

ANNE KARIN KORN

Zahn- und Kieferveränderungen beim Kaninchen

Diagnostik, Auftreten und Heritabilitäten



Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines **Dr. med. vet.**
beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei den Autoren dieses Werkes.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung der Autoren oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2016

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Authors or the Publisher.

1st Edition 2016

© 2016 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. Georg Erhardt

Zahn- und Kieferveränderungen beim Kaninchen
Diagnostik, Auftreten und Heritabilitäten

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines

Dr. med. vet.

(Doctor medicinae veterinariae)

beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Anne Karin Korn

Tierärztin aus Stuttgart

Gießen 2015

Mit Genehmigung des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan:

Prof. Dr. Dr. h.c. Martin Kramer

Gutachter:

1. Prof. Dr. Georg Erhardt

2. Prof. Dr. Hermann Willems

Tag der Disputation: 04.12.2015

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis.....	IX
Tabellenverzeichnis.....	XIII
1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Vorkommen und Häufigkeit von Zahn- und Kiefererkrankungen bei Kaninchen und Hasen.....	3
2.2 Anatomisch-physiologische Grundlagen: Gebiss der <i>Leporidae</i>	5
2.2.1 Zahnformel.....	5
2.2.2 Aufbau der Zähne.....	6
2.2.3 Feinbau der Zähne.....	6
2.2.3.1 Zahnschmelz	6
2.2.3.2 Dentin.....	7
2.2.3.3 Zement.....	8
2.2.3.4 Zahnhalteapparat	8
2.2.3.5 Pulpahöhle.....	9
2.2.4 Innervation der Zähne	9
2.2.5 Zahnwachstum und -abrieb	9
2.2.6 Kieferstellung und Vorgang des Kauens.....	11
2.2.7 Zahnwechsel.....	12
2.2.8 Kieferknochen.....	14
2.3 Anatomische Besonderheiten der Kaninchen im Zusammenhang mit der Zahngesundheit	15
2.3.1 Tränen-Nasenkanal	15
2.3.2 Zur Physiologie des Verdauungstraktes.....	16
2.3.3 Caecotrophie	16

INHALTSVERZEICHNIS

2.4	Futterinhaltsstoffe und deren Einfluss auf die Zahngesundheit: Calcium, Magnesium, Phosphor, Vitamin D-Hormon (Calcitriol), Vitamin A und C.....	17
2.4.1	Funktion und Metabolismus.....	17
2.4.2	Empfehlungen für die Gehalte an Calcium, Magnesium, Phosphor sowie Vitamin D ₃ und A in der Futtermittelration.....	20
2.4.3	Über- und Unterversorgung mit ausgewählten Mineralstoffen und Vitaminen.....	22
2.4.3.1	Calcium	22
2.4.3.2	Phosphor.....	23
2.4.3.3	Das Calcium-Phosphor-Verhältnis.....	23
2.4.3.4	Vitamin D.....	24
2.4.3.5	Vitamin A.....	24
2.4.3.6	Vitamin C	25
2.5	Fütterung und Wasseraufnahme.....	25
2.5.1	Futteraufnahmeverhalten.....	25
2.5.2	Wasseraufnahme	26
2.6	Ursachen von Zahn- und Kieferveränderungen	27
2.6.1	Erworbene, primär nicht infektiöse Ursachen.....	27
2.6.2	Erworbene, infektiöse Ursachen	28
2.6.3	Hereditäre Ursachen mit funktionellen Nachteilen.....	28
2.6.3.1	Osteopetrose/ Osteosklerose	28
2.6.3.2	Malokklusionen.....	29
2.6.4	Erbliche Varianten ohne funktionelle Nachteile	30
2.7	Untersuchung der Maulhöhle.....	30
2.7.1	Klinische Untersuchung	30
2.7.2	Röntgen des Kopfes	32
2.7.2.1	Befunderhebungen anhand der Röntgenbilder.....	32
2.8	Blutentnahme und Referenzwerte	33

INHALTSVERZEICHNIS

2.9	Bonitierung von Zahn- und Kieferbefunden	36
2.9.1	Klinische Befundung.....	36
2.9.2	Standard des Zentralverbands der Deutschen Rassekaninchen-Züchter e.V.	37
2.10	Prophylaxe.....	37
2.11	Vorkommen von Zahn- und Kieferveränderungen bei anderen Spezies	38
2.11.1	Rodentia	38
2.11.1.1	Unterordnung Hystricomorpha: Meerschweinchen, Chinchilla und Degu	38
2.11.1.2	Unterordnung Myomorpha: Ratte, Maus und Hamster.....	41
2.11.1.3	Unterordnung Sciuromorpha.....	42
2.11.2	Reh	43
2.12	Genetische Aspekte als Grundlage zur Schätzung von Heritabilitäten im Bezug auf Zahn- und Kiefermerkmale	43
3	Eigene Untersuchungen	46
3.1	Tiere, Material und Methoden.....	46
3.1.1	Tiere	46
3.1.2	Untersuchungsbetrieb.....	46
3.1.3	Klimakammer.....	47
3.1.4	Außenhaltung	47
3.1.4.1	Betonboxen	47
3.1.4.2	Kleine Gruppenbuchten	48
3.1.4.3	Große Gruppenbuchten	48
3.1.5	Fütterung	49
3.1.6	Prophylaktische Maßnahmen	49
3.1.7	Zuchtplanung.....	50
3.1.8	Versuchsablauf.....	50
3.1.9	Klinische Untersuchung der Maulhöhle.....	52
3.1.10	Blutentnahme und blutchemische Untersuchungen	54

INHALTSVERZEICHNIS

3.1.11	Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie	56
3.1.12	Röntgen	58
3.1.13	Beurteilung der Röntgenbilder	58
3.2	Statistische Auswertungen	61
3.2.1	Biometrische Planung der Tierzahl	61
3.2.2	Klinische Untersuchung der Maulhöhle.....	62
3.2.3	Blutchemische Analysen	63
3.2.4	Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie	65
3.2.5	Röntgen	65
3.2.6	Heritabilitäten	66
4	Ergebnisse	67
4.1	Klinische Untersuchungen der Maulhöhle.....	67
4.1.1	Zahnstatus der Elterntiere	67
4.1.2	Übersicht über die Zahnbefunde bei Jungtieren.....	68
4.1.3	Differenzierung der klinischen Befunde nach Kategorien sowie nach Größe und Geschlecht der Jungtiere	70
4.1.4	Zahnstatus der Jungtiere im Verlauf des Untersuchungszeitraumes.....	73
4.1.5	Absetz- und Drei-Monatsgewichte, tägliche Zunahmen und Zahnstatus	78
4.2	Blutchemische Untersuchungen.....	80
4.2.1	Einfluss des Vorliegens von Schmelzveränderungen und des Termins der Blutentnahme auf die Blutparameter	80
4.2.2	Übersicht über alle vorgenommenen Mineralstoffanalysen	82
4.2.3	Differenzierung der Mineralstoffanalysen nach dem Zeitpunkt der Blutprobenentnahme, Größe und Geschlecht sowie nach dem Vorliegen von Zahnschmelzveränderungen zum Beprobungszeitpunkt.....	83
4.2.4	Einfluss von Größe, Geschlecht und dem Vorliegen von Schmelzveränderungen auf die Mineralstoffwerte	87

4.2.5	Vergleich der Mineralstoffanalysen zwischen Elterntieren und ausgewachsenen Jungtieren	89
4.3	Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie.....	90
4.3.1	Befunde bezüglich Kieferlängenveränderungen und der Incisivi	90
4.3.2	Befunde in den Kieferquadranten	92
4.4	Röntgen	94
4.4.1	Indikationen.....	94
4.4.2	Messstrecken nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt nach DE ABREU et al. (2006), modifiziert	95
4.4.3	Anatomische Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009)	98
4.5	Heritabilitäten.....	100
5	Diskussion	101
5.1	Versuchsaufbau und statistische Planung	101
5.2	Klinische Untersuchungen und Gewichtserfassung.....	102
5.3	Blutanalysen	111
5.4	Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie.....	115
5.5	Röntgenbildbetrachtungen	121
5.6	Heritabilitätsschätzungen	125
5.7	Schlussbetrachtungen	128
6	Zusammenfassung.....	130
7	Summary.....	133
8	Literaturverzeichnis.....	135
9	Anhang	164
	Tabelle 1A: Verwandtschaftsbeziehungen aller Kaninchen	164
	Tabelle 2A: Deklaration „HasFit Carat“	166
	Abb. 1A: Narkoseprotokoll.....	167
	Abb. 2A: Zahn- und Kieferbefundbogen nach CROSSLEY (aus BÖHMER 2011).....	168

10 **Danksagung** **169**

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
°	Grad (Winkelmaß)
°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
ADP	Adenosindiphosphat
ATP	Adenosintriphosphat
B	Breite
Bd.	(Buch-) Band
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
DNA	Desoxyribonucleic acid
DNS	Desoxyribonukleinsäure
et al.	et alia
G	Gauge
g	Gramm
GV-SOLAS	Gesellschaft für Versuchstierkunde- Society for Laboratory Animal Science
H	Höhe
h ²	Heritabilität
i.m.	intramuskulär
I.E.	Internationale Einheiten
IU/kg	International Unit/Kilogramm
IU/l	International Unit/Liter
Kg	Kilogramm
L.	Linné
m	Meter
M.	Musculus
mg	Milligramm
min.	mindestens
ml	Milliliter

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

mm	Millimeter
mmol/l	Millimol/Liter
N.	Nervus
n	Stichprobenumfang
p.p.	post partum
pg/ml	Picogramm/ Milliliter
pmol/l	Picomol/Liter
s.c.	subkutan
Sf	Standardfehler
s. Kap.	siehe Kapitel
sp.	Spezies
T	Tiefe
Tab.	Tabelle
TVT	Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz
UV-Licht	ultraviolettes Licht
V.	Vena
z.B.	zum Beispiel
ZDRK	Zentralverband der Deutschen Rassekaninchen-Züchter e.V
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
\leq	kleiner gleich
$>$	größer als

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kunststoffboden mit einer Spaltenweite von 13 mm und einer Auftrittsbreite von 5 mm, Quelle: www. Frikola.de 47

Abb. 2: Betonboxen für Kaninchen 47

Abb. 3: Kleine Gruppenbucht mit Nippeltränke (a) und Futterautomat (b) 48

Abb. 4: Große Gruppenbuchten 48

Abb. 5: Vorlaufbehälter 49

Abb. 6: Darstellung des zeitlichen Ablaufes der Datenerhebungen bei Eltern- und Jungtieren..... 51

Abb. 7: Befunde an den Incisivi: a. Brachygnathia superior, b. fehlender Incisivus 301 und schräge Incisalfläche im Oberkiefer, c. kleine Zahnücke zwischen und Querrillen auf den Unterkieferincisivi, schräge Incisalfläche 52

Abb. 8: Blick in die Maulhöhle eines Kaninchens. Die Molaren sind durch den Einsatz von Kiefersperren und Wangenspreizer zu sehen 57

Abb. 9: Kaninchenschädel in latero-lateraler Projektion. Strecken und Winkel am Kaninchenschädel nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt nach DE ABREU et al. (2006), modifiziert (VW und XY); rote Linien: in dieser Studie ausgewertet 59

Abb. 10: Kaninchenschädel in latero-lateraler Projektion mit anatomischen Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009) 60

Abb. 11: Geschlechterverteilung zwischen als zahngesund bzw. –krank eingestuften Zuchthäsinnen (n= 18) und –rammlern (n= 14) 67

Abb. 12: Häufigkeiten erhobener Befunde aus der klinischen Untersuchung der Zuchthäsinnen (n= 12) und –rammler (n= 7). Pro Tier ist mehr als ein Befund möglich 68

Abb. 13: Häufigkeiten erhobener Befunde in allen klinischen Untersuchungen der Maulhöhle (n= 3182) bei Jungtieren (n= 236)..... 69

Abb. 14: Anzahl der Befundhäufigkeiten von Brachygnathia superior und Aufbiss in Prozent (%) des jeweiligen Stichprobenumfangs (n) bis einschließlich der jeweils angegebenen Untersuchung/ Lebenswoche (LW)..... 70

Abb. 15: Verteilung der Kategorien (Tab. 6) in drei Untersuchungszeiträumen bezüglich jeweils 209 Jungtieren. $US_{3.LW-Adult}$ = Von der ersten bis letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; $US_{3.LW-Absetzen}$ = Von der ersten Untersuchung bis zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW); $US_{Absetzen-Adult}$ = Von der Untersuchung zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW) bis zur letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; LW= Lebenswoche 71

Abb. 16: Verteilung der Kategorien (Tab. 6) in drei Untersuchungszeiträumen aufgeteilt nach Größe bezüglich 209 Jungtieren in jedem Untersuchungszeitraum. $US_{3.LW-Adult}$ = Von der ersten bis letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; $US_{3.LW-Absetzen}$ = Von der ersten Untersuchung bis zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW); $US_{Absetzen-Adult}$ = Von der Untersuchung zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW) bis zur letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen; LW= Lebenswoche 72

Abb. 17: Verteilung der Kategorien (Tab. 6) in drei Untersuchungszeiträumen aufgeteilt nach Geschlecht bezüglich 209 Jungtieren in jedem Untersuchungszeitraum. $US_{3.LW-Adult}$ = Von der ersten bis letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; $US_{3.LW-Absetzen}$ = Von der ersten Untersuchung bis zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW); $US_{Absetzen-Adult}$ = Von der Untersuchung zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW) bis zur letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; m= männlich, w= weiblich; LW= Lebenswoche 73

Abb. 18: Verlauf der Befundhäufigkeiten bezüglich des Zahnstatus in Prozent (%) über 13 Untersuchungen bei Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen für jeweils 255 Untersuchungen in jeder Befundklasse (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche) 74

Abb. 19: Verlauf der Befundhäufigkeiten bezüglich des Zahnstatus in Prozent (%) über 15 Untersuchungen bei Kaninchen mittelgroßer und großer Rassen für jeweils 2869 Untersuchungen in jeder Befundklasse (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche) 75

Abb. 20: Verlauf der Befundhäufigkeiten in Prozent (%) für Häsinnen und Rammler von Zwergkaninchen und kleinen Rassen. Insgesamt liegen für männliche 115 und für weibliche Tiere 140 Untersuchungen in jeder Befundklasse zugrunde (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche)..... 76

Abb. 21: Verlauf der Befundhäufigkeiten in Prozent (%) für Häsinnen und Rammler von mittelgroßen und großen Rassen. Insgesamt liegen für männliche 1458 und für weibliche Tiere 1467 Untersuchungen in jeder Befundklasse zugrunde (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche)..... 77

Abb. 22: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Incisivi im Ober- und Unterkiefer in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)..... 91

Abb. 23: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Stiftzähnen (I2) in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)..... 91

Abb. 24: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im ersten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)..... 92

Abb. 25: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im zweiten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)..... 93

Abb. 26: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im dritten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)..... 93

Abb. 27: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im vierten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)..... 94

Abb. 28: Indikationen für die Anfertigung von Röntgenbildern. Pro Tier ist mehr als eine Indikation möglich 95

Abb. 29: Häufigkeiten der Abweichungen (Anzahl) von den Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009). Pro Tier kann mehr als ein Befund verzeichnet sein. Der Zahnstatus (mit oder ohne Zahn- und

Kieferveränderungen nach Tab. 5) der Kaninchen leitet sich aus der vorhergehenden klinischen Untersuchung ab 98

Abb. 30: Zwei Röntgenbilder von Kaninchenschädeln in latero-lateraler Projektion mit sichtbaren Befunden und Abweichungen von den Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009) a. Thüringer, männlich, ein Jahr alt, b. Kreuzungstier (Weißgranne x Rheinische Schecke), männlich, 8 Monate alt 99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die empfohlenen Mengen an ausgewählten Mineralstoffen sowie Vitamin D₃ und A in der täglichen Futtermittelration für Kaninchen verschiedener Alters- und Leistungsgruppen 21

Tabelle 2: Übersicht über die Referenzwerte der verschiedenen Blutparameter aus dem Schrifttum..... 34

Tabelle 3: Zahnveränderungen und zugrunde liegende Gene bzw. die exprimierten Proteine..... 45

Tabelle 4: Für diese Untersuchung festgelegte Zeitpunkte des Erreichens des rasseabhängigen Adultstatus in Anlehnung an Literaturangaben zur Geschlechtsreife* sowie die Zuteilung in eine Gruppe nach der Größe 50

Tabelle 5: Methoden und erfasste Parameter in der klinischen Untersuchung der Maulhöhle am wachen Kaninchen (modifiziert nach BÖHMER 2011) und dem Befundbogen nach CROSSLEY (aus BÖHMER 2011) 53

Tabelle 6: Kriterien zur Einteilung der Kaninchen in Kategorien nach den Befunden der klinischen Untersuchung der Maulhöhle zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten 54

Tabelle 7: Übersicht über die Anzahl der Kaninchen und Proben für die Analyse von Gesamtcalcium, ionisiertem Calcium, Phosphor und dem Calcium-Phosphor-Verhältnis..... 55

Tabelle 8: Übersicht über die Anzahl der Kaninchen und Proben für die Analyse von ionisiertem Magnesium 56

Tabelle 9: Mittels Chi²-Test errechnete Signifikanzen für drei Merkmalskomplexe von Zahn- und Kieferveränderungen innerhalb einer Größengruppe und der Untersuchungsnummer, bezüglich des Geschlechts und der Untersuchungsnummer sowie mittels Varianzanalyse ermittelte Signifikanzen für den Vergleich zwischen den Effekten Größe, Geschlecht, Untersuchung und der Interaktion zwischen der Größe und der Untersuchung sowie dem Geschlecht und der Untersuchung..... 78

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 10: Tägliche Zunahmen (in g) der Jungtiere vom Absetzen in der achten Lebenswoche bis zum Erreichen des Drei-Monatsgewichtes in der zwölften Lebenswoche in Abhängigkeit von Größe und Geschlecht	79
Tabelle 11: Gewichte von Jungkaninchen (n= 212) zum Zeitpunkt des Absetzens (8. Lebenswoche) und im Alter von drei Monaten, dargestellt für Tiere mit und ohne Befund für das jeweils untersuchte Merkmal	80
Tabelle 12: Signifikanzen für untersuchte Effekte auf die Merkmale der blutchemischen Untersuchungen der Jungtiere (n= 212) auf Grundlage eines linearen, gemischten Modells.....	81
Tabelle 13: Mittelwerte (in mmol/l) und Standardfehler für die Merkmale der blutchemischen Untersuchung der Jungtiere (n= 212) in Bezug zu den untersuchten Effekten.....	82
Tabelle 14: Ergebnisse der Mineralstoffanalyse aller Blutproben (in mmol/l) und der berechnete Variationskoeffizient in Prozent (%)	83
Tabelle 15: Mineralstoffwerte (in mmol/l) zu verschiedenen Zeitpunkten der Blutentnahme (Termin)	84
Tabelle 16: Mineralstoffwerte (in mmol/l) aller Blutanalysen in Abhängigkeit der Größe der Kaninchen. Bezüglich der Blutproben der Jungtiere liegt eine wiederholte Analyse zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (beim Absetzen in der 8. Lebenswoche und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus) vor.....	85
Tabelle 17: Mineralstoffwerte (in mmol/l) aller Blutanalysen in Abhängigkeit des Geschlechts. Bezüglich der Blutproben der Jungtiere liegt eine wiederholte Analyse zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (beim Absetzen in der 8. Lebenswoche und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus) vor.....	86
Tabelle 18: Mineralstoffwerte (in mmol/l) aller Blutanalysen in Abhängigkeit des Auftretens von Zahnschmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme. Bezüglich der Blutproben der Jungtiere liegt eine wiederholte Analyse zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (beim Absetzen in der 8. Lebenswoche und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus) vor.....	87
Tabelle 19: Effekte auf die Mineralstoffwerte (in mmol/l) und deren Signifikanzen anhand der Differenzen aus zweiter und erster Analyse über 198 Jungtiere	88

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 20: Mineralstoffwerte (in mmol/l) vergleichend dargestellt für ausgewachsene Jungtiere (Termin 2) und Elterntiere (Termin 3).....	89
Tabelle 21: Verteilung der Kaninchen nach Größe und Geschlecht in den Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110).....	90
Tabelle 22: Anzahl der Kaninchen mit Aufbiss und Brachygnathia superior in den Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen) aufgeteilt nach Größe und Geschlecht.....	90
Tabelle 23: Korrelation nach PEARSON zwischen wiederholten Messungen einer Strecke nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt nach DE ABREU et al. (2006), modifiziert	95
Tabelle 24: Korrelation nach PEARSON zwischen den verschiedenen Messstrecken anhand des Mittelwertes der beiden Messungen einer Strecke.....	96
Tabelle 25: Analyse der Streckenlängen auf Abhängigkeiten von den Faktoren Zahnstatus, Größe und Geschlecht bei ausgewachsenen Jungtieren.....	97
Tabelle 26: Übersicht über die nach den anatomischen Referenzlinien (BÖHMER und CROSSLEY 2009) bewerteten Kaninchen mit auffälligem Befund.....	99
Tabelle 27: Heritabilität und Wurfefekte mit Standardfehlern für drei Merkmalskomplexe von Zahn- und Kieferveränderungen: Brachygnathia superior, Schmelzveränderungen und Aufbiss	100

1 EINLEITUNG

Kaninchen erfreuen sich großer Beliebtheit als Heimtiere und sind daher mit Krankheiten, direkt oder indirekt verursacht durch pathologische Veränderungen von Schneide- und Backenzähnen, auch mit steigender Häufigkeit im Patientengut von Kleintierpraxen und Tierkliniken vertreten (RHEKER 2001, GLÖCKNER 2002, HARCOURT-BROWN 2007). Die nötigen Therapiemaßnahmen, sofern überhaupt noch möglich, da die meisten Tiere zu spät einem Tierarzt vorgestellt werden, müssen oft wiederholt und nicht selten lebenslang durchgeführt werden (MEREDITH 2007, GIBBONS und KRESSIN 2008, FAHRENKRUG 2010). In vielen Fällen sind auch ein oder mehrere Eingriffe in Narkose nötig (VERSTRAETE und OSOFSKY 2005).

Häufig wird beschrieben, dass Defizite in Haltung, Fütterung und Management für diese Zahnveränderungen ursächlich sind. Hier sind insbesondere eine Haltung ohne UV-Licht-Exposition (FAIRHAM und HARCOURT-BROWN 1999, MOSALLANEJAD et al. 2010) sowie eine Ration ohne ausreichend strukturiertes, abrasives Pflanzenmaterial, Rohfaser (LEGENDRE 2002, WOLF und KAMPHUES 2003) und Calcium (HARCOURT-BROWN 1996) zu benennen. Allerdings wird, insbesondere für Malokklusionen, auch ein genetischer Beitrag diskutiert (WEISBROTH und EHRMAN 1967, LINDSEY und FOX 1994, VERSTRAETE und OSOFSKY 2005).

Daher bestand das Ziel dieser Dissertation darin, festzustellen, ob es auf züchterischem Wege möglich ist, Zahnerkrankungen nachhaltig zu verringern. Hierzu sollte zunächst eine objektive Charakterisierung ausgewählter Zahnveränderungen anhand regelmäßiger klinischer Untersuchungen, unterstützt durch Befunde aus Untersuchungen in Allgemeinanästhesie vorgenommen werden, um den Zeitpunkt des Auftretens und die Entwicklung von Zahn- und Kieferveränderungen zu beschreiben. Zusätzliche Informationen wurden durch Röntgenaufnahmen des Kopfes generiert. Schließlich wurde auf Basis der erfassten Daten eine Schätzung der Heritabilität für definierte Zahn- und Kieferveränderungen vorgenommen. Außerdem sollte überprüft werden, inwiefern zwischen Mineralstoffen, die bei der Bildung von Zahnschmelz eine Rolle spielen, und der Zahngesundheit ein Zusammenhang besteht. Zusätzlich wurde ermittelt, inwieweit das Lebendgewicht der Tiere vom Zahnstatus beeinflusst wird.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, mittel- bis langfristig künftige Generationen von Kaninchen nachhaltig vor Schmerzen, Leiden und Schäden, wie sie durch

bestimmte Zahnveränderungen hervorgerufen werden, zu bewahren. Weiterhin sollen wirtschaftliche Verluste für Kaninchenzüchter aufgrund von Zahn- und Kieferveränderungen sowie deren Folgen gemindert werden. So wird nicht nur dem Tierschutzgedanken Rechnung getragen, sondern auch den Züchtern eine Hilfestellung zur Planung von Anpaarungen bezüglich der Vermeidung von Zahnveränderungen sowie eine Empfehlung über die geeigneten Zeitpunkte zur Remontierung von Zuchtkaninchen an die Hand gegeben.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 VORKOMMEN UND HÄUFIGKEIT VON ZAHN- UND KIEFERERKRANKUNGEN BEI KANINCHEN UND HASEN

Erkrankungen der Zähne (HARCOURT-BROWN und BAKER 2001, VERSTRAETE und OSOFSKY 2005) und umliegender anatomischer Strukturen sind ein häufiger Grund für die Vorstellung von Kaninchen in der tierärztlichen Praxis (RHEKER 2001, GLÖCKNER 2002, HARCOURT-BROWN 2007, MEREDITH 2007, JEKL et al. 2008, FAHRENKRUG 2010). Veränderungen der Okklusionsflächen wie linguale und bukkale Spitzen der Zähne des Unter- bzw. Oberkiefers sind keine Seltenheit (SCHALL 2008). Außerdem kommt es an den Backenzähnen des Ober- und Unterkiefers zu Hakenbildungen, die dann die Maul- bzw. Wangenschleimhaut verletzen können (BERGHOFF 1989). Auch ein sogenanntes Treppengebiss kann in vielen Fällen diagnostiziert werden (SCHALL 2008). Weiterhin werden eine Brachygnathia superior (Hechtgebiss), oder, deutlich seltener, eine Brachygnathia inferior (Karpfengebiss) beschrieben (LÖLIGER 1986, KÖTSCHKE und GOTTSCHALK 1990).

Konkrete und vergleichbare Angaben zum Vorkommen und der Häufigkeit genau dokumentierter Zahn- und Kieferveränderungen von domestizierten Kaninchen und Wildkaninchen sowie Feldhasen sind im Schrifttum selten auffindbar zu machen. Allerdings führte NACHTSHEIM (1936) Untersuchungen über das Vorkommen von Zahn- und Kieferveränderungen vergleichend an Wildkaninchen und domestizierten Kaninchen verschiedener Rassen durch. Dabei zeigte sich, dass Rassekaninchen mit elf von 101 Tieren deutlich häufiger betroffen waren als Wildkaninchen mit drei von 266 Tieren. Dies entspricht 10,89 % bzw. 1,13 %. GÜNTHER (1957) nennt erbliche Zahnanomalien und mutative Gesichtsschädelverkürzungen als Letalfaktoren beim Kaninchen. Von HERZOG (1967) liegt ein Fallbericht über einen Feldhasen (*Lepus europaeus*) vor, bei dem infolge von Kieferanomalien ein übermäßiges Längenwachstum der Schneidezähne auszumachen war.

MOSALLANEJAD et al. (2010) führten in ihrer Studie eine Prävalenz von 6,7 % für Zahnerkrankungen bei allen insgesamt vorgestellten Kaninchenpatienten auf. Darunter fassten sie Malokklusionen und verlängerte Zahnwurzeln zusammen. Die dazu nötigen Informationen wurden während einer Zeitspanne von drei Jahren im Veterinary Hospital of Ahvaz, Iran erhoben. Ebenfalls über drei Jahre untersuchten JEKL et al. (2008) 210 Kaninchen, von denen

80 (38,1 %) Tiere Zahnveränderungen und/ oder weitere intraorale pathologische Veränderungen zeigten. GLÖCKNER (2002) protokollierte das Vorliegen von Zahn- und Kiefererkrankungen bei 58 von insgesamt 80 Heimtierkaninchen, die im Rahmen einer Kleintiersprechstunde vorgestellt wurden.

Einige Autoren postulierten, dass vor allem Zwergkaninchen aufgrund ihrer kurzen, gedrunghenen Kopfform besonders häufig von pathologischen Zahn- und Kieferveränderungen betroffen sind (NACHTSHEIM 1936, BROWN 1992, TURNER 1997, SCHWEIGART 1998, LENNOX 2008, SCHREYER 2008, VAN CAELENBERG et al. 2008). GLÖCKNER (2002) jedoch gab an, kein gehäuftes Auftreten von Zahn- und Kieferveränderungen für Zwergrassen in ihren Untersuchungen an 80 Heimtierkaninchen bestätigen zu können. Allerdings wurde schon 1958 von STENGEL geäußert, dass Kaninchen kleinerer Rassen insgesamt eine gewisse Disposition für Zahn- und Kiefererkrankungen haben. Dies leitete er aus Kreuzungsversuchen zwischen Hermelin-Kaninchen und Deutschen Riesen ab. Hierbei konnte er anhand von Messungen an Kieferknochen und Zähnen zeigen, dass die Zahngröße zwar immer im Verhältnis zur Kiefergröße vererbt wird, jedoch kleinere Kaninchen trotzdem in Relation zu ihrem Kiefer geringfügig größere Zähne haben als Kaninchen größerer Rassen. KÖTSCHKE und GOTTSCHALK (1990) erwähnen, neben dem Zwergkaninchen, weiterhin ein gehäuftes Auftreten einer *Brachygnathia superior* bei Japanern und Weißen Neuseeländern.

In der Literatur finden sich zahlreiche Hinweise, aber nur wenige konkrete Studien, die auf einen genetischen Hintergrund bei Zahnerkrankungen schließen lassen (SCHWEIGART 1998, VERSTRAETE und OSOFSKY 2005, SCHREYER 2008, MOSALLANEJAD et al. 2010). WEISBROTH und EHRMAN (1967) beschrieben Malokklusionen als ein scheinbar spontan auftretendes Geschehen in Kaninchenkolonien und nannten erbliche Ursachen als mögliche Arbeitshypothese. Allerdings gibt es nur vereinzelte Untersuchungen, die sich gezielt und repräsentativ mit der Bestätigung dieser Vermutung und der Klärung dieser Erbgänge befassen (FOX und CRARY 1971, GRANAT et al. 1974, HUANG et al. 1981). Teilweise wurden Veränderungen an den Zähnen zusammen mit anderen, durch Inzucht hervorgerufenen Krankheitsbildern erfasst (CHAI und DEGENHARDT 1962, CHAI 1970). Oft entstammen die dafür eingesetzten Tiere aus Linien, die ausschließlich für Versuchszwecke gezüchtet wurden (FOX und CRARY 1971) und daher kaum stellvertretend für die Population der heute als Heim-, Zucht- und Masttiere gehaltenen Kaninchen angesehen werden können (MULLAN und MAIN 2006, ROONEY et al. 2014).

2.2 ANATOMISCH-PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN: GEBISS DER *LEPORIDAE*

Um die Veränderungen an Zähnen und Kieferknochen von Kaninchen und die sich daraus konsekutiv ergebenden Erkrankungen, sei es durch Fütterung, Haltung oder genetische Einflüsse bedingt, besser verstehen zu können, sind Kenntnisse über die besonderen anatomischen und physiologischen Aspekte, die hierbei eine Rolle spielen, unabdingbar. Das Gebiss der *Leporidae* aus der Ordnung der Lagomorpha, darunter werden Kaninchen- und Hasenartige zusammengefasst, unterscheidet sich grundlegend von dem anderer Heimtiere wie etwa Meerschweinchen, Hamster, Ratten, Degus und Chinchillas. So wachsen bei den *Leporidae* alle Zähne lebenslänglich (HARCOURT-BROWN 2009a). Gemeinsam ist ihnen aber die Entstehung aus dem ektodermalen (Zahnschmelz) und mesodermalen (Dentin, Zement und Pulpa) Keimblatt während der embryonalen Entwicklung (MICHEL 1995, ARNOLD 2006).

2.2.1 Zahnformel

Die Zahnformel eines Kaninchens lautet 2033/1023 (CRAIGIE 1966, HIRSCHFELD et al. 1973).

Daraus ersichtlich ist das Fehlen der Canini, der Eckzähne (HIRSCHFELD et al. 1973); Incisivi, Prä- und Molaren machen dieses heterodonte Gebiss aus, wobei die beiden letzten funktionell eine Einheit bilden und daher als Backenzähne zusammengefasst werden (VERSTRAETE und OSOFSKY 2005, LENNOX 2008). Die Länge der sichtbaren klinischen Krone der maxillaren und mandibularen Incisivi sollte 1:1 betragen (BÖHMER 2011).

Eine Besonderheit stellt das zweite, kleinere Paar Incisivi, die sogenannten Stiftzähne, im Oberkiefer der Hasenartigen dar. Dies ist ein Charakteristikum der Lagomorpha (HIRSCHFELD et al. 1973), welches als wesentliches Unterscheidungsmerkmal zur Abgrenzung von den Rodentia genutzt wird (NACHTSHEIM 1936, SHIPP und FAHRENKRUG 1992, GORELL und VERHAERT 2006).

Schneide- und Backenzähne sind durch ein langes Diastema voneinander getrennt. Laut Untersuchungen von WOLVEKAMP und OSCHWALD (1991) ist der dritte maxillare Molar auffallend oft klein oder in Röntgenaufnahmen des Schädels nicht darzustellen.

2.2.2 Aufbau der Zähne

Die Zähne des Kaninchens weisen einen offenen Zahnapex statt einer echten Wurzel auf (BÖHMER 2011), wobei nach HARCOURT-BROWN (2009a) dieser Begriff nicht im eigentlichen Sinne gültig sein kann, da die Zähne der Kaninchen zylindrisch und nicht konisch sind. ERICKSON und OGILVIE (1958) konnten keine Kriterien zur Abgrenzung von Wurzel zu Zahnkrone finden. Vielmehr handelt es sich um einen Zahnkörper, der intra- und extraalveolär einheitlich aufgebaut ist und nach HARCOURT-BROWN (2009a) in der Gesamtheit als anatomische Krone angesprochen werden kann. Daher differenziert man am Zahnkörper zwei Zonen und spricht bei diesen Zähnen von der sichtbaren klinischen Krone und der Reservekrone, wobei letztere den intraalveolären, intraossär gelegenen Teil bezeichnet (HARCOURT-BROWN 2009a), der deutlich größer ist (GRACIS 2008). Selbst mikroskopisch lassen sich die Bereiche von Zahnwurzel und –krone nicht differenzieren (TAGLINGER und KÖNIG 1999).

2.2.3 Feinbau der Zähne

Grundsätzlich bestehen auch die Zähne der *Leporidae* aus Zahnschmelz, Dentin und Zement, die über den Zahnhalteapparat in der Alveole verankert sind (KEIL 1966, BISHOP 1995, VERSTRAETE und OSOFSKY 2005).

2.2.3.1 ZAHNSCHMELZ

Der Zahnschmelz ist die härteste Substanz im Körper von Säugetieren und besteht zum größten Teil aus einer anorganischen Phosphatverbindung, dem Hydroxylapatit (ARNOLD 2006, BÖHMER 2011). Daneben sind Calcium, Magnesium, Carbonat und Natrium am Aufbau beteiligt (ARNOLD 2006). Das Hydroxylapatit liegt in Form von Prismen vor, die durch mineralisiertes Zwischengewebe (WEYRAUCH und SMOLLICH 1998) fest miteinander verbunden sind. Gebildet wird der Zahnschmelz vom inneren Schmelzepithel, einer einzelnen Schicht von Adamantoblasten im Bereich des Zahnapex (BÖHMER 2011). Zunächst erfolgt dann die Sekretion der organischen Matrix, gefolgt von der Bildung der Schmelzkristalle. Erst nach dem Abbau des organischen Grundgerüsts kommt es zur Aushärtung der Kristalle (REITH 1970). Weder Blutgefäße noch Nerven finden sich in dieser Schicht (BÖHMER 2011). Im Gegensatz zu den Incisivi der meisten Nager (BÖHMER 2011)

sind die Schneidezähne beim Kaninchen weiß, da keine Pigmente in den Schmelz eingelagert werden (EWRINGMANN 2005a, SCHREYER 2008, BÖHMER 2011). An den Incisivi wird caudal weniger Schmelz aufgelagert (TAGLINGER und KÖNIG 1999), was zum Erhalt der scharfen Schneidefläche durch Schärfe an den gegenüberliegenden Incisivi des Unterkiefers beiträgt (HARCOURT-BROWN 2009a). HIRSCHFELD et al. (1973) stellen in ihrer Arbeit sogar das Fehlen einer Schmelzschicht auf der lingualen Seite der Incisivi dar. CRAIGIE (1966) postuliert, dass hier lediglich eine Dentinschicht vorhanden ist; SCHREYER (2008) kommt zu einer identischen Feststellung. Insgesamt erhalten die Incisivi durch diesen Aufbau ihre typische meißelartige Form (KEIL 1966, VAN FOREEST 1995, HILLSON 2005, SCHREYER 2008, HARCOURT-BROWN 2009a). Die Stiftzähne sind, genau wie alle Milchzähne, allseits von Zahnschmelz umgeben (HIRSCHFELD et al. 1973, HILLSON 2005).

2.2.3.2 DENTIN

Eine einschichtige Lage von Odontoblasten, welche die Pulpa nach außen hin bedeckt, bildet das Dentin, welches das Grundgerüst eines Zahnes darstellt (THOMÉ 2004, BÖHMER 2011). Das Zahnbein stellt modifiziertes Knochengewebe dar (THOMÉ 2004). Bestehend aus 12 % organischem und 70 % anorganischem Material sowie etwa 12 % eingelagertem Wasser ist es weniger hart als der Schmelz, jedoch durch die dichte Struktur an Hydroxylapatit-Kristallen, die vorwiegend aus dem anorganischen Anteil gebildet werden, deutlich fester als der Zahnzement (BÖHMER 2011). Sensorische Nervenfasern verlaufen durch feine Kanälchen im Dentin, wodurch sich eine Schmerzempfindlichkeit dieses Gewebes ergibt (BISHOP 1995). Hervorzuheben ist aber, dass die sensiblen Nervenfasern in supragingival gelegenen Dentinschichten degenerieren und daher dort kein Schmerzempfinden mehr stattfinden kann (BÖHMER 2011).

Während der Dentinogenese wird zunächst das Prädentin als Matrix aus Kollagen, Glykoproteinen und Glykosaminoglykanen, also organischem Material, gebildet (BÖHMER 2011). Im Anschluss erfolgt die Mineralisation. Hierbei konnte NOYES (1948) eine festgelegte Abfolge feststellen: So wird, während neues Prädentin produziert wird, das zuvor gebildete bereits kalzifiziert. Allerdings bestehen sowohl zwischen verschiedenen Regionen am Zahn als auch zwischen einzelnen Zähnen deutliche Unterschiede bezüglich der Menge des täglich aufgelagerten Dentins. So maßen ERICKSON und OGILVIE (1958) an den

Schneidezähnen des Oberkiefers zwischen 4,68 μm und 15,62 μm , an denen des Unterkiefers 7,81 μm bis 18,43 μm .

Elodonte, aradikuläre Zähne weisen im Vergleich zu Zähnen mit echter Wurzel ein anderes Dentinverteilungsmuster auf. So ist die Dentinschicht apikal besonders dünn. Allerdings wird coronal durch das permanente Zahnwachstum ständig Dentin abgelagert, so dass man von einer kontinuierlichen Apposition sprechen kann (BÖHMER 2011).

2.2.3.3 ZEMENT

Der Zahnzement, gebildet von den Zementblasten, umgibt den Zahn als dünne, avaskuläre Schicht vom Apex zur Krone. Zusätzlich füllt er die Schmelzfalten entlang der Zahnlängsachse aus. Knochenähnlich (70 % Calcium- und Phosphorverbindungen, ca. 20 % Kollagene und Wasser) aber ohne Haverskanäle, liegt diese Gewebe deutlich dichter vor als echtes Knochengewebe (BÖHMER 2011).

2.2.3.4 ZAHNHALTEAPPARAT

Gingiva, Zement und die Sharpey'schen Fasern, durchzogen mit kleinen Blutgefäßen und Nervenfasern, stellen in ihrer Gesamtheit das Periodontium, den Zahnhalteapparat, dar. Dadurch ist jeder Zahn in seiner Alveole straff mit dem Kieferknochen verbunden, ein gewisser Spielraum für Beweglichkeit ist jedoch physiologischerweise vorhanden (BÖHMER 2011). Elodonte Zähne, also solche, welche ein permanentes Wachstum aufweisen zeigen auch im Aufbau des Zahnhalteapparates Abweichungen gegenüber Zähnen mit abgeschlossenem Wachstum auf: Die Sharpey'schen Fasern verlaufen nicht direkt zwischen Kieferknochen und Zement, sondern können verschiedene Richtungen überspannen. Erst im Parodontalspalt zwischen Gingiva und Zahnwand verbinden sie sich zu Faserzügen, die vorwiegend parallel zur Zahnachse verlaufen. Daher können die Fasern vereinzelt von einer Stelle am Zahn gelöst werden, während sich dann andere an neuer Lokalisation anheften. Dies erlaubt eine flexible Umbildung dieser netzartigen Faserstruktur, wie sie bei permanent wachsenden Zähnen nötig ist (BÖHMER 2011). Für die Versorgung der Adamantoblasten sind die hier im Periodontium zahlreichen Blutgefäße von entscheidender Bedeutung (EMMEL 1938, VAN FOREEST 1995).

2.2.3.5 PULPAHÖHLE

Der hohle Raum im Inneren eines jeden Zahnes stellt die Pulpahöhle dar, welche lockeres Bindegewebe, Blut- und Lymphgefäße, sensible Nerven und mesenchymale Zellen enthält. Apikal sehr breit, verjüngt sie sich bei elodonten Zähnen kronenwärts bis zum völligen Verschwinden direkt unterhalb des Beginns der klinischen Krone (BÖHMER 2011). Während die Schneidezähne nur eine Pulpahöhle aufweisen, ist die der Backenzähne durch eine vertikal verlaufende Schmelzfalte in zwei Kammern getrennt (HARCOURT-BROWN 2009a). Nach okklusal ist die Pulpahöhle von einer Dentinschicht abgedeckt, so dass keine Schmerzen bei der Mastikation hervorgerufen werden (BISHOP 1995).

2.2.4 Innervation der Zähne

Die Innervation der Zähne im Oberkiefer erfolgt durch sensible Äste des *N. infraorbitalis* (NICKEL et al. 2004a). Im Unterkiefer entspringen die sensiblen Nervenfasern der Zähne dem *N. alveolaris inferior* (NICKEL et al. 2004a).

2.2.5 Zahnwachstum und -abrieb

In der Literatur finden sich zahlreiche Angaben zur Wachstumsgeschwindigkeit von Schneide- und Backenzähnen. Für die Incisivi werden von ERICKSON und OGILVIE (1958) durchschnittlich 2,36 mm pro Woche im Unterkiefer und 2,0 mm pro Woche im Oberkiefer angegeben, HABERMEHL (1975) führt sowohl für die Incisivi der Mandibula als auch der Maxilla 1 mm Wachstum in einer Woche für mittelgroße bis große Rassen an. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass das Wachstum der Unterkieferschneidezähne schneller voranschreitet als das der Oberkieferschneidezähne (SHADLE 1936, STEEDLE et al. 1983, VAN FOREEST 1995). Spezielle Angaben liegen von BUCHER (1994) für das Wachstum der Incisivi bei Zwergkaninchen vor. Sie ermittelte eine durchschnittliche wöchentliche Längenzunahme von 1,59 mm im Unterkiefer und 1,47 mm im Oberkiefer. Damit bestätigt sie auch für die Zwergrassen das Resultat der vorgenannten Autoren. Die Wachstumsraten der Backenzähne variieren zwischen 3-4 mm im Monat (CROSSLEY 2010) und 1,4-3,2 mm pro Woche (MÜLLER et al. 2014).

Im Schrifttum werden einige Faktoren genannt, die die Geschwindigkeit der Zahneruption beeinflussen. Dazu gehört die Durchblutung des Periodontium (CONSTANT 1900, zitiert

nach MASSLER und SHOUR 1941). NESS und SMALE (1959) verfolgten dies weiter und postulierten, dass in Anlehnung an die STARLING Hypothese (1896) die Kräfte für die Zahneruption durch den hydrostatischen Druck des Gewebes um den Zahn zustande kommen, welcher wiederum direkt vom Gefäßdruck abhängt. Außerdem sollen die Kontraktionen der periodontalen Kollagenfasern für die Erzeugung des Druckes zur Zahneruption beitragen (THOMAS 1976). Weiterhin ist die Versorgung mit für den Zahnaufbau essentiellen Mineralstoffen wie Calcium und Phosphor (HARCOURT-BROWN 1996, 1997) sowie die Verfügbarkeit von Vitamin D und der Zugang zu Sonnenlicht (FAIRHAM und HARCOURT-BROWN 1999) entscheidend. Außerdem wird das Zahnwachstum durch das Alter der Tiere und den individuell aufgebauten Okklusionsdruck beeinflusst (SHADLE 1936, NESS 1956). So konnte HERMANN (1953) nachvollziehen, dass das Zahnwachstum bei adulten Kaninchen langsamer vor sich geht als bei Tieren im Wachstum.

