanzung nachweisen. Bei Gabe von 500 mg/kg im Futter blieben sie unterentwickelt und die Spermaqualität war vermindert.

2.3 Kupfer, Zink, Mangan und Chrom

2.3.1 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Kupfer

Das chemische Element Kupfer (Cu) steht in der 4. Periode des Periodensystems und besitzt die Ordnungszahl 29. Kupfer nimmt etwa 0,007 % der festen Erdkruste ein und liegt überwiegend als Kupfermineral vor. Kupferkies, Kupferglanz, Rotkupfererz und Malachit sind die wichtigsten Kupfererze. Das Metall wird auf Grund seiner hohen elektrischen Leitfähigkeit in der Elektroindustrie eingesetzt. Zum Einsatz kommt es in Form von Kupferlegierungen wie Bronze und Messing (FALBE und REGITZ, 1997).

Wie alle essentiellen Spurenelemente dient Kupfer im Organismus als Biokatalysator. Es ist bekannt, dass Kupfer für die Blutbildung, die Erythro- und Hämatopoese, die Ausbildung der Knochen und des Bindegewebes, die Keratinisierung des Haares und die Pigmentation, die Myelinisierung der Nervenbahnen des Rückenmarks und die Fortpflanzung und das Wachstum von erheblicher Bedeutung ist.

Primäres Speicherorgan ist die Leber. Durch die Bestimmungen der Cu-Konzentrationen in der Leber ist am ehesten Aufschluss über den Cu-Status des Tieres zu erlangen. Zahlreiche Studien befassten sich mit dem Einfluss von Cu-Zulagen auf die Rückstandsbildung in diesem Organ. Cu-Zulagen in der für die Erzielung einer optimalen Leistungssteigerung notwendigen Höhe führen zu Cu-Rückständen im Körper der Tiere. Im Wesentlichen hängt das Ausmaß der Rückstandsbildung von der Menge, Art, Dauer der Cu-Supplementierung sowie vom Protein-, Zn- und Fe-Gehalt ab. Einen Einfluss haben ebenso der Status des Tieres und die verabreichten Futterzusatzstoffe (PROTHMANN, 1975). Die Cu-Konzentration in der Hundeleber liegt zwischen 200 und 400 mg/kg TS (KEEN et al., 1981).

Der Cu-Bedarf der Haussäugetiere ist gering und wird in der Regel durch die Fütterung voll gedeckt. Bei ausgewachsenen Hunden liegt er in Analogie zu anderen Spezies, bei etwa 0,1 mg Cu/kg KM (MEYER und ZENTEK, 2005).

Das bei Hunden mit dem Futter aufgenommene Kupfer wird über spezifische Transportmechanismen der proximalen Dünndarmschleimhaut in das Zellinnere aufgenommen, der Weitertransport bis in das Blut erfolgt über Metallothionein (MEYER und

ZENTEK, 2005). Die Resorptionsrate von Cu-Verbindungen des menschlichen Darmes betrug annähernd 30 %, wovon nur 5 % in den Körper gelangten und 25 % über die Galle ausgeschieden wurden (STREIT, 1994).

Beim Schwein ist die Absorptionsrate abhängig von der Höhe des Cu-Angebotes. Sie variierte zwischen 2,9 und 8,7 % (BOWLAND et al., 1961). Hohe Ca-, Zn-, Mo-, So₄- und Cd-Zulagen vermindern die Cu-Verwertung (MEYER und ZENTEK, 2005). MC DOWELL (1992) wies ebenfalls darauf hin, dass hohe Zn- und Mo-Gaben die Absorption von Kupfer verminderten. Ist Kupfer in die Blutbahn eingetreten, wird es lose an Serumalbumin gebunden und im Organismus verteilt (BOWLAND et al., 1961).

Die Speicherung des überschüssig aufgenommenen Kupfers erfolgt in der Leber, dem zentralen Speicherorgan des Kupferstoffwechsels, oder es wird mit der Gallenflüssigkeit in den Darm ausgeschieden. Vierundzwanzig Stunden nach einer intravenös applizierten Cu-Dosis befanden sich 40 % in der Gallenflüssigkeit und nur ein in Spuren befindlicher Anteil im Harn. Nach 96 Stunden waren 64 % in den Faeces nachzuweisen (BOWLAND et al., 1961).

ANKE und SCHNEIDER (1971) ermittelten bei Menschen eine Geschlechts- und Altersabhängigkeit. Bei Frauen wiesen die Lebern signifikant mehr Kupfer auf als die der Männer. Demgegenüber ließ sich jedoch kein Geschlechtseinfluß in den Nieren nachweisen. Die Cu-Konzentrationen in Leber, Niere und Rippenknochen nahmen von der Geburt bis zum Lebensende ab. PLUMLEE und JOHNSON (1996) fanden bei den Untersuchungen von Pferdenieren und -lebern keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechter- und Altersgruppen.

Bei Schlachttieren konnten SALISBURY et al. (1991) in den Lebern teilweise Cu-Konzentrationen von mehr als 150 µg/g FS feststellen.

2.3.2 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Zink

Zink ist ein essentielles Spurenelement. TODD et al. (1934) wiesen erstmalig beim Säugetier, insbesondere der Ratte die Essentialität nach. Gemeinsam mit Cadmium und Quecksilber bildet Zink die zwölfte Gruppe im Periodensystem der Elemente.

Bereits im 3. Jahrhundert vor Christus war die Zink enthaltende Kupferlegierung Messing in Babylonien und Assyrien bekannt. Der Goslarer Hüttenmeister Georg Engelhard von Löhneyss (1552 – 1625) verwendete erstmals den Namen Zink.

In der Regel tritt Zink gebunden an andere Metalle auf. Die bedeutendsten Zinkminerale sind Galmei, Wurtzit und Zinkblende (BROCKHAUS, 1995).

Der Magen-Darm-Trakt ist der Hauptaufnahmeort für Zink. Im Dünndarm wird der größte Teil des Zinks resorbiert. METHFESSEL und SPENCER (1978) beobachteten auch eine geringe Zn-Resorption im Magen und Dickdarm.

Bei der Zn-Resorption im Magen-Darm-Trakt spielen viele Faktoren eine Rolle. Der Zn-Regulationsmechanismus wird durch zwei homöostatische Regulationen beeinflusst. Bei Mäusen trat nach einer Zn-reichen Fütterung eine geringere Resorptionsrate auf als bei den Kontrolltieren (KIRCHGESSNER und SCHWARZ, 1976).

HAMBIDGE et al. (1986) zitiert nach ANKE (1997) teilen die intestinale Zn-Resorption in vier Phasen ein: Aufnahme des Zinks in die Zelle, Transport durch die Zelle, Transfer zur portalen Zirkulation, erneute Sekretion des endogenen Zinks in die Zelle. Zink wird an höhermolekulare Proteine in der Mukosazelle gebunden und anschließend an das Blut abgegeben (COUSINS, 1979). Metallothionein scheint an der homöostatischen Regulierung des Zn-Gehaltes eine Rolle zu spielen, da es vermehrt bei einem überschüssigen Zn-Angebot in den Zellen der Mukosa gebildet wird (MENARD et al., 1981).

Das aus dem Darm resorbierte Zink wird im portalen Plasma an Albumin gebunden und zur Leber transportiert (SMITH et al., 1978). Untersuchungen von HAMBIDGE et al. (1986) zitiert nach ANKE (1997) ergaben, dass von der Leber 30 – 40 % des aufgenommenen Zinks in das Blut zurückgeführt werden. Ein Großteil des Zinks (75 - 88 %) befindet sich in den Erythrozyten, der Rest im Plasma (12 – 22 %) und in den Leukozyten sowie den Blutplättchen (3 %).

In Leber, Niere, Pankreas und Darm findet eine Bindung des Zinks an Metallothionein statt, welches sich im Cytosol der Zellen befindet (CHEN et al., 1977). Nach einer hohen Zn-Aufnahme hat das Metallothionein die Funktion, überschüssige Zn-Mengen zu binden und deren schädigende Wirkung zu verhindern. Zu einer raschen Freisetzung des in Metallothionein gebundenen Zinks kommt es bei einem Zn-Mangel (CHEN et al., 1977).

Der Hauptausscheidungsweg des Zinks bei Säugetieren erfolgt über die Abgabe mit den Faeces (HAMBIDGE et al., 1986 zitiert nach ANKE, 1997). COTZIAS et al. (1962) beschrieben, dass die Zn-Sekretion über den Darm homöostatisch geregelt ist. Nach einmaliger intravenöser Applikation von Zink an Zn-Mangelratten schieden diese weniger Zink über den Darm aus, als Tiere mit einem ausreichenden Zn-Status (SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1976). Die höchste Sekretion von ⁶⁵Zn erfolgte bei Ratten in Duodenum,

Jejunum und Ileum. In den Magen, Caecum und Colon wurde weniger ausgeschieden (METHFESSEL und SPENCER, 1973).

DRINKER et al. (1927) beschrieben, dass es bei einem hohen bzw. niedrigen Zn-Gehalt der Nahrung zu einem Anstieg bzw. einer Abnahme der Zn-Konzentration im Harn der Katze kommt. Bei Katzen und Hunden wird die renale Zn-Exkretion nicht durch die aufgenommene Zn-Dosis beeinflusst (ÖZPINAR et al., 1995).

METHFESSEL und SPENCER (1973) stellten heraus, dass die Zn-Verwertung bei Ratten mit zunehmendem Alter sinkt.

2.3.2.1 Indikatororgane des Zn-Status

Der Zn-Gehalt von Rippen, Deckhaar, Blutserum, Milch und die Aktivität der alkalischen Phosphatase des Serums sind zur Ermittlung des Zn-Status beim Menschen geeignet (GRÜN und KRONEMANN, 1978). GROPPPEL und HENNIG (1971) fanden bei der Analyse von verschiedenen Organen und der Haare bei Ziegen und ihren Nachkommen, dass die Milch und das Deckhaar der erwachsenen Ziegen eine sichere Aussage über die Zn-Versorgung geben. Bei frisch geborenen Lämmern zeigten Leber und Femur die Zn-Versorgung an.

Bei Rindern und Schafen wurde die Zn-Konzentration in Rippen, Deckhaar und Leber von ANKE et al. (1978) ermittelt. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass diese Körperteile den Zn-Status repräsentieren. ROTH und KIRCHGESSNER (1977) zeigten, dass die Zn-Konzentration des Femurs bei Ratten vom Zn-Gehalt des Futters abhängig ist, während die Leber unbeeinflusst bleibt.

Zn-arm ernährte Katzen zeigten eine signifikante Erniedrigung der Zn-Konzentration in Blutplasma und Leber (KANE et al., 1981). Nach exzessiver Zn-Fütterung kam es zur Erhöhung der Zn-Konzentration in Leber, Nieren und Knochen bei Katzen und Hunden, die nach Gabe einer Zn-armen Ration wieder auf Normalwerte sank (DRINKER et al., 1927). Die Lebern von Hunden enthielten signifikant mehr Zink als die Nierenrinden und die Nierenmarkproben (THIND und FISCHER, 1975). Nach einer Cd-Gabe konnten sie einen Zn-Konzentrationsanstieg in den Nieren, Lebern und im Sternum der Hunde nachweisen. BALAZS (1978) konnte bei Hunden die höchsten Zn-Konzentrationen in Leber, Niere, Prostata, Haaren, Zähnen und Knochen ermitteln.

2.3.2.2 Zn-Gehalt in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Bei Menschen fanden ANKE et al. (1978) eine Geschlechtsabhängigkeit. Kinder akkumulieren im ersten Lebensjahr signifikant mehr Zink in den Rippen als ältere Personen. Bei Frauen ermittelten ANKE und SCHNEIDER (1971) in den Lebern und Rippen sowie ANKE et al. (1978) im Kopfhhaar signifikant mehr Zink als bei den Männern. Bei Wild- und landwirtschaftlichen Nutztieren konnten keine Altersabhängigkeit oder ein Einfluss des Geschlechts auf den Zn-Gehalt in Muskulatur und Organen nachgewiesen werden (HECHT, 1986). Bis zur achten Lebenswoche der Katze stieg der Zn-Gehalt des Femurs an und verminderte sich nachfolgend. Tendenziell enthielten Kater eine höhere Zn-Konzentration im Femur als weibliche Katzen (STRATMANN, 1988). In Leber und Nieren ermittelten PIECHOTTA und KOLB (1994) einen altersabhängigen Zn-Gehalt, den sie auf die unterschiedliche Zn-Versorgung zurückführten. BALAZS (1978) fand in seiner Studie eine statistisch gesicherte Zn-Akkumulation in Hundezähnen mit zunehmendem Alter und eine tendenziell zunehmende Speicherung von Zink in Haaren bis zum 9. Lebensjahr. Nachfolgend zeigten die Hunde eine signifikante Abnahme der Zn-Konzentrationen in den Haaren. ANKE (1997) konnte darstellen, dass gesunde Katzen in Großhirn, Nieren und Leber signifikant weniger Zink speicherten als erkrankte Katzen. Das betraf besonders die Tiere, die an Feliner Infektiöser Peritonitis litten. Bezüglich des Geschlechts konnte sie keinen Einfluss auf die Zn-Konzentration der Gewebe und Organe finden.

2.3.3 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Mangan

Mangan steht im Periodensystem der Elemente in der siebenten Nebengruppe mit der Ordnungszahl 25.

Schon seit Jahrtausenden werden Mn-Verbindungen vom Menschen genutzt. Mn-Oxid wurde bereits 2500 Jahre vor unserer Zeitrechnung zur Herstellung von Farbe verwendet (ZUMKLEY und KISTERS, 1990). J.G. Gahn gelang es 1774, elementares Mangan aus Braunstein zu isolieren (SCHRIEVER und SCHUH, 1976), nachdem im gleichen Jahr der schwedische Chemiker C.W. Scheele das Mangan im Braunstein entdeckt hatte. Buttmann und Klaproth führten den Namen Mangan 1808 ein (ZUMKLEY und KISTERS, 1990).

Auf die Essentialität und Bedeutung für das Tier wiesen KEMMERER und TODD (1931), SKINNER et al. (1932) sowie KIRCHGESSNER et al. (2008) hin.

Mangan gehört zu den Schwermetallen, kommt in der Natur nicht als freies Metall sondern vor allem als Oxid (Braunstein, Pyrolusit, Manganit und Hausmannit), Sulfid (Manganblende, Hauserit), Karbonat (Manganspat) und Silikat (Tephorit, Rhodonit) vor (STREIT, 1994).

Zur Herstellung von Legierungen, Trockenbatterien, Glas- und Keramikfarben, Holzschutzlacken, Fungiziden, Düngemitteln, Gummierzeugnissen, Zündhölzern, Feuerwerkskörpern und zum Elektroschweißen ist Mangan unabdingbar (ZUMKLEY und KISTERS, 1990).

Tiere nehmen Mangan hauptsächlich über den Magen-Darm-Trakt auf (MENA, 1980). Im Dünndarm wird Mangan absorbiert (KIRCHGESSNER, 2008), kleinere Mn-Mengen werden im Dickdarm aufgenommen (SCHROFF, 1992). Die Resorptionsrate von oral verabreichtem Mangan belief sich beim gesunden Menschen auf 3 % (MENA et al., 1969). Hingegen ermittelten MENA et al. (1969) bei anämischen Patienten eine intestinale Mn-Resorption von 7,5 %. Die Mn-Resorption bei adulten Ratten betrug 3 – 4 % (GREENBERG et al., 1943). SCHROFF (1992) ermittelte in In-vivo-Versuchen bei Ratten eine abnehmende Resorption des Mangans in den ersten 30 Minuten nach der Mn-Gabe, nachfolgend stellt sich eine konstante Mn-Aufnahme ein. Die Resorptionsrate von radioaktivem Mangan beim Geflügel und Wiederkäuer vermindert sich mit der Dauer der Verabreichung (ANKE et al., 1972).

Die Mn-Resorption ist ein in zwei Schritten ablaufender Prozess, bei dem Mangan zum einen vom Lumen aufgenommen und danach durch die Mukosa transportiert wird (THOMSON und VALBERG, 1972). In diesen Prozessen konkurrieren Mangan, Eisen und Kobalt um gemeinsame Bindungsstellen im carriervermittelten Transportsystem. Bei Eisenmangelratten hemmt der Zusatz von Eisen und Kobalt die Mn-Aufnahme (THOMSON et al., 1971).

Trächtige Sauen und Ratten resorbieren im Vergleich zu nichtträchtigen Tieren mehr Mangan (GAMBLE et al., 1971; KIRCHGESSNER et al., 1980, 1981a, 1982).

Die pulmonale Aufnahme von Mangan ist sehr gering und spielt daher eine untergeordnete Rolle. Entsprechend der Partikelgröße werden kleine Partikel von den Lungenalveolen resorbiert, größere Partikel werden in den Atemwegen zurückgehalten und expektoriert. Inhalierendes Mangan wird zu 60 – 70 % sekundär abgeschluckt und danach intestinal resorbiert (MENA et al, 1969).

Nach der intestinalen Aufnahme gelangt Mangan in den Pfortaderkreislauf, wo es frei oder an α_2 -Makroglobulin gebunden zur Leber transportiert wird. Im systemischen Blutkreislauf tritt ein geringer Teil des an α_2 -Makroglobulin gebundenen Mangans über (HURLEY and KEEN, 1986) und wird durch ein β -Globulin zu den Organen transportiert (DAVIDSSON et al., 1989). MAHONEY und SMALL (1968) beschrieben, dass die Erythrozyten kleinere

Mengen ^{54}Mn aufnehmen. Leber, Niere und Pankreas akkumulierten größere Mengen. Das Element reichte sich vorwiegend in den Mitochondrien an (MAYNARD und COTZIAS, 1955).

Die Elimination über die Gallenflüssigkeit ist der Hauptausscheidungsweg (PAPAVASILIOU et al., 1966). Nach der Applikation steigender Mn-Mengen kam es zu einer erhöhten Exkretion über die Galle (KLAASSEN, 1974).

Weitere Exkretionswege über die Bauchspeicheldrüse (BURNETT et al., 1952) und Dünndarm (BERTINCHAMPS et al., 1966) sind möglich.

2.3.3.1 Indikatororgane des Mn-Status

Die Mn-Versorgung verschiedener Gewebe bei Mn-Mangel- und Kontrollziegen wurden von ANKE et al. (1978) analysiert. Es wurden 16 Gewebe geprüft. Die Lebern von Mn-Mangelziegen verminderten die Mn-Konzentration um rund 60 %. Sie reflektierten den Mangel am deutlichsten. Nieren, Herzmuskel, Deckhaar und Ovar zeigten einen verminderten Mn-Gehalt von etwa 45 %.

ANKE et al. (1978) überprüften bei Rindern und Schafen den Mn-Status. Sie stellten eine gesicherte Abhängigkeit der Organmanganwerte in Leber, Niere, Deckhaar und Großhirn fest.

2.3.3.2 Mn-Konzentrationen in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Erkrankungen

Eine Alters- und Geschlechtsabhängigkeit hinsichtlich des Mn-Gehaltes beim Menschen bestand in Nieren und Rippen. Bei Frauen enthielten beide Organe im Mittel mehr Mangan als die bei Männern. Der Mn-Gehalt verringert sich mit zunehmendem Alter (ANKE et al., 1978).

Hingegen fanden SCHROEDER et al. (1966) in Organen von Menschen keine Altersabhängigkeit der Mn-Konzentration.

Im Vergleich zu adulten Katzen stellte STRATMANN (1988) bei Katzen im Alter von 4 bzw. 8 - 12 Wochen einen höheren Mn-Gehalt in Leber und Knochen fest.

Eine Verminderung des Mn-Gehaltes von Leber, Nieren, Kopfhaar, Herzmuskel, Großhirn, Rippen, Hoden, Lunge und Vollblut bestand bei chronischer Niereninsuffizienz des Menschen (STEIN et al., 1979).

Bei Malignomen ohne Leberbeteiligung traten erhöhte Mn-Werte in der Leber auf (SCHNEIDER und ANKE, 1971). ANKE (1997) fand bei der Gegenüberstellung von gesunden und kranken Katzen eine erhöhte Mn-Akkumulation in Lebern der kranken Katzen. Auf die Mn-Konzentrationen der Nieren nahmen die verschiedenen Krankheiten keinen Einfluss. Das Geschlecht hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Mn-Konzentrationen der Gewebe, wobei sich herausstellte, dass die Kastration bei Katzen die Leber-Mn-Konzentrationen beeinflusste. Bezogen auf das Alter speicherten Katzen im Alter bis zu einem Jahr in den Nieren signifikant und in den Lebern tendenziell mehr Mangan als ältere Katzen.

2.3.4 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Chrom

Chrom ist ein silberglänzendes, hartes und sprödes Metall. Es steht in der 4. Periode des Periodensystems und besitzt die Ordnungszahl 24. Natürlicherweise hat Chrom 4 stabile Isotope (mit der Masse: 50, 52, 53 und 54) und 8 instabile mit einer Halbwertszeit von 50 ms bis 28 Tagen. Das instabile Isotop ^{51}Cr wird auf Grund seiner Eigenschaft als γ -Strahler in der medizinischen Diagnostik eingesetzt. Ferner findet Chrom Anwendung zur Herstellung zahlreicher Legierungen, wie Chrom-Nickel- und Chrom-Kobalt-Legierungen sowie in der Metallurgie als Rostschutz und Grundstoff für Farben (STREIT, 1994).

In der Erdkruste nimmt Chrom etwa einen Anteil von 0,02 % ein und zählt damit zu den häufigsten Elementen (FALBE und REGITZ, 1996). Die Cr-Aufnahme in die Pflanze ist zum einen von der Pflanzenart und zum anderen von den verschiedenen Pflanzenteilen abhängig. Anhand von Tierversuchen und epidemiologische Untersuchungen an besonders exponierten Personen konnte die karzinogene Wirkung von Chrom(VI)-Verbindungen nachgewiesen werden. Chrom(III)-Verbindungen sind weder mutagen noch karzinogen.

Über die biochemische Funktion im Organismus ist momentan noch wenig bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass Chrom einen Einfluss auf die Glukosetoleranz hat und als Cofaktor beim Glukosetransport in die Zelle fungiert.

Chrom in seiner dreiwertigen Form ist ein essentielles Spurenelement. Es besitzt eine biologische Funktion nicht nur im Glukose- sondern auch im Lipidstoffwechsel sowie in der Proteinsynthese bei Mensch und Tier (PETRIDES und LÖFFLER, 1998). Der tägliche Bedarf eines Erwachsenen beträgt zwischen 0,05 und 0,5 mg (FALBE und REGITZ, 1996).

Die hauptsächliche Aufnahme von Chrom erfolgt in Form metallhaltiger Nahrungsmittel sowie über das Trinkwasser. Zu einem geringen Anteil wird Chrom durch Inhalation metallhaltiger Dämpfe und Stäube in die Lunge aufgenommen. Die Resorption im Darm hängt von der chemischen Form des Chroms ab. Organische Cr-Verbindungen werden zu 20 bis 25 % aufgenommen, anorganische Cr-Verbindungen nur zu 0,5 %. Chrom wird sehr effektiv über die Niere ausgeschieden (STREIT, 1994). In kleinen Mengen erfolgt auch eine Ausscheidung über Galle, Darm und Haut. Über die Verteilung im Gewebe ist noch wenig bekannt (PETRIDES und LÖFFLER, 1998). KIRCHGESSNER et al. (2008) wiesen darauf hin, dass der Transport von Chrom zum Gewebe mittels Transferrin und Plasmaproteinen erfolgt.

2.3.4.1 Cr-Konzentrationen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Während der Fetalentwicklung kommt es zu einem stetigen Anstieg der Cr-Konzentrationen in den Organen und Geweben. Mit zunehmendem Alter nimmt die Gewebekonzentration ab (ZUMKLEY und KISTERS, 1990). Der Hauptspeicherort ist die Leber (STREIT, 1994).

SCHROEDER et al. (1962) ermittelten in Nieren und Lebern Neugeborener eine Cr-Konzentration von 51,8 und 17,9 µg/g sowie bei 10 bis 20-jährigen Menschen von 3,7 und 4,6 µg/g, jeweils bezogen auf die Asche. Bei Menschen unterschiedlicher Herkunft fanden sie Konzentrationsbereiche in den Nieren von 15 bis 90 und in den Lebern von 12 bis 27 µg Cr/kg FS. Ein etwa 5 Jahre alter Hund wies in der Leber eine Cr-Konzentration von 540 µg/kg FS auf. Die Cr-Konzentration bei einer Maus zeigte mit dem Fortschreiten der Lebenszeit in der Leber weniger Chrom. Im Alter von 28 Tagen wies sie 130 und mit 183 Tagen 110 µg/kg FS auf. In der Niere betrug die Konzentration am 183. Lebenstag 30 µg Cr/kg FS.

SUMINO et al. (1975) konnten in ihrer Arbeit darstellen, dass Männer tendenziell mehr Chrom in ihren Organen akkumulierten. Die Cr-Konzentration in Lebern und Nieren von Männern betrug 78 und 83 µg/kg FS, die der Frauen 54 und 70 µg/kg FS. Die Medianwerte der beiden Organe war identisch (53 µg Cr/kg FS).

2.3.5 Vorkommen, Bedeutung und Stoffwechsel von Antimon

Das Stibium oder Antimon (chemisches Symbol Sb) ist ein zu den Halbmetallen gehörendes Element der 5. Periode und V. Hauptgruppe des Periodensystems. Seine Ordnungszahl ist

51. Bei dem elementaren Antimon (Sb) handelt es sich um ein silberweiß glänzendes, sehr sprödes, leicht pulverisierbares Metall. Antimon liegt zu einem Anteil von 0,0001 % an der oberen Erdkruste vor (DAUNDERER, 1998) und tritt gewöhnlich in Erzform in Erscheinung. Das häufigste dieser Erze ist der Grauspießglanz. Hierbei handelt es sich um langgezogene, dünne Kristalle, die büschelförmig auseinanderstreben.

Antimon findet Verwendung in der Herstellung von Halbleitergeräten, Akkumulatoren, Kabelisolierungen, in der pigmentverarbeitenden Industrie (Farben, Lacke) und in der Druckindustrie (STREIT, 1994).

In der Luft in Europa sind etwa 8 ng/m^3 Antimon nachzuweisen, im Meerwasser liegt die mittlere Konzentration bei $0,2 \text{ } \mu\text{g/l}$ (DAUNDERER, 1998). STREIT (1994) gab für Flusswasser Sb-Konzentrationen von ca. $0,1 - 1 \text{ } \mu\text{g/l}$ an. Besonders hohe Werte fand er in Fichtennadeln, Blättern von Obstbäumen und Gras ($>1000 \text{ } \mu\text{g/kg TS}$).

BERTRAM (1992) schätzte die tägliche Sb-Aufnahme mit der Nahrung auf $5 - 20 \text{ } \mu\text{g}$. Rund 15 % des mit der Nahrung aufgenommenen Antimons werden im Gastrointestinaltrakt resorbiert. Nach der Aufnahme einer unphysiologisch hohen Menge an Antimon finden sich die höchsten Mengen in Leber, Haut, Nieren, Lunge und Schilddrüse. Die langfristige Akkumulation findet in Knochen, Zähnen, Haaren, Haut, Lunge und Nebennieren statt (STREIT, 1994). Die Anreicherungen sind primär in den Zellkernen und den Mitochondrien zu finden. BOYD et al. (1931), zitiert nach FRIBERG et al. (1979) konnten nach einer oder nach wiederholter Injektion Antimon in Nieren und Lebern nachweisen. WESTRICK (1953), zitiert nach Friberg et al. (1979) fand bei Ratten, die über einen Zeitraum von etwa 45 Tagen in ihrer Futterration 2 % Antimontrioxyd enthielten, die höchsten Konzentrationen in Schilddrüse und Nebennieren ($88,9$ und $67,8 \text{ mg/kg}$). Milz, Lunge, Leber und Nieren zeigten deutlich geringere Sb-Konzentrationen ($6,7 - 18,9 \text{ mg/kg}$).

OTTO und MAREN (1950), zitiert nach FRIBERG et al. (1979) gaben an, dass die Hauptausscheidung des fünfwertigen Antimons über den Harn und des dreiwertigen über die Faeces erfolgte.

Die Halbwertszeit beträgt für den gesamten Organismus ca. 38 Tage, für Lunge und Knochen 100 Tage.

Der toxikologische Wirkungsmechanismus ist bisher nicht genau bekannt. KURODA et al. (1991) erkannten einen ähnlichen Toxizitätsmechanismus wie bei As-Verbindungen. Hierbei kommt es zu Störungen von Energiestoffwechselprozessen, wobei die dreiwertigen Sb-Verbindungen unter anderem die Oxidation von α -Ketosauren hemmen.

GERHARDSSON et al. (1982) entdeckten im Lungenkrebsgewebe verstorbener Metallschmelzarbeiter Antimon. In einer Kontrollgruppe wurde im Lungengewebe eine 12-fach niedrigere Sb-Konzentration gefunden, insofern wurde das Antimon als Co-Faktor für die Auslösung der Tumore diskutiert.

Das von Ratten inhalierte Antimontrioxyd, das in der Glas-, Keramik und Farbenindustrie verwendet wird, erzeugte bereits in niedrigen Konzentrationen Lungenkrebs (ab $1,6 \text{ mg/m}^3$). Die dreiwertigen Sb-Verbindungen wirken um ca. 10-fach toxischer als die fünfwertigen.

Derzeit vorliegend stehen somit nur vereinzelte Daten aus der Human- und Veterinärmedizin zur Verfügung.

Die Studie soll einen Überblick über die Konzentrationen von Antimon in Leber, Nierenrinde und Nierenmark vermitteln.

Bisher konnten Urin und Haaren eine gesicherte Indikatorfunktion zuerkannt werden. Derzeit wird noch diskutiert, ob Antimon ein essentielles Spurenelement für den Menschen darstellt (BERTRAM, 1992). STREIT (1994) verneinte die Essentialität.

3. Material und Methoden

3.1 Tiermaterial und Probenentnahme

Zur Erhebung des Spurenelementstatus standen Gewebeproben von 47 Hauskatzen, 50 Hunden und 21 Pferden zur Verfügung.

In der Zeit vom 7. Juni 2006 bis 14. März 2007 wurden die Proben von Hunden, Katzen und 10 Pferden im Rahmen der Sektion im Institut der Tierpathologie der Freien Universität Berlin entnommen. Dabei handelte es sich um Tiere, die auf Grund der klinischen Diagnose eingeschläfert wurden. Die Sammlung von 11 weiteren Pferdeproben erfolgte von einem Schlachtbetrieb unter der Angabe des Alters, des Geschlechts, der Rasse und der Herkunft. Insgesamt lagen Proben von 13 Stuten, 6 Wallachen und 2 Hengsten vor. Die Altersspanne der Stuten lag zwischen 5 und 28 Jahren, die der männlichen Artgenossen zwischen 5 Monate und 13 Jahren.

Bei den Hunden lagen Proben von 26 Hündinnen und 23 Rüden vor. Innerhalb des gesamten Hundekollektivs betrug die Altersspanne 3 Tage bis 15 Jahre. Bei 6 Hunden wurde eine chronisch interstitielle Nephritis, bei einem Hund eine Nephrose und bei einem weiteren Hund eine membranoproliferative Glomerulonephritis diagnostiziert.

Die Proben der 47 Hauskatzen stammten von 25 weiblichen und 22 männlichen Tieren. Das jüngste Tier war 2 Monate, die älteste Katze 18 Jahre alt. Neunzehn Katzen wiesen eine chronisch interstitielle Nephritis auf, wobei 2 Katzen gleichzeitig eine Glomerulosklerose, eine Katze eine Fibrose und eine Perserkatze eine polyzystische Nierenerkrankung aufwiesen. Weiterhin wurden bei 2 Katzen gleichzeitig eine Glomerulosklerose und eine Fibrose diagnostiziert.

Genauere Alterseinteilung und Diagnosen der drei untersuchten Spezies siehe Anhang.

Es erfolgte die Entnahme einer Niere und von einem Stück Leber von den angegebenen Spezies. Der genaue Entnahmeort innerhalb der Leber wurde nicht angegeben. Nach Präparation wurde das Material in Polyäthylenbeuteln eingeschweißt und bei -18 °C tiefgefroren. Bis zur weiteren Aufarbeitung wurden die Proben bei dieser Temperatur gelagert.

Folgende Informationen wurden erfasst:

- Alter nach Angaben der Besitzer bzw. nach Zahnalterbestimmung
- Geschlecht (männlich/weiblich)
- Datum der Euthanasie bzw. Sterbedatum

- Vorbericht
- klinische, pathologische, histologische Untersuchungsergebnisse
- Diagnose

3.2 Probenaufarbeitung

Die Gewebeproben wurden schonend aufgetaut. Es wurden jeweils 0,5 Gramm der Gewebeproben ausgewogen, in ein Quarzgefäß überführt und mit 5 ml konzentrierter Salpetersäure 65 % der Fa. Merck Pharma GmbH (Darmstadt) versetzt. Anschließend wurde das Quarzgefäß in eine Teflonhülse, die mit 5 ml bidestilliertem Wasser und 2 ml Wasserstoffperoxid der Fa. Merck Pharma GmbH (Darmstadt) befüllt wurde, gestellt. Mittels einer Mikrowelle der Fa. MLS GmbH (Leutkirch) erfolgte der nasschemische Aufschluss in einem geschlossenen Druckgefäß. Der Säureaufschluss dauerte etwa eine Stunde. Dabei wurde eine maximale Temperatur von 200°C erreicht. Diese Systembedingungen ermöglichten die vollständige Zersetzung und Überführung der Proben in Lösung. Nach Abkühlung der Proben wurden diese aus den Bomben entnommen. Für jede Probe wurde in einem Messkolben bidestilliertes Wasser vorgelegt. Mit einer Pipette, die ein Fassungsvermögen von 5 ml hatte, wurde die komplette Lösung der Einzelprobe unter zweimaligem Spülen des Quarzgefäßes mit Aqua dest. in den Messkolben überführt und anschließend auf 50 ml mit bidestilliertem Wasser aufgefüllt. Die Proben wurden vorsichtig geschwenkt und in Plastikröhrchen umgefüllt.

3.3 Bestimmung der Elemente mittels ICP-MS

Für die Bestimmung der Elemente Strontium, Barium, Cadmium, Kupfer, Zink, Mangan, Chrom und Antimon wurde ein doppelfokussierendes Massenspektrometer (High-Resolution-ICP-MS) der Fa. Finnigan MAT, Modell ELEMENT 1 (Bremen) eingesetzt. Die Software basiert auf Windows XP Professional vom 28.05.2003.

Die ICP-MS-Messung beruht auf der Ionisierung der zu analysierenden, gelösten Probe in einem Plasma von bis zu 8000 Kelvin. Dabei werden alle im Proben aerosol vorhandenen Moleküle in ihre atomaren Bestandteile zerlegt und anschließend ionisiert. In ionisiertem Argon wird ein hochfrequenter Strom zur Erzeugung des Plasmas induziert. Aus diesem Plasma werden die Ionen in das Vakuumsystem des Massenspektrometers überführt. Hier wird der Ionenstrahl entsprechend der unterschiedlichen Massen getrennt. Die Masse ist

eine charakteristische Eigenschaft eines jeden Elements. Jedes Element weist mindestens ein Isotop auf, dessen Masse für dieses Isotop spezifisch ist. Die Bestimmungsgrenzen für Schwermetalle, z.B. Cadmium und Chrom, liegen über 10 ng/g. Damit sind die Nachweisgrenzen für einige Elemente gesenkt und ein sicherer qualitativer und quantitativer Nachweis der einzelnen Isotope möglich geworden. Die Richtigkeit der Messmethode wurde anhand des „Standard Reference Material 1577b (Bovine Liver)“ der Fa. Spex Industries GmbH (Grasbrunn) geprüft.

Gemessene Isotope:

Strontium 86, 88

Barium 130, 134, 135, 136, 137, 138

Cadmium 106, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 116

Kupfer 63, 65

Zink 64, 66, 67, 68

Mangan 55

Chrom 52, 53

Antimon 121, 123

3.4 Statistische Auswertung

Die mathematische Aufarbeitung der aus dem ICP-MS erhaltenen Daten erfolgte mit Hilfe der Programme Excel 2003, Microsoft. Die statistischen Berechnungen mit SPSS für Windows Version: 15 (Chicago, USA) und die Darstellung der Graphiken mit MedCalc Version: 10.4.0 (Mariakerke, Belgien).

Die Ergebnisse wurden als Medianwerte (\tilde{x}) und Mittelwerte (\bar{x}) \pm Standardabweichung (s) angegeben. Bei zwei unabhängigen Variablen wurde der Mann-Whitney-Test (U-Test) als Signifikanztest angewendet. Bei mehr als zwei unabhängigen Variablen der Kruskal-Wallis-Test. Als signifikant wurden Ergebnisse definiert, deren Überschreitungswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ waren. Zur Veranschaulichung der Messergebnisse wurden Streudiagramme verwendet. Zur Darstellung wurden Regressionsgeraden eingezeichnet, auch wenn keine Normalverteilung vorlag.

4. Ergebnisse

4.1 Erdalkalimetalle in den Geweben von Katzen

4.1.1 Sr-Konzentrationen

Die Gewebe wiesen Sr-Konzentrationen zwischen 0 und 2699 µg/kg FS auf. Die höchsten Sr-Konzentrationen wurden in den Lebern gemessen und zeigten gleichzeitig die größten Standardabweichungen. Der Median der Nierenmarkproben lag bei 130 µg/kg FS und war damit am größten, wobei die Streuung der Werte am geringsten war (Tab. 1).

Tab. 1: Sr-Konzentrationen (µg/kg FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	N	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					X _{min.}	X _{max.}
Leber	47	157	72 ^a	393	0	2699
Nierenrinde	47	154	118 ^{ab}	183	0	1027
Nierenmark	47	158	130 ^b	161	0	926

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Zwischen den untersuchten Geweben wurde eine signifikante Korrelation ($p \leq 0,001$), bei linearer Korrelation von $r = 0,81$ zwischen der Nierenrinde und dem Nierenmark, von $r = 0,667$ zwischen der Leber und der Nierenrinde und von $r = 0,577$ zwischen der Leber und den Nierenmarkproben festgestellt (Tab. 2).