Für das Beibehalten einer Zahnlänge im physiologischen Bereich ist weiterhin die Zahnabnutzung durch das Futter entscheidend. MÜLLER et al. (2014) konnten zeigen, dass sich Futtermittel wie Heu vor allem auf die Abnutzung der Incisivi auswirken. Hingegen wird der Abrieb der Backenzähne kaum davon beeinflusst, in welcher Form das Futtermittel angeboten wird, sondern von der Abrasivität z.B. vom Gehalt an Phytolithen. Hier sei auch darauf hingewiesen, dass die Abnutzung durch die Reibung von Zahn an Zahn den Hauptteil zum Zahnabschliff beiträgt (BUCHER 1994, SCHWEIGART 1998, SCHREYER 2008, HARCOURT-BROWN 2009a) und nicht, wie früher von zahlreichen Autoren angenommen, die Härte des Futters (SPANNBRUCKER et al. 1977, MATTHES 2010). Entscheidend für die Steigerung des Zahnabriebs ist es also, die Dauer des Kauvorgangs durch Bereitstellen von Heu oder anderem faserigen Pflanzenmaterial zu erhöhen, nicht das Vorlegen von Ästen oder Nagesteinen zum Benagen (VAN FOREEST 1995, SCHREYER 2008, HARCOURT-BROWN 2009a). So benötigen Kaninchen zur Aufnahme eines pelletierten Alleinfutters lediglich 1,4 Minuten pro Gramm im Gegensatz zu über zwölf Minuten für ein Gramm Heu mit 34,5 % Rohfaser-Anteil in der Trockenmasse (KAMPHUES 2004). Außerdem betreiben Kaninchen in Ruhephasen Bruxismus bzw. parafunktionelle Attrition, d.h. sie knirschen mit den Zähnen. Dies geschieht, um die Rauigkeit der molaren Okklusionsflächen zu erhalten und um einen unmittelbaren Zahnabrieb zu gewährleisten. (HARCOURT-BROWN 2009a, BÖHMER 2011).

2.2.6 Kieferstellung und Vorgang des Kauens

Die Kieferstellung der Kaninchen ist anisognath, da der Oberkiefer breiter als der Unterkiefer ist (VERSTRAETE und OSOFSKY 2005, HARCOURT-BROWN 2009a). Dadurch können während eines Kauaktes jeweils nur die Backenzähne einer Kieferhälfte in Kontakt treten (HÖRNICKE 1978). Allerdings wird zwischen zwei Kauvorgängen häufig die Seite gewechselt, laut O'MALLEY (2008) 120-mal in der Minute. MORIMOTO et al. (1985) stellten einen Seitenwechsel erst nach einigen Hundert bis Tausend Kauschlägen fest. Die Kaubewegung erfolgt durch rasche, seitliche Bewegungen des Unterkiefers streng latero-lateral (HÄUPL und WUNDERER 1958). Daher kommt es bei zahngesunden Tieren vor allem an der mandibulären Backenzahnreihe lingual zu kleinen Ausziehungen, die keinen pathologischen Befund darstellen (BÖHMER 2011).

Neben der aktiven Kaubewegung, bei der in physiologischer Weise die Backen-, jedoch nicht die Schneidezähne miteinander in Kontakt treten, gibt es auch eine Ruhestellung (SCHREYER 2008), bei der die mandibulären Schneidezähne zwischen den oberen großen Incisivi und den Stiftzähnen zu liegen kommen während die Backenzähne ca. 1 mm auf Abstand gehalten werden (BÖHMER 2011). Gleichzeitig wird durch die dazu nötige Verlagerung der Mandibula auch die Zahnreihe im Unterkiefer um etwa eine halbe Zahnbreite nach rostral verschoben (BÖHMER 2011). Ermöglicht wird diese Beweglichkeit durch das Kiefergelenk, welches ein Schlittengelenk darstellt (SCHALL 1990) und sich durch einen hohen *Condylus mandibularis* auszeichnet. Dadurch kann es freier bewegt werden als etwa bei Nagern (BÖHMER 2011). In der Ruhestellung liegt der Gelenkkopf auf einer kleinen Erhebung in der *Fossa mandibularis*, beim Kauen gleitet er weiter nach rostral (CROSSLEY 1995a).

Eine präzise Beschreibung der Abläufe bei der Futteraufnahme des Kaninchens liefert HÖRNICKE (1978):

Kaninchen schneiden mit ihren Incisivi das Futtermittel in passende Fraktionen und schieben es dann mit der Zunge in Richtung Backenzähne. Durch die an der Innenseite behaarte Wangenfalte wird die enge, lange Maulhöhle in zwei Kompartimente getrennt (HIRSCHFELD et al. 1973). HIRSCHFELD et al. (1973) vermuten hier eine evolutionäre Anpassung, um den hinteren Teil der Maulhöhle vor scharfen Gegenständen zu schützen.

O' MALLEY (2008) stützt diese Annahme. Die Backenzähne tragen auf ihrer Okklusalfäche eine transversale Schmelzfalte, die in den interdentalen Spalt der Zähne des gegenüberliegenden Kiefers greift (HARCOURT-BROWN 2009a). Da jeder Backenzahn

mehrere dieser Falten aufweist, werden sie den polylophodonten Zähnen zugerechnet (BÖHMER 2011). Die Kaufläche ergibt sich zusammenfassend aus Materialien mit unterschiedlicher Abriebfestigkeit, die sich auch über die Zeit hinweg verschieden schnell abnutzen, so dass Dentin, Schmelz und Zement eine reliefartige Oberfläche bilden. Diese erhöht die Effektivität des Kauens bei gleichzeitig verminderter funktioneller Abnutzung der Backenzähne (BÖHMER 2011). Zwischen den Backenzähnen wird das Futter dann zermahlen, bevor es zum Zungengrund gelangt und dann ab geschluckt wird (HÖRNICKE 1978).

Während der postnatalen Entwicklung eines Kaninchens vollziehen sich bemerkenswerte Veränderungen im Bereich der Kieferbewegungen während des Kauvorgangs: So zeigt sich bei den adulten im Gegensatz zu den juvenilen Kaninchen eine Abnahme der Maulöffnungsgeschwindigkeit und der Kaufrequenz, aber eine Zunahme der Maulöffnungszeiten. Des Weiteren zeigt sich eine weiter ausholende laterale Kaubewegung. Diese Veränderungen stehen in engem Zusammenhang mit der morphologischen Umwandlung, also Streckung des Schädels im Wachstum. Die intensivere laterale Kaubewegung wird auf das Schliffmuster der Okklusionsfläche der Backenzähne zurückgeführt, das als Leitschiene für die Kaubewegungen genutzt wird (WEIJS et al. 1989). Ein für adulte Tiere typisches Muster der Kieferbewegungen wird bei jungen Kaninchen bereits ab dem 25. Lebenstag verzeichnet (WEIJS et al. 1989).

2.2.7 Zahnwechsel

Bei Kaninchen findet sich ein diphyodontes Gebiss mit zwei aufeinanderfolgenden Zahngenerationen (CRAIGIE 1966, HIRSCHFELD et al. 1973, HABERMEHL 1975, SCHLEY 1985, CROSSLEY 1995a, VERSTRAETE und OSOFSKY 2005). Die Zahnformel des Milchgebisses stellt sich wie folgt dar: 203/102, d.h. 16 Milchzähne sind in der Regel vorzufinden (CRAIGIE 1966, HIRSCHFELD et al. 1973). Physiologisch entwickeln sich die bleibenden Zähne lingual der Milchzähne (THOMÉ 2004).

HIRSCHFELD et al. präsentierten 1973 eine detaillierte Arbeit über die Morphologie, Histologie und Entwicklung der Schneidezähne des Kaninchens: So wurde die besondere gebogene Form der Schneidezähne mit der charakteristischen Längsfurche an der Labialfläche der maxillaren Incisivi genau beschrieben. Die Entwicklung von deziduat und bleibenden Zähnen wird vom 13. Tag in utero bis zum adulten Tier verfolgt. In dieser

Untersuchung konnte gezeigt werden, dass alle permanenten Schneidezähne einem Vorläufer folgen, dessen Zahnkrone von Zahnschmelz umgeben ist und eine Abgrenzung zur Zahnwurzel zulässt. Damit bekräftigten sie die Hypothese von NESS (1960), die besagt, dass die Entwicklung kontinuierlich wachsender Zähne eine evolutionäre Anpassung der Tiere an die extensive Abnutzung der Zähne sein sollte, die eine Gefahr für das Leben durch das Risiko des Verhungerns darstellt.

In einer Studie von HOROWITZ et al. (1973) wurde mittels Röntgen die Abfolge des Zahnwechsels an Weißen Neuseeländern zwischen dem 16. Tag der Gestation und dem 66. Tag p.p. verfolgt. Bereits am 25. Tag der Gestation konnten im Unterkiefer zwei Wechselzähne detektiert werden. Es handelte sich dabei um die beiden Backenzähne, die später durch korrespondierende Prämolaren ersetzt werden. Im Oberkiefer zeigten sich zu diesem Zeitpunkt der zweite und dritte Backenzahn, die zunächst an Stelle der permanenten Prämolaren durchbrechen, sowie die deziduellen Stiftzähne (HOROWITZ et al. 1973). Die Existenz der insgesamt drei deziduellen Backenzähne im Oberkiefer als Platzhalter für die bleibenden Prämolaren wird 1975 von NAVARRO et al. erneut postuliert, während sich für die bleibenden Backenzähne keine Vorläufer finden lassen. Milchzahnvorläufer für die großen Schneidezähne in Maxilla und Mandibula, obwohl in anderen Arbeiten (HIRSCHFELD et al. 1973) aufgeführt, konnten in der Studie von HOROWITZ et al. (1973) nicht dargestellt werden. Vielmehr zeigten sich bereits am 25. Tag der Gestation die bleibenden Schneidezähne. Am 31. Tag der Trächtigkeit, also im Zeitraum um den Partus, ist der erste bleibende Backenzahn in Ober- und Unterkiefer durchgebrochen, in der Mandibula zeigen sich die Anlagen der ersten beiden Prämolaren. Am 7. Tag p.p. sind sowohl in Maxilla als auch Mandibula die zweiten Molaren durchgebrochen. Um den 16. Lebensstag kommt es dann abschließend in beiden Kieferbögen zur Eruption des letzten Backenzahnes. Der erste Milchbackenzahn in der Mandibula wird schließlich zwischen dem 22. und 26. Tag p.p. gewechselt, während dies in der Maxilla frühestens ab Tag 24 geschieht. Der letzte verbliebene Backenzahn im Unterkiefer und die beiden Vorläufer des zweiten und dritten Prämolaren im Oberkiefer wechseln dann zwischen dem 25. und 30. Tag. Als letztes erfolgt der Wechsel des ersten deziduellen Molars der Maxilla am 35. Tag p.p. .

Unter den verschiedenen Autoren lässt sich insgesamt eine Varianz für den Zeitpunkt des Abschlusses des Zahnwechsels ausmachen, die sich bei den Kaninchen als echte Nesthocker von der dritten bis zur fünften Lebenswoche erstreckt (HIRSCHFELD et al. 1973, HOROWITZ et al. 1973, NAVARRO et al. 1975, CROSSLEY 2010). Bei Feldhasen, die den

Nestflüchtern zugerechnet werden, sind die bleibenden Zähne meist schon zwischen der dritten und vierten Lebenswoche vollständig entwickelt (KEIL 1966).

2.2.8 Kieferknochen

Da eine der auffälligsten pathologischen Veränderungen am Gebiss des Kaninchens, die Brachygnathia superior, im besonderen Maße vom Wachstum der Kieferknochen bedingt wird, soll hier auch auf diese Vorgänge hingewiesen werden.

Embryonalgeschichtlich entstammen die beiden Unterkieferhälften dem ersten Kiemenbogen (MICHEL 1995). Von dort gehen die beiden Unterkieferwülste aus, die im Laufe der embryonalen Entwicklung miteinander verschmelzen. Daraus gehen anschließend die Unterlippe und die Mandibula hervor (SCHNORR und KRESSIN 2006). Der Oberkiefer entwickelt sich aus den Oberkieferwülsten, die ebenfalls ihren Ursprung im ersten Kiemenbogen nehmen (MICHEL 1995, SCHNORR und KRESSIN 2006).

ENLOW und BANG (1965) untersuchten menschliche Oberkieferknochen mit dem Ziel, das Wachstum der Maxilla nachvollziehen zu können. Dabei stellten sie eine grundsätzliche Verschiebung nach vorn und unten dar. Allerdings mit großen Varianzen zwischen einzelnen Lokalisationen am Oberkiefer, die verschiedensten Prozessen der Umgestaltung durch Knochenbildung und –abbau unterworfen sind. Die Autoren äußern dazu die Vermutung, dass diese Vorgänge zur Ausrichtung sowohl durchbrechender als auch noch im Kieferknochen verbleibender Zähne beitragen.

Vom *Condylus mandibularis* aus verschiebt sich die Mandibula im Laufe des Wachstums im Wesentlichen nach rückwärts-oben bei gleichzeitiger Streckung des Mandibulakörpers. Das Durchbrechen der Unterkieferschneidezähne in die Maulhöhle geht mit einer Resorption von Knochengewebe in diesem Bereich einher (BANG und ENLOW 1967). Zwischen den beiden Mandibulahälften findet sich im vorderen Winkel keine feste Verbindung sondern eine Symphyse (WESTHEIDE und RIEGER 2015). Hierbei handelt es sich um eine Verbindung aus derbem Bindegewebe oder Faserknorpel (NICKEL et al. 2004b).

Interaktionen zwischen der Entwicklung des Gesichtsschädels und einer gesunden Zahnentwicklung wurden 1969 von MC FEE und KRONMAN beschrieben. Sie bedienten sich röntgendichter Metallstifte, die sie an definierte Stellen im Schädelknochen von Kaninchen einbrachten. Gleichzeitig wurden in kurzen Intervallen alle Zähne der rechten Kieferseite bis auf die Gingiva abgeschliffen, um den Einfluss der bei der Okklusion entstehenden Kräfte auf die Entwicklung der Schädelknochen untersuchen zu können.

Abschließend ließ sich eine geringe Abweichung von der Medianen in Richtung der unveränderten Seite feststellen, jedoch keine gravierenden Asymmetrien, wie sie von anderen Autoren (BAKER 1922, 1941, LANDSBERGER 1924) zuvor erwähnt wurden.

WASHBURN (1946) führte an jungen Ratten und Kaninchen eine Neurektomie am siebten Gehirnnerv durch und konnte damit zeigen, dass sich die daraus ergebende Paralyse der Gesichtsmuskulatur in einem veränderten Wachstum des Gesichtsschädels manifestiert. Je nach Ausprägung kam es hierdurch auch zu Malokklusionen.

HOLTGRAVE und MÜLLER stellten 1993 in einer Studie, in der Kaninchen als Modelltiere für die Humanmedizin eingesetzt wurden, fest, dass sich auch eine artifizielle Transposition des Masseters nach dorsal am Unterkieferwinkel auf die Morphologie der Mandibula auswirkt. Dies zeigte sich dahingehend, dass der Unterkiefer bei den Kaninchen nach dem chirurgischen Eingriff ein geringeres sagittales Längenwachstum, eine verminderte Breite des *Processus condylaris* und eine vermehrte Öffnung des Kieferwinkels aufwies.

2.3 ANATOMISCHE BESONDERHEITEN DER KANINCHEN IM ZUSAMMENHANG MIT DER ZAHNGESUNDHEIT

2.3.1 Tränen-Nasenkanal

Der Tränen-Nasenkanal des Kaninchens beginnt im nasalen Augenwinkel am *Punctum lacrimale*, dem Tränenpünktchen, führt zu einer Aussackung, dem *Saccus lacimalis*, im anteriomedialen Abschnitt der Orbita und verlässt diesen durch das *Foramen lacrimale* im Schädel (HARCOURT-BROWN 2009a). Weiterhin verläuft er in unmittelbarer Nähe der Zahnwurzel der maxillaren Incisivi. Diese Lokalisation prädisponiert als natürliche Engstelle für Kompressionen und Obstruktionen, zum Beispiel durch retrograde Dislokationen der Schneidezähne sowie Umfangsvermehrungen durch Entzündungsprozesse. Außerdem kann es an der Zahnwurzel zu odontomähnlichen Wucherungen kommen, die zusätzlich die Nasenhöhle einengen (BÖHMER 2011). Die Nasenöffnung stellt schließlich die Mündung des Tränen-Nasenkanals dar (HARCOURT-BROWN 2009a).

Klinisch stellen sich Veränderungen am Tränen-Nasenkanal im Zusammenhang mit pathologischen Zahnbefunden häufig durch Epiphora, Konjunktivitis und Dakryozystitis dar, bedingt durch eine Erweiterung des Tränen-Nasenkanals vor den entsprechenden Engstellen mit gleichzeitiger sekundärer bakterieller Besiedelung (FLORIN et al. 2009, BÖHMER 2011).

2.3.2 Zur Physiologie des Verdauungstraktes

Der Magen-Darm-Trakt des Kaninchens ist physiologischerweise auf die regelmäßige Aufnahme von strukturiertem Futter ausgelegt und daher von der Zahngesundheit abhängig (FEHR et al. 2004). Dies ist dadurch begründet, dass die Muskulatur des Magens nur schwach ausgeprägt ist. Daher muss das Kaninchen regelmäßig Futter aufnehmen, um den Transport der Nahrung vom Magen in den Darm zu gewährleisten (FEHR et al. 2004). Während im oralen Anteil des Verdauungstrakts alle Prozesse weitgehend vergleichbar mit denen anderer monogastrischer Tieren ablaufen, gibt es im aboralen Abschnitt Abweichungen. So wird die Ingesta in zwei Fraktionen geteilt, die gleichzeitig in zwei verschiedene Richtungen transportiert werden. Auf diese Weise gelangen große, lignifizierte Partikel nach distal in das Colon, wo sie als typisch runde, harte Kotkugeln ausgeschieden werden, während kleine Futterteilchen nach proximal in das Caecum geleitet werden und dort weiter einer bakteriellen Fermentation unterliegen (HARCOURT-BROWN 2002). Diese Prozesse sind sehr störanfällig und nicht selten sind Zahnerkrankungen als Ursache von Verdauungsstörungen anzusehen (HARCOURT-BROWN 2002). So kann durch eine ungenügende Zerkleinerung des Futters eine fehlerhafte Fermentation erfolgen. Lebensbedrohliche Diarrhoen können daraus resultieren (HOLLMANN 1992).

2.3.3 Caecotrophie

Unter Caecotrophie versteht man die Aufnahme eines weichen, traubenförmigen Blinddarmkotes, meist direkt vom Anus (CHEEKE 1994, HARCOURT-BROWN 2002). Dabei handelt es sich um ein Produkt der bakteriellen Fermentation von Cellulose, Hemicellulose, Polysacchariden und anderen komplexen Kohlenhydraten im Caecum, welches sich vorwiegend aus Aminosäuren und flüchtigen Fettsäuren sowie den Vitaminen des B-Komplexes, Vitamin C und K zusammensetzt (SCHLOLAUT 1995, HARCOURT-BROWN 2002). Dieser Vorgang unterliegt einer gewissen circadianen Rhythmik, jedoch tritt die Caecotrophie immer in Phasen der Ruhe, ca. vier Stunden nach der letzten Fütterung auf (HARCOURT-BROWN 2002). Die Bildung der Caecotrophe ist vor allem von der Länge der enthaltenen Futterpartikel abhängig. Größere Futterpartikel (>0,3 mm, GIDENNE 1992, >0,5 mm, HARCOURT-BROWN 2002) werden mit dem Hartkot ausgeschieden, während kleine Partikel (<0,5 mm) nach proximal ins Caecum transportiert werden (HARCOURT-BROWN 2002). Ein hoher Anteil kleiner Futterpartikel führt zu einer hohen Verweildauer der Ingesta

im Caecum und zu einer verminderten Futteraufnahme (GARCIA et al. 1999). Die Caecotrophe kann, abhängig von Futterkomponenten und Rasse, bis zu 30 % am Gesamtkot betragen (ZUMBROCK 2002). Zahnveränderungen, insbesondere Haken an den Backenzähnen, können dazu führen, dass keine Caecotrophe mehr aufgenommen wird (VARGA 2014).

2.4 FUTTERINHALTSSTOFFE UND DEREN EINFLUSS AUF DIE ZAHNGESUNDHEIT: CALCIUM, MAGNESIUM, PHOSPHOR, VITAMIN D-HORMON (CALCITRIOL), VITAMIN A UND C

2.4.1 Funktion und Metabolismus

Calcium findet sich im Organismus zum größten Teil in Knochen und Zähnen (WIESNER 1970). Nur ein Prozent zirkuliert, ionisiert oder gebunden an Calcium-transportierende Proteine im Blut (MÄNNER und BRONSCH 1987). Calcium wird zur Membranstabilisierung, zur Weiterleitung von Nervenimpulsen, zur Muskelkontraktion, bei der Blutgerinnung sowie für einige Enzyme benötigt (BAMBERG 1987). Außerdem stellt Calcium, neben Phosphor und Magnesium, einen Hauptbestandteil des Zahnzements dar (BÖHMER 2011).

Magnesium ist zum überwiegenden Teil im Knochen lokalisiert, erfüllt als Co-Faktor zahlreicher Enzyme eine wichtige Funktion und ist des Weiteren am Aufbau des Membranpotentials beteiligt (UNGEMACH 2010). Die Resorption von Magnesium erfolgt im distalen Abschnitt des Dünndarms über Diffusion, „solvent-drag“ und aktiven Transport. Die Ausscheidung erfolgt über die Niere (MARKTL 2003). Interaktionen zwischen den Magnesium- und Calciumkonzentrationen im Knochen wurden bereits 1934 von ORENT et al. beschrieben. Dabei verursachten Veränderungen in der Magnesiumkonzentration inverse Änderungen bezüglich des Calciums. Aus diesem Grund wurde von MURRAY (1936) eine Korrektur zur Berechnung des korrekten Calcium-Phosphor-Verhältnis durch Umrechnung des Magnesiumgehaltes in das entsprechende Calciumäquivalent vorgeschlagen. Außerdem konkurrieren beide Kationen um die enterale Resorption (UNGEMACH 2010).

Phosphor liegt vor allem als ADP und ATP im Organismus vor und ist so hauptsächlich an der Energiespeicherung und Bereitstellung beteiligt (MÄNNER und BRONSCH 1987). Nach WIESNER (1970) sind zwischen 70- 80 % in Zähnen und Knochen eingelagert.

Reguliert wird die Homöostase von Calcium und Phosphor bei Säugetieren im Wesentlichen durch die Hormone Parathormon (PTH) aus der Nebenschilddrüse und Calcitonin aus den C-Zellen der Schilddrüse (GREGER 1999). Beim PTH handelt es sich um ein Peptidhormon aus 84 Aminosäuren (GREGER 1999). Das Signal zur Freisetzung dieses Botenstoffes ist ein Absinken des Calciumgehaltes im Blutplasma. PTH bewirkt eine gesteigerte Calciumresorption im Dünndarm. Außerdem wird eine Osteolyse induziert, so dass daraus freigesetztes Calcium wieder im Blut zur Verfügung steht. Des Weiteren sorgt PTH für eine gesteigerte Biosynthese von Calcitriol, dem Schlüsselenzym des Vitamin D-Metabolismus, welches seinerseits eine erhöhte Calciumretention bewirkt. Dies geschieht durch eine erhöhte Calciumresorption am Dünndarm sowie einer verminderten Ausscheidung von Calcium über die Niere (LEIBELING 2006). Calcitonin hingegen, ein Peptidhormon aus 32 Aminosäuren, wirkt als Antagonist und sorgt hauptsächlich für ein Absinken des Calciumspiegels im Blutplasma durch einen verstärkten Einbau von Calciumphosphat in die Knochen und die Resorption über das Darmepithel sinkt. Die Regulation über die Niere scheint keinen großen Einfluss zu haben. Ein synergistischer Effekt zwischen Parathormon und Calcitonin besteht in Bezug auf die vermehrte Ausscheidung von Phosphor über die Niere (GREGER 1999).

Für den Transport von Calcium und Phosphor von den Blutgefäßen zur Schmelzmatrix der Zähne wird hauptsächlich ein aktiver Mechanismus vermutet (TAKANO 1995), da zumindest unregelmäßige Ameloblasten über sogenannte „tight junctions“ fest verbunden sind (ARNOLD 2006). Nur selten bilden Ameloblasten über kürzere Zeiträume keine „tight junctions“ aus, so dass dann ein passiver Transport von Calcium und Phosphor erfolgen soll (ARNOLD 2006). Mittels radioaktiv markierten Isotopen konnte Calcium bereits wenige Sekunden nach intravenöser Applikation im Schmelz detektiert werden (KAWAMOTO und SHIMIZU 1997).

Das Vitamin D-Hormon (1,25-Dihydroxycholecalciferol) als wirksame Substanz (GREGER 1999) wird über mehrere, aufeinanderfolgende Schritte synthetisiert: Zunächst wird das mit der Nahrung aufgenommene fettlösliche Vitamin D in der Haut mithilfe des Einflusses von UV-Strahlung zu Cholecalciferol (Vitamin D₃) umgewandelt oder, von Carnivoren, direkt durch das Verzehren von Beutetieren aufgenommen (FAIRHAM und HARCOURT-BROWN 1999). Anschließend erfolgt eine Modifikation zu 25-Hydroxycholecalciferol in der Leber, gefolgt von einem weiteren Syntheseschritt in der Niere, bei dem schließlich die aktive Form 1,25-Dihydroxycholecalciferol entsteht (LEIBELING 2006).

Vitamin C spielt bei der Synthese von Kollagenen eine entscheidende Rolle (BOYERA et al. 1998). Vor allem Kollagen Typ I ist an der Ausbildung des Matrixgerüsts, welches für die Biomineralisation des Dentins verantwortlich ist, beteiligt (BUTLER 1995, ARNOLD 2006). Zusätzlich ist Vitamin A für eine unbeeinträchtigte Dentinogenese und Mineralisation von Dentin und Schmelz nötig (SCHOUR et al. 1941).

Derartig feinregulierte Mechanismen bezüglich der Calciumhomöostase sind allerdings beim Kaninchen nicht bekannt. Vielmehr ist hier der Blutspiegel an Calcium direkt vom Gehalt der aufgenommenen Futtermittel abhängig (KENNEDY 1965, CHAPIN und SMITH 1967a, CHEEKE 1987, CHEEKE 1994), die Resorption dieses Mineralstoffes erfolgt Vitamin D unabhängig (BOURDEAU et al. 1986). Eine aktive, Vitamin D abhängige Calciumresorption scheint nur bei sehr niedrigem Calciumgehalt in der Ration aufzutreten (BROMMAGE et al. 1988). Dieser besondere Mechanismus könnte sich im Laufe der Evolution entwickelt haben, um den hohen Bedarf des Kaninchens an Calcium für die ständig nachwachsenden Zähne zu decken (HARCOURT-BROWN 2009a). Experimentell konnten WARREN et al. (1989) zeigen, dass Kaninchen zwar auf eine induzierte Hypo- und Hypercalcämie durch rasche Sekretion von PTH bzw. Calcitonin reagieren, die Regulation von PTH jedoch erst bei einem vergleichsweise hohen Calciumspiegel im Blut erfolgt. Allerdings bleibt die Fraktion an ionisiertem Calcium im Blut trotz variierender Calciumaufnahme mit dem Futter stabil (NORRIS et al. 2001).

Im Gegensatz zu Calcium wird Phosphor aktiv aus dem Darm resorbiert (MÄNNER und BRONSCH 1987). BROMMAGE et al. (1988) konnten zeigen, dass hierzu Vitamin D verfügbar sein muss. Kaninchen können mit dem Futter aufgenommenes Phosphor besser verwerten als andere Säugetiere, da durch die Phytase der Mikroflora im Caecum auch komplexe Phosphorverbindungen, speziell auch Phytate, genutzt werden können (CHEEKE 1987, MAROUNEK et al. 2003, MAROUNEK et al. 2009).

MURRAY (1936) untersuchte die Zusammensetzung der Schneide- und Backenzähne von Kaninchen und Hasen bezüglich des Gehalts an Calcium, Magnesium und Phosphor, sowie dem Calcium-Phosphor-Verhältnis. Dabei zeigte sich, dass die Zusammensetzung der Zähne in der veraschten Substanz deutlich variiert. So enthielten jeweils die Incisivi mit 2,47 % bzw. 2,30 % bei den Kaninchen und Hasen vergleichsweise viel Magnesium und folglich eine geringere Calciumkonzentration (35,02 % und 35,33 %). Hingegen waren in der veraschten Substanz der Molaren geringere Anteile (1,45 % und 1,79 %) an Magnesium, aber höhere Calciumgehalte (35,76 % und 36,41 %) zu finden. Ähnlich Ergebnisse ergaben sich für die

Incisivi von Ratten in unterschiedlichem Lebensalter, während bei Meerschweinchen sowohl in der Asche von Schneide- (1,75 %) als auch Backenzähnen (1,93 %) vergleichsweise geringe Mengen Magnesium nachgewiesen werden konnten. Entsprechend änderten sich die Calcium-Phosphor-Verhältnisse. Daraus folgte MURRAY (1936), dass nicht allein die Konzentrationen der Mineralstoffe im Blut verantwortlich für die Zusammensetzung des Zahnmaterials sein können, sondern dass auch lokale Faktoren wie Zellaktivitäten die Calcifikation beeinflussen. BROOKES et al. (1998) wiesen auf die Rolle der Matrixproteinasen bei der Schmelzbildung hin, die maßgeblich für die Kristallisation und die Steuerung des pH-Wertes verantwortlich sind.

2.4.2 Empfehlungen für die Gehalte an Calcium, Magnesium, Phosphor sowie Vitamin D₃ und A in der Futtermittelration

In der Literatur finden sich, abhängig von der untersuchten Population, zahlreiche Referenzbereiche für die Mineralstoffe Calcium, Magnesium und Phosphor sowie für die Vitamine D₃ und A. In Tabelle 1 wird eine Übersicht aufgeführt.

LITERATURÜBERSICHT

Tabelle 1: Übersicht über die empfohlenen Mengen an ausgewählten Mineralstoffen sowie Vitamin D₃ und A in der täglichen Futtermischung für Kaninchen verschiedener Alters- und Leistungsgruppen

Inhaltsstoff	Anteil in der täglichen Futtermischung	Referenzgruppe	Literatur
Calcium	0,22 %		CHAPIN und SMITH (1967b)
	0,35 - 0,40 %	für maximale Knochendichte	
	0,5 %	Erhaltungsbedarf	KAMPHUES (1991)
	0,8 %	Wachstum, Laktation	
	0,6 %	Erhaltungsbedarf	CHEEKE (1994)
	0,5 %	Jungtiere	
	0,8 %	Trächtigkeit	
	1,1 %	Laktation	
	0,4 %	Jungtiere und Adulte	
	1,1 %	Häsinnen während Trächtigkeit und Laktation	SCHLOLAUT (2003)
	1 %	Kaninchen im Wachstum	NORRIS et al. (2001)
	Magnesium	0,03 %	Jungtiere
0,04 %		Trächtigkeit und Laktation	
0,2 %		Adulte	SCHLOLAUT (2003)
0,25 - 0,3 %		Jungtiere und Häsinnen während Trächtigkeit und Laktation	
min. 0,22 %		Kaninchen im Wachstum	
Phosphor	0,4 %	Erhaltungsbedarf	CHEEKE (1994)
	0,3 %	Jungtiere	
	0,5 %	Trächtigkeit	
	0,8 %	Laktation	
	0,2 %	Adulte	SCHLOLAUT (2003)
	0,5 %	Jungtiere	
	0,8 %	Häsinnen während Trächtigkeit und Laktation	
	2:1		
Verhältnis Calcium:Phosphor	1:1 – 2:1		LOWE (2010)

LITERATURÜBERSICHT

	<1000 IU/kg Futter	KAMPHUES (1991)
Vitamin D ₃	900 IU/kg Futter	CHEEKE (1994)
	800 - 1200 IU/kg Futter	LOWE (2010)
Vitamin A	10 000 IU/kg Futter	LEBAS (2000)

2.4.3 Über- und Unterversorgung mit ausgewählten Mineralstoffen und Vitaminen

2.4.3.1 CALCIUM

Überschüssiges Calcium wird über die Niere mit dem Harn ausgeschieden (CHEEKE 1987) und fällt, bedingt durch den alkalischen pH-Wert des Harns, in Form von Calciumcarbonatkristallen aus (CHEEKE und AMBERG 1973). Diese Form der Exkretion überschüssigen Calciums und damit der Regulation der Calciumhomöostase stellt eine Besonderheit der Kaninchen dar (CHEEKE und AMBERG 1973, REDROBE 2002). Eine direkte Abhängigkeit der renalen Calciumexkretion von der Calciumkonzentration im Blutserum wurde von HENNEMAN (1959) festgestellt. KENNEDY (1965) fasste dies kurz mit der Feststellung zusammen, dass die Calciumkonzentrationen im Harn immer mit der über das Futter aufgenommenen Calciummenge korrelieren. Auch TSCHUDIN (2010) stellte diesen Zusammenhang fest, allerdings konnte die Autorin auch zeigen, dass die Calciumaufnahme von der Menge der täglich aufgenommenen Futtermenge insgesamt abhängt. Detailliert stellten WHITING und QUAMME (1984) den Zusammenhang zwischen verschiedenen Calciumgehalten im Futter und der renalen Ausscheidung von Calcium, Magnesium und Phosphor dar: So fiel bei den Tieren, die eine calciumarme Ration erhielten (0,29 %), die Exkretion von Calcium im Vergleich zur Kontrollgruppe (0,61 % Calcium in der täglichen Ration) stark ab, während ein signifikanter Anstieg der renalen Phosphorexkretion zu verzeichnen war. Ein gegenteiliger Effekt zeigte sich bei der Gruppe, die ein calciumreiches Futter (1,89 %) vorgelegt bekam.

Besteht über längere Zeit ein zu hohes Angebot an Calcium über das Futter, kommt es daher nicht selten zu Urolithiasis (KAMPHUES 1991).

Zusätzliche Komplikationen stellen Verkalkungen in Niere und Aorta dar, welche durch einen gleichzeitig erhöhten Gehalt an Vitamin D begünstigt werden können (CARSTENSEN 1984, KAMPHUES et al. 1986, CHEEKE 1987, KÖTSCHKE und GOTTSCHALK 1990, RITSKES-HOITINGA et al. 2004). Zudem werden die Mineralstoffe Phosphor und Zink bei einem Überangebot an Calcium schlechter resorbiert (MATEOS und DE BLAS 1998). Allerdings

wird die Magnesiumexkretion über die Niere nicht durch den Calciumgehalt im Futter beeinflusst (WHITING und QUAMME 1984).

Ein Mangel an Calcium in der Ration hingegen kann bei Häsinnen zum Festliegen nach der Geburt führen (BARLET 1980, CHEEKE 1987). HARCOURT-BROWN berichtet (1996, 1997) über eine Zunahme an pathologischen Veränderungen im Schädel-/Zahnbereich, bedingt durch Osteodystrophien aufgrund einer Hypocalcämie, besonders, wenn diese mit einem Mangel an Vitamin D einhergehen: Zahnlockerungen, -spitzen und -kanten treten auf, allgemein wird die Calcifizierung von Zähnen und Knochen beeinträchtigt. Dies kann unter anderem zu Schmelzveränderungen führen. Außerdem brechen Zahnnapices retrograd durch das dünne Periost, was häufig Abszesse zur Folge hat. HARCOURT-BROWN (2006) bezeichnet dieses Krankheitsbild als „metabolic bone disease“.

2.4.3.2 PHOSPHOR

MATHIEU und SMITH (1961) konnten in ihrem Versuch zeigen, dass höhere Mengen Phosphor in der Tagesration als die veranschlagten 0,22 % keine zusätzlichen positiven Effekte hinsichtlich der Knochendichte oder der Gewichtszunahme ergeben. Dabei lagen 68 % des Phosphors als hoch verfügbares Dicalciumphosphat vor, der verbleibende Anteil stammte aus Phytinverbindungen. SCHLOLAUT (2003) jedoch setzt für alle Alters- und Leistungsgruppen mit Ausnahme adulter, nicht in einer Reproduktionsphase befindlichen Tieren, einen höheren Bedarf an (Tab. 1).

Die Ausscheidung von überschüssigem Phosphor erfolgt mit dem Kot, wobei es nach CHAPIN und SMITH (1967c) und MATEOS und DE BLAS (1998) auch zur Verweigerung der Futtermittelaufnahme durch eine zu hohe Gabe von Phosphor kommen kann, zusätzlich steigt die Exkretion mit dem Harn (RITSKES-HOITINGA et al. 2004). Eine nicht ausreichende Versorgung macht sich hingegen durch eine verminderte Reproduktionsleistung sowie pathologische Ossifikation bemerkbar (HEINEMANN et al. 1957).

2.4.3.3 DAS CALCIUM-PHOSPHOR-VERHÄLTNIS

Nicht nur der absolute Gehalt an Calcium und Phosphor ist von Bedeutung, sondern auch deren Verhältnis zueinander im Futter:

ASSANE et al. (1993) empfehlen ein stabiles Calcium-Phosphor-Verhältnis von 2:1 über die Fütterung zu erzielen, wobei das Kaninchen eine ausgeprägte Toleranz gegenüber einem deutlichen Überhang von Calcium hat (CHAPIN und SMITH 1967a).

2.4.3.4 VITAMIN D

Über den täglichen Vitamin D Bedarf von Kaninchen sind kaum eindeutige Aussagen in der Literatur zu finden (LEBAS 2000). Eine Überversorgung an Vitamin D kann zu Verkalkungen (Kalzinosen) vor allem der Aorta, der *Arteria femoralis* und der Coronararterien am Herzen führen (KÖTSCHE und GOTTSCHALK 1990, HEISLER 1999). Eine experimentell verabreichte Überdosis an Vitamin D über 30-45 Tage führte bei den Kaninchen zu einer irregulären Hyperplasie des Dentins sowie zur fehlerhaften Anordnung periodontaler Fasern (CAI 1992).

Vitamin D-Mangel führt bei Tieren im Wachstum zu Rachitis, bei Adulten entwickelt sich eine Osteomalazie (FAIRHAM und HARCOURT-BROWN 1999). Des Weiteren traten in einer Untersuchung von MOSALLANEJAD et al. (2010) signifikant häufiger Malokklusionen und verlängerte Zahnapices bei Kaninchen auf, die ausschließlich oder vorwiegend ohne Sonnenlicht-Exposition gehalten wurden. Zudem konnten BOUHTIAUY et al. (1993) bei einem experimentell erzeugten Vitamin D-Mangel bei Kaninchen zeigen, dass dies wesentlich den Calciumtransport sowohl an der luminalen, als auch der basolateralen Seite des distalen Nephrons beeinflusste. Dabei ging an der basolateralen Seite die ATP-abhängige Calciumaufnahme um 40 % zurück, während der Calcium-Natrium-Austauscher nicht betroffen war. An der luminalen Seite zeigte sich sogar ein Rückgang der Calciumresorption um 50 %.

2.4.3.5 VITAMIN A

Für Ratten konnte gezeigt werden, dass sich eine Minderversorgung mit Vitamin A in atrophischen Ameloblasten und verminderter Dentinogenese manifestiert (NAVIA et al. 1984).

2.4.3.6 VITAMIN C

Vitamin C Überschuss kann zu Erosionen am Zahnschmelz führen (BAHAL und DJEMAL 2014). Hingegen konnte BRONCKERS (1983) experimentell zeigen, dass sich ein Mangel an Vitamin C negativ auf die Bildung von Zahnschmelz sowie die umgebende extrazelluläre Matrix auswirkt. So stellte er eine veränderte Produktion von Prädentin durch die Odontoblasten mit abschließend verändert mineralisierter Matrix fest. Zudem fand die Kollagensynthese nur noch in einem reduzierten Umfang statt.

2.5 FÜTTERUNG UND WASSERAUFNAHME

2.5.1 Futteraufnahmeverhalten

Kaninchen sind reine Herbivoren und müssen daher viel Zeit aufwenden, um mit der natürlicherweise aufgenommenen, wenig energiedichten Nahrung ihren Bedarf zu decken (FRASER 1992, GIBB 1993). Oft bekommen die als Heimtiere gehaltenen Kaninchen ein kommerzielles Buntfutter vorgelegt, das aus Mais, Pellets, Weizen, Hafer und Erbsen zusammengesetzt ist. Manchmal ist weiterhin Alfalfa, Gerste, Melasse und Sojabohnen enthalten (HARCOURT-BROWN 1996). Kaninchen zeigen häufig ein selektives Futteraufnahmeverhalten mit einer Präferenz für Pflanzen mit hohem Proteingehalt (SOMERS et al. 2008), um den höchsten nutritiven Nutzen aus ihrer energiearmen Nahrung zu ziehen (PREBBLE und MEREDITH 2014). Hierbei zeigte sich, dass dieses weit verbreitete selektive Futteraufnahmeverhalten zu Mangelsituationen, gerade bei Calcium und Vitamin D führen kann (FAIRHAM und HARCOURT-BROWN 1999, HARCOURT-BROWN 2009a), da diese Komponenten fast ausschließlich in den gepressten Pellets enthalten sind, welche am häufigsten im Futternapf zurückgelassen werden (HARCOURT-BROWN 1996, PREBBLE und MEREDITH 2014). Aus diesem Grunde wird ein Vorlegen von Kaninchen-Müsli nicht empfohlen (PREBBLE und MEREDITH 2014). MULLAN und MAIN (2006) konnten anhand der Evaluation der Haltung und Fütterung von 102 Heimtierkaninchen feststellen, dass zwischen der Gabe von Kaninchenmischfuttermitteln und dem Auftreten von Zahnbefunden, welche nach HARCOURT-BROWN (1997) höher als Grad 1 (von 5) eingestuft werden, ein signifikanter Zusammenhang besteht ($p \leq 0,001$).

Außerdem liegt häufig ein Rohfasermangel vor, wenn die Fütterung auf dem Angebot von handelsüblichen Mischfuttermitteln beruht. Hier erfüllen auch als „rohfasereich“

ausgewiesene Ergänzungsfuttermittel die Anforderungen oft nicht (WOLF und KAMPHUES 2003).

2.5.2 Wasseraufnahme

Da sich die Aufnahme von Wasser und Futter wesentlich beeinflussen (CIZEK 1961, DENTON et al. 1985), soll hier auch auf die Wasseraufnahme und den Bedarf eingegangen werden. Denn nur eine ausreichende Wasseraufnahme ermöglicht eine befriedigende Futteraufnahme (HÖRNICKE 1984).

Die Wasseraufnahme von Kaninchen ist, bezogen auf ihr Körpergewicht, hoch (CIZEK 1961). So sind Werte bis 160,9 ml/kg/Tag beschrieben (CIZEK 1961). Wesentlich beeinflusst wird die Wasseraufnahme vom Alter des Tieres (CIZEK 1961), der Umgebungstemperatur (MARAI et al. 2005), der Reproduktionsleistung (DENTON und NELSON 1971) und der Rasse (ZUMBROCK 2002, MARAI et al. 2005). ZUMBROCK (2002) konnte in ihrer Arbeit darstellen, dass Zwergkaninchen mit kleineren Schädeln im Vergleich zu Neuseeländern das Futter stärker kauen und zerkleinern müssen, bevor sie es abschlucken können. Damit steigt die Dauer der Futteraufnahme ebenso wie die parallel stattfindende Wasseraufnahme, welche in vielen kleinen Portionen erfolgt (PRUD'HON et al. 1972). Auch GROBNER et al. (1985) messen diesem Umstand eine Bedeutung bei.

Eine herausragende Rolle kommt dem angebotenen Futter zu, insbesondere dem Trockenmassegehalt und dem Anteil an Frischfutter in der Ration (BUCHER 1994). WENGER (1997) stellte ebenfalls fest, dass die aufgenommenen Wassermengen bei Heufütterung höher sind als bei einer Fütterung mit Mischfuttermitteln. TSCHUDIN (2010) kam zu dem Ergebnis, dass zwar die Wasseraufnahme bei hohem Trockenmassegehalt des Futters ansteigt, die Gesamtwasseraufnahme aber bei Frischfutter-Fütterung bei gleichzeitigem Angebot an Wasser am höchsten ist. Grundsätzlich ließ sich auch ein Unterschied zwischen den verschiedenen Tränkesystemen ausmachen: Aus der Nippeltränke wurde deutlich weniger gerne Wasser aufgenommen als aus offenen Schüsseln. Wasser soll immer ad libitum zur Verfügung stehen, damit kompensatorische Mechanismen, vor allem in der Niere, nicht aktiviert werden (TSCHUDIN 2010). Diese bewirken eine verminderte Wasseraufnahme, die langfristig zu Urolithiasis, vor allem bei hohen Calciumgehalten im Futter (KAMPHUES 1991), führen kann. Dies ist vor allem bei einer bedarfsüberschreitenden Gabe von Calcium zu bedenken (FEHR 1999a).