Ergebnisse

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten der Sr-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Sr-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,81	≤ 0,001	$y = 110,2 + 0,31x$ y= Nierenmark (µg Sr/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sr/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,667	≤ 0,001	$y = -88,79 + 1,60x$ y= Leber (µg Sr/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sr/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,577	≤ 0,001	$y = 114,95 + 0,27x$ y= Leber (µg Sr/kg FS) x= Nierenmark (µg Sr/kg FS)

Die Katze 672 (weiblich, Alter: 13 Jahre, mit medullärem und extramedullärem multiplen Myelom und Lebernekrosen) sowie Katze 701 (weiblich, Alter: 7 Jahre mit einer chronisch interstitiellen Nephritis) zeichneten sich durch die höchsten Sr-Konzentrationen im Nierenmark (972 und 625 µg/kg FS) aus. Bei einem einjährigen Kater mit einer Parvovirose wurde in der Nierenrinde eine Sr-Konzentration von 1027 und in der Leber von 2699 µg/kg FS gemessen. Das verbleibende Katzenkollektiv zeigte Sr-Konzentrationen in der Leber bis maximal 700 und in der Nierenrinde bis maximal 728 µg/kg FS (Abb. 1 - 3).

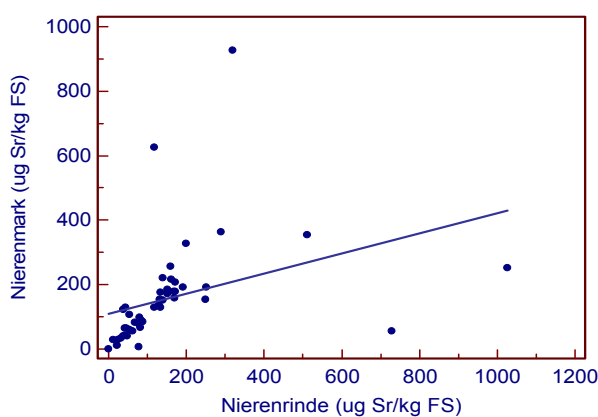


Abb. 1: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

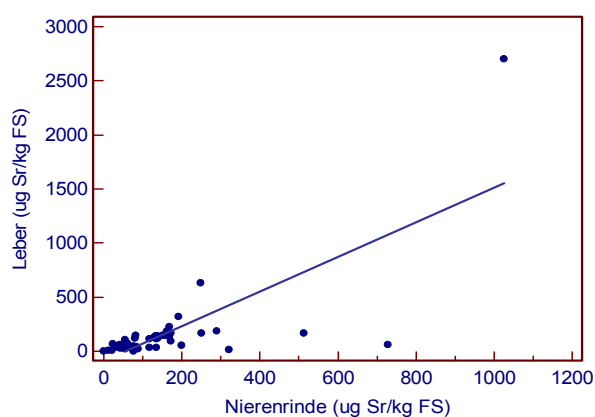


Abb. 2: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

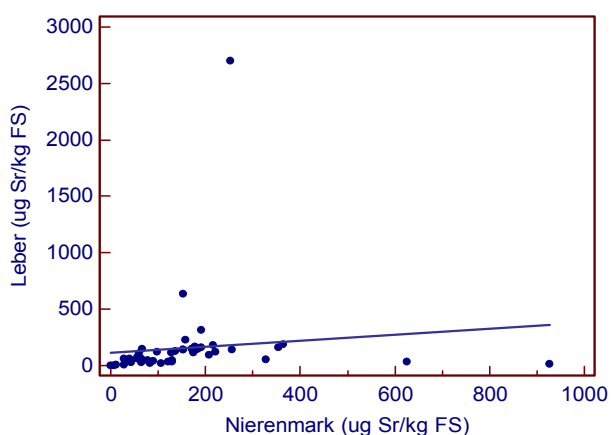


Abb. 3: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.1.1.1 Einfluss des Geschlechts

Die Sr-Konzentrationen erwiesen sich in allen drei Geweben als geschlechtsunabhängig ($p > 0,05$) (Tab. 3). Die niedrigsten Sr-Konzentrationen wurden in der Leber der weiblichen Katzen gemessen. Der Medianwert betrug $59 \mu\text{g}/\text{kg FS}$. In der Nierenrinde und im Nierenmark stellten sich die Medianwerte unabhängig vom Geschlecht als homogen dar. Sie lagen zwischen 117 und $130 \mu\text{g}/\text{kg FS}$.

Tab. 3: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		P
	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
Leber	90 ± 73	59	234 ± 566	117	0,558
Nierenrinde	126 ± 113	118	186 ± 283	124	0,418
Nierenmark	186 ± 204	130	127 ± 86	117	0,522

4.1.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Die Sr-Konzentrationen in den Geweben zeigten sich alters- und geschlechtsunabhängig. Die höchsten Medianwerte aller Gewebe ergaben sich aus den Sr-Konzentrationen der jüngsten Altersgruppe. Hier zeigten die Mediane der weiblichen Katzen Werte von 158 bis 188 µg/kg FS und der Kater von 162 bis 200 µg/kg FS. Bei den nachfolgenden beiden Altersgruppen wurden bei den weiblichen Katzen Medianwerte von 47 bis 130 µg/kg FS und bei den Katern von 47 bis 125 µg/kg FS gemessen (Tab. 4 - 6).

Tab. 4: Sr-Konzentrationen (µg/kg FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
0 - 1	4	171 ± 114	165	6	615 ± 1046	168	0,999
1,5 - 4	3	106 ± 33	109	5	53 ± 44	47	0,143
4,5 - 7	10	58 ± 47	47	2	63 ± 83	63	0,999
8 - 11	1	30		6	130 ± 58	127	-
12 - 18	7	89 ± 66	59	3	94 ± 61	127	0,833

Tab. 5: Sr-Konzentrationen (µg/kg FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
0 - 1	4	136 ± 67	158	6	304 ± 368	200	0,762
1,5 - 4	3	83 ± 43	61	5	70 ± 13	77	0,999
4,5 - 7	10	99 ± 83	83	2	75 ± 91	75	0,909
8 - 11	1	42		6	235 ± 244	154	-
12 - 18	7	190 ± 173	159	3	117 ± 58	129	0,833

Ergebnisse

Tab. 6: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	158 ± 80	188	6	173 ± 124	162	0,914
1,5 - 4	3	90 ± 55	59	5	62 ± 37	79	0,786
4,5 - 7	10	171 ± 187	130	2	125 ± 136	125	0,999
8 - 11	1	43		6	128 ± 58	140	-
12 - 18	7	285 ± 300	178	3	140 ± 36	136	0,833

4.1.1.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Die chronischen Nierenerkrankungen umfassten insgesamt 21 Fälle von interstitieller Nephritis, Glomerulosklerose, Fibrose und polyzystischer Nierenerkrankung. Bei 19 Katzen wurde eine interstitielle Nephritis diagnostiziert. Gleichzeitig konnte bei 2 Katzen eine Glomerulosklerose, bei einer Katze eine Fibrose und bei einer Perserkatze eine polyzystische Nierenerkrankung festgestellt werden. Bei zwei Katzen wurden jeweils eine Glomerulosklerose und eine Fibrose nachgewiesen.

Die Sr-Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark zeigten bei der Gegenüberstellung von Katzen mit und ohne chronische Nierenerkrankungen mit einer Ausnahme keine Unterschiede (Tab. 7 - 9). In der Altersgruppe der 4,5 bis 7 jährigen Katzen wurde im Nierenmark mittels des U-Tests ein Unterschied ermittelt ($p = 0,048$) (Tab. 9).

Ergebnisse

Tab. 7: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	121		7	66 \pm 46	59	-
4,5 - 7	8	73 \pm 53	51	4	31 \pm 46	31	0,154
8 - 11	5	105 \pm 48	112	2	144 \pm 118	144	0,857
12 - 18	7	86 \pm 58	59	3	102 \pm 79	126	0,999

Tab. 8: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	81		7	74 \pm 28	68	-
4,5 - 7	8	117 \pm 84	126	4	51 \pm 59	35	0,283
8 - 11	5	111 \pm 51	118	2	449 \pm 395	449	0,190
12 - 18	7	151 \pm 168	85	3	207 \pm 100	172	0,267

Ergebnisse

Tab. 9: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	99		7	68 \pm 45	59	-
4,5 - 7	8	217 \pm 192	183	4	56 \pm 56	47	0,048
8 - 11	5	119 \pm 66	128	2	107 \pm 71	107	0,999
12 - 18	7	167 \pm 104	122	3	413 \pm 444	178	0,383

4.1.2 Ba-Konzentrationen

Die Ba-Konzentrationen der 47 Katzen schwankten in den Lebern zwischen 0 und 1659 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS, in den Nierenrinden zwischen 0 und 2628 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und in den Nierenmarkproben zwischen 0 und 1049 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Zwischen den Geweben bestanden keine Unterschiede ($p > 0,05$) (Tab. 10).

Tab. 10: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	n	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	47	174	136	251	0	1659
Nierenrinde	47	223	191	375	0	2628
Nierenmark	47	183	168	200	0	1049

In der Tabelle 11 wird die Beziehung zwischen den Geweben dargestellt. Bei jeweils gesicherter Korrelation ($p \leq 0,001$) bestand die höchste lineare Korrelation von $r = 0,852$ zwischen der Leber und dem Nierenmark. Die niedrigste Korrelation ($r = 0,733$) konnte zwischen dem Nierenmark und der Nierenrinde ermittelt werden.

Ergebnisse

Tab. 11: Korrelationskoeffizienten der Ba-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Ba-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,733	≤ 0,001	$y = 104,69 + 0,35x$ y= Nierenmark (µg Ba/kg FS) x= Nierenrinde (µg Ba/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,852	≤ 0,001	$y = 35,20 + 0,62x$ y= Leber (µg Ba/kg FS) x= Nierenrinde (µg Ba/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,741	≤ 0,001	$y = -14,09 + 1,03x$ y= Leber (µg Ba/kg FS) x= Nierenmark (µg Ba/kg FS)

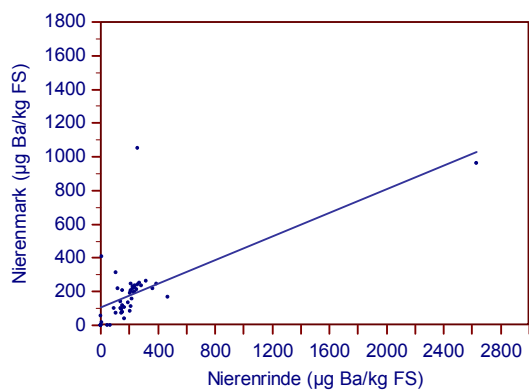


Abb. 4: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

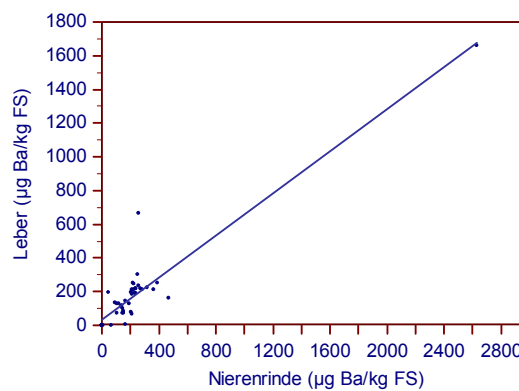


Abb. 5: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

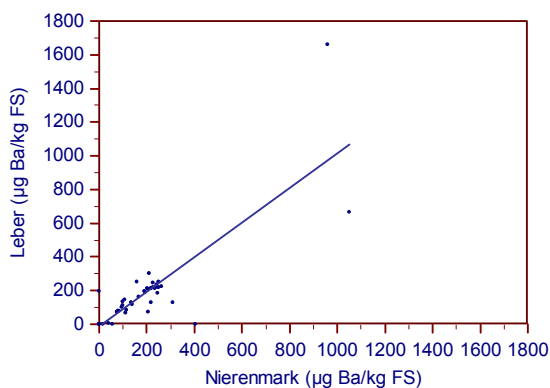


Abb. 6: Beziehungen zwisch den Ba-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.1.2.1 Einfluss des Geschlechts

Bei der Gegenüberstellung der weiblichen und männlichen Katzen zeigte sich, dass in allen Geweben die Kater mehr Barium akkumulierten. Der Median der Ba-Konzentrationen der Nierenrinden war mit 206 µg/kg FS am größten (Tab. 12).

Tab. 12: Ba-Konzentrationen (µg/kg FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		p
	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
Leber	118 ± 89	126	239 ± 347	169	0,118
Nierenrinde	165 ± 123	155	288 ± 531	206	0,475
Nierenmark	150 ± 111	168	220 ± 266	174	0,765

4.1.2.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Es bestand keine Alters- und Geschlechtsabhängigkeit hinsichtlich der Ba-Konzentrationen der Gewebe (Tab. 13 - 15).

Ergebnisse

Tab. 13: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	135 \pm 51	127	6	223 \pm 234	174	0,610
1,5 - 4	3	168 \pm 87	211	5	232 \pm 46	217	0,571
4,5 - 7	10	116 \pm 104	148	2	60 \pm 84	60	0,485
8 - 11	1	0		6	404 \pm 619	182	-
12 - 18	7	106 \pm 88	99	3	69 \pm 65	75	0,667

Tab. 14: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	147 \pm 47	136	6	156 \pm 95	183	0,762
1,5 - 4	3	270 \pm 55	287	5	263 \pm 71	239	0,786
4,5 - 7	10	147 \pm 106	188	2	70 \pm 99	70	0,364
8 - 11	1	69		6	608 \pm 991	214	-
12 - 18	7	169 \pm 183	145	3	100 \pm 96	108	0,667

Tab. 15: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	212 \pm 80	211	6	286 \pm 382	180	0,476
1,5 - 4	3	202 \pm 81	232	5	216 \pm 26	210	0,999
4,5 - 7	10	133 \pm 101	146	2	69 \pm 97	69	0,364
8 - 11	1	0		6	284 \pm 339	167	-
12 - 18	7	137 \pm 143	93	3	70 \pm 68	75	0,667

4.1.2.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei der Gegenüberstellung der Katzen mit und ohne chronische Nierenerkrankungen bestand in allen Geweben bei der Messung der Ba-Konzentrationen kein Unterschied.

In den Nierenrinden der beiden männlichen Katzen im Alter zwischen 8 und 11 Jahren wurden sehr hohe Ba-Konzentrationen ermittelt.

Tab. 16: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	197		7	209 \pm 72	217	-
4,5 - 7	8	82 \pm 95	58	4	155 \pm 104	202	0,283
8 - 11	5	124 \pm 104	80	2	903 \pm 1069	903	0,381
12 - 18	7	103 \pm 89	75	3	76 \pm 68	99	0,833

Tab. 17: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	207		7	274 \pm 61	249	-
4,5 - 7	8	115 \pm 101	139	4	173 \pm 116	227	0,368
8 - 11	5	184 \pm 78	205	2	1398 \pm 1740	1398	0,571
12 - 18	7	163 \pm 186	108	3	114 \pm 97	145	0,999

Ergebnisse

Tab. 18: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	190		7	213 \pm 51	232	-
4,5 - 7	8	104 \pm 96	76	4	159 \pm 107	206	0,683
8 - 11	5	128 \pm 107	83	2	533 \pm 604	533	0,381
12 - 18	7	77 \pm 88	74	3	212 \pm 169	136	0,183

4.2 Cd-Konzentrationen in den Geweben von Katzen

Die Cd-Konzentrationen in den untersuchten Geweben lagen zwischen 3 und 2920 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS, wobei die Nierenrinden die höchsten Cd-Konzentrationen zeigten. Aufgrund der hohen Streuung der Werte in den Geweben ergab sich eine sehr hohe Standardabweichung. Der Median betrug in den Nierenrinden innerhalb der Katzensgruppe 157 μg Cd/kg FS und war damit am höchsten, dicht gefolgt vom Median der Leber (145 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS). Der niedrigste Medianwert ergab sich für das Nierenmark (99 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS).

Tab. 19: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	47	184	145 ^a	151	7	803
Nierenrinde	47	174	157 ^a	428	4	2920
Nierenmark	47	131	99 ^b	99	3	1349

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Ergebnisse

Tabelle 20 zeigt die Korrelationen der Cd-Konzentrationen zwischen den Geweben. Sowohl zwischen Nierenrinde und Nierenmark als auch zwischen Nierenmark und Leber sowie Nierenrinde und Leber ließen sich signifikante Korrelationen ($p \leq 0,001$) ermitteln. Tiere mit hohen Cd-Konzentrationen in den Nierenrinden zeigten auch hohe Cd-Konzentrationen in den Nierenmarkproben und Lebern. Die höchste positive Korrelation ($r = 0,78$) bestand zwischen der Nierenrinde und dem Nierenmark. Die geringste Korrelation fand sich zwischen der Leber und der Nierenrinde ($r = 0,63$) sowie zwischen Leber und Nierenmark ($r = 0,68$).

Tab. 20: Korrelationskoeffizienten der Cd-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Cd-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,78	$\leq 0,001$	$y = 12,16 + 0,43x$ y= Nierenmark ($\mu\text{g Cd/kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Cd/kg FS}$)
Leber-Nierenrinde	0,626	$\leq 0,001$	$y = 148,1 + 0,13x$ y= Leber ($\mu\text{g Cd/kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Cd/kg FS}$)
Leber-Nierenmark	0,682	$\leq 0,001$	$y = 145,07 + 0,3x$ y= Leber ($\mu\text{g Cd/kg FS}$) x= Nierenmark ($\mu\text{g Cd/kg FS}$)

Die höchsten Cd-Konzentrationen in Nierenrinde (2920 $\mu\text{g/kg FS}$) und Nierenmark (1349 $\mu\text{g/kg FS}$) wurden bei Kater 507 (Alter: 15 Jahre, Diagnose: Meningeom) ermittelt. Das übrige Katzenkollektiv wies eine Cd-Konzentrationsspanne in der Nierenrinde von 4 bis 872 $\mu\text{g/kg FS}$ und im Nierenmark von 3 bis 525 $\mu\text{g/kg FS}$ auf. Drei Katzen (712, 467 und 196) zeichneten sich durch ihre hohen Leber-Cd-Konzentrationen von 803, 583 und 504 $\mu\text{g/kg FS}$ aus (Abb. 7 - 9).

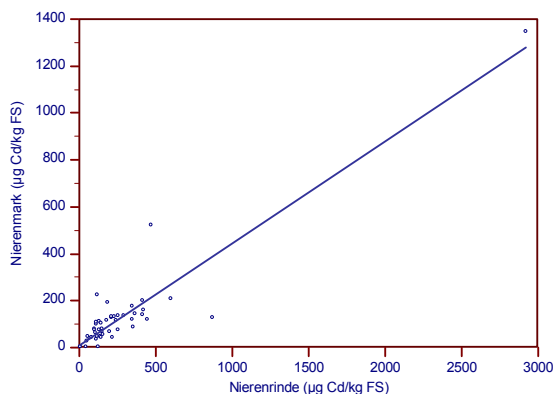


Abb. 7: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

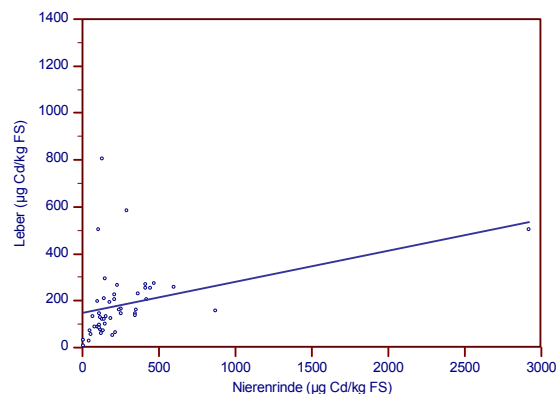


Abb. 8: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

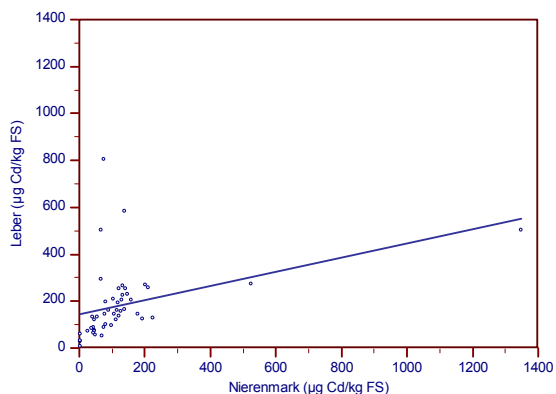


Abb. 9: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.2.1.1 Einfluss des Geschlechts

Die Cd-Konzentration der Nierenrinden erwies sich gegenüber den Lebern und den Nierenmarkproben als geschlechtsabhängig ($p = 0,028$) (Tab. 21). Die männlichen Katzen zeigten eine Spannweite von 3 bis 2920 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS, die weiblichen von 3 bis 872 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Bezogen auf den Median aller Gewebe beider Geschlechter wiesen die Nierenrinden der weiblichen Katzen den höchsten Wert (214 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) auf.

Ergebnisse

Tab. 21: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	179 \pm 150	146	191 \pm 157	132	0,915
Nierenrinde	263 \pm 187	214	285 \pm 600	117	0,028
Nierenmark	119 \pm 102	107	144 \pm 275	78	0,394

4.2.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Das Alter der weiblichen Katzen variierte von 2 Monaten bis 18 Jahren, das der männlichen von 2 Monaten bis 15 Jahren.

Das Alter beeinflusste die Cd-Konzentrationen der Gewebe. Mit zunehmendem Alter stieg die Cd-Konzentrationen der Lebern der männlichen ($p = 0,035$) und die der Nierenrinden von weiblichen Katzen ($p = 0,027$) (Tab. 22, 23). Der höchste Median von 503 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS wurde in den Lebern von 12 bis 18 Jahre alten männlichen Katzen gemessen. In dieser Altersgruppe betrug der Median der weiblichen Katzen 165 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS ($p = 0,017$). Die Cd-Konzentrationen der Nierenrinden weiblicher Katzen unterschiedlicher Altersgruppen zeigten eine Spannweite hinsichtlich des Medians von 148 bis 414 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und die der männlichen Katzen von 99 bis 292 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Eine Geschlechtsabhängigkeit der Cd-Konzentrationen in den Nierenmarkproben bestand bei 1,5 bis 4 Jahre alten Katzen ($p = 0,036$). Die männlichen Katzen wiesen eine Cd-Konzentration von 47 und die weiblichen von 133 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS auf. Sie zeigten im Median annähernd die dreifache Cd-Konzentration der männlichen Katzen (Tab. 24).

Ergebnisse

Tab. 22: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	142 \pm 95	135	6	102 \pm 68	109	0,476
1,5 - 4	3	196 \pm 42	209	5	103 \pm 64	87	0,071
4,5 - 7	10	185 \pm 227	109	2	160 \pm 98	160	0,758
8 - 11	1	159		6	229 \pm 147	198	-
12 - 18	7	187 \pm 77	165	3	460 \pm 149	503	0,017

Tab. 23: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	133 \pm 97	148	6	104 \pm 70	114	0,610
1,5 - 4	3	232 \pm 105	208	5	85 \pm 30	99	0,036
4,5 - 7	10	199 \pm 124	144	2	222 \pm 200	222	0,999
8 - 11	1	350		6	235 \pm 154	167	-
12 - 18	7	431 \pm 236	414	3	1121 \pm 1560	292	0,999

Tab. 24: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	109 \pm 79	119	6	103 \pm 76	105	0,914
1,5 - 4	3	138 \pm 38	133	5	49 \pm 31	47	0,036
4,5 - 7	10	111 \pm 150	73	2	95 \pm 73	95	0,909
8 - 11	1	89		6	93 \pm 47	92	-
12 - 18	7	134 \pm 60	137	3	518 \pm 721	137	0,833

4.2.1.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Es bestand kein Einfluss hinsichtlich der Cd-Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark in Abhängigkeit vom Alter bei Katzen mit und ohne chronische Nierenerkrankungen. Die Cd-Konzentrationen in Leber und Nierenmark zeigten bei der Gegenüberstellung von Katzen mit bzw. ohne chronische Nierenerkrankungen innerhalb der Altersgruppe von 4,5 bis 7 Jahren einen Unterschied ($p = 0,004$ bzw. $p = 0,048$) (Tab. 25, 26).

Tab. 25: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	77		7	146 \pm 72	146	-
4,5 - 7	8	239 \pm 237	149	4	63 \pm 10	65	0,004
8 - 11	5	251 \pm 149	204	2	139 \pm 75	139	0,381
12 - 18	7	267 \pm 152	253	3	274 \pm 220	258	0,999

Tab. 26: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	116		7	144 \pm 104	100	-
4,5 - 7	8	240 \pm 138	194	4	128 \pm 61	130	0,154
8 - 11	5	295 \pm 154	350	2	144 \pm 48	144	0,571
12 - 18	7	378 \pm 237	292	3	1244 \pm 1464	599	0,517

Ergebnisse

Tab. 27: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	47		7	88 ± 58	79	-
4,5 - 7	8	144 ± 158	99	4	37 ± 28	36	0,048
8 - 11	5	98 ± 43	89	2	78 ± 56	78	0,571
12 - 18	7	127 ± 45	137	3	534 ± 710	210	0,517

4.3 Spurenelemente in den Geweben von Katzen

4.3.1 Cu-Konzentrationen

Die in den Nierenrinden-, Nierenmark- und Leberproben ermittelten Cu-Konzentrationen sind in Tab. 28 aufgeführt. Die höchsten Cu-Konzentrationen wurden in den Lebern mit einem Median von 21889 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS gemessen. Sie übertrafen damit den Medianwert der Nierenrinde um das etwa Achtfache und des Nierenmarks um das Elffache.

Tab. 28: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	N	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	47	31286	21889 ^a	25832	2701	98689
Nierenrinde	47	3012	2644 ^b	2113	1119	15656
Nierenmark	47	2045	1923 ^c	958	485	5939

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Zwischen den Cu-Konzentrationen in Nierenmark und -rinde ließ sich eine signifikante Korrelation ($p \leq 0,001$) bei linearer Abhängigkeit von $r = 0,795$ ermitteln (Tab. 29).

Ergebnisse

Tab. 29: Korrelationskoeffizienten der Cu-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Cu-		Regressionsgerade
	Konzentration		
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,795	≤ 0,001	$y = 931 + 0,37x$ y= Nierenmark (µg Cu/kgFS) x= Nierenrinde (µg Cu/kgFS)
Leber-Nierenrinde	0,287	0,051	$y = 25013 + 2,08x$ y= Leber (µg Cu/kgFS) x= Nierenrinde (µg Cu/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,361	0,013	$y = 9538 + 10,64x$ y= Leber (µg Cd/kgFS) x= Nierenmark (µg Cd/kg FS)

Im Vergleich zu den Cu-Konzentrationen der Nierenmarkproben aller Katzen fielen drei Katzenwelpen (463, 502, 519) durch hohe Cu-Konzentrationen von 5939, 3967 und 4674 µg/kg FS auf. Gleichzeitig wurde bei dem Katzenwelpen 463 in der Nierenrinde die höchste Cu-Konzentration von 15656 µg/kg FS gemessen. Die übrige Katzensgruppe wies in den Nierenrinden Cu-Konzentrationen bis maximal 5900 µg/kg FS auf (Abb. 10 - 12).

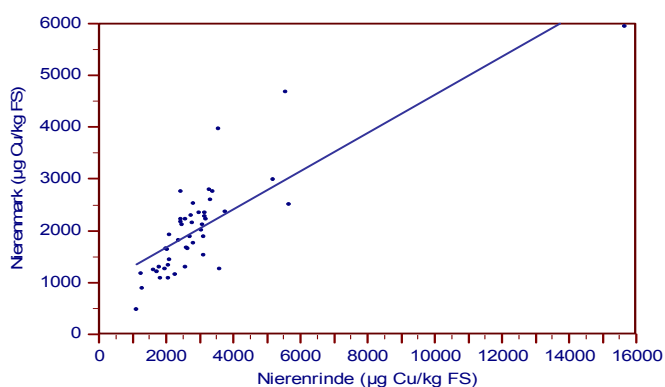


Abb. 10: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

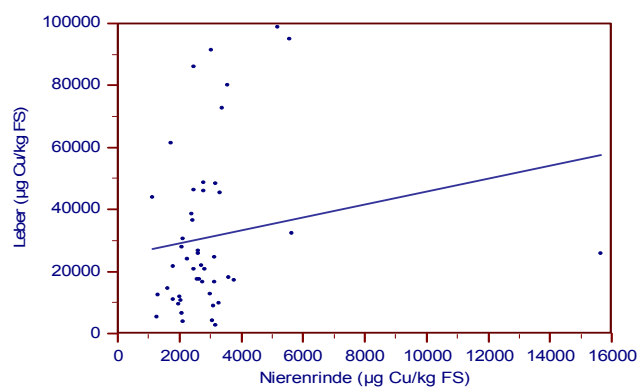


Abb. 11: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

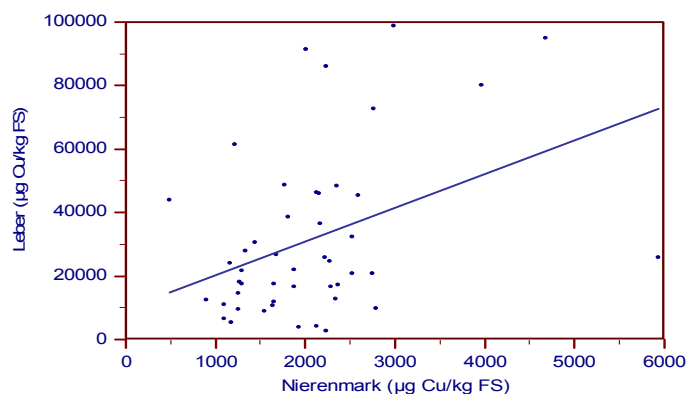


Abb. 12: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.3.1.1 Einfluss des Geschlechts

In den Geweben bestand keine Geschlechtsabhängigkeit ($p > 0,05$).

Bei getrennter Auswertung nach männlichen und weiblichen Tieren ergab der Kruskal-Wallis-Test bezüglich der Cu-Konzentrationen einen Unterschied zwischen den Geweben ($p \leq 0,001$).

Tab. 30: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	35297±24835	26792	26728 ± 26757	16900	0,058
Nierenrinde	2723±1058	2591	3342 ± 2879	2902	0,522
Nierenmark	1984±925	1814	2113 ± 1011	1963	0,717

4.3.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Vergleicht man die Cu-Konzentrationen in den Geweben in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht, so zeigte sich keine Altersabhängigkeit ($p > 0,05$). In der Altersgruppe der 1,5 bis 4 Jahre alten Katzen bestand hinsichtlich der Cu-Konzentrationen in den Leberproben eine Geschlechtsabhängigkeit ($p < 0,05$).

Ergebnisse

Tab. 31: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	59556 \pm 35745	64387	6	28239 \pm 35245	15004	0,257
1,5 - 4	3	41111 \pm 38993	20747	5	10152 \pm 4542	9843	0,036
4,5 - 7	10	28441 \pm 19722	26830	2	41446 \pm 6928	41446	0,182
8 - 11	1	38696		6	39495 \pm 32784	31682	-
12 - 18	7	28251 \pm 13801	24729	3	15989 \pm 9327	20842	0,267

Tab. 32: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	3390 \pm 1655	3175	6	5452 \pm 5197	3419	0,610
1,5 - 4	3	2551 \pm 169	2457	5	2461 \pm 691	2103	0,786
4,5 - 7	10	2704 \pm 1213	2426	2	2458 \pm 18	2458	0,999
8 - 11	1	2382		6	2800 \pm 752	3077	-
12 - 18	7	2490 \pm 701	2644	3	2261 \pm 873	2708	0,833

Tab. 33: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	2926 \pm 1661	2867	6	2900 \pm 1550	2354	0,914
1,5 - 4	3	2424 \pm 287	2291	5	1790 \pm 670	1883	0,250
4,5 - 7	10	1654 \pm 733	1385	2	2148 \pm 30	2148	0,758
8 - 11	1	1814		6	1711 \pm 518	1594	-
12 - 18	7	1758 \pm 540	1677	3	1861 \pm 679	1879	0,833

4.3.1.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

In der Nierenrinde konnte bei der Gegenüberstellung der Katzen mit und ohne chronische Nierenerkrankungen in der Altersgruppe von 4,5 bis 7 Jahren ein Unterschied ermittelt werden ($p = 0,016$). Der Kruskal-Wallis-Test ergab hinsichtlich der Cu-Konzentrationen der Gewebe bei den Katzen mit und ohne chronische Nierenerkrankungen keine Altersabhängigkeit (Tab. 34 - 36).

Tab. 34: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	11118		7	23282 \pm 28258	16489	-
4,5 - 7	8	30085 \pm 22678	29039	4	31657 \pm 8637	29308	0,933
8 - 11	5	49154 \pm 30350	45355	2	14949 \pm 4328	14949	0,381
12 - 18	7	26503 \pm 15511	21889	3	20067 \pm 7144	20842	0,667

Tab. 35: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	1814		7	2592 \pm 492	2457	-
4,5 - 7	8	3049 \pm 1132	2587	4	1892 \pm 522	2089	0,016
8 - 11	5	2715 \pm 652	3040	2	2802 \pm 1127	2802	0,857
12 - 18	7	2500 \pm 715	2708	3	2238 \pm 828	2603	0,667

Ergebnisse

Tab. 36: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	1094		7	2162 \pm 534	2227	-
4,5 - 7	8	2053 \pm 571	2197	4	1103 \pm 428	1246	0,073
8 - 11	5	1834 \pm 518	1814	2	1456 \pm 271	1456	0,571
12 - 18	7	1826 \pm 469	1879	3	1701 \pm 818	1677	0,999

4.3.2 Zn-Konzentrationen

Die Zn-Konzentrationen in den Lebern zeigten eine Spannweite von 8825 bis 89115 $\mu\text{g}/\text{kg}$ und ergaben im Median annähernd die zweifache Zn-Konzentration der Nierenrinde und die dreifache Zn-Konzentration des Nierenmarks. Zwischen den drei untersuchten Geweben wurden deutliche Unterschiede ermittelt ($p < 0,05$) (Tab. 37).

Tab. 37: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	N	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	47	30990	27844 ^a	15883	8825	89115
Nierenrinde	47	14363	13536 ^b	6586	5839	35290
Nierenmark	47	9717	9275 ^c	3821	3778	18405

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Bei signifikanten Korrelationen ($p \leq 0,001$) wurden gleichzeitig positive lineare Korrelationen von $r = 0,82$ zwischen Nierenmark und Nierenrinde, von $r = 0,656$ zwischen Leber und Nierenrinde und von $r = 0,641$ zwischen Leber und Nierenmark ermittelt (Tab. 38).

Ergebnisse

Tab. 38: Korrelationskoeffizienten der Zn-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Zn-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,82	≤ 0,001	$y = 3336 + 0,44x$ y= Nierenmark (µg Zn/kgFS) x= Nierenrinde (µg Zn/kgFS)
Leber-Nierenrinde	0,656	≤ 0,001	$y = 10280 + 1,44x$ y= Leber (µg Zn/kgFS) x= Nierenrinde (µg Zn/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,641	≤ 0,001	$y = 7199 + 2,45x$ y= Leber (µg Zn/kgFS) x= Nierenmark (µg Zn/kg FS)

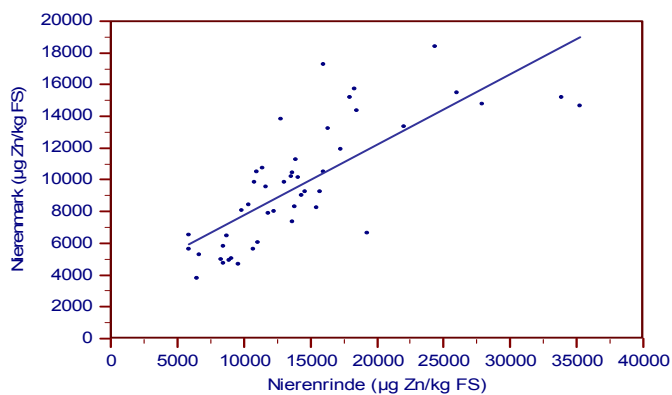


Abb. 13: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

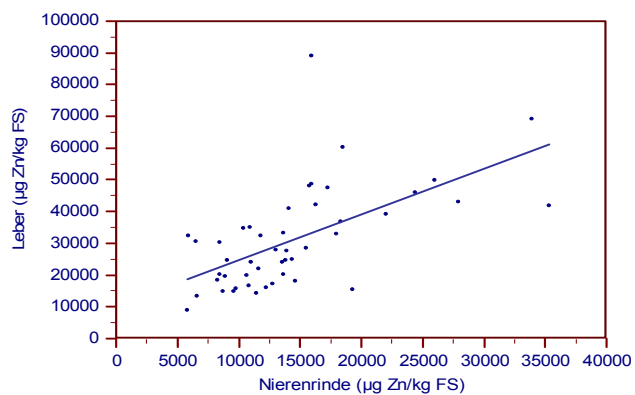


Abb. 14: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

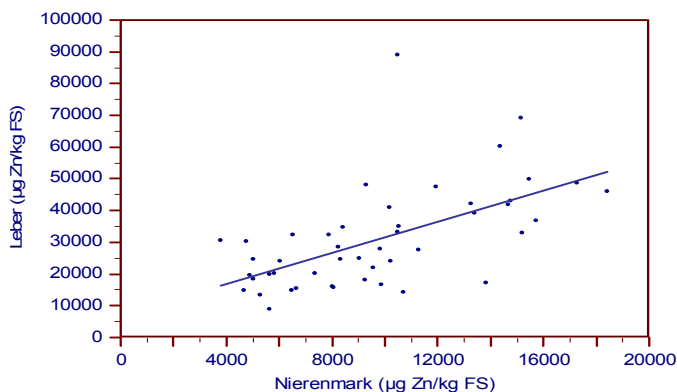


Abb. 15: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.3.2.1 Einfluss des Geschlechts

Es bestanden zwischen den Geweben keine geschlechtsabhängigen Unterschiede ($p > 0,05$).