2.6 URSACHEN VON ZAHN- UND KIEFERVERÄNDERUNGEN

2.6.1 Erworbene, primär nicht infektiöse Ursachen

Die Ursachen für das Vorliegen von Veränderungen an den Zähnen und dem Kiefer von Kaninchen sind vielfältig; Umweltfaktoren und genetische Einflüsse müssen dabei differenziert werden. Neben den bereits beschriebenen Aspekten Fütterungsregime, Futterzusammensetzung und Haltungsformen mit und ohne UV-Licht-Exposition spielen auch Traumata eine Rolle. Frakturen der Zähne oder von Kiefer und Schädel, nicht selten durch einen Sturz oder Kauen auf harten Gegenständen verursacht, können in der Folge zu Malokklusionen führen (LOBPRISE und WIGGS 1991, SCHWEIGART 1998, HARCOURT-BROWN 2009a, JEKL und REDROBE 2013). Des Weiteren können nicht fachgerecht durchgeführte Korrekturen der Zähne zugrunde liegen (BROWN 1992). Vor allem das inkorrekte Kürzen von Schneidezähnen kann zu Schäden am Periodontium, alveolaren Blutungen, Positionsabweichungen der Zähne und Zahnwurzelveränderungen führen (JEKL et al. 2008, JEKL und REDROBE 2013). Außerdem können Veränderungen, insbesondere der Schneidezähne, durch Verhaltensstörungen wie übermäßiges Gitternagen hervorgerufen werden (SCHWEIGART 1998). KROHN et al. (1999) konnten beobachten, dass Gitterbeißen ausschließlich bei einzeln gehaltenen Kaninchen auftrat und niemals bei Tieren in der Gruppe. Als weitere Ursache von Zahnfehlstellungen beim Kaninchen kommen Verletzungen mit sich anschließenden entzündlichen Prozessen, häufig im Zusammenhang mit in die Maulschleimhaut eingespießten Fremdkörpern, wie z. B. Dornen, vor (SCHWEIGART 1998). Auch treten Neoplasien auf, die direkt oder indirekt die Zähne betreffen können (HARCOURT-BROWN 2009a, THAS et al. 2014). Relativ selten werden die Incisivi durch primäre Fehlstellungen der Backenzähne in Mitleidenschaft gezogen (BROWN 1992). Allerdings kann es durch fehlgestellte Schneidezähne zu Malokklusion der Backenzähne kommen (SPROESSER-KRUG 1993). Zusätzlich macht CROSSLEY (1995b) die vielfach praktizierte Gabe von Konzentratfutter für Zahnverschiebungen verantwortlich, da hier nur eine geringe Beschäftigung mit dem Futter stattfindet und so eine Inaktivitätsatrophie von Kaumuskulatur und Zahnhalteapparat auftreten kann.

2.6.2 Erworbene, infektiöse Ursachen

KRESHOVER und HANCOCK (1956) beschrieben das gehäufte Auftreten von wellenartigen Mustern im Zahnschmelz der Incisivi nach experimenteller Inokulation mit einem Vaccinia Virus. Obwohl metabolische Störungen durch die Analyse von Blutcalcium und -phosphor ausgeschlossen wurden, konnten die dentalen Veränderungen nicht sicher auf die Infektion zurückgeführt werden. Allerdings ging die Zahnwachstumsrate am beobachteten maxillaren Incisivus bei den Kaninchen nach einer Infektion im Gegensatz zu einer nicht inokulierten Kontrollgruppe signifikant zurück. BROWN (1992) führt Zahnwurzelinfektionen, ausgelöst durch Pasteurellen oder Staphylokokken, als häufige Ursache für Fehlstellungen der Incisivi an.

Nach BÖHMER und KÖSTLIN (1988) führen entzündliche Prozesse, die Schädigungen der Zahnanlage und Zahnschmelz bewirken, als Ursache für Fehlstellungen im Bereich der Backenzähne an. Hierzu zählen auch entzündlich-zystische Veränderungen wie von GARDNER et al. (1997) beschrieben.

2.6.3 Hereditäre Ursachen mit funktionellen Nachteilen

2.6.3.1 OSTEOPETROSE/OSTEOSKLEROSE

Eine Ursache für erbliche Zahnveränderungen stellt die Osteopetrose dar. Dabei handelt es sich um eine Knochenstoffwechselstörung, die durch einen verminderten Knochenabbau gekennzeichnet ist und autosomal rezessiv vererbt wird. Die bei vielen Säugetierarten vorkommende Erkrankung ist durch verschiedene Krankheitsbilder mit unterschiedlichem Verlauf gekennzeichnet (MARKS 1987). Beim Kaninchen tritt sie als Osteosklerose, also einer Vermehrung des Bindegewebes, auf (POPOFF und MARKS 1990). Eine Erstbeschreibung geben PEARCE und BROWN (1948). Diese Form ist letal und geht einher mit einer kombinierten Hypocalcämie und Hypophosphatämie (POPOFF und MARKS 1990). Dentale Abnormitäten im Zusammenhang mit Osteopetrose bei verschiedenen Spezies stellen sich primär als Abweichungen von der normalen Zahnform sowie in einem verspäteten oder unterbleibenden Zahndurchbruch dar (CIELINSKI et al. 1994). POPOFF und MARKS (1990) konnten zeigen, dass bei Kaninchen mit einer osteopetrotischen Mutation zwar eine normale Bildung von Knochen- und Zahnmatrix stattfindet, es aber trotz Anwesenheit von

Osteoklasten nicht zum Zahndurchbruch kommt und eine Störung in der zugrunde liegenden Signalkaskade als Ursache angenommen wird.

2.6.3.2 MALOKKLUSIONEN

Als solche beschreiben WEISBROTH und EHRMAN (1967) allgemein die Auswirkung von zu langen Schneidezähnen beim Kaninchen sowie unebene Okklusionsflächen der Backenzähne.

Brachygnathia superior/ Prognathia inferior

Zurzeit finden sich zahlreiche Hinweise in der Literatur, die von einem genetischen Hintergrund bei Zahnveränderungen, insbesondere im Zusammenhang mit einer Brachygnathia superior/ Prognathia inferior ausgehen (GRANAT et al. 1974, KALINOWSKI und RUDOLPH 1974, SCHWEIGART 1998, VERSTRAETE und OSOFSKY 2005). WEISBROTH und EHRMAN (1967) verwendeten den Begriff der Malokklusion bei der Beschreibung des Krankheitsbildes einer Brachygnathia superior und wiesen auf weitere Komplikationen wie Oberkiefer- und Zahnfrakturen sowie Abszessbildungen hin. Bezüglich der Vererbung einer Prognathia inferior/ Brachygnathia superior kamen FOX und CRARY (1971) sowie HUANG et al. (1981) zu der Feststellung, dass es sich um einen rezessiven Erbgang handeln muss. FOX und CRARY (1971) gaben eine unvollständige Penetranz von 81 % an. Schon 1937 schilderte NACHTSHEIM, dass eine Verkürzung des Oberkiefers vorliege. FOX und CRARY (1971) bestätigten dies aufgrund ihrer Beobachtungen, dass bei Kaninchen mit einer Prognathie die Mandibula relativ unbeeinträchtigt zu sein scheint, während die Maxilla sowie das maxillare Diastema verkürzt erschienen.

LINDSEY und FOX (1994) konnten ebenfalls nachweisen, dass die Bezeichnung Brachygnathia superior tatsächlich öfter die Ursache einer Zahn-Kiefer-Fehlbildung beschreibt als der Terminus Prognathia inferior, da in ihren Untersuchungen eine Verkürzung des Gesamtschädels und des Diastemas im Oberkiefer dominierte.

Brachygnathia inferior

Die Incisivi der Maxilla reichen bei dieser Fehlstellung so weit vor die der Mandibula nach rostral, dass ein Zahnschluss nicht möglich ist (LÖLIGER 1986).

Campylognathie

Bei dieser rezessiv erblichen Fehlstellung, auch Scherengebiss genannt, kommt es durch eine Verkrümmung von Oberkiefer- und Nasenknochen zu einer lateralen Verschiebung nach links oder rechts (CHAI und DEGENHARDT 1962, LÖLIGER 1986). Dadurch findet ein unregelmäßiger Abrieb mit seitlich abgeschrägten Kauflächen der Backenzähne statt. Die Schneidezähne sind seitlich gegeneinander verschoben (LÖLIGER 1986).

2.6.4 Erbliche Varianten ohne funktionelle Nachteile

Dazu zählt das Fehlen der Stiftzähne, für das von NACHTSHEIM (1936, 1937) durch Zuchtversuche ein unvollständig dominanter Erbgang aufgezeigt wurde. Außerdem hält dieser für das Vorliegen einer Verdopplung des zweiten Schneidezahnpaars im Oberkiefer des Kaninchens einen rezessiven Erbgang für wahrscheinlich. Aber auch diese Veränderung führt im Allgemeinen nicht zu einer Beeinträchtigung der Futteraufnahme und –verkleinerung (LINDSEY und FOX 1994).

2.7 UNTERSUCHUNG DER MAULHÖHLE

2.7.1 Klinische Untersuchung

Eine klinische Untersuchung beginnt mit einer ausführlichen Anamnese, wobei die Erfassung der Fütterung und des Futteraufnahmeverhaltens im Vordergrund stehen sollten (FEHR 1999b, SCHREYER 2008). Findet keine Futteraufnahme mehr statt, muss abgeklärt werden, ob es sich dabei um eine echte oder Pseudoanorexie handelt (HEIN 2012). Nach einer allgemeinen klinischen Untersuchung findet eine spezielle Adspektion und Palpation der Kopfregion statt (BÖHMER 2011). Außerdem wird auf etwaige Verklebungen im Bereich von Wamme, Brust und Vorderpfoten geachtet, die ein Zeichen für Hypersalivation im Zusammenhang mit Malokklusionen im Bereich der Backenzähne sein können (POLLOCK 1951, HARCOURT-BROWN 2009b). Weitere Hinweise auf ein pathologisches Geschehen im Bereich des Kopfes und insbesondere der Maulhöhle sind Asymmetrien, Nasenausfluss oder okuläre Symptome wie etwa eine Dakryozystitis, eine Protrusio bulbi oder ein Exophthalmus sowie Verhaltensauffälligkeiten wie eine verminderte Futteraufnahme und reduziertes Putzverhalten oder Gewichtsverlust (LEGENDRE 2002, VERSTRAETE 2005, GIBBONS und KRESSIN 2008, HARCOURT-BROWN 2009b, BÖHMER 2011). Bei der

Palpation stehen beim Kaninchen die Mandibula mit ihren Unterkieferästen und die periorbitale Region im Vordergrund, da sich hier häufig Auftreibungen, beispielsweise Abszesse oder knöcherne Veränderungen aufgrund retrograden Zahnwachstums, ertasten lassen (HARCOURT-BROWN 1997, VERSTRAETE und OSOFSKY 2005, HARCOURT-BROWN 2009b). Dabei werden auch die Konsistenz der Umfangsvermehrung sowie eine eventuelle Schmerzhaftigkeit festgestellt (BÖHMER 2011).

Durch Zurückziehen der Oberlippe können die Incisivi inspiziert werden.

Allerdings verwehrt die behaarte Wangenfalte den Einblick in den caudal gelegenen Bereich der Maulhöhle. Hierzu müssen ein Wangen- und Kieferspreizer als Hilfsmittel eingesetzt werden (EWRINGMANN 2005b). Der Einsatz dieser Instrumente am wachen Tier ist jedoch aufgrund der Stressbelastung sowie der Verletzungsgefahr durch zu erwartende heftige Abwehrbewegungen obsolet (BÖHMER 2011). SCHREYER (2008) beschreibt in diesem Zusammenhang auch die Gefahr eines möglichen Schocktodes sowie die Gefahr, bei der Untersuchung am nicht sedierten Kaninchen Veränderungen in der Maulhöhle zu übersehen. Um sich jedoch einen Überblick verschaffen zu können, hat sich die Adspektion mittels Otoskop oder einem kleinen Spreizspekulum bewährt (SCHREYER 2008). Auch mit einem geeigneten Endoskop kann eine erste Übersicht über den Status der Maulhöhle gewonnen werden (VERSTRAETE und OSOFSKY 2005, HARCOURT-BROWN 2009b, BÖHMER 2011). Eine Untersuchung der Maulhöhle sowie zahlreiche Therapiemaßnahmen können nur am narkotisierten Tier durchgeführt werden (VERSTRAETE und OSOFSKY 2005). Da die Maulhöhle dafür zugänglich sein muss, sind Inhalationsnarkosen ungeeignet, so dass auf Injektionsanästhetika zurückgegriffen wird. Verschiedene Narkoseprotokolle mit einer Kombination aus Ketamin und Medetomidin sind beschrieben (HABERSTROH und HENKE 2004, SCHALL 2008). Der Ausschuss für Tierschutzbeauftragte in der GV-SOLAS und der TVT (2010) empfiehlt maximal 1ml pro Injektionsstelle zu applizieren, um den Schmerz durch die auf die Muskelfasern ausgeübte Spannung (DIEHL et al. 2001) gering zu halten. Dieses Vorgehen wurde auch von VACHON (1999) beschrieben, um eine perineurale Infiltration vor allem des *N. ischiadicus* mit dem Anästhetikum zu vermeiden, die eine Schädigung des Nervs nach sich ziehen kann. Dies führte zu Automutilationen in Folge von Narkoseregimen mit Ketamin.

Zur Dokumentation der erhobenen Befunde eignen sich Röntgenbilder, digitale Fotografien, Videosequenzen der endoskopischen Untersuchung (BÖHMER 2011) sowie der Zahn- und Kieferbefundbogen für Kaninchen nach CROSSLEY (aus BÖHMER 2011).

2.7.2 Röntgen des Kopfes

Um vor allem intraossär gelegene Prozesse, die auch bei einer gründlichen klinischen Untersuchung häufig verborgen bleiben, detektieren zu können, müssen bei einer vollständigen Diagnostik immer Röntgenbilder des Kopfes angefertigt werden (HINTON 1978, GRACIS 2008, HARCOURT-BROWN 2009c).

Standardmäßig sollten extraorale Aufnahmen sowohl im latero-lateralen als auch im dorso-ventralen Strahlengang angefertigt werden (HARCOURT-BROWN 1997, GRACIS 2008, BÖHMER und CROSSLEY 2009). Zusätzlich können schräge seitliche Röntgenbilder, rechts und links anliegend, weitere Details, vor allem im Bereich der Zahnwurzeln, offenbaren (HARCOURT-BROWN 1998, GIBBONS und KRESSIN 2008, GRACIS 2008). Besteht der Verdacht pathologischer Alterationen am Kiefergelenk, kann auch eine rostro-caudale Projektion gewählt werden (BÖHMER 2011). Von CROSSLEY (1995b) und GRACIS (2008) werden diese, sowie spezielle intraorale Röntgenbilder, routinemäßig gefordert.

2.7.2.1 BEFUNDERHEBUNGEN ANHAND DER RÖNTGENBILDER

Vermessung der Mandibula nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) sowie nach DE ABREU et al. (2006)

HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) definierten im Rahmen ihrer experimentellen Arbeit über den Einfluss einer dorsalen Massetertransposition auf das Unterkieferwachstum beim Kaninchen Messpunkte an der Mandibula zum objektiven Vergleich untereinander. Im Unterschied zu allen anderen, in Tierexperimenten entwickelten Methoden, wird diese Technik nicht direkt an isolierten Unterkieferknochen, sondern an latero-lateralen Röntgenbildern der Mandibula angewandt. Insgesamt werden acht Strecken und zwei Winkel am Kiefer gemessen. Zusätzlich wurden weitere Messstrecken von DE ABREU et al. (2006) erfasst, unter anderem zwischen dem anterioren Teil des harten Gaumens bis zum ersten Backenzahn im Oberkiefer sowie die Gesamtlänge des Craniums.

Anatomische Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009)

BÖHMER und CROSSLEY (2009) ermittelten anhand von Vergleichen zwischen klinischen Befunden, Röntgenbildern und Untersuchungen post mortem an präparierten Schädeln von Kaninchen, Meerschweinchen und Chinchillas feste anatomische Orientierungspunkte zum Legen von Referenzlinien, so dass dentale Veränderungen objektiv und reproduzierbar auch

von verschiedenen Untersuchern nachvollzogen werden können. In der seitlichen Röntgenaufnahme werden die dorsale Begrenzung der Zahnwurzeln im Oberkiefer, die Okklusionsebene der Backenzähne und die ventrale Begrenzung der Zahnwurzeln im Unterkiefer betrachtet. Außerdem wird das Verhältnis von Oberkiefer- zu Unterkieferbackenzähnen anhand senkrechter Hilfslinien rostral des ersten Prämolaren und caudal des letzten Molaren beurteilt. Das Gaumenbein, *Os palatinum*, und der Unterkieferknochen sollten, innerhalb einer rasseabhängigen Varianz, leicht konvergieren. Weiterhin wird ein Röntgenbild im dorso-ventralen Strahlengang angefertigt, auf dem dann die laterale und mediale Begrenzung der maxillaren Zahnreihe bestimmt werden können.

2.8 BLUTENTNAHME UND REFERENZWERTE

Zur Blutentnahme kommen beim Kaninchen verschiedene Lokalisationen in Frage.

Häufig wird auf die *V. auricularis lateralis*, die laterale Ohrtrandvene zurückgegriffen. Dort lassen sich nur relativ kleine Mengen Blut gewinnen, allerdings ist dies einfach am wachen Tier möglich und eignet sich gut bei kürzeren Entnahmeintervallen (DIEHL et al. 2001, EWRINGMANN 2005b). Diese Punktionsstelle wird auch vom Ausschuss der Tierschutzbeauftragten in der GV-SOLAS und der TVT (2009) für eine Entnahme im Wachzustand empfohlen.

Zur Detektion von Zahn- und Kieferveränderungen aufgrund von Mangelsituationen im Bereich der Mineralstoffversorgung liefert die blutchemische Untersuchung wichtige Hinweise (HARCOURT-BROWN und BAKER 2001). Allerdings finden sich in der Literatur überwiegend Referenzwerte für hämatologische Parameter und nur selten für die blutchemischen Indikatoren. Zudem weisen die Angaben zwischen verschiedenen Untersuchungen häufig große Unterschiede auf (EWRINGMANN und GÖBEL 1998). Auch wurden die Werte vorwiegend an Blut von Labor- und Mastkaninchen erhoben (MÜLLER et al. 1990). Eine Übersicht über die in der Literatur angegebenen Referenzwerte ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

LITERATURÜBERSICHT

Tabelle 2: Übersicht über die Referenzwerte der verschiedenen Blutparameter aus dem Schrifttum

Patientengut (Anzahl)	Anmerkungen	Parameter	Referenzwert	Literatur
Fleisch- und Laborkaninchen		Ca _{ges}	4,7 mmol/l	MÄNNER und BRONSCH (1987)
Heimtierkaninchen (143)		Ca _{ges}	2,18 - 5,00 mmol/l	
	Klinisch gesund Alter zwischen 3 Monaten und 10 Jahren	Ca _{ges} \bar{x}	3,41 ± 0,36 mmol/l	EWRINGMANN und GÖBEL (1998)
		P	0,62 - 3,3 mmol/l	
		P \bar{x}	1,44 ± 0,5 mmol/l	
Kaninchen (64)		Ca _{ges}	3,04 - 4,28 mmol/l	
	Älter als 1 Jahr	P	0,53 - 3,14 mmol/l	
		PTH	13,01 - 150,4 pg/ml	HARCOURT- BROWN und BAKER (2001)
Davon				
-Nur Freilandhaltung (17)	6 m, 11 w	Ca _{ges}	3,806 ± 0,081 mmol/l	
		PTH	40,03 ± 10,7 pg/ml	
-Innenhaltung mit Malokklusion und/oder Abszessen (26)	21 m, 5 w	Ca _{ges}	3,44 ± 0,052 mmol/l	
		PTH	98,7 ± 12,8 pg/ml	
Heimtierkaninchen (155)	Klinisch gesund, Alter zwischen 6 Wochen und 9,5 Jahren	Ca _{ges}	3,5 mmol/l	HEIN und HARTMANN (2003)*
		Mg ²⁺	1,17 mmol/l	
		P	1,42 mmol/l	
	Alter 1,5 ≤ 4 Monate	P	2,52 mmol/l	
	Alter > 4 Monate	P	1,33 mmol/l	
	m	P	1,45 mmol/l	
	w	P	1,44 mmol/l	

LITERATURÜBERSICHT

Patientengut (Anzahl)	Anmerkungen	Parameter	Literatur	
Weiße Neuseeländer (57)		Ca _{ges}	3,23 ± 0,25 mmol/l	
		Ca ²⁺	1,70 ± 0,13 mmol/l	
Davon				
-Aus dem Labor (28)		Ca ²⁺	1,70 ± 0,12 mmol/l	
		PTH	52,1 ± 28,4 pg/ml	WARREN et al. (1989)
		1,25-(OH) ₂ D ₃	50,3 ± 34,1 pmol/l	
-Zucht (29)		Ca ²⁺	1,73 ± 0,06 mmol/l	
		PTH	86,0 ± 49,5 pg/l	
		1,25-(OH) ₂ D ₃	205,3 ± 116,6 pmol/l	
Heimtierkaninchen (13)	20 Blutproben durch teilweise wiederholte Messungen			
Davon				
-mit Zugang ins Freie (6)	9 Blutproben	1,25-(OH) ₂ D ₃	34,3 ± 20,45 pmol/l	FAIRHAM und HARCOURT- BROWN (1999)
-überwiegend Innenhaltung (7)	12 Blutproben	1,25-(OH) ₂ D ₃	7,83 ± 11,2 pmol/l	
Wildkaninchen (1)		1,25-(OH) ₂ D ₃	58 pmol/l	

Ca_{ges}= Gesamtcalcium, \bar{x} = Mittelwert, P= Phosphor, PTH= Parathormon, Mg²⁺= ionisiertes Magnesium, Ca²⁺= ionisiertes Calcium, 1,25-(OH)₂D₃= 1,25-Dihydroxycholecalciferol,* Alle Werte als Median angegeben,
m= männlich, w= weiblich

2.9 BONITIERUNG VON ZAHN- UND KIEFERBEFUNDEN

2.9.1 Klinische Befundung

Zur Bonitierung erworbener Veränderungen an Zahn und Kiefer aufgrund einer nutritiven Osteodystrophie entwickelte HARCOURT-BROWN (1997) ein Beurteilungsschema mit fünf Schweregraden. Dabei werden Kaninchen mit unauffälligem Zahnstatus in Grad 1 eingeteilt; subklinische Veränderungen werden unter Grad 2 zusammengefasst. Erworbene Anomalien der Zahnkronen und Okklusionsveränderungen sowie schwerwiegende Anomalien der Zahnkronen und Einstellung des Zahnwachstums werden jeweils als weitere Schweregrade definiert. Grad 5 umfasst letztlich die Abszessbildung und die Osteomyelitis.

Diese Kategorisierung wurde auch von anderen Autoren (MOSALLANEJAD et al. 2010) übernommen. JEKL et al. (2008) nutzten zur Beschreibung der Malokklusion bei kleinen Herbivoren ein eigenes Schema mit Einteilung der Befunde in vier Kategorien.

Interpretation von Schmelzveränderungen

Bezüglich der Schmelzveränderungen unterscheidet BÖHMER (2011) zwischen Schmelzhypocalzifikationen und hypoplastischen Schmelzveränderungen. Bei ersteren handelt es sich, infolge fehlender Mineralisierung, um Defekte, bei denen der Schmelz zwar in normaler Dicke aufgelagert wird, jedoch unphysiologisch verfärbt und von relativ weicher Konsistenz ist (MILES und CRIGSON 2003). Klinisch manifestiert sich dies an milchig-weißen Flecken auf ansonsten transparentem Schmelz. Bei den hypoplastischen Veränderungen ist die Schmelzmatrix selbst betroffen. Die Schmelzschicht ist ausgehärtet, nur auffallend dünn (BÖHMER 2011). Oft ist nur ein Zahn betroffen. Dies weist auf lokale Schädigungen durch eine Verletzung oder Infektion hin (MILES und CRIGSON 2003). Osteodystrophische Verhältnisse aufgrund einer mangelhaften Kalzifikation der Zähne können sich in einer Bildung horizontaler Rillen an den Schneidezähne manifestieren (HARCOURT-BROWN 1996). So beeinträchtigte Incisivi weisen eine weniger feste Konsistenz auf und können leichter abbrechen (FEHR et al. 2004).

2.9.2 Standard des Zentralverbands der Deutschen Rassekaninchen-Züchter e.V.

Der Zentralverband der Deutschen Rassekaninchen-Züchter e.V. (ZDRK) stellt Leitlinien für die Zahngesundheit für Richter von Kaninchenschauen und Züchter in seinem Standard (JAKOBS et al. 2004) bereit. Anhand von Graphiken werden die Incisivi und Stiftzähne gesunder und von der Norm abweichender Tiere gegenüber gestellt. Betrachtet werden die Position der Schneidezähne aus der rostralen Ansicht sowie die Okklusion der Schneidezähne von der Seite. Als „schwere Fehler“ werden Überbeißer und Aufbeißer, ebenfalls in lateraler Projektion, dargestellt. In einer dazugehörigen Erläuterung werden auch „leichte Fehler“ erwähnt, allerdings nicht detailliert aufgeführt. Als „schwere Fehler“, die zu einer Bewertung mit „nicht befriedigend“ führen, werden Kieferdeformationen, Zahnanomalien und Tränenabflussstörungen genannt (JAKOBS et al. 2004).

2.10 PROPHYLAXE

Die vorbeugenden Maßnahmen in Bezug auf Veränderungen an Zahn und Kiefer beziehen sich vornehmlich auf die Fütterung und das Management. So ist eine adäquate Versorgung mit Calcium über das vorgelegte Futter essentiell (MOSALLANEJAD et al. 2010). Daher empfehlen MOSALLANEJAD et al. (2010) ein abwechslungsreiches Futterangebot aus Heu, das immer zur freien Verfügung stehen sollte, frischem Gras, verschiedenen Gemüsesorten und Kräutern. Durch die entsprechend lange Dauer der Aufnahme dieser Komponenten wird auch ein genügender Zahnabrieb erzielt (SCHREYER 2008, HARCOURT-BROWN 2009a, MOSALLANEJAD et al. 2010).

HARCOURT-BROWN (1996), FAIRHAM und HARCOURT-BROWN (1999) sowie MOSALLANEJAD et al. (2010) schlagen außerdem vor, die Kaninchen, insbesondere auch in den Wintermonaten, natürlichem Sonnenlicht auszusetzen, um eine ausreichende Vitamin D-Hormon Biosynthese sicher zu stellen. Des Weiteren rät HARCOURT-BROWN (1996), den Kaninchen nur kleine Mengen an Trockenfutter anzubieten und erst nachzufüllen, wenn das Futter, vor allem die mit Calcium und Phosphor angereicherten Pellets, aufgenommen wurden. Besonders selektiv Nahrung aufnehmenden Kaninchen oder Tieren mit sichtbaren Defekten, wie Querrillen in den Oberkieferincisivi aufgrund Calcifikationsstörungen, sollten zusätzliche, auf den Bedarf abgestimmte Vitamin- und Mineralstoffmischungen beigefüttert werden (HARCOURT-BROWN 1996). Zusätzlich sollte ein artgerechter Sozialkontakt ermöglicht werden (ALBONETTI et al. 1991, MORTON et al. 1993), um Stereotypen wie

Gitterbeißen aufgrund sozialer Isolation und nachfolgende Schneidezahnveränderungen (SCHWEIGART 1998) zu vermeiden (KROHN et al. 1999).

2.11 VORKOMMEN VON ZAHN- UND KIEFERVERÄNDERUNGEN BEI ANDEREN SPEZIES

Das Auftreten von Zahn- und Kieferveränderungen ist nicht nur auf Lagomorpha beschränkt, sondern auch bei zahlreichen weiteren herbivoren Spezies beschrieben, die ebenfalls in menschlicher Obhut gehalten werden. Außerdem werden vergleichend pathologische Veränderungen bei Wildtieren aufgeführt. Im Vordergrund stehen die anatomischen Besonderheiten jeder Spezies und die typischen Zahn- und Kiefererkrankungen.

2.11.1 Rodentia

Eine Gemeinsamkeit aller Rodentia ist das Vorhandensein nur eines Schneidezahnpaares im Oberkiefer, so dass sie als Simplicidendata bezeichnet werden (NACHTSHEIM 1936). Allerdings besitzen sie wie die Lagomorpha ein heterodontes Gebiss aus Schneide- und Backenzähnen (VAN FOREEST 1995), das allerdings keine lactalen Zähne aufweist (SHIPP und FAHRENKRUG 1992). Die Kieferbewegung findet jedoch weitgehend in vertikaler Richtung durch ein wechselndes Verschieben des Unterkiefers nach rostral und caudal statt (HÄUPL und WUNDERER 1958).

2.11.1.1 UNTERORDNUNG HYSTRICOMORPHA: MEERSCHWEINCHEN, CHINCHILLA UND DEGU

Nur Meerschweinchen haben weiße, unpigmentierte Zähne, bei Chinchilla und Degu sind die Incisivi gelb-orange durch eingelagertes Eisenoxid. Typisch für diese Unterordnung sind permanent wachsende, wurzellose Schneide- und Backenzähne. Das Verhältnis der sichtbaren Zahnkronen der Schneidezähne in Ober- und Unterkiefer beträgt in etwa 1:3 beim Meerschweinchen und 1:2 bei Chinchillas und Degus (EWRINGMANN 2005a). In jedem Kieferquadranten finden sich vier Backenzähne (BÖHMER 2011).

Meerschweinchen

In einer vergleichenden Studie zwischen Kaninchen, Meerschweinchen und Chinchillas ermittelten JEKL et al. (2008) beim Meerschweinchen mit 56,7 % von insgesamt 257 untersuchten Tieren die höchste Inzidenz für das Auftreten von Veränderungen an den Incisivi. FEHR et al. (2004) stellten Riesenzähne im Bereich der Incisivi und Makrodontien im Bereich der Backenzähne als kongenitale Anomalien fest.

Ebenso wie beim Kaninchen finden sich auch Stellungsfehler der Incisivi (FLECKNELL 1990).

Ein weiteres, oft beschriebenes Problem beim Meerschweinchen ist die sogenannte Brückenbildung der Backenzähne: Ein überlanges Wachstum führt zu einer massiven Bewegungseinschränkung der Zunge bis zur völligen Bewegungsunfähigkeit. Ein Abschlucken des Futters wird damit unmöglich (EICKHOFF 2005). Dies wird vor allem durch die physiologische Neigung der Backenzähne im Unterkiefer um ca. 40° nach lingual ermöglicht (WIGGS und LOBPRISE 1997, BÖHMER 2011). Eine weitere Erkrankung ist die intraorale Zahnkronenverlängerung, bei der es im Gegensatz zu Zahnwurzelerkrankungen, wie sie bei anderen Spezies auftreten, nur selten zu Auftreibungen am ventralen Rand der Mandibula kommt (CROSSLEY 1995c).

Ein Vitamin C-Mangel (JACOBSON und KOLLIAS 1998) wirkt sich nachteilig auf die Zahngesundheit aus, da dies den Kollagenmetabolismus und damit den Zahnhalteapparat beeinträchtigt, was sich in einer Lockerung der Zähne äußert (BROWN und ROSENTHAL 1997).

Chinchilla

Insgesamt sind Chinchillas im Vergleich zum Kaninchen häufig von Veränderungen an den Zähnen betroffen. So diagnostizierte CROSSLEY (2001) bei 35 % der ihm ohne Krankheitszeichen vorgestellten Tiere anormale Zahnbefunde, wobei Erkrankungen der Incisivi laut WENZEL et al. (1980) eine untergeordnete Rolle spielen. Hingegen postulierten DERBAUDRENGHIEN et al. (2010), dass die am weitesten verbreitete pathologische Veränderung am Gebiss der Chinchillas eine sekundäre Malokklusion der permanent wachsenden Incisivi ist, die ab etwa dem sechsten Lebensmonat diagnostiziert wird (STROKE et al. 1996). Anders als bei den Kaninchen kommt hier die alleinige Malokklusion der Schneidezähne aber kaum vor, vielmehr tritt sie häufig parallel oder als Folge von

Backenzahnveränderungen auf. Allerdings können Malokklusionen, die die Molaren betreffen, unabhängig auftreten (DERBAUDRENGHIEN et al. 2010).

Die nahezu horizontalen Okklusionsflächen der Backenzähne (CROSSLEY 1995c, CAPELLO 2008) ermöglichen das Entstehen sowohl von lingualen als auch bukkalen Kanten und Haken, die schmerzhaft Weichteilverletzungen nach sich ziehen (EICKHOFF 2005).

Des Weiteren treten Traumata auf, die von einer einfachen Dislokation der Unterkiefersymphyse bis zu komplexen Frakturen mit Einbeziehung der Incisivi reichen können. Verursacht werden die oralen Frakturen vor allem durch das Benagen harter Objekte (LEGENDRE 2003).

Seltener treten beim Chinchilla Karies, Odontome und Wurzelresorptionen auf (CROSSLEY et al. 1997). SCHWEIGART (1995) führt als Ursache für Zahnfehlstellungen beim Chinchilla auch genetische Faktoren an. Eine hohe Inzidenz an Hyperplasien der Nebenniere könnte laut CROSSLEY (2001) auch auf eine Beteiligung von Stress und Cortison an pathologischem Zahnwachstum hinweisen.

CROSSLEY und MIGUELEZ (2001) verglichen die Schädelgröße und die Länge der Backenzähne wildlebender und in Gefangenschaft gezüchteter Chinchillas und stellten fest, dass die wildlebenden Chinchillas im Vergleich zu ihren Artgenossen aus Zuchten oder Privathaushalten kaum von Zahnerkrankungen betroffen waren. Daraus zogen CROSSLEY und MIGUELEZ (2001) den Schluss, dass die wesentlichen ätiologischen Faktoren für dieses Geschehen in den Haltungsbedingungen und hier vor allem im Bezug auf Struktur und Zusammensetzung des angebotenen Futters zu vermuten sind.

Degu

In einer retrospektiven Studie ermittelten JEKL et al. (2010), dass Zahnerkrankungen der häufigste Befund bei den ihnen in der Praxis vorgestellten Degus waren. Konkret wiesen von insgesamt 300 untersuchten Degus 60 % erworbene Zahnerkrankungen auf, dabei waren vor allem Degus mit einem Alter von über zwei Jahren mit einer Prävalenz von 75 % vertreten.

Eine Malokklusion der Schneidezähne folgte üblicherweise auf eine Verlängerung der Zahnkronen der Backenzähne; nur in drei Fällen lag ein traumatisches Geschehen zu Grunde. Dabei erfolgte die Verlängerung an den Unterkieferbackenzähnen vorwiegend lingual, während an den maxillaren Molaren die Längenzunahmen hauptsächlich bukkal evident wurden.

Apikale Verlängerungen der Zahnkronen der Unterkieferbackenzähne konnten unkompliziert am ventralen Rand der Mandibula per Palpation detektiert werden. Bei einem Degu kam es durch den linken, verlängerten Prämolaren im Unterkiefer zu einer Perforation der Wange; in einem anderen Fall durchstieß der erste Molar auf der rechten Seite des Oberkiefers das *Os frontale* aufgrund einer apikalen Längenzunahme. Außerdem konnten bei 20 Degu-Patienten im Röntgenbild Elodontome, die teilweise die Nasenhöhle verlegten, festgestellt werden.

Der Begriff „Elodontom“ wurde von BOY und STEENKAMP (2006) vorgeschlagen als Bezeichnung für Odontome bei Tieren, die elodonte Zähne aufweisen.

JEKL et al. (2011a) untersuchten in einem Fütterungsversuch an 28 Degus den Einfluss einer übermäßig phosphorhaltigen Ration mit einem unangepassten Calcium-Phosphor-Verhältnis mit und ohne UV-Licht-Exposition. Dabei zeigten sich rasch Veränderungen in den Gruppen, deren Futterrationen ein 1:1 Verhältnis an Calcium und Phosphor aufwies. Auffällig waren Depigmentierungen der Incisivi bereits drei Wochen nach Versuchsbeginn. Außerdem kam es zu verstärktem Wachstum der Schneide- und Backenzähne. Bei einem Calcium-Phosphor-Verhältnis von 2:1 zeigte sich, dass sowohl Schneide- als auch Backenzähne in der Versuchsgruppe schneller wuchsen, welche UV-Licht exponiert war. Zudem konnte in dieser Arbeit auch gezeigt werden, dass Imbalancen in der Mineralstoffversorgung über das Futter zu einer abnehmenden Knochendichte und damit zu einer Zunahme von dentalen Erkrankungen und resorptiven Prozessen am Knochen im Bereich der Zahnapices führen.

In einer weiteren Publikation zeigten JEKL et al. (2011b) die Veränderungen an der Mikrostruktur der Schneidezähne von Nagern unter dem Einfluss einer zu hohen Zufuhr an Phosphor über das Futter auf. Die Zähne der Degus, die eine Ration mit einem nicht ausbalancierten Calcium-Phosphor-Verhältnis erhielten, fielen durch eine Abnahme der Amelogenese und Dentinogenese auf, wodurch es infolge zu einer dünneren Schmelz- und Dentinschicht kam. In der elektronenmikroskopischen Betrachtung konnten auch beachtliche Veränderungen in der Schmelzoberfläche festgestellt werden.

2.11.1.2 UNTERORDNUNG MYOMORPHA: RATTE, MAUS UND HAMSTER

Charakteristisch sind die gelb bis orange gefärbten Schneidezähne, die sich in einem Längenverhältnis von 1:2-3 (Maxilla:Mandibula) über die Gingiva erheben (EWRINGMANN 2005a). Tiere dieser Unterordnung haben aradikuläre, hypselodonte Incisivi. Die jeweils drei

Backenzähne in jedem Kieferquadranten besitzen jedoch eine echte Wurzel, sind also als radikulär zu bezeichnen (EWRINGMANN und GLÖCKNER 2008, BÖHMER 2011).

Außerdem findet kein Zahnwechsel statt, es handelt sich also um eine Monophyodontie (KEIL 1966, CROSSLEY 2010).

Da sowohl der Ober- als auch der Unterkieferbogen gleich weit sind, spricht man von einer isognathen Kieferstellung (BÖHMER 2011).

Meist sind die Incisivi von überlangem Wachstum oder Positionsabweichungen betroffen, die regelmäßig korrigiert werden müssen (CROSSLEY 2000).

SLOOTWEG et al. (1996) berichten über das spontane Auftreten von odontogenen Tumoren bei Ratten im Zusammenhang mit verzögertem Zahnwachstum und Malokklusion an den Incisivi und vermuteten ein zugrunde liegendes Trauma als Ursache. Durch Veränderungen am Kieferknochen und Kallusbildung könnte das Zahnwachstum eingeschränkt und nachfolgend die Bildung odontogener Massen begünstigt worden sein.

SCHOUR et al. (1949) und PHILIPPART et al. (1989) stellten in ihren Untersuchungen zu Odontomen am Rattenmodell fest, dass kongenital eine Ankylose der betroffenen Zähne vorlag. Dadurch kam es zu einer Ansammlung proliferativer odontogener Zellen. Diese Masse wiederum schloss dann den wachsenden Zahn in der Alveole ein.

2.11.1.3 UNTERORDNUNG SCIUROMORPHA

SAINSBURY et al. (2004) führten eine Studie an insgesamt 91 Europäischen Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*) durch, um die Prävalenz von Zahnkrankheiten bei wildlebenden Vertretern dieser Art im Vereinigten Königreich als ein Grund für das Sterben der Europäischen Eichhörnchen zu erforschen. Des Weiteren erhofften sie sich Hinweise auf die Ätiologie oraler Erkrankungen bei Europäischen Eichhörnchen. Am häufigsten fanden sich Malokklusionen der Schneidezähne, verursacht unter anderem durch dento-alveoläre Abszesse im Bereich der Zahnapices und Sklerosen sowie Nekrosen der Pulpahöhle, die wahrscheinlich aus Verletzung und Infektion resultierten. Abschließend postulierten SAINSBURY et al. (2004), dass Zahnerkrankungen bei wildlebenden Europäischen Eichhörnchen nur selten auftreten und damit keinen wesentlichen Einfluss auf die Population nehmen. Hingegen untersuchten BOY und STEENKAMP (2006) neun als Heimtiere gehaltene Smith-Buschhörnchen (*Paraxerus cepapi*) und diagnostizierten in allen Fällen ein Odontom, uni- oder bilateral auftretend. Die Pathogenese ist noch nicht vollständig geklärt,

doch vermuten BOY und STEENKAMP (2006), dass vor allem traumatische Ursachen, wie sie PHALEN et al. (2000) auch für Präriehunde anführen, wahrscheinlich sind.

2.11.2 Reh

MEYER berichtete 1975a über eine beidseitige Doppelhakenbildung bei einem Rehbock, also das Auftreten von Eckzähnen. Dies betraf sowohl die deziduate als auch die permanente Zahngeneration, obwohl beim Reh physiologischerweise keine Canini vorhanden sind. Hierbei handelt es sich um ein seltenes Ereignis, da sich das atavistische Auftreten der phylogenetisch verschwundenen Eckzähne beim Reh normalerweise auf das Milchgebiss beschränkt. Auch LUTZ stellte 1994 einen Fallbericht über eine solche Polydontie vor. Außerdem kommen beim Rehwild (*Capreolus capreolus L.*) auch angeborene Oligodontien vor (MEYER 1977). Häufig fehlen der zweite Prämolare oder der dritte Molar im Unterkiefer. Diese Abweichungen können sowohl symmetrisch in beiden Mandibulalhälften als auch asymmetrisch auftreten. MEYER (1977) sieht darin eine Bestätigung der Hypothese AGDUHRs (1921, zitiert nach MEYER 1975b), welche besagt, dass sich Variationen häufiger an Organen und Organteilen ereignen, die für die Arterhaltung relativ bedeutungslos sind. Dies trifft auf beide hier hauptsächlich betroffenen Zähne zu, obschon der Molar zumindest beim älteren Reh einen gewissen Anteil an der Kauarbeit leistet und damit auch für die Nahrungsaufnahme wichtig ist. Allerdings findet die zum Arterhalt nötige Reproduktion vorwiegend zu einem früheren Zeitpunkt statt, so dass spätere Tierverluste durch unzureichende Futteraufnahme aufgrund pathologischer Zahnbefunde nicht ins Gewicht fallen (MEYER 1977).

2.12 GENETISCHE ASPEKTE ALS GRUNDLAGE ZUR SCHÄTZUNG VON HERITABILITÄTEN IM BEZUG AUF ZAHN- UND KIEFERMERKMALE

Grundsätzlich handelt es sich bei Zahn- und Kieferveränderungen, insbesondere bei der Ätiologie von Anomalien während der Zahnentwicklung, um komplexe Interaktionen auf vielen verschiedenen Ebenen zwischen genetischen, epigenetischen und umweltbedingten Faktoren. Diese beeinflussen nicht nur die Entwicklung einzelner Zähne, sondern auch das Gefüge aller Zähne untereinander (BROOK 2009). Detaillierte Informationen liegen insbesondere aus der Humanmedizin vor. Dort werden häufig Studien mit Zwillingsmodellen zur Untersuchung des Zahnstatus⁴ verwendet, um genauere Aussagen zum genetischen und

umweltbedingten Anteil an beobachtbaren Zahnveränderungen treffen zu können (TOWNSEND et al. 2008). Neben den additiven und nicht additiven Faktoren müssen auch die Einflüsse der gemeinsamen Umwelt sowie Umweltbedingungen, die nur das Individuum betreffen, im Modell berücksichtigt werden. Des Weiteren sind Interaktionen und Korrelationen zwischen Umwelt und Genetik zu beachten (TOWNSEND et al. 2008). Als allgemeine Umweltfaktoren werden Klima, Ernährung, Lebensstil, Gewohnheiten, den Okklusionsdruck betreffend, muskuläre Malformationen und Zahnbehandlungen betrachtet (MOSSEY et al. 1999). Der Verteilung und Weitergabe von Genen kommt bei der Betrachtung bestimmter Merkmale in einer Population eine entscheidende Bedeutung zu. Genügt ein Allel, damit ein Phänotyp sichtbar wird, liegt ein dominanter Erbgang vor; sind zwei Allele nötig, verläuft die Vererbung rezessiv. Außerdem gibt es Gene, die ausschließlich geschlechtsgebunden über das X-Chromosom weitervererbt werden. Die meisten Veränderungen können jedoch nicht auf ein einzelnes Gen, sondern auf mehrere zurückgeführt werden. Diese können dann als kontinuierliche oder diskontinuierliche multifaktorielle Merkmale angesprochen werden. Erstere zeichnen sich dadurch aus, dass sich die Mehrheit der Individuen bezüglich einer betrachteten Eigenschaft um einen Mittelwert verteilt. Bei diskontinuierlichem Vorliegen wird angenommen, dass das Merkmal nur phänotypisch sichtbar wird, wenn es durch umweltbedingte und genetische Einflussfaktoren zur Überschreitung einer gewissen Schwelle kommt. Zur genaueren Beschreibung populationsgenetischer betrachteter Merkmale werden außerdem die Begriffe Penetranz und Expressivität verwendet. Dabei beschreibt Penetranz die Häufigkeit eines bestimmten Gens in einer Population, während sich die Expressivität auf das Individuum bezieht (MOSSEY et al. 1999).

Auf molekularer Ebene sind beim Menschen ca. 300 Gene bekannt, welche zur Entwicklung von Zähnen beitragen (THESLEFF 2006), wobei die meisten an der zellulären Kommunikation beteiligt sind (OHAZAMA et al. 2008).

Bei der craniofazialen Entwicklung während der Embryogenese spielen vor allem sogenannte Homeobox-Gene eine wesentliche Rolle. Hierbei handelt es sich um Gene, die evolutionär hochkonserviert in verschiedenen Organismen vorliegen. Bedeutsam sind vor allem die Hox-Gruppe, MSX1 und 2 (MOSSEY et al. 1999). Verschiedene Phänotypen bei Mensch und Maus und ihre entsprechenden Gene bzw. Proteine sind in Tabelle 3 aufgelistet.

LITERATURÜBERSICHT

Tabelle 3: Zahnveränderungen und zugrunde liegende Gene bzw. die exprimierten Proteine

Merkmal	Spezies	Gen	Protein	Literatur
Hypodontie/ Agenesie	Mensch	MSX1, PAX9, AXIN2, EDA		RASOOL et al. (2008) STOCKTON et al. (2000) HU et al. (1998) MOSTOWSKA et al. (2006)
Überzählige Zähne	Maus	FGF, BMP	Eda, Apc, Shh	OHAZAMA et al. (2008) KLEIN et al. (2006) WANG et al. (2009) MUSTONEN et al. (2003) CHARLES et al. (2011)
Microdontie	Mensch	PAX9		BROOK et al. (2009)
Anomalien der Zahnstruktur während der Differenzierung und Biomineralisation				
Dentinveränderungen	Maus		Dspp	OKA et al. (2007)
Schmelzveränderungen	Mensch, Maus	AMELX, ENAM, MMP20, KLK4, DLX3		WRIGHT et al. (2009) DONG et al. (2005)

Für einige Zahn- und Kiefermerkmale liegen aus der Humanmedizin auch konkrete Zahlen zur Heritabilitätsschätzung vor. So nennen TOWNSEND et al. (2006) unter anderem für die Merkmale des horizontalen bzw. vertikalen Überbisses h^2 von 28 bzw. 53 %.

3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 TIERE, MATERIAL UND METHODEN

3.1.1 Tiere

Insgesamt wurden 14 männliche und 18 weibliche Zuchtkaninchen zehn verschiedener Rassen, sowie 235 daraus gezogene Jungtiere, reinrassig oder Kreuzungen, in die Studie einbezogen. Zwischen zwei dieser Jungtiere erfolgte außerdem, als diese ausgewachsen waren, eine Anpaarung mit zwölf Nachkommen. Eine Übersicht über die Abstammung aller Jungtiere und die Anzahl an Kaninchen bis zum Zeitpunkt des Absetzens ($n=232$) und bis zum Erreichen des Adultstatus ($n=209$) zeigt Tabelle 1A im Anhang.

Die durchgeführten Untersuchungen an den Kaninchen waren zuvor als Tierversuch vom Regierungspräsidium Gießen (Gi 17/11 Nr. 65/2011) genehmigt worden.

3.1.2 Untersuchungsbetrieb

Alle in die Untersuchung einbezogenen Kaninchen waren auf der Lehr- und Forschungsstation „Oberer Hardthof“ des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität Gießen, untergebracht. Für die Besatzdichte aller Haltungsformen wurde die Richtlinie 63/2010/EU zugrunde gelegt. Soweit verträglich, wurden Häsinnen, die nicht im Zuchteinsatz waren, vergesellschaftet, um einen artgerechten Sozialkontakt zu ermöglichen (ALBONETTI et al. 1990, MORTON et al. 1993). Jungtiere nach dem Absetzen wurden in gleichgeschlechtlichen Gruppen gehalten, um ungeplante Nachzuchten zu verhindern. Jungrammler wurden getrennt, sobald agonistisches Verhalten zu beobachten war. Die Zuchtrammler wurden einzeln gehalten, um schwere Verletzungen, wie sie bei männlichen Tieren nach Eintritt der Geschlechtsreife häufig sind (QUINN 2012), zu vermeiden. Allerdings war durch ein Gitter der Kontakt zum benachbarten Kaninchen möglich. Bei auftretenden Erkrankungen im Bestand wurden geeignete therapeutische Maßnahmen ergriffen.

3.1.3 Klimakammer

Hierbei handelte es sich um Räumlichkeiten der Lehr- und Forschungsstation „Oberer Hardthof“ der Justus-Liebig-Universität Gießen, die durch den Einsatz einer Klimaanlage (Toshiba Europe GmbH, Neuss) auf Temperaturen von 18-28 °C eingestellt und belüftet werden konnten. Neben zwei Fenstern, die einen natürlichen Lichteinfall erlauben, wurde ein Lichtregime mit 16 Stunden Beleuchtung (6-22 Uhr) und acht Stunden Dunkelheit geführt.

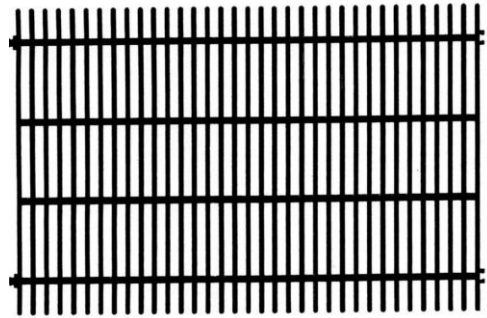


Abb. 1: Kunststoffboden mit einer Spaltenweite von 13 mm und einer Auftrittsbreite von 5 mm, Quelle: www.Frikola.de

Die Kaninchen wurden hier in Drahtgitterkäfigen der Firma Frikola, Vechta, aufgestellt. Die Haltung erfolgte auf perforiertem Kunststoffboden (Abb.1). Jedes Kaninchen hatte eine zweite Ebene aus planem Kunststoff zur Verfügung. Hier wurden die Kaninchen nach Zukauf von externen Züchtern zur Einhaltung einer Quarantänezeit von mindestens vier Wochen eingesetzt, bevor sie in die Außenhaltung verbracht wurden. Am Tag nach der Ankunft wurde jedes neu hinzugekommene Tier allgemein klinisch untersucht und der Zahnstatus durch Adspektion und Palpation von Kopf und Schneidezähnen erhoben.

3.1.4 Außenhaltung

Die Außenhaltung der Kaninchen umfasste 51 Betonboxen (Beton Fertigteile Systeme Weis, Saarwellingen, Abb. 2), sowie drei kleine (Eigenbau, Abb. 3) und 15 große Gruppenbuchten (Eigenbau, Abb. 4).



Abb. 2: Betonboxen für Kaninchen

3.1.4.1 BETONBOXEN

Eine Betonbox umfasste eine Grundfläche von H 50 x B 64 x T 80 cm. Durch Entfernen des Kunststoffgitters (Eigenbau) zwischen zwei Boxen, welches benachbarten Kaninchen optischen Kontakt bot, konnten Doppelbuchten für zwei miteinander verträgliche Kaninchen geschaffen werden. Als Einstreu wurden eine Schicht Weichholzspäne und darauf Stroh verschiedener Getreidearten (vor Ort geworben) gewählt. Jede Betonbox verfügte über eine zweite Ebene aus planem Kunststoff (H 25 x B 62 cm x T 30 cm, Eigenbau).

3.1.4.2 KLEINE GRUPPENBUCHTEN

Die Maße beliefen sich auf H 125 x B 70 x T 115 cm. Der Grundaufbau bestand aus Holz, die Wände waren aus hygienischen Gründen mit Blechplatten verkleidet. Diese Buchten waren mit perforiertem Kunststoffboden (Abb. 1) ausgelegt.

Futter wurde über Futterautomaten (Abb. 3) vorgelegt.

Je nach Bedarf wurden die Abteile mit adulten Zuchttieren oder abgesetzten Jungtieren belegt. Jede Bucht war mit einer Kiste aus Resopal[®]-Platten (H 45 x B 40 x T 50 cm, Eigenbau), die gleichzeitig als zweite Ebene und Rückzugsmöglichkeit diente, ausgestattet. Als Einstreu wurden Weichholzspäne und Stroh verschiedener Getreidesorten (vor Ort geworben) verwendet. Über einen vergitterten Durchlass konnten die Kaninchen benachbarter Boxen Sichtkontakt herstellen.

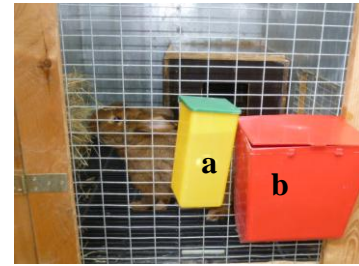


Abb. 3: Kleine Gruppenbucht mit Nippeltränke (a) und Futterautomat (b)

3.1.4.3 GROBE GRUPPENBUCHTEN

Diese Abteile (H 145 x B 145 x T 110 cm, Abb. 4) waren in drei Reihen, jeweils durch einen Gang getrennt, mit je fünf Buchten angeordnet. Die Fütterungstechnik in allen Reihen und der Bodenbelag in einer Reihe entsprachen den kleinen Gruppenbuchten. In zwei Reihen wurde ein perforierter Kunststoffboden mit einer Spaltenweite von 15 mm und einer Auftrittsbreite von 20 mm verwendet.



Abb. 4: Große Gruppenbuchten

Die Wasserversorgung in Reihe zwei wurde durch an der Rückwand angebrachte Vorlaufbehälter (Abb. 5) sichergestellt.

Die Wasserentnahme durch die Kaninchen in der Bucht fand über eine an der Boxenwand befestigte Tränkeleiste mit vier Tränkenippeln statt. In jeder Bucht gab es ebenfalls eine mit Späne und Stroh eingestreute Kiste aus Resopal[®]-Platten (H 45 x 45 B x 80 T cm, Eigenbau).



Abb. 5: Vorlaufbehälter

3.1.5 Fütterung

Die Wasserversorgung erfolgte mittels Kunststoff-Nippeltränken (Abb. 3). Alle Tiere hatten Heu ad libitum aus Drahttraufen zur Verfügung. Darüber hinaus erfolgte die Fütterung mit einem pelletierten Alleinfuttermittel für Kaninchen („HASFIT CARAT“, Raiffeisen Waren-Zentrale Rhein-Main eG, 50 469 Köln, Werk Wiesbaden, Tab. 2A, Anhang). Hochtragenden (dies bezieht sich auf die letzten drei bis fünf Tage vor dem erwarteten Wurftermin) und laktierenden Häsinnen bis zum Absetzen der Jungtiere sowie abgesetzten Jungtieren in der Gruppenhaltung stand das Futter ad libitum in Kunststoff-Futterautomaten zur Verfügung, um eine ausreichende Versorgung aller Tiere sicher zu stellen (Abb. 3). Laktierenden Häsinnen sowie den Jungtieren in der Gruppenhaltung nach dem Absetzen standen zwei Futterautomaten pro Bucht zur Verfügung, um ein dauerndes Abdrängen durch ranghöhere Tiere zu vermeiden. Die Zuchtrammler sowie Häsinnen, die nicht in Reproduktion waren, erhielten das pelletierte Alleinfutter individuell rationiert. Dies wurde durch die klinische Erfassung der Körperkondition und durch Ermitteln des Körpergewichtes in Anlehnung an den Rassestandard 2004 (JAKOBS et al. 2004) kontrolliert.

3.1.6 Prophylaktische Maßnahmen

Alle Kaninchen im Bestand wurden regelmäßig, nach Vorgabe des Herstellers, mit Cunivak MYXO und Cunivak RHD (IDT Biologika GmbH, Dessau) gegen Myxomatose und Rabbit Haemorrhagic Disease geimpft.

3.1.7 Zuchtplanung

Die Zuchtplanung sah vor, jeden der 14 Rammler mit vier verschiedenen Häsinnen zu verpaaren, wobei es das Ziel war, mindestens eine reinrassige Nachzucht zu erhalten. Hierbei musste die Häsin mindestens aus der gleichen Größenkategorie nach dem Standard des Zentralverbandes Deutscher Rassekaninchen-Züchter (JAKOBS et al. 2004) stammen oder eine Häsin wurde mit einem leichteren Rammler verpaart.

3.1.8 Versuchsablauf

Bei Elterntieren erfolgten die Durchführung der klinischen Untersuchung von Kopf, Kiefer und Zähnen am wachen Kaninchen sowie die Blutentnahme vor dem ersten Zuchteinsatz. Bei zugekauften Tieren wurde die Blutprobe frühestens 14 Tage nach Eingliederung in die Außenhaltung entnommen.

Die Jungtiere wurden in der dritten Lebenswoche das erste Mal untersucht. Ab diesem Zeitpunkt fanden wöchentliche Untersuchungen der Maulhöhle bis zum Absetzen von der Häsin im Alter von acht Wochen statt. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die erste Blutentnahme, die Erfassung des Absetzgewichtes sowie die dauerhafte Kennzeichnung der Tiere durch Tätowierung einer Nummer ins linke Ohr durchgeführt. Danach, bis zum Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus (Tab. 4), wurden diese Befunde an Kopf, Kiefer und Zähnen im Abstand von 14 Tagen erhoben (Abb. 6).

Tabelle 4: Für diese Untersuchung festgelegte Zeitpunkte des Erreichens des rasseabhängigen Adultstatus in Anlehnung an Literaturangaben zur Geschlechtsreife* sowie die Zuteilung in eine Gruppe nach der Größe

Einteilung der eingesetzten Rassen nach Größe/Gewicht nach ZDRK-Standard (JAKOBS et al. 2004)	Lebensalter bei Erreichen des Adultstatus in Monaten	Größe
Zwergrassen und kleine Rassen:		
Holländische Zwergwidder, Deutsche Kleinwidder, Kleinsilber	5	a
Mittelgroße Rassen:		
Blaue Wiener, Rote Neuseeländer, Thüringer, Rheinische Schecken, Weißgrannen, ZiKa [#]	6	b
Große Rassen:		
Deutsche Riesenschecken	7	b

*LÖHLE 1995, GRÜN 1999, WARRLICH 2011

[#] Masthybride

Der Adultstatus wurde in Anlehnung an Literaturangaben zur Geschlechtsreife nach der Größe der Rasse determiniert (LÖHLE 1995, GRÜN 1999, WARRLICH 2011). So ergeben sich für Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen maximal 13, für Tiere mittelgroßer Rassen 15 und für Vertreter großer Rassen höchstens 17 Untersuchungen. Die Rassen wurden in zwei Größengruppen eingeteilt (Tab. 4). Jedes Jungtier wurde auch im Alter von drei Monaten gewogen. Bei Erlangen des Adultstatus erfolgte die zweite Blutentnahme. Von jedem Wurf wurden je ein männliches und ein weibliches Tier als Zufallsstichprobe gezogen. Diese Kaninchen wurden dann einer ausführlichen Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie unterzogen. Bei entsprechender Indikation, die sich aus einer vorangegangenen klinischen Untersuchung der Maulhöhle ergab, wurden Röntgenbilder des Schädels angefertigt (Abb. 6). Für die Untersuchung der Kaninchen in Narkose sowie die Anfertigung von Röntgenbildern wurden ausschließlich ausgewachsene Tiere herangezogen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

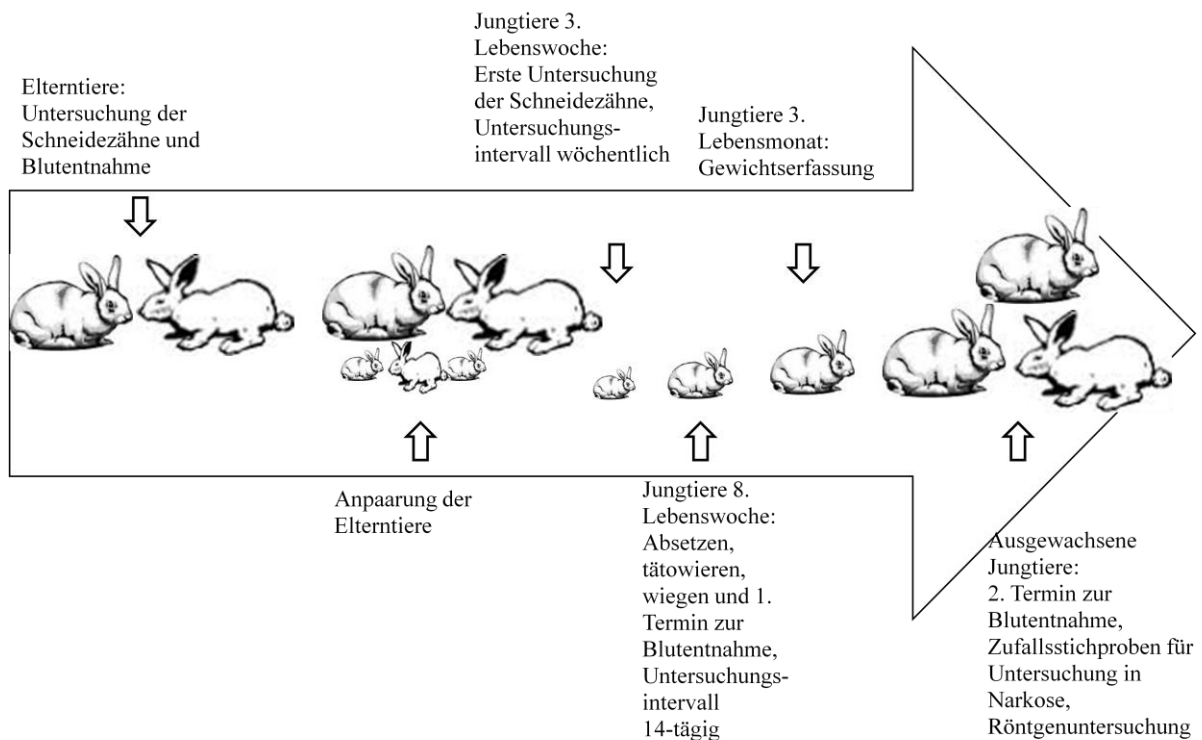


Abb. 6: Darstellung des zeitlichen Ablaufes der Datenerhebungen bei Eltern- und Jungtieren

3.1.9 Klinische Untersuchung der Maulhöhle

Für die klinische Untersuchung der Maulhöhle wurde das Kaninchen von einer Hilfsperson manuell auf dem Untersuchungstisch fixiert. Zunächst erfolgten eine Adspektion und Palpation von Kopf und Kiefer. Anschließend wurde die Oberlippe zurück- und die Unterlippe nach unten gezogen, um den Zahnbefund an den Incisivi (Abb. 7) erheben zu können.



Abb. 7: Befunde an den Incisivi: a. Brachygnathia superior, b. fehlender Incisivus 301 und schräge Incisalfläche im Oberkiefer, c. kleine Zahnücke zwischen und Querrillen auf den Unterkieferincisivi, schräge Incisalfläche

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die hierbei erfassten Parameter, die den Status „zahnkrank“ bestimmen, sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Methoden und erfasste Parameter in der klinischen Untersuchung der Maulhöhle am wachen Kaninchen (modifiziert nach BÖHMER 2011) und dem Befundbogen nach CROSSLEY (aus BÖHMER 2011)

Methode	Parameter
Adspektion des Kopfes	<ul style="list-style-type: none"> • Asymmetrien • Augen- und Nasenausfluss (Schweregrad und Qualität) • Epiphora, (Kerato-) Konjunktivitis, Dakryozystitis • Enophthalmus, Protrusio bulbi, Nickhautvorfall, Exophthalmus • Hypersalivation • Incisivi sichtbar ohne Zurückziehen der Oberlippe?*
Palpation des Kopfes	<ul style="list-style-type: none"> • Asymmetrien • Umfangsvermehrungen: Konsistenz, Größe, Dolenz ? • Insbesondere knöcherne Auftreibungen am Ventralrand der Mandibula vorhanden?*
Adspektion/Palpation der maxillaren Incisivi und Stifzähne	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl* • Position, Umfang und Länge der Zahnkrone * • Farbe* (Schmelzveränderungen werden als Schmelzhypokalzifikation nach BÖHMER 2011 definiert) • Okklusionsfläche und Okklusion * • Oberflächenstruktur* (Querrillen)
Adspektion/Palpation der mandibularen Incisivi	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl* • Position, Umfang und Länge der Zahnkrone * • Farbe* (Schmelzveränderungen werden als Schmelzhypokalzifikation nach BÖHMER 2011 definiert) • Okklusionsfläche und Okklusion * • Oberflächenstruktur* (Querrillen) • Zahnücke zwischen den Incisivi*#

* Parameter, die den Status „zahnkrank“ bestimmen

Zahnücke definiert als sichtbarer Zwischenraum zwischen den Unterkieferincisivi

Je nach den Befunden zwischen verschiedenen Untersuchungszeitpunkten wurden die Kaninchen in verschiedene Kategorien (Tab. 6) eingeteilt, um Häufigkeiten von Zahnveränderungen darzustellen. Hier wurden ebenfalls die Zahn- und Kieferveränderungen, wie sie Tabelle 5 zu entnehmen sind, für eine Zuordnung zu Kategorie 1-4 zugrunde gelegt.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Tabelle 6: Kriterien zur Einteilung der Kaninchen in Kategorien nach den Befunden der klinischen Untersuchung der Maulhöhle zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten

Kategorie	Kriterien	
	Erste Untersuchung	Letzte Untersuchung im definierten Zeitraum
1	Ohne besonderen Befund	Ohne besonderen Befund
2	Ohne besonderen Befund	Veränderte Parameter nach Tabelle 5
3	Veränderte Parameter nach Tabelle 5	Ohne besonderen Befund
4	Veränderte Parameter nach Tabelle 5	Veränderte Parameter nach Tabelle 5

Zusätzlich wurde zu jeder Untersuchung eine Befundeinteilung in drei Merkmalskomplexe („Zahnstatus gesamt“ (Vorliegen von Parametern nach Tabelle 5 außer Augen- und Nasenausfluss), „hochgradige Zahnveränderungen“ (Aufbiss und Brachygnathia superior) und „Veränderungen des Zahnschmelz“ (Querrillen und Verfärbungen des Zahnschmelz durch Hypocalcifikation)) vorgenommen, um Aussagen über den Verlauf von Zahn- und Kieferveränderungen machen zu können.

3.1.10 Blutentnahme und blutchemische Untersuchungen

Die Blutproben wurden an der äußeren Ohrtrandvene (*V. auricularis lateralis*) mit einer sterilen Einmalkanüle von 22 G (Sterican[®] B. Braun, Melsungen) entnommen. Vor der Punktion wurde das Ohr mit Alkohol 70 % (Stockmeier Chemie GmbH & Co. KG, Dillenburg) desinfiziert und anschließend eine Lokalanästhesie mit Lidocain (Xylocain-Pumpspray, Astra Zeneca, Wedel) durchgeführt. Dabei wurden 2 ml Blut entnommen, die in einem Serumröhrchen (9 ml Monovette, Sarstedt, Nümbrecht) aufgefangen wurden. Etwa eine halbe Stunde nach der Entnahme wurden die Probenröhrchen für 10 Minuten bei 20° C und 2500 Umdrehungen/Minute zentrifugiert (Zentrifuge 5810 R, Eppendorf, Hamburg). Der dabei gewonnene Serumüberstand wurde mit einer Pipette (Pipetman P1000, Gilson, Villiers le Bel) mit Einwegpipettenspitzen (100 µl, nerbe plus GmbH, Winsen/Luhe) in autoklavierte Reagiergefäße (2 ml safe-seal Reagiergefäße, Sarstedt, Nümbrecht) überführt und anschließend bis zur Analyse der Mineralstoffkonzentrationen bei -18 °C eingefroren. Die Analyse der Blutproben erfolgte im Zentrallabor der Klinik für Innere Medizin der Kleintiere der Justus-Liebig-Universität Gießen. Dabei wurden das Gesamtcalcium und das anorganische Phosphat mit dem ABX Pentra 400 (Horiba, Darmstadt), das ionisierte Calcium und Magnesium mit dem Nova CRT 8 (Nova Biomedical GmbH, Rödermark) bestimmt.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Außerdem wurde erfasst, ob das jeweilige Kaninchen sichtbare Schmelzveränderungen (Hypocalcififikation oder Querrillen) an den Schneidezähnen zum Zeitpunkt der Blutentnahme aufwies.

Die Tierzahlen, jeweils für Jung- und Elterntiere, dargestellt nach Geschlecht sowie den untersuchten Parametern Größe (Tab. 4), Zeitpunkt der Blutentnahme und Vorliegen von Schmelzveränderungen, sind in Tabelle 7 für Gesamtcalcium, ionisiertes Calcium, Phosphor sowie das Calcium-Phosphor-Verhältnis dargestellt.

Tabelle 7: Übersicht über die Anzahl der Kaninchen und Proben für die Analyse von Gesamtcalcium, ionisiertem Calcium, Phosphor und dem Calcium-Phosphor-Verhältnis

Parameter	Elterntiere		Jungtiere		
	m	w	m	w	
Größe	a	3	2	8	12
	b	11	15	100	107
Termin	1		Ca _{ges.} , P, Ca:P: je 108 Ca _{ion.} : 108	Ca _{ges.} , P, Ca:P: je 117 Ca _{ion.} : 117	
	2		Ca _{ges.} , P, Ca:P: je 97 Ca _{ion.} : 96	Ca _{ges.} , P, Ca:P: je 103 Ca _{ion.} : 103	
	3	14	17		
Schmelz- veränderungen	pos.	2	4	Termin 1: 12 Termin 2: 5	Termin 1: 22 Termin 2: 15
	neg.	12	13	Termin 1: 96 Termin 2: 92	Termin 1: 97 Termin 2: 88

m= männlich, w= weiblich, a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen, Termin 1= Jungtiere im Absetzalter von 8 Wochen, Termin 2= ausgewachsene Jungtiere, rasseabhängig siehe Tab. 4, Termin 3= Elterntiere, pos.= Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar, neg.= keine Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar, Ca_{ges.}= Gesamtcalcium, P= Phosphor, Ca:P= Verhältnis Gesamtcalcium:Phosphor, Ca_{ion.}= ionisiertes Calcium
 Von der jeweiligen Gesamtzahl der Tiere abweichende Probenzahlen sind durch zu geringe/ nicht entnehmbare Mengen an Blut bedingt

Die Tabelle 8 gibt die Anzahl der Kaninchen und Blutproben für das ionisierte Magnesium wieder.

Tabelle 8: Übersicht über die Anzahl der Kaninchen und Proben für die Analyse von ionisiertem Magnesium

Parameter	Elterntiere		Jungtiere		
	m	w	m	w	
Größe	a	3	2	Termin 1:6	Termin 1:11
				Termin 2:6	Termin 2:11
	b	11	14	Termin 1:77	Termin 1:87
				Termin 2:75	Termin 2:90
Termin	1		83	98	
	2		81	101	
	3	14	16		
Schmelz- veränderungen	pos.	2	4	Termin 1:7	Termin 1:19
				Termin 2:4	Termin 2:15
	neg.	12	12	Termin 1:76	Termin 1:79
				Termin 2:77	Termin 2:86

m= männlich, w= weiblich, a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen, Termin 1= Jungtiere im Absetzalter von 8 Wochen, Termin 2= ausgewachsene Jungtiere, rasseabhängig siehe Tab. 1, Termin 3= Elterntiere, pos.= Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar, neg.= keine Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar
 Von der jeweiligen Gesamtzahl der Tiere abweichende Probenzahlen sind durch zu geringe/ nicht entnehmbare Mengen an Blut bedingt

3.1.11 Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie

Vor der Narkoseeinleitung erfolgte eine allgemeine klinische Untersuchung, bei der das Allgemeinbefinden, die Schleimhäute der Konjunktiven, des Mauls und der Genitalregion beurteilt wurden. Herz- und Atemfrequenz wurden ermittelt (Classic II Infant Stethoskop, Littmann, Neuss) sowie die Körpertemperatur rektal bestimmt (Thermometer Microlife VT 1831, Tierärztebedarf J. Lehnecke GmbH, Schortens). Zur genauen Dosierung der Narkotika wurde jedes Kaninchen gewogen (Plattformwaage DE 60K20N, Kern+Sohn GmbH, Balingen-Frommern). Die erhobenen Parameter wurden in einem Narkoseprotokoll dokumentiert (Abb. 1A, Anhang). Vor und nach der Narkose stand den Tieren Heu und Wasser ohne Einschränkung zur Verfügung.

Die Injektionsnarkose erfolgte mit 35 mg/kg Körpergewicht Ketaminhydrochlorid (Ursotamin[®], Serumwerk Bernburg AG, Bernburg) und 0,25 mg/kg Körpergewicht Medetomidinhydrochlorid (Domitor[®], Orion Corporation, Espoo) nach dem Protokoll von

HABERSTROH und HENKE (2004). Die Applikation erfolgte intramuskulär in den *Musculus quadriceps femoris* mit maximal 1 ml Substanz pro Applikationsort. Nach Wirkungseintritt der Narkose wurden die Kaninchen in Brust-Bauchlage auf dem Untersuchungstisch auf einer wärmenden Unterlage positioniert, um eine Hypothermie zu vermeiden. Zunächst erfolgten eine ausgiebige Adspektion und Palpation von Kopf, Kiefer und Schneidezähnen, bevor ein Kiefersperrer und ein Wangenspreizer eingesetzt wurden, um auch den caudalen Bereich der Maulhöhle einsehen und insbesondere die Backenzähne beurteilen zu können (Abb. 8). Der Zahnstatus wurde erhoben und in einem Zahn- und Kieferbefundbogen (Abb. 2A, Anhang) nach CROSSLEY aus BÖHMER (2011) dokumentiert. Schmelzveränderungen wurden entweder als horizontale Rillen in den Schneidezähnen (HARCOURT-BROWN 1996) oder als Schmelzhypocalcifikation mit Ausbildung milchig-weißer Flecken auf transparentem Schmelz (BÖHMER 2011) charakterisiert. Zusätzlich wurde vermerkt, ob ein Zwischenraum zwischen den beiden Unterkieferincisivi (Zahnlücke) vorhanden war. Als große Zahnlücken wurden Zwischenräume mit mehr als der halben Breite der Incisivi bezeichnet. Außerdem wurden Fotografien angefertigt (Lumix DMC-ZX3, Panasonic, Hamburg). Nach Beendigung der Untersuchung wurden die Kaninchen bis zum Erwachen unter ständiger Beobachtung in Einzelboxen untergebracht und anschließend zurück in den Stall verbracht.



Abb. 8: Blick in die Maulhöhle eines Kaninchens. Die Molaren sind durch den Einsatz von Kiefersperrer und Wangenspreizer zu sehen

3.1.12 Röntgen

Insgesamt wurden Röntgenbilder von vier adulten Zuchttieren (Tab. 1A, Anhang) und 27 ausgewachsenen Jungtieren angefertigt. Die Einteilung in zahnkrank und zahngesund erfolgte nach den Kriterien der klinischen Untersuchung (s. Kap. 3.1.9, Tab. 5). Eine Indikation für das Röntgen eines Kaninchens ergab sich aus Befunden der regelmäßigen klinischen Untersuchung von Schädel und Schneidezähnen, einzeln oder in Kombination vorliegend. Zu diesen Befunden gehörten Epiphora, Dakryozystitis, Exophthalmus, Aufbiss, Brachygnathia superior, fehlende Incisivi, eine Zahnücke zwischen den Unterkieferincisivi und palpierbare Auftreibungen am Ventralrand der Mandibula. Jedem klinisch zahnkranken Jungtier wurde ein klinisch zahngesundes Geschwistertier als Kontrolle zugeordnet.

Das Röntgen erfolgte in der Klinik für Kleintiere, Chirurgie, der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die präanästhetische Untersuchung, das Narkoseregime und die Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie sind Kapitel 3.1.11 zu entnehmen. Von jedem Kaninchen wurden, jeweils rechts anliegend, eine seitliche Aufnahme sowie zwei laterale Schrägprojektionen, um etwa 40° gekippt, angefertigt. Alle Röntgenbilder wurden mit der Obertischröhre Sapphire (Varian Medical Systems, Inc., USA) erstellt. Bei allen Aufnahmen betrug der Film-Fokus-Abstand 1,00 m. Es wurden digitale Detektorplatten (Kassettengröße 18/24 und 24/30: IP CASSETTE type C Pb; Kassettengröße 35,4/43: IP CASSETTE type CC Pb) der Firma Fujifilm Europe GmbH (Düsseldorf), in Verbindung mit dem Auslesegerät PCR Eleva Cosimax (Phillips Deutschland GmbH, Hamburg) verwendet. Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte durch Darstellung mit dem Praxisverwaltungsprogramm EasyVet (Version 6.0.2.07, IFS Informationssysteme GmbH, Hannover).

3.1.13 Beurteilung der Röntgenbilder

Der Schwerpunkt der Beurteilung der Röntgenbilder lag auf der latero-lateralen Projektion, die Schrägaufnahmen wurden zur Ergänzung und zur Befundabsicherung angefertigt. Die weitere Beurteilung erfolgte durch manuelle Messung von acht Strecken in Millimetern (mm) und zwei Winkeln in Grad (°) nach der Methode von HOLTGRAVE und MÜLLER (1993). Zusätzlich wurden zwei weitere Strecken an der Maxilla vermessen: \overline{XY} als vordere, obere Kieferlänge zwischen der Caudalfläche der Stiftzähne und der rostralen Fläche des ersten Prämolaren und \overline{VW} als Gesamtlänge der Maxilla von der rostralen Spitze des *Os nasale* bis zur Protuberantia des *Os occipitale* (Abb. 9). Diese Strecken entsprechen der Distanz

zwischen den Referenzpunkten 1 und 4 bzw. 5 und 6 nach DE ABREU et al. (2006), und wurden somit für die vorliegende Untersuchung in ihrer Bezeichnung modifiziert. Um Aussagen über die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden alle Messstrecken und Winkel von der Untersucherin zweimal gemessen. Außerdem wurde eine Beurteilung nach den anatomischen Referenzlinien von BÖHMER und CROSSLEY (2009) durchgeführt. Zusätzlich wurden die Resultate noch nach Abweichungen bezüglich der rostralen und caudalen Linie als Referenz für die Höhe des Zahnbogens der Molaren differenziert (Abb. 10).

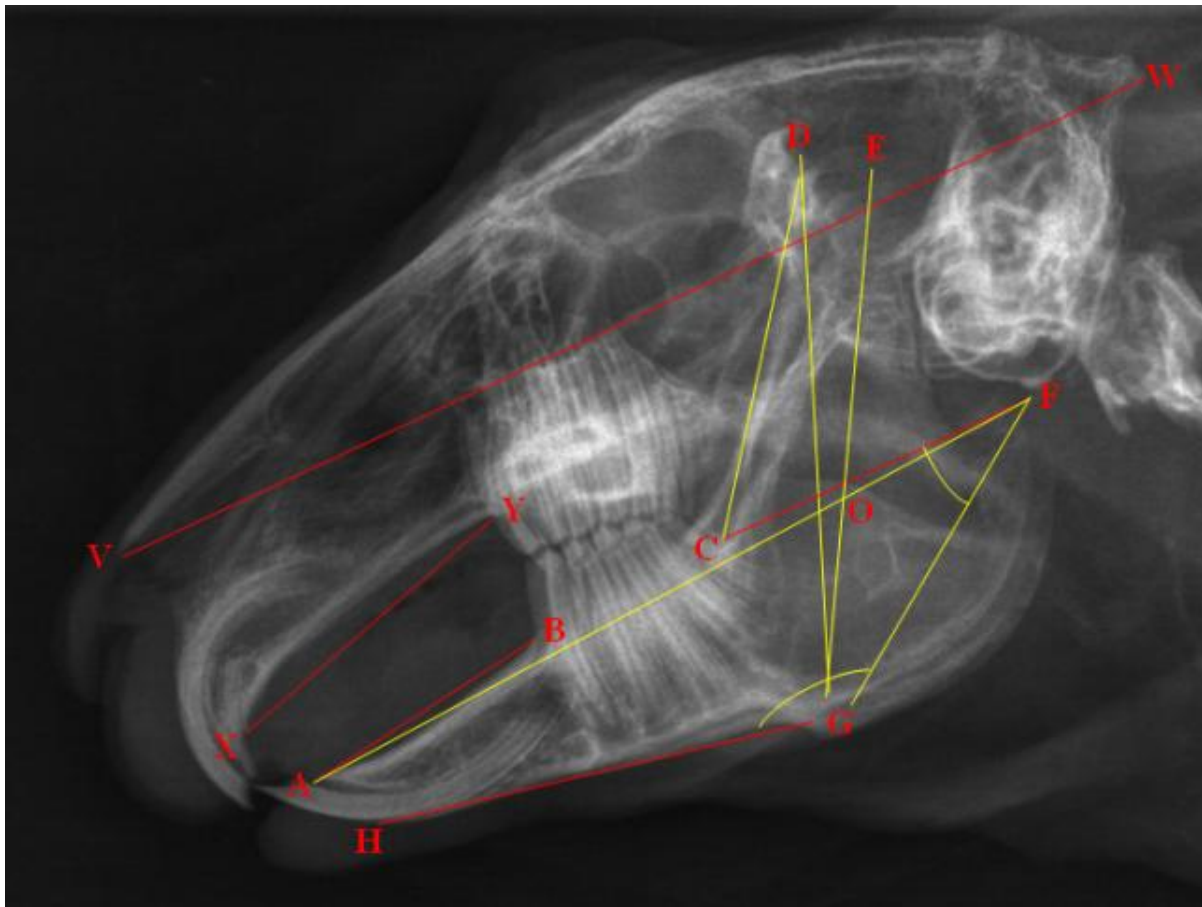


Abb. 9: Kaninchenschädel in latero-lateraler Projektion. Strecken und Winkel am Kaninchenschädel nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt nach DE ABREU et al. (2006), modifiziert (\overline{VW} und \overline{XY}); rote Linien: in dieser Studie ausgewertet

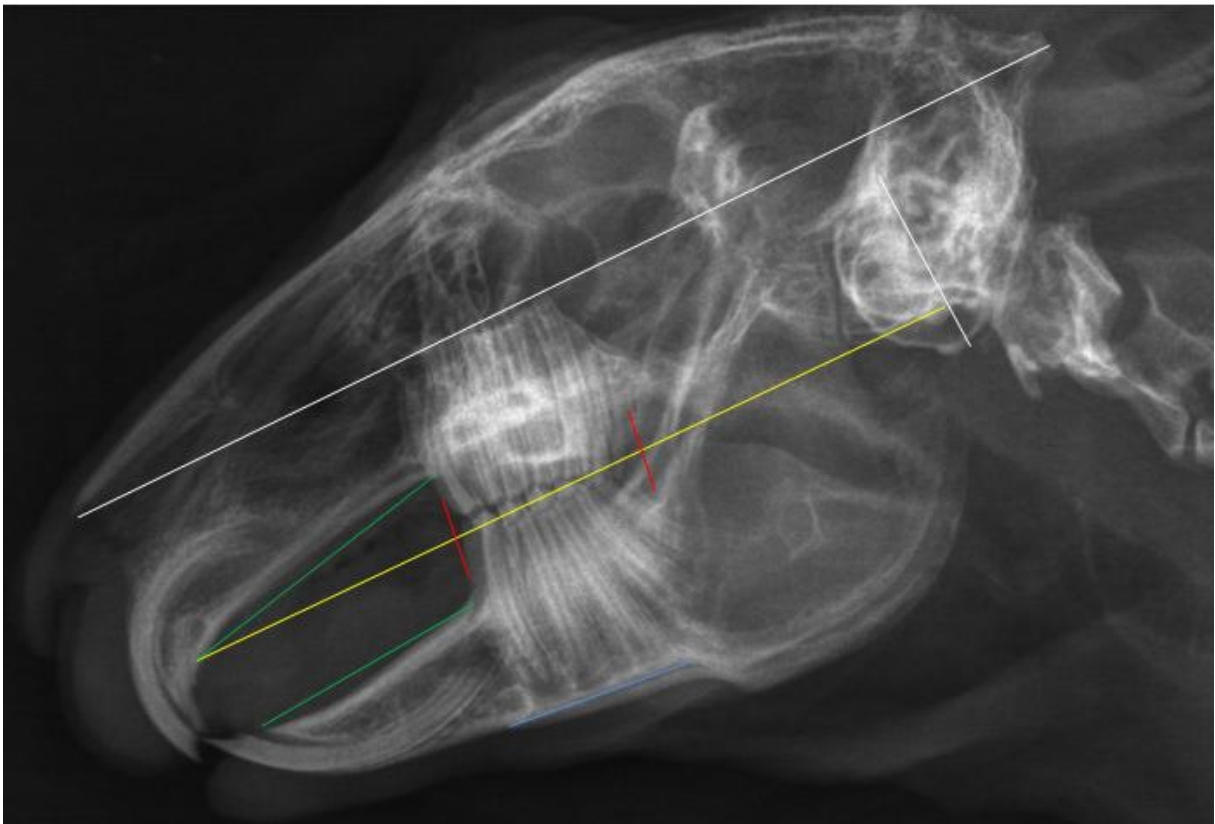


Abb. 10: Kaninchenschädel in latero-lateraler Projektion mit anatomischen Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009)

3.2 STATISTISCHE AUSWERTUNGEN

Die statistischen Auswertungen der Daten erfolgten nach deren Dokumentation in Excel[®]-Datenblättern Version 2007 (Microsoft Corporation, USA) mit dem Statistikprogramm SPSS[®] 22 (IBM, USA) und dem Softwarepaket Variance Component Estimation Version 6.0.2. (GROENEVELD et al. 2010).

3.2.1 Biometrische Planung der Tierzahl

Als Planungsgrundlage zur Schätzung von Heritabilitäten dienten Familien aus Halb- und Vollgeschwistern nach dem statistischen Modell der Halbgeschwisteranalyse (FALCONER 1960):

Zufallsvarianz der Interklasskorrelation t

$$s^2_t = 2 \frac{(1+(n-1)t^2) \times (1-t)^2}{n(n-1)(N-1)}$$

=> Zufallsvarianz der Heritabilität für Halbgeschwisteranalysen

$$s^2_{h^2} = 32h^2/T \text{ wenn } T = N \times n \text{ der limitierende Faktor ist}$$

T = Gesamtzahl gemessener Individuen

N = Anzahl der Familien = Anzahl der Vatertiere

n = Nachkommen/ Vatertier

Zur Schätzung genetischer Parameter wurde eine Standardabweichung von 0,1 angestrebt. Für die Kalkulation der benötigten Tierzahl wurde von einer Heritabilität zwischen 0,1-0,2 der untersuchten Merkmale ausgegangen. Die so ermittelte Anzahl an Nachkommen betrug 400.

3.2.2 Klinische Untersuchung der Maulhöhle

Für die Darstellung der Häufigkeiten von zahngesunden und –kranken Elterntieren wurde eine deskriptive Statistik angewendet.

Für die Auswertung folgender Fragestellungen bezüglich der Jungtiere wurde ebenfalls eine deskriptive Statistik zugrunde gelegt:

- Befunde der klinischen Untersuchung
- Häufigkeiten der Kategorien über die verschiedenen Zeiträume und Verteilung nach Größe und Geschlecht
- Zeitpunkte und Verlauf des Auftretens von Zahnveränderungen differenziert nach der Größe und Geschlecht

Die Zahn- und Kieferveränderungen wurden in drei Merkmalskomplexe eingeteilt: Der erste Merkmalskomplex, der Zahnstatus gesamt, umfasste alle Merkmale unter Tabelle 5 ohne Nasen- und Augenausfluss; Aufbiss und Brachygnathia superior wurden unter hochgradigen Zahnveränderungen als zweiter Komplex zusammengefasst. Veränderungen am Zahnschmelz bildeten den dritten Merkmalskomplex. Alle Merkmale waren binär verteilt.

Die Abhängigkeiten innerhalb einer Größengruppe für die drei Merkmalskomplexe von Größe bzw. Geschlecht zur Untersuchungsnummer wurden mit einem Chi²-Test berechnet. Für Kaninchen der Größe a wurden 13 Untersuchungen zugrunde gelegt und für Tiere der Größe b wurden 15 Untersuchungen einbezogen. Eine Varianzanalyse wurde zur Bestimmung des Einflusses der fixen Effekte Größe (a und b, Tab. 4), Geschlecht, Untersuchungsnummer auf die drei Merkmalskomplexe durchgeführt. Zusätzlich wurden die Interaktionen zwischen Größe und Untersuchungsnummer sowie Geschlecht und Untersuchungsnummer für jeden der drei Merkmalskomplexe von Zahn- und Kieferveränderungen untersucht. Um die Interaktionen berechnen zu können, wurden für Größe a und b jeweils 13 Untersuchungen berücksichtigt. Dazu wurde folgendes Modell verwendet:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + \text{Sex}_j + U_k + (G+U)_{ik} + (\text{Sex}+U)_{jk} + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Beobachtungen im Merkmal „Zahnstatus“

μ = Mittelwert

G_i = fixer Effekt der Größe (a,b)

Sex_j = fixer Effekt des Geschlechts (m,w)

U_k = fixer Effekt der Untersuchungsnummer (1 bis 13)

$(G+U)_{ik}$ = fixe Interaktion zwischen Größe und Untersuchungsnummer

$(\text{Sex}+U)_{jk}$ = fixe Interaktion zwischen Geschlecht und Untersuchungsnummer

e_{ijkl} = zufälliger Restanteil

Mittels einer explorativen Datenanalyse in SPSS[®] 22 wurden die Merkmale Absetz- und Drei-Monatsgewicht sowie die tägliche Zunahmen auf Normalverteilung untersucht. In einer univariaten Varianzanalyse wurde der Einfluss der fixen Effekte Größe (Tab. 4), Geschlecht sowie Zahnstatus zum Zeitpunkt der jeweiligen Gewichtserfassung auf die Merkmale Absetz- und Drei-Monatsgewicht überprüft. Hierzu wurde das unten stehende Modell gewählt:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + \text{Sex}_j + \text{Zahnstatus}_k + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Beobachtungen im Merkmal „Absetz- und Drei-Monatsgewicht“

μ = Mittelwert

G_i = fixer Effekt der Größe (a, b)

Sex_j = fixer Effekt des Geschlechts (m, w)

Zahnstatus_k = Zahnstatus gesamt (0,1) bzw. hochgradige Zahnveränderungen (0,1) bzw. Veränderungen des Zahnschmelz (0,1)

e_{ijkl} = zufälliger Restanteil

3.2.3 Blutchemische Analysen

Zunächst wurde eine explorative Datenanalyse in SPSS[®] über alle Analysenergebnisse zu Calcium, Phosphor und Magnesium zur Darstellung der Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima, des Median und des Variationskoeffizienten für alle untersuchten Blutparameter durchgeführt. Außerdem wurde unterteilt in die verschiedenen Termine der Blutentnahme und die Abhängigkeiten zu der Größe (Tab. 4), dem Geschlecht und dem Vorliegen von Schmelzveränderungen an den Incisivi. Mit Hilfe eines linearen, gemischten Modells wurde der Einfluss der fixen Effekte Vorliegen oder Abwesenheit von

Schmelzveränderungen, Termin und Interaktionen daraus für alle Jungtiere für die Merkmale Gesamtcalcium, ionisiertes Calcium, Phosphor sowie das Verhältnis von Gesamtcalcium zu Phosphor untersucht. Der Effekt Tier ging als zufällig in die Auswertung ein:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{SchmelzV}_i + \text{Termin}_j + (\text{SchmelzV} + \text{Termin})_{ij} + \text{Tier}_k + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Beobachtungen im Merkmal „Analyseergebnisse Blutchemie“

μ = Mittelwert

SchmelzV_i = fixer Effekt Zahnschmelzveränderungen (0,1)

Termin_j = fixer Effekt Zeitpunkt der Blutentnahme (Absetzen, Adult)

$(\text{SchmelzV} + \text{Termin})_{ij}$ = fixe Interaktion zwischen Zahnschmelzveränderungen und Zeitpunkt der Blutentnahme

Tier_k = zufälliger Tiereffekt

e_{ijkl} = zufälliger Restanteil

Für die Blutparameter Calcium (gesamt und ionisiert), Phosphor und dem Verhältnis von Gesamtcalcium zu Phosphor wurde die Differenz zwischen Termin 2 und 1 für alle Jungtiere berechnet. Diese Differenzen, als die zu untersuchenden Merkmale, wurden anschließend mittels einer univariaten Varianzanalyse auf ihre Abhängigkeit von den fixen Effekten Größe (Tab. 4), Geschlecht und dem Vorliegen von Schmelzveränderungen getestet:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + \text{Sex}_j + \text{SchmelzV}_k + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Beobachtungen im Merkmal „Blutparameter“

μ = Mittelwert

G_i = fixer Effekt der Größe (a, b)

Sex_j = fixer Effekt des Geschlechts (m, w)

SchmelzV_k = fixer Effekt Zahnschmelzveränderungen (0,1)

e_{ijkl} = zufälliger Restanteil

Außerdem wurde mit einer univariaten Varianzanalyse ein Vergleich aller untersuchten Blutwerte zwischen ausgewachsenen Jungtieren (Termin 2) und Elterntieren (Termin 3) unter Darstellung von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzen durchgeführt:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Alter}_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Beobachtungen im Merkmal „Blutparameter“

μ = Mittelwert

Alter_i = fixer Effekt der Altersklasse (Elterntiere, adulte Jungtiere)

e_{ij} = zufälliger Restanteil

3.2.4 Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie

Die Befunde aus den Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie wurden deskriptiv dargestellt.