Tab. 39: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g/kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	29747±13273	27844	32403±18636	26559	0,831
Nierenrinde	13941±8111	11818	14842±4403	15069	0,064
Nierenmark	8997±3928	8050	10534±3610	10017	0,115

4.3.2.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Innerhalb der Katzengruppen wurde in den untersuchten Geweben keine Alters- und Geschlechtsabhängigkeit festgestellt (Tab. 40 - 42).

Ergebnisse

Tab. 40: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	46601 \pm 20919	49355	6	29863 \pm 13960	28607	0,067
1,5 - 4	3	28861 \pm 5639	27610	5	24111 \pm 7270	24619	0,571
4,5 - 7	10	23158 \pm 9242	19960	2	28439 \pm 11871	28439	0,485
8 - 11	1	32389		6	41050 \pm 27211	35836	-
12 - 18	7	29531 \pm 9158	30675	3	36647 \pm 25965	40883	0,667

Tab. 41: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	21042 \pm 11236	20997	6	16830 \pm 5335	15480	0,61
1,5 - 4	3	12805 \pm 1612	13536	5	13875 \pm 2998	13796	0,786
4,5 - 7	10	12940 \pm 8103	9710	2	13370 \pm 6964	13370	0,999
8 - 11	1	11818		6	15169 \pm 3220	15855	-
12 - 18	7	12104 \pm 7750	10360	3	12804 \pm 6428	14065	0,999

Tab. 42: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	13228 \pm 5561	15316	6	12997 \pm 3288	13320	0,61
1,5 - 4	3	10681 \pm 550	10520	5	9628 \pm 3591	8318	0,571
4,5 - 7	10	7443 \pm 3162	6924	2	10761 \pm 7002	10761	0,485
8 - 11	1	7889		6	8995 \pm 2257	9422	-
12 - 18	7	8238 \pm 3590	8433	3	10047 \pm 4363	10174	0,517

4.3.2.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei Katzen mit chronischen Nierenerkrankungen bestanden in Abhängigkeit von der Altersgruppe sowie bei der Gegenüberstellung der Katzen mit und ohne Nierenerkrankungen in den untersuchten Geweben keine Unterschiede ($p > 0,05$).

Bei den Katzen ohne Nierenerkrankungen wurde bezüglich der Zn-Konzentrationen in den Nierenmarkproben Unterschiede zwischen den Altersgruppen ermittelt ($p = 0,04$) (Tab. 45).

Tab. 43: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	20028		7	26730±6807	27610	-
4,5 - 7	8	24201±11238	17993	4	23714±4880	22523	0,683
8 - 11	5	34800±12478	32389	2	52345±52000	52345	0,999
12 - 18	7	28472±13056	30675	3	39119±18671	32329	0,667

Tab. 44: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	10672		7	13874±2392	13796	-
4,5 - 7	8	14513±9008	11041	4	10009±2421	8995	0,283
8 - 11	5	13513±2812	11818	2	17634±2363	17634	0,190
12 - 18	7	12055±7740	10360	3	12919±6443	14376	0,667

Ergebnisse

Tab. 45: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	5655		7	10647 \pm 2326	10520	-
4,5 - 7	8	9236 \pm 4068	8036	4	5515 \pm 1241	4970	0,109
8 - 11	5	8942 \pm 2182	9275	2	8576 \pm 2701	8576	0,999
12 - 18	7	8269 \pm 3748	8433	3	9973 \pm 3991	9049	0,667

4.3.3 Mn-Konzentrationen

Die Mn-Konzentrationen differierten stark zwischen den Geweben. In der Leber lagen die Mn-Konzentrationen im Median etwa vierfach über dem Nierenmarkmedian und annähernd dreifach über dem Nierenrindenmedian (Tab. 46).

Tab. 46: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	n	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	47	3427	2940 ^a	1948	1311	13098
Nierenrinde	47	1164	1078 ^b	416	502	2592
Nierenmark	47	717	691 ^c	330	233	1692

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Zwischen den Geweben bestanden signifikante Korrelationen ($p \leq 0,001$) bei einer linearen Abhängigkeit zwischen dem Nierenmark und Nierenrinde von $r = 0,734$, zwischen der Leber und der Nierenrinde von $r = 0,490$ und zwischen der Leber und Nierenmark von $r = 0,531$.

Ergebnisse

Tab. 47: Korrelationskoeffizienten der Mn-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Mn-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,734	≤ 0,001	$y = -7,54 + 0,62x$ y= Nierenmark (µg Mn/kgFS) x= Nierenrinde (µg Mn/kgFS)
Leber-Nierenrinde	0,490	≤ 0,001	$y = 1056 + 2,03x$ y= Leber (µg Mn/kgFS) x= Nierenrinde (µg Mn/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,531	≤ 0,001	$y = 1756 + 2,33x$ y= Leber (µg Mn/kgFS) x= Nierenmark (µg Mn/kg FS)

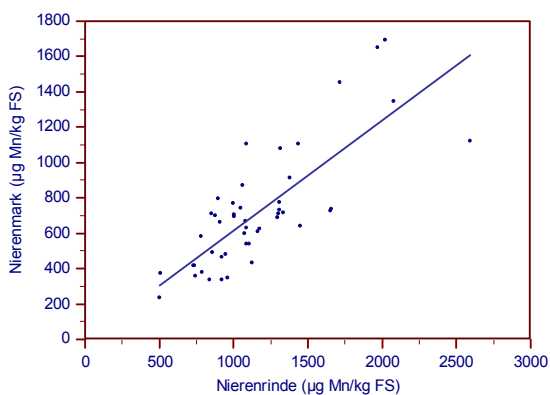


Abb. 16: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

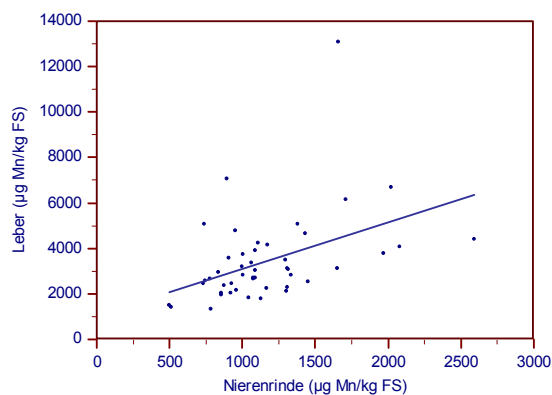


Abb. 17: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

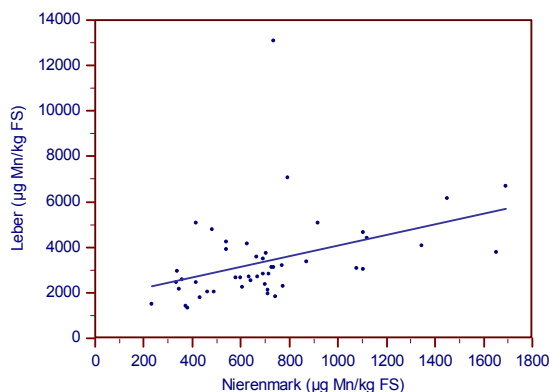


Abb. 18: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.3.3.1 Einfluss des Geschlechts

Die Mn-Konzentrationen der Gewebe erwiesen sich als geschlechtsunabhängig ($p > 0,05$). Bei den männlichen Tieren wurden in Leber und Nierenrinde höhere Medianwerte ermittelt als bei den weiblichen Katzen. Der Kruskal-Wallis-Test ergab innerhalb beider Geschlechtergruppen Unterschiede bezüglich der Mn-Konzentrationen zwischen den Geweben ($p \leq 0,001$).

Tab. 48: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		p
	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
Leber	3500 ± 2472	2714	3344 ± 1148	3237	0,348
Nierenrinde	1112 ± 382	1002	1222 ± 452	1117	0,296
Nierenmark	702 ± 319	703	734 ± 349	645	0,765

4.3.3.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Weder das Alter noch das Geschlecht beeinflussten die Mn-Konzentrationen der Gewebe ($p > 0,05$). Der höchste Median von Leber, Nierenrinde und Nierenmark wurde unabhängig vom Geschlecht in der jüngsten Altersstufe gemessen (Tab. 49 - 51).

Ergebnisse

Tab. 49: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Leber von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	6292 \pm 5043	5379	6	4065 \pm 1346	3982	0,61
1,5 - 4	3	2841 \pm 500	3032	5	3210 \pm 787	3076	0,786
4,5 - 7	10	3180 \pm 1830	2405	2	2883 \pm 314	2883	0,606
8 - 11	1	3108		6	3056 \pm 1209	2682	-
12 - 18	7	2699 \pm 516	2555	3	3007 \pm 1456	3369	0,667

Tab. 50: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	1636 \pm 597	1841	6	1484 \pm 620	1365	0,762
1,5 - 4	3	1132 \pm 156	1088	5	1320 \pm 411	1305	0,571
4,5 - 7	10	928 \pm 217	908	2	1366 \pm 408	1366	0,061
8 - 11	1	1312		6	995 \pm 186	1082	-
12 - 18	7	1039 \pm 275	1002	3	893 \pm 332	1060	0,833

Tab. 51: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	1038 \pm 591	1040	6	897 \pm 399	897	0,61
1,5 - 4	3	882 \pm 192	774	5	881 \pm 505	712	0,571
4,5 - 7	10	610 \pm 216	697	2	663 \pm 89	663	0,909
8 - 11	1	733		6	541 \pm 100	561	-
12 - 18	7	561 \pm 145	633	3	595 \pm 252	541	0,999

4.3.3.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Mit nur einer Ausnahme bestanden keine Unterschiede hinsichtlich der Mn-Konzentration in Leber, Nierenrinde und Nierenmark in Abhängigkeit vom Alter bei Katzen mit und ohne chronische Nierenerkrankungen. In den Nierenrinden ergab der Kruskal-Wallis-Test bei Gegenüberstellung der Tiere ohne Nierenerkrankungen in Abhängigkeit vom Alter einen Unterschied ($p = 0,028$). Die Tiere ohne Nierenerkrankungen im Alter zwischen 1,5 und 4 Jahren speicherten mehr Mangan als die Tiere der nachfolgenden Altersstufen.

Tab. 52: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	2950		7	3089 \pm 732	3077	-
4,5 - 7	8	2776 \pm 1017	2558	4	3838 \pm 2590	3398	0,933
8 - 11	5	2925 \pm 627	2700	2	3410 \pm 2323	3410	0,999
12 - 18	7	2754 \pm 969	2554	3	2879 \pm 431	2714	0,667

Tab. 53: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	836		7	1308 \pm 316	1305	-
4,5 - 7	8	1101 \pm 278	1024	4	800 \pm 203	874	0,109
8 - 11	5	1084 \pm 195	1086	2	932 \pm 275	932	0,571
12 - 18	7	1009 \pm 327	1002	3	965 \pm 190	1060	0,999

Ergebnisse

Tab. 54: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	338		7	959 \pm 355	774	-
4,5 - 7	8	678 \pm 164	706	4	501 \pm 230	487	0,283
8 - 11	5	626 \pm 75	608	2	424 \pm 10	424	0,095
12 - 18	7	550 \pm 138	541	3	620 \pm 256	633	0,999

4.3.4 Cr-Konzentrationen

Die Cr-Konzentrationen in den Lebern lagen zwischen 9 und 368 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS, in den Nierenrinden zwischen 11 und 384 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und in den Nierenmarkproben zwischen 14 und 441 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS.

Tab. 55: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	N	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	47	209	214	111	9	368
Nierenrinde	47	196	186	102	11	384
Nierenmark	47	197	168	115	14	441

Zwischen den Geweben bestand eine signifikante Korrelation ($p \leq 0,001$) bei unterschiedlicher linearer Abhängigkeit (Tab. 56). Die höchste lineare Abhängigkeit ($r = 0,826$) bestand zwischen dem Nierenmark und der Nierenrinde, gefolgt von der Korrelation zwischen der Leber und Nierenrinde ($r = 0,805$). Die niedrigste Korrelation ($r = 0,681$) trat zwischen der Leber und Nierenmark auf.

Ergebnisse

Tab. 56: Korrelationskoeffizienten der Cr-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Cr-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,826	≤ 0,001	$y = 11,40 + 0,95x$ y= Nierenmark (µg Cr/kg FS) x= Nierenrinde (µg Cr/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,805	≤ 0,001	$y = 35,64 + 0,88x$ y= Leber (µg Cr/kg FS) x= Nierenrinde (µg Cr/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,681	≤ 0,001	$y = 78,21 + 0,66x$ y= Leber (µg Cr/kg FS) x= Nierenmark (µg Cr/kg FS)

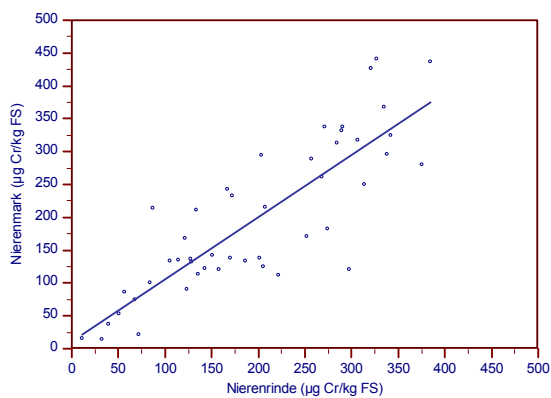


Abb. 19: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

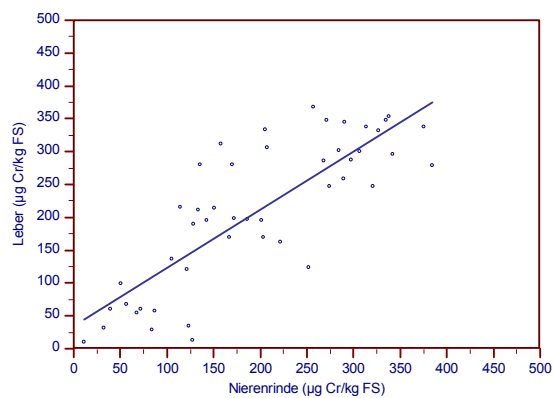


Abb. 20: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

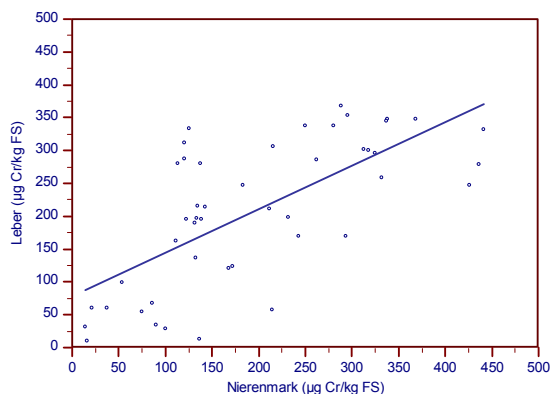


Abb. 21: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.3.4.1 Einfluss des Geschlechts

In den untersuchten Geweben zeigte sich keine Geschlechtsabhängigkeit ($p > 0,05$) (Tab. 57).

Tab. 57: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g/kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	200 ± 116	214	218 ± 107	229	0,587
Nierenrinde	179 ± 104	151	215 ± 99	214	0,208
Nierenmark	190 ± 120	142	205 ± 111	170	0,701

4.3.4.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Das Alter und das Geschlecht beeinflussten die Cr-Konzentrationen der Gewebe nicht (Tab. 58 - 60).

Die Cr-Konzentrationen der Lebern lag im Median bei den weiblichen Katzen in der Altersgruppe von 0 bis 1 Jahr bei 266, bei den männlichen bei 294 $\mu\text{g/kg FS}$. Sowohl in den Lebern als auch in den Nierenrinden der 1,5 bis 4 Jahre alten Katzen zeigten sich in beiden

Ergebnisse

Geschlechtergruppen die niedrigsten Cr-Konzentrationen (Tab. 58, 59). Die männlichen Katzen enthielten bezogen auf den Median innerhalb dieser Altersgruppe in den genannten Geweben die doppelte Cr-Konzentration der weiblichen Tiere.

Tab. 58: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	227 ± 154	266	6	236 ± 130	294	0,762
1,5 - 4	3	167 ± 156	99	5	154 ± 94	170	0,999
4,5 - 7	10	171 ± 108	196	2	249 ± 74	249	0,364
8 - 11	1	215		6	229 ± 129	248	-
12 - 18	7	238 ± 109	279	3	248 ± 54	259	0,833

Tab. 59: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	214 ± 139	263	6	235 ± 104	284	0,610
1,5 - 4	3	143 ± 129	87	5	127 ± 59	167	0,999
4,5 - 7	10	151 ± 91	135	2	235 ± 69	235	0,273
8 - 11	1	114		6	244 ± 108	237	-
12 - 18	7	223 ± 99	203	3	254 ± 112	290	0,833

Ergebnisse

Tab. 60: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
0 - 1	4	248 \pm 171	275	6	248 \pm 138	243	0,914
1,5 - 4	3	202 \pm 142	214	5	155 \pm 79	138	0,999
4,5 - 7	10	134 \pm 72	135	2	223 \pm 127	223	0,364
8 - 11	1	135		6	168 \pm 105	149	-
12 - 18	7	238 \pm 132	215	3	263 \pm 113	324	0,833

4.3.4.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei der Gegenüberstellung der Katzen mit Nieren- und ohne chronischen Nierenerkrankungen aller Altersgruppen ergaben die Medianwerte mit einer Ausnahme keine Unterschiede ($p > 0,05$).

Bei den 4,5 bis 7 Jahre alten Katzen ergab der U-Test einen Unterschied ($p = 0,016$). Der Median der Cr-Konzentrationen in den Lebern bei den Tieren mit chronischen Nierenerkrankungen betrug 229 und ohne vorberichtlich erfasste Nierenerkrankungen 46 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS (Tab. 61).

Tab. 61: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	199		7	153 \pm 117	99	-
4,5 - 7	8	238 \pm 66	229	4	75 \pm 83	46	0,016
8 - 11	5	238 \pm 102	215	2	199 \pm 196	199	0,857
12 - 18	7	231 \pm 109	259	3	263 \pm 43	279	0,999

Ergebnisse

Tab. 62: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	172		7	127 \pm 88	87	-
4,5 - 7	8	197 \pm 81	165	4	101 \pm 80	84	0,109
8 - 11	5	226 \pm 81	222	2	224 \pm 215	224	0,999
12 - 18	7	206 \pm 80	203	3	293 \pm 124	342	0,267

Tab. 63: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	232		7	164 \pm 105	138	-
4,5 - 7	8	183 \pm 71	158	4	82 \pm 65	87	0,214
8 - 11	5	168 \pm 75	164	2	151 \pm 183	151	0,857
12 - 18	7	222 \pm 111	215	3	301 \pm 148	324	0,383

4.3.5 Sb-Konzentrationen

Die Sb-Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark schwankten zwischen 0 und 377 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Die Medianwerte der untersuchten Gewebe lagen für die Lebern bei 132, für die Nierenrinden bei 127 und für die Nierenmarkproben bei 126 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Zwischen den Geweben bestanden keine deutlichen Unterschiede ($p > 0,05$) (Tab. 64).

Ergebnisse

Tab. 64: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Katzen

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	47	100	132	81	0	216
Nierenrinde	47	95	127	80	0	236
Nierenmark	47	99	126	90	0	377

Tabelle 65 zeigt die hohe lineare und signifikante Korrelation ($p \leq 0,001$) der Sb-Konzentrationen zwischen den einzelnen Geweben. Die höchste lineare Abhängigkeit bestand zwischen der Nierenrinde und dem Nierenmark ($r = 0,972$), dicht gefolgt von der Leber zum Nierenmark ($r = 0,931$) und der Leber zur Nierenrinde ($r = 0,924$).

Tab. 65: Korrelationskoeffizienten der Sb-Konzentrationen in Geweben von Katzen

Gewebe	Sb-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,972	$\leq 0,001$	$y = -4,15 + 1,09x$ y= Nierenmark (μg Sb/kg FS) x= Nierenrinde (μg Sb/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,924	$\leq 0,001$	$y = 8,92 + 0,97x$ y= Leber (μg Sb/kg FS) x= Nierenrinde (μg Sb/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,931	$\leq 0,001$	$y = 19,05 + 0,82x$ y= Leber (μg Sb/kg FS) x= Nierenmark (μg Sb/kg FS)

In den Abbildungen 22 - 24 wurden bei einem 3 Monate alten Katzenwelpen mit einer Atresia coli et recti die höchsten Sb-Konzentrationen ermittelt. Sie betragen in der Nierenrinde 377 und im Nierenmark 236 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS.

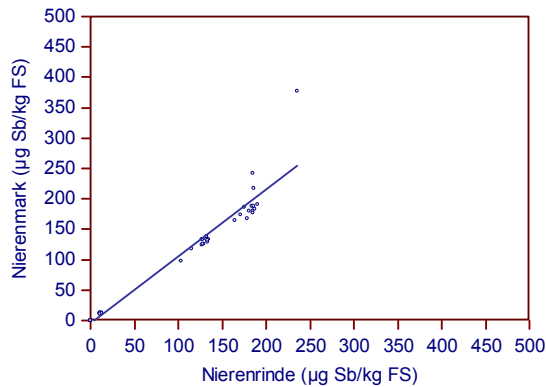


Abb. 22: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Katzen

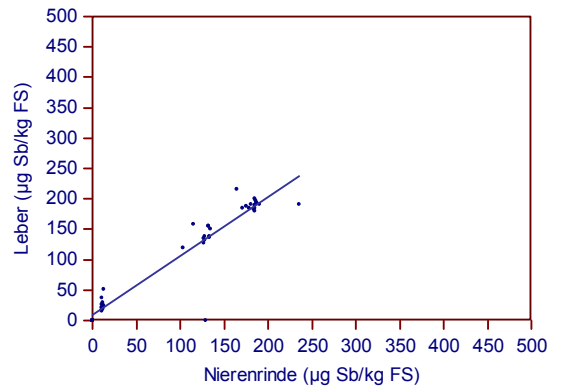


Abb. 23: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Katzen

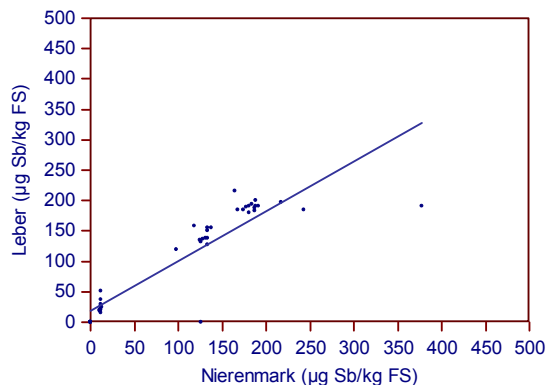


Abb. 24: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Katzen

4.3.5.1 Einfluss des Geschlechts

Die Sb-Konzentrationen in den Geweben ergaben keine Geschlechtsabhängigkeit ($p > 0,05$). Die Medianwerte aller Gewebe beider Geschlechter variierten gering. Sie lagen zwischen 125 und 132 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS (Tab. 30).

Ergebnisse

Tab. 66: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Katzen

Gewebe	weibliche Katzen (25)		männliche Katzen (22)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	100 \pm 80	132	101 \pm 84	132	0,915
Nierenrinde	93 \pm 75	127	96 \pm 87	130	0,638
Nierenmark	96 \pm 80	125	103 \pm 102	131	0,557

4.3.5.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

In den untersuchten Geweben bestanden hinsichtlich der Sb-Konzentrationen keine Geschlechts- und Altersabhängigkeit ($p > 0,05$) (Tab. 67 - 69).

Tab. 67: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	141 \pm 94	186	6	141 \pm 73	169	0,914
1,5 - 4	3	88 \pm 91	52	5	16 \pm 9	19	0,071
4,5 - 7	10	83 \pm 73	79	2	178 \pm 33	178	0,061
8 - 11	1	159		6	71 \pm 91	26	-
12 - 18	7	98 \pm 91	132	3	171 \pm 29	185	0,267

Ergebnisse

Tab. 68: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
0 - 1	4	136 \pm 91	180	6	145 \pm 82	159	0,914
1,5 - 4	3	68 \pm 97	13	5	9 \pm 5	11	0,393
4,5 - 7	10	72 \pm 72	58	2	159 \pm 37	159	0,273
8 - 11	1	115		6	66 \pm 93	11	-
12 - 18	7	106 \pm 71	128	3	163 \pm 27	171	0,117

Tab. 69: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Katzen			männliche Katzen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
0 - 1	4	152 \pm 105	182	6	171 \pm 122	163	0,914
1,5 - 4	3	68 \pm 98	12	5	9 \pm 5	11	0,571
4,5 - 7	10	75 \pm 78	55	2	161 \pm 39	161	0,182
8 - 11	1	118		6	65 \pm 91	12	-
12 - 18	7	103 \pm 69	126	3	164 \pm 32	175	0,067

4.3.5.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Deutliche Unterschiede hinsichtlich der Sb-Konzentrationen der Gewebe der Katzen mit und ohne Nierenerkrankungen konnten nicht nachgewiesen werden.

In der Altersgruppe der 12 bis 18 Jahre alten Katzen standen sieben Proben von Katzen mit chronischen Nierenerkrankungen und drei ohne Nierenerkrankungen zur Verfügung. Bei den Katzen ohne vorberichtlich erwähnte Nierenerkrankungen zeigten die Medianwerte von Leber, Nierenrinde und Nierenmark im Vergleich zu den Tieren mit Nierenerkrankungen höhere Sb-Konzentrationen (Tab. 70 - 72).

Ergebnisse

Tab. 70: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	21		7	141 \pm 77	21	-
4,5 - 7	8	126 \pm 67	138	4	46 \pm 66	13	0,109
8 - 11	5	78 \pm 85	29	2	97 \pm 137	97	0,857
12 - 18	7	100 \pm 92	135	3	168 \pm 31	185	0,667

Tab. 71: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	12		7	34 \pm 65	11	-
4,5 - 7	8	111 \pm 68	130	4	36 \pm 65	5	0,154
8 - 11	5	64 \pm 82	12	2	94 \pm 132	94	0,857
12 - 18	7	107 \pm 73	129	3	159 \pm 27	171	0,383

Ergebnisse

Tab. 72: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Nierenmark von Katzen in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	11		7	34 ± 65	12	-
4,5 - 7	8	115 ± 74	132	4	36 ± 65	6	0,154
8 - 11	5	64 ± 81	12	2	92 ± 130	92	0,857
12 - 18	7	106 ± 73	126	3	156 ± 26	168	0,267

4.4 Erdalkalimetalle in den Geweben von Hunden

4.4.1 Sr-Konzentrationen

Die Sr-Konzentrationen der Hunde variierten in den Nierenrindenproben am stärksten. Sie lagen zwischen 0 und 3221 µg/kg FS und wiesen eine sehr hohe Standardabweichung auf. Leber und Nierenmark zeigten ähnliche Konzentrationsspannen, die bei den Leberproben zwischen 0 und 525 µg/kg FS und bei den Nierenmarkproben zwischen 0 und 578 µg/kg FS lagen.

Signifikante Unterschiede bestanden zwischen Leber und Nierenrinde und zwischen Nierenmark und Nierenrinde.

Tab. 73: Sr-Konzentrationen (µg/kg FS) in Lebern, Nierenrinden und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	s	Minimum Maximum		
				$x_{\min.}$	$x_{\max.}$	
Leber	50	82	62 ^a	90	0	525
Nierenrinde	50	206	128 ^b	450	0	3221
Nierenmark	50	98	68 ^c	99	0	578

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Bei der Untersuchung der Beziehung der Gewebe untereinander lag bezüglich der Sr-Konzentrationen eine gesicherte Korrelation vor. Die höchste lineare Korrelation bestand zwischen Nierenmark und Nierenrinde ($r = 0,826$), gefolgt von der Korrelation zwischen Leber und Nierenmark ($r = 0,794$) und Leber und Nierenrinde ($r = 0,717$).

Ergebnisse

Tab. 74: Korrelationskoeffizienten der Sr-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Sr-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,826	≤0,001	$y = 74,7 + 0,115x$ y= Nierenmark (µg Sr/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sr/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,717	≤0,001	$y = 67,45 + 0,072x$ y= Leber (µg Sr/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sr/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,794	≤0,001	$y = 40,82 + 0,42x$ y= Leber (µg Sr/kg FS) x= Nierenmark (µg Sr/kg FS)

Die höchste Sr-Konzentration von 525 µg/kg FS in der Leber wurde bei einem ein Monate alten Hundewelpen (443, Diagnose: Parvovirose) ermittelt. Eine 7 Jahre alte Hündin (207) mit einer geringgradig chronisch interstitiellen Nephritis und einer medullären Fibrose akkumulierte im Nierenmark eine erhebliche Konzentration an Strontium (578 µg/kg FS). In der Nierenrinde einer 10 jährigen Hündin (190) mit einer chronisch interstitiellen Nephritis konnte eine Sr-Konzentration von 3221 µg/kg FS gemessen werden. Sie betrug damit mehr als die siebenfache Menge der Sr-Konzentrationen des übrigen Hundekollektivs (Abb. 25 - 27).

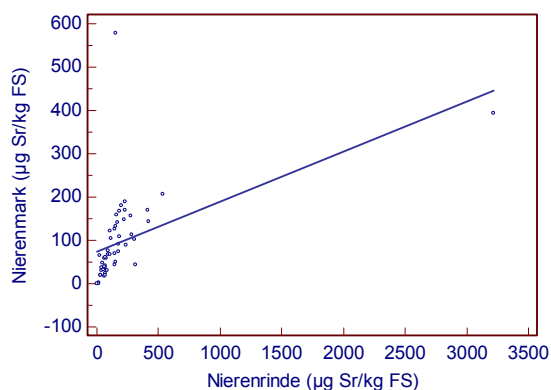


Abb. 25: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

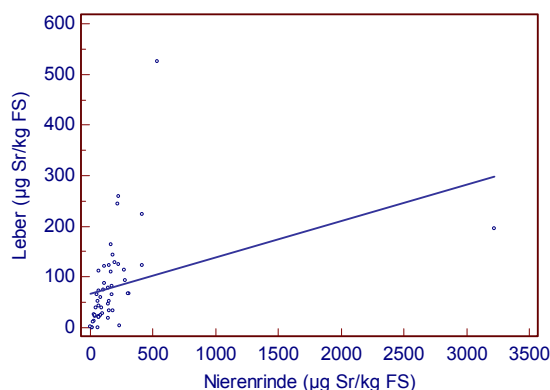


Abb. 26: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

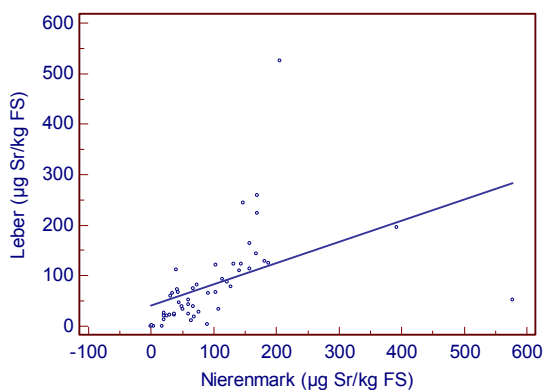


Abb. 27: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.4.1.1 Einfluss des Geschlechts

Die Sr-Konzentration wies in Leber und Nierenmark eine Geschlechtsabhängigkeit auf ($p < 0,05$). Der Medianwert der Leber der Hündinnen enthielt im Vergleich zu den Rüden annähernd die doppelte, die Nierenmarkproben die 2,5-fache Sr-Konzentration. Bei den Rüden stellte sich der Median dieser beiden Gewebe als fast homogen dar (Tab. 75).

Tab. 75: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g/kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	109 ± 112	83	52 ± 45	40	0,034
Nierenrinde	284 ± 611	153	119 ± 103	79	0,060
Nierenmark	131 ± 121	111	62 ± 52	44	0,009

4.4.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Mit Ausnahme der Nierenmarkproben der 7,5 bis 10 Jahre alten Hunde bestand keine Alters- und Geschlechtsabhängigkeit. In dieser Altersgruppe zeigte der Median der Hündinnen die 3-fache Sr-Konzentration der Rüden (Tab. 78).

Tab. 76: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
0 - 1	4	166 ± 241	63	6	66 ± 53	59	0,914
1,5 - 4	6	61 ± 50	51	4	27 ± 9	24	0,476
4,5 - 7	7	82 ± 72	67	2	63 ± 89	63	0,889
7,5 - 10	8	124 ± 77	123	5	38 ± 47	29	0,914
>10,5	1	244		6	65 ± 39	71	-

Tab. 77: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
0 - 1	4	179 ± 241	79	6	67 ± 50	55	0,914
1,5 - 4	6	81 ± 65	70	4	77 ± 12	75	0,762
4,5 - 7	7	226 ± 121	233	2	124 ± 149	124	0,333
7,5 - 10	8	547 ± 1081	167	5	117 ± 99	95	0,093
>10,5	1	218		6	199 ± 140	158	-

Ergebnisse

Tab. 78: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	110 \pm 71	93	6	55 \pm 52	37	0,114
1,5 - 4	6	55 \pm 65	35	4	47 \pm 20	48	0,762
4,5 - 7	7	176 \pm 182	113	2	96 \pm 131	96	0,889
7,5 - 10	8	156 \pm 103	129	5	59 \pm 62	44	0,045
>10,5	1	147		6	71 \pm 39	68	-

4.4.1.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei den Hunden wurden in 6 Fällen eine chronisch interstitielle Nephritis sowie einmal eine Nephrose diagnostiziert. Ein 3 Jahre alter Berner Sennenhund wies eine membranoproliferative Glomerulonephritis auf.

In den untersuchten Geweben bestanden bei der Gegenüberstellung der Hunde mit bzw. ohne chronische Nierenerkrankungen in Abhängigkeit vom Alter keine Unterschiede (Tab. 79 - 81). Hinsichtlich der Sr-Konzentrationen in Nierenmark und Nierenrinde bei den Hunden ohne Nierenerkrankungen in Abhängigkeit vom Alter zeigte der Kruskal-Wallis-Test einen Unterschied ($p < 0,05$) (Tab. 80, 81).

Tab. 79: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	128		9	38 \pm 32	24	-
4,5 - 7	3	76 \pm 128	4	7	77 \pm 35	67	0,517
7,5 - 10	3	118 \pm 81	123	10	83 \pm 80	62	0,469
>10,5	1	18		6	102 \pm 76	78	-

Ergebnisse

Tab. 80: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	198		9	66 \pm 26	70	-
4,5 - 7	3	221 \pm 197	233	7	192 \pm 89	177	0,833
7,5 - 10	3	1184 \pm 1764	181	10	141 \pm 76	144	0,217
>10,5	1	142		6	211 \pm 137	196	-

Tab. 81: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	181		9	38 \pm 22	37	-
4,5 - 7	3	87 \pm 83	90	7	179 \pm 182	113	0,383
7,5 - 10	3	211 \pm 158	132	10	91 \pm 63	90	0,217
>10,5	1	69		6	84 \pm 50	70	-

4.4.2 Ba-Konzentrationen

Die Ba-Konzentrationen der Gewebe schwankte zwischen 0 und 399 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Der Nierenrindenmedian betrug 121 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und lag damit am höchsten, gefolgt von der Leber (97 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) und von dem Nierenmark (92 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS). Zwischen den Geweben konnten keine deutlichen Unterschiede ermittelt werden (Tab. 82).

Ergebnisse

Tab. 82: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	50	123	113	97	0	349
Nierenrinde	50	130	121	105	0	399
Nierenmark	50	110	93	92	0	268

Hinsichtlich der Ba-Konzentrationen bestand bei signifikanter Korrelation $p \leq 0,001$ eine positive lineare Korrelation zwischen allen untersuchten Geweben. Die höchste lineare Korrelation ($r = 0,941$) wurde zwischen Nierenmark und Nierenrinden festgestellt. Die niedrigste Korrelation ($r = 0,888$) bestand zwischen Leber und Nierenrinde (Tab. 83).

Tab. 83: Korrelationskoeffizienten der Ba-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Ba-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,941	$\leq 0,001$	$y = 3,483 + 0,822x$ y= Nierenmark (μg Ba/kg FS) x= Nierenrinde (μg Ba/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,888	$\leq 0,001$	$y = 14,897 + 0,831x$ y= Leber (μg Ba/kg FS) x= Nierenrinde (μg Ba/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,917	$\leq 0,001$	$y = 14,47 + 0,983x$ y= Leber (μg Ba/kg FS) x= Nierenmark (μg Ba/kg FS)

Die höchste Konzentration an Barium ($349 \mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in der Leber wurde bei dem Hundewelpen 443 ermittelt. Die Hündin 190 mit einer chronisch interstitiellen Nephritis wies in der Nierenrinde eine Ba-Konzentration von $264 \mu\text{g}/\text{kg}$ FS auf. Sie stellte damit die höchste

Ba-Konzentration im Vergleich zu den Nierenrinden des gesamten Hundekollektivs dar (Abb. 28 - 30).