3.2.5 Röntgen

Indikationen zur Anfertigung der Röntgenbilder sowie die Häufigkeiten einzelner Zahn- und Kieferveränderungen wurden deskriptiv dargestellt. Für alle 31 Kaninchen wurden die Korrelationen nach PEARSON zwischen den Ergebnissen der ersten und zweiten Messung für jede Strecke nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) und den beiden Strecken nach DE ABREU et al. (2006), modifiziert, berechnet. Anschließend wurden die Korrelationen nach PEARSON anhand des arithmetischen Mittelwertes aus den wiederholten Messungen der verschiedenen Strecken zueinander bestimmt. Bei den Jungtieren wurde für alle Merkmale mit einer univariaten Varianzanalyse auf Basis der arithmetischen Mittelwerte der einzelnen Messstrecken getestet, ob Einflüsse zu den Effekten Zahnstatus (Tab. 5), Größe des Kaninchens (Tab. 4) oder dem Geschlecht vorliegen:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + \text{Sex}_j + \text{Zahnstatus}_k + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Beobachtungen im Merkmal „Messstrecke“

μ = Mittelwert

G_i = fixer Effekt der Größe (a, b)

Sex_j = fixer Effekt des Geschlechts (m, w)

Zahnstatus_k = fixer Effekt (zahnkrank, zahngesund)

e_{ijkl} = zufälliger Restanteil

Die Beurteilung nach den anatomischen Referenzlinien von BÖHMER und CROSSLEY (2009) erfolgte sowohl deskriptiv als auch mittels des FISCHERS Exakt-Tests für alle 31 Kaninchen. Für jede Referenzlinie wurde überprüft, ob zwischen Kaninchen mit und ohne Zahnbefunde nach den Kriterien von BÖHMER und CROSSLEY (2009) und den Merkmalen zahnkrank oder zahngesund (Tab. 5), der Größe (Tab. 4), sowie dem Geschlecht signifikante Abhängigkeiten bestanden.

3.2.6 Heritabilitäten

Die Datengrundlage für alle Berechnungen lieferten die Befunde der klinischen Untersuchungen an wachen Kaninchen.

Für die binären Merkmale Brachygnathia superior, Aufbiss und Veränderungen am Zahnschmelz (Hypocalcifikationen und Querrillen) wurden die Heritabilitäten und die Wurfefekte mittels eines Tiermodells mit dem Softwarepaket Variance Component Estimation Version 6.0.2. (GROENEVELD et al. 2010) geschätzt. Ein Datensatz für die Heritabilitätsschätzung umfasste alle Untersuchungen der Kaninchen, ein zweiter nur jeweils die Befunde der letzten vorliegenden Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus. Als fixe Effekte gingen die Größe a oder b (Tab. 4) und das Geschlecht in die Berechnung ein. Effekte, die sich auf die gleiche Wurfumwelt gründen sowie der individuelle Tiereffekt wurden als zufällig betrachtet.

4 ERGEBNISSE

4.1 KLINISCHE UNTERSUCHUNGEN DER MAULHÖHLE

4.1.1 Zahnstatus der Elterntiere

Die insgesamt 32 Elterntiere wurden nach der klinischen Untersuchung von Kopf und Schneidezähnen vor dem ersten Zuchteinsatz, wie in Abbildung 11 dargestellt, beurteilt. Sieben der Rammler wurden jeweils als zahnkrank und als zahngesund anhand der in Tabelle 5 aufgelisteten Kriterien befundet. Bei den Häsinnen wiesen zwölf Tiere Veränderungen auf, die zur Zuordnung zahnkrank führten, während sechs als zahngesund eingestuft wurden.

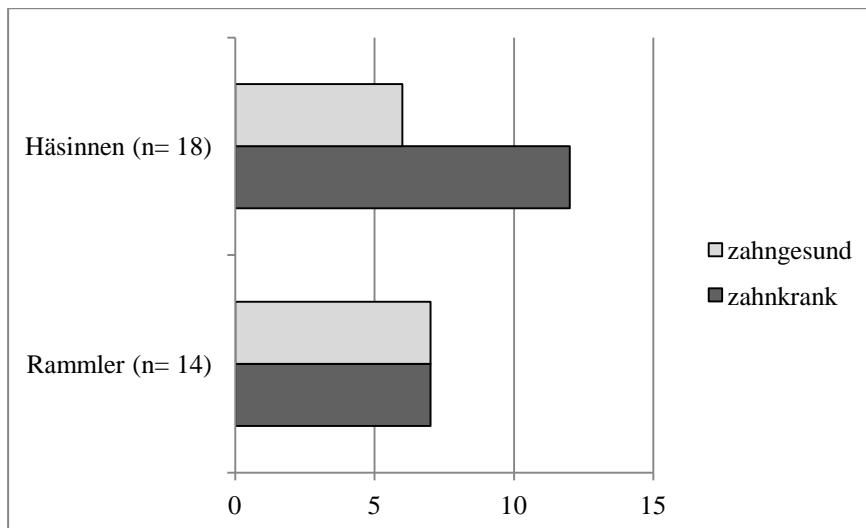


Abb. 11: Geschlechterverteilung zwischen als zahngesund bzw. -krank eingestuften Zuchthäsinnen (n= 18) und -rammlern (n= 14)

Die Abbildung 12 stellt die Befunde dar, die in der klinischen Untersuchung der Elterntiere erfasst wurden. Während Schmelzveränderungen und Zahnlücken vornehmlich bei Häsinnen dokumentiert wurden, waren die Rammler häufiger bzw. ausschließlich von einer Brachygnathia superior, Aufbiss und einem fehlenden Schneidezahn betroffen.

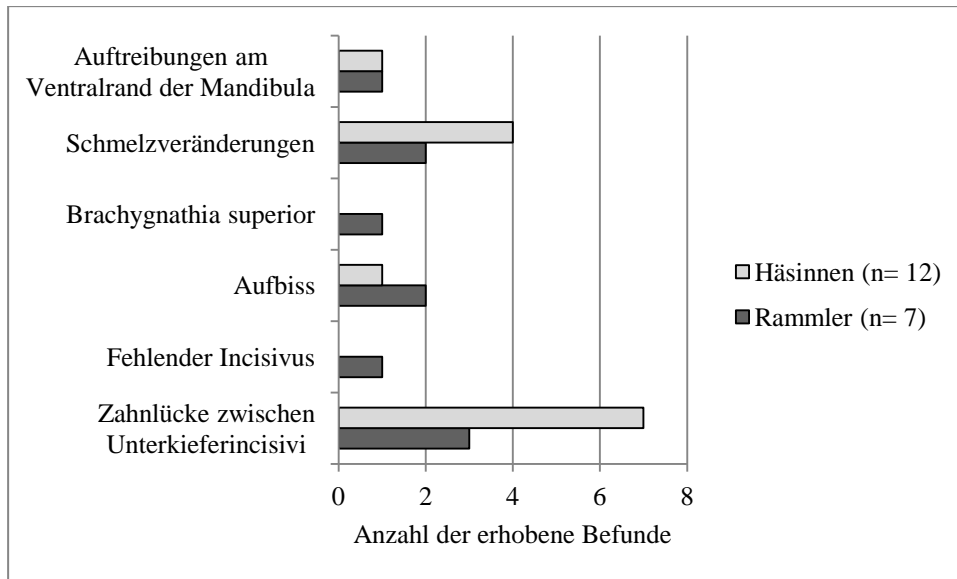


Abb. 12: Häufigkeiten erhobener Befunde aus der klinischen Untersuchung der Zuchthäsinnen (n= 12) und –rammler (n= 7). Pro Tier ist mehr als ein Befund möglich

4.1.2 Übersicht über die Zahnbefunde bei Jungtieren

Bei den Jungtieren trat in der klinischen Untersuchung von Kopf und Maulhöhle am wachen Kaninchen mit 38 % besonders häufig eine Zahnlücke zwischen den Incisivi der Mandibula auf, gefolgt von Schmelzhypercificifikationen der Incisivi im Oberkiefer mit 12,4 %. Das Auftreten schwerwiegender Zahn- und Kieferveränderungen wie Aufbiss und Brachygnathia superior wurde jeweils in weniger als 5 % aller Untersuchungen festgestellt. Querrillen im Zahnschmelz der Oberkieferincisivi kamen am seltensten vor (Abb. 13).

ERGEBNISSE

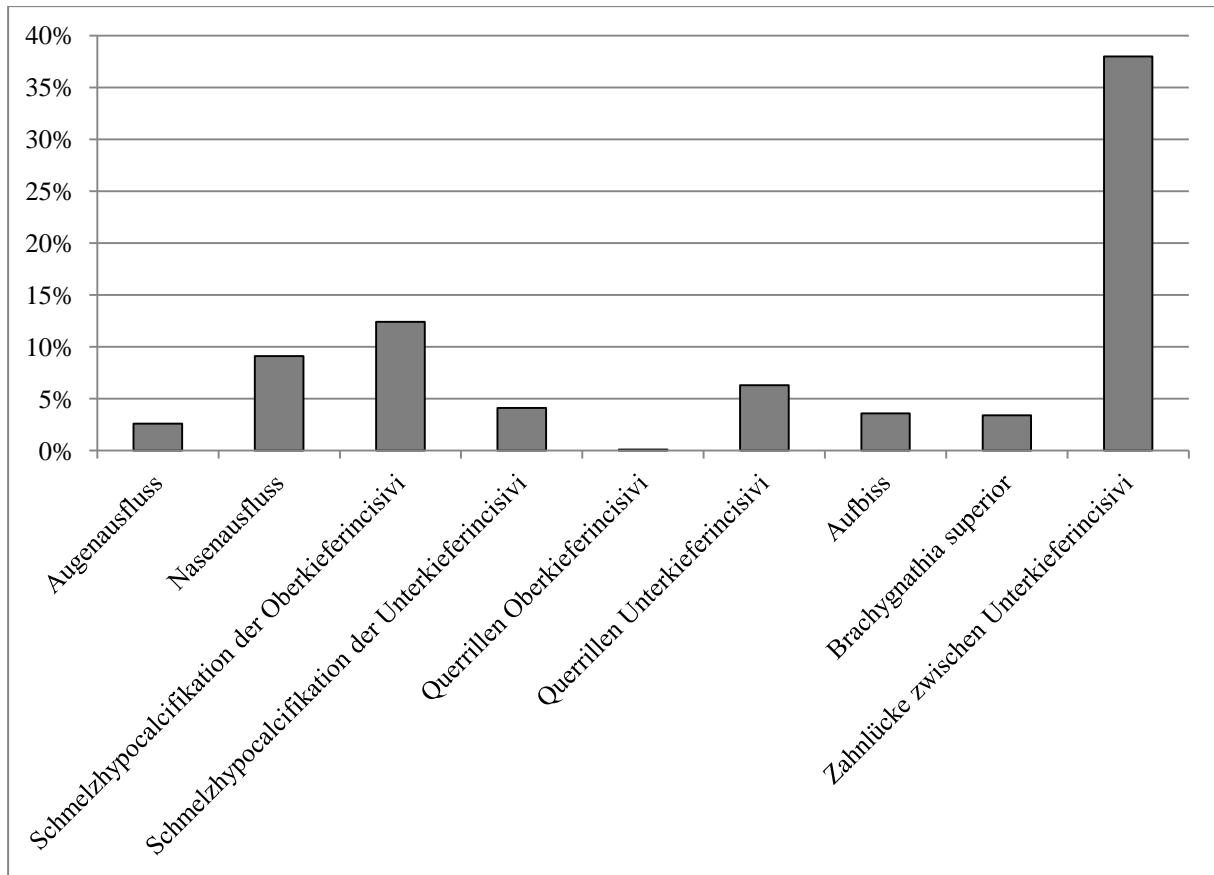


Abb. 13: Häufigkeiten erhobener Befunde in allen klinischen Untersuchungen der Maulhöhle (n= 3182) bei Jungtieren (n= 236)

Für die Merkmale Brachygnathia superior und Aufbiss wurde eine detailliertere Aufstellung über die Vorkommenshäufigkeiten in verschiedenen Untersuchungszeiträumen angefertigt. Tendenziell zeigte sich, dass die Frequenz des Aufbisses in den frühen Untersuchungen häufiger war; bei der Brachygnathia superior verhielt es sich genau umgekehrt (Abb. 14).

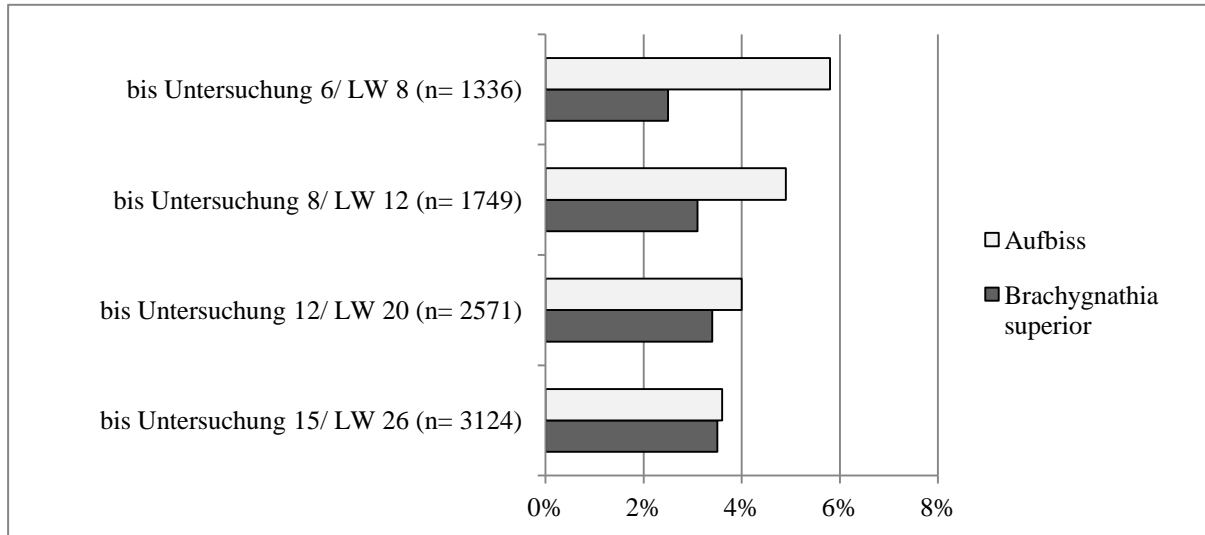


Abb. 14: Anzahl der Befundhäufigkeiten von Brachygnathia superior und Aufbiss in Prozent (%) des jeweiligen Stichprobenumfangs (n) bis einschließlich der jeweils angegebenen Untersuchung/ Lebenswoche (LW)

4.1.3 Differenzierung der klinischen Befunde nach Kategorien sowie nach Größe und Geschlecht der Jungtiere

Bezüglich des Vorkommens der Kategorien (Tab. 6) dominierte Kategorie 4 mit 34,9 %, 39,2 % bzw. 45,5 % in allen drei Untersuchungszeiträumen. Gleichzeitig konnte Kategorie 1 zwischen dem Absetzen und der letzten Untersuchung mit 19,6 % am häufigsten vergeben werden, während Befunde nach Kategorie 2 und 3 im Vergleich zu den anderen beiden Untersuchungszeiträumen seltener auftraten (Abb. 15).

ERGEBNISSE

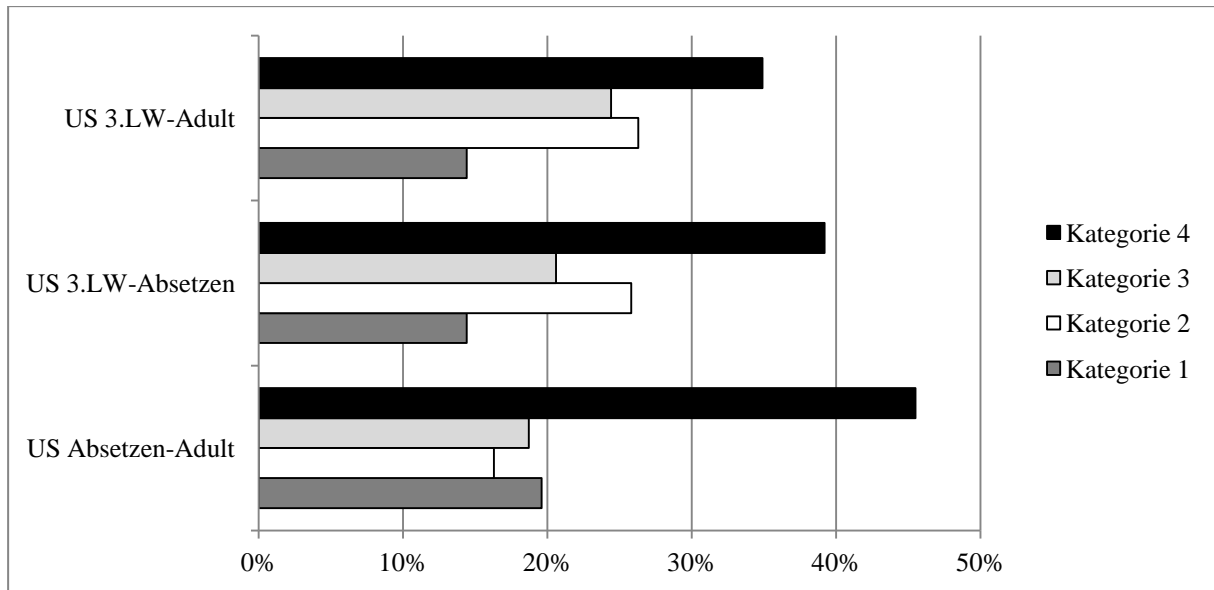


Abb. 15: Verteilung der Kategorien (Tab. 6) in drei Untersuchungszeiträumen bezüglich jeweils 209 Jungtieren. $US_{3.LW-Adult}$ = Von der ersten bis letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; $US_{3.LW-Absetzen}$ = Von der ersten Untersuchung bis zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW); $US_{Absetzen-Adult}$ = Von der Untersuchung zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW) bis zur letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; LW= Lebenswoche

Differenzierte man neben den Untersuchungszeiträumen noch nach Größe der Tiere, zeigte sich, dass Kaninchen der Zwerg- und kleinen Rassen (Größe a, Tab. 4) besonders zwischen der ersten Untersuchung in der 3. Lebenswoche und dem Absetzen in der 8. Lebenswoche Befunde der Kategorie 4 aufwiesen. Bei Tieren von mittelgroßen und großen Rassen (Größe b, Tab. 4) war dies erst später, zwischen dem Absetzen und der letzten Untersuchung zum Zeitpunkt des Erreichens des Adultstatus der Fall (Abb. 16). Für beide Größen fanden sich hier auch die meisten zahngesunden Tiere in Kategorie 1.

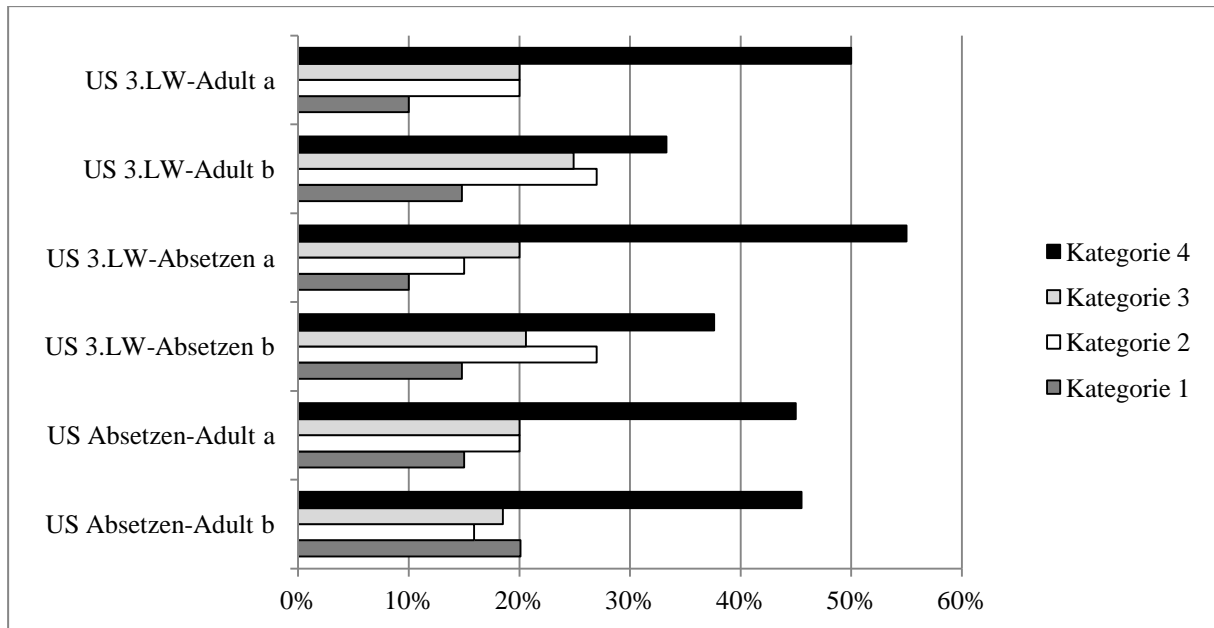


Abb. 16: Verteilung der Kategorien (Tab. 6) in drei Untersuchungszeiträumen aufgeteilt nach Größe bezüglich 209 Jungtieren in jedem Untersuchungszeitraum. $US_{3,LW-Adult}$ = Von der ersten bis letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; $US_{3,LW-Absetzen}$ = Von der ersten Untersuchung bis zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW); $US_{Absetzen-Adult}$ = Von der Untersuchung zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW) bis zur letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen; LW= Lebenswoche

Betrachtete man die Kategorien für beide Geschlechter getrennt, zeigte sich bei der Einteilung über alle Untersuchungen hinweg, dass männliche Tiere häufiger (19 %) in Kategorie 1 (ohne besonderen Befund nach Tabelle 5) eingeteilt wurden als weibliche Kaninchen (11 %). Zwischen dem Absetzen und der letzten vorliegenden Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus, im Vergleich zum Untersuchungszeitraum zwischen der ersten Untersuchung in der dritten Lebenswoche und dem Absetzen in der achten Lebenswoche, zeigten sich sowohl für weibliche als auch männliche Nachkommen zunehmende Häufigkeiten der Kriterien, die zur Einteilung nach Kategorie 4 führten. Allerdings waren ebenso wie bei der Differenzierung nach Größe die meisten zahngesunden Rammler und Häsinnen für das Untersuchungsintervall zwischen Absetzen und letzter vorgenommener Untersuchung ($US_{Absetzen-Adult}$) bei dann ausgewachsenen Tieren zu verzeichnen (Abb. 17).

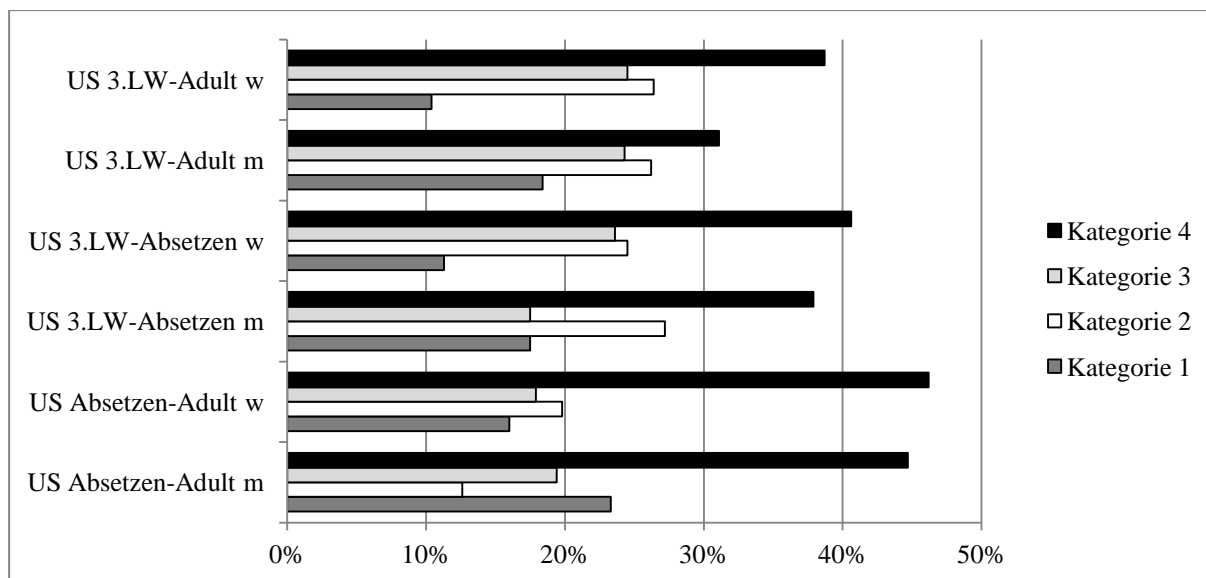


Abb. 17: Verteilung der Kategorien (Tab. 6) in drei Untersuchungszeiträumen aufgeteilt nach Geschlecht bezüglich 209 Jungtieren in jedem Untersuchungszeitraum. US_{3.LW-Adult}= Von der ersten bis letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; US_{3.LW-Absetzen}= Von der ersten Untersuchung bis zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW); US_{Absetzen-Adult}= Von der Untersuchung zum Zeitpunkt des Absetzens (8. LW) bis zur letzten Untersuchung bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus; m= männlich, w= weiblich; LW= Lebenswoche

4.1.4 Zahnstatus der Jungtiere im Verlauf des Untersuchungszeitraumes

Die Abbildungen 18 und 19 geben einen Überblick über den Verlauf des Auftretens der drei Merkmalskomplexe (Zahnstatus gesamt, hochgradige Zahnveränderungen, Veränderungen des Zahnschmelz), bewertet nach den Kriterien in Tabelle 5, in Abhängigkeit von der Größe der Kaninchen. Für den Zahnstatus gesamt lag das Maximum der Zahnbefunde bei Zwerg- und kleinen Rassen bei der achten Untersuchung in der zwölften Lebenswoche, für mittelgroße und große bei der sechsten Untersuchung in der achten Lebenswoche. Die größte Differenz zwischen den Rassen zeigte sich bezüglich der hochgradigen Zahnveränderungen, wobei die Untersuchung mit dem letzten Befundmaximum betrachtet wurde: Während für die Zwerg- und kleinen Rassen die Befundhäufigkeit bereits nach der dritten Untersuchung in der fünften Lebenswoche abnahm, war dies für die mittelgroßen und großen Rassen erst bei Untersuchung acht in Lebenswoche zwölf zu verzeichnen. Veränderungen des Zahnschmelzes nahmen unabhängig von der Größe zum Zeitpunkt der vierten Befunderhebung in der sechsten Lebenswoche ab. Allerdings konnten für beide Größenklassen zu früheren Untersuchungszeitpunkten noch häufiger Abweichungen verzeichnet werden. Kaninchen

ERGEBNISSE

beider Größen erreichten ihr Maximum dabei unmittelbar in der ersten Untersuchung in der dritten Lebenswoche.

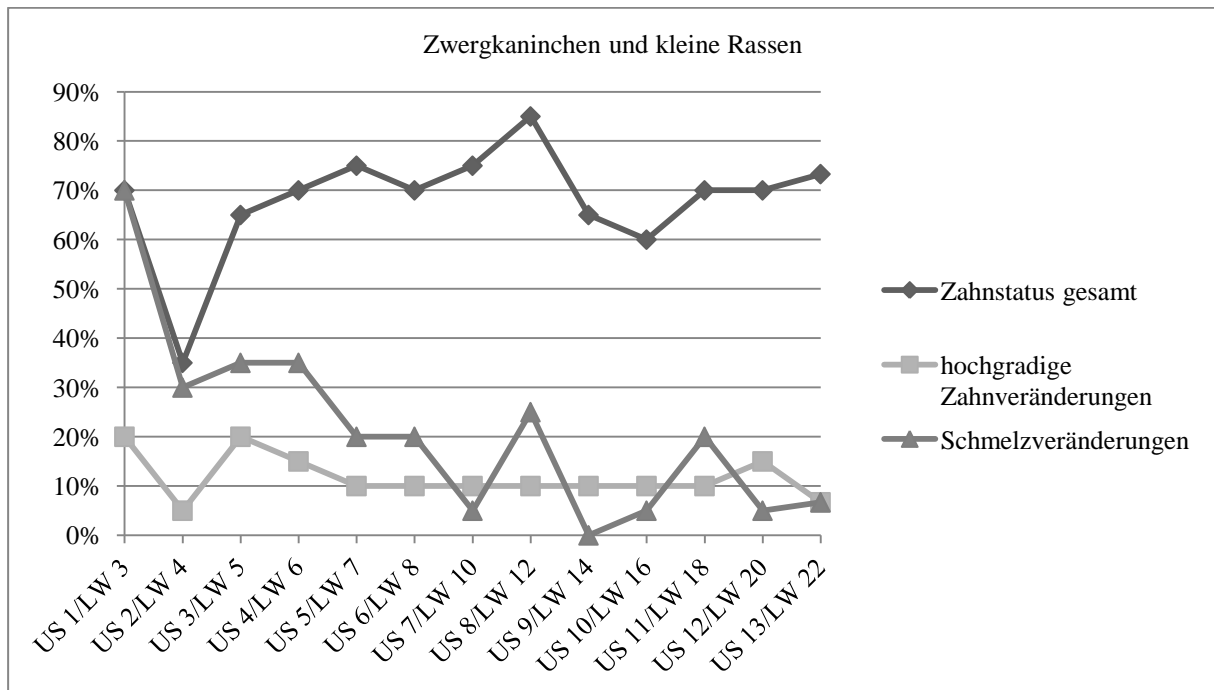


Abb. 18: Verlauf der Befundhäufigkeiten bezüglich des Zahnstatus in Prozent (%) über 13 Untersuchungen bei Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen für jeweils 255 Untersuchungen in jeder Befundklasse (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche)

Insgesamt lag das Niveau an Befundhäufigkeiten für Kaninchen mittelgroßer und großer Rassen unter dem der Zwerg- und kleinen Rassen (Abb. 19).

ERGEBNISSE

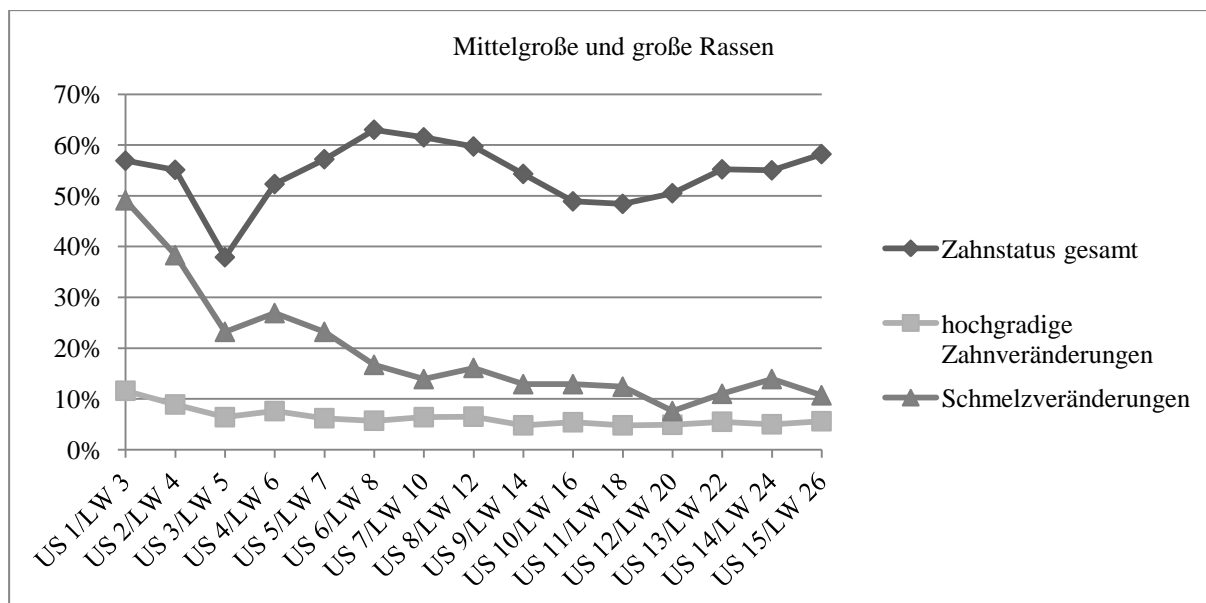


Abb. 19: Verlauf der Befundhäufigkeiten bezüglich des Zahnstatus in Prozent (%) über 15 Untersuchungen bei Kaninchen mittelgroßer und großer Rassen für jeweils 2869 Untersuchungen in jeder Befundklasse (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche)

Die Abbildung 20 stellt den Verlauf innerhalb der Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen über die Zeit zwischen den Geschlechtern dar. Mit Ausnahme der letzten beiden Untersuchungen sowie der siebten und zehnten Untersuchung lag das Befundniveau der Häsinnen unter dem der Rammler in Bezug auf den Zahnstatus gesamt. Auch von hochgradigen Zahnveränderungen wie Aufbiss und Brachygnathia superior waren vorwiegend männliche Tiere betroffen. Im Gegensatz dazu wurden Querrillen und Schmelzhypocalcifikationen, dargestellt als Schmelzveränderungen, insbesondere bis zur 14. Lebenswoche wesentlich häufiger bei Häsinnen dokumentiert. Insgesamt sank hier aber die Befundhäufigkeit für beide Geschlechter nach Untersuchung vier in der sechsten Lebenswoche deutlich ab.

ERGEBNISSE

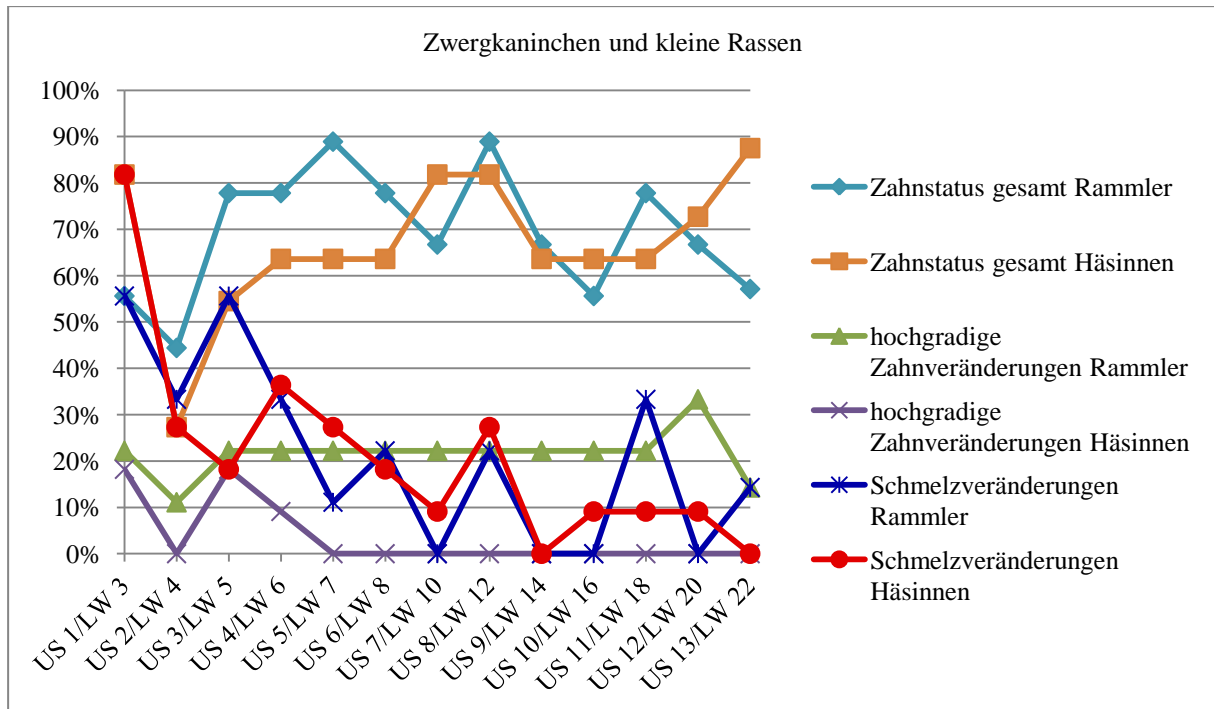


Abb. 20: Verlauf der Befundhäufigkeiten in Prozent (%) für Häsinnen und Rammler von Zwergkaninchen und kleinen Rassen. Insgesamt liegen für männliche 115 und für weibliche Tiere 140 Untersuchungen in jeder Befundklasse zugrunde (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche)

Für die mittelgroßen und großen Rassen stellte sich in Bezug auf den Zahnstatus gesamt ein anderes Bild dar: Hier waren die Häsinnen häufiger betroffen. Das Vorkommen hochgradiger Zahnveränderungen bewegte sich im Vergleich zu Zwerg- und kleinen Rassen auf einem sichtbar geringeren Niveau. Veränderungen des Zahnschmelzes waren auch in dieser Größengruppe häufiger bei Häsinnen vorzufinden, abgesehen von der dritten Untersuchung (Abb. 21).

ERGEBNISSE

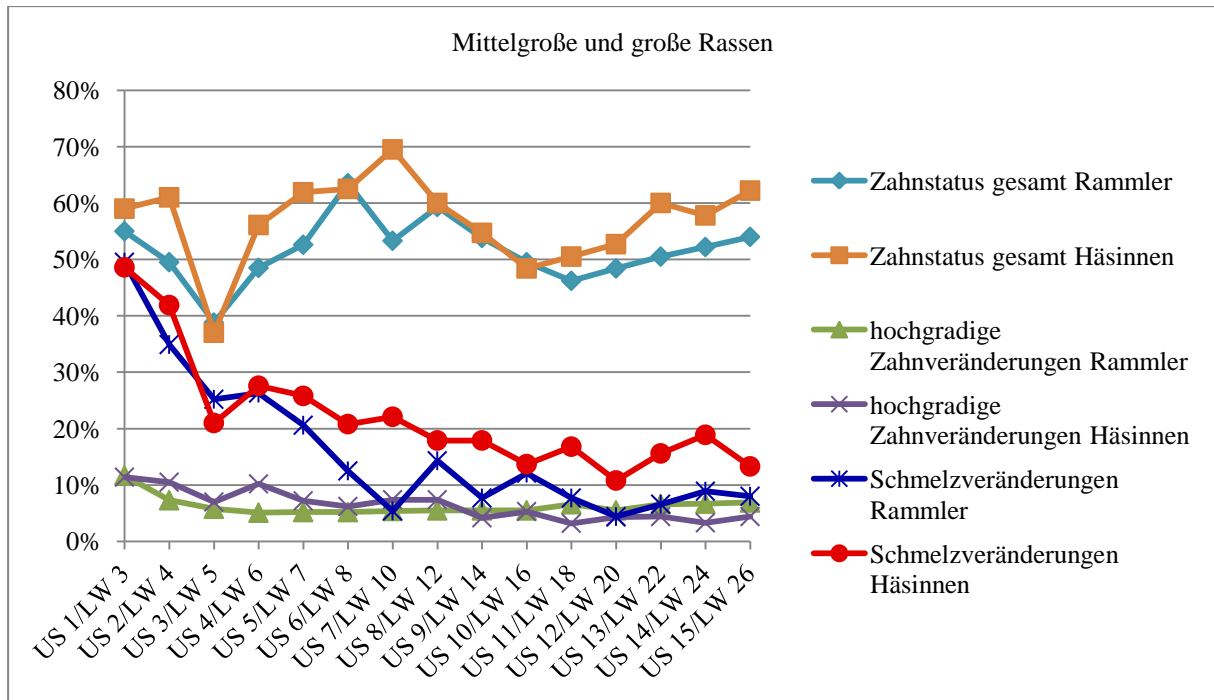


Abb. 21: Verlauf der Befundhäufigkeiten in Prozent (%) für Häsinnen und Rammler von mittelgroßen und großen Rassen. Insgesamt liegen für männliche 1458 und für weibliche Tiere 1467 Untersuchungen in jeder Befundklasse zugrunde (US= Untersuchung, LW= Lebenswoche)

Für ausgewählte Beziehungen zwischen Merkmalen und Effekten aus den Abbildungen 18-21 wurde eine statistische Prüfung vorgenommen. Tabelle 9 gibt die Ergebnisse der Chi²-Tests für die drei Merkmalskomplexe an Zahn- und Kieferveränderungen wieder, aufgeteilt nach dem Effekt der Untersuchungsnummer für beide Größen und Geschlechter. Ein höchst signifikanter ($p \leq 0,001$) Einfluss der Untersuchungsnummer zeigte sich bei beiden Größen für das Merkmal der Schmelzveränderungen sowie für den Zahnstatus gesamt bei Tieren der Größe b. Außerdem sind die Resultate der Varianzanalyse zum Vergleich der beiden Größengruppen abgebildet. Hierzu wurden für beide Gruppen 13 Untersuchungen berücksichtigt. Hoch ($p \leq 0,01$) und höchst signifikant ($p \leq 0,001$) war der Effekt Größe bezüglich der hochgradigen und gesamten Zahnveränderungen, während sich Geschlecht und Untersuchungsnummer im Merkmal Zahnschmelzveränderungen höchst signifikant ($p \leq 0,001$) darstellten. Für den Zahnstatus gesamt ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Rammlern und Häsinnen ($p \leq 0,05$).

ERGEBNISSE

Tabelle 9: Mittels Chi²-Test errechnete Signifikanzen für drei Merkmalskomplexe von Zahn- und Kieferveränderungen innerhalb einer Größengruppe und der Untersuchungsnummer, bezüglich des Geschlechts und der Untersuchungsnummer sowie mittels Varianzanalyse ermittelte Signifikanzen für den Vergleich zwischen den Effekten Größe, Geschlecht, Untersuchung und der Interaktion zwischen der Größe und der Untersuchung sowie dem Geschlecht und der Untersuchung

Analyse und Effekte	Zahnstatus gesamt	hochgradige Zahnveränderungen	Veränderungen des Zahnschmelz
Chi ² -Test			
Untersuchungsnummer (1-13) Größe a	n.s.	n.s.	***
Untersuchungsnummer (1-15) Größe b	***	n.s.	***
Untersuchungsnummer (1-13) m	n.s.	n.s.	***
Untersuchungsnummer (1-13) w	***	n.s.	***
Lineares Modell (F-Test) (13 Untersuchungen)			
Größe	***	**	n.s.
Geschlecht	*	n.s.	***
Untersuchungsnummer Größe x	n.s.	n.s.	***
Untersuchungsnummer Geschlecht x	n.s.	n.s.	n.s.
Untersuchungsnummer	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.= nicht signifikant ($p > 0,05$), * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$, a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen, m= männlich, w= weiblich

Zahnstatus gesamt= Vorliegen von Parametern nach Tabelle 5 außer Augen- und Nasenausfluss

Hochgradige Zahnveränderungen= Aufbiss und Brachygnathia superior, Veränderungen des Zahnschmelz= Querrillen und Verfärbungen des Zahnschmelz

4.1.5 Absetz- und Drei-Monatsgewichte, tägliche Zunahmen und Zahnstatus

Aus dem Drei-Monatsgewicht und dem Absetzgewicht wurden die täglichen Zunahmen ermittelt und die Ergebnisse in Beziehung zu den Effekten Größe und Geschlecht gesetzt. Insgesamt wurden hierzu 187 Tiere herangezogen, von denen 20 den Zwerg- und kleinen Rassen angehörten. Die Mehrzahl der Tiere (n=167) waren Vertreter mittelgroßer und großer Rassen. Differenziert nach Geschlechtern handelte es sich um 94 Rammler und 93 Häsinnen. Hierbei wiesen weibliche Kaninchen und Tiere mittelgroßer und großer Rassen die vergleichsweise höchsten tägliche Zunahmen auf, während die geringsten bei Kaninchen von

ERGEBNISSE

Zwerg- und kleinen Rassen zu verzeichnen waren. Bei allen untersuchten Gruppen lag die Standardabweichung zwischen 9,2-9,7 g (Tab. 10).

Tabelle 10: Tägliche Zunahmen (in g) der Jungtiere vom Absetzen in der achten Lebenswoche bis zum Erreichen des Drei-Monatsgewichtes in der zwölften Lebenswoche in Abhängigkeit von Größe und Geschlecht

Effekt	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Zwerg- und kleine Rassen (n= 20)	29,1	28,8	9,6
mittelgroße und große Rassen (n= 167)	39,8	40,7	9,2
Rammler (n= 94)	37,5	38,5	9,7
Häsinnen (n= 93)	39,9	41,3	9,7

Alle mittels der univariaten Varianzanalyse untersuchten Einflussgrößen (Zahnstatus gesamt, hochgradige Zahnveränderungen sowie Veränderungen des Zahnschmelzes in Abhängigkeit von Größe und Geschlecht und der Interaktion zwischen dem jeweiligen Zahngesundheitsstatus zum Zeitpunkt des Absetzens und Größe) ergaben keine signifikanten Beziehungen zum Absetz- und Drei-Monatsgewicht.

Tabelle 11 gibt alle ermittelten Gewichte zum Zeitpunkt des Absetzens in der achten Lebenswoche und im Alter von drei Monaten wieder. Vergleichend sind die Körpergewichte von Kaninchen, die ein betrachtetes Merkmal aufweisen, Kaninchen ohne Befund gegenüber gestellt.

ERGEBNISSE

Tabelle 11: Gewichte von Jungkaninchen (n= 212) zum Zeitpunkt des Absetzens (8. Lebenswoche) und im Alter von drei Monaten, dargestellt für Tiere mit und ohne Befund für das jeweils untersuchte Merkmal

Merkmal	Status	Größe	Absetzgewicht (g) ($\bar{x} \pm Sf$)	Drei-Monatsgewicht (g) ($\bar{x} \pm Sf$)
Zahnstatus gesamt	Ohne Befunde	a	1485 ± 66,6	2015 ± 116,3
		b	1604 ± 42,3	2816 ± 53,4
	Mit Befunden	a	1421 ± 42,9	2356 ± 76,7
		b	1631 ± 32,4	2821 ± 50,1
Hochgradige Zahnveränderungen	Nicht vorhanden	a	1459 ± 37,6	2206 ± 80,4
		b	1627 ± 26,5	2821 ± 37,2
	Vorhanden	a	1291 ± 116,2	2488 ± 199,9
		b	1524 ± 107,3	2742 ± 189,6
Schmelzveränderungen	Nicht vorhanden	a	1469 ± 38,0	2258 ± 75,9
		b	1649 ± 27,8	2841 ± 37,6
	Vorhanden	a	1325 ± 75,5	2147 ± 339,1
		b	1479 ± 62,4	2561 ± 128,7

Sf = Standardfehler, a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen

4.2 BLUTCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

4.2.1 Einfluss des Vorliegens von Schmelzveränderungen und des Termins der Blutentnahme auf die Blutparameter

Zwischen dem Termin, an dem die Blutprobe entnommen wurde und allen untersuchten Merkmalen (Gesamtcalcium, ionisiertes Calcium, Phosphor und das Calcium-Phosphor-Verhältnis) bestand eine höchstsignifikante Abhängigkeit ($p \leq 0,001$). Die Termine entsprachen hierbei verschiedenen Altersklassen der Kaninchen (abgesetzte und ausgewachsene Jungtiere). Außerdem lag zwischen der Interaktion „Schmelzveränderungen an den Incisivi“ und dem Termin der Blutentnahme eine höchst signifikante Abhängigkeit vor ($p \leq 0,001$). Signifikante Zusammenhänge ($p \leq 0,05$) ergaben sich für den Effekt der Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt der Blutentnahme und dem Gesamtcalcium. Alle weiteren überprüften Abhängigkeiten stellten sich als nicht signifikant dar ($p > 0,05$) (Tab. 12).

ERGEBNISSE

Tabelle 12: Signifikanzen für untersuchte Effekte auf die Merkmale der blutchemischen Untersuchungen der Jungtiere (n= 212) auf Grundlage eines linearen, gemischten Modells

Merkmal	Effekt	Signifikanz
Gesamtcalcium	Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt der Blutentnahme	*
	Termin der Blutentnahme [#]	***
	Interaktion von Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt und dem Termin der Blutentnahme	***
Ionisiertes Calcium	Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt der Blutentnahme	n.s.
	Termin der Blutentnahme [#]	***
	Interaktion von Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt und dem Termin der Blutentnahme	n.s.
Phosphor	Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt der Blutentnahme	n.s.
	Termin der Blutentnahme [#]	***
	Interaktion von Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt und dem Termin der Blutentnahme	n.s.
Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor	Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt der Blutentnahmen	n.s.
	Termin der Blutentnahme [#]	***
	Interaktion von Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt und dem Termin der Blutentnahme	n.s.

n.s.= nicht signifikant, $p > 0,05$, * $p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$

[#]Termin der Blutentnahme= Blutentnahmen beim Absetzen (8.Lebenswoche) und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus)

Die dazugehörigen Mittelwerte und Standardabweichungen sind Tabelle 13 zu entnehmen.

ERGEBNISSE

Tabelle 13: Mittelwerte (in mmol/l) und Standardfehler für die Merkmale der blutchemischen Untersuchung der Jungtiere (n= 212) in Bezug zu den untersuchten Effekten

Effekte		Merkmale			
		Gesamtcalcium ($\bar{x} \pm Sf$)	Ionisiertes Calcium ($\bar{x} \pm Sf$)	Phosphor ($\bar{x} \pm Sf$)	Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor ($\bar{x} \pm Sf$)
Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt der Blutentnahme	ja	3,39 ± 0,074	1,59 ± 0,026	1,99 ± 0,051	1,83 ± 0,049
	nein	3,56 ± 0,042	1,59 ± 0,014	2,02 ± 0,027	1,90 ± 0,025
Termin der Blutentnahme	Absetzen (8. LW)	3,61 ± 0,054	1,48 ± 0,018	2,51 ± 0,037	1,45 ± 0,035
	Adult	3,35 ± 0,063	1,71 ± 0,022	1,51 ± 0,043	2,27 ± 0,041
Interaktion von Schmelzveränderungen an den Incisivi zum Zeitpunkt und dem Termin der Blutentnahme	ja x Absetzen (8. LW)	3,63 ± 0,087	1,48 ± 0,030	2,53 ± 0,061	1,44 ± 0,058
	ja x Adult	3,15 ± 0,106	1,71 ± 0,038	1,45 ± 0,075	2,21 ± 0,072
	nein x Absetzen (8. LW)	3,58 ± 0,048	1,48 ± 0,016	2,49 ± 0,032	1,46 ± 0,030
	nein x Adult	3,54 ± 0,047	1,71 ± 0,016	1,56 ± 0,031	2,33 ± 0,029

LW= Lebenswoche, Sf = Standardfehler,

4.2.2 Übersicht über alle vorgenommenen Mineralstoffanalysen

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der explorativen Datenanalyse in SPSS[®] über alle vorliegenden Blutproben aufgeführt. Auffällig ist die große relative Varianz in den Merkmalen Phosphor und dem Gesamtcalcium-Phosphor-Verhältnis. Die größte Spannweite findet sich zwischen den Minima und Maxima von Gesamtcalcium und dem Gesamtcalcium-Phosphor-Verhältnis. Unterschiedliche Probenumfänge bezüglich der untersuchten Merkmale in allen blutchemischen Analysen kamen dadurch zustande, dass nicht von allen Kaninchen zu jedem Termin ausreichende Probenmengen entnommen werden konnten.

ERGEBNISSE

Tabelle 14: Ergebnisse der Mineralstoffanalyse aller Blutproben (in mmol/l) und der berechnete Variationskoeffizient in Prozent (%)

Merkmal	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Variationskoeffizient	Minimum	Maximum
Gesamtcalcium (n= 456)	3,55	3,59	0,48	13,5	1,15	5,62
Ionisiertes Calcium (n= 455)	1,60	1,63	0,20	12,5	0,73	2,52
Phosphor (n= 456)	1,95	1,83	0,60	30,8	0,69	3,59
Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor (n= 456)	1,98	1,94	0,64	32,3	0,52	4,95
Ionisiertes Magnesium (n= 394)	0,61	0,59	0,10	16,4	0,36	0,99

4.2.3 Differenzierung der Mineralstoffanalysen nach dem Zeitpunkt der Blutprobenentnahme, Größe und Geschlecht sowie nach dem Vorliegen von Zahnschmelzveränderungen zum Beprobungszeitpunkt

Im Folgenden sind die Analysenergebnisse, nach den einzelnen Entnahmetermeninen getrennt, aufgelistet. Unterschieden wurde bei den Jungtieren zwischen Termin 1, dem Zeitpunkt des Absetzens und Termin 2, der das Erreichen des Adultalters markiert. Termin 3 beinhaltet alle ausgewachsenen Elterntiere vor dem ersten Zuchteinsatz. Hervorzuheben ist hier der erhöhte Phosphorwert der Jungtiere im Absetzalter (Tab. 15).

ERGEBNISSE

Tabelle 15: Mineralstoffwerte (in mmol/l) zu verschiedenen Zeitpunkten der Blutentnahme (Termin)

Merkmal	Termin	Mittelwert	Median	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Gesamtcalcium	1 (n= 213)	3,57	3,59	0,51	1,15	5,62
	2 (n= 212)	3,50	3,58	0,46	1,51	4,29
	3 (n= 31)	3,71	3,66	0,37	3,02	5,04
Ionisiertes Calcium	1 (n= 212)	1,47	1,48	0,18	0,73	1,87
	2 (n= 212)	1,71	1,70	0,16	1,22	2,52
	3 (n= 31)	1,74	1,74	0,13	1,47	2,05
Phosphor	1 (n=213)	2,48	2,49	0,38	1,22	3,59
	2 (n= 212)	1,54	1,56	0,28	0,69	2,54
	3 (n= 31)	1,18	1,17	0,22	0,75	1,62
Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor	1 (n= 213)	1,46	1,47	0,25	0,52	2,28
	2 (n= 212)	2,33	2,27	0,37	1,41	3,65
	3 (n= 31)	3,24	3,30	0,62	2,34	4,95
Ionisiertes Magnesium	1 (n= 181)	0,61	0,59	0,11	0,41	0,96
	2 (n= 182)	0,61	0,60	0,11	0,36	0,99
	3 (n= 30)	0,60	0,59	0,10	0,40	0,81

Termin 1= Jungtiere im Absetzalter von 8 Wochen, Termin 2= ausgewachsene Jungtiere, rasseabhängig siehe Tab. 4, Termin 3= Elterntiere

ERGEBNISSE

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde außerdem nach der Größe (a und b, Tab. 4) der Kaninchen differenziert. Berücksichtigt wurde für die Elterntiere jeweils ein Analyseergebnis, für die Jungtiere wurden die wiederholten Ergebnisse aus den beiden vorliegenden Blutuntersuchungen zum Zeitpunkt des Absetzens und bei Erreichen des Adultstatus verwendet (Tab. 16).

Tabelle 16: Mineralstoffwerte (in mmol/l) aller Blutanalysen in Abhängigkeit der Größe der Kaninchen. Bezüglich der Blutproben der Jungtiere liegt eine wiederholte Analyse zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (beim Absetzen in der 8. Lebenswoche und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus) vor

Merkmal	Größe	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Gesamtcalcium	a (n= 44)	3,71	3,67	0,58	1,15	5,04
	b (n= 412)	3,53	3,58	0,46	1,51	5,62
Ionisiertes Calcium	a (n= 45)	1,55	1,56	0,21	0,73	2,05
	b (n= 410)	1,60	1,64	0,20	1,08	2,52
Phosphor	a (n= 44)	1,98	2,03	0,48	1,01	2,79
	b (n= 412)	1,95	1,81	0,61	0,69	3,59
Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor	a (n= 44)	2,01	1,88	0,69	0,52	4,27
	b (n= 412)	1,98	1,95	0,63	0,94	4,95
Ionisiertes Magnesium	a (n= 34)	0,54	0,53	0,09	0,36	0,85
	b (n= 329)	0,62	0,60	0,10	0,41	0,99

a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen

Die Analysenwerte der Jungtiere wurden auch nach Geschlechtern getrennt ausgewertet (Tab. 17). Rammler wiesen dabei unter anderem höhere Gesamtcalcium- und Phosphorwerte, aber minimal geringere Blutkonzentrationen an ionisiertem Calcium auf als Häsinnen.

ERGEBNISSE

Tabelle 17: Mineralstoffwerte (in mmol/l) aller Blutanalysen in Abhängigkeit des Geschlechts. Bezüglich der Blutproben der Jungtiere liegt eine wiederholte Analyse zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (beim Absetzen in der 8. Lebenswoche und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus) vor

Merkmal	Geschlecht	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Gesamtcalcium	m (n= 220)	3,59	3,59	0,43	1,79	5,62
	w (n= 236)	3,51	3,58	0,52	1,15	5,04
Ionisiertes Calcium	m (n= 219)	1,59	1,63	0,19	0,73	2,05
	w (n= 236)	1,60	1,63	0,21	1,09	2,52
Phosphor	m (n= 220)	1,99	1,84	0,61	0,91	3,55
	w (n= 236)	1,92	1,80	0,59	0,69	3,59
Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor	m (n= 220)	1,99	1,92	0,64	0,94	3,62
	w (n= 236)	2,00	1,98	0,64	0,52	4,95
Ionisiertes Magnesium	m (n= 164)	0,62	0,60	0,10	0,41	0,96
	w (n= 199)	0,61	0,59	0,11	0,36	0,99

m= männlich, w= weiblich

Zusätzlich wurde die Verteilung der Analysenwerte bezüglich des Vorliegens oder der Abwesenheit von Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme bei allen Eltern- und Jungtieren untersucht (Tab. 18). Kaninchen ohne Schmelzveränderungen zeigten geringgradig höhere Konzentrationen von Gesamtcalcium, ionisiertem Calcium und Magnesium im Blutserum als Kaninchen mit sichtbaren Querrillen oder Schmelzhypocalcififikationen zum Zeitpunkt der Blutentnahme.

ERGEBNISSE

Tabelle 18: Mineralstoffwerte (in mmol/l) aller Blutanalysen in Abhängigkeit des Auftretens von Zahnschmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme. Bezüglich der Blutproben der Jungtiere liegt eine wiederholte Analyse zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (beim Absetzen in der 8. Lebenswoche und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus) vor

Merkmal	Schmelz- defekt	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Gesamtcalcium	pos. (n= 59)	3,52	3,59	0,59	1,51	5,04
	neg. (n= 396)	3,55	3,59	0,46	1,15	5,62
Ionisiertes Calcium	pos. (n= 60)	1,58	1,60	0,24	0,73	2,05
	neg. (n= 394)	1,60	1,63	0,20	1,08	2,52
Phosphor	pos. (n= 59)	2,01	2,13	0,67	0,69	3,24
	neg. (n= 396)	1,94	1,81	0,59	0,70	3,59
Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor	pos. (n= 59)	1,93	1,68	0,67	1,16	4,27
	neg. (n= 396)	1,99	1,98	0,63	0,52	4,95
Ionisiertes Magnesium	pos. (n= 45)	0,60	0,59	0,11	0,41	0,94
	neg. (n= 317)	0,61	0,60	0,10	0,36	0,99

pos.= Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar, neg.= keine Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar

4.2.4 Einfluss von Größe, Geschlecht und dem Vorliegen von Schmelzveränderungen auf die Mineralstoffwerte

Für 198 Jungtiere, für die beide Blutanalysen vorlagen, wurden mittels einer univariaten Varianzanalyse signifikante Einflüsse ($p \leq 0,05$) für das Auftreten von Schmelzveränderungen und die Merkmale ionisiertes Calcium, Phosphor und das Calcium-Phosphor-Verhältnis ermittelt. Kaninchen, die zu beiden Untersuchungszeitpunkten Schmelzveränderungen aufwiesen, zeigten den größten negativen Mittelwert bezüglich des ionisierten Calciums und den höchsten Mineralstoffwert beim Parameter Phosphor. Alle anderen Abhängigkeiten stellten sich als nicht signifikant dar ($p > 0,05$) (Tab. 19).

ERGEBNISSE

Tabelle 19: Effekte auf die Mineralstoffwerte (in mmol/l) und deren Signifikanzen anhand der Differenzen aus zweiter und erster Analyse über 198 Jungtiere

Merkmal	Effekt		Mittelwert	Standardfehler	Signifikanz	
Gesamtcalcium	Größe	a	0,41	0,128	n.s.	
		b	0,42	0,068		
	Schmelzveränderungen	2. pos., 1. pos.	0,39	0,222	n.s.	
		2. pos., 1. neg.	0,47	0,109		
		2. neg., 1. pos.	0,39	0,136		
		2. neg., 1. neg.	0,41	0,059		
	Geschlecht	m	0,39	0,097	n.s.	
		w	0,44	0,086		
	Ionisiertes Calcium	Größe	a	-0,08	0,085	n.s.
			b	-0,12	0,046	
Schmelzveränderungen		2. pos., 1. pos.	-0,40	0,150	*	
		2. pos., 1. neg.	0,02	0,071		
		2. neg., 1. pos.	-0,04	0,091		
		2. neg., 1. neg.	0,02	0,040		
Geschlecht		m	-0,08	0,065	n.s.	
		w	-0,12	0,057		
Phosphor		Größe	a	0,61	0,272	n.s.
			b	0,54	0,145	
	Schmelzveränderungen	2. pos., 1. pos.	1,27	0,427	*	
		2. pos., 1. neg.	0,06	0,233		
		2. neg., 1. pos.	0,73	0,288		
		2. neg., 1. neg.	0,23	0,126		
	Geschlecht	m	0,58	0,205	n.s.	
		w	0,56	0,183		
	Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor	Größe	a	-0,30	0,255	n.s.
			b	-0,25	0,136	
Schmelzveränderungen		2. pos., 1. pos.	-0,92	0,442	*	
		2. pos., 1. neg.	0,24	0,218		
		2. neg., 1. pos.	0,44	0,270		
		2. neg., 1. neg.	0,01	0,118		
Geschlecht		m	-0,29	0,192	n.s.	
		w	0,268	0,172		

a= Zwerggrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen; 1= erste Analyse, 2= zweite Analyse; pos. = Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar, neg.= keine Schmelzveränderungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sichtbar; m= männlich, w= weiblich; n.s.= nicht signifikant, $p > 0,05$, * $p \leq 0,05$

4.2.5 Vergleich der Mineralstoffanalysen zwischen Elterntieren und ausgewachsenen Jungtieren

Für ausgewachsene Jungtiere (Termin 2) und adulte Elterntiere (Termin 3) sind die Ergebnisse der Mineralstoffanalyse vergleichend in Tabelle 20 aufgeführt. Lediglich die ionisierten Fraktionen von Calcium und Magnesium zeigten keine signifikanten Unterschiede. Hingegen war der Phosphorgehalt in den Blutproben der ausgewachsenen Jungtiere höchst signifikant ($p \leq 0,001$) über dem der Zuchttiere. Das Gesamtcalcium sowie das Calcium-Phosphor-Verhältnis stellten sich bei den Elterntieren gegenüber den ausgewachsenen Jungtieren als signifikant bzw. höchst signifikant erhöht dar.

Tabelle 20: Mineralstoffwerte (in mmol/l) vergleichend dargestellt für ausgewachsene Jungtiere (Termin 2) und Elterntiere (Termin 3)

Merkmal	Termin	Mittelwert	Standardfehler	Signifikanz
Gesamtcalcium	2 (n= 212)	3,50	0,031	*
	3 (n= 31)	3,71	0,800	
Ionisiertes Calcium	2 (n= 212)	1,71	0,011	n.s.
	3 (n= 31)	1,74	0,028	
Phosphor	2 (n= 212)	1,55	0,019	***
	3 (n= 31)	1,18	0,049	
Verhältnis Gesamtcalcium: Phosphor	2 (n= 212)	2,33	0,028	***
	3 (n= 31)	3,24	0,074	
Ionisiertes Magnesium	2 (n= 182)	0,61	0,11	n.s.
	3 (n= 30)	0,60	0,100	

n.s.= nicht signifikant, $p > 0,05$, * $p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$

4.3 UNTERSUCHUNGEN DER MAULHÖHLE IN ALLGEMEINANÄSTHESIE

Insgesamt wurden 110 adulte Kaninchen einer Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie unterzogen. Die Aufteilung nach Geschlecht und Größe gibt Tabelle 21 wieder.

Tabelle 21: Verteilung der Kaninchen nach Größe und Geschlecht in den Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110)

		Geschlecht		Gesamt
		m	w	
Größe	a	9	6	15
	b	57	38	95
Gesamt		66	44	110

a= Zwergrassen und kleine Rassen,
b= mittelgroße und große Rassen,
m= männlich, w= weiblich

Die Veränderungen wurden mittels des Zahn- und Kieferbefundbogens nach CROSSLEY (aus BÖHMER 2011) dokumentiert und zusammengefasst dargestellt. Unterschieden wurde in Kieferveränderungen (Tab. 22), Veränderungen an den Incisivi (Abb. 22), den Stiftzähnen (Abb. 23) sowie in die Befunde von Prämolaren und Molaren jeweils eines Kieferquadranten (Abb. 24-27).

4.3.1 Befunde bezüglich Kieferlängenveränderungen und der Incisivi

Bezüglich der Kieferlängenveränderungen wurde ein Aufbiss in drei und eine Brachygnathia superior in neun Fällen dokumentiert (Tab. 22). Das klinische Bild einer Brachygnathia superior trat vorwiegend, ein Aufbiss ausschließlich bei männlichen Kaninchen auf.

Tabelle 22: Anzahl der Kaninchen mit Aufbiss und Brachygnathia superior in den Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen) aufgeteilt nach Größe und Geschlecht

		m		w	
		Aufbiss	Brachygnathia superior	Aufbiss	Brachygnathia superior
Größe	a	1	2	0	0
	b	2	5	0	2

a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen, m= männlich, w= weiblich

An den Incisivi waren am häufigsten milchig-weiße Flecken als Zeichen einer Schmelzhypocalcififikation (BÖHMER 2011) und Querrillen am Zahnschmelz festzustellen. Zu lange klinisch sichtbare Zahnkronen sowie schräge Incisalflächen konnten weniger häufig

ERGEBNISSE

vermerkt werden. Bei einem Zuchtrammler fehlte der I301. Alle anderen Incisivi bei diesem Tier wiesen geringgradige Längenzunahmen der klinischen Zahnkrone auf. Bei einem weiblichen ausgewachsenen Jungtier fehlte der I401 (Abb. 22).

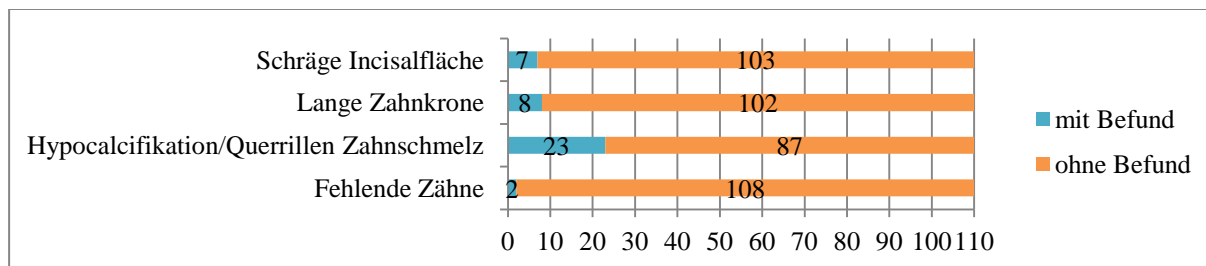


Abb. 22: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Incisivi im Ober- und Unterkiefer in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)

An den Stiftzähnen (I2) ließen sich nur wenige Befunde feststellen. Ein überlanges Wachstum der I2 trat insgesamt in vier Fällen auf, zweimal im Zusammenhang mit einer Brachygnathia superior und einmal bei einem Kaninchen mit Aufbiss. Bei einem Tier war die klinische Krone der Stiftzähne geringgradig verlängert, obwohl keine Veränderung der Kieferlängen vorlag. Hypocalcifikationen mit deutlich milchig-weißer Verfärbung des Zahnschmelzes wurden bei einem Kaninchen dokumentiert (Abb. 23).

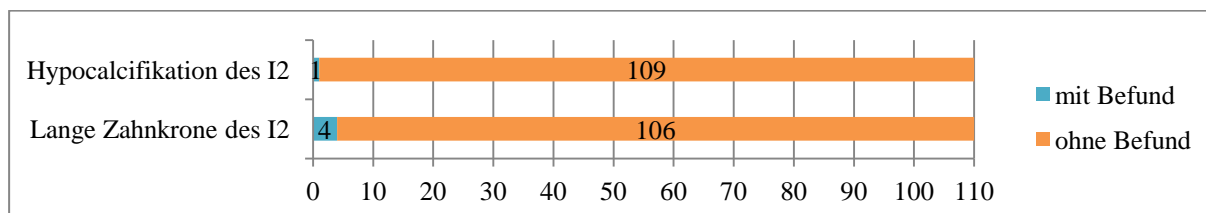


Abb. 23: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Stiftzähnen (I2) in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)

Unter allen in Allgemeinanästhesie untersuchten Kaninchen wiesen 43 Tiere eine kleine Zahnücke auf. Jeweils zweimal konnte gleichzeitig ein Aufbiss bzw. eine Brachygnathia superior dokumentiert werden. Eine große Zahnücke wurde bei 29 Tieren festgestellt, davon bei einem mit Aufbiss.

4.3.2 Befunde in den Kieferquadranten

In den beiden Kieferquadranten des Oberkiefers waren jeweils Wellengebisse sowie zu lange klinische Zahnkronen die am häufigsten erhobenen Befunde (Abb. 24-25).

Nur lokal war in einem Fall eine Gingivitis in Höhe des P107 zu finden. Die Schmelzveränderungen (Hypocalcificationen) an Molaren beider Oberkieferquadranten waren bei dem betroffenen Rammler auch an den Incisivi zu finden. Bei den fehlenden Molaren handelt es sich sowohl in Bezug auf den ersten als auch den zweiten Kieferquadranten um einen Rammler der Rasse „Thüringer“ (s. Abb. 30a) und eine Häsin. Bei dem Kaninchen, welches bukkale Zahnspitzen im rechten und linken Maxillaquadranten aufwies, handelt es sich um das Tier, dass zu lange klinische Kronen der Incisivi zeigte, ohne sichtbare Veränderung bezüglich der Kieferlänge. Gleichzeitig waren hier die klinischen Kronen aller Molaren in beiden Oberkieferhälften zu lang. Die zu kurzen klinischen Zahnkronen waren in einem Fall kombiniert mit dem Phänotyp Aufbiss.

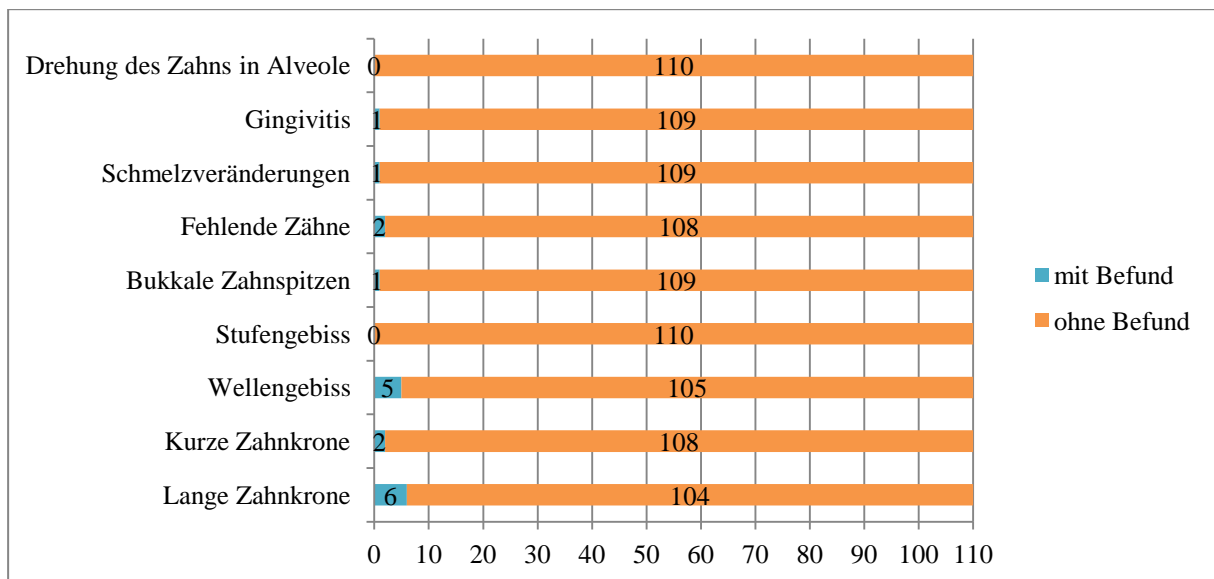


Abb. 24: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im ersten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)

Die Drehung des Zahns (P206) in der Alveole trat bei einem weiblichen Kaninchen auf und lag zusammen mit einer Verkürzung der klinischen Zahnkrone vor (Abb. 25).

ERGEBNISSE

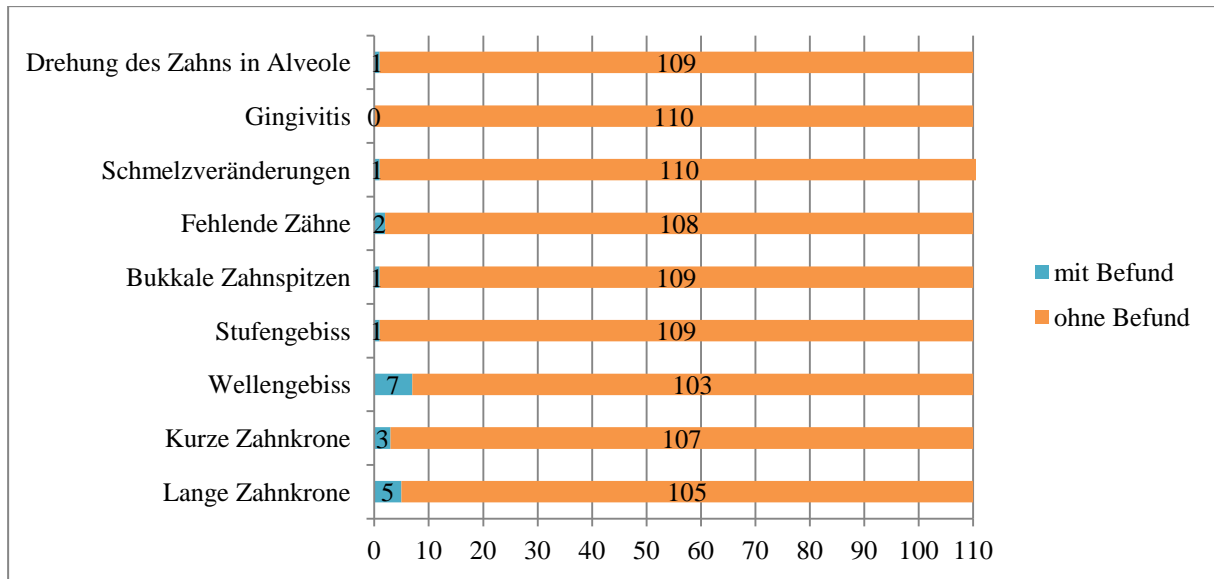


Abb. 25: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im zweiten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)

Die fehlenden Backenzähne in beiden Quadranten des Unterkiefers sind auch hier dem Rammler der Rasse „Thüringer“ (s. Abb. 30a) zuzuordnen. Linguale Zahnspitzen und lange klinische Zahnkronen konnten überwiegend in den beiden Kieferhälften der Mandibula festgestellt werden (Abb. 26-27).

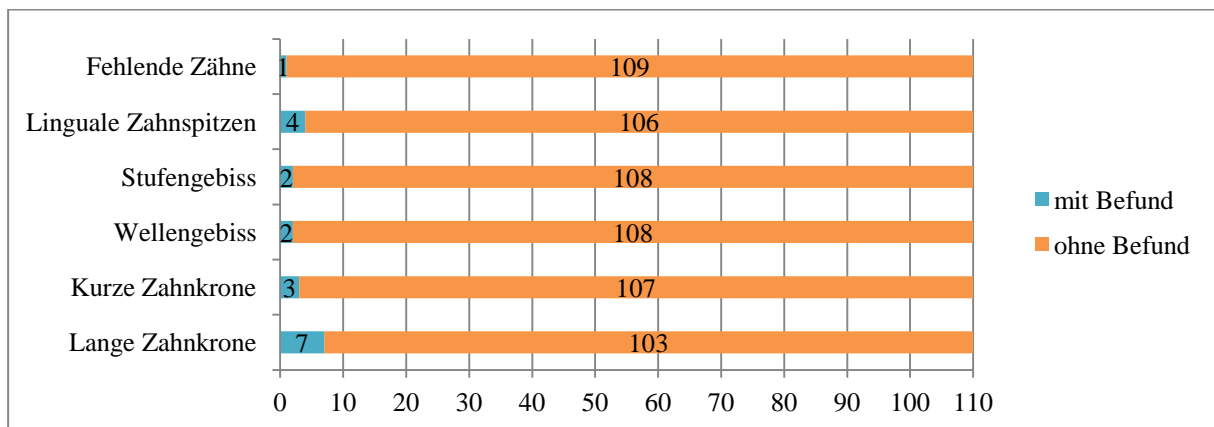


Abb. 26: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im dritten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)

ERGEBNISSE

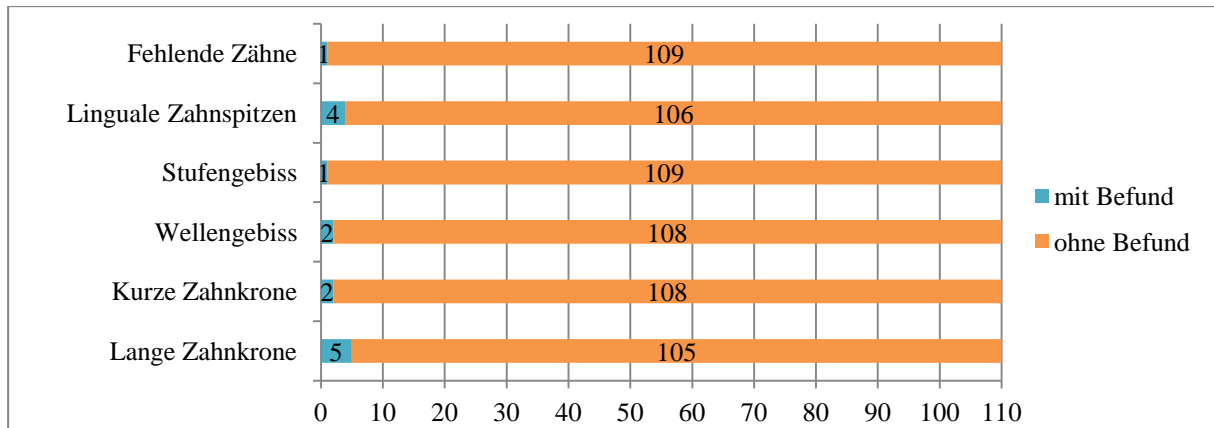


Abb. 27: Anzahl der Kaninchen mit/ohne Befunde/n an den Prämolaren und Molaren im vierten Kieferquadranten in der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie (n= 110 Kaninchen)

4.4 RÖNTGEN

4.4.1 Indikationen

Insgesamt wurden Röntgenbilder des Kopfes von 31 Kaninchen angefertigt. Dabei handelte es sich um vier Elterntiere mit Zahn- bzw. Kieferveränderungen (s. Tab. 1A, Anhang) und 27 ausgewachsene Jungtiere. Bei den Jungtieren handelte es sich um 15 Kaninchen mit klinischen Hinweisen auf das Vorliegen von Zahnveränderungen. Aus den gleichen Würfen wurden 12 klinisch zahngesunde Geschwistertiere als Kontrolle herangezogen. Die Indikationen zur Auswahl zahnkranker Kaninchen für die Anfertigung der Röntgenaufnahmen ergaben sich aus der regelmäßigen klinischen Untersuchung von Kopf und Zähnen und sind Abbildung 28 zu entnehmen.

ERGEBNISSE

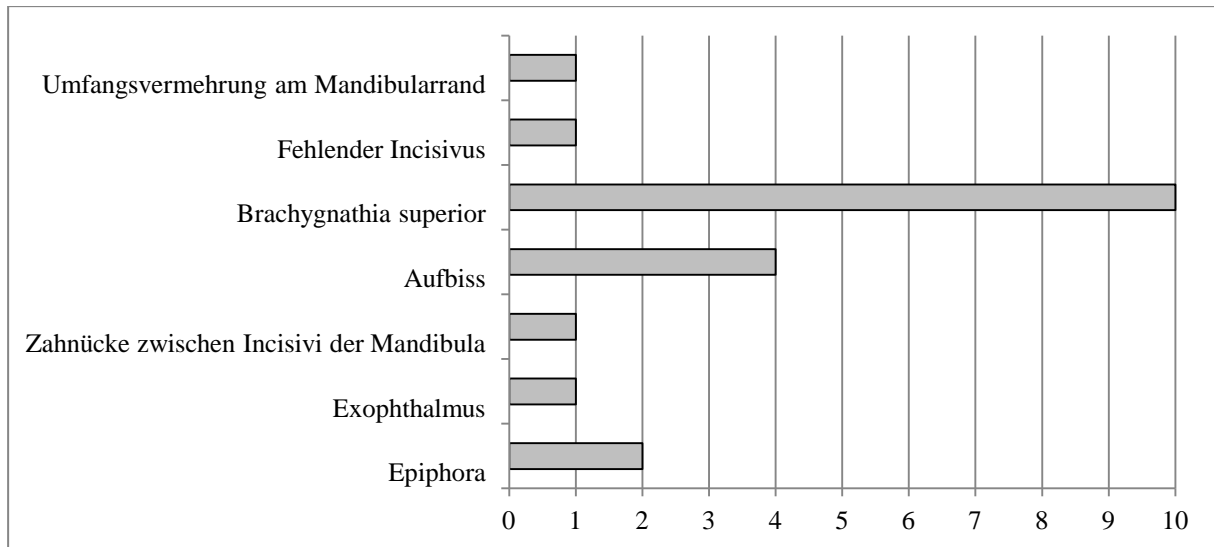


Abb. 28: Indikationen für die Anfertigung von Röntgenbildern. Pro Tier ist mehr als eine Indikation möglich

4.4.2 Messstrecken nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt nach DE ABREU et al. (2006), modifiziert

Mit Ausnahme der Strecke \overline{VW} (n= 28) lagen für alle weiteren Messungen Daten von 31 Kaninchen vor. Bezüglich der wiederholten Analyse zeigten drei der Messstrecken nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) sowie die beiden zusätzlich erfassten Strecken \overline{VW} und \overline{XY} modifiziert nach DE ABREU et al. (2006) (Abb. 9) eine Korrelation $>0,500$ zwischen der ersten und zweiten Messung (Tab. 23). Hervorzuheben sind die höchsten Korrelationen zwischen den wiederholten Messungen der Strecken modifiziert nach DE ABREU et al. (2006) sowie \overline{AB} nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993). Alle übrigen Strecken und Winkel zeigten nur sehr niedrige Korrelationen ($<0,500$) und wurden daher in der weitergehenden Betrachtung nicht mehr aufgegriffen.

Tabelle 23: Korrelation nach PEARSON zwischen wiederholten Messungen einer Strecke nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt nach DE ABREU et al. (2006), modifiziert

Messstrecke	Korrelation nach PEARSON
\overline{AB} 1: \overline{AB} 2	0,840
\overline{CF} 1: \overline{CF} 2	0,632
\overline{HG} 1: \overline{HG} 2	0,542
\overline{VW} 1: \overline{VW} 2	0,990
\overline{XY} 1: \overline{XY} 2	0,893

ERGEBNISSE

Die Korrelationskoeffizienten nach PEARSON zwischen den fünf verschiedenen Messstrecken sind in Tabelle 24 dargestellt. Die errechneten Korrelationen schwanken zwischen 0,299 für \overline{AB} zu \overline{HG} und 0,788 für \overline{AB} zu \overline{XY} . Die höchsten Korrelationen ($>0,7$) erreichten dabei die Strecke für die Distanz zwischen dem Incisivus und dem ersten Prämolaren im Unterkiefer (\overline{AB}) zu beiden Messstrecken modifiziert nach DE ABREU et al. (2006) ($\overline{XY}, \overline{VW}$), die sich auf die Diastema- bzw. die Gesamtlänge der Maxilla beziehen, sowie die beiden Strecken \overline{XY} und \overline{VW} zueinander. Außerdem wies die basale Breite des aufsteigenden Unterkieferastes (\overline{CF}) zur Maxillallänge (\overline{VW}) eine deutliche Abhängigkeit auf.

Tabelle 24: Korrelation nach PEARSON zwischen den verschiedenen Messstrecken anhand des Mittelwertes der beiden Messungen einer Strecke

	\overline{AB}	\overline{CF}	\overline{HG}	\overline{VW}	\overline{XY}
\overline{CF}	0,430				
\overline{HG}	0,299	0,540			
\overline{VW}	0,730	0,739	0,561		
\overline{XY}	0,788	0,465	0,459	0,784	

Anhand der Messwerte von 26 Jungtieren wurde eine univariate Varianzanalyse vorgenommen. Für ein zahnkrankes Jungtier stand kein Kontrolltier aus demselben Wurf zur Verfügung. Die Strecke \overline{VW} wurde von 23 Jungtieren erfasst. Für die Strecke \overline{HG} zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit von der Größe der Kaninchen. Bei allen anderen Strecken hatten die Faktoren (zahnkrank/zahngesund, Größe a/b, Rammler/Häsin) keinen signifikanten Einfluss. Für die Strecke \overline{CF} zeigten sich in der Tendenz für die Kaninchen der Zwerg- und kleinen Rassen (Größe a) höhere Mittelwerte (Tab. 25).

ERGEBNISSE

Tabelle 25: Analyse der Streckenlängen auf Abhängigkeiten von den Faktoren Zahnstatus, Größe und Geschlecht bei ausgewachsenen Jungtieren

Messstrecke	n	Faktor	Mittelwert (mm)	Standardfehler (mm)	Signifikanz
\overline{AB}	14	zahnkrank	22,5	0,63	n.s.
	12	zahngesund	21,2	0,63	
	5	Größe a	21,2	0,87	n.s.
	21	Größe b	22,5	0,42	
	17	Rammler	21,4	0,53	n.s.
	9	Häsinnen	22,3	0,73	
\overline{CF}	14	zahnkrank	32,1	0,80	n.s.
	12	zahngesund	31,9	0,80	
	5	Größe a	32,2	1,11	n.s.
	21	Größe b	31,8	0,53	
	17	Rammler	31,9	0,68	n.s.
	9	Häsinnen	32,0	0,93	
\overline{HG}	14	zahnkrank	36,3	1,06	n.s.
	12	zahngesund	36,1	1,05	
	5	Größe a	37,9	1,46	*
	21	Größe b	34,5	0,70	
	17	Rammler	35,1	0,89	n.s.
	9	Häsinnen	37,3	1,23	
\overline{VW}	13	zahnkrank	97,1	2,14	n.s.
	10	zahngesund	98,7	2,25	
	3	Größe a	96,4	3,37	n.s.
	20	Größe b	99,5	1,27	
	16	Rammler	98,3	1,76	n.s.
	7	Häsinnen	97,6	2,68	
\overline{XY}	14	zahnkrank	28,0	0,80	n.s.
	12	zahngesund	27,7	0,80	
	5	Größe a	27,7	1,11	n.s.
	21	Größe b	27,9	0,54	
	17	Rammler	27,7	0,68	n.s.
	9	Häsinnen	27,9	0,94	

a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen
n.s.= nicht signifikant $p > 0,05$, * $p \leq 0,05$

4.4.3 Anatomische Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009)

In Abbildung 29 sind die festgestellten Abweichungen von den Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009) (Abb. 10) dargestellt. Besonders im Bereich der Linien, die die Höhe der klinischen Krone (rote Linien) und die Okklusionsebene der Backenzähne (gelbe Linie) erfassen, wurden von der Norm abweichende Befunde erhoben. Nur bezüglich der blauen Linie als ventrale Grenze der mandibularen Zahnapices gab es keine Abweichungen bei Kaninchen, die in der vorausgehenden klinischen Untersuchung als zahngesund (Tab. 5) eingestuft wurden.