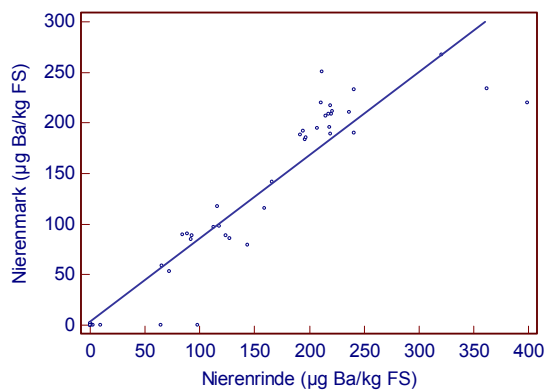


Abb. 28: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

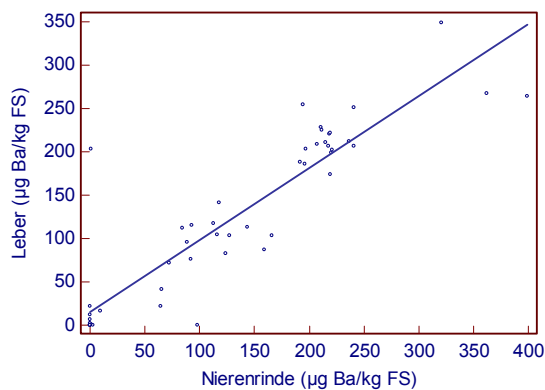


Abb. 29: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

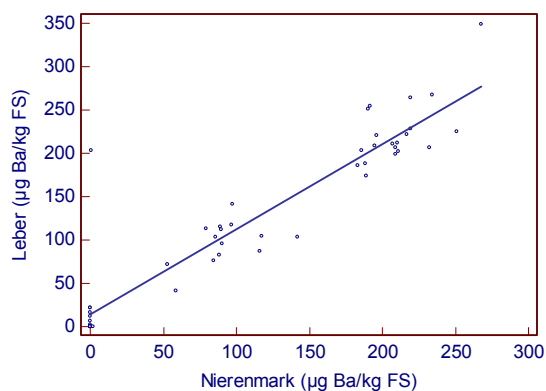


Abb. 30: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.4.2.1 Einfluss des Geschlechts

Die Ba-Konzentrationen erwiesen sich in den Geweben als geschlechtsunabhängig (Tab. 84).

Tab. 84: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	112 \pm 100	104	129 \pm 93	186	0,534
Nierenrinde	125 \pm 118	103	130 \pm 91	166	0,587
Nierenmark	104 \pm 93	89	113 \pm 93	142	0,984

4.4.2.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Bei den Hündinnen wurden Ba-Konzentrationen von 0 bis 211 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS, bei den Rüden von 0 bis 215 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS ermittelt. In beiden Geschlechtergruppen konnte keine Altersabhängigkeit nachgewiesen werden (Tab. 85 - 87).

Tab. 85: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	164 \pm 153	154	6	162 \pm 95	199	0,999
1,5 - 4	6	57 \pm 86	9	4	157 \pm 105	200	0,257
4,5 - 7	7	150 \pm 94	174	2	144 \pm 58	144	0,999
7,5 - 10	8	91 \pm 83	88	5	66 \pm 83	22	0,524
>10,5	1	142		6	123 \pm 102	159	-

Ergebnisse

Tab. 86: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\hat{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\hat{x}	
0 - 1	4	175 ± 134	189	6	151 ± 88	193	0,610
1,5 - 4	6	52 ± 89	0	4	163 ± 108	215	0,067
4,5 - 7	7	179 ± 117	211	2	181 ± 22	181	0,889
7,5 - 10	8	107 ± 125	78	5	77 ± 84	64	0,724
>10,5	1	118		6	114 ± 101	121	-

Tab. 87: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunde in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\hat{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\hat{x}	
0 - 1	4	151 ± 117	166	6	146 ± 83	190	0,610
1,5 - 4	6	50 ± 86	0	4	160 ± 107	210	0,171
4,5 - 7	7	154 ± 97	189	2	163 ± 29	163	0,889
7,5 - 10	8	79 ± 71	74	5	55 ± 83	0	0,435
>10,5	1	98		6	81 ± 99	40	-

4.4.2.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Innerhalb der einzelnen Altersgruppen ergab der U-Test in den untersuchten Geweben bei der Gegenüberstellung der Hunde mit und ohne Nierenerkrankungen keine Unterschiede ($p > 0,05$).

Ergebnisse

Tab. 88: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	115		9	95 \pm 108	12	-
4,5 - 7	3	154 \pm 45	174	7	161 \pm 102	206	0,667
7,5 - 10	3	131 \pm 125	112	10	67 \pm 64	56	0,469
>10,5	1	0		6	147 \pm 82	173	-

Tab. 89: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	92		9	97 \pm 114	1	-
4,5 - 7	3	181 \pm 48	196	7	188 \pm 116	211	0,833
7,5 - 10	3	164 \pm 207	84	10	75 \pm 64	69	0,573
>10,5	1	0		6	134 \pm 84	131	-

Tab. 90: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	89		9	94 \pm 112	0	-
4,5 - 7	3	153 \pm 58	183	7	162 \pm 93	190	0,667
7,5 - 10	3	103 \pm 110	90	10	60 \pm 63	56	0,573
>10,5	1	0		6	97 \pm 91	88	-

4.5 Cd-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Die Cd-Konzentrationen der untersuchten Gewebe schwankten zwischen 2 und 2756 µg/kg FS. Die höchste Standardabweichung zeigte sich in den Nierenmarkproben. Signifikante Unterschiede ergaben sich zwischen Leber und Nierenrinde und zwischen Nierenmark und Nierenrinde (Tab. 91).

Tab. 91: Cd-Konzentrationen (µg/kg FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	50	107	101 ^a	80	2	434
Nierenrinde	50	314	267 ^b	269	2	1184
Nierenmark	50	156	84 ^c	393	2	2756

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante
Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Zwischen den Geweben wurden signifikante Korrelationen ($p \leq 0,001$) ermittelt (Tab. 92). Die höchste positive Korrelation bestand zwischen der Leber und dem Nierenmark ($r = 0,828$). Die geringste Korrelation fand sich zwischen der Leber und der Nierenrinde ($p = 0,757$).

Ergebnisse

Tab. 92: Korrelationskoeffizienten der Cd-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Cd-		Regressionsgerade
	Konzentration		
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,796	≤0,001	$y = 52,58 + 0,33x$ y= Nierenmark (µg Cd/kg FS) x= Nierenrinde (µg Cd/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,757	≤0,001	$y = 44,13 + 0,2x$ y= Leber (µg Cd/kg FS) x= Nierenrinde (µg Cd/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,828	≤0,001	$y = 101,8 + 0,04x$ y= Leber (µg Cd/kg FS) x= Nierenmark (µg Cd/kg FS)

Der Hundewelpen (443, Alter: 1 Monat, weiblich, Diagnose: Parvovirose) akkumulierte erheblich mehr Cadmium (2756 µg/kg FS) im Nierenmark als die anderen Hunde, die Cd-Konzentrationen im Nierenmark bis max. 757 µg/kg FS aufwiesen. Die höchsten Cd-Konzentrationen (1184 und 1049 µg/kg FS) in den Nierenrinden wurden bei einer 9 Jahre alten Hündin (482, Diagnose: submenigealer Rundzelltumor) und bei einem 8 Jahre alten Rüden (544, Diagnose: maligner Gehirntumor) gemessen (Abb. 31 - 33).

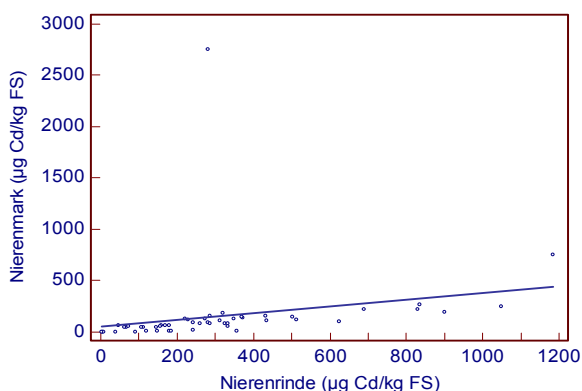


Abb. 31: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

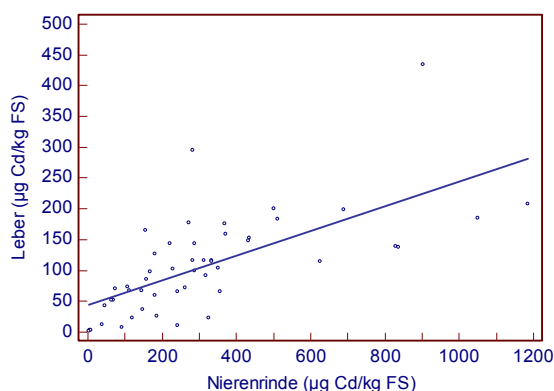


Abb. 32: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

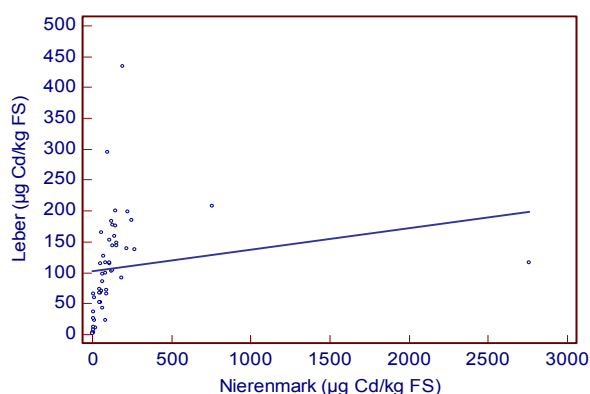


Abb. 33: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.5.1.1 Einfluss des Geschlechts

Eine Geschlechtsabhängigkeit ($p = 0,037$) bestand bei den Leberproben (Tab. 93). Der Medianwert der Hündinnen ergab annähernd die 2-fache Cd-Konzentration der Rüden.

Tab. 93: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
Leber	124 ± 86	115	80 ± 56	66	0,037
Nierenrinde	360 ± 300	285	264 ± 231	228	0,326
Nierenmark	229 ± 536	82	75 ± 66	84	0,118

4.5.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Die Altersspanne der Hündinnen lag zwischen 1 Monat und 13 Jahren, die der Rüden zwischen 3 Tagen und 15 Jahren.

Das Alter beeinflusste die Cd-Konzentrationen der Nierenrinden beider Geschlechter ($p < 0,05$). Mit zunehmendem Alter stiegen die Cd-Konzentrationen.

Ergebnisse

Tab. 94: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	60 \pm 44	56	6	43 \pm 55	27	0,476
1,5 - 4	6	89 \pm 57	85	4	66 \pm 38	63	0,476
4,5 - 7	7	115 \pm 66	104	2	115 \pm 40	115	0,999
7,5 - 10	8	182 \pm 108	151	5	106 \pm 62	103	0,222
>10,5	1	199		6	92 \pm 59	90	-

Tab. 95: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	110 \pm 116	60	6	61 \pm 83	35	0,352
1,5 - 4	6	180 \pm 100	140	4	242 \pm 111	246	0,257
4,5 - 7	7	410 \pm 228	350	2	223 \pm 91	223	0,500
7,5 - 10	8	535 \pm 384	351	5	431 \pm 358	261	0,833
>10,5	1	690		6	358 \pm 165	348	-

Ergebnisse

Tab. 96: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	721 \pm 1357	62	6	37 \pm 48	23	0,171
1,5 - 4	6	57 \pm 41	52	4	34 \pm 50	12	0,476
4,5 - 7	7	108 \pm 66	119	2	110 \pm 63	110	0,889
7,5 - 10	8	220 \pm 228	167	5	123 \pm 89	122	0,622
>10,5	1	224		6	89 \pm 44	98	-

4.5.1.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei der Gegenüberstellung der Hunde mit und ohne chronischen Nierenerkrankungen in Abhängigkeit vom Alter bestand in allen drei Geweben kein Unterschied ($p > 0,05$) (Tab. 97 - 99).

Tab. 97: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Leber von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	177		9	69 \pm 37	67	-
4,5 - 7	3	99 \pm 95	86	7	148 \pm 75	139	0,517
7,5 - 10	3	258 \pm 152	176	10	121 \pm 53	121	0,077
>10,5	1	154		6	100 \pm 70	90	-

Ergebnisse

Tab. 98: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	273		9	198 \pm 107	168	-
4,5 - 7	3	300 \pm 179	241	7	385 \pm 224	287	0,517
7,5 - 10	3	476 \pm 384	369	10	501 \pm 377	326	0,937
>10,5	1	434	434	6	400 \pm 214	348	-

Tab. 99: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	129	129	9	39 \pm 35	44	-
4,5 - 7	3	78 \pm 64	65	7	119 \pm 56	119	0,383
7,5 - 10	3	133 \pm 67	149	10	197 \pm 213	137	0,811
>10,5	1	109	109	6	108 \pm 71	71	-

4.6 Spurenelemente in den Geweben von Hunden

4.6.1 Cu-Konzentrationen

Die Tab. 100 stellt die Cu-Konzentrationen der untersuchten Gewebe untereinander dar. Zwischen den Geweben zeigte sich ein deutlicher Unterschied ($p < 0,05$). Der höchste Median von 44727 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS ergab sich für die Cu-Konzentration der Lebern. Er entsprach damit dem 6,5-fachen Wert des Nierenrinden- und dem 19-fachen Wert des Nierenmarkmedians.

Ergebnisse

Tab. 100: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum Maximum	
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	50	57364	44727 ^a	45398	6629	242972
Nierenrinde	50	10573	6697 ^b	20134	1728	143538
Nierenmark	50	2877	2345 ^c	2567	823	18579

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante
Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Eine lineare Abhängigkeit ($r = 0,847$) bei gesicherter Korrelation ($p \leq 0,001$) bestand zwischen Nierenmark und Nierenrinde (Tab. 101).

Tab. 101: Korrelationskoeffizienten der Cu-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Cu-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,847	$\leq 0,001$	$y = 1596 + 0,121x$ $y = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Cu/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Cu/kg FS})$
Leber-Nierenrinde	0,179	0,212	$y = 42125 + 1,441x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Cu/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Cu/kg FS})$
Leber-Nierenmark	0,25	0,080	$y = 26048 + 10,885x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Cu/kg FS})$ $x = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Cu/kg FS})$

Der 9 Monate alte Bulldoggenrüde (522) zeigte sowohl in der Nierenrinde (143538 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) als auch im Nierenmark (18579 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) und Leber (242972 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) sehr hohe Cu-Konzentrationen.

Ergebnisse

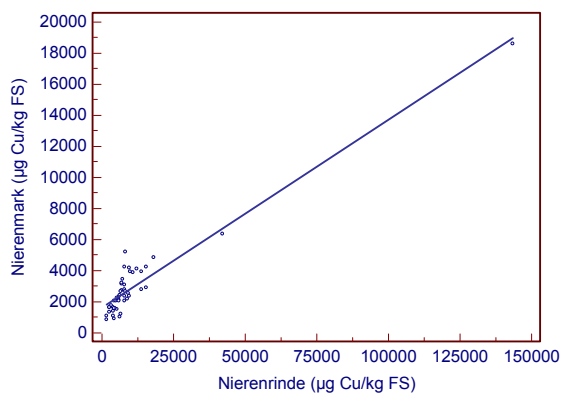


Abb. 34: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

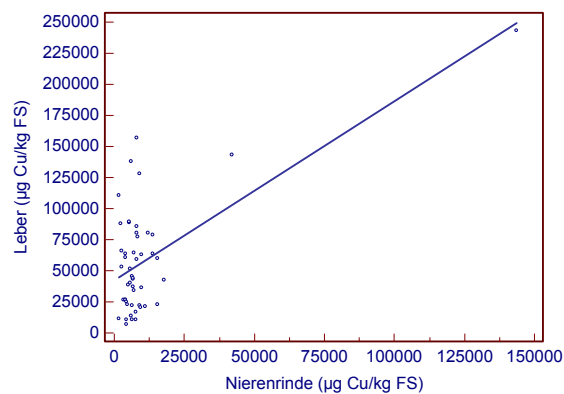


Abb. 35: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

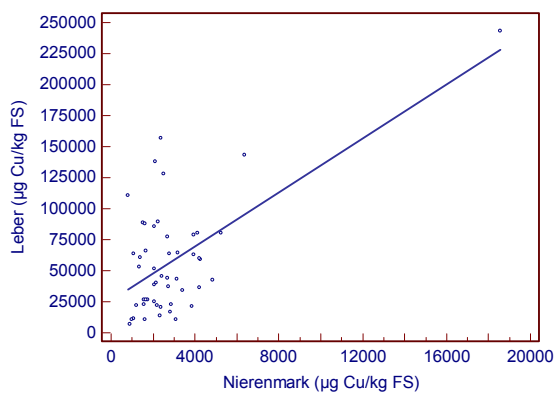


Abb. 36: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.6.1.1 Einfluss des Geschlechts

Die Gegenüberstellung der einzelnen Gewebe der Geschlechter ergab keine Differenz ($p > 0.05$) (Tab. 102).

Ergebnisse

Tab. 102: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	62692 \pm 3505	61837	52161 \pm 55856	33811	0,068
Nierenrinde	7939 \pm 3818	7859	13794 \pm 29425	6051	0,253
Nierenmark	2617 \pm 1043	2601	3206 \pm 3636	2152	0,535

4.6.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

In den Geweben bestand hinsichtlich der Cu-Konzentrationen keine Alters- und Geschlechtsabhängigkeit ($p > 0,05$) (Tab. 103 - 105).

Tab. 103: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	65055 \pm 52216	61012	6	65609 \pm 89165	29686	0,914
1,5 - 4	6	51980 \pm 24989	56661	4	34720 \pm 36438	21982	0,352
4,5 - 7	7	57507 \pm 49587	43958	2	53524 \pm 37950	53524	0,667
7,5 - 10	8	71866 \pm 19608	63198	5	55087 \pm 51085	42259	0,093
>10,5	1	80430		6	47447 \pm 45919	33204	-

Ergebnisse

Tab. 104: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	8604 \pm 920	8523	6	28327 \pm 56505	6451	0,257
1,5 - 4	6	4461 \pm 1906	4088	4	6338 \pm 3136	4966	0,257
4,5 - 7	7	9279 \pm 4018	7927	2	5652 \pm 3453	5652	0,50
7,5 - 10	8	8513 \pm 4462	8143	5	15956 \pm 15343	7124	0,524
>10,5	1	12180		6	5143 \pm 1165	4979	-

Tab. 105: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	2973 \pm 920	2806	6	4765 \pm 6792	2257	0,476
1,5 - 4	6	1802 \pm 750	1513	4	1966 \pm 1295	1551	0,999
4,5 - 7	7	2600 \pm 849	2692	2	3496 \pm 2452	3496	0,889
7,5 - 10	8	2877 \pm 1208	2729	5	3613 \pm 2089	3425	0,524
>10,5	1	4135		6	2038 \pm 595	1882	-

4.6.1.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei der Gegenüberstellung der Hunde mit und ohne Nierenerkrankungen in Abhängigkeit vom Alter wurde kein Unterschied ermittelt (Tab. 106 - 108).

Ergebnisse

Tab. 106: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern der Hunde in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	87536		9	40358 \pm 26966	24879	-
4,5 - 7	3	42656 \pm 31191	26689	7	60021 \pm 48191	43958	0,833
7,5 - 10	3	83781 \pm 24212	77470	10	59901 \pm 35758	55571	0,112
>10,5	1	26629		6	56413 \pm 46292	41414	-

Tab. 107: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	2477		9	5516 \pm 2445	4583	-
4,5 - 7	3	10807 \pm 6618	13885	7	6975 \pm 1904	7806	0,517
7,5 - 10	3	7920 \pm 5956	8323	10	12412 \pm 11225	7544	0,811
>10,5	1	3949		6	6515 \pm 2952	5852	-

Tab. 108: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	1621		9	1895 \pm 990	1544	-
4,5 - 7	3	2868 \pm 1095	2891	7	2665 \pm 1264	2393	0,667
7,5 - 10	3	2094 \pm 1102	2673	10	3480 \pm 1580	3688	0,287
>10,5	1	1641		6	2454 \pm 997	2137	-

4.6.2 Zn-Konzentrationen

In Tab. 109 wurden die Zn-Konzentrationen der untersuchten Gewebe dargestellt. Die Lebern wiesen eine Zn-Konzentration von 10150 bis 54707 µg/kg FS, die Nierenrinden von 4770 bis 40808 µg/kg FS und die Nierenmarkproben von 2805 bis 18828 µg/kg FS auf. Zwischen den einzelnen Geweben bestanden deutliche Unterschiede ($p < 0,05$).

Tab. 109: Zn-Konzentrationen (µg/kg FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	50	26286	21837 ^a	12699	10150	54707
Nierenrinde	50	15862	13908 ^b	8207	4770	40808
Nierenmark	50	7892	6174 ^c	4026	2805	18828

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Zwischen Nierenmark und Nierenrinde zeigte sich die höchste lineare Korrelation von $r = 0,892$, gefolgt von der Leber zur Nierenrinde ($r = 0,832$) und der Leber zu den Nierenmarkproben ($r = 0,781$) bei einer signifikanten Korrelation ($p \leq 0,001$) (Tab. 110).

Ergebnisse

Tab. 110: Korrelationskoeffizienten der Zn-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Zn-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,892	≤0,001	$y = 1322 + 0,41x$ y= Nierenmark (µg Zn/kg FS) x= Nierenrinde (µg Zn/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,832	≤0,001	$y = 5625 + 1,3x$ y= Leber (µg Zn/kg FS) x= Nierenrinde (µg Zn/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,781	≤0,001	$y = 5721 + 0,26x$ y= Leber (µg Zn/kg FS) x= Nierenmark (µg Zn/kg FS)

Der Hundewelp (443) zeichnete sich durch die höchste Zn-Konzentration von 18828 µg/kg FS im Nierenmark und eine 10 Jahre alte Jack Russel Hündin (190) von 40808 µg/kg FS in der Nierenrinde aus (Abb. 37 - 39).

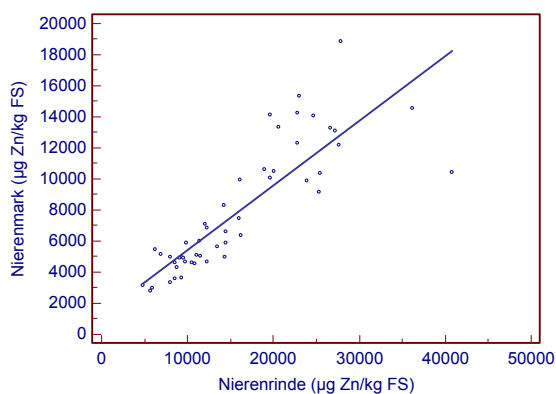


Abb. 37: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

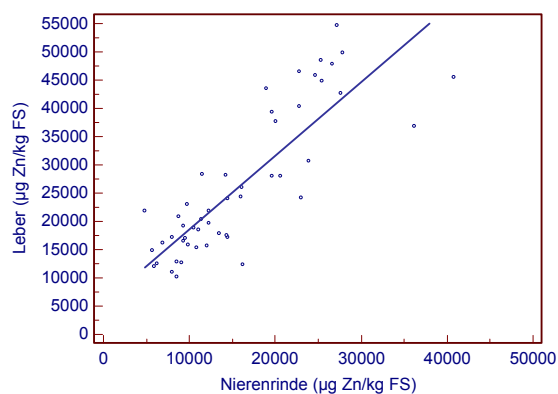


Abb. 38: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

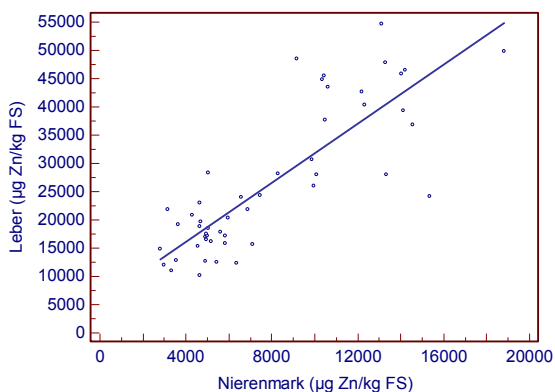


Abb. 39: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.6.2.1 Einfluss des Geschlechts

Bei der Gegenüberstellung der 26 Hündinnen und der 23 Rüden bestand in Leber und Nierenrinde eine Geschlechtsabhängigkeit ($p < 0,05$). Die Hündinnen wiesen im Medianen der Leber annähernd die 1,5-fache, in der Nierenrinden die 2-fache Zn-Konzentration der Rüden auf (Tab. 111).

Tab. 111: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	30758±12897	28133	21421±10995	17109	0,003
Nierenrinde	18222±8529	19609	13347±7319	9817	0,026
Nierenmark	9064±4477	9521	6612±3152	5431	0,089

4.6.2.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Innerhalb der einzelnen Altersgruppen bestand mit einer Ausnahme keine Geschlechtsabhängigkeit in den untersuchten Geweben. Die Altersgruppe der 7,5 - 10 Jahre alten Hunde zeigte hinsichtlich der Leber einen Unterschied ($p < 0,05$).

Der Wert der Rüden lag deutlich unterhalb der Zn-Konzentration der Hündinnen (Tab. 112 - 114). Allerdings handelt es sich dabei nicht um einen systematischen Effekt.

Tab. 112: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	36224 \pm 16234	39646	6	19962 \pm 10369	18224	0,114
1,5 - 4	6	20455 \pm 9599	17981	4	16938 \pm 3310	17129	0,610
4,5 - 7	7	31648 \pm 12734	28185	2	30846 \pm 21170	30846	0,889
7,5 - 10	8	33772 \pm 11992	32798	5	22299 \pm 12645	17000	0,030
>10,5	1	40385		6	21997 \pm 12037	19590	-

Tab. 113: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	22247 \pm 7015	24590	6	14552 \pm 11378	11533	0,257
1,5 - 4	6	11941 \pm 4819	11705	4	10088 \pm 2973	8913	0,762
4,5 - 7	7	17289 \pm 7643	14304	2	17254 \pm 10517	17254	0,889
7,5 - 10	8	21162 \pm 10734	21729	5	13749 \pm 6744	10844	0,284
>10,5	1	22823		6	12676 \pm 5039	12954	-

Ergebnisse

Tab. 114: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	11240 \pm 5194	9521	6	6938 \pm 4046	6013	0,114
1,5 - 4	6	5866 \pm 4138	4819	4	5012 \pm 644	4956	0,762
4,5 - 7	7	8331 \pm 3636	8283	2	9946 \pm 5794	9946	0,667
7,5 - 10	8	10608 \pm 4495	11866	5	6081 \pm 2422	4940	0,127
>10,5	1	12329		6	6684 \pm 2963	5766	-

4.6.2.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei der Gegenüberstellung der Hunde mit und ohne Nierenerkrankungen in Abhängigkeit vom Alter bestanden keine Unterschiede (Tab. 115 - 117).

Tab. 115: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	39380		9	16789 \pm 2826	17148	-
4,5 - 7	3	28978 \pm 13420	28362	7	31166 \pm 13752	28080	0,999
7,5 - 10	3	37936 \pm 13977	45555	10	26786 \pm 12354	21458	0,217
>10,5	1	23016		6	24892 \pm 14222	21060	-

Ergebnisse

Tab. 116: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	19605		9	10266 \pm 3008	9079	-
4,5 - 7	3	16326 \pm 9848	11505	7	16982 \pm 6932	14304	0,999
7,5 - 10	3	22808 \pm 18019	22847	10	16962 \pm 6906	16806	0,811
>10,5	1	9748		6	14855 \pm 6211	16208	-

Tab. 117: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	
1,5 - 4	1	14119		9	4570 \pm 904	4931	-
4,5 - 7	3	7695 \pm 3913	5849	7	8857 \pm 3796	8283	0,517
7,5 - 10	3	9269 \pm 5625	10431	10	8746 \pm 4270	7985	0,999
>10,5	1	4659		6	7962 \pm 3517	8167	-

4.6.3 Mn-Konzentrationen

Die Mn-Konzentrationen in den untersuchten Geweben variierten von 130 bis 3391 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Innerhalb des Hundekollektivs betrug der Median der Mangankonzentrationen in der Leber 1933 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und ergab damit annähernd den doppelten Wert des Nierenrindenmedians und die 5-fache Menge des Nierenmarkmedians. Gleichzeitig wiesen die Leberwerte eine hohe Streuung auf, die sich durch die sehr hohe Standardabweichung reflektiert. Zwischen den einzelnen Geweben bestanden deutliche Unterschiede ($p < 0,05$) (Tab. 118).

Ergebnisse

Tab. 118: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	50	1930	1933 ^a	538	833	3391
Nierenrinde	50	884	846 ^b	385	200	2548
Nierenmark	50	402	378 ^c	192	130	1309

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Zwischen Nierenmark und Nierenrinde wurde eine lineare Korrelation von $r = 0,645$, zwischen Leber und Nierenrinde von $r = 0,349$ ($p < 0,05$) ermittelt.

Tab. 119: Korrelationskoeffizienten der Mn-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Mn-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,645	$\leq 0,001$	$y = 42,38 + 0,406x$ $y = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Mn/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Mn/kg FS})$
Leber-Nierenrinde	0,349	0,013	$y = 1508 + 0,477x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Mn/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Mn/kg FS})$
Leber-Nierenmark	0,238	0,096	$y = 1676 + 0,633x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Mn/kg FS})$ $x = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Mn/kg FS})$

Bei einem 9 Monate alten Bulldoggenrüden (522) mit schwerer Leberzirrhose wurden in Nierenmark und Nierenrinde die höchsten Mn-Konzentrationen von 1309 und 2548 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS ermittelt. Die höchsten Mangankonzentrationen von 3391 und 3211 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS wurden bei

einem 9 Jahre alten Rüden (697) und bei einem 1 Monate alten Welpen (443) in der Leber gemessen (Abb. 40 - 42).

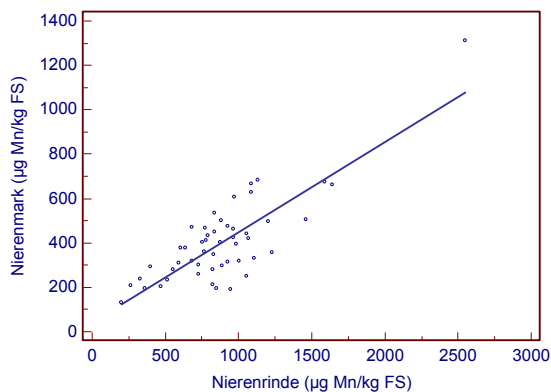


Abb. 40: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

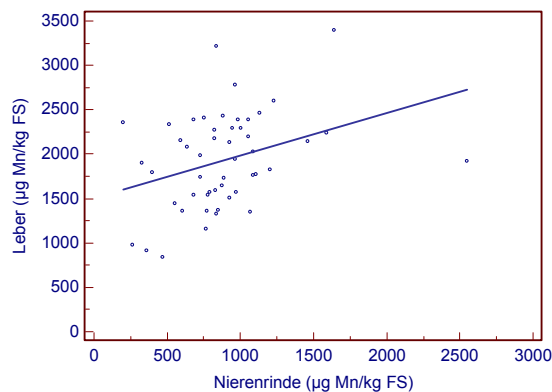


Abb. 41: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

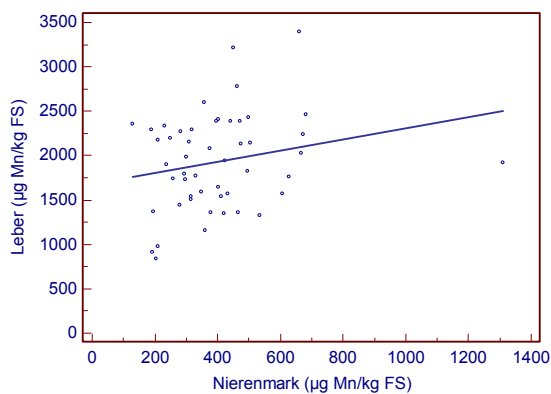


Abb. 42: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.6.3.1 Einfluss des Geschlechts

Die Mn-Konzentrationen der Gewebe erwiesen sich als geschlechtsunabhängig ($p > 0,05$) (Tab. 120).

Ergebnisse

Tab. 120: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	1976 \pm 531	2033	1869 \pm 562	1830	0,521
Nierenrinde	363 \pm 142	352	450 \pm 233	403	0,089
Nierenmark	816 \pm 310	826	974 \pm 450	963	0,200

4.6.3.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Das Alter beeinflusste die Mn-Konzentrationen der Gewebe nicht (Tab. 121 - 123).

Tab. 121: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	2452 \pm 610	2415	6	1810 \pm 487	1846	0,257
1,5 - 4	6	1636 \pm 459	1699	4	1728 \pm 359	1684	0,914
4,5 - 7	7	1964 \pm 488	1742	2	2202 \pm 369	2202	0,500
7,5 - 10	8	1990 \pm 512	2311	5	2272 \pm 805	2384	0,622
>10,5	1	2082		6	1575 \pm 445	1650	-

Tab. 122: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinde von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	1185 \pm 313	1158	6	1104 \pm 765	942	0,476
1,5 - 4	6	776 \pm 417	791	4	828 \pm 313	922	0,610
4,5 - 7	7	827 \pm 113	823	2	1047 \pm 119	1047	0,222
7,5 - 10	8	674 \pm 245	727	5	1061 \pm 361	1057	0,093
>10,5	1	636		6	844 \pm 266	908	-

Ergebnisse

Tab. 123: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	527 \pm 149	539	6	475 \pm 413	325	0,171
1,5 - 4	6	291 \pm 116	269	4	349 \pm 92	357	0,476
4,5 - 7	7	344 \pm 88	348	2	553 \pm 182	553	0,111
7,5 - 10	8	350 \pm 160	372	5	506 \pm 147	442	0,284
>10,5	1	377		6	410 \pm 146	426	-

4.6.3.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei der Gegenüberstellung der Hunde mit und ohne Nierenerkrankungen zeigte sich in allen Geweben kein Unterschied (Tab. 124 - 126).

Tab. 124: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	1897		9	1648 \pm 419	1572	-
4,5 - 7	3	1742 \pm 199	1742	7	2154 \pm 453	2172	0,267
7,5 - 10	3	2346 \pm 46	2357	10	2024 \pm 702	2177	0,692
>10,5	1	1830		6	1618 \pm 485	1650	-

Ergebnisse

Tab. 125: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	328		9	849 \pm 340	853	-
4,5 - 7	3	824 \pm 123	780	7	858 \pm 185	829	0,667
7,5 - 10	3	610 \pm 379	681	10	887 \pm 323	806	0,371
>10,5	1	1205		6	749 \pm 206	763	-

Tab. 126: Mn-Konzentrationen des Nierenmarks ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Hunde in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	237		9	323 \pm 109	300	-
4,5 - 7	3	365 \pm 91	410	7	390 \pm 151	348	0,999
7,5 - 10	3	264 \pm 182	190	10	454 \pm 145	454	0,161
>10,5	1	496		6	390 \pm 140	378	-

4.6.4 Cr-Konzentrationen

Die Cr-Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark variierten zwischen 15 und 519 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Die Cr-Konzentrationsschwankungen waren in allen drei Geweben ähnlich. Zwischen den Geweben bestand kein Unterschied ($p > 0,05$) (Tab. 100).

Ergebnisse

Tab. 127: Cr-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum Maximum	
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	50	176	165	109	30	519
Nierenrinde	50	165	132	113	32	474
Nierenmark	50	170	136	117	15	432

Signifikante Korrelationen ($p \leq 0,001$) bestanden zwischen den jeweiligen Geweben. Die höchste lineare Korrelation ($r = 0,856$) wurde zwischen Leber und Nierenrinde, gefolgt von einer linearen Korrelation zwischen Nierenmark und Nierenrinde ($r = 0,781$) ermittelt. Die niedrigste lineare Korrelation von $r = 0,721$ trat zwischen Leber und Nierenmark auf (Tab. 128).

Tab. 128: Korrelationskoeffizienten der Cr-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Cr-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,781	$\leq 0,001$	$y = 31,22 + 0,82x$ $y = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Cr/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Cr/kg FS})$
Leber-Nierenrinde	0,856	$\leq 0,001$	$y = 33,24 + 0,845x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Cr/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Cr/kg FS})$
Leber-Nierenmark	0,721	$\leq 0,001$	$y = 60,76 + 0,681x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Cr/kg FS})$ $x = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Cr/kg FS})$

Ergebnisse

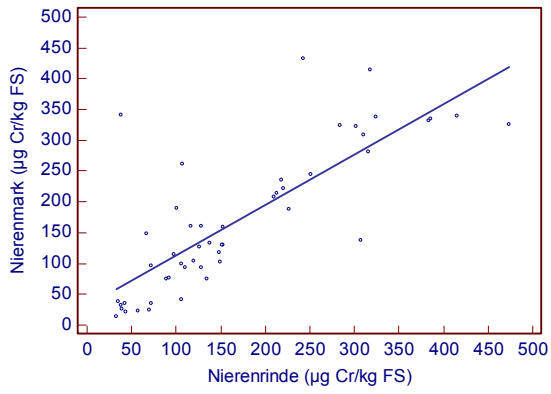


Abb. 43: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

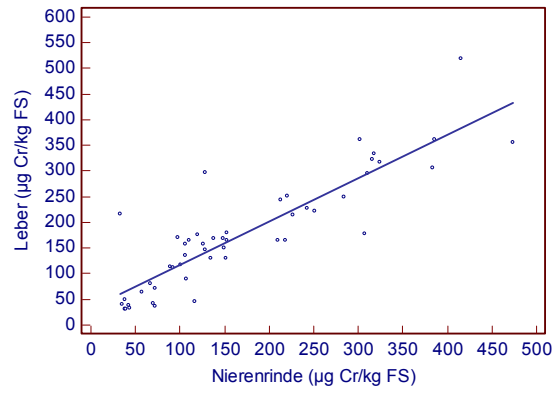


Abb. 44: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

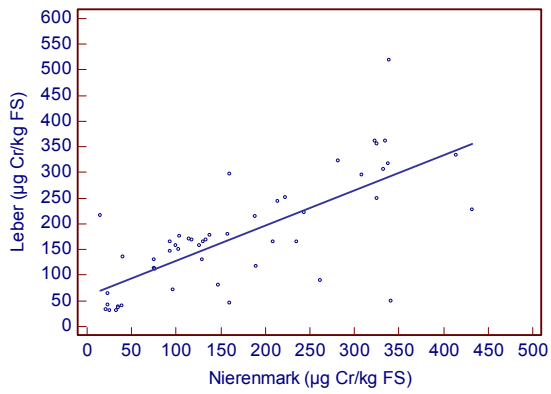


Abb. 45: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.6.4.1 Einfluss des Geschlechts

In Tab. 129 zeigt sich eine Geschlechtsabhängigkeit ($p < 0,05$) in allen untersuchten Geweben. Die Medianwerte der Nierenrinden und der Nierenmarkproben der Hündinnen erreichten annähernd die doppelte Cr-Konzentration der Rüden.