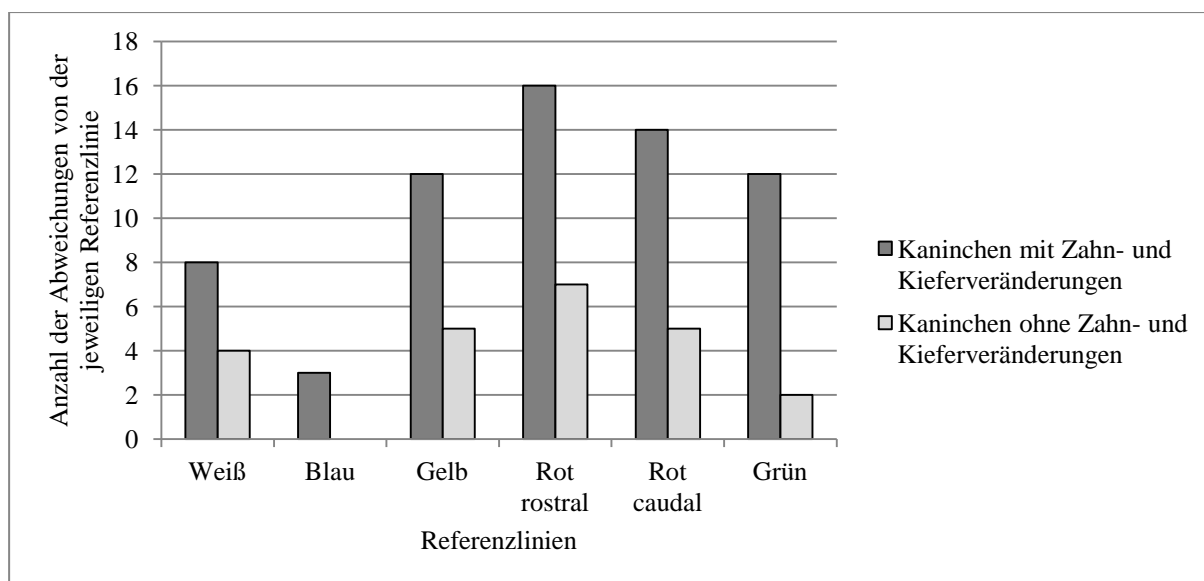


Abb. 29: Häufigkeiten der Abweichungen (Anzahl) von den Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009). Pro Tier kann mehr als ein Befund verzeichnet sein. Der Zahnstatus (mit oder ohne Zahn- und Kieferveränderungen nach Tab. 5) der Kaninchen leitet sich aus der vorhergehenden klinischen Untersuchung ab

Die latero-lateralen Röntgenbilder des Schädels unter Abbildung 30a und b zeigen zwei Kaninchen mit deutlichen Befunden und Abweichungen von den Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009). Das Röntgenbild a zeigt einen Thüringer, männlich, ein Jahr alt, mit Aufbiss, fehlenden Backenzähnen und sichtbaren knöchernen Auftreibungen am Ventralrand der Mandibula. Deutlich sind Zahnstrukturen dorsal der weißen und ventral der blauen Linie sichtbar, die Okklusionsebene der Backenzähne weicht von der gelben Linie ab und die Zahnkronen der maxillaren Backenzähne sind verlängert. Dies ist im Vergleich mit der caudalen roten Linie erkennbar. Unter b ist das Röntgenbild des Schädels eines Kreuzungstiers (Weißgranne x Rheinische Schecke) mit Aufbiss, ebenfalls männlich, 8 Monate alt, abgebildet. Die Okklusionsebene der Molaren weicht deutlich von der gelben

Referenzlinie ab, anhand der rostralen roten Linie lässt sich eine Verlängerung der mandibularen Molaren zeigen. Die beiden grünen Linien verlaufen fast parallel zueinander.

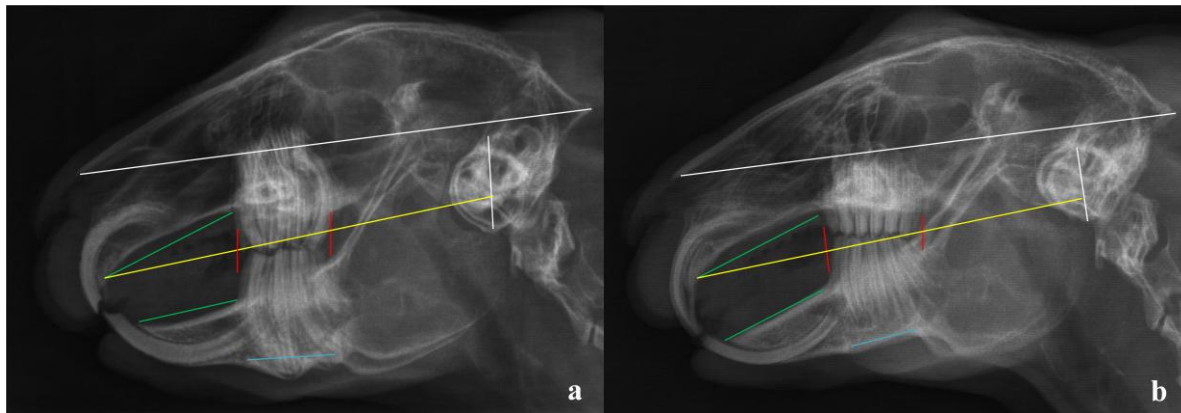


Abb. 30: Zwei Röntgenbilder von Kaninchenschädeln in latero-lateraler Projektion mit sichtbaren Befunden und Abweichungen von den Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009)
 a. Thüringer, männlich, ein Jahr alt, b. Kreuzungstier (Weißgranne x Rheinische Schecke), männlich, 8 Monate alt

Die Ergebnisse der Befunderhebung nach den Referenzlinien von BÖHMER und CROSSLEY (2009) (Abb. 10) und den Faktoren Zahnstatus (zahnkrank/zahngesund, Tab. 5), Größe (a/b, Tab. 4) sowie Geschlecht (Rammler/Häsin) sind in Tabelle 26 dargestellt. Nur für die grünen Referenzlinien, welche den Verlauf des *Os palatinum* zum Unterkiefer beschreiben, ergab sich zum Effekt Zahnstatus eine signifikante Abhängigkeit mit $p \leq 0,05$.

Tabelle 26: Übersicht über die nach den anatomischen Referenzlinien (BÖHMER und CROSSLEY 2009) bewerteten Kaninchen mit auffälligem Befund.

Referenzlinie*	zahnkrank (%)	zahngesund (%)	Größe a (%)	Größe b (%)	Rammler (%)	Häsinnen (%)
Weiß	42,1	33,3	26,8	41,7	38,1	40
Blau	15,8	0	0	12,5	9,5	10
Gelb	63,2	41,7	42,9	58,3	61,9	40
Rot rostral	84,2	58,3	71,4	75	76,2	70
Rot caudal	73,7	41,7	57,1	62,5	66,7	50
Grün	63,2	16,7	42,9	45,8	42,9	50

* Farbzuordnung siehe Abb. 10; a= Zwergrassen und kleine Rassen, b= mittelgroße und große Rassen
 Die Differenz zu 100 % (n= 31) stellen Tiere dar, die unabhängig vom klinisch beurteilten Zahnstatus keine Abweichungen in der jeweiligen Referenzlinie aufwiesen

4.5 HERITABILITÄTEN

Über alle erfassten Untersuchungen von 236 Kaninchen lag die Heritabilität für die Brachygnathia superior bei 0,254 mit einem Standardfehler von 0,169 und für den Datensatz aus jeweils der letzten vorliegenden Untersuchung von 197 Kaninchen beim Erreichen des Adultstatus bei 0,105 mit einem Standardfehler von 0,092. Die ermittelten Wurfefekte sind entsprechend gering. Für die Schmelzveränderungen zeigten sich für beide Datensätze keine Erblichkeiten bei hohem Wurfefekt. Eine Konvergenz konnte beim Merkmal Aufbiss nicht erreicht werden. Alle Ergebnisse sind unabhängig von der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Rasse, da nicht für alle Rassen ausreichend große Tierzahlen für eine jeweils separate Erblichkeitsschätzung zur Verfügung standen (Tab. 27).

Tabelle 27: Heritabilität und Wurfefekte mit Standardfehlern für drei Merkmalskomplexe von Zahn- und Kieferveränderungen: Brachygnathia superior, Schmelzveränderungen und Aufbiss

Merkmal	Heritabilität		Wurfefekte	
	Alle Untersuchungen (236 Kaninchen)	Jeweils letzte Untersuchung eines Kaninchens wenn adult (197 Kaninchen)	Alle Untersuchungen (236 Kaninchen)	Jeweils letzte Untersuchung eines Kaninchens wenn adult (197 Kaninchen)
Brachygnathia superior	0,254 ± 0,1689	0,105 ± 0,0924	0,030 ± 0,0736	0
Schmelz- veränderungen	0	0	0,400 ± 0,0808	0,400 ± 0,0864
Aufbiss	-konvergiert nicht-			

5 DISKUSSION

5.1 VERSUCHSAUFBAU UND STATISTISCHE PLANUNG

Versuchsaufbau

Dieser Untersuchung wurden Tierfamilien aus Halb- und Vollgeschwistern zugrunde gelegt, um verwandte Tiere zur Schätzung der Heritabilitäten verfügbar zu haben. Andererseits wurde bewusst auf die Anpaarung zwischen Eltern und Nachzucht oder Geschwistertieren verzichtet, um Inzuchteffekte, wie sie in anderen Untersuchungen auftraten (CHAI und DEGENHARDT 1962, CHAI 1970), zu vermeiden. Die Vielfalt der eingesetzten Rassen stellte ein repräsentatives Abbild einer Kaninchenpopulation dar, wie sie im Heimtierbereich, aber auch in der Rassekaninchenzucht zu finden ist. Hierin wurde also vom Studiendesign, wie etwa bei FOX und CRARY (1971), die ihre Erhebungen zu Zahnveränderungen an experimentell genutzten Kaninchenlinien durchführten, abgewichen. Die Elterntiere wurden nicht gezielt nach dem Vorliegen von Zahn- und Kieferveränderungen für diese Studie ausgewählt. Gleichzeitig wurde durch den Einsatz von größeren Rassen überprüft, ob auch bei diesen Tieren Zahnveränderungen in ähnlicher Häufigkeit und Ausprägung auftreten wie bei Zwergrassen (MULLAN und MAIN 2006). Eine praxisnahe Aufstallung gewährleistete die grundsätzliche Übertragbarkeit auf die Haltung von Kaninchen als Heim- und Zuchttiere, wobei im Vergleich unterschiedliche Fütterungsregime im Bezug auf Güte, Menge und zeitlichem Angebot sowie Haltungsbedingungen mit und ohne Aufenthalt im Freien beachtet werden sollten. Den Kaninchen wurde ein pelletiertes Alleinfuttermittel vorgelegt, um ein Selektieren, insbesondere der calciumreichen Anteile, wie von HARCOURT-BROWN (1996) und GLÖCKNER (2002) beschrieben, zu vermeiden. Heu stand allen Kaninchen ad libitum zur Verfügung, um eine kontinuierliche Aufnahme zur Sicherstellung des Zahnabriebs zu gewährleisten (BUCHER 1994, HARCOURT-BROWN 1996, SCHREYER 2008).

Zusätzlich wurden alle Kaninchen, mit Ausnahme der Zuchtrammler, mindestens paarweise gehalten, um einen artgerechten Sozialkontakt zu ermöglichen (ALBONETTI et al. 1990, MORTON et al. 1993) und Stereotypien wie Gitterbeißen aufgrund sozialer Isolation zu vermeiden (KROHN et al. 1999), die sich auch negativ auf die Zahngesundheit auswirken können (SCHWEIGART 1998). Tatsächlich konnten während des gesamten Untersuchungszeitraumes auch keine solchen Verhaltensweisen beobachtet werden. Das Vorgehen, Zuchtrammler, ebenso wie Jungrammler, aufgrund agonistischen Verhaltens aus

der Gruppen- in Einzelhaltung zu setzen, diente dem Schutz vor ernsthaften Verletzungen, wie sie häufig bereits ab dem dritten Lebensmonat zu beobachten sind (BERGER et al. 1982). Mit der Unterbringung in Außenhaltung mit teilweiser Sonneneinstrahlung wurde auch die Forderung von MOSALLANEJAD et al. (2010) nach UV-Licht-Exposition zur Verbesserung des Vitamin D-Stoffwechsels erfüllt. Diese Exposition war jedoch vom Standort der jeweiligen Buchten und der Sonneneinstrahlung im Verlauf der Jahreszeiten abhängig. Bei Degus konnten JEKL et al. (2011a) feststellen, dass sich das Zahnwachstum sowohl der Schneide- als auch der Backenzähne durch die UV-Licht-Exposition erhöht. Einem Saisoneffekt in der vorliegenden Arbeit wurde dadurch begegnet, dass über die komplette Zeitdauer des Versuches in allen Jahreszeiten Kaninchen aller Altersstufen untersucht wurden.

Statistische Planung

Eine niedrigere Tierzahl als zunächst berechnet wurde eingesetzt, da bei Zwischenanalysen der Standardfehler für die Brachygnathia superior bezüglich der abschließenden Untersuchung bei adulten Kaninchen bereits $<0,1$ war. Im Vergleich mit den anderen beiden Merkmalen Aufbiss und Schmelzveränderungen wurde dieses Ergebnis stärker gewichtet, da die Brachygnathia superior einen belasteten Phänotyp darstellt. Daher wurde im Sinne des 3R Prinzips (RUSSELL und BURCH 1959) auf die Verwendung weiterer Tiere verzichtet.

5.2 KLINISCHE UNTERSUCHUNGEN UND GEWICHTSERFASSUNG

Klinische Untersuchungsmethoden

Die erste klinische Untersuchung mit Adspektion und Palpation von Kopf, Kiefer und Schneidezähnen fand in der dritten Lebenswoche statt, da ab diesem Zeitpunkt bei allen Tieren die Zähne vorhanden (HOROWITZ et al. 1973) und gut sichtbar waren, anders als von FOX und CRARY (1971) postuliert, die bei Kaninchen von verschiedenen Inzuchtlinien erst ab der vierten Lebenswoche eine Prognathie sicher diagnostizieren konnten. Auch JEKL und REDROBE (2013) beschrieben allgemein das Auftreten von Malokklusionen der Incisivi erst ab der vierten Lebenswoche. Mit den wöchentlichen bzw. zwei wöchentlichen Untersuchungsabschnitten wurde es ermöglicht, die Dynamik von Zahn- und Kieveränderungen synchron zum Entwicklungsstadium der Kaninchen zu verfolgen, wie auch von GLÖCKNER (2002) vorgeschlagen und nicht nur eine Momentaufnahme durch eine bis wenige Untersuchungen eines Tieres anzufertigen, wie sie in anderen klinischen und

experimentellen Untersuchungen gegeben war (FOX und CRARY 1971, HUANG et al. 1981, GLÖCKNER 2002, MOSALLANEJAD et al. 2010).

In der klinischen Untersuchung wurden keine Befunde an den Backenzähnen erhoben, da der Einsatz von Kiefer- und Wangenspreizer am wachen Kaninchen aufgrund der hohen Verletzungsgefahr durch Abwehrbewegungen als obsolet betrachtet wird (BÖHMER 2011). So wurde bereits zu Beginn der Untersuchungen eine eigene Liste mit Parametern zur Definition des Zahnstatus auf Grundlage der Angaben von BÖHMER (2011) entwickelt, da eine Bonitierung in Anlehnung an das fünfstufige „grading scheme“ nach HARCOURT-BROWN (1997), welches zahlreiche Befunde in der Maulhöhle mit einschließt, zu viele Abweichungen erwarten ließ. Mittels Endoskop oder Othoskop lässt sich eine Übersicht über den Status der Prämolaren und Molaren gewinnen (HARCOURT-BROWN 2009b), dies erschien hier aber zur genauen Befunderhebung nicht ausreichend.

Befunde der klinischen Untersuchungen: Elterntiere

Bei den Elterntieren handelte es sich um Kaninchen mit einem Mindestalter von einem Jahr, so dass hierbei von ausgewachsenen, zuchtreifen Tieren ausgegangen werden konnte (LÖHLE 1995, GRÜN 1999, WARRLICH 2011). Da die Kaninchen nicht aufgrund von Zahn- und Kieferveränderungen für die Studie vorselektiert waren, wurden nur geringe Vorkommen an klinisch erfassbaren Zahn- und Kieferpathologien erwartet. Tatsächlich aber wiesen ein Großteil der Häsinnen und die Hälfte aller in der Zucht eingesetzten Rammler Zahnveränderungen auf. In der Mehrzahl der Fälle handelte es sich um Zahnlücken zwischen den Unterkieferincisivi ohne klinische Folgeerscheinungen und Grund zur regelmäßigen therapeutischen Intervention. Dies erklärt sich dadurch, dass Kaninchen mit schwerwiegenden Zahn- und Kieferveränderungen, insbesondere wenn dadurch die Futteraufnahme eingeschränkt wird, ohne regelmäßige therapeutische Maßnahmen das Zuchtalter kaum erreichen (FOX und CRARY 1971). Allerdings musste bei dem Rammler mit einem fehlenden Incisivus im Unterkiefer in regelmäßigen Abständen eine Kürzung des antagonistischen Schneidezahnes im Oberkiefer vorgenommen werden, um Weichteilverletzungen zu vermeiden. Ein Rammler zeigte klinisch einen Aufbiss und palpierbare knöcherne Auftreibungen am Ventralrand der Mandibula ohne Anzeichen verminderter Futteraufnahme. Auch MULLAN und MAIN (2006) stellten in einer zufällig ausgewählten Population von Heimtierkaninchen fest, dass 30 (29,4 %) Kaninchen von 102 Zahnveränderungen aufwiesen, die nach der Einteilung von HARCOURT-BROWN (1997)

für Zahnveränderungen aufgrund nutritiver Osteodystrophie höher als Grad 1 eingestuft werden. Dieses Ergebnis stuften sie als hoch ein, da auch das Durchschnittsalter (2,2 Jahre; von zwölf Wochen bis acht Jahre), ähnlich wie das Alter der Elterntiere im vorliegenden Versuch (1-5 Jahre) im Vergleich zur erwarteten Lebensdauer (bis 12 Jahre, TVT 2011) niedrig war und sich Zahnerkrankungen aufgrund einer Calcium-defizitären Fütterung erst nach Monaten oder Jahren in Malokklusionen niederschlagen sollen (MULLAN und MAIN 2006).

Befunde der klinischen Untersuchungen: Jungtiere

Der in 3182 Untersuchungen mit 38 % am häufigsten erhobene Befund war wie bei den Elterntieren das Vorliegen einer Zahnücke zwischen den mandibularen Incisivi (Abb. 7c). Bislang ist dies in der Literatur nicht als eigenständige Zahnveränderung beschrieben, was in der Tatsache begründet liegen könnte, dass es nur selten infolgedessen zu klinisch-pathologischen Erscheinungen kommt. In der vorliegenden Studie konnten allerdings Probleme bei der Futteraufnahme und der Fellpflege beobachtet werden, wenn Haare oder Raufutter zwischen den Zähnen eingeklemmt waren. Jedoch gab es hierin große individuelle Unterschiede, auch abhängig vom Ausmaß der Zahnücke. Eine standardmäßige Erfassung in der klinischen Untersuchung von Kaninchen in künftigen Studien wäre wünschenswert, um vergleichbare Angaben aus anderen Patientenpopulationen zu erhalten.

Schmelzhypocalcifikaionen, die sich, wie von BÖHMER (2011) beschrieben, als milchig-weiße Flecken als Zeichen einer Mineralisierungsstörung darstellten, zeigten sich an den Oberkieferincisivi (12,4 %) etwa dreimal so oft wie an den Unterkieferincisivi (4,10 %). WHATLING und FEARNE (2008) beschrieben beim Menschen das Vorkommen opaquer Verfärbungen von Molaren und Incisivi, die dort die gesamte Zahnkrone betreffen können. Allerdings ist die Ätiologie unklar. Trotz ausreichender Versorgung mit Calcium über das ad libitum verfügbare pelletierte Alleinfuttermittel und der Außenhaltung mit zumindest zeitweise einfallendem natürlichem Sonnenlicht traten auch sichtbare Querrillen im Zahnschmelz mit 6,4 % bei 3182 Untersuchungen auf, die nach HARCOURT-BROWN (1996) auf osteodystrophische Verhältnisse durch Calciummangel schließen lassen. Eine Erklärung hierfür wäre, dass die Kaninchen mit Schmelzveränderungen rangniedrig waren und so nicht ausreichend Zeit zur Futteraufnahme hatten. Dieser Problematik wurde aber durch die Bereitstellung von pelletiertem Alleinfutter zur freien Verfügung in der

Gruppenhaltung der wachsenden Kaninchen entgegengewirkt. Adspektorisch und palpatorisch erschien kein Tier untergewichtig.

In der klinischen Studie von JEKL et al. (2008) wiesen 12,5 % der untersuchten Kaninchen Querrillen im Zahnschmelz der Schneidezähne auf. Da Calcium aber bei Kaninchen Vitamin D unabhängig resorbiert wird (BOURDEAU et al. 1986) und auch die Blutanalysen keine Mangelzustände offenbarten (s. Kap. 4.2), wird vermutet, dass die Störungen im Metabolismus beim Einbau in die Schmelzmatrix zu suchen sind. Hierzu wären weitere Untersuchungen mit z.B. radioaktiv markiertem Ca^{2+} nötig, um die physiologischen Vorgänge weiter zu beschreiben als bisher im Schrifttum angegeben (TAKANO 1995, KAWAMOTO und SHIMIZU 1997, ARNOLD 2006) und die Transportmechanismen von Calcium an den Ort der Zahnschmelzbildung detailliert zu klären. Allerdings könnten die Veränderungen auch durch bakterielle Allgemeininfektionen aufgetreten sein. Experimentell wurde diese Hypothese zumindest von KRESHOVER und HANCOCK (1956) beschrieben.

Da im Kaninchenbestand zeitweise eine Infektion einiger Tiere mit ansteckendem Kaninchenschnupfen vorlag, könnte dies in einigen Fällen möglicherweise zur Entstehung solcher Schmelzbilder beigetragen haben. In diesem Zusammenhang wurden auch der erfasste Augen- und Nasenausfluss nicht als spezifische Symptome für Zahnerkrankungen interpretiert, sondern als symptomatisches Zeichen des ansteckenden Kaninchenschnupfens.

Die Prävalenz der Brachygnathia superior lag bei 3,4 % über alle Untersuchungen unabhängig von Rasse und Zeitpunkt der Diagnose. In einer Untersuchung von JEKL et al. (2008) lag der Anteil an Kaninchen mit dieser Veränderung bei 21,25 %. Allerdings handelte es sich dabei insgesamt um ein Patientengut, das ausschließlich aufgrund zahnassoziierter Symptomatik tierärztlich vorstellig geworden war. Ein Aufbiss ließ sich in 3,6 % aller Untersuchungen feststellen. Dieser Phänotyp kann aber auch ein Stadium auf dem Weg zu einer Brachygnathia superior darstellen (FOX und CRARY 1971, JEKL und REDROBE 2013). Hierzu liefert auch die Abbildung 14 Hinweise: Während die Häufigkeit des Befundes Aufbisses sinkt, steigt die der beobachteten Brachygnathien leicht an. Einschränkend muss erwähnt werden, dass beide Phänotypen unabhängig voneinander beobachtet werden konnten. Nicht aus jedem Aufbiss entwickelte sich eine klinisch manifeste Brachygnathia superior. Gleichzeitig konnte nicht immer eindeutig der Zahnstatus Aufbiss auf dem Weg zur Entwicklung eines Überbisses festgestellt werden. Zwar wurden die Untersuchungsintervalle engmaschig gewählt, doch ist nicht auszuschließen, dass in einigen Fällen die Phase des Aufbisses in keiner Untersuchung erfasst werden konnte. Somit bleibt zu beschließen, dass ein Aufbiss kein sicheres Anzeichen

für die Entwicklung einer Brachygnathia superior sein muss, jedoch ein dienlicher Hinweis sein kann, das Tier vor einer Weiterveräußerung oder Zuchtnutzung unbedingt nochmals auf das Vorliegen von Zahn- und Kieferveränderungen zu untersuchen.

Die Einteilung der Zahnbefunde in Kategorien diene dazu, Häufigkeiten in verschiedenen Zeiträumen quantifizieren zu können (Abb.15-17). Schließt man die Kategorien 2 und 4 in die Bewertung ein, zeigt sich ein hoher Anteil an Kaninchen mit Zahnbefunden, obwohl es sich nicht um eine auf das Vorliegen von Zahnveränderungen selektierte Population handelte. Im Hinblick auf die Ergebnisse von MULLAN und MAIN (2006), die unter zufällig ausgewählten Heimtierkaninchen eine Inzidenz von 29,4 % feststellten, erscheint diese Befundhäufigkeit sehr hoch, allerdings ist ein direkter Vergleich zu ähnlichen Untersuchungszeiträumen an jungen Kaninchen aufgrund mangelnder vergleichbarer Studien nicht möglich. Betrachtet man das Ergebnis für die Aufteilung nach der Größe, zeigte sich, dass Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen bis zum Absetzen in der achten Lebenswoche häufiger mit der Kategorie 4, also zahnkrank sowohl in der ersten Untersuchung als auch in der Untersuchung beim Absetzen, befundet wurden. Bei Kaninchen größerer Rassen lässt sich dies erst nach dem Absetzen ausmachen (Abb. 16). Eine Erklärung hierfür liefert möglicherweise die Wachstumsgeschwindigkeit. Kaninchen der Größengruppe a, also Tiere von Zwerg- und kleinen Rassen, sind frühreifer (LÖHLE 1995, WARRLICH 2011). Möglicherweise manifestieren sich bei diesen auch pathologische Veränderungen, die im Zusammenhang mit der Kieferlänge stehen, wie Aufbiss oder Brachygnathia superior, auch zu einem früheren Zeitpunkt als bei größeren Rassen. Hilfreich wären hierzu detaillierte Wachstumskurven für Rassekaninchen, wie sie bislang aber nur für experimentell eingesetzte Rassen vorhanden sind (CHARLES RIVER LABORATORIES 2014).

In allen drei Untersuchungszeiträumen wurden männliche Tiere mit 19, 18 bzw. 24 % häufiger in die Kategorie 1, also keine auffälligen Zahnbefunde in der ersten und letzten Untersuchung, eingeteilt als weibliche Kaninchen (11, 12 und 17 %) (Abb. 17). In der Arbeit von GLÖCKNER (2002) stellte sich dies genau umgekehrt da: Unter den 80 insgesamt untersuchten Kaninchen waren 21 Patienten zur Zahnkorrektur, davon waren 66,7 % männlich bzw. männlich kastriert und 33,3 % weibliche Tiere. Die Gewichtung der Geschlechter scheint also von der jeweils untersuchten Population abhängig zu sein. Aus Abbildung 17 wird aber auch ersichtlich, dass sowohl die meisten Rammler als auch Häsinnen, welche die Bedingungen für eine Einteilung in Kategorie 4 erfüllen, ebenfalls im

Untersuchungszeitraum zwischen Absetzen und der letzten vorliegenden Untersuchung bei Erreichen des Adultstatus zu finden sind. Hier könnte sich niederschlagen, dass ein Zahnstatus, der um den Zeitpunkt des Absetzens vorhanden ist, weniger Änderungen unterworfen ist als in den ersten Lebenswochen zwischen Beginn der Untersuchungen in der dritten Lebenswoche und der sechsten Untersuchung beim Absetzen mit acht Wochen. Dies lässt sich auch aus dem Verlauf der Befundhäufigkeiten im Bezug zum Lebensalter entnehmen (Abb. 18 und 19). Das unterschiedliche Körperwachstum, auch abhängig vom Geschlecht, könnte hiermit in Verbindung stehen. Statistisch bestätigt werden konnten diese Unterschiede für die Veränderungen am Zahnschmelz innerhalb einer Größengruppe und des Geschlechts (Tab. 9). Grundsätzlich sind die gesetzten Untersuchungsintervalle zu diskutieren: Der Untersuchungsbeginn in der dritten Lebenswoche scheint unter Berücksichtigung einer sicheren Befunderhebung früh genug gewählt. Zwar ließen sich bereits in der ersten Untersuchung hohe Befundhäufigkeiten erfassen, so dass eine Dokumentation der Zahn- und Kieferveränderungen in noch früheren Lebenswochen sinnvoll gewesen wäre. Diesem Vorgehen allerdings war durch die geringe Größe der Zähne, welche eine sichere klinische Befunderhebung erheblich einschränkte, eine Grenze gesetzt. Weiterhin wäre es möglich gewesen, das Absetzen um einige Woche nach vorne oder hinten zu verlegen, was die Resultate beeinflussen könnte. Unter Annahme einer schnelleren Entwicklung von Kaninchen kleinerer Rassen wäre es eventuell nötig, die Befundvergleiche an ein möglicherweise abweichendes biologisches Alter anzupassen. Zum Beispiel könnten Zwergkaninchen und Tiere kleiner Rassen im Alter von drei Wochen mit Kaninchen mittelgroßer und großer Rassen in der fünften Lebenswoche in Beziehung gesetzt werden. Auch für diese Fragestellung wären genauere Informationen über die Entwicklungsschritte von Kaninchen verschiedener Rassen hilfreich.

Im Vergleich der Größengruppen miteinander zeigten Kaninchen der Zwerg- und kleinen Rassen häufiger Befunde bezüglich des Zahnstatus gesamt sowie hochgradige Zahnveränderungen wie auch bereits von NACHTSHEIM (1936), BROWN (1992), TURNER (1997), SCHWEIGART (1998), LENNOX (2008), SCHREYER (2008), VAN CAELENBERG et al. (2008) geäußert. Weibliche Kaninchen zeigten häufiger Schmelzveränderungen, sowie Veränderungen im Zahnstatus gesamt, der allerdings Befunde am Zahnschmelz mit umfasst (Abb. 20 und 21). Aus der Humangenetik ist bekannt, dass bestimmte Phänotypen an Mutationen auf dem X-Chromosom gebunden sind, beispielsweise einige Formen der Hypodontie (RASOOL et al. 2008) und die Amelogenesis imperfecta

(ALDRED et al. 1992). Allerdings wäre hierbei zu erwarten, dass männliche Individuen häufiger betroffen sind. Beim Kaninchen liegen hierzu auf genetischer Ebene noch keine Informationen vor. Schwerpunkte bei der Genomanalyse von Kaninchen beschränken sich bislang vorwiegend auf Merkmale, die helfen sollen, Fragestellungen im Bereich der Evolution und Domestikation dieser Tierart zu klären (CARNEIRO et al. 2011, CARNEIRO et al. 2014). Bezüglich der Untersuchungsnummer ergaben sich auch für die Zahnschmelzveränderungen bei beiden Geschlechtern hochsignifikante Beziehungen. Für den Zahnstatus gesamt ergaben sich innerhalb der mittelgroßen und großen Rassen ebenfalls statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsnummern. Gleiches gilt bezüglich des Zahnstatus gesamt und den Unterschieden zwischen den Untersuchungsnummern bei weiblichen Tieren (Tab. 9). Dies zeigt die Relevanz des Zeitpunktes, zu dem dieses Merkmal erfasst wird.

Zeitpunkt der Remontierung von Zuchttieren unter dem Aspekt der Zahngesundheit

Eine Fragestellung dieser Arbeit war es, eine Empfehlung an die Züchterschaft über den Zeitpunkt der Remontierung neuer Zuchttiere bezüglich der Zahngesundheit zu geben. Für jedes betrachtete Merkmal war daher die Untersuchung entscheidend, nach der die Befundhäufigkeit zuverlässig nur noch abnahm. Wie erwartet, variierte dies stark nach dem Merkmal. Bis zum Absetzen könnte auch die Anzahl der Wurfgeschwister und die Milchleistung der Häsin, insbesondere im Bezug auf das Auftreten von Hypocalcifikationen und Querrillenbildung des Zahnschmelzes durch eine nutritive Minderversorgung mit Calcium eine wichtige Rolle spielen, was hier allerdings nicht erfasst wurde. Statistisch zeigten sich zwar keine Unterschiede zwischen den Untersuchungsnummern, allerdings war das Befundniveau zwischen den Rassen im Bezug auf den Zahnstatus gesamt sowie hochgradigen Zahnveränderungen höchst bzw. hoch signifikant verschieden. Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen wiesen häufiger diese Veränderungen auf. Allerdings sollte auch der relativ geringe Stichprobenumfang berücksichtigt werden. Aufgrund der Ergebnisse kann die Empfehlung gegeben werden, Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen nicht vor der zwölften Lebenswoche bezüglich des Zahnstatus zu beurteilen. Liegt das Augenmerk bei hochgradigen Zahnveränderungen, könnte für Häsinnen eine erste Einschätzung schon in der fünften Lebenswoche stattfinden. Zu beachten ist allerdings der erneute kurze Anstieg in der 20. Lebenswoche, bedingt vor allem durch die ansteigenden Befunde bei den Rammlern, nach einer relativ langen Plateauphase, wie die Abbildung 20 zeigt. Daher würde bei einer späteren

Beurteilung eine höhere Sicherheit erreicht. Für Tiere mittelgroßer bis großer Rassen sollte die Selektion generell so spät wie möglich, nicht vor 26 Lebenswochen erfolgen, wenngleich auch schwerwiegende Zahnveränderungen und Schmelzveränderungen bereits nach der sechsten Lebenswoche seltener zu verzeichnen waren. Dies deckt sich mit den Angaben von JAKOBS et al. (2004): Jungtiere können dort ab dem vollendeten dritten Lebensmonat in Jungtierklassen bei Schauen den Preisrichtern vorgestellt werden, so dass eine praxisnahe Umsetzung bezüglich dieser Altersangaben bereits möglich ist. Werden die Jungtiere zusammen mit der Häsin vorgestellt, beträgt das Mindestalter sechs Wochen, so dass auch hier, zumindest im Bezug auf schwere Zahnfehler bei Zwerg- und kleinen Rassen ein guter Zeitpunkt zur Beurteilung im Hinblick auf die Zahngesundheit der Incisivi bereits im Regelwerk des Verbandes verankert ist. Die in dieser Arbeit gezeigten Ergebnisse bekräftigen also dieses Vorgehen. Kritisch wäre allerdings anzumerken, dass Veränderungen der Backenzähne und sekundäre knöcherne Veränderungen durch retrogrades Zahnwachstum, die häufig lange klinisch nicht in Erscheinung treten und sich anhand der alleinigen Adspektion der Schneidezähne nicht detektieren lassen, verborgen bleiben. Daher wäre es anzuraten, Richter auf Schauen anzuleiten, damit diese im Verdachtsfall auch aussagekräftige Palpationen an Kopf und Kiefer durchführen können. Weiterhin sollten Kaninchen mit unklaren Befunden im Rahmen einer offiziellen Bewertung auch aus Tierschutzgründen verpflichtend einem Tierarzt vorgestellt werden. Des Weiteren geht aus dem Rassestandard (JAKOBS et al. 2004) nicht explizit hervor, welche Konsequenzen sich aus dem Vorliegen von leichten und schweren Zahnfehlern für das betroffene Tier und Verwandte ergeben. Allgemein wird gefordert, dass die Tiere zur Zucht geeignet und gesund sein müssen.

Gewichtserfassung

Angaben zu Absetzgewichten und täglichen Zunahmen für Rassekaninchen sind bislang nicht beschrieben. WAGNER (2009) erfasste aber beispielsweise für ZiKa-Hybriden in Abhängigkeit verschiedener Aufstellungsarten zwischen 20,9 und 36,8 g tägliche Zunahmen in einem Zeitraum von acht Wochen. Die gemessenen täglichen Zunahmen der vorliegenden Arbeit liegen mit 29,1 g für Zwerg- und kleine Rassen und maximal 39,9 g bei Häsinnen über alle Rassen hinweg in einem entsprechenden Bereich. Da kleinere Rassen auch ein geringeres Endgewicht aufweisen, bestätigt die niedrigere Tageszunahme im Vergleich zu mittelgroßen und großen Rassen die Erwartung. Dieses Resultat lässt sich auch, unabhängig vom vorliegenden Zahnstatus, für das Drei-Monatsgewicht bestätigen. Die täglichen Zunahmen

zwischen Absetzen und Erreichen des Drei-Monatsgewichtes der Häsinnen lagen über dem der Rammler. Dies ist im Einklang mit der Aussage von SCHLOLAUT (1995), der für weibliche Kaninchen, anders als bei anderen Nutztieren, ein bis zu 15 % höheres Körpergewicht ausmachte als bei männlichen Tieren. Beim Absetzen wurden für Kaninchen, die das jeweils untersuchte Merkmal (Zahnstatus gesamt, hochgradige Zahnveränderungen und Veränderungen des Zahnschmelz) zeigten, geringere Gewichte ermittelt als für Tiere ohne Befund, wenn dieser Effekt auch nicht statistisch abzusichern war. Kaninchen mittelgroßer und großer Rassen (Größe b) mit Befunden bezüglich des Zahnstaus gesamt wiesen höhere Absetzgewichte auf als gleich große Tiere ohne Befunde. Dies könnte darin begründet liegen, dass sich dieses untersuchte Merkmal aus verschiedenen Parametern mit unterschiedlicher Schwere zusammensetzt und hier Veränderungen wie etwa Querrillen im Zahnschmelz, die die Futteraufnahme nicht beeinflussen, im Verhältnis häufiger auftraten.

Allerdings zeigte sich dann bei der Erfassung des Drei-Monatsgewichtes von Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen (Größe a), mit Ausnahme der Tiere, welche Zahnschmelzveränderungen aufwiesen, ein konträres Bild mit höheren Gewichten bei Tieren mit dem betrachteten Merkmal im Vergleich zu Kaninchen ohne Befunde. Eine Erklärung wäre möglicherweise, dass hochgradige Zahnveränderungen, wie auch der Abbildung 18 zu entnehmen, sich häufiger in den ersten Lebenswochen manifestieren und später dann ein kompensatorisches Wachstum stattfinden könnte. Dazu stimmig wäre auch die Tendenz der Drei-Monatsgewichte von Kaninchen der Größe b, die in ihrer Entwicklung etwas langsamer sind als Kaninchen kleiner Rassen (LÖHLE 1995, WARRLICH 2011), so dass eventuelle Auswirkungen von Zahnbefunden auf das Gewicht erst später erfassbar sein könnten.

Abschließend lässt sich festhalten, dass Zahnveränderungen die Gewichtsentwicklung von Kaninchen zu unterschiedlichen Zeitpunkten beeinflussen können, wenn auch aus dieser Untersuchung keine statistisch abzusichernden Ergebnisse hervorgingen. Abhängig von der Rasse, respektive der Größe, kann man aus tendenziell niedrigeren Absetzgewichten keine vergleichbar geringen Drei-Montagewichte erwarten und umgekehrt. Dies könnte bei Mastkaninchen Bedeutung haben, da das Drei-Monatsgewicht in etwa dem Schlachalter mittelgroßer Hybriden entspricht (GOLZE et al. 2008).

5.3 BLUTANALYSEN

Mineralstoffe

Die Parameter Gesamtcalcium, ionisiertes Calcium, Phosphor, das Calcium-Phosphor-Verhältnis und ionisiertes Magnesium wurden für diese Untersuchungen ausgewählt, da ihr Zusammenhang zur Zahn- und Knochenmatrix und der Zahn- und Kiefergesundheit vielfach beschrieben wurde (MURRAY 1936, MATHIEU und SMITH 1961, HARCOURT-BROWN 1995, 1996, 1997, 2009, CROSSLEY 2005, BÖHMER 2011).

Da der Einfluss der Albuminkonzentration auf die Fraktion des ionisierten Calciums gering ist (LARSEN et al. 2014), wurde auf die Messung dieses Parameters verzichtet.

Im Schrifttum werden verschiedene Kennwerte für die Referenzwerte aufgeführt, so dass in der vorliegenden Arbeit eine Darstellung mit verschiedenen Angaben (Median, Minima, Maxima und Mittelwerte) gewählt wurde, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

Betrachtet man die Analysenergebnisse aller Blutproben (Tab. 14), so liegen die gemessenen Werte von Calcium, ionisiertem Calcium und Phosphor im Bereich der in der Literatur angegebenen Referenzwerte (WARREN et al. 1989, EWRINGMANN und GÖBEL 1998, HARCOURT-BROWN und BAKER 2001, HEIN und HARTMANN 2003). Für das Calcium-Phosphor-Verhältnis werden im Schrifttum keine Angaben gemacht, allerdings entsprechen die Werte dem 2:1 Verhältnis, welches ASSANE et al. (1993) für die Futterration empfehlen. Da insbesondere das Calcium, aufgrund des besonderen Metabolismus beim Kaninchen, direkt von der aufgenommenen Menge im Futter abhängig ist (KENNEDY 1965, CHAPIN und SMITH 1967a, CHEEKE 1987, CHEEKE 1994), wurde diese Angabe zur Orientierung übernommen. Die gemessenen Werte des ionisierten Magnesiums liegen über alle Analysen hinweg unter den Referenzwerten (95 %-Perzentil) von HEIN und HARTMANN (2003), die 0,90-1,66 mmol/l mit einem Median von 1,17 mmol/l angeben. Die naheliegende Erklärung wäre ein Mangel in der Ration. Dies kann allerdings weder ausgeschlossen noch bestätigt werden, da in der Deklaration keine Angaben für Magnesium erscheinen. Allerdings ist davon auszugehen, dass bei einem Alleinfuttermittel für Kaninchen suffiziente Mengen vorhanden sind. Möglicherweise handelt es sich um eine Verdrängung durch ionisiertes Calcium am gemeinsamen Transportsystem im Intestinum (UNGEMACH 2010). MURRAY fand bereits 1936 unerwartet hohe Mengen an Magnesium in der veraschten Zahnschmelze von Kaninchen und Hasen mit jeweils höheren Gehalten in den Incisivi (35,02 % bzw. 35,33 %) als in den Molaren (1,45 % bzw. 1,788 %). Einschränkend muss hier nur erwähnt werden, dass keine Angaben zur Fütterung der von MURRAY (1936)

untersuchten Tiere vorliegen. Dennoch zeigen diese Ergebnisse, dass nicht nur Calcium und Phosphor maßgeblich am Aufbau des Zahnes beteiligt sind. Daher wäre es sicherlich sinnvoll, Magnesium in die Deklaration von Futtermitteln für Kaninchen aufzunehmen, um bei auftretenden Zahnschmelzveränderungen eine Aufnahme dieses Mineralstoffes über das Futter abschätzen zu können, ohne eine aufwändige Futteranalyse durchführen zu müssen. Bezüglich der Unterschiede in der Phosphorkonzentration im Blut zwischen männlichen und weiblichen Kaninchen konnte die Aussage von HEIN und HARTMANN (2003) bestätigt werden, dass Rammler höhere Werte aufweisen (Tab. 17). Statistisch jedoch ließ sich dieser Unterschied nicht absichern (Tab. 19). Allerdings wurden in der vorliegenden Studie insgesamt höhere Mengen bei beiden Geschlechtern gemessen (+0,36 mmol/l bei den weiblichen und +0,39 mmol/l bei den männlichen Kaninchen im Vergleich zu HEIN und HARTMANN 2003). Hier lag die Konzentration im Futter mit 0,55 % deutlich über der von SCHLOLAUT (2003) für ausgewachsene Kaninchen empfohlenen Menge (0,2 %). Unter Berücksichtigung der Referenzen für jüngere Kaninchen (0,5 %, SCHLOLAUT 2003) war allerdings keine allgemeine Überversorgung anzunehmen. CHEEKE (1994) empfahl außerdem 0,4 % für den Erhaltungsbedarf an Phosphor in der Futtermittelration. Möglicherweise liegt die Erklärung auch im heterogenen Patientengut von HEIN und HARTMANN (2003), welches sich aus 155 Kaninchen verschiedener Herkunft zusammensetzte, die damit auch unterschiedlichen Fütterungsregimen unterworfen waren.

Assoziationen zwischen ausgewählten Mineralstoffen und Veränderungen des Zahnschmelzes

Unter anderem war es Ziel dieser Arbeit, Assoziationen zwischen dem Vorliegen von Schmelzveränderungen wie Hypocalcififikationen oder Querrillen und den Konzentrationen der untersuchten Mineralstoffe zu überprüfen. Tiere ohne auffälligen Befund hatten ein höheres Niveau an Gesamtcalcium, ionisiertem Calcium und Magnesium sowie ein nach CHEEKE (1987) ideales Calcium-Phosphor-Verhältnis (Tab. 18). Des Weiteren wurden höchstsignifikante Beziehungen zwischen dem Termin der Blutentnahme, der sich auf verschiedene Altersstufen der Kaninchen bezieht, und allen Merkmalen statistisch festgestellt (Tab. 12). Um diese Ergebnisse näher validieren zu können, wäre es allerdings angezeigt festzustellen, in welchem zeitlichen Rahmen Schmelzveränderungen als mögliche Folge einer geringeren Zulage der Mineralstoffe im Futter und einer vergleichsweise niedrigeren Blutkonzentration im Serum auftreten. MULLAN und MAIN (2006) äußern sich hierzu dahingehend, dass sich Zahnerkrankungen, die infolge von Calciummangel im Futter

auftreten, erst nach Monaten bis Jahren klinisch manifestieren. Jedoch gibt es keine experimentell ermittelten Zeitfenster. MEHROTRA et al. (2006) konnten allerdings zeigen, dass sich ein Calciummangel im Futter bereits nach wenigen Wochen in einer veränderten Knochendichte und –mineralisation niederschlägt. Diese Effekte waren nach adäquater Calciumversorgung rasch reversibel. MURRAY (1936) vermutete nach Untersuchung der unterschiedlichen Zusammensetzung der Zahnschmelzsubstanz von Schneide- und Backenzähnen bei Kaninchen, Hasen, Meerschweinchen und Ratten hinsichtlich Calcium, Magnesium und Phosphor sowie des Calcium-Phosphor-Verhältnisses, dass nicht nur die Konzentration der Mineralstoffe im Blut sondern auch lokale Zellaktivitäten die Calcifikation der Zähne beeinflussen könnten. Ein weiterer Aspekt wäre ein Mangel an Vitamin A oder C, welcher sich negativ auf die Synthese von Zahnschmelzsubstanz auswirken kann (BRONCKERS 1983, NAVIA et al. 1984). Allerdings synthetisieren Kaninchen Vitamin C selbst und nehmen dieses über die Caecotrophe auf (LEBAS 2010). Außerdem wurde ein Alleinfuttermittel mit Vitamin A-Zusatz vorgelegt (Tab. 2A), welcher sogar über den Empfehlungen von LEBAS (2000) liegt. Daher wurde eine ausreichende Versorgung zugrunde gelegt.

Ausgewählte Mineralstoffe und deren Variation in Abhängigkeit des Alters der beprobten Tiere

Bei der Differenzierung nach dem Termin der Blutentnahme, welcher verschiedener Altersstufen entsprach, konnte das Ergebnis von HEIN und HARTMANN (2003) bestätigt werden, dass Phosphor ein altersabhängiger Parameter ist, der bei Jungtieren in höherer Konzentration im Blut erscheint (Tab. 15). Dies machte sich auch in einem erniedrigten Calcium-Phosphor-Verhältnis bemerkbar. Im Vergleich zu WARREN et al. (1989) lag das ionisierte Calcium zum Zeitpunkt des Absetzens (Tab. 15) in niedrigerer Konzentration vor. Auffällig ist das Calcium-Phosphor-Verhältnis bei den adulten Zuchttieren mit $>3:1$. Beide Mineralstoffe liegen noch in den Referenzbereichen (HEIN und HARTMANN 2003), jedoch liegt die gemessene Konzentration an Gesamtcalcium mit 3,71 mmol/l am oberen Limit (bis 3,9 mmol/l). Durch die direkte Beziehung von Futter- und Blutcalcium (CHAPIN und SMITH 1967a, CHEEKE 1987) kann auf eine hohe tägliche Aufnahme über die Ration geschlossen werden. Eine Schmelzveränderungen verursachende Mangelversorgung durch eine nicht ausreichende Menge Calcium im Futter oder Resorptionsstörungen im Intestinum lagen damit nicht vor.

Im Vergleich der Analysenergebnisse von Termin 2 (ausgewachsene Jungtiere, mind. 5 Monate alt) und Termin 3 (adulte Zuchttiere > 1 Jahr) wurden keine signifikanten Unterschiede erwartet. Tatsächlich aber variierte der Gehalt an Gesamtcalcium der ausgewachsenen Jungtiere signifikant, das Calcium-Phosphor-Verhältnis sogar höchstsignifikant im Vergleich zu dem der Elterntiere. ROUND (1973) untersuchte ähnliche Zusammenhänge bei heranwachsenden Schulkindern, konnte aber bezüglich Calcium und Magnesium im Plasma keine signifikanten Abweichungen zu Erwachsenen feststellen. Allerdings beschreibt ROUND (1973) alters- und geschlechtsabhängige Variationen der Blutplasmakonzentrationen an anorganischem Phosphat, die sich in der vorliegenden Untersuchung auch in auffällig höheren Phosphorgehalten bei den ausgewachsenen Jungtieren zeigen. Zwar werden auch hier nicht mehr die Konzentrationen erreicht, die von HEIN und HARTMANN (2003) für junge Kaninchen unter vier Monaten angegeben werden (Median 2,52 mmol/l), doch liegt der Wert mit 1,55 mmol/l höchst signifikant (Tab. 20) über dem Phosphorwert für die Elterntiere (1,18 mmol/l). Im Vergleich geben HEIN und HARTMANN (2003) für Kaninchen > 4 Monate 1,33 mmol/l (Median) an. Dies könnte einen Hinweis darauf geben, dass die Aktivität des Knochenwachstums erst in späteren Lebensabschnitten sinkt und damit letztendlich auch das Größenwachstum. ROUND (1973) konnte zeigen, dass die Konzentrationen an anorganischem Phosphat bei Jugendlichen im Vergleich zu Erwachsenen höher sind und dass anorganisches Phosphat bei Jungen im Durchschnitt erst zwei Jahre später auf das Niveau von Adulten abfiel als bei Mädchen. Die Autorin macht daher darauf aufmerksam, diese Parameter im Bezug zu Alter und Geschlecht zu bewerten. Möglich wäre auch, dass in der vorliegenden Untersuchung die Kaninchen zu früh als ausgewachsen betrachtet wurden. Zu diskutieren wäre, ob die Geschlechtsreife, die in der vorliegenden Studie als Richtlinie zur Festsetzung des Adultstatus verschieden großer Kaninchenrassen gewählt wurde, nicht in einer zu frühen Entwicklungsphase der Kaninchen liegt. Möglicherweise wäre es günstiger gewesen, sich an den Angaben zur Zuchtreife zu orientieren, die dann determiniert wird, wenn ein geschlechtsreifes Tier 75-80 % seines zu erwartenden Endgewichtes erreicht hat (LÖHLE 1995). Daraus ergeben sich Angaben in Abhängigkeit der Größe von 6-8 Monaten für kleine und mittelgroße und 5-10 Monate für große Kaninchen, allerdings mit einer großen Variabilität, beeinflusst durch Haltungs- und Fütterungsfaktoren (LÖHLE 1995). NORRIS et al. (2001) stellten anhand von Untersuchungen an weiblichen Weißen Neuseeländern fest, dass die maximale Körperlänge zwischen Nase und Schwanz mit 28 Wochen erreicht wurde und legten dies als Zeitraum des

Erwachsenwerdens fest. Insgesamt sollte das Alter der Kaninchen bei der Beurteilung von Mineralstoffanalysen aus dem Blut unbedingt berücksichtigt werden.

5.4 UNTERSUCHUNGEN DER MAULHÖHLE IN ALLGEMEINANÄSTHESIE

Narkoseregime

Die Injektionsnarkose mit Medetomidin- und Ketaminhydrochlorid nach dem Protokoll von HABERSTROH und HENKE (2004) hatte sich in der vorliegenden Untersuchung gut bewährt. In nur einem Fall kam es in der Aufwachphase zu einem Atemstillstand, der allerdings mittels Schwenken um die Querachse, wie von HENKE et al. (2012) beschrieben, behoben werden konnte. Heftige Abwehrreaktionen bei der intramuskulären Injektion zur Applikation der Narkosepräparate, wie von ORR et al. (2005) aufgeführt, wurden nur in wenigen Fällen beobachtet. Möglicherweise erklärt sich dies durch die Maßnahme, in Anlehnung an die Empfehlung des Ausschusses für Tierschutzbeauftragte in der GV-SOLAS und der TVT (2010), maximal 1 ml des Anästhetikums pro Injektionsort zu applizieren, um den Druckschmerz (DIEHL et al. 2001) gering zu halten. Bei einem Kaninchen war aufgrund der deutlichen Abwehr keine Applikation i.m. möglich, eine s.c. Injektion wurde aber problemlos toleriert, wie auch von ORR et al. (2005) beobachtet.

Befunde der Untersuchungen in Allgemeinanästhesie

Zur Einschätzung der Befunde sowie ihrer Häufigkeiten wurden die während 110 Untersuchungen der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie dokumentierten Veränderungen mit denen von JEKL et al. (2008) verglichen. In deren Erhebungen gingen die Ergebnisse aus endoskopischen Untersuchungen in Allgemeinanästhesie an 210 Kaninchen ein, von denen 80 Tiere zahnpathologische Zustände aufwiesen. Außerdem erfolgte eine Gegenüberstellung mit den Ergebnissen aus den klinischen Untersuchungen am wachen Kaninchen aus der Arbeit von GLÖCKNER (2002), in der unter anderem 21 Patienten zur Zahnkorrektur vorgestellt wurden, da dort auch Befunde an den Backenzähnen erhoben wurden. Um eine übermäßige Belastung für die Tiere zu vermeiden, wurden in der vorliegenden Untersuchung am wachen Kaninchen keine Befunde an den Backenzähnen erhoben. Ein Abgleich mit den Resultaten aus der Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie fand daher nicht statt. Im Patientengut von JEKL et al. (2008) trat in 17 (21,25 %) Fällen eine Brachygnathia auf im Vergleich zu neun (8,2 %) Tieren der aktuellen Studie sowie drei (2,7 %) weiteren Kaninchen, die zum Zeitpunkt der Untersuchung in Allgemeinanästhesie einen Aufbiss

hatten. Die unterschiedliche Prävalenz dieser Befunde in den beiden Untersuchungen kann damit erklärt werden, dass die Kaninchen in der vorliegenden Studie eine Zufallsstichprobe darstellen, während bei JEKL et al. (2008) die Tiere aufgrund von Symptomen vorstellig geworden waren, die mit Zahn- und Kieferveränderungen assoziiert sind. Den Beobachtungen von WEISBROTH und EHRMAN (1967) zufolge gab es hinsichtlich des Geschlechts der Kaninchen keine Unterschiede beim Auftreten von Malokklusion aufgrund einer Brachygnathia superior. Die eigenen Ergebnisse hingegen zeigen zwar, dass männliche Tiere deutlich häufiger betroffen waren, allerdings wurde aufgrund der insgesamt niedrigen Befundzahlen im Bezug auf veränderte Kieferlängen von einer statistischen Validierung abgesehen.

Fast alle Kaninchen, die in dieser Untersuchung von einem Aufbiss oder einer Brachygnathia superior betroffen waren, gehörten einer mittelgroßen bis großen Rasse an (Größe b). So kann belegt werden, dass diese pathologischen Zustände nicht an Zwergrassen mit gedrungenen Schädelformen gebunden sind (HARCOURT-BROWN 1997, SCHWEIGART 1998, SCHREYER 2008). Allerdings traten sie in der vorliegenden Studie bei Kaninchen mittelgroßer und großer Rassen in geringerer Frequenz auf.

In der vorliegenden Untersuchung wurden pathologische Okklusionen der Incisivi angetroffen, die sich als schräge Incisalflächen oder zu lange klinische Zahnkronen darstellten. Ursächlich kommt für die schräge Incisalfläche ein unterschiedlicher Okklusionsdruck zwischen beiden Kieferhälften infrage, bedingt durch schmerzhafte Prozesse auf einer Kieferseite, so dass diese gemieden wird (BÖHMER 2011). Ein Anzeichen hierfür könnte auch das Vorliegen von Stufengebissen sein (SCHALL 2008). Denkbar wären aber auch individuelle Präferenzen bezüglich einer Kieferseite beim Kauen. Zu lange klinische Zahnkronen standen entweder im Zusammenhang mit einer Brachygnathia superior, so dass nur ein ungenügender Abrieb erreicht wurde oder traten gleichzeitig mit verlängerten klinischen Zahnkronen der Backenzähne auf. In der letztgenannten Situation ist davon auszugehen, dass es sich um eine primäre Verlängerung der Zahnkronen der Incisivi handelte, gefolgt von einem kompensatorischen sekundären Wachstum der Zahnkronen der Molaren (BROWN 1992, SPROESSER-KRUG 1993). Außerdem wurden Hypocalcifikationen und Querrillen an den Incisivi festgestellt. In einem Fall waren auch an den Stifzähnen Anzeichen einer Hypocalcifikation sichtbar. Des Weiteren zeigten sich Malokklusionen durch verlängerte klinische Zahnkronen der Stifzähne. Im Vergleich traten diese Befunde bei JEKL et al. (2008) häufiger auf, wobei alle pathologischen Okklusionen zusammengefasst wurden

und lediglich die Querrillen als Veränderungen des Zahnschmelzes in die Dokumentation eingingen.

Bei zwei Kaninchen aus der vorliegenden Arbeit fehlte ein Schneidezahn. Auch im Röntgenbild zeigte sich beim ersten Tier, einem Rammler, der als adultes Zuchttier erworben wurde, keine Zahnanlage, so dass von einem kongenitalen Fehlen auszugehen war. Beim zweiten Kaninchen handelte es sich um eine Häsin mit einer Brachygnathia superior, bei der ursprüngliche alle Schneidezähne vorhanden waren, so dass es sich hierbei wahrscheinlich um einen traumatischen Verlust handelte. Obwohl es sich bei der Brachygnathia superior nicht um eine erworbene Zahnerkrankung im eigentlichen Sinn handelt, könnte es auch durch die massive Fehlstellung der Schneidezähne zu einer Schädigung der Zahnwurzeln mit nachfolgendem Sistieren des Zahnwachstums gekommen sein, wie im Beurteilungsschema nach HARCOURT-BROWN (1997) unter Grad 4 beschrieben.

Zu diesem Befund geben die Untersuchungen von GLÖCKNER (2002) und JEKL et al. (2008) keine vergleichbaren Ergebnisse an.

Aufgrund der unterschiedlichen Resultate dieser Arbeiten zeigt sich erneut der Einfluss der untersuchten Population auf die Befunde und deren Häufigkeiten. Anzustreben wäre daher, routinemäßig Zahn- und Kieferbefunde von Kaninchenschauen zu dokumentieren, um einerseits größere Stichprobenumfänge zu generieren und, um andererseits die Häufigkeit pathologischer Zahn- und Kieferbefunde klinisch unauffälliger Kaninchen besser einschätzen zu können. Bei Kaninchenschauen kann davon ausgegangen werden, dass Kaninchen mit einer deutlichen Symptomatik, die sich mit Zahn- und Kieferveränderungen assoziieren lässt, nicht ausgestellt werden und somit klinisch unauffällige Tiere in großem Stichprobenumfang zur Verfügung ständen. Zusätzlich lägen hier Informationen zu Rasse und Alter vor, wenn auch das Futterregime unbekannt ist.

Zahnlücken zwischen den beiden Unterkieferschneidezähnen traten unerwartet häufig auf, so dass dieser Befund in die Liste der Parameter, die den Zahnstatus in dieser Studie definieren, mit aufgenommen wurde, obwohl er bislang nicht im Schrifttum beschrieben ist. Nur relativ wenige Tiere zeigten gleichzeitig das Vorliegen einer Veränderung der Kieferlängen im Sinne eines Aufbisses oder einer Brachygnathia superior, so dass kein Zusammenhang zu diesen Befunden abgeleitet werden konnte. Alle Incisivi waren in ihren Dimensionen unverändert und wiesen keine Rotationen auf, so dass von einer Positionsveränderung nach jeweils lateral ausgegangen werden muss. Gitternagen oder ähnliche Verhaltensstörungen, wie von SCHWEIGART (1998) als Ursache für fehlgestellte Schneidezähne genannt, erscheinen hier

nicht plausibel, zumal dieses Verhalten nicht beobachtet werden konnte. Traumata, in deren Folge Frakturen von Zähnen und Kiefer mit entsprechender Malunion der Mandibula auftreten können (LOBPRISE und WIGGS 1991, SCHWEIGART 1998, HARCOURT-BROWN 2009a, JEKL und REDROBE 2013), konnten ebenfalls durch genaue Beobachtung und Untersuchung der Kaninchen ausgeschlossen werden, zumal es sich bei den Zahnlücken nicht nur um einzelne Individuen sondern eine größere Anzahl an Tieren handelte. Bis auf zwei Kaninchen, die zusätzlich eine *Brachygnathia superior* aufwiesen, wurden die Kaninchen auch keiner Zahnbehandlung unterzogen, so dass Schäden am Periodontium und alveolare Blutungen mit nachfolgender Veränderung der Zahnstellung durch unsachgemäße Kürzung der Incisivi (JEKL et al. 2008, JEKL und REDROBE 2013) als Ursache ebenfalls nicht in Frage kommen, zumal Kürzungen, falls diese nötig waren, nicht durch abkneifen sondern abschleifen erfolgten (HARCOURT-BROWN 2009b). Auch Umfangsvermehrungen im Sinne eines neoplastischen Geschehens (HARCOURT-BROWN 2009a, THAS et al. 2014) wurden nicht festgestellt. BROWN (1992) führt Zahnwurzelinfektionen mit Pasteurellen und Staphylokokken als Ursache für Fehlstellungen der Incisivi an. Zwar konnten im umgebenden Zahnfleisch keine klinisch sichtbaren Entzündungszeichen detektiert werden, aber da im Bestand ansteckender Kaninchenschnupfen durch *Pasteurella multocida* aufgetreten war, wäre dies als Ursache nicht vollständig auszuschließen. Weiterhin wäre zu klären, ob die Zahnanlagen der Incisivi schon embryonal in der Art angelegt werden, dass die beiden Schneidezähne der Mandibula keine durchgehende Incisalfläche bilden.

Eine Rotation des Zahnes in der Alveole wurde bei einem weiblichen Kaninchen im Oberkiefer am P206 festgestellt. Dies entspricht insgesamt einer Häufigkeit von 0,9 %. JEKL et al. (2008) stellten diese Diagnose in 19 (23,8 %) Fällen, allerdings wird aus der Ergebnispräsentation dort nicht ersichtlich, um welche Zähne es sich handelte. Ursächlich kommen auch hier Traumata (LOBPRISE und WIGGS 1991, SCHWEIGART 1998, HARCOURT-BROWN 2009a, JEKL und REDROBE 2013), Infektionen (BÖHMER und KÖSTLIN 1988, GARDNER et al. 1997) und Neoplasien (HARCOURT-BROWN 2009a, THAS et al. 2014) in Betracht, jedoch konnten keine Hinweise auf eine der genannten Ätiologien gefunden werden. CROSSLEY (1995b) führt auch das Verfüttern von Konzentratfutter als Ursache für Zahnverschiebungen an, welche durch eine Inaktivitätsatrophie von Kaumuskulatur und Zahnhalteapparat zustanden kommen können. Aufgrund der freien Verfügung von Heu und dem Auftreten bei lediglich einem Kaninchen erscheint dies hier als Ätiologie wenig nachvollziehbar. Da aber zusätzlich verkürzte klinische

Kronen der Backenzähne vorlagen könnte es aufgrund hoher Druckbelastungen beim Kauvorgang zu einer solchen Zahnverschiebung gekommen sein.

Gingivitis als Veränderung des zahnumgebenden Weichteilgewebes trat in der vorliegenden Studie nur in einem (0,9 %) Fall am P107 auf, bei JEKL et al. (2008) an vier (5 %) Kaninchen. Da es sich um einen Einzelfall handelte ist von einer Fremdkörperverletzung, zum Beispiel einem eingespießten Heu- oder Strohalm auszugehen (SCHWEIGART 1998), die ohne Behandlung komplikationslos abheilte.

Ein Kaninchen wies fehlende letzte Backenzähne im Oberkiefer auf. Hierbei kann von einer physiologischen Variante ohne Nachteile für das Tier ausgegangen werden. Auch WOLVEKAMP und OSCHWALD (1991) berichteten anhand ausgewerteter Röntgenbilder über das häufige Fehlen des letzten Backenzahnes im Oberkiefer beim Kaninchen. Beim Menschen fehlen ebenfalls die jeweils letzten Backenzähne am häufigsten (KIRKHAM et al. 2005). Drei Gene sind bislang identifiziert, die mit einer isolierten Hypodontie beim Menschen assoziiert sind: PAX9, MSX1, AXIN2 (HU et al. 1998, STOCKTON et al. 2000, MOSTOWSKA et al. 2006). RASOOL et al. (2008) fanden weiterhin einen Aminosäureaustausch im Ectodysplasin A-Gen als Ursache für eine Hypodontie beim Menschen. Für das Kaninchen liegen derartige Untersuchungen bislang nicht vor. MEYER (1977) berichtet von kongenitalen Oligodontien beim Reh, wobei dies oft den zweiten Prämolaren oder dritten Molaren im Unterkiefer ein- oder sogar beidseits betreffen soll. Im hier beobachteten Ausmaß stellt das Fehlen von Zähnen aber kein Problem für die Arterhaltung dar (MEYER 1977). Bei dem zweiten Tier der vorliegenden Studie (s. Abb. 30a) waren alle Kieferquadranten betroffen. Da zudem ein Aufbiss sowie knöcherne Auftreibungen am Ventralrand der Mandibula vorlagen, kann hier eindeutig von einem pathologischen Zahnverlust ausgegangen werden. Im Bezug auf die Häufigkeit einer Hypodontie der Backenzähne entspricht daher das eigene Ergebnis mit zwei (1,8 %) Kaninchen dem von JEKL et al. (2008) mit ebenfalls zwei (2,5 %) betroffenen Tieren. Im Vergleich zum Menschen scheinen dies niedrige Fallzahlen zu sein. Schätzungen von VASTARDIS (2000) zufolge sind ca. 20 % aller Menschen vom Fehlen eines oder mehrerer permanenter Zähne betroffen.

Obwohl den Kaninchen Heu zur freien Verfügung vorgelegt wurde, so dass eine natürliche, latero-lateral ausladende Kieferbewegung beim Kauakt der Entstehung von Zahnschmelzspitzen vorbeugen sollte (LEGENDRE 2002), traten diese in zehn (9,1 %) Fällen auf, wobei zweimal bukkale Spitzen im Oberkiefer und achtmal linguale Spitzen im Unterkiefer festzustellen

waren. Eine Erklärung wäre, dass die Kaninchen, trotz dem ständigen Angebot an Raufutter, das pelletierte Alleinfutter präferierten, welches mit deutlich weniger ausladenden seitlichen Kaubewegungen verzehrt werden kann (CROSSLEY 2005). Bei JEKL et al. (2008) lagen diese Befunde bei 57 (71,25 %) Patienten vor. Damit entsprechen die eigenen Erhebungen den Ergebnisse von GLÖCKNER (2002) und JEKL et al. (2008), die signifikant häufiger ($p < 0,05$) diese Befunde an den mandibularen Backenzähnen dokumentierten. Zu lange Zahnkronen der Prämolaren und Molaren traten insgesamt ebenfalls deutlich häufiger im Unterkiefer als im Oberkiefer auf. Für die Schneidezähne ist bekannt, dass die Wachstumsrate der Incisivi im Unterkiefer schneller ist als im Oberkiefer (SHADLE 1936, ERICKSON und OGILVIE 1958, HABERMEHL 1975, STEEDLE et al. 1983, BUCHER 1994, VAN FOREEST 1995). Möglicherweise liegen ähnliche Mechanismen bezüglich der Backenzähne vor, so dass sich etwa eine zu geringe Abnutzung im Unterkiefer schneller klinisch zeigte als an den Backenzähnen im Oberkiefer.

Ein Stufengebiss konnte GLÖCKNER (2002) bei sechs (28,6 %) Zahnkorrekturpatienten feststellen, in der vorliegenden Studie trat dies vier (3,6 %) mal auf. Dieses entsteht, wenn pathologisch veränderte Zähne im Vergleich zu umliegenden gesunden Zähnen einen anderen Abrieb vorweisen (BÖHMER 2011). Ein Hinweis darauf könnten die dokumentierten Schmelzveränderungen der Backenzähne sein, die als Zeichen einer Schmelzhypocalcififikation auch mit einem Zahnschmelz mit weicherer Konsistenz vorliegen können (MILES und CRIGSON 2003). Dieser Befund, sowie ein Wellengebiss, unphysiologisch kurze klinische Zahnkronen und Hypocalcififikationen des Zahnschmelzes der Incisivi wurden nur in der aktuellen Studie dokumentiert, so dass keine Vergleichsmöglichkeiten vorliegen. Insbesondere für die letztgenannten Parameter wäre es aber wünschenswert, sie in nachfolgende Studien aufzunehmen, um mehr Informationen über das Auftreten und die Bedeutung dieser Veränderungen zu erhalten. Die Befunde aus der vorliegenden Untersuchung zeigen im Vergleich mit den Erhebungen von JEKL et al. (2008) und GLÖCKNER (2002) eine deutlich geringere Befundhäufigkeit in allen identisch erhobenen Parametern der Zahngesundheit. Dies ist mit der Zusammensetzung des Patientenguts zu begründen. In der eigenen Studie wurde eine in Bezug auf die Zahngesundheit nicht vorselektierte Population verwendet und Umwelteinflüsse wie Futter und Management im Hinblick auf die Zahngesundheit soweit möglich optimiert.

5.5 RÖNTGENBILDBETRACHTUNGEN

Indikationen zur Röntgenuntersuchung

Die häufigsten Indikationen aus der klinischen Untersuchung am wachen Kaninchen zur Anfertigung von Röntgenbildern des Kopfes waren das Vorliegen von Malokklusionen durch eine Brachygnathia superior oder Aufbiss, gefolgt von okularen Symptomen (Epiphora, Exophthalmus). Eine ausgeprägte Zahnlucke, ein fehlender Incisivus und palpierbare Auftreibungen am Ventralrand der Mandibula lagen jeweils in einem Fall vor. Dies entspricht demnach den Empfehlungen von BÖHMER (2011), die alle Formen der Malokklusion, Umfangsvermehrungen an Kopf und Kiefer, metabolische Knochenerkrankungen und periodontale Infektionen als Grund für eine Röntgendiagnostik anführt, ebenso wie Schmelzveränderungen, Positionsabweichungen der Zähne, chronische Entzündungen des Tränen-Nasenkanals und Exophthalmus.

Anwendbarkeit der Vermessung nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) ergänzt durch DE ABREU et al. (2006), modifiziert, sowie der Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009)

Anhand der Referenzlinien nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt durch zwei Strecken nach DE ABREU et al. (2006), sollte überprüft werden, ob definierte Messstrecken und Winkel am Kaninchenschädel Rückschlüsse auf die Zahngesundheit erlauben, insbesondere im Vergleich verschieden großer Rassen, innerhalb derer zahngesunde und zahnkranke Geschwistertiere einander gegenüber gestellt wurden. HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) gaben mindestens 60 % für die Intraobservervariabilität an. Die Abweichungen für gemessene Strecken und Winkel lagen bei 2 mm bzw. 2°. Die Reproduzierbarkeit der Messungen wurde von HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) als hoch angegeben. Diese Resultate konnten in der vorliegenden Studie nicht für alle Strecken und Winkel nachvollzogen werden. Lediglich für die Strecken \overline{AB} , \overline{CF} , \overline{HG} , \overline{VW} und \overline{XY} , die sich aus eindeutig bestimmbareren Knochenpunkten am seitlichen Röntgenbild eines Kaninchenschädels ableiten, war die Wiederholbarkeit bezüglich der Differenz zwischen zwei Messungen einer Strecke zufriedenstellend. Für die Strecke \overline{AF} und den Winkel HGF wurden ebenfalls recht hohe Korrelationen berechnet, allerdings zeigte sich hier eine große Standardabweichung. Die Korrelationen aller übrigen Strecken und des Winkels CFG waren gering ($< 0,500$). Als Grund für die Diskrepanz kommt in Betracht, dass in dieser Studie nicht

isolierte Mandibeln geröntgt wurden, sondern Röntgenbilder von lebenden Tieren vorlagen, auf denen es Überlappungen durch die Maxilla gibt. Vom anschließenden Röntgen isolierter Unterkiefer von Kaninchen, von denen zuvor Röntgenbilder des Schädels *intra vitam* angefertigt worden waren, wurde abgesehen. Hier sollte keine grundsätzliche Evaluierung der Methode vorgenommen werden, sondern eine Überprüfung der Anwendbarkeit am lebenden Tier zur Diagnostik, auch im Hinblick auf eine mögliche Vorgehensweise zur Untersuchung von Kaninchen vor der Verwendung in der Rassezucht. Abgesehen davon geben DE ABREU et al. (2006) an, auch für überlagerungsfreie Computertomographiebilder keine sehr zuverlässigen Messergebnisse zu erhalten. Eine methodische Schwierigkeit liegt nach DE ABREU et al. (2006) im exakten Setzen der Messpunkte durch den Untersucher, welche sich hier auch in den sehr niedrigen Wiederholbarkeiten für die meisten der Messstrecken nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) zeigte. Technisch konnte nicht auf eine Röntgenanlage mit Durchleuchtungsmöglichkeit zurückgegriffen werden, so dass eine exakte latero-laterale Positionierung, die zur genauen Bestimmung der Messpunkte unabdingbar ist, nicht immer gegeben war. Dies beeinflusste insbesondere die Messpunkte D, E, G und O. In drei Fällen war die Protuberantia des *Os occipitale* aufgrund der Darstellung im Röntgenbild nicht eindeutig zu bestimmen, so dass \overline{VW} nicht bei allen Tieren vermessen werden konnte. Daher wurden Korrelationen nur zwischen den Strecken \overline{AB} , \overline{CF} , \overline{HG} , \overline{VW} und \overline{XY} berechnet (vgl. Tab. 23). Am Sichersten waren die Punkte A, B, V, W und X, Y zu bestimmen, da hier kaum Schwierigkeiten durch Überlagerungen vorhanden waren, so dass demzufolge für die Messstrecken zwischen diesen Punkten (\overline{AB} , \overline{VW} , \overline{XY}) auch die höchsten Korrelationen ($> 0,8$) zwischen wiederholten Messungen errechnet werden konnten (Tab. 24). Sowohl die hohen Korrelationen zwischen der vorderen Kieferlänge im Unterkiefer und der basalen Breite des aufsteigenden Mandibulaastes mit der Gesamtlänge der Maxilla lassen auf relativ feste anatomische Proportionen schließen. Signifikante Abhängigkeiten der Strecken vom Zahnstatus, der Größe oder dem Geschlecht der Kaninchen ergaben sich nur für die Kombination der Strecke \overline{HG} mit dem Effekt Größe, wie sie auch bereits von GLÖCKNER (2002) für zahngesunde Kaninchen beschrieben wurde. Bemerkenswert war hierbei der Umstand, welcher sich auch für die Strecke \overline{CF} zeigte, wenn auch nicht im statistisch abzusichernden Rahmen, dass Tiere von Zwerg- und kleinen Rassen (Größe a) die längeren Mittelwerte aufwiesen. Da ausschließlich Röntgenbilder ausgewachsener Kaninchen ausgewertet wurden, kann diese Varianz durch unterschiedlich schnelles Größenwachstum innerhalb einer Größengruppe ausgeschlossen werden. Ähnliche Verhältnisse mit immerhin

überlappenden Größenbereichen zwischen zahngesunden Kaninchen $\leq 1,5$ kg ($22,00 \pm 3,606$ mm) und $> 1,5$ kg ($23,55 \pm 2,622$ mm) für die Strecke \overline{CF} konnte auch GLÖCKNER (2002) in ihrer Arbeit feststellen. FOX und CRARY (1971) ermittelten an Schädelpräparaten eine signifikant geringere Länge des Maxilladiastemas brachygnather Tiere im Vergleich zu gesunden Altersgenossen. Fraglich ist allerdings die Aussagekraft, da die untersuchten Tiere alle zwischen drei und vier Monaten alt waren und sich daher noch im Wachstum befanden. Durch die Untersuchungen von BANG und ENLOW (1967) an Weißen Neuseeländern im Alter von zwei bis sechs Monaten ist bekannt, dass sich das Wachstum der Mandibula in verschiedenen Phasen vollzieht, insbesondere die Streckung der Unterkieferäste, so dass die von FOX und CRARY (1971) gezeigten Momentaufnahmen des Kieferzustandes nicht allgemeingültig sein können. Diesem Umstand wurde in der vorliegenden Untersuchung begegnet, indem nur, abhängig von der Größe der Rasse, als ausgewachsen zu bezeichnende Tiere einer röntgenologischen Untersuchung unterzogen wurden. Wie bereits bei der Diskussion der Blutanalysen erwähnt, könnte hierbei jedoch die Orientierung an der Geschlechtsreife ein zu früher Zeitpunkt gewesen sein, um den Status ausgewachsen zu determinieren, so dass das Größenwachstum noch nicht vollständig abgeschlossen war und somit die endgültigen Proportionen noch nicht vorlagen. Insgesamt zeigte sich, dass Vermessungen des Kaninchenschädels anhand von Röntgenbildern nach der Methode von HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) in der Praxis keine Vergleiche zwischen zahngesunden und zahnkranken Kaninchen einer Rasse erlauben und Geschlechtsunterschiede nach dieser Methode ebenfalls nicht auszumachen sind, womit auch die Aussage von GLÖCKNER (2002) bestätigt wird.

In der vorliegenden Arbeit sollte auch evaluiert werden, wie einfach sich die Anwendung der anatomischen Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009) unter Praxisbedingungen umsetzen lässt.

Hierzu wurden alle im latero-lateralen Strahlengang aufgenommenen Röntgenbilder nach dieser Methode beurteilt. Für alle Referenzlinien, mit Ausnahme der blauen, die die Unterkieferbegrenzung darstellt, wurden Abweichungen auch bei Kaninchen dargestellt, die aus vorangegangenen klinischen Untersuchungen im Wachzustand als zahngesund eingestuft worden waren. Zu diesem Ergebnis kommt auch GLÖCKNER (2002), die ebenfalls Befunde in der Röntgenbildbetrachtung bei zuvor als klinisch zahngesund eingeteilten Kaninchen erheben konnte. Die gute Übereinstimmung zwischen klinischer Untersuchung und Auswertung mittels der Referenzlinien im Bezug auf die blaue Linie resultiert durch die gute

Zugänglichkeit des ventralen Manibularandes in der Palpation. Aufgrund der geringeren Stichprobenzahl lassen sich die vorliegenden Ergebnisse nicht statistisch signifikant absichern, doch waren in der Tendenz vor allem Kaninchen der Gewichtsklasse $> 3,75$ kg von Zahnveränderungen betroffen. Außerdem konnte eine Abweichung von der idealen Okklusionsebene, markiert durch die gelbe Referenzlinie auch bei einem Großteil an Tieren festgestellt werden, die zuvor aufgrund der klinischen Untersuchung als zahngesund kategorisiert worden waren. Häufig zeigte sich auch ein mindestens paralleler bis divergierender Verlauf der grünen Linien bei zahnkranken Kaninchen. Hierfür ergab sich auch eine statistisch belegte Signifikanz im Bezug zum Zahnstatus. Daraus erschließt sich, dass die Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009) eine geeignete Methode darstellen, um unter Praxisbedingungen Malokklusionen sicher und differenziert anhand latero-lateraler Röntgenbilder feststellen zu können. Weiterhin ist zu folgern, dass lediglich klinische Untersuchungen am wachen Kaninchen ohne Anfertigung von Röntgenbildern zu falsch negativen Zahnbefunden führen, vor allem wenn die Veränderungen die Zahnwurzeln betreffen (HARCOURT-BROWN 2009b). Daher kann mit der vorliegenden Arbeit die Forderung von HINTON (1978), HARCOURT-BROWN (1997), GRACIS (2008) und BÖHMER (2011) nach routinemäßigen Röntgenaufnahmen des Schädels bei Zahnpatienten bekräftigt werden. Gleichzeitig zeigt sich durch die Befundhäufigkeit anhand der Röntgenbilder bei Kaninchen $> 3,75$ kg, dass Zahn- und Kieferveränderungen auch bei Kaninchen größerer Rassen eine wichtige Rolle spielen, nicht wie von NACHTSHEIM (1936), BROWN (1992), TURNER (1997), SCHWEIGART (1998), LEGENDRE (2002), GIBBONS und KRESSIN (2008), LENNOX (2008), SCHREYER (2008) und VAN CAELENBERG et al. (2008) geschildert, vorwiegend eine Problematik von Zwergassen sind. Möglicherweise entsteht dieser Eindruck in der täglichen tierärztlichen Praxis dadurch, dass häufiger Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen als Heimtiere gehalten und demzufolge auch öfter zur Behandlung vorgestellt werden. Darauf könnte auch die Arbeit von MULLAN und MAIN (2006) hinweisen: Die untersuchten Heimtierkaninchen hatten dabei ein durchschnittliches Körpergewicht von 2,38 kg, wobei die dominierende Rasse Zwergwidder waren.

5.6 HERITABILITÄTSSCHÄTZUNGEN

Ein Aspekt dieser Untersuchung war die Schätzung von Erblichkeiten für die Merkmale Brachygnathia superior, Aufbiss und Veränderungen des Zahnschmelzes wie Querrillen und Hypocalcifikation.

Die Brachygnathia superior stellt eine gravierende Kiefer- mit nachfolgender Zahnveränderung dar, die ohne regelmäßige Intervention durch den Menschen zum Tod des Tieres durch Verhungern führt (FOX und CRARY 1961) und bei Zuchttieren als schwerer Zahnfehler betrachtet wird (JAKOBS et al. 2004). Dies führt bei Kaninchenschauen nach dem Standard von JAKOBS et al. (2004) zum Urteil „nicht befriedigend“. Da in der Züchterschaft große Unsicherheit herrscht, ob Verwandte von Tieren, die diesen Phänotyp zeigen, überhaupt oder unter welchen Bedingungen zur Zucht eingesetzt werden sollen, wurde der additiv genetische Beitrag für das Merkmal einer Brachygnathia superior ermittelt. Zwei verschiedene Datengrundlagen wurden unter Berücksichtigung der Dynamik des Auftretens dieser Veränderung herangezogen (Abb. 18-21). Die erheblichen Standardabweichungen ergeben sich aus der relativ geringen Stichprobengröße, zudem stand nur eine Generation an Nachkommen zur Verfügung. Entsprechende Vergleichszahlen aus der Tiermedizin fehlen. Von TOWNSEND et al. (2006) liegen aus der Humanmedizin Zahlen zu Heritabilitätsschätzungen bei Zwillingen vor. Die Autoren ermittelten ein h^2 von 0,28 für das Vorliegen eines horizontalen Überbisses. Dies liegt in derselben Größenordnung wie die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werte für die Brachygnathia superior bei Kaninchen ($0,254 \pm 0,169$ bzw. $0,105 \pm 0,092$).

Die in der vorliegenden Studie ermittelte Heritabilität aus den Daten der jeweils letzten Untersuchung eines Kaninchens scheint die entscheidendere zu sein, da in der Praxis kein Züchter häufig in relativ kurzen zeitlichen Abständen seine Tiere auf das Vorliegen einer Brachygnathia superior überprüfen wird. Das Alter, welches hier zur Festsetzung des Adultstatus herangezogen wurde (s. Tab. 4), zeigt außerdem eine gute Übereinstimmung mit den Altersspannen für die Ausstellung von Kaninchen auf Schauen nach dem ZDRK-Standard (JAKOBS et al. 2004). Hier sind Alttiere in der Regel acht Monate alt, aber es können auch schon Klassen mit etwas jüngeren Tieren gebildet werden.

Der Phänotyp Aufbiss zeichnet sich durch eine meist stumpfe Incisalfläche aus, die durch den vollständigen Kontakt der Ober- und Unterkieferschneidezähne entsteht und wird ebenfalls als schwerer Fehler bewertet (JAKOBS et al. 2004). Daher wurde auch hierfür eine Erblichkeitsschätzung vorgenommen, allerdings konnte keine additiv genetische Varianz

festgestellt werden. Vorstellbar wäre, dass die Erbllichkeit für dieses Merkmal sehr gering ist, und der Stichprobenumfang für diese Erfassung nicht ausreichend groß war. In der vorliegenden Arbeit konnte der Befund Aufbiss jedoch in einigen Fällen als Vorstufe zur *Brachygnathia superior*, wie auch von FOX und CRARY (1971) und JEKL und REDROBE (2013) beschrieben, beobachtet werden. Dazu geben auch die Ergebnisse über die Zeiträume des Auftretens (Abb. 14) Hinweise. Hier zeigte sich, unter Berücksichtigung des jeweiligen Stichprobenumfangs, eine Abnahme der dokumentierten Aufbisse, während eine Zunahme des Phänotyps *Brachygnathia superior* vorlag. Bei einigen Kaninchen allerdings wurde ein Aufbiss nur in wenigen Untersuchungen erhoben ohne beim adulten Kaninchen als solcher oder als *Brachygnathia superior* wieder darstellbar zu sein. Auch wenn für den Aufbiss keine Erbllichkeit nachgewiesen werden konnte, unterstreicht dieses Resultat erneut die Wichtigkeit, Tiere mit einem Aufbiss nicht zu früh aus der Zucht aus zu selektieren, da dies der Dynamik dieser Veränderung nicht gerecht werden kann. Im Bezug auf die *Brachygnathia superior* sollte mit Berücksichtigung auf den Verlauf bei Zwerg- und kleinen Rassen (Abb.18) in dieser Untersuchung keine Einschätzung vor der 20. Lebenswoche getroffen werden, um das Risiko eines möglichen späteren Auftretens gering zu halten. Eine erste Evaluierung in der fünften Lebenswoche wäre möglich. Jedoch hat dieser Zeitpunkt keine praktische Bedeutung, da der Züchter in diesem Lebensalter das Tier ohnehin noch nicht unmittelbar für die Zucht oder die Fleischgewinnung nutzen kann.

Veränderungen des Zahnschmelzes wurden auf Erbllichkeiten untersucht, da sie trotz Minimierung des Einflusses aller bislang beschriebenen Umweltfaktoren (LOBPRISE und WIGGS 1991, HARCOURT-BROWN 1996, 1997, SCHWEIGART 1998, FAIRHAM und HARCOURT-BROWN 1999, MOSALLANEJAD et al. 2010, JEKL und REDROBE 2013) auftraten. Auch in der Humanmedizin finden sich Beispiele für genetische Mutationen als Ursache für Schmelzveränderungen. So verursacht eine Deletion im *DLX3* Gen auf Chromosom 17 eine Verschiebung des Leserasters, welche zur Ausbildung einer *Amelogenesis imperfecta* führt (DONG et al. 2005). Mutationen in den Genen, die für die Schmelzproteinase (MMP20, KLK4) codieren, zeigen sich phänotypisch als Hypomineralisation (WRIGHT et al. 2008). Allerdings konnte diese Hypothese in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden, da sich keine Erbllichkeiten anhand der untersuchten Kaninchenpopulation ermitteln ließen. Dafür zeigten sich erhebliche Wurf-Umwelt-Effekte. So ist davon auszugehen, dass weitere Faktoren, wie die individuelle Metabolisierung der Mineralstoffe und die Syntheseschritte in der Calcifikation von Zahn-

und Kieferknochen, eine entscheidende Rolle spielen könnten, die künftig näher spezifiziert werden sollten, da Resorptionsstörungen durch die Kontrolle der Mineralstoffe im Blut nicht ersichtlich waren.

5.7 SCHLUSSBETRACHTUNGEN

Aus der vorliegenden Arbeit wird ersichtlich, dass Kaninchen jeder Rasse von Zahn- und Kieferveränderungen betroffen sein können und dass das Auftreten dieser Veränderungen einer zeitlichen Dynamik unterliegt. Einflüsse durch die mit der täglichen Ration aufgenommenen Mineralstoffe auf die Zahngesundheit scheinen vorzuliegen, allerdings müsste in weiteren Untersuchungen geklärt werden, wie schnell sich Mangelzustände bezüglich Calcium, Magnesium und Phosphor auf die Calcifikation und damit die auf Qualität der Zahnschmelze auswirken. Um wirtschaftliche Auswirkungen von pathologischen Zahn- und Kieferbefunden durch eine verzögerte Gewichtsentwicklung bestimmen zu können, wären Untersuchungen zu täglichen Zunahmen und Absetzgewichten bei verschiedenen Rassekaninchen zur Erstellung geeigneter und vergleichbarer Wachstumskurven notwendig.

Jungkaninchen sollten bei Vorliegen eines Aufbisses unter der Berücksichtigung einer möglichen Progression zu einer Brachygnathie vor dem Zuchteinsatz erneut beurteilt werden. Aufgrund der Heritabilität für das Vorliegen einer Brachygnathia superior sollten adulte Kaninchen mit dieser Veränderung von der Zucht ausgeschlossen werden, da bei Merkmalsträgern der Bestand einer Qualzucht nach dem aktuellen Tierschutzgesetz § 11b vorliegt. Dies ist auch dann anzuraten, wenn eine Brachygnathia superior gleichzeitig mit gewünschten phänotypischen Ausprägungen, etwa bezüglich der Fellfarbe, auftritt. So könnte bereits auf der Ebene der Anpaarung eine Strategie zur Minderung dieses Phänotyps bewirkt werden statt später auf der Selektionsebene. Zusätzlich aber sollte die Auswahl von Zuchttieren differenzierter erfolgen. Beispielsweise wird in der Hundezucht seit langer Zeit eine Selektion bezüglich des Auftretens der Hüftdysplasie durchgeführt, eine Erkrankung, die vorwiegend bei großen bis sehr großen Rassen auftritt und charakterisiert ist durch eine Instabilität des Hüftgelenkes und nachfolgender Osteoarthritis (SMITH et al. 2012). Auch hier handelt es sich um ein multifaktorielles Geschehen. Die Erblichkeiten liegen je nach Rasse überwiegend in den gleichen Größenordnungen wie hier für die Brachygnathia superior (SOO und WORTH 2015), eine variable Penetranz wird angenommen (JANUTTA und DISTL 2006). Die phänotypische Selektion findet anhand standardisiert angefertigter Röntgenbilder statt (FLÜCKIGER 2007). Um langfristig ähnliche Strukturen in der Kaninchenzucht etablieren zu können, d.h. weitergehende Untersuchungen von Zuchttieren, die im Zweifel die Anfertigung von Röntgenbildern des Schädels zur genaueren Diagnostik von Zahn- und Kiefererkrankungen erlauben, wäre es wünschenswert, mehr Informationen

insbesondere von Kaninchen zu bekommen, die nicht aufgrund einer zahnassoziierten Symptomatik beim Tierarzt vorstellig werden, sondern die im Rahmen von Kaninchenschauen präsentiert werden. Gleichzeitig könnten Daten zum