Tab. 129: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	204 \pm 91	197	149 \pm 122	148	0,029
Nierenrinde	200 \pm 109	211	138 \pm 113	110	0,035
Nierenmark	205 \pm 112	199	132 \pm 113	103	0,026

4.6.4.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Eine Altersabhängigkeit ($p < 0,05$) konnte bei den Lebern der Hündinnen ermittelt werden. Bei den 1,5 bis 4 Jahre alten Hunden bestand eine Geschlechtsabhängigkeit hinsichtlich der Cr-Konzentration der Nierenrinden ($p < 0,05$) (Tab. 130).

Tab. 130: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	138 \pm 64	128	6	123 \pm 114	95	0,476
1,5 - 4	6	143 \pm 71	141	4	71 \pm 58	45	0,352
4,5 - 7	7	208 \pm 68	216	2	236 \pm 99	236	0,889
7,5 - 10	8	261 \pm 89	274	5	219 \pm 174	169	0,435
>10,5	1	356		6	139 \pm 103	133	-

Ergebnisse

Tab. 131: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	155 \pm 80	163	6	125 \pm 104	99	0,610
1,5 - 4	6	173 \pm 99	142	4	55 \pm 34	40	0,038
4,5 - 7	7	175 \pm 100	153	2	247 \pm 194	247	0,667
7,5 - 10	8	233 \pm 97	216	5	176 \pm 139	137	0,354
>10,5	1	474		6	139 \pm 98	111	-

Tab. 132: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	208 \pm 50	212	6	96 \pm 101	59	0,114
1,5 - 4	6	125 \pm 104	89	4	129 \pm 145	69	0,762
4,5 - 7	7	226 \pm 152	189	2	213 \pm 169	213	0,889
7,5 - 10	8	231 \pm 89	218	5	143 \pm 117	118	0,222
>10,5	1	326		6	136 \pm 111	122	-

4.6.4.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Bei der Gegenüberstellung der Hunde mit und ohne chronische Nierenerkrankungen in Abhängigkeit vom Alter konnte in allen drei Geweben bei der Ermittlung der Cr-Konzentrationen keine Abhängigkeit nachgewiesen werden (Tab. 133 - 135).

Ergebnisse

Tab. 133: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	250		9	100 \pm 58	114	-
4,5 - 7	3	238 \pm 86	216	7	183 \pm 77	180	0,517
7,5 - 10	3	274 \pm 101	297	10	236 \pm 132	210	0,692
>10,5	1	170		6	170 \pm 137	133	-

Tab. 134: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	284		9	108 \pm 85	89	-
4,5 - 7	3	153 \pm 148	110	7	190 \pm 109	153	0,667
7,5 - 10	3	241 \pm 132	209	10	202 \pm 113	180	0,811
>10,5	1	98		6	202 \pm 164	134	-

Tab. 135: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	325		9	104 \pm 95	75	-
4,5 - 7	3	174 \pm 212	93	7	226 \pm 120	189	0,383
7,5 - 10	3	234 \pm 90	208	10	186 \pm 112	174	0,573
>10,5	1	115		6	171 \pm 134	145	-

4.6.5 Sb-Konzentrationen

Zwischen den Geweben wurden mittels des U-Tests keine Unterschiede ermittelt. Die Sb-Konzentrationen variierte zwischen 0 und 206 µg/kg FS.

Tab. 136: Sb-Konzentrationen (µg/kg FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Hunden

Gewebe	n	\bar{x}	s	Minimum	Maximum	
				$x_{\min.}$	$x_{\max.}$	
Leber	50	91	134	79	0	192
Nierenrinde	50	92	129	78	0	191
Nierenmark	50	92	129	78	0	206

Bei einer engen Korrelation ($p \leq 0,001$) bestand zwischen den Nierenmark- und Nierenrindenproben eine lineare Abhängigkeit ($r = 0,968$), zwischen der Leber und Nierenrinde ($r = 0,959$) und zwischen der Leber und Nierenmark ($r = 0,956$) (Tab. 137).

Tab. 137: Korrelationskoeffizienten der Sb-Konzentrationen in Geweben von Hunden

Gewebe	Sb-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,968	$\leq 0,001$	$y = -0,274 + 1,005x$ y= Nierenmark (µg Sb/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sb/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,959	$\leq 0,001$	$y = 0,54 + 0,985x$ y= Leber (µg Sb/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sb/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,956	$\leq 0,001$	$y = 1,177 + 0,976x$ y= Leber (µg Sb/kg FS) x= Nierenmark (µg Sb/kg FS)

Ergebnisse

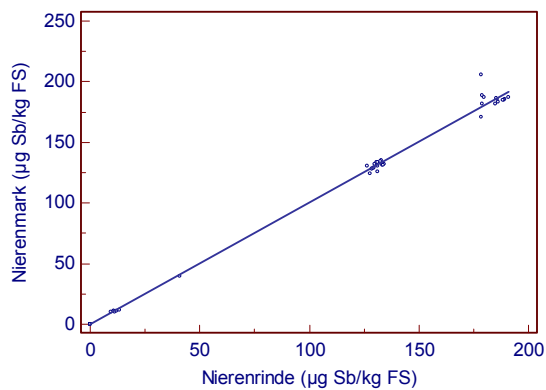


Abb. 46: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Hunden

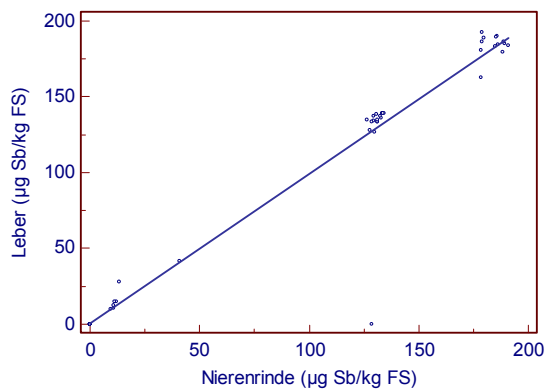


Abb. 47: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Hunden

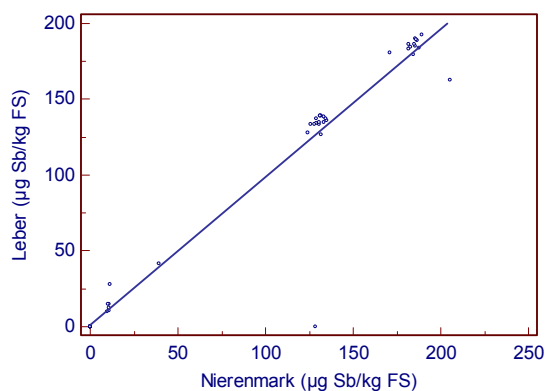


Abb. 48: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Hunden

4.6.5.1 Einfluss des Geschlechts

Es bestand in den Geweben bezüglich der Sb-Konzentrationen keine Geschlechtsabhängigkeit (Tab. 138).

Ergebnisse

Tab. 138: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Hunden

Gewebe	weibliche Hunde (26)		männliche Hunde (23)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	109 \pm 75	135	74 \pm 79	12	0,062
Nierenrinde	107 \pm 76	131	79 \pm 78	129	0,151
Nierenmark	108 \pm 77	131	79 \pm 77	128	0,132

4.6.5.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

In den untersuchten Geweben konnte keine Altersabhängigkeit nachgewiesen werden (Tab. 139 - 141).

Tab. 139: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	85 \pm 77	88	6	54 \pm 81	5	0,476
1,5 - 4	6	120 \pm 63	134	4	33 \pm 67	0	0,114
4,5 - 7	7	100 \pm 88	134	2	98 \pm 121	98	0,889
7,5 - 10	8	111 \pm 83	139	5	120 \pm 70	137	0,524
>10,5	1	189	189	6	77 \pm 86	67	-

Ergebnisse

Tab. 140: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	87 \pm 81	84	6	54 \pm 82	5	0,61
1,5 - 4	6	119 \pm 63	131	4	33 \pm 66	0	0,067
4,5 - 7	7	101 \pm 91	129	2	98 \pm 123	98	0,999
7,5 - 10	8	104 \pm 82	132	5	117 \pm 70	132	0,943
>10,5	1	180		6	96 \pm 77	129	-

Tab. 141: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und Geschlecht

Alter in Jahren	weibliche Hunde			männliche Hunde			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
0 - 1	4	94 \pm 92	85	6	54 \pm 82	5	0,476
1,5 - 4	6	117 \pm 61	128	4	33 \pm 65	0	0,114
4,5 - 7	7	99 \pm 88	128	2	96 \pm 121	96	0,889
7,5 - 10	8	105 \pm 84	132	5	116 \pm 69	132	0,833
>10,5	1	187		6	96 \pm 78	129	-

4.6.5.3 Einfluss chronischer Nierenerkrankungen

Die Sb-Konzentrationen der Gewebe wurden weder durch das Alter noch durch das Auftreten von chronischen Nierenerkrankungen beeinflusst (Tab. 142 - 144).

Ergebnisse

Tab. 142: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Lebern von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	186		9	74 \pm 71	128	-
4,5 - 7	3	64 \pm 101	12	7	101 \pm 88	134	0,517
7,5 - 10	3	115 \pm 91	139	10	114 \pm 76	138	0,811
>10,5	1	136		6	86	67	-

Tab. 143: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Nierenrinden von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	189		9	73 \pm 69	128	-
4,5 - 7	3	63 \pm 100	11	7	102 \pm 91	129	0,383
7,5 - 10	3	107 \pm 86	131	10	110 \pm 76	133	0,811
>10,5	1	133		6	104 \pm 84	129	-

Tab. 144: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) des Nierenmarks von Hunden in Abhängigkeit vom Alter (Jahren) und chronischen Nierenerkrankungen

Alter in Jahren	Chronische Nierenerkrankungen			Ohne vorberichtliche Nierenerkrankungen			p
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
1,5 - 4	1	185		9	72 \pm 68	124	-
4,5 - 7	3	61 \pm 96	11	7	100 \pm 90	128	0,517
7,5 - 10	3	111 \pm 91	134	10	109 \pm 76	131	0,692
>10,5	1	132		6	105 \pm 85	129	-

4.7 Erdalkalimetalle in den Geweben von Pferden

4.7.1 Sr-Konzentrationen

Tabelle 145 zeigt die Spannweite der Sr-Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark. Die niedrigsten Konzentrationen von 23 bis 283 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS wurden in den Lebern und die höchsten von 41 bis 1017 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS in den Nierenmarkproben gemessen. Zwischen den Geweben zeigten sich deutliche Unterschiede ($p < 0,05$).

Zwischen Nierenrinde und Nierenmark bestand eine positive lineare Abhängigkeit von $r = 0,653$ ($p \leq 0,001$) (Tab. 146).

Tab. 145: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	21	82	74 ^a	57	23	283
Nierenrinde	21	195	170 ^b	101	59	466
Nierenmark	21	305	248 ^c	210	41	1017

Ungleiche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Ergebnisse

Tab. 146: Korrelationskoeffizienten der Sr-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Sr-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,653	≤0,001	$y = 189 + 0,594x$ $y = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Sr/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Sr/kg FS})$
Leber-Nierenrinde	0,516	0,017	$y = 34,8 + 0,243x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Sr/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Sr/kg FS})$
Leber-Nierenmark	0,245	0,284	$y = 69,4 + 0,042x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Sr/kg FS})$ $x = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Sr/kg FS})$

Eine Stute (448, 8 Jahre alt) mit einer medullären Fibrose der Niere akkumulierte erheblich mehr Strontium (1017 $\mu\text{g/kg FS}$) im Nierenmark. Die höchste Sr-Konzentration in der Leber wurde bei einer 18 Jahre alten Stute (1) und in der Nierenrinde bei einer 20 Jahre alten Stute (2) gemessen (Abb. 49 - 51).

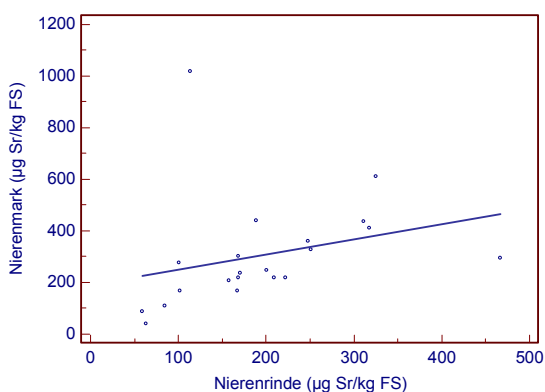


Abb. 49: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

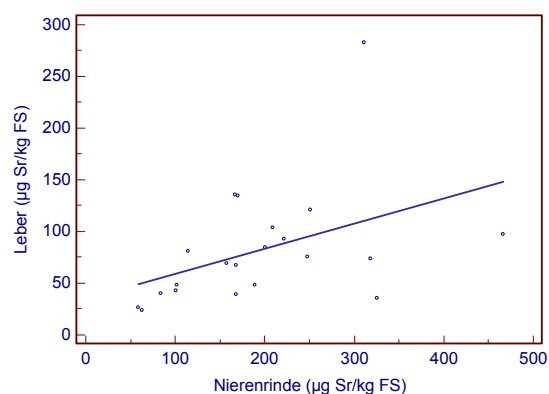


Abb. 50: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

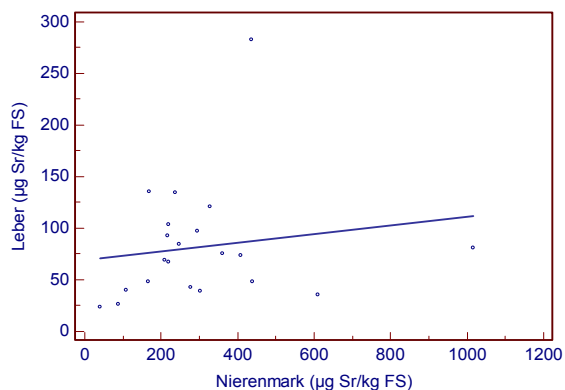


Abb. 51: Beziehungen zwischen den Sr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

4.7.1.1 Einfluss des Geschlechts

Die Tab. 147 stellt die Sr-Konzentrationen der Gewebe in Abhängigkeit der beiden Geschlechtergruppen dar. Es ergab sich keine Geschlechtsabhängigkeit ($p > 0,05$).

Tab. 147: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	n	$\bar{x} \pm s$	n	
Leber	83±68	68	81±37	80	0,645
Nierenrinde	208±116	168	174±72	185	0,750
Nierenmark	354±248	295	225±94	228	0,210

4.7.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Hinsichtlich der Leber-Sr-Konzentrationen der Stuten lag eine Altersabhängigkeit ($p < 0,05$) vor. Bei den ältesten Stuten wurde ein Median von 100 $\mu\text{g}/\text{kg FS}$ ermittelt, der bezogen auf die anderen Altersgruppen den höchsten Wert darstellte (Tab. 148). Bei den Wallachen/Hengsten wurde in den drei untersuchten Geweben keine Altersabhängigkeit festgestellt (Tab. 149).

Ergebnisse

Tab. 148: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	65±22	74	200±106	168	577±385	409
9-13	4	38±11	39	148±120	101	273±244	222
16-28	6	123±84	100	252±118	199	296±117	257

Tab. 149: Sr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
0-1	4	75±39	77	167±81	179	218±100	228
2-4	2	66±37	66	153±97	153	164±76	164
9-13	2	105±42	105	209±55	209	299±86	299

4.7.2 Ba-Konzentrationen

Die Ba-Konzentration der Pferde variierte in der Leber von 107 bis 427 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS, in der Nierenrinde von 154 bis 570 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und im Nierenmark von 179 bis 982 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Hinsichtlich der Ba-Konzentrationen bestanden zwischen Leber und Nierenrinde und zwischen Leber und Nierenmark deutliche Unterschiede ($p < 0,05$) (Tab. 150).

Im Nierenmark einer Stute (448, 8 Jahre alt) wurde die höchste Ba-Konzentration von 982 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS ermittelt, gleichzeitig wies die Nierenrinde eine Konzentration von 367 und die

Ergebnisse

Leber von 236 µg/kg FS auf. Eine 18 Jahre alte Stute wies in der Leber die höchste Ba-Konzentration von 427 µg/kg FS auf (Abb. 52 - 54).

Tab. 150: Ba-Konzentrationen (µg/kg FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum Maximum	
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	21	231	230 ^a	65	107	427
Nierenrinde	21	352	340 ^b	106	154	570
Nierenmark	21	382	355 ^b	169	179	982

Ungleiche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Tab. 151: Korrelationskoeffizienten der Ba-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Ba - Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,731	≤0,001	$y = 119 + 0,746x$ y= Nierenmark (µg Ba/kg FS) x= Nierenrinde (µg Ba/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,630	0,002	$y = 95 + 0,388x$ y= Leber (µg Ba/kg FS) x= Nierenrinde (µg Ba/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,439	0,047	$y = 193 + 0,1x$ y= Leber (µg Ba/kg FS) x= Nierenmark (µg Ba/kg FS)

Ergebnisse

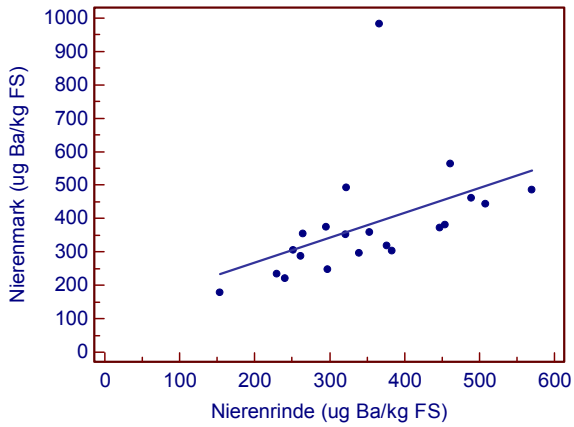


Abb. 52: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

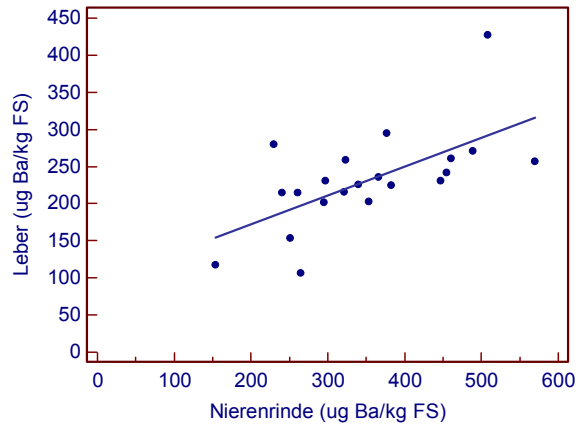


Abb. 53: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

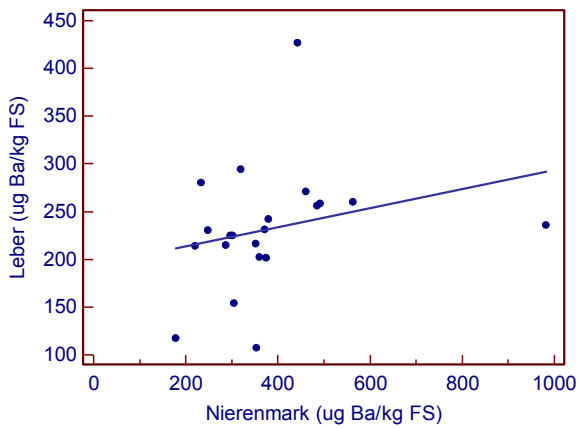


Abb. 54: Beziehungen zwischen den Ba-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

4.7.2.1 Einfluss des Geschlechts

Das Geschlecht beeinflusste nicht die Ba-Konzentrationen der Gewebe (Tab. 152).

Tab. 152: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	228 \pm 82	230	237 \pm 23	233	0,645
Nierenrinde	327 \pm 94	323	392 \pm 118	397	0,301
Nierenmark	382 \pm 199	355	381 \pm 115	366	0,750

4.7.2.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Innerhalb der beiden Geschlechtergruppen bestand keine Altersabhängigkeit in den untersuchten Geweben (Tab. 153 und 154).

Tab. 153: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	191 \pm 73	230	310 \pm 52	297	528 \pm 397	355
9-13	4	214 \pm 73	230	265 \pm 91	276	316 \pm 140	296
16-28	6	255 \pm 95	228	377 \pm 94	380	353 \pm 55	346

Ergebnisse

Tab. 154: Ba-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	Leber		Nierenrinde		Nierenmark		
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
0-1	4	232 \pm 21	229	396 \pm 145	388	360 \pm 109	366
2-4	2	243 \pm 40	243	375 \pm 161	375	374 \pm 123	374
9-13	2	243 \pm 25	243	400 \pm 86	400	431 \pm 189	431

4.8 Cd-Konzentrationen in den Geweben von Pferden

Die Cd-Konzentrationen der 21 Pferde unterschiedlichen Alters variierten von 68 bis 3700 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS in den Lebern, von 77 bis 35091 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS in den Nierenmarkproben und von 315 bis 42819 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS in den Nierenrinden. Die Cd-Konzentrationen in den Nierenrinden schwankten erheblich. Der höchste Median (8713 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) wurde in der Nierenrinde ermittelt. Mittels des U-Tests ergab sich zwischen den drei Geweben ein deutlicher Unterschied ($p < 0,05$).

Tab. 155: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	21	1158	798 ^a	992	68	3700
Nierenrinde	21	14099	8713 ^b	11982	315	42819
Nierenmark	21	6889	4647 ^c	8501	77	35091

Unterschiedliche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Ergebnisse

In Tab. 156 werden die Korrelationen zwischen den Geweben dargestellt. Die höchste lineare Korrelation ($r = 0,858$) bestand zwischen dem Nierenmark und der Nierenrinde, gefolgt von der Leber zum Nierenmark ($r = 0,797$) und der Leber zur Nierenrinde ($r = 0,736$). Die Abb. 55 - 57 zeigen die Beziehungen zwischen den Geweben. Die höchsten Cd-Konzentrationen in dem Nierenmark ($35091 \mu\text{g/kg FS}$) und in der Leber ($3700 \mu\text{g/kg FS}$) sowie die zweithöchste Cd-Konzentration ($36562 \mu\text{g/kg FS}$) in der Nierenrinde wurde bei einer Stute (460) im Alter von 16 Jahren ermittelt, die eine chronisch interstitielle Nephritis aufwies.

Ein dreizehnjähriger Mecklenburger Wallach (8) speicherte in der Nierenrinde ($42819 \mu\text{g/kg FS}$) mehr Cadmium als das entsprechende Gewebe der anderen Pferde. Zwei Junghengste (504, Alter: 5 Monate und 10, Alter: 11 Monate) enthielten Cd-Konzentrationen in der Leber von 68 und $146 \mu\text{g/kg FS}$, in dem Nierenmark von 77 und $138 \mu\text{g/kg FS}$ und in der Nierenrinde von 315 und $921 \mu\text{g/kg FS}$. Die Cd-Konzentrationen der Nieren und Lebern dieser beiden Hengstfohlen waren tendenziell niedriger als die der anderen Pferde.

Tab. 156: Korrelationskoeffizienten der Cd-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Cd-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,858	$\leq 0,001$	$y = -1386,1 + 0,59x$ $y = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Cd/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Cd/kg FS})$
Leber-Nierenrinde	0,736	$\leq 0,001$	$y = 183 + 0,07x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Cd/kg FS})$ $x = \text{Nierenrinde } (\mu\text{g Cd/kg FS})$
Leber-Nierenmark	0,797	$\leq 0,001$	$y = 462,5 + 0,1x$ $y = \text{Leber } (\mu\text{g Cd/kg FS})$ $x = \text{Nierenmark } (\mu\text{g Cd/kg FS})$

Ergebnisse

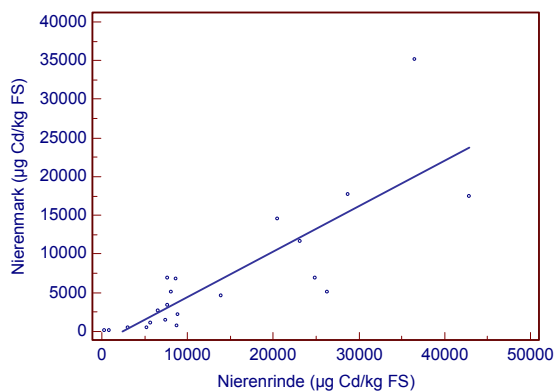


Abb. 55: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

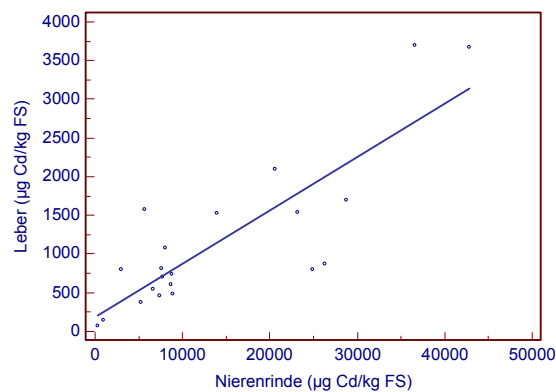


Abb. 56: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

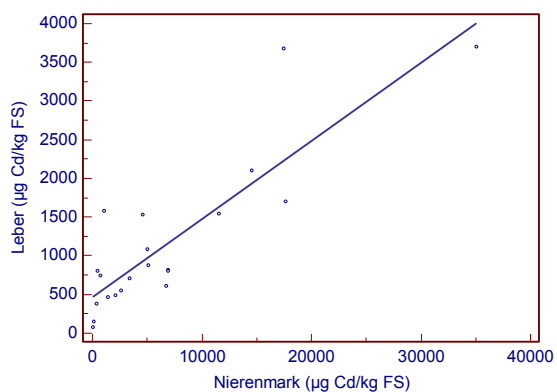


Abb. 57: Beziehungen zwischen den Cd-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

4.8.1.1 Einfluss des Geschlechts

Eine Geschlechtsabhängigkeit ($p = 0,013$) liess sich in den Lebern feststellen. Die Stuten enthielten annähernd im Median die doppelte Cd-Konzentration der männlichen Pferde (Tab. 157).

Ergebnisse

Tab. 157: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	1361 \pm 850	1074	829 \pm 1172	475	0,013
Nierenrinde	16472 \pm 10755	13967	10243 \pm 13580	7522	0,140
Nierenmark	8401 \pm 9648	5099	4433 \pm 5980	1776	0,210

4.8.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Innerhalb der einzelnen Geschlechtergruppen konnte keine Altersabhängigkeit hinsichtlich der Cd-Konzentrationen festgestellt werden ($p > 0,05$) (Tab. 158 und 159).

Tab. 158: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	957 \pm 545	743	7039 \pm 1571	6606	1508 \pm 1006	1141
9-13	4	1186 \pm 624	976	15667 \pm 9273	14312	7057 \pm 5084	5108
16-28	6	1679 \pm 1066	1536	21724 \pm 11749	24027	12743 \pm 12446	9273

Ergebnisse

Tab. 159: Cd-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	Leber			Nierenrinde		Nierenmark	
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
0-1	4	301 \pm 246	263	3790 \pm 3939	3065	1866 \pm 3293	294
2-4	2	475 \pm 21	475	8167 \pm 1068	8167	1776 \pm 491	1776
9-13	2	2240 \pm 2021	2240	25226 \pm 24880	25226	12222 \pm 7464	12222

4.9 Spurenelemente in den Geweben von Pferden

4.9.1 Cu-Konzentrationen

Die Cu-Konzentrationen variierten von 1100 bis 14609 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Der Median in Nierenmarkproben betrug bei den Pferden 1853 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und lag damit um mehr als die Hälfte unterhalb der Medianwerte der Lebern und der Nierenrinden. Daraus ergibt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Leber und Nierenmark ($p \leq 0,001$) und zwischen Nierenrinde und Nierenmark ($p \leq 0,001$) (Tab. 160).

Tab. 160: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}	\bar{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	21	4816	4238 ^a	2643	2151	14609
Nierenrinde	21	5194	4448 ^a	2268	2488	11393
Nierenmark	21	2328	1853 ^b	1345	1100	6511

Ungleiche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Ergebnisse

Tab. 161: Korrelationskoeffizienten der Cu-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Cu - Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,455	0,038	$y = 531 + 0,346x$ y= Nierenmark ($\mu\text{g Cu/kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Cu/kg FS}$)
Leber-Nierenrinde	0,638	0,002	$y = 2452 + 0,455x$ y= Leber ($\mu\text{g Cu/kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Cu/kg FS}$)
Leber-Nierenmark	0,356	0,113	$y = 3648 + 0,502x$ y= Leber ($\mu\text{g Cu/kg FS}$) x= Nierenmark ($\mu\text{g Cu/kg FS}$)

Die höchsten Cu-Konzentrationen ($14609 \mu\text{g/kg FS}$) wurden in der Leber eines 5 Monate alten Hengstfohlen (504) und in Nierenrinde ($11393 \mu\text{g/kg FS}$) und Nierenmark ($6511 \mu\text{g/kg FS}$) bei einer 9 Jahre alten Stute (730), die eine Nierennekrose aufwies, gemessen (Abb. 58 - 60).

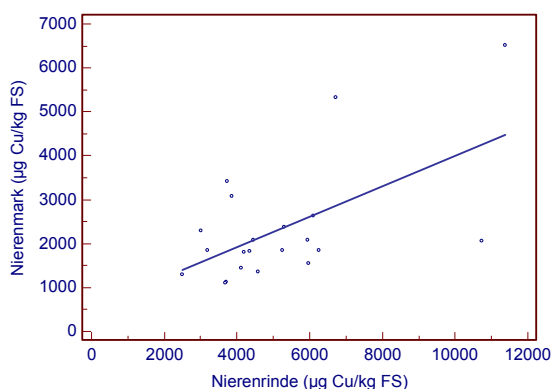


Abb. 58: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

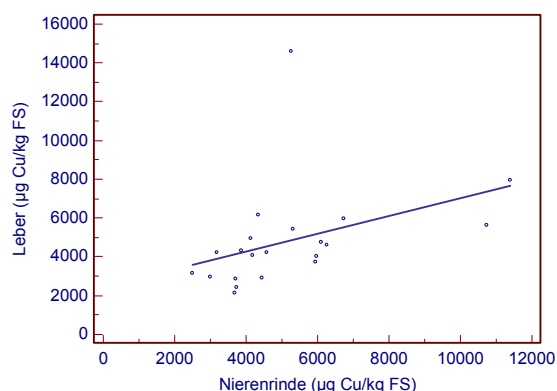


Abb. 59: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

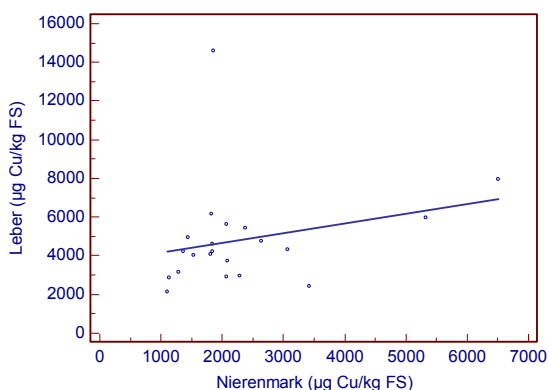


Abb. 60: Beziehungen zwischen den Cu-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

4.9.1.1 Einfluss des Geschlechts

In den untersuchten Geweben zeigte sich keine Geschlechtsabhängigkeit ($p > 0,05$). Innerhalb der Geschlechtergruppen liess sich mittels des Kruskal-Wallis-Tests zwischen den Geweben ein Unterschied ($p < 0,05$) ermitteln (Tab. 162).

Tab. 162: Cu-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	4165±1495	4236	5873±3751	5181	0,210
Nierenrinde	5000±2233	4448	5509±2442	4806	0,645
Nierenmark	2304±1437	1842	2367±1274	1960	0,804

4.9.1.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Das Alter und das Geschlecht beeinflussten die Cu-Konzentrationen der Gewebe nicht (Tab. 163 und 164).

Tab. 163: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	3312 \pm 1237	3172	4143 \pm 1922	3689	1412 \pm 385	1295
9-13	4	4659 \pm 2253	3872	6940 \pm 3053	5960	3051 \pm 2321	2076
16-28	6	4262 \pm 1030	4281	4135 \pm 737	3996	2252 \pm 859	2108

Tab. 164: Cu-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)


Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
0-1	4	8083 \pm 4357	6057	6767 \pm 2819	5995	2768 \pm 1712	1960
2-4	2	3473 \pm 851	3473	3947 \pm 336	3947	1469 \pm 478	1469
9-13	2	3853 \pm 1274	3853	4554 \pm 2185	4554	2462 \pm 253	2462

4.9.2 Zn-Konzentrationen

Die Zn-Konzentrationen schwankten in den Lebern von 8849 bis 96681 µg/kg FS, in den Nierenrinden von 12323 bis 47110 µg/kg FS und in Nierenmarkproben von 8573 bis 24653 µg/kg FS. Die größte Konzentrationsvariation trat in den Lebern auf, wie die Standardabweichung belegt. Zwischen Leber und Nierenmark und zwischen Nierenrinde und Nierenmark zeigten sich deutliche Unterschiede ($p \leq 0,001$) (Tab. 165).

Eine signifikante Korrelation ($p \leq 0,001$) bestand zwischen Leber und Nierenrinde ($r = 0,783$) (Tab. 166).

Tab. 165: Zn-Konzentrationen (µg/kg FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}		s	Minimum	Maximum
					$X_{\min.}$	$X_{\max.}$
Leber	21	26945	21387 ^a	19048	8849	96681
Nierenrinde	21	24890	21956 ^a	10247	12323	47110
Nierenmark	21	13855	12895 ^b	4422	8573	24653

Ungleiche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Ergebnisse

Tab. 166: Korrelationskoeffizienten der Zn-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Zn - Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,443	0,044	$y = 9174 + 0,188x$ y= Nierenmark ($\mu\text{g Zn/kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Zn/kg FS}$)
Leber-Nierenrinde	0,783	$\leq 0,001$	$y = -9647 + 1,47x$ y= Leber ($\mu\text{g Zn/kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Zn/kg FS}$)
Leber-Nierenmark	0,162	0,482	$y = 25311 + 0,118x$ y= Leber ($\mu\text{g Zn/kg FS}$) x= Nierenmark ($\mu\text{g Zn/kg FS}$)

Die höchste Zn-Konzentration (96681 $\mu\text{g/kg FS}$) wurde bei dem Hengstfohlen (504) in der Leber gemessen. Sie entspricht damit mehr als das Doppelte der Zn-Konzentration der anderen Pferde. Eine der höchsten Zn-Konzentrationen (47110 $\mu\text{g/kg FS}$) konnte bei demselben Fohlen in der Nierenrinde ermittelt werden. Eine Stute (730) wies im Nierenmark (18707 $\mu\text{g/kg FS}$) und Nierenrinde (44963 $\mu\text{g/kg FS}$) hohe Zn-Konzentrationen auf. Im Nierenmark eines 13 Jahre alten Wallachs wurde die höchste Zn-Konzentration von 24653 $\mu\text{g/kg FS}$ bezogen auf die anderen Zn-Konzentrationen der Nierenmarkproben festgestellt (Abb. 61 - 63).

Ergebnisse

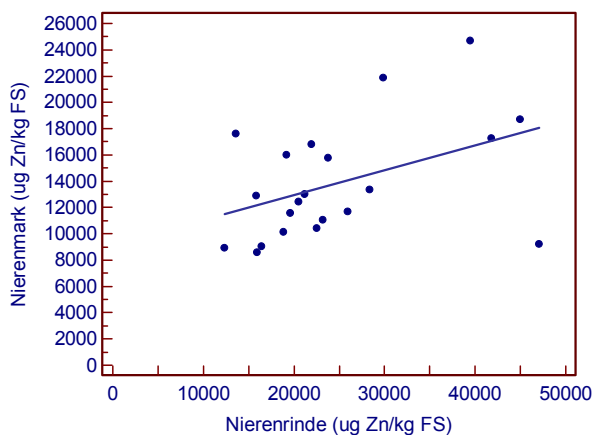


Abb. 61: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

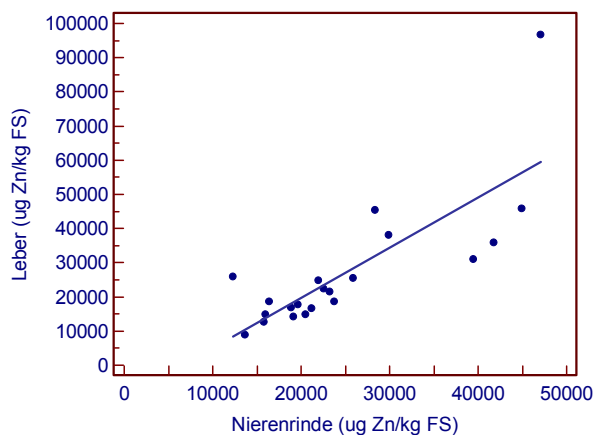


Abb. 62: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

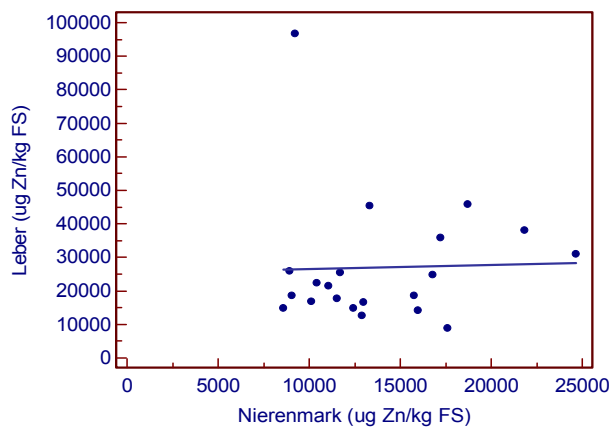


Abb. 63: Beziehungen zwischen den Zn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

4.9.2.1 Einfluss des Geschlechts

Eine Geschlechtsabhängigkeit der Zn-Konzentrationen bestand in keinem Gewebe (Tab. 167).

Tab. 167: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	24231 \pm 11608	21387	31356 \pm 27743	22063	0,697
Nierenrinde	23062 \pm 8166	21956	27860 \pm 13016	22779	0,697
Nierenmark	13831 \pm 3876	12990	13895 \pm 5486	11624	0,860

4.9.2.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Innerhalb der beiden Geschlechtergruppen konnte in den untersuchten Geweben keine Altersabhängigkeit ermittelt werden (Tab. 168 und 169).

Tab. 168: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	17325 \pm 4334	14857	19679 \pm 3380	20553	10476 \pm 1939	10406
9-13	4	31634 \pm 16272	33340	28942 \pm 11329	25820	14773 \pm 3307	14664
16-28	6	22748 \pm 9051	21675	20833 \pm 6162	21571	14880 \pm 4383	14390

Ergebnisse

Tab. 169: Zn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	Leber			Nierenrinde		Nierenmark	
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}
0-1	4	43656 \pm 36195	30609	33435 \pm 13244	33881	12067 \pm 3593	10902
2-4	2	18218 \pm 618	18218	18020 \pm 2280	18020	10304 \pm 1768	10304
9-13	2	19895 \pm 15622	19895	26550 \pm 18250	26550	21141 \pm 4968	21141

4.9.3 Mn-Konzentrationen

Die Mn-Konzentrationen in den drei Geweben lagen bei den Lebern zwischen 515 und 3258 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS, bei den Nierenrinden zwischen 344 und 1479 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS und bei den Nierenmarkproben zwischen 242 und 1292 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Der Nierenrindenmedian betrug in etwa die doppelte und der Lebermedian annähernd die 3-fache Mn-Konzentration des Nierenmarks. Mittels des U-Tests konnte zwischen den Geweben ein deutlicher Unterschied ($p < 0,05$) ermittelt werden (Tab. 170).

Tab. 170: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	21	1593	1186 ^a	864	515	3258
Nierenrinde	21	904	875 ^b	323	344	1479
Nierenmark	21	504	412 ^c	273	242	1292

Ungleiche Superskripte kennzeichnen signifikante Differenzen, U-Test, $p < 0,05$

Ergebnisse

Tab. 171: Korrelationskoeffizienten der Mn-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Mn - Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,625	0,002	$y=21,1+0,534x$ y= Nierenmark (µg Mn/kg FS) x= Nierenrinde (µg Mn/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,575	0,006	$y=163,3+1,58x$ y= Leber (µg Mn/kg FS) x= Nierenrinde (µg Mn/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,021	0,929	$y=1271+0,639x$ y= Leber (µg Mn/kg FS) x= Nierenmark (µg Mn/kg FS)

Zwei Hengste im Alter von 5 Monaten und einem Jahr wiesen die höchsten Mn-Konzentrationen (3016 und 3258 µg/kg FS) in der Leber auf. Die niedrigsten Mn-Konzentrationen in der Leber (543, 544 und 515 µg/kg FS) wurden bei einer 9 und 16 Jahre alten Stute und bei einem 13 Jahre alten Wallach ermittelt (Abb. 64 - 66).

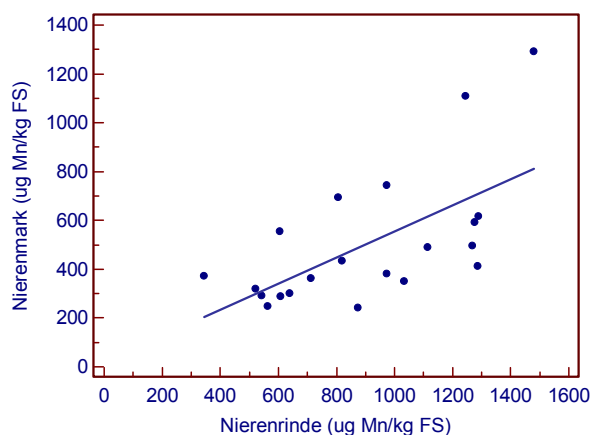


Abb. 64: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

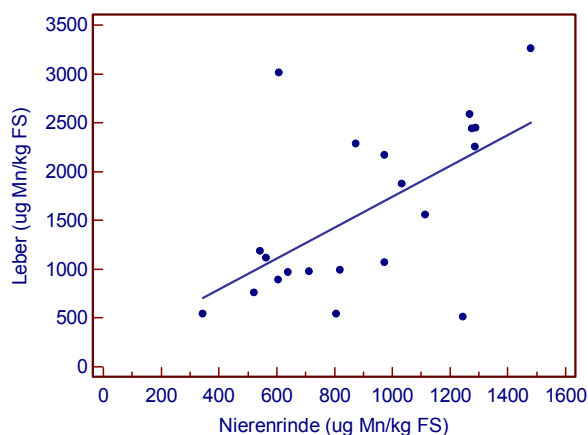


Abb. 65: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

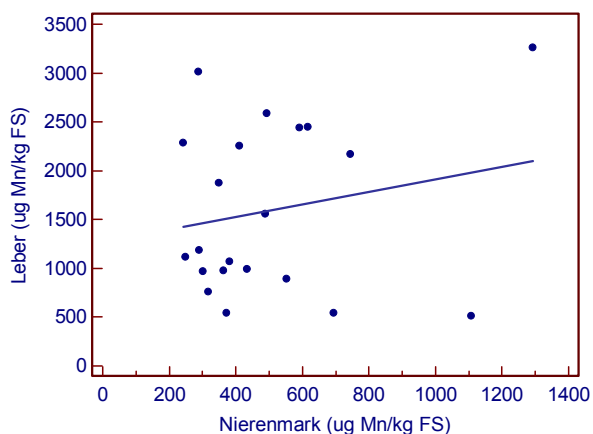


Abb. 66: Beziehungen zwischen den Mn-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

4.9.3.1 Einfluss des Geschlechts

Die Mn-Konzentrationen der Nierenrinden erwiesen sich gegenüber der Leber- und Nierenmarkproben als geschlechtsabhängig ($p = 0,025$) (Tab. 172).

Tab. 172: Mn-Konzentration ($\mu\text{g/kg FS}$) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	1296±689	992	2075±942	2345	0,064
Nierenrinde	778±251	805	1108±337	1261	0,025
Nierenmark	426±155	372	631±378	540	0,301

Ergebnisse

4.9.3.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Das Alter und Geschlecht beeinflussten die Mn-Konzentrationen der Gewebe nicht ($p > 0,05$) (Tab. 173 und 174).

Tab. 173: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g/kg FS}$) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	1346±471	1186	763±250	711	334±39	350
9-13	4	816±222	824	727±202	706	487±170	468
16-28	6	1591±855	1580	820±311	847	431±178	403

Tab. 174: Mn-Konzentrationen ($\mu\text{g/kg FS}$) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
0-1	4	2741±474	2727	1163±381	1281	645±448	501
2-4	2	1780±943	1780	926±512	926	433±262	433
9-13	2	1037±739	1037	1180±94	1180	798±438	798

4.9.4 Cr-Konzentrationen

Die Tab. 175 stellt die Cr-Konzentration in Leber, Nierenrinde und Nierenmark dar. Die Konzentrationen lagen in ähnlichen Bereichen. Der U-Test zeigte, dass keine deutlichen Unterschiede zwischen den Geweben vorlagen.

Die höchste lineare Korrelation bestand zwischen den Leber- und Nierenrindenproben ($p \leq 0,001$) (Tab. 176).

Tab. 175: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	21	113	116	87	22	427
Nierenrinde	21	97	85	107	16	514
Nierenmark	21	104	91	70	28	348

Tab. 176: Korrelationskoeffizienten der Cr-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Cr-Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,526	0,014	$y = 90,86 + 0,14x$ y= Nierenmark ($\mu\text{g Cr}/\text{kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Cr}/\text{kg FS}$)
Leber-Nierenrinde	0,775	$\leq 0,001$	$y = 80,08 + 0,337x$ y= Leber ($\mu\text{g Cr}/\text{kg FS}$) x= Nierenrinde ($\mu\text{g Cr}/\text{kg FS}$)
Leber-Nierenmark	0,349	0,121	$y = 97,12 + 0,149x$ y= Leber ($\mu\text{g Cr}/\text{kg FS}$) x= Nierenmark ($\mu\text{g Cr}/\text{kg FS}$)

Der dreizehnjährige Mecklenburger Wallach (8) akkumulierte im Nierenmark (348 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) im Vergleich zu den anderen Pferden mehr Chrom. Eine Cr-Konzentration von 427 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS konnte in der Leber eines zehn Monate alten männlichen Fohlens (9) und von 514 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS in der Nierenrinde einer zwanzigjährigen Stute (2) gemessen werden (Abb. 67 - 69).

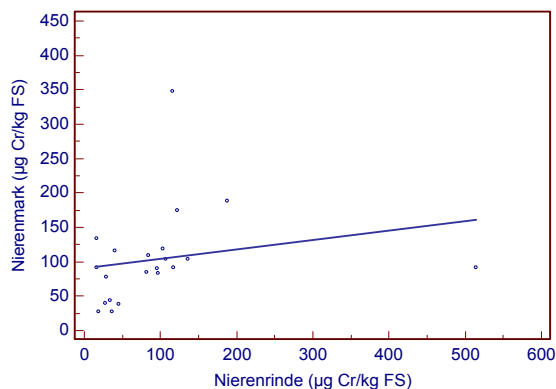


Abb. 67: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

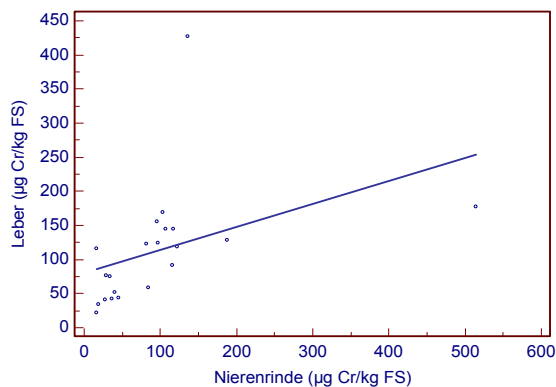


Abb. 68: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

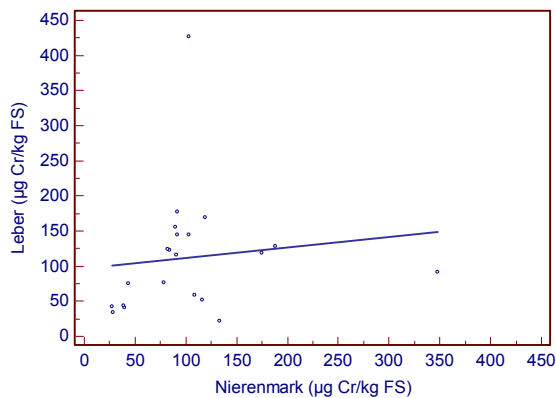


Abb. 69: Beziehungen zwischen den Cr-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

Ergebnisse

4.9.4.1 Einfluss des Geschlechts

In den untersuchten Geweben lag keine Geschlechtsabhängigkeit vor (Tab. 177).

Tab. 177: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	94±56	77	143±120	119	0,456
Nierenrinde	96±131	45	97±54	100	0,336
Nierenmark	81±45	83	141±90	106	0,064

4.9.4.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

In den untersuchten Geweben lagen weder eine Alters- noch eine Geschlechtsabhängigkeit vor (Tab. 178 und 179).

Tab. 178: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	n	Leber		Nierenrinde		Nierenmark	
		$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	76±60	42	57±43	36	57±41	40
9-13	4	65±42	60	55±47	39	98±68	88
16-28	6	123±57	140	143±185	97	82±30	86

Ergebnisse

Tab. 179: Cr-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	Leber			Nierenrinde		Nierenmark	
	n	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}
0-1	4	204 \pm 149	137	114 \pm 72	127	119 \pm 47	97
2-4	2	87 \pm 50	87	61 \pm 29	61	100 \pm 23	100
9-13	2	75 \pm 23	74	100 \pm 22	100	229 \pm 169	229

4.9.5 Sb-Konzentrationen

Bei den Pferden konnten Sb-Konzentrationen von 0 bis 24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS gemessen werden. Der Median der Nierenrinden- und Nierenmarkproben lag bei 11, der der Lebern bei 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS. Es wurde kein Unterschied zwischen den einzelnen Geweben ermittelt (Tab. 180).

Es bestand eine signifikante Korrelation ($p \leq 0,001$) bei linearer Abhängigkeit von $r = 0,962$ zwischen Nierenmark und Nierenrinde, von $r = 0,855$ zwischen Leber und Nierenrinde und von $r = 0,819$ zwischen Leber und Nierenmark (Tab. 181). Bei zehn Pferden konnte in keinem Gewebe Antimon nachgewiesen werden (Abb. 70 - 72).

Tab. 180: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) in Leber, Nierenrinde und Nierenmark von Pferden

Gewebe	n	\bar{x}	\tilde{x}	s	Minimum	Maximum
					$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
Leber	21	10	15	10	0	24
Nierenrinde	21	6	11	6	0	13
Nierenmark	21	6	11	6	0	12

Ergebnisse

Tab. 181: Korrelationskoeffizienten der Sb-Konzentrationen in Geweben von Pferden

Gewebe	Sb - Konzentration		Regressionsgerade
	r	p	
Nierenmark-Nierenrinde	0,962	≤0,001	$y=0,027+0,942x$ y= Nierenmark (µg Sb/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sb/kg FS)
Leber-Nierenrinde	0,855	≤0,001	$y=0,073+1,527x$ y= Leber (µg Sb/kg FS) x= Nierenrinde (µg Sb/kg FS)
Leber-Nierenmark	0,819	≤0,001	$y=0,057+1,61x$ y= Leber (µg Sb/kg FS) x= Nierenmark (µg Sb/kg FS)

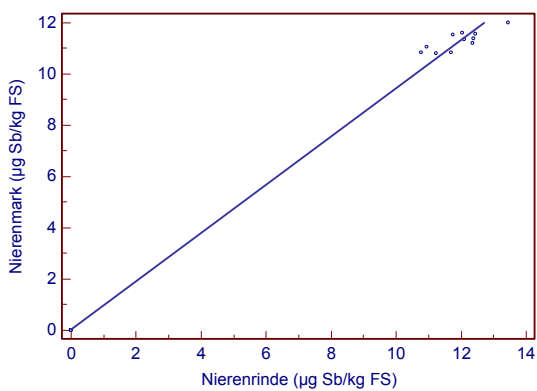


Abb. 70: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Nierenmark zur Nierenrinde bei Pferden

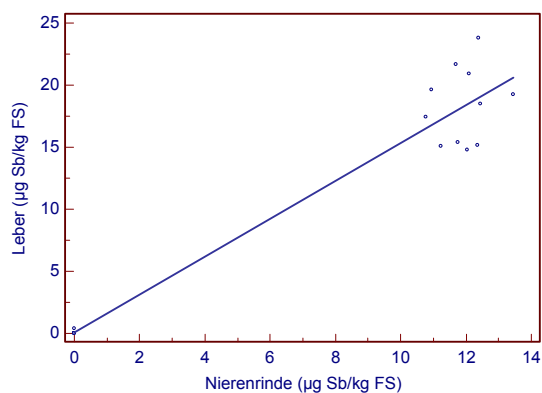


Abb. 71: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zur Nierenrinde bei Pferden

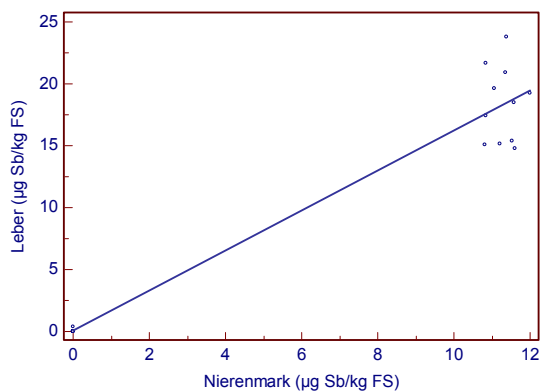


Abb. 72: Beziehungen zwischen den Sb-Konzentrationen von Leber zum Nierenmark bei Pferden

4.9.5.1 Einfluss des Geschlechts

Zwischen beiden Geschlechtergruppen konnte kein Unterschied ermittelt werden (Tab. 182).

Tab. 182: Sb-Konzentrationen (µg/kg FS) in den Geweben in Abhängigkeit vom Geschlecht bei Pferden

Gewebe	weibliche Pferde (13)		männliche Pferde (8)		p
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	
Leber	8±10	0	11±10	15	0,547
Nierenrinde	5±6	0	8±6	12	0,374
Nierenmark	5±6	0	7±6	11	0,547

4.9.5.2 Einfluss des Alters und Geschlechts

Die Stuten und Wallache/Hengste zeigten in den untersuchten Geweben keine Altersabhängigkeit (Tab. 183 und 184).

Tab. 183: Sb-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Stuten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	Leber		Nierenrinde		Nierenmark		
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
5-8	3	5 \pm 9	0	4 \pm 7	0	4 \pm 7	0
9-13	4	4 \pm 9	0	3 \pm 5	0	3 \pm 5	0
16-28	6	13 \pm 10	17	8 \pm 6	11	8 \pm 6	11

Tab. 184: Sb-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FS) der Gewebe von Wallachen/Hengsten in Abhängigkeit vom Alter (Jahren)

Alter in Jahren	Leber		Nierenrinde		Nierenmark		
	n	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
0-1	4	13 \pm 9	15	9 \pm 6	12	8 \pm 6	11
2-4	2	10 \pm 15	10	6 \pm 9	6	6 \pm 8	6
9-13	2	9 \pm 13	9	6 \pm 9	6	6 \pm 8	6

5. Diskussion

Angesichts der Ergebnisse ist es interessant, die Konzentrationen der Elemente in den Geweben mit den Werten aus der Literatur in Bezug zu setzen.

Dieser Vergleich wird durch verschiedene Bezugsgrößen der einzelnen Autoren erschwert. Einige beziehen sich auf das Trockengewicht der Proben, andere auf die Organasche. Die in dieser Arbeit gemessenen Konzentrationen beziehen sich auf die Frischmasse.

Die Umrechnungen von Literaturdaten auf das Frischgewicht wurden erforderlichenfalls den Angaben von IYENGAR et al. (1978) entnommen. Es wurde für die Nieren mit einer mittleren Trockenmasse von 22,58 % und Aschegehalt von 1,10 % sowie für die Lebern mit einer Trockenmasse von 27,8 % und einen mittleren Aschegehalt von 1,28 % gerechnet.

Der Metabolismus der beiden Erdalkalimetalle ist immer noch unzulänglich erforscht. In der Literatur gibt es derzeit nur sehr spärliche Messergebnisse von Strontium und Barium in Organen und Geweben. Folglich ist ein Vergleich mit anderen Messergebnissen bei Hunden, Katzen und Pferden nicht möglich. Aus diesem Grund erfolgte eine Gegenüberstellung der aus der Studie hervorgegangenen Messergebnisse innerhalb bzw. zwischen den untersuchten Spezies.

Strontium

Beim Vergleich der Sr-Konzentrationen in den Lebern der Hunde, Katzen und Pferde zeigten sich im Median keine eindeutigen Unterschiede (62, 72 und 74 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FS). Sie lagen im Vergleich zu den anderen Geweben der drei Spezies am niedrigsten. Auffallend war, dass jeweils bei den Katzen und den Pferden im Vergleich zu den anderen Geweben im Median die Nierenmarkproben die höchsten Sr-Konzentrationen aufwiesen.

Die Hunde zeigten dagegen die höchsten Sr-Konzentrationen in den Nierenrinden. Bei ihnen bestanden Unterschiede zwischen Leber und Nierenrinde sowie zwischen Nierenmark und Nierenrinde. Bei einer signifikanten Korrelation ($p \leq 0,001$) ließen sich hohe positive lineare Abhängigkeiten (Tab. 74) zwischen allen Geweben herausfinden.

Bei den Katzen bestand lediglich zwischen Leber und Nierenmark ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$).

Bei den Pferden konnten zwischen allen drei Geweben deutliche Unterschiede ermittelt werden.

Eine Altersabhängigkeit ($p < 0,05$) bestand in den Lebern der Stuten. Hier fällt allerdings auf, dass die Stuten in der Altersgruppe der 16 bis 28 jährigen im Vergleich zu dem jüngeren Stutenkollektiv die höchsten Sr-Konzentrationen aufwiesen. Die männlichen Artgenossen der jüngeren Altersgruppe (9 - 13 Jahre) lagen im Bezug zum Lebermedian sogar etwas darüber. Tendenziell akkumulierten die Wallache/Hengste in allen Geweben mehr Strontium. Eine Altersabhängigkeit bestand bei ihnen nicht ($p > 0,05$).

Eine Stute (448) mit einer medullären Fibrose zeichnete sich durch eine erhebliche Menge an Strontium ($1017 \mu\text{g}/\text{kg FS}$) im Nierenmark aus. Ob ein Zusammenhang besteht, wäre nur mit einer weiterführenden Studie mit einer größeren Anzahl an Pferden, mit medullärer Fibrose möglich. In den Untersuchungen gab es drei Pferde, bei denen eine medulläre Fibrose nachgewiesen wurde. In den anderen beiden Fällen wiesen die Stuten (407 und 473) erheblich geringere Sr-Konzentrationen ($439, 303 \mu\text{g}/\text{kg FS}$) im Nierenmark auf.

Die Hunde zeigten in allen Geweben eine Geschlechtsabhängigkeit ($p < 0,05$), wobei die Hündinnen im Median nahezu die doppelten Sr-Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark im Vergleich zu den Rüden aufwiesen (Tab. 75). Eine schlüssige Erklärung kann gegenwärtig noch nicht gegeben werden. SHORR und CARTER (1952) gaben an, dass durch die Anwesenheit von Östrogenen, aber auch von Androgenen die Strontiumretention erhöht wird. In der Studie könnten Östrogene einen Einfluss auf die vermehrte Sr-Akkumulation in den untersuchten Geweben haben.

Bei der Gegenüberstellung des Alters zum Geschlecht konnte lediglich in der Altersgruppe der 7,5 bis 10 Jahre alten Hunde eine signifikante Geschlechtsabhängigkeit bei den Nierenmarkproben gefunden werden (Tab. 78).

Bei den Katzen wurde keine Geschlechts- und Altersabhängigkeit ermittelt. Auffällig sind die Medianwerte in den drei Geweben der jüngsten Altersgruppe (0 bis 1 Jahr). In Bezug zu den anderen Altersgruppen zeigten sie die höchsten Sr-Konzentrationen. Diese Beobachtung deckt sich mit den von SCHROEDER et al. (1972) an Menschen durchgeführten Untersuchungen. Neugeborene und Kinder bis zum 9. Lebensjahr zeigten höhere Sr-Konzentrationen in Lebern und Nieren. Personen akkumulierten in den Nieren ab dem 50. Lebensjahr mit steigendem Alter vermehrt Strontium. COMAR und WASSERMAN (1964) gaben an, dass sich in allen natürlichen Kalziumquellen des Menschen Strontium befindet und erklärten, dass durch die Aufnahme von Milch eine Resorptionsförderung von Strontium besteht. Insofern ist es bemerkenswert, dass tendenziell die jüngsten Katzen die höchsten Sr-Konzentrationen in den Geweben aufwiesen. Darüber hinaus besteht offenbar in der Zeit des erhöhten Stoffwechsels der Tiere eine erhöhte Inkorporation von Strontium. Diese Ergebnisse decken sich mit den von CAVELIUS (1989) an Menschen gewonnenen

Erkenntnissen. Die jüngste Hunde- und Pferdegruppe zeigte hingegen bezüglich der Sr-Konzentrationen in den Geweben keine Unterschiede im Vergleich zu den jeweils älteren Gruppen. Um den Konzentrationsanstieg von Strontium bei Welpen und Fohlen zu untersuchen, wären Studien mit größeren Tierzahlen nötig.

SCHROEDER et al. (1972) untersuchten diverse Gewebe und Organe eines erwachsenen Mannes. Dabei ermittelten sie Sr-Konzentrationen in den Nieren von 58 µg/kg FS und in der Leber von 18 µg/kg FS. Die Autoren nahmen keine Unterteilung der Nierengewebe vor. Eindeutige Ergebnisse lassen sich nicht ableiten. Es ergab sich eine Sr-Konzentration für die Hundenieren von 152 µg/kg FS, der Katzennieren von 156 µg/kg FS sowie für die Nieren der Pferde von 250 µg/kg FS. Hunde und Katzen enthielten im Vergleich zu den von Menschen bekannten Daten annähernd die Dreifache, Pferde die Fünffache Sr-Konzentration im Nierengewebe. Beim Vergleich der Leberwerte enthielten die Lebern der Hunde etwa dreimal mehr sowie die der Katzen und der Pferde viermal mehr Strontium.

Denkbar wäre, dass einerseits speziesspezifische Abweichungen eine Rolle spielen und andererseits die Lebensbedingungen und die Nahrungsaufnahme in Bezug auf die Sr-Akkumulation in den Geweben von Bedeutung sein könnten.

Barium

Die Ba-Konzentrationen zeigten bei den Hunden (93 bis 121 µg/kg FS) und Katzen (136 bis 168 µg/kg FS) in allen drei Geweben recht ähnliche Medianwerte, wobei die Nierenrindenmediane in beiden Spezies am höchsten waren (Tab. 10, 82). Weder bei den Hunden noch bei den Katzen bestanden signifikante Unterschiede. Hingegen konnten in den Pferdenierenmarkproben im Median die höchste Ba-Konzentration (355 µg/kg FS) ermittelt werden (Tab. 150). Signifikante Unterschiede wurden bei den Pferden zwischen Leber und Nierenrinde sowie zwischen Leber und Nierenmark gefunden ($p < 0,05$).

Die höchsten linearen Korrelationen bestanden zwischen Leber, Nierenrinde und Nierenmark bei den Hunden ($r > 0,89$), gefolgt von denen der Katzen ($r > 0,73$) (Tab. 11, 83).

SCHROEDER et al. (1972) beschrieben, dass die geographische Herkunft der Menschen eine erhebliche Auswirkung auf die Ba-Konzentrationen in Lebern und Nieren hatte. Darüber hinaus fanden sie eine Altersspezifität und gaben an, dass in den kindlichen Nieren und Lebern eine höhere Ba-Konzentration vorlag als in den Organen von älteren Personen. Dieser Aspekt deckt sich nicht mit den in der Studie gemachten Erkenntnissen. Bei allen drei Spezies konnte keine Altersabhängigkeit ermittelt werden. Der Unterschied zwischen beiden Geschlechtern bestand in der tendenziell höheren Ba-Akkumulation in allen Geweben der männlichen Tiere innerhalb jeder Spezies. Eine statistische Absicherung war nicht möglich.

Zusammenhänge für diesen Sachverhalt sind gegenwärtig nicht erklärbar. Chronische Nierenerkrankungen bei den Hunden und Katzen hatten keinen Einfluss auf die Ba-Konzentrationen in den Geweben.

Beim Vergleich der in der Arbeit gefundenen Werte mit den von SCHROEDER et al. (1972) ermittelten Ba-Konzentrationen in Nieren und Leber eines 70 kg schweren Mannes werden erhebliche Konzentrationsunterschiede zwischen den Spezies deutlich. In der Studie der beiden Autoren beliefen sich die Medianwerte der Ba-Konzentrationen von Nieren und Lebern auf 16 und 3 µg/kg FS.

Cadmium

Bei den Pferden, Hunden und Katzen wurden in dieser Studie die höchsten Cd-Konzentrationen in der Nierenrinde (8713, 157 und 267 µg/kg FS) ermittelt. Die zweithöchsten Cd-Konzentrationen wurde bei den Pferden im Nierenmark (4667 µg/kg FS), bei den Hunden und den Katzen in der Leber (101 bzw. 145 µg/kg FS) gemessen. BALAZS (1978) ermittelte Cd-Konzentrationen in Hundenieren von 389 µg/kg FS und in Lebern von 99 µg/kg FS. ELINDER et al. (1981a) berichteten über die histopathologischen Veränderungen der Niere in Abhängigkeit von der Cd-Konzentration bei Pferden und gaben 11000 bis 186000 µg/kg FS Cd-Konzentrationsbereich in der Nierenrinde an.

Bei den Untersuchungen von SALMI und HIRN (1981) an finnischen Pferden belief sich der Mittelwert der Lebern um 2360 µg Cd/kg FS und der Nieren um 21620 µg Cd/kg FS.

JUNNILA et al. (1987) fanden heraus, dass die Cd-Konzentration in den Nierenrinden linear mit dem Alter der Pferde anstieg. Sie gaben Cd-Konzentrationen von 6900 bis 91600 µg/kg FS an. BALDINI et al. (2000) ermittelten Medianwerte in der Niere von 13500 µg Cd/kg FS und in der Leber von 2100 µg Cd/kg FS. BELDOMÉNICO et al. (2001) kamen bei ihren Untersuchungen der Nierenrinden von 102 Schlachtpferden unterschiedlichen Alters und Geschlechts zu Cd-Konzentrationen von 4300 bis 83800 µg/kg FS. Die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse über die Cd-Konzentrationen in den einzelnen Geweben können im Vergleich der Lebern vollständig und durch die Unterteilung der Niere in Rinde und Mark nur teilweise herangezogen werden. Die in dieser Studie gefundenen Nierenrinden- und Leber-Cd-Konzentrationen bei Pferden waren im Median erheblich niedriger als die von ERLINDER et al. (1981a). Die von SALMI und HIRN (1981), JUNNILA et al. (1987) und BELDOMÉNICO et al. (2001) gemessenen Variationsbreiten der Cd-Konzentrationen der Pferdenieren lagen ebenfalls über den in der Studie ermittelten Ergebnisse. Am ehesten nähern sich die von BALDINI et al. (2000) gefundenen Werte den vorliegenden Werten (Tab. 155) in Leber und Niere an.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bezüglich der Cd-Konzentrationen in der Leber bei den Hunden und Katzen sowie in der Nierenrinde bei Hunden decken sich mit denen von BALAZS (1978) beim Hund erzielten Ergebnissen. Die Cd-Konzentrationen der Nierenmarkproben lagen unter den von BALAZS (1978) durchgeführten Messungen. Diese Gegebenheit könnte durch die unterschiedliche Probengewinnung innerhalb der Nieren erklärt werden.

Hündinnen und Stuten speicherten im Median signifikant mehr Cadmium in den Lebern und weibliche Katzen in den Nierenrinden als ihre männlichen Artgenossen. Grundsätzlich zeigten die eigenen Untersuchungen, dass die weiblichen Tiere im Mittel tendenziell mehr Cadmium in den untersuchten Geweben akkumulierten (Tab. 21, 93, 157). Diese Tatsache deckt sich mit den Befunden von BALDINI et al. (2000) bei Pferden. Sie stellten darüber hinaus ebenfalls höhere Cd-Konzentrationen in den Lebern, aber auch in den Nieren der 10 bis 17 Jahre alten Pferde im Vergleich zu jüngeren Tieren fest. KJELLSTRÖM (1979) berichtete, dass auch bei Menschen verschiedener Altersgruppen Lebern und Nieren von Frauen höhere Cd-Konzentrationen aufwiesen als bei Männern.

Bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse ergaben sich für die Cd-Konzentrationen der Gewebe teilweise deutliche Altersunterschiede. So unterschieden sich die Cd-Konzentrationen der Nierenrinden der weiblichen und die Lebern der männlichen Katzen (Tab. 22, 23) sowie die Nierenrinden der Hündinnen und Rüden (Tab. 95). Ältere Tiere akkumulierten in diesen Fällen auffällig mehr Cadmium.

In der eigenen Studie speicherten alle Gewebe der Altersgruppe der 9 - 13 jährigen Wallache/Hengste mehr Cadmium als die gleiche Altersgruppe der Stuten. Die ältesten Tiere ausschließlich Stuten lagen in den Cd-Konzentrationen noch unter den jüngeren männlichen Artgenossen. Dennoch zeigte sich innerhalb der beiden Geschlechtergruppen mit Zunahme des Alters ein Anstieg der Cd-Konzentrationen in allen Geweben (Tab. 158, 159). Von einem Absinken der Cd-Konzentration bei den ältesten Pferden sollte man in diesem Fall absehen. Wahrscheinlicher liegt ein geschlechtsspezifischer Anstieg der Cd-Konzentrationen in den Geweben vor. Auf Grund der begrenzten Probenzahl war es nicht möglich, den Alterseinfluss auf die Cd-Konzentrationen der Gewebe der Pferde statistisch zu sichern. Dahingehend decken sich diese Ergebnisse nur teilweise mit denen der nachfolgenden Autoren. SALMI und HIRN (1981) wiesen daraufhin, dass die Cd-Konzentrationen in den Nieren bei Pferden mit zunehmendem Alter ansteigen und im Alter allmählich wieder sinken. Diesen Trend fanden ebenfalls ANKE et al. (1978) bei Menschen bestätigt. Sie ermittelten einen kontinuierlichen Cd-Konzentrationsanstieg bis zum 50. Lebensjahr, der in etwa auf einem gleichbleibenden Niveau verharrte, um dann wieder kontinuierlich abzusinken.

KOIZUMI et al. (1989) folgerten aus Untersuchungen, dass der überwiegende Anteil des Cadmiums in der Pferdeniere an Metallothionein gebunden vorliegt. Dieses niedermolekulare Protein mit seiner hohen Bindungsaffinität für Cadmium wurde von NORDBERG (1984) in Mäusen nachgewiesen. Zusätzlich fanden noch andere Autoren, wie z.B. NORDBERG et al. (1979), ERLINDER und NORDBERG (1982) sowie HOLTERMAN et al. (1984), dass besonders ältere Pferde zu einem überwiegenden Anteil Cadmium gebunden an Metallothionein aufwiesen.

In dieser Studie zeigten sich bezüglich der Cd-Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark erhebliche speziesspezifische Unterschiede. Eine Erklärung für die sehr hohen Werte in Leber und Niere bei den Pferden im Vergleich zu den Hunden und Katzen könnte zusätzlich die unterschiedliche Futteraufnahme sein. STREIT (1994) fand in Getreide und Obst höhere Cd-Konzentrationen als in handelsüblichem Fleisch und Fisch. Die Nahrungsgrundlage für die Pferde besteht in erster Linie in der Aufnahme von Getreide und Gras/Heu. Es liegt der Schluss nahe, dass Pferde wesentlich höhere Cd-Konzentrationen aufnehmen. Regionale Unterschiede spielen ebenfalls eine große Rolle hinsichtlich der Cd-Akkumulation in den genannten Organen bei den Hunden, Katzen und Pferden. Die hier untersuchten Tiere stammten aus dem Berliner, Brandenburger und Sächsischen Raum. Über die Lebensdauer der Tiere in den einzelnen Gebieten lies sich keine Aussage treffen. Insofern ist eine Beurteilung über die Cd-Expositionen der Tiere nicht möglich. Weiterhin fällt bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse bei den Pferden mit denen von ERLINDER et al. (1981a), von JUNNILA et al. (1987) und BALDINI et al. (2000) auf, dass die Cd-Konzentrationen sich im Laufe der letzten 30 Jahre offenbar reduziert haben. Allein von 1985 bis 1995 verringerte sich die Cd-Emission in Deutschland um das Vierfache. Diese Tatsache erklärt die Messungen dahingehend, dass durch den Rückgang der Cd-Emission die Cd-Konzentrationen in den Indikatororganen sich insbesondere bei den Pferden erheblich verminderten. Bei den Hunden scheint sich dieser Einfluss nicht zu bestätigen, obwohl die Cd-Konzentrationen in den Nierenmarkproben der untersuchten Hunde unter den von BALAZS (1978) lagen. Für die Katzen existieren derzeit keine Vergleichswerte.

JUNNILA et al. (1987) fanden in ihren Untersuchungen ein vermehrtes Auftreten von Glomerulosklerosen bei Tieren, die mehr als 30000 µg Cd/kg FS in der Nierenrinde aufwiesen.

Eine 16 Jahre alte Stute (36562 µg/kg FS) und ein 13 Jahre alter Wallach (42819 µg/kg FS) fielen durch ihre hohen Cd-Konzentrationen in der Nierenrinde auf. Die Stute wies eine chronisch interstitielle Nephritis auf, vom Wallach lag kein pathologischer Befund vor. Alle anderen Pferde lagen unter 30000 µg Cd/kg FS. Eine Aussage hinsichtlich der Beziehung

zwischen Pferden, die an einer chronisch interstitiellen Nephritis litten und eine Cd-Konzentration von mehr als 30000 µg/kg FS aufwiesen, kann auf Grund des geringen Probematerials und der nur teilweise vorliegenden pathologischen Befunde nicht hergestellt werden. Bei der Gegenüberstellung der Katzen mit und ohne chronische Nierenerkrankungen konnte bei den 4,5 bis 7 Jahre alten Katzen im Nierenmark (99, 36 µg Cd/kg FS) und in der Leber (149, 65 µg Cd/kg FS) Unterschiede festgestellt werden ($p < 0,05$). Die Katzen mit chronischen Nierenerkrankungen zeigten in den beiden Geweben höhere Cd-Konzentrationen als Tiere, die keine chronischen Nierenerkrankungen aufwiesen, wobei jedoch insbesondere in dieser Altersgruppe (4,5 – 7 Jahre) bei den Katzen ohne chronische Nierenerkrankungen die Cd-Konzentrationen auffallend niedriger waren, als die der Katzen der anderen Altersgruppen. Hier müssten durch weiterführende, umfangreiche Untersuchungen von Katzen mit und ohne Nierenerkrankungen in unterschiedlichen Altersgruppen diese Ergebnisse überprüft werden.

Kupfer

Die Hunde wiesen die größte Spannbreite an Kupfer in den Lebern auf (6629 bis 242972 µg/kg FS), danach folgten die Katzen (2701 bis 98689 µg/kg FS) und die Pferde (2151 bis 14609 µg/kg FS). In der Leber zeigten sich bei den Hunden annähernd die doppelte Zn-Konzentration der Katzen und die Zehnfache der Pferde. Bei den Hunden und Katzen konnten zwischen allen Geweben, bei den Pferden zwischen Leber und Nierenrinde sowie zwischen Leber und Nierenmark deutliche Unterschiede ($p < 0,05$) festgestellt werden. Hohe lineare Korrelationen bestanden zwischen den Cu-Konzentrationen der Nierenmark- und der Nierenrindenproben bei Hunden ($r = 0,85$, $p \leq 0,001$) und Katzen ($r = 0,795$, $p \leq 0,001$) (Abb. 10, 34). Bei Pferden ließ sich eine hohe lineare Korrelation ($r = 0,64$, $p = 0,002$) zwischen den Cu-Konzentrationen der Lebern und der Nierenrinden ermitteln (Tab. 161).

Die in dieser Studie gefundenen Cu-Konzentrationen in den Pferdelebern, ohne Geschlechtsdifferenzierung, stimmen im Mittel mit den von HECHT (1984) ermittelten Werten (4870 µg Cu/kg FS) überein. Bezogen auf die Werte in den Lebern der Wallache/Hengste konnte zwischen den Ergebnissen der eigenen Arbeit (5873 µg Cu/kg FS) und den von PLUMLEE und JOHNSON (1996) (5800 µg Cu/kg FS) sowie von KOIZUMI et al. (1989) (6000 µg Cu/kg FS) dargestellten Werten eine Übereinstimmung festgestellt werden. Beide Gruppen fanden innerhalb der Leber kaum geschlechtliche Unterschiede bezüglich der Cu-Konzentrationen. In dieser Studie lagen die Stuten im Mittel (4165 µg Cu/kg FS) unter den Werten der männlichen Artgenossen.

HECHT (1984) ermittelte in den Pferdenieren einen Median von 6010 $\mu\text{g Cu/kg FS}$. Ein Vergleich der von HECHT (1984) und von PLUMLEE und JOHNSON (1996) gefundenen Werte mit denen in der eigenen Arbeit ist nur bedingt möglich, da beide Autoren keine Unterscheidung zwischen Nierenrinde und Nierenmark vorgenommen hatten.

KOIZUMI et al. (1989) fanden Mittelwerte in den Nierenrinden der Stuten von 7300 $\mu\text{g Cu/kg FS}$ und bei Wallachen/Hengsten von 7500 $\mu\text{g Cu/kg FS}$. Die in dieser Studie gefundenen Ergebnisse lagen deutlich darunter. Hingegen waren die im Nierenmark gefundenen Werte etwas höher (Tab. 160).

Die tendenziell vermehrte Cu-Anreicherung in den Geweben der männlichen Pferde deckte sich mit den eigenen Daten sowie den Untersuchungen anderer Autoren (KOIZUMI et al., 1989; PLUMLEE und JOHNSON, 1996). Warum Hengste und Wallache mehr Kupfer in den untersuchten Geweben akkumulierten als Stuten, konnte bisher nicht geklärt werden. Über die Futterraufnahme (Menge, Art, Dauer, Proteingehalt) beziehungsweise über eventuelle Spuren- und Mengenelementzulagen (z.B. Zink, Eisen, Molybdän, Kalzium) war nichts bekannt, so dass eine Erklärung der Ergebnisse nicht möglich ist. Weiterführende Untersuchungen unter Berücksichtigung der aufgeführten Punkte wären daher sinnvoll, um fundierte Aussagen über die Ursachen der Cu-Akkumulation, insbesondere in der Leber, treffen zu können.

Alter und Geschlecht beeinflussten bei den Katzen den Cu-Status mit einer Ausnahme nicht. Nur die 1,5 bis 4 Jahre alten Katzen zeigten eine Geschlechtsabhängigkeit ($p = 0,036$). Die männlichen Katzen enthielten in der Leber die Hälfte der Cu-Konzentrationen der weiblichen Artgenossen (Tab. 31).

Bei der Gegenüberstellung der Tiere mit und ohne Nierenerkrankungen lag in nur einem Fall eine Auffälligkeit vor. In der Altersgruppe der 4,5 bis 7 jährigen speicherten die Katzen, die eine chronische Nierenerkrankung aufwiesen, deutlich mehr Kupfer in den Nierenrinden ($p = 0,016$) (Tab. 35). Diese Erkenntnis ist kritisch zu sehen, da einerseits die Anzahl der Tiere zu gering ausfiel und andererseits die anderen Altersgruppen keine entsprechenden Ergebnisse zeigten.

Auf Grund der gewonnenen Ergebnisse scheinen Pferde in Leber und Nierenrinde weniger Kupfer zu akkumulieren. Stuten zeigten unabhängig von den Literaturangaben in den Lebern niedrigere Cu-Konzentrationen als ihre männlichen Artgenossen. Die Cu-Konzentrationen von Leber und Nierenrinde lagen bei den Pferden in der Studie annähernd in einem Bereich. Beim Vergleich der Cu-Konzentrationen der drei untersuchten Spezies zeigten sich insbesondere in den Leberproben sehr große Streubereiche. Die Cu-Konzentrationen in den Lebern der Hunde und Katzen unterschieden sich deutlich von denen der Nierenrinde und

dem Nierenmark. Eine Erklärung liegt darin, dass die Leber als Speicherorgan für Kupfer fungiert und den Cu-Status reflektiert (PLUMLEE und JOHNSON, 1996). Kupfer wird nach der Absorption aus dem Darm und der Passage über die Pfortader in die Leber transportiert und hier in Coeruloplasmin und andere Proteine eingebaut (CASE, 1997). Die Leber spiegelt damit die aktuellen Cu-Konzentrationen der Futtermittel wider. Bei einer Cu-Supplementierung wäre zunächst bei Beachtung dieses Aspektes eine höhere Cu-Konzentration in der Leber zu erwarten. Diese Gegebenheit deckte sich lediglich mit den in der Studie ermittelten Cu-Konzentrationen der Lebern bei Hunden und Katzen. Allerdings lagen die Werte unter den von KEEN et al. (1981) angegebenen Normwerten. Sie gaben an, dass die Cu-Konzentrationen in Hundelebern zwischen 200 und 400 µg/g TS liegen.

Zink

Der Zinkgehalt der Gewebe im Median der Hunde und Katzen nahm in der Reihenfolge Leber (21837 bzw. 27844 µg/kg FS), Nierenrinde (13908 bzw. 13536 µg/kg FS) und Nierenmark (6174 bzw. 9275 µg/kg FS) ab. Dies stimmt mit den Ergebnissen von ANKE (1997) bei Katzen und THIND und FISCHER (1975) bei Hunden überein, die ebenfalls die stärkste Zn-Akkumulation in Lebern festgestellt haben. ANKE (1997) ermittelte im Mittel Zn-Konzentrationen bei weiblichen und männlichen Katzen in der Leber von 109 mg/kg TS und 102 mg/kg TS sowie bei beiden Geschlechtern in der Niere von 65 mg/kg TS. Die von BALASZ (1978) bei Hunden gefundenen Zn-Konzentrationen in Leber und Nieren wichen lediglich von den Lebermittelwerten ab. Er fand in seinen Untersuchungen Zn-Konzentrationen von 158 mg/kg TS. Damit lagen die von ihm ermittelten Messergebnisse über den in der Arbeit gefundenen Zn-Konzentrationen. Bei den Pferden lagen die Medianwerte von Leber und Nierenrinde in einem ähnlichen Bereich (21387 bzw. 21956 µg Zn/kg FS). Im Gegensatz dazu bestand bei den Hunden und Katzen zwischen allen Geweben ein deutlicher Unterschied. Auffällig sind die Zn-Konzentrationen in den Leberproben bei den Hunden und Pferden, die ähnlich waren und unter denen der Katzen lagen. Die vergleichenden Untersuchungen ergaben bei den Hunden und den Katzen in Nierenrinde und Nierenmark keine großen Unterschiede im Hinblick auf die Zn-Konzentrationen zwischen diesen beiden Geweben und den beiden Tierarten (Tab. 109, 37). KOWALCZYK et al. (1986) fanden in ihren Untersuchungen an Ponys in den Lebern und den Nierenrinden Mittelwerte von 43000 und von 26000 µg Zn/kg FS. KOIZUMI et al. (1989) untersuchten die Beziehung zwischen Cadmium und Zink in der Pferdeleber und Nierenrinde. Sie unterteilten die Pferde in zwei Altersgruppen, wobei der Großteil der Pferde zwischen 27 und 90 Monate alt war. Innerhalb dieser Altersgruppe lagen die Zn-

Konzentrationen von 24 männlichen und 15 weiblichen Tieren vor. Bei den Wallachen/Hengsten und bei den Stuten wurden im Mittel Zn-Konzentrationen in Leber von 45500 und 43000 µg/kg FS, in Nierenrinde von 26700 und 28400 µg/kg FS sowie im Nierenmark von 14200 und 12900 µg/kg FS ermittelt. Zwei männliche Pferde im Alter von etwa 13 und 16 Jahren wiesen im Vergleich der entsprechenden Gewebe der jüngeren Pferde in Leber annähernd die zweifache, in Nierenrinde die ein- bis zweifache und in Nierenmark etwa die dreifache Zn Konzentration auf.

Die in der vorliegenden Studie gefundenen Zn-Konzentrationen der Leber waren im Mittel um ca. ein Drittel niedriger als die von KOWALCZYK et al. (1986) und KOIZUMI et al. (1989) gefundenen Daten. Hingegen deckten sich die Ergebnisse in Nierenrinde und Nierenmark mit denen von KOIZUMI et al. (1989). HECHT (1984) fand bedeutend höhere Werte in den Lebern (88100 bis 109000 µg Zn/kg FS) und in den Nieren (37700 bis 52900 µg Zn/kg FS) bei Pferden unterschiedlicher Rassen unabhängig vom Alter.

Die Zn-Konzentrationen der untersuchten Gewebe erwiesen sich bei den Katzen und Pferden als geschlechtsunabhängig (Tab. 39, 167). Diese Erkenntnisse stimmten mit den von ANKE (1997) in den Nieren und den Lebern bei Katzen sowie von HECHT (1986) und KOIZUMI et al. (1989) in den Lebern und den Nieren bei Pferden überein, die ebenfalls keinen signifikanten Geschlechtseinfluss herausfanden.

Bei den Hunden nahm das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Zn-Konzentrationen in Leber und Nierenrinde. Hündinnen akkumulierten mehr Zink in diesen Geweben (Tab. 111). Dies stimmt mit den Untersuchungen von ANKE und SCHNEIDER (1971) in der Leber sowie von GROPPPEL und HENNIG (1971) in Leber und Niere von Menschen überein, die einen eindeutigen Geschlechtsdimorphismus feststellten.

In den Lebern der 7,5 bis 10 Jahre alten Hunde lag ein Unterschied zwischen beiden Geschlechtern vor ($p = 0,03$). Die Hündinnen speicherten mehr Zink als ihre gleichaltrigen männlichen Artgenossen (Tab. 112). In den Geweben der Pferde konnte keine Altersabhängigkeit nachgewiesen werden. HECHT (1984, 1986) kam zu ähnlichen Ergebnissen bei Schlachtpferden und bei Wild- und landwirtschaftlichen Nutztieren. Auffällig war in der eigenen Studie, dass die Stuten in der Altersgruppe der 9 bis 13 jährigen tendenziell mehr Zink in den Lebern speicherten als die gleichaltrigen Wallache. Auf Grund der sehr geringen Probenzahl ließ sich auch hier keine statistisch gesicherte Aussage hinsichtlich der Altersabhängigkeit treffen.

Mangan

Die Mn-Konzentrationen der Katzen, Hunde und Pferde nehmen in der Reihenfolge Leber (2940, 1933 bzw. 1186 µg/kg FS) Nierenrinde (1078, 846 bzw. 875 µg/kg FS) und Nierenmark (691, 378 bzw. 412 µg/kg FS) ab.

Die Leber dient bei den drei Spezies unabhängig vom Geschlecht und Alter als Mn-Pool. Diese Aussage deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen an Menschen von SCHNEIDER und ANKE (1971), die gleichzeitig eine Geschlechtsabhängigkeit in den Nieren ab dem Alter von 40 Jahren herausfanden. Die Nieren von Frauen speicherten signifikant mehr Mangan als die der Männer (ANKE et al., 1978).

In der eigenen Arbeit ließ sich kein eindeutiger Einfluss von Geschlecht und Alter in Leber, Nierenrinde und Nierenmark bei Hund und Katze finden (Tab. 48 - 51, Tab. 120 - 123). Diese Befunde stimmten mit den Ergebnissen bezüglich des Geschlechts von ANKE (1997) und des Alters von PIECHOTTA und KOLB (1994) bei Katzen überein.

Die Mn-Konzentrationen der Nierenrinden der Stuten waren deutlich niedriger als die der Wallache/Hengste (Tab. 172). Eine Erklärung für einen geschlechtsspezifischen Einfluss bei Säugetieren kann gegenwärtig nicht erbracht werden, da in der Literatur (ANKE et al., 1978; ANKE, 1997) eher gegensätzliche Erkenntnisse gefunden haben.

Bei der Überprüfung der Beziehung zwischen den Mn-Konzentrationen der Gewebe konnten gesicherte Korrelationen zwischen Leber und Nierenrinde sowie zwischen Nierenmark und Nierenrinde bei den drei untersuchten Spezies nachgewiesen werden (Tab. 47, 119, 171). Auffällig war, dass nur bei den Katzen eine signifikante Korrelation ($p \leq 0,001$) zwischen der Leber und dem Nierenmark bestand. Die gefundenen Korrelationen sprechen dafür, dass die Leber und die Nierenrinde den Mn-Status von Hund, Katze und Pferd widerspiegeln. Bei den Katzen könnte zusätzlich das Nierenmark als Indikatorgewebe fungieren. ANKE et al. (1978) postulierten die Leber als sicherstes Indikatororgan des Mn-Status.

Im Hinblick auf die Katzen und Hunde mit chronischen Nierenerkrankungen zeigte sich bei der Gegenüberstellung der Tiere, die keine chronischen Nierenerkrankungen aufwiesen, kein Unterschied innerhalb der gleichen Altersgruppe. Insofern scheint die Mn-Akkumulation in den Nieren und Lebern unabhängig von Nierenerkrankungen zu bestehen.

Chrom

Wie die Ergebnisse erkennen lassen, zeigte sich eine unterschiedliche Akkumulation zwischen den drei Spezies. Auffällig war, dass Katzen im Vergleich zu Hunden und Pferden in allen Geweben im Median die höchsten Cr-Konzentrationen aufwiesen. Generell fand jedoch die größte Speicherung des Chroms innerhalb jeder Spezies in der Leber statt.

Zwischen den jeweiligen Geweben einer Spezies bestanden keine signifikanten Unterschiede (Tab. 55, 127, 175). Hohe lineare Korrelationen traten besonders zwischen Nierenmark und Nierenrinde sowie zwischen Leber und Nierenrinde bei Hunden ($r = 0,78$, $r = 0,86$) und Katzen ($r = 0,83$, $r = 0,81$) auf.

SCHROEDER et al. (1962) fanden bei Menschen unterschiedlicher Herkunft in den Vereinigten Staaten in den Nieren Werte zwischen 15 und 90 $\mu\text{g Cr/kg FS}$ und in den Lebern zwischen 12 und 270 $\mu\text{g Cr/kg FS}$. Bei einem Hund konnten sie in der Leber 540 $\mu\text{g Cr/kg FS}$ ermitteln.

Diese Studie zeigte etwas größere Spannbreiten für die Gewebe der drei Spezies. So ergab sich in den Lebern für die Katzen Cr-Konzentrationen zwischen 9 und 368 $\mu\text{g/kg FS}$, für die Hunde zwischen 30 und 519 $\mu\text{g/kg FS}$ sowie für die Pferde zwischen 22 und 427 $\mu\text{g/kg FS}$. Die Konzentrationen für die Nierenrinde und Nierenmark wiesen ähnliche Spannbereiche auf. Die Werte sind den Tabellen 55, 127 und 175 zu entnehmen. Bei der Gegenüberstellung der Cr-Konzentration einer Hundeleber in der Arbeit von SCHROEDER et al. (1962) ist der Wert (540 $\mu\text{g/kg FS}$) durchaus mit denen der vorliegenden Arbeit vergleichbar.

In dieser Studie bestand bei den Hunden in allen Gewebe eine Geschlechtsabhängigkeit. Die Hündinnen wiesen bezüglich der identischen Gewebe der Rüden immer höhere Medianwerte auf. Bei den Katzen und Pferden akkumulierten tendenziell die männlichen Tiere mehr Chrom. Dies deckt sich mit den Angaben von SUMINO et al. (1975) bei Menschen. Hier akkumulierten ebenfalls Männer mehr Chrom in Leber (78 $\mu\text{g/kg FS}$) und Nieren (83 $\mu\text{g/kg}$) als Frauen (54 bzw. 70 $\mu\text{g/kg FS}$).

Eine Altersabhängigkeit bestand bei keiner der Spezies. Interessanterweise zeichnete sich bei den Wallachen/Hengsten und den Hündinnen eine gegensätzliche Anreicherungstendenz bezüglich des Alters in den Lebern ab. Die männlichen Pferde der jüngsten Altersgruppe enthielten in den Lebern die höchsten Konzentrationen. Bei einem 10 Monate alten Hengstfohlen fand sich in der Leber eine Cr-Konzentration von 427 $\mu\text{g/kg FS}$. Die Hündin der ältesten Gruppe enthielt hingegen den höchsten Wert, wobei hier nur ein Tier zur Verfügung stand (Tab. 179, 130).

Andere Autoren (SCHROEDER et al., 1962, SUMINO et al., 1975), die bei neugeborenen Menschen und Jungtieren höhere Cr-Konzentrationen in Organen und Geweben fanden, zeigen vergleichbare Ergebnisse mit denen der Wallache und Hengste.

Der Einfluss von chronischen Nierenerkrankungen fand weder bei den Hunden noch den Katzen eine Bestätigung in allen Altersgruppen. Eine Ausnahme bildeten die 4,5 bis 7 jährigen Katzen. Die Tiere mit chronischen Nierenerkrankungen akkumulierten erheblich mehr Chrom in den Lebern ($p = 0,016$).

Eine Erklärung für diese Sachverhalte ist gegenwärtig nicht möglich, da bislang zu wenig über den Stoffwechsel bei den untersuchten Spezies bekannt ist. Chrom kommt ubiquitär in Futtermitteln, aber auch in Luft, Wasser und Boden vor, so dass keine ausreichende Aussage über die aufgenommene Cr-Menge der Tiere gemacht werden kann.

Antimon

Der Sb-Gehalt in verschiedenen Geweben und Organen des menschlichen und tierischen Organismus ist wenig untersucht. Deshalb ist ein Vergleich mit erhobenen Daten anderer Autoren kaum möglich. In der Studie wurden Medianwerte der untersuchten Gewebe bei den Hunden und Katzen in sehr ähnlichen Bereichen gemessen. Sie ergaben Sb-Konzentrationen von 126 bis 134 µg/kg FS und lagen damit etwa zehnfach über den Leber-, Nierenrinden- sowie Nierenmarkwerten der Pferde. Die von SUMINO et al. (1975) gefundenen Sb-Konzentrationen in den Lebern (20 µg/kg FS) und den Nieren (10 bis 20 µg/kg FS) bei Menschen deckten sich annähernd mit den in der Arbeit ermittelten Medianwerten der Pferde. Sie ermittelten keine Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtergruppen und den Altersgruppen. Diese Erkenntnisse stimmten mit denen in der Studie gefundenen Ergebnissen bei Hunden, Katzen und Pferden überein.

Der Gehalt in der Leber der Hündinnen ergab die elffache Sb-Konzentration der Rüden (Tab. 138). Bei der Gegenüberstellung der Hündinnen zu den gleichaltrigen Rüden fiel auf, dass die Hündinnen tendenziell mehr Antimon in Leber, Nierenrinde und Nierenmark akkumulierten (Tab. 139 - 141). Bei den Katzen differierten die Sb-Konzentrationen zwischen den Alters- und Geschlechtergruppen (Tab. 67 - 69).

Hunde und Katzen zeigten zwischen den Geweben sehr hohe lineare Korrelationen ($r = 0,93$).

Stuten wiesen im Alter zwischen 5 und 13 Jahren im Median keine messbare Sb-Konzentrationen auf. Bei den 16 bis 28 jährigen Stuten ergab sich in der Leber eine Konzentration von 17 µg Sb/kg FS, in Nierenrinde und Nierenmark lag eine Konzentration von jeweils 11 µg Sb/kg FS vor. Die Medianwerte der Wallache/Hengste befanden sich in allen Geweben in einem Konzentrationsbereich zwischen 6 und 15 µg Sb/kg FS und lagen damit in ähnlichen Bereichen wie die der ältesten Stutengruppe.

Bei Hunden und Katzen hatten chronische Nierenerkrankungen keinen Einfluss auf die Sb-Konzentrationen der Gewebe.

Erklärungen für die höhere Anreicherung von Antimon in den Geweben der Hündinnen sowie für die geringere Akkumulation in den Rüdenlebern können derzeit nicht erbracht werden.

Darüber hinaus ist unklar, warum die Sb-Konzentrationen bei Hunden und Katzen über denen der Pferde beziehungsweise der Menschen lagen.

5.1 Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass zwischen den untersuchten Spezies deutliche Unterschiede in den Konzentrationen der vorliegenden Elemente ermittelt wurden. Dafür kommen ursächlich tierartliche Besonderheiten und exogene Einflüsse in Frage.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel, die Gehalte von Strontium (Sr), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn), Chrom (Cr) und Antimon (Sb) in unterschiedlichen Geweben (Leber, Nierenrinde und Nierenmark) von drei Spezies (Hund, Katze und Pferd) zu bestimmen. Die Konzentrationsmessungen der Elemente erfolgten nach Mikrowellenaufschluss mittels induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS). Die Gewebeproben von 50 Hunden, 47 Katzen und 10 Pferden wurden im Institut für Tierpathologie der Freien Universität Berlin von eingeschläferten Tieren entnommen. Elf Pferdeproben wurden von einem Schlachtbetrieb zur Verfügung gestellt.

Die drei Spezies wiesen in den Lebern sehr ähnliche Sr-Konzentrationen auf. Katzen und Pferde zeigten im Nierenmark, Hunde in der Nierenrinde die höchsten Sr-Konzentrationen (MWT; $p < 0,05$). Eine Geschlechtsabhängigkeit konnte in Leber und Nierenmark der Hunde statistisch nachgewiesen werden. Hündinnen akkumulierten mehr Strontium in diesen beiden Geweben (MWT; $p < 0,05$). Die 5 bis 8jährigen Stuten speicherten im Vergleich zu den Wallachen/Hengsten tendenziell mehr Strontium im Nierenmark. Bezogen auf die anderen Altersgruppen akkumulierten die jüngsten Katzen (0 bis 1 Jahr) die höchsten Sr-Konzentrationen in den untersuchten Geweben.

In allen Geweben der Hunde und Katzen wurden ähnliche Ba-Konzentrationen gemessen. Die männlichen Tiere der drei Spezies akkumulierten tendenziell mehr Barium als die weiblichen Artgenossen.

Generell zeichneten sich die Pferde im Vergleich zu den Katzen und Hunden durch die höchsten Cd-Konzentrationen in den Geweben aus. Innerhalb der jeweiligen Spezies wiesen die Nierenrinden die größten Konzentrationen auf. Stuten und Hündinnen speicherten mehr Cadmium in den Lebern, weibliche Katzen in den Nierenrinden als ihre männlichen Artgenossen ($p < 0,05$).

Hunde und Katzen zeichneten sich durch die höchsten Zn-Konzentrationen in den Lebern aus, während Pferde fast ähnliche Zn-Konzentrationen in Leber und Nierenrinde aufwiesen.

Zusammenfassung

Hündinnen akkumulierten mehr Zink in Leber und Nierenrinde als die Rüden ($p < 0,05$). Auffällig war, dass die Zn-Konzentrationen in den Lebern der Katzen über denen der Pferde und Hunde lagen.

Bei der Betrachtung der Cu- und Mn-Konzentrationen fiel eine hohe Konzentration in den Lebern der jeweiligen Spezies auf.

Beim Vergleich der drei Spezies miteinander wiesen die Hunde in allen Geweben die höchsten Cu-Konzentrationen auf. Hengste und Wallache speicherten tendenziell größere Mengen an Kupfer in Leber und Nierenrinde als Stuten.

Bei Stuten wurde in der Nierenrinde etwa die Hälfte der Mn-Konzentration der Hengste/Wallache ermittelt ($p < 0,05$).

Katzen zeigten generell die höchsten Cr-Konzentrationen in allen Geweben. Eine Geschlechtsabhängigkeit ($p < 0,05$) bestand bei den Hunden, wobei die Hündinnen mehr Chrom akkumulierten als die Rüden.

Bei Hunden und Katzen konnten in allen Geweben ähnliche Sb-Konzentrationen nachgewiesen werden, wobei diese über denen der ermittelten Konzentrationen in Leber, Nierenrinde und Nierenmark der Pferde lagen. Bei Rüden wurde in der Leber eine Sb-Konzentration, die etwa ein Zehntel unter den Sb-Konzentrationen der Hündinnen lagen, ermittelt. In Abhängigkeit von Alter und Geschlecht akkumulierten die Hündinnen mehr Antimon in allen Geweben als die Rüden. Im Gegensatz zu den Hunden und Katzen wurden bei den Stuten in den untersuchten Geweben keine Sb-Konzentrationen gemessen.

7. Summary

The strontium, barium, cadmium, copper, zinc, manganese, chromium and antimony concentrations in liver, kidney cortex and kidney medulla of the species cat, dog and horse, stratified by age and sex

The present work aimed at determining the concentrations of the elements strontium (Sr), barium (Ba), cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn), manganese (Mn), chromium (Cr) and antimony (Sb) in different tissues of three animal species. To quantify the elements, inductive coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was used, after the samples had been ashed by microwave treatment. In total, tissue samples from liver, kidney cortex and kidney medulla of 50 dogs, 47 cats and 21 horses were investigated. Almost all samples used in this study (dogs, 50; cats, 47; horses, 10) were from animals kindly provided by the Institute of Veterinary Pathology of Freie Universität Berlin. Additional horse samples (n=11) were obtained from a slaughterhouse.

The analysis of strontium showed that liver samples of all three species contained similar concentrations of the element. The highest strontium concentrations were found in the medulla of kidney of cats and horses, and in the kidney cortex of dogs (Mann-Whitney Test, $p < 0.05$). Furthermore, a sex-dependent strontium accumulation was observed in the liver and the medulla of kidney of dogs ($p < 0.05$). The female dogs accumulated more strontium in the both tissues. Other studies stratifying for sex and age indicated a trend that female horses (age group: 5 - 8 years) accumulated increased amounts of strontium in the medulla of kidney, when compared to males. However, all the different tissue samples of the youngest female cats (age group: 0 – 1 year), by trend, seemed to have accumulated the highest strontium concentrations, compared to the other age groups of the cats.

For barium, similar median values were obtained in the dog and cat samples. In tendency, all the male animals within the three species, accumulated more barium than the respective female animals.

Concerning the cadmium analysis, the horse samples showed the highest cadmium accumulation compared to cats and dogs. Intra-species-studies demonstrated that the kidney cortices displayed the highest cadmium concentrations. Compared to males, female horses

Summary

and dogs, respectively, stored more cadmium in their livers, whereas female cats stored cadmium much more in the cortices of kidney ($p < 0.05$).

The studies investigating zinc showed that dogs and cats displayed characteristically the highest zinc concentrations in their livers, whereas horses contained very similar zinc concentrations in both, liver and kidney cortex. Sex-specific investigations showed that female dogs accumulated more zinc in livers and cortices of kidney than males ($p < 0.05$). Notably, the overall zinc concentrations were much higher in liver samples of cats compared to horses and dogs.

Analysis of copper and manganese revealed that both elements accumulated highest in the liver within each species. Interspecies comparisons showed that dog samples displayed the highest copper amounts compared to both other species. Furthermore, by trend, male horses stored higher amounts of copper in livers and cortices of kidney than females. With respect to manganese, female horses were found to accumulate about half the amount of the element in their kidney cortices, when compared to males ($p < 0.05$).

Interspecies studies on chromium accumulation revealed that, in general, cats showed the highest chromium accumulation in all the tissue samples studied here. In dogs, a sex specific dependency ($p < 0.05$) could be observed, whereby females accumulated more chromium than male dogs.

All the different tissue samples of dogs and cats investigated showed similar antimony concentrations, which all were higher than in liver, in kidney cortex and in the medulla of kidney from horse samples. Notably, the liver samples from male dogs contained tenfold lower antimony concentrations than female samples. In general, when stratified by sex and age, female dogs did accumulate more antimony in all respective tissues than males. In contrast to dogs and cats, no antimony accumulation was detectable in any of the different tissue samples from female horses.

8. Literaturanhang

Agthe, O., und H. Dickel (1980):

Über den Blei- und Cadmiumgehalt in Rindernieren in Abhängigkeit von zwei verschiedenen Standorten sowie vom Lebensalter.

Arch Leben Mitt Hyg 31: 169 - 172

Anderson, R.J. (1966):

Dental caries prevalence in relation to trace elements.

Br Dent J 120: 271 - 275

Anke, M., und H.J. Schneider (1971):

Der Zink-, Kadmium- und Kupferstoffwechsel des Menschen.

Arch Exp Vet Med 25: 805 - 809

Anke, M., H.J. Schneider, M. Grün, B. Groppe und A. Hennig (1978):

Die Diagnose des Mangan-, Zink- und Kupfermangels und der Kadmiumbelastung.

Zbl Pharm 117: 688 - 706

Anke, M., A. Hennig, G. Hoffmann, B. Groppe, H. Lüdke und M. Grün (1972):

Resorption, Exkretion und Inkorporation von ⁵⁴Mangan aus Manganammoniumphosphat durch Geflügel und Wiederkäuer.

Arch Tierernähr 22: 347 - 356

Anke, M., A. Hennig, H.J. Schneider, H. Lüdke, W. von Gagern und H. Schlegel (1970):

The interrelations between cadmium, zinc, copper and iron in metabolism of hens, ruminants and man.

In: Trace element metabolism in animals. / Mills, C.F. (Hrsg.).

Edinburgh, London. S. 317 - 320

Anke, S. (1997):

Der Mangan- und Zinkgehalt des natürlichen und kommerziellen Katzenfutters der Europäischen Hauskatze in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und Gesundheitszustand.

Leipzig, Univ., Diss.

Balazs, G. (1978):

Über den Blei-, Cadmium- und Zinkgehalt in Hundeorganen.

Wien, Univ., Diss.

Baldini, M., P. Stacchini, F. Cubadda, R. Miniero, P. Parodi und P. Facelli (2000):

Cadmium in organs and tissues of horses slaughtered in Italy.

Food Add Cont 17: 679 - 687

Beldomenico, H.R., E. Baroni, D.U. Campagnoli, M.E. Sigrist, M. Rubio und J.C. Boggio (2001):

Cadmium accumulation and distribution in slaughtered horse kidneys from the Argentine central region.

Arch Environ Contam Toxicol 41: 100 – 103

Bertinchamps, A.J., S.T. Miller und G.C. Cotzias (1966):

Interdependence of routes excreting manganese.

Am J Physiol 211: 217 - 224

Bertram, H. P. (1992):

Antimon.

In: Spurenelemente, Analytik, ökotoxikologische und medizinisch-klinische Bedeutung./Urban und Schwarzenberg (Hrsg.).

München, Wien, Baltimore. S. 12 - 15

Bjorland, J., und G. Norheim (1981):

Renal cadmium and zinc concentrations in horses in Norway.

Nord Vet Med 33: 530 - 534

Bowland, J.P., R. Braude, A.G. Chamberlain, R.F. Glascock und K.G. Mitchel (1961):

The absorption, distribution and excretion of labelled copper in young pigs given different quantities, as sulphate or sulphide, orally or intravenously.

Br J Nutr 15: 59 - 72

Bremner, I. (1979):

Factors influencing the occurrence of copper-thionein in tissues.

In: Metallothionein. / J. H. R. Kägi und M. Nordberg (Hrsg.).

Basel: Birkhäuser Verlag. S. 273 - 281

Brockhaus (1995):

Meyers großes Taschenlexikon.

Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: BI-Taschenbuchverlag.

Band 1, 14, 16. S. 158, 16 und 256

Bruwaene, R. van, und R. Kirchman (1979):

Transfer and distribution of cadmium in cow.

In: Proceedings of the International Conference management and control of heavy metals in the environment. CEP Consultants.

Edinburgh, S. 39 - 43

Bruwaene, R. van, R. Kirchman, G.B. Gerber, J. Colard und J. Vankerkom (1983):

Distribution of ⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co, ¹⁰⁹Cd and ¹²⁴Sb in organs of lactating cows.

Int J appl Radiat 34: 847 - 850

Burnett, W.T., R.R. Bigelow, A.W. Kimball und C.W. Sheppard (1952):

Radiomanganese studies on the mouse, rat and pancreatic fistula dog.

Am J Physiol 168: 620 – 625

Campbell, J.K., und C.F. Mills (1974):

Effect of dietary cadmium and zinc on rats maintained on diets low in copper.
Proc Nutr Soc 33: 15A - 16A

Campbell, J.K., N.T. Davies und C.F. Mills (1978):

Interactions of cadmium, copper and zinc in animals chronically exposed to low levels of dietary cadmium.

In: Trace element metabolism in man and animals-3. / M. Kirchgessner (Hrsg.).
Freising-Weihenstephan. S. 553 - 556

Case, L.P, D.P. Carey und D.A. Hirakawa (1997):

Ernährung von Hund und Katze.
Stuttgart: Schattauer Verlag. S. 42 - 43

Cavelius, G. (1989):

Vergleichende Studie über den Stoffwechsel von Calcium, Strontium, Barium und Radium unter besonderer Berücksichtigung des Calcium-Bedarfs des Menschen.
Saarland, Univ., Diss.

Chen, R.W., E.J. Vasey und P.D. Whanger (1977):

Accumulation and depletion of zinc in rat liver and kidney metallothioneins.
J Nutr 107: 805 - 813

Comar, C.L., und R.H. Wasserman (1964):

Strontium.
In: Mineral Metabolism /2.
New York: Academic Press. S. 523 - 572

Cotzias, G.C., D.C. Borg und B. Selleck (1962):

Specificity of zinc pathway through the body: turnover of Zn ⁶⁵ in the mouse.
Am J Physiol 202: 359 - 363

Cousins, R.J. (1979):

Regulation of zinc on absorption: Role of intracellular ligands.
Med Clin N Am 32: 339 - 345

Cousins, R.J., A.K. Barber und J.W. Trout (1973):

Cadmium toxicity in growing swine.
J Nutr 103: 964 - 972

Cuddihy, R.G., und J.A. Ozog (1973):

Nasal absorption of CsCl, BrCl₂, BaCl₂ and CeCl₃ in Syrian hamsters.
Health Phys 25: 219 - 224

Dauderer (1998):

Antimon.
In: Handbuch der Umweltgifte. Toxikologische Einzelstoffinformationen, Abschnitt III-3.
Landsberg/Lech. S. 1 - 6

Davidsson, L., B. Lönnerdal, B. Sandström, C. Kunz und C.L. Keen (1989):
Identification of transferrin as the major plasma carrier protein for manganese introduced orally or intravenously or after in vitro addition in the rat.
J Nutr 119: 1461 - 1464

Decker, C.F., C.A. Hoppart und R.F. Langham (1958):
Chronic toxicity studies I. Cadmium administered in drinking water to rats.
Arch Ind Hyg 18: 228 - 233

Drinker, K.R., P.K. Thompson und M. Marsh (1927):
An investigation of the effect of long continued ingestion of zinc, in the form of zinc oxide, by cats and dogs, together with observations upon the excretion and the storage of zinc.
Am J Physiol 80: 31 - 64

EFSA (2009):
Cadmium
Verfügbar unter:
http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale1178620753824_1211902396263.htm:
[20.02. 2010]

Elinder, C.G., und M. Piscator (1978):
Cadmium and zinc relationships.
Environ Health Perspect 25: 129 - 132

Elinder, C.G., und M. Piscator (1978):
Cadmium and zinc in horses.
In: Trace element metabolism in man and animals-3. / M. Kirchgessner (Hrsg.).
Freising-Weihenstephan. S. 569 - 572

Elinder, C.G. (1981):
Early effects of cadmium accumulation in horse kidney cortex.
In: Proceedings of the International Conferences. Heavy metals in environment, Amsterdam.
CEP Consultants.
Edinburgh. S. 530 - 533

Elinder, C.G., L. Jönsson, M. Piscator und B. Rahnster (1981a):
Histopathological changes in relation to cadmium concentration in horse kidneys.
Environ Res 26: 1 - 21

Elinder, C.G., M. Nordberg, B. Palm und M. Piscator (1981c):
Cadmium, zinc and copper in horse liver and horse liver metallothionein: comparisons with kidney cortex.
Environ Res 26: 22 - 32

Elinder, C.G., und M. Nordberg (1982):
Critical concentration of cadmium estimated by studies on horse kidney metallothionein.
In: Biological roles of metallothionein. / E.C.Foulkes (Hrsg.).
New York, Amsterdam, Oxford. S. 37 - 46

- Ellsasser, J.C., J.E. Farnham und J.H. Marshall (1969):
Comparative kinetics and autoradiography of ^{45}Ca and ^{133}Ba in ten-year-old beagle dogs: the diffuse component distribution throughout the skeleton.
J Bone Jt Surg 51-A: 1397 - 1412
- Falbe, J., und M. Regitz (1997):
Römpp Lexikon Chemie Georg Thieme.
Stuttgart, New York. S. 737 - 738
- Friberg, L., M. Piscator, G.F. Nordberg und T. Kjellström (1974):
Cadmium in the environment.
Cleveland, Ohio: CRC Press. S. 51 - 52
- Friberg, L., G.F. Nordberg und V.B. Vouk (Hrsg.) (1979):
In: Handbook on the Toxicology of Metals.
Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press. S. 283 - 292
- Gamble, C.T., S.L. Hansard, B.R. Moss und F. Lifshitz (1971):
Manganese utilization and placental transfer in the gravid gilt.
J Anim Sci 32: 84 - 87
- Gerhardsson, L., D. Brune, G.F. Nordberg und P.O. Wester (1982):
Antimony in lung, liver and kidney tissue from deceased smelter workers.
Scand J Work Environ Health 8: 201 - 208
- Goyer, R.A. (1995):
Nutrition and metal toxicity.
Am J Clin Nutr 61: 646 - 650
- Greenberg, D.M., D.H. Copp und E.M. Cuthbertson (1943):
Studies in mineral metabolism with the aid of artificial radioactive isotopes. VII. The distribution and excretion, particularly by way of the bile, of iron, cobalt, and manganese.
J Biol Chem 147: 749 - 753
- Grössmann, G., D. Seifert und H.H. Rethfeld (1978):
Blei- und Cadmiumgehalte in wirtschaftseigenen Grundfuttermittel.
In: Symposium über den Carry over von Schadstoffen in landwirtschaftlichen und tierischen Produkten. / Auswertungs -und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V. (Hrsg.).
Bonn. S.182 - 199
- Grössmann, G. (1982):
Der Übergang von Cadmium aus Futtermitteln in landwirtschaftliche Nutztiere aus der Sicht einer unerwünschten Rückstandsbildung in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft. DLG Forschungsbericht Nr. 538017. / Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe. (Hrsg.).
Münster. S. 132 - 137
- Groppe, B., und A. Hennig (1971):
Zinkmangel bei Wiederkäuer.
Arch Exp Vet Med 25: 817 - 821

- Grün, M., und H. Kronemann (1978):
Die Bedeutung des Spurenelementes Zink in der menschlichen Ernährung.
Zentralbl Pharm 117: 711 - 719
- Gründer, H.D. (1982):
Belastungsgrenzen für Schwermetalle bei Hauswiederkäuern.
Landwirtsch Forsch Sonderh 39: 60 - 93
- Hapke, H.J. (1983 a):
Chemische Verunreinigungen in Lebensmitteln tierischer Herkunft als Folge der Klärschlammmanwendung.
Schweiz Arch Tierheilkd 125: 685 - 693
- Harrison, G.E., W.H.A. Raymond und H.C. Tretheway (1955):
The metabolism of strontium in man.
Clin Sci 4: 681 - 695
- Hecht, H. (1983):
Toxische Schwermetalle in Fleisch und Innereien verschiedener Tierarten.
Fleischwirtschaft 63: 544 - 558
- Hecht, H. (1984):
„Carry-over-Vorgänge“ bei der Erzeugung vom Tier stammender Lebensmittel.
Fleischwirtschaft 64: 1204 - 1212
- Hecht, H. (1984):
Toxische und essentielle Elemente in Fleisch und Organen von Schlachtpferden.
Fleischwirtschaft 64: 1113 - 1119
- Hecht, H. (1982):
Die verschiedenen Wege und Möglichkeiten des Eintrags von Schwermetallen in die Futtermittel und die dabei zu beachtenden Belastungsgrenzen.
Landwirtsch Forsch 39: 94 - 107
- Hecht, H. (1986):
Unterschiede der Gehalte an Spurenelementen in Muskeln und Organen von Wild- und landwirtschaftlichen Nutztieren.
Fleischwirtschaft 66: 1246 - 1252
- Hoffmann, P., J. Kögel, N.O. Knöppler und A. Rosopulo (1980):
Untersuchungen zum Übergang von Cadmium aus natürlich kontaminierten Futtermitteln auf das Tier.
Landwirtsch Forsch 37: 359 - 368
- Holterman, W.F., P. De Voogt und J.H.J.C. Peerboom-Stegeman (1984):
Cadmium/zinc relationships in kidney cortex and metallothionein of horse and red deer: histopathological observations on horse kidneys.
Environ Res 35: 466 - 481

Hurley, L.S., und C.L. Keen (1986):

Manganese.

In: Trace Element in human and animal nutrition. / Mertz, W. (Hrsg.).

London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco: Academic Press. S. 185 - 223

Iyengar, G.V., W.E. Kollmer und H.J.M. Bowen (1978):

The elemental composition of human tissue and body fluids: a compilation of values for adults.

Weinheim, New York: Verlag Chemie. S. XIV

Jeffery E.H., R. Noseworthy und M.G. Cherian (1989):

Age-dependent changes in metallothionein and accumulation of cadmium in horse.

Comp Pharmacol Toxicol 93C: 327 - 332

Junnila, M., H. Korkeala, T. Rahko und S. Salmi (1987):

The interactions of cadmium and selenium in horse kidney cortex in relation to histopathological changes.

Acta Vet Scand 28: 201 - 208

Kägi, J.H.R., und B.L. Vallee (1960):

Metallothionein: a cadmium and zinc containing protein from equine renal cortex.

J Biol Chem 235: 3460 - 3465

Kägi, J.H.R., S.R. Himmelhoch, P.D. Whanger, J.L. Bethune und B.L. Vallee (1974):

Equine hepatic and renal metallothioneins.

J Biol Chem 249: 3537 - 3542

Kahn, B., C.P. Straub, P.J. Robbins, H.N. Wellman, R.A. Seltzer und N.C. Telles (1969):

Retention of radiostrontium, strontium, calcium and phosphorus by infants.

Pediatrics 43: 651 - 756

Kane, E., G. Morris, Q.R. Rogers, P.J. Ihrke und P.T. Cupps (1981):

Zinc deficiency in the cat.

J Nutr 111: 488 - 495

Keen, C.R., B. Lonnerdal und G.L. Fisher (1981):

Age-related variations in hepatic iron, copper, zinc and selenium concentrations in beagles.

Am J Vet Res 42: 1884 - 1887

Kemmerer, A.R., und W.R. Todd (1931):

The effect of diet on the Manganese content of milk.

J Biol Chem 94: 317 - 321

Kirchgessner, M., F.X. Roth, F.J. Schwarz und G.I. Stangl (2008):

Tierernährung.

Frankfurt am Main: DLG- Verlag. S. 200 - 201

Kirchgessner, M., und F.J. Schwarz (1976):

Zum Einfluss von Zinkmangel und unterschiedlichen Zinkzulagen auf die Resorption und Retention des Zinks bei Milchkühen.

Arch Tierernähr 26: 3 - 16

- Kirchgessner, M., R. Spoerl und D.A. Roth-Maier (1980):
Exkretion im Kot und scheinbare Absorption von Kupfer, Zink, Nickel und Mangan bei nichtgraviden und graviden Sauen mit unterschiedlicher Spurenelementversorgung.
Z Tierphysiol Tierernähr Futtermittelk 44: 98 - 111
- Kirchgessner, M., R. Spoerl und D.A. Roth-Maier (1981a):
Untersuchungen zum Trächtigkeitsanabolismus der Spurenelemente Kupfer, Zink, Nickel und Mangan bei Zuchtsauen.
Arch Tierernähr 31: 21 - 34
- Kirchgessner, M., Y.S. Sherif und F.L. Schwarz (1982):
Absorptionsveränderungen von Mangan während Gravidität und Laktation.
Ann Nutr Metab 26: 83 - 89
- Kjellström, T. (1979):
Exposure and accumulation of cadmium in populations from Japan, the U.S. and Sweden.
Environ Health Perspect 28: 169 - 197
- Klaassen, C.D. (1974):
Biliary excretion of manganese in rats, rabbits and dogs.
Toxikol Pharm 29: 458 - 468
- Koizumi, N., Y. Inoue, R. Ninomiya, D. Fujita und T. Tsukamoto (1989):
Relationship of cadmium accumulation to zinc or copper concentration in horse liver and kidney.
Environ Res 49: 104 - 114
- Kowalczyk, D.F., D.E. Gunson und C.R. Shoop (1986):
The effects of natural exposure to high levels of zinc and cadmium in the immature pony as a function of age.
Environ Res 40: 285 - 300
- Krehl, B., H. Schenkel, E. Fiedler und E. Hildt (1982):
Cadmium-Konzentration in Fleisch, Leber und Niere von Mastschweinen nach unterschiedlicher Calcium-Versorgung.
Fleischwirtschaft 62: 894 - 897
- Kreuzer, W., P. Wissmath und W. Hollwich (1977):
Cadmiumgehalte in Fleisch, Leber und Nieren von Schlachtschweinen.
Fleischwirtschaft 57: 267 - 270
- Kreuzer, W., W. Kracke, B. Sansoni und P. Wissmath (1978):
Untersuchungen über den Blei- und Cadmium- Gehalt in Fleisch und Organen von Schlachtrindern, 1. Rinder aus einem wenig unbelasteten Gebiet.
Fleischwirtschaft 58: 1022 - 1030
- Kreuzer, W., K. Bunzl und W. Kracke (1979):
Untersuchungen über den Blei- und Cadmiumgehalt in Fleisch und Organen von Schlachtrindern, 2. Rinder aus einem bleischüssigen Gebiet.
Fleischwirtschaft 59: 1529 - 1542

Kreuzer, W., und A. Rosopulo (1981):
Zur gegenwärtigen Rückstandssituation bei Cadmium, Blei, Quecksilber und Arsen in Fleisch und Organen von Schlachttieren.
Arch Lebensmittelhyg 32: 173 - 220

Kreuzer, W., K. Bunzl und W. Kracke (1981).
Zum Übergang von Cadmium aus dem Futter in Nieren, Lebern und Muskulatur von Schlachtrindern.
Fleischwirtschaft 61: 1886 - 1894

Kuntzen, O. (1966):
Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung des stabilen Strontium am Knochen.
Köln, Univ., Diss.

Kuroda, K., G. Endo, A. Okamoto, Y.S. Yoo und S. Horiguchi (1991):
Genotoxicity of beryllium, gallium and antimony in short-term assays.
Mutat Res 264: 163 - 170

Mahoney, J.P., und W.J. Small (1968):
Studies on manganese: III. The biological half-life of radiomanganese in man and factor which affects this half life.
J Clin Invest 47: 643 - 653

Maynard, L.S., und G.C. Cotzias (1955):
The partition of manganese among organs and intracellular organelles of the rats.
J Biol Chem 214: 489 - 495

Mc Dowell, L. R. (1992):
Minerals in animal and human nutrition.
San Diego, New York, Boston, London: Academic Press. S. 176 - 204

Mena, I., K. Horiuchi, K. Burke und G.C. Cotzias (1969):
Chronic manganese poisoning.
Neurology 19: 1000 - 1006

Mena, I. (1980):
Manganese.
In: Metals in the environment. / Waldron, H.A. (Hrsg.).
London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco: Academic Press. S. 199 - 200

Menard, M.P., C.C. McCormick und R.J. Cousins (1981):
Regulation of intestinal metallothionein biosynthesis in rats by dietary zinc.
J Nutr 111: 1353 - 1361

Methfessel, A.H., und H. Spencer (1973):
Zinc metabolism in the rat. II. Secretion of zinc into intestine.
J Appl Physiol 34: 63 - 67

- Methfessel, A.H., und H. Spencer (1978):
Interstinal absorpction and secretion of ⁶⁵Zn in rats.
In: Trace element metabolism in animals. / Mertz, W. (Hrsg.).
Baltimore: University Park Press. S. 541 - 543
- Meyer, H., und J. Zentek (2005):
Ernährung des Hundes.-5. Auflage.
Stuttgart: Parey Verlag. S. 75 - 76
- Miller, W.J., B. Lamp, G.W. Powell, C.A. Salotti und D.M. Blackman (1967):
Influence of a high level of dietary cadmium on cadmium content in milk, excretion and cow performance.
J Dairy Sci 50: 1404 - 1408
- Miller, W.J. (1973):
Dynamics of absoption rates, endogenous exretion, tissue turnover, and homeostatic control mechanisms of zinc, cadmium, manganese and nickel in ruminants.
Fed Proc 32: 1915-1920
- Neatherly, M.W., und W.J. Miller (1975):
Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in ruminants.
J Dairy Sci 58: 1767 - 1781
- Nordberg, M. (1984):
General aspects of cadmium: Transport, uptake and metabolism by the kidney.
Environ Health Perspect 54: 13 - 20
- Nordberg, M., C.G. Elinder und B. Rahnster (1979):
Cadmium, zinc and copper in horse kidney metallothionein.
Environ Res 20: 341 - 350
- Özpinar, H., J. Zentek, A. Deniz und J. Kamphues (1995):
Effekte unterschiedlicher Zinksalze auf die fäkale und renale Zinkexkretion sowie die Zinkgehalte im Blut bei Hund und Katze.
Kleintierpraxis 40: 161 – 166
- Ostertag, J., und W. Kreuzer (1980):
Cadmium-Gehalte in Nieren, Lebern, Muskulatur und Futtermitteln von Schlachtschweinen verschiedener Fütterungsregime.
Arch Lebensmittelhyg 31: 57 - 64
- Papavasiliou, P.S., S.T. Miller und G.C. Cotzias (1966):
Role of liver in regulating distribution and excretion of manganese.
Am J Physiol 211: 211 - 216
- Petrides, P.E., und G. Löffler (1998):
Biochemie und Pathobiochemie. -6. Auflage.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag. S. 624 - 626

- Piechotta, D., und E. Kolb (1994):
Der Gehalt an Eisen, Kupfer, Zink und Mangan in 13 Geweben von Katzen unterschiedlichen Alters.
Tierärztl Umsch 49: 115 - 123
- Piscator, M. (1966):
Proteinuria in chronic cadmium poisoning.
Stockholm, Univ., Diss.
- Piscator, M., und B. Lind (1972):
Cadmium, zinc, copper and lead in human renal cortex.
Arch Environ Health 24: 426 - 432
- Plumlee, K.H., und B. Johnson (1996):
Heavy metal concentrations in injured racehorses.
Vet Hum Toxicol 38: 204 - 206
- Prothmann, I. (1975):
Zum Kupfer-, Eisen-, Zink- und Wassergehalt in Organen und Geweben beim Schwein nach Verfütterung verschiedener Kupferverbindungen.
Hannover, Univ., Diss.
- Roth, H.P., und M. Kirchgessner (1977):
Zum Gehalt von Zink, Kupfer, Eisen, Mangan und Calcium in Knochen und Lebern von Zink depletierten und repletierten Ratten.
Zentralbl Vet Med 24: 177 - 188
- Rutherford (2006):
Strontium.
In: Lexikon der Elemente [On-line].
Verfügbar unter: <http://www.uniterra.de/rutherford/ele038.htm>: [7.09. 2009]
- Salisbury C.D.C., W. Chan und P.W. Saschenbrecker (1991):
Multielement concentrations in liver and kidney tissues from five species of Canadian slaughter animals.
J Assoc Off Anal Chem 74: 587 - 591
- Salmi, A., und J. Hirn (1981):
Der Cadmiumgehalt des Muskels, der Leber und Nieren finnischer Pferde und Rentiere.
Fleischwirtschaft 61: 1199 - 1201
- Sansoni, B., W. Kracke, H. Ringer, W. Schmidt, F. Dietl, J. Fischer und W. Kreuzer (1974):
Der Cadmiumgehalt ausgewählter Umweltproben 1971/73.
In: Problems of the contamination of man and its environment by mercury and cadmium. / Commission of the European Communities (Hrsg.). S. 141 - 167
- Schenkel, H., und G. Merkle (1982):
Untersuchungen zum Einfluß unterschiedlicher Mineralfuttermittelgaben auf die Einlagerung von Blei und Cadmium in verschiedenen Geweben von Mastbullen.
Landwirtsch Forsch Sonderh 39: 327 - 332

- Schenkel, H. (1981):
Untersuchungen zur Cadmium-Konzentration in verschiedenen Geweben von
Mastschweinen in Abhängigkeit von der Fütterungsdauer und der Cadmium-Konzentration in
der Ration.
Z Tierphysiol Tierernähr Futtermittelk 45: 227 - 228
- Schmid, A. (1976):
Anorganische Umweltgifte.
Wien Tierärztl Monatsschr 63: 241 - 252
- Schneider, H.J., und M. Anke (1971):
Die Abhängigkeiten des Kalzium-, Phosphor- und Mangangehaltes verschiedener Organe
des Menschen.
Arch Exp Vet Med 25: 788 - 792
- Schriever, K.H., und F. Schuh (Hrsg.) (1976):
Enzyklopädie Naturwissenschaft und Technik.
Landsberg: Verlag Moderne Industrie. S. 2704 - 2705
- Schroeder, H.A., J.J. Balassa und V. Brattleboro (1961):
Abnormal trace metals in man: cadmium.
J Chron Dis 14: 236 - 258
- Schroeder, H.A., J.J. Balassa und I.H. Tipton (1962):
Abnormal trace metals in man: chromium.
J Chron Dis 15: 941 - 964
- Schroeder, H.A., I.H. Tipton und A.P. Nason (1972):
Trace metals in man: strontium and barium.
J Chron Dis 25: 491 - 517
- Schroeder, H.A., J.J. Balassa und I.H. Tipton (1966):
Essential trace metals in man: manganese. A study in homeostasis.
J Chron Dis 19: 545 - 571
- Schroff, A. (1992):
Untersuchungen zur intestinalen Absorption von Kalzium und Mangan.
Zürich, Univ., Diss.
- Schünemann, D. (1983):
Vergleichender Fütterungsversuch an Rindern mit Cadmiumchlorid, Cadmiumacetat,
Cadmiumcarbonat und einem cadmiumreichen Flugstaub.
Gießen, Univ., Diss.
- Schwarz, F.J., und M. Kirchgessner (1976):
Zur Verteilung und Ausscheidung i.v. applizierten Zinks bei unterschiedlichen Zn- versorgten
Ratten.
Zentralbl Vet Med 23: 836 - 848

- Sharma, R.P., J.C. Street, M.P. Verma und J.P. Shupe (1979):
Cadmium uptake from feed and its distribution to food products of livestock.
Environ Health Perspect 28: 59 - 66
- Shorr, E., und A.C. Carter (1952):
The usefulness of strontium as an adjuvant to calcium in the remineralisation of the skeleton in man.
Hosp Jt Dis Bull 13: 59 - 66
- Skinner, J.T., E.C. Van Donk und H. Steenbock (1932):
Manganese as a factor in reproduction.
Am J Physiol 101: 591 - 597
- Smith, K.T., M.L. Failla und R.J. Cousins (1978):
Identification of albumin as the plasma carrier for zinc absorption by perfused rat intestine.
Biochem J 184: 627 - 633
- Spencer, H., M. Li, J. Samachson und D. Laszlo (1960):
Metabolism of strontium-85 and calcium-45 in man.
Metab Clin Exp 9: 916 - 925
- Stein, G., M. Anke, R. Fünfstück und H.J. Schneider (1979):
Der Einfluss chronischer Niereninsuffizienz mit und ohne Dialysetherapie auf den Mangan Gehalt verschiedener Organe des Menschen.
Z Inn Med 34: 648-651
- Stoeppler, M. (1991):
Cadmium.
In: Metals and their compounds in the environment-occurrence, analysis and biological relevance. / Merian (Hrsg.).
Weinheim: VCH-Verlag. S. 803-851
- Stratmann, B. (1988):
Untersuchungen zur Körperzusammensetzung von Katzen.
Hannover, Univ., Diss.
- Streit, B. (1994):
Lexikon Ökotoxikologie. -2. Auflage.
Weinheim: VCH-Verlag.
- Sumino, K., K. Hayakawa, T. Shibata und S. Kitamura (1975):
Heavy metals in normal Japanese tissues. Amounts of 15 heavy metals in 30 subjects.
Arch Environ Health 30: 487 - 494
- Suzuki, K.T. (1979):
Copper content in cadmium exposed animal kidney metallothionein.
Arch Environ Contam Toxicol 8: 255 - 268
- Suzuki, K.T., K. Kubota und S. Takenaka (1977):
Copper in cadmium exposed rat kidney metallothionein.
Chem Pharm Bull 25: 2792 - 2794

- Suzuki, K.T., und S. Takenaka (1979):
Fate of kidney metallothionein intraperitoneally injected into the rat.
Chem Pharm Bull 27: 1753 - 1758
- Suzuki, K.T., und T. Taguchi (1980):
Retention, organ distribution, and excretory pattern of cadmium orally administered in a single dose to two monkeys.
J Toxicol environ Health 6: 783 - 796
- Taylor, D.M., P.H. Bligh und M.H. Duggan (1962):
The absorption of calcium, strontium, barium and radium from the gastrointestinal tract of the rats.
Biochem J 83: 25 - 29
- Teilmann, A.M., und J.C. Hansen (1984):
Cadmium and selenium levels in kidneys from danish horses.
Nord Vet Med 36: 49 - 56
- Thind, G.S., und G.M. Fischer (1975):
Cadmium and zinc distribution in cardiovascular and other tissues of normal and cadmium – treated dogs.
Exp Mol Pathol 22: 326 - 334
- Thomson, A.B.R., D. Olatunbosun, L.S. Valberg und J. Ludwig (1971):
Interrelation of intestinal transport system for manganese and iron.
J Lab Clin Med 78: 642 - 655
- Thomson, A., und L.S. Valberg (1972):
Intestinal uptake of iron, cobalt and manganese in the iron- deficient rat.
Am J Physiol 223: 1327 - 1329
- Todd, W.R., C.A. Elvehjev und E.A. Hart (1934):
Zinc in the nutrition of the rat.
Am J Physiol 107: 146 - 156
- Umwelt-Handbuch (1993):
Arbeitsmaterialien zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen. Band: III. /
Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) (Hrsg.).
Braunschweig. S. 191 - 194
- Underwood, E.J. (1977):
Trace elements in human and animal nutrition.
London, New York, San Francisco: Academic Press. S. 196 - 257
- Vreman, K., und W.G. De Ruig (1980):
Zufütterung von Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber an laktierende Milchkühe und an junge Mastbullen. Der Übergang der Schwermetalle in verschiedene essbare Gewebe.
Z Tierphysiol Tierernähr Futtermittelk 44: 101 - 111

Washko, P.W., und R.J. Cousins (1977):

Role of dietary calcium and calcium-binding protein in cadmium toxicity in rats.
J Nutr 107: 920 - 928

Weigert, P. (1986):

Cadmiumbelastung von Lebensmitteln und Problematik der Abteilung von Höchstgehalten in Lebensmitteln.

In: Zum Carry-over von Cadmium.

Münster-Hiltrup: Landeswirtschaftsverlag. S. 3 - 12

Wentink, G.H., T. Wensink, A.J. Baars, H. van Beek, A.A.P.A. Zeuwen und A.J.H. Schotman (1988):

Effects of cadmium on some clinical and biochemical measurements in heifers.

Bull Environ Contam Toxicol 40: 131 - 138

Weyermann, F., und E. Lücker (1998):

Cadmiumbelastung verbraucherrelevanter Muskulatur beim Pferd.

Fleischwirtschaft 78: 251 - 254

Winge, D.R., R. Premakumar und K.V. Rajagopalan (1978):

Studies on zinc content of Cd- induced thionein.

Arch Biochem Biophys 188: 466 - 475

Zumkley, H., und K. Kisters (1990):

Spurenelemente: Geschichte, Grundlage, Physiologie, Klinik.

Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. S. 39 - 77

Anhang – Katzen

Tab. I: Beschreibung der Katzen

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
113	weiblich	6	EKH	Akute Stauungshyperämie der Leber mit diffuser Lipidose
196	männlich	10	EKH	Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig), Fibrose und Glomerulosklerose Chron. Stauungshyperämie der Leber bedingt durch Linksherzinsuffizienz
203	weiblich	6	Perser	Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig) und polyzystische Nierenerkrankung
204	männlich	4	EKH	Dilatative Kardiomyopathie Chron. multifokale Glomerulosklerose beider Nieren (geringgradig)
205	weiblich	16	EKH	Chron. multifokale Glomerulosklerose beider Nieren (hochgradig) Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig)
210	männlich	3	EKH	Feline Parvovirose
212	männlich	4	Perser-Mischling	Feline Parvovirose
214	männlich	10	EKH	Spindelzelltumor (in Nasenhöhle und Gehirn) Chron. Interstitielle Nephritis (mittelgradig)
217	männlich	3	EKH	Feline Parvovirose
218	weiblich	5	EKH	Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig) Leberzirrhose (geringgradig)
259	weiblich	2	EKH	Feline Parvovirose
260	männlich	1	EKH	Feline Parvovirose
266	weiblich	2	EKH	Herz-Kreislaufversagen unbekannter Ursache

Anhang – Katzen

Tab. 2

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
420	weiblich	13	EKH	Bronchoalveoläres Adenokarzinom der Lunge Chron. Interstitielle Nephritis (mittelgradig) Dilatative Kardiomyopathie
423	männlich	8	Maine Coon-Mischling	Felines Asthma Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig) Eitrige und lymphoplasmazelluläre Meningitis
424	weiblich	4.5	EKH	Feline Infektiöse Peritonitis Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig) Chron. Hepatitis
430	weiblich	2 Monate	EKH	Virusinfektion aus dem Katzenschnupfenkomplex
431	männlich	3 Monate	EKH	Missbildung des Dickdarms mit Verschluss (Atresia coli et recti)
444	männlich	8.5	EKH	Fremdkörper im Bereich des Dünndarms
458	männlich	7	EKH	Bakterielle Allgemeininfektion Feline Parvovirose Chron. Interstitielle Nephritis Chron. Leberdegeneration
463	männlich	3 Monate	EKH	Zentrolobuläre Leberzellnekrose
464	männlich	1	EKH	Nekrotisierende Lungenentzündung (Ursache: Mischinfektion aus dem Katzenschnupfenkomplex)
467	männlich	14	EKH	Adenokarzinom der Lunge und des Pankreas Chron. Interstitielle Nephritis (hochgradig) Inselamyloidose
469	weiblich	3	Maine Coon	Dilatative Kardiomyopathie

Anhang – Katzen

Tab. 3

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
480	weiblich	16	EKH	Dilatative Kardiomyopathie Adenokarzinom der Mamma und Metastasen in der Lunge Mastzelltumor
485	weiblich	14	EKH	Plattenepithelkarzinom im Bereich der Stimmritze Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig)
502	weiblich	3 Monate	Britisch Kurzhaar	Fibrosierende Pankreatitis
507	männlich	15	EKH	Meningeom (Folge: Kompression der Großhirnrinde)
516	männlich	8	EKH	Idiopathisch-hypertrophe Kardiomyopathie Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig)
519	weiblich	3 Monate	Türkisch Angora	Akute Lebernekrose (hochgradig) Hypertrophe Kardiomyopathie (sekundär) Autoerythrophagozytotisches Syndrom
650	weiblich	18	EKH	Adenom beider Schilddrüsen Chron. Interstitielle Nephritis (mittelgradig)
654	weiblich	7	EKH	Thymom Degeneration von Hepatozyten/zentrolobuläre Stauung mit periportaler Brückenbildung
660	weiblich	12	Maine Coon-Mischling	Fibrose der Niere Leber: zentrolobuläre Stauungshyperämie mit Fibrose (geringgradig) und Degeneration der Leberzellbälkchen Hypertrophe Kardiomyopathie
672	weiblich	13	EKH	Myelom (Medullär und Extramedullär) Leberzellnekrosen
689	männlich	14	EKH	Chron. Interstitielle Nephritis (hochgradig)

Anhang – Katzen

Tab. 4

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
691	männlich	6	EKH	Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig) Akute Hepatitis (geringgradig)
693	weiblich	6	Perser-Mischling	Adenokarzinom des Magens
694	weiblich	6	EKH	Chron. Interstitielle Nephritis (hochgradig)
695	männlich	2 Monate	EKH	Leber: akute Stauungshyperämie (geringgradig) und Lebernekrose Parvovirose
700	männlich	1,5	EKH	Leber: akute Stauungshyperämie (geringgradig) der Leber und Lebernekrosen Fremdkörper im Magen
701	weiblich	7	Perser	Akute eitrige-nekrotisierende Hepatitis Chron. Interstitielle Nephritis (mittelgradig)
712	weiblich	5	EKH	Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig)
719	männlich	2 Monate	EKH	Parvovirose
722	weiblich	10	EKH	Chron. Interstitielle Nephritis (geringgradig) Chron. Lebernekrosen (mittelgradig) Lymphom
724	männlich	9	EKH	Herzinsuffizienz
725	weiblich	7	EKH	Akute Lebernekrosen (mittelgradig) Chron. Interstitielle Nephritis (hochgradig) Adenokarzinom der Lunge Parvovirose
737	weiblich	1	Maine Coon	Leber: akute Stauungshyperämie (hochgradig) Kardiomyopathie Hydrothorax

Anhang – Hunde

Tab. 5

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
190	weiblich	10	Jack Russell	Chron. Interstitielle Nephritis Dilatative Kardiomyopathie
192	weiblich	7	Rottweiler	Osteosarkom mit Lungenmetastasen Geschlossene Pyometra mit konsekutiver Peritonitis Dilatative Kardiomyopathie Chron. Interstitielle Nephritis
195	weiblich	4,5	Leonberger	Rechtsherzinsuffizienz Leber: Fibrose Todesursache: Herz- Kreislaufversagen durch Stresssituationen der Geburt/Narkose
207	weiblich	7	Yorkshire Terrier	Gehirninfarkt Leukoencephalomalacia
215	männlich	8 Monate	Beagle	Parvovirose
216	männlich	5	Golden Retriever	Chron. Interstitielle Nephritis Todesursache: Schockgeschehen mit Stauungserscheinungen in Lunge, Leber, Milz und Nieren
400	weiblich	9,5	Deutscher Schäferhund	Hämangiosarkom der Leber
427	männlich	11	Labrador	Multifokale noduläre Hyperplasien mit Hämatomen in der Milz Eitrig-nekrotisierende Myositis der Schlundmuskulatur Multiple Polypen der Harnblasenschleimhaut
428	männlich	10	Bobtail- Mischling	Adenokarzinom
429	weiblich	8	Cocker Spaniel	Kardiomyopathie Unilaterale, regressive Veränderung der Nebennieren
443	weiblich	1 Monat	Terrier- Mischling	Parvovirose

Anhang – Hunde

Tab. 6

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
449	männlich	12	Setter-Mischling	Malignes Lymphom der Mandibular- und Retropharyngeallymphknoten
456	weiblich	5	Deutscher Schäferhund	Ödem im Kopfbereich durch kompressionsbedingte venöse Abflussstörung
459	weiblich	5 Monate	Englische Bulldogge	Lungenentzündung
474	weiblich	13	Cocker Spaniel-Mischling	Intestinaler Tumor: entweder gastrointestinaler stromaler Tumor oder Spindelzellkarzinom mit Metastasierung in Leber und Milz
477	weiblich	9	Yorkshire Terrier	Chron. Interstitielle Nephritis Lungenblutung höchstwahrscheinlich durch urämiebedingten Alveolarschaden
481	weiblich	3	Berner Sennenhund	Membranoproliferative Glomerulonephritis
482	weiblich	9	Schnauzer-Mischling	Submeningealer Rundzelltumor im Rückenmark, Gehirn
508	weiblich	6	Dobermann	Infektion mit <i>Leptospira</i> sp.: Tubulusnekrose in den Nieren und multiple, akute Blutungsherde Dekompensierte Kardiomyopathie
509	weiblich	9	Berner Sennenhund-Mischling	Hämorrhagische Diathese: Ursache einer schwerwiegenden Darmwandläsion, bedingt durch Clostridientoxine
518	männlich	5	Bernhardiner	Oligodendrogliom Kongestive Kardiomyopathie
520	männlich	11	Mischling	Glioblastom im Gehirn Herzmuskelhypertrophie Faserknorpelmetaplasien der Herzklappen
522	männlich	9 Monate	Bulldogge	Schwere (toxisch bedingte) Leberzirrhose

Anhang – Hunde

Tab. 7

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
544	männlich	8	Zwergschnauzer	Maligner Gehirntumor mit spindelzelligem Differenzierungsmuster
546	weiblich	10	West Highland White Terrier	Chron. Interstitielle Nephritis Leber: Fibrose Interstitielle Pneumonie
548	weiblich	2	Mops	Cortexassoziierte, nekrotisierende, lymphozytäre Encephalitis und Meningitis Hypertrophe Kardiomyopathie
551	männlich	11	Yorkshire Terrier	Großflächige Haut- und Unterhautnekrose im ventralen Bauch- und Brustbereich Gallengangskarzinom Chron. Interstitielle Nephritis
651	weiblich	9	Labrador-Mischling	Infektion mit <i>Leptospira</i> sp.: Tubulusnekrose in den Nieren und multiple, akute Blutungsherde Kongestive Kardiomyopathie
661	weiblich	3 Monate	Yorkshire Terrier	Vakuole Degeneration der Leber
677	weiblich	1,5	Rottweiler	Magen und Zwerchfellruptur
681	männlich	4	Berner Sennenhund	Adenokarzinom: Metastasen in Knochen, Leber, Lunge und Milz
690	männlich	3 Monate	Deutscher Schäferhund	Gehirn: dezente Läsionen von intrazytoplasmatischen, neuronalen Vakuolisierungen und eosinophilen Einschlüssen
692	weiblich	5	Deutscher Schäferhund	Akutes Herz- und Kreislaufversagen
697	männlich	9	Entlebucher Sennenhund	Adenokarzinom der Niere: Parenchymnekrose (Gefäßverlegung durch Tumorzellemboli)
702	weiblich	4	Dackel-Labrador Mischling	Eitrig eosinophile Enteritis und Colitis Ursache: wahrscheinlich durch virale Darmerkrankung
706	männlich	2 Monate	Dobermann Mischling	Parvovirose
710	männlich	4	Mischling	Parvovirose

Anhang – Hunde

Tab. 8

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
714	männlich	2 Monate	Rottweiler	Parvovirose
715	weiblich	2	Amerikanische Bulldogge	Cumarinderivatvergiftung (Rodentizid) mit der Folge massiver Blutungen in die Brusthöhle und in das präkardiale Mittelfell
717	männlich	8	Yorkshire Terrier Mischling	Traumatisch bedingter Pneumothorax
723	weiblich	3	Rhodesian Ridgeback	Myelom (medulläres Plasmozytom) mit Metastasen in Leber, Nieren, Lunge, Milz, Herz und Lymphknoten
727	männlich	3	West Highland White Terrier	Kein Vorbericht
734	männlich	2,5	Mastino Napoletano	Fremdkörper im Kehlkopf mit Folge der Erstickung Eitrige Leberentzündung
739	weiblich	6	Rottweiler	Nephrose
740	männlich	11	Golden Retriever	Subakute, fibrinös-eitrige Peritonitis
742	männlich	15	Pudel	kein Vorbericht
743	Nicht aufgeführt	5,5	nicht aufgeführt	kein Vorbericht
749	weiblich	5 Monate	Staffordshire Mischling	Parvovirose
752	männlich	3 Tage	Golden Retriever	Fruchtwasserrespiration mit der Folge einer verzögerten Entwicklung der Lunge
801	männlich	9	Jack Russell Terrier	Endokardiose Dilatative Kardiomyopathie Leber: hochgradige Degeneration mit Pigmentretention

Anhang – Pferde

Tab. 9

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse	Vorbericht/Erkrankungen
194	weiblich	11	Tinker	hochgradiger Bandwurmbefall (Anoplocephala perfoliata)
407	weiblich	28	Warmblut	Chron. Interstitielle Nephritis und mittelgradiger medullärer Fibrose, multifokale Zysten
448	weiblich	8	Warmblut	Niere: akute Stauungshyperämie und geringgradige Fibrose
460	weiblich	16	Araber	Leber: Malignes Melanom mit multiple Metastasen Nieren: Chron. Interstitielle Nephritis
466	weiblich	11	Vollblut	Nebennierenrindenzarzinom
473	weiblich	8	Warmblut	Nieren: geringgradig medullär Verkalkung Chron. lymphozytäre Encephalitis
497	männlich (Hengst)	4	Warmblut	Multifokale axonale Degeneration und Demyelinisierung im Bereich C6/7
504	männlich (Hengst)	5 Monate	Vollblut	Chron. Enteritis
699	männlich	13	Kaltblutmix	Nieren: chromoproteinämische Nephrose
730	weiblich	9	Warmblut	Endocarditis

Anhang – Pferde

Tab. 11

Pferde vom Schlachthof

Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rasse
1	weiblich	18	Pony
2	weiblich	20	Kleinpferd
3	weiblich	8	Haflinger Mix
4	weiblich	26	Warmblut
5	weiblich	16	Haflinger- Araber Mix
6	männlich	2	Warmblut
7	männlich	1	Warmblut
8	männlich	13	Warmblut
9	männlich	10 Monate	Shetland Pony
10	männlich	11 Monate	Shetland Pony
11	weiblich	12	Kleinpferd

Lieben Dank an meinen Mann und meine beiden Kinder Johanna und Gregor, die mir immer wieder neue Energie und Ausdauer verschafft haben.

Großer Dank gilt Frau Dr. M. Lahrssen-Wiederholt für die Themenwahl, die sie auf meine Neigung und Motivation adäquat abgestimmt hat.

Weiter danke ich Herrn Dr. R. Palavinskas und D. Nicolae für die Bearbeitung und Analyse der Proben und dem Institut für Tierpathologie. Hier möchte ich mich besonders bei I. Krause und D. Nehrig bedanken, die mir immer schnell und zuverlässig die Proben besorgt haben.

Herr Prof. J. Zentek hat die gesamte Arbeit inhaltlich begleitet, forciert und sich für die stilvolle Aufarbeitung der Ergebnisse intensiv engagiert. Dafür herzlichen Dank.

Nicht zuletzt hat zum Gelingen dieser Arbeit das Institut für Biometrie und Informationsverarbeitung einen erheblichen Beitrag geleistet. Es waren nicht nur die statistischen Berechnungen, sondern vor allem die angenehme Atmosphäre, gemeinsames Teetrinken und Lachen, haben mich zum Voranbringen und letztendlich beim Fertigstellen der Arbeit bestärkt. Danke Frau Dr. Arndt und Frau Lüdecke!

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. Unterstützung habe ich von folgenden Personen bei der Auswertung des Materials erhalten:

Herr Dr. R. Palavinskas
Frau Dr. G. Arndt
Frau Lüdecke

Berlin, den 30.09.2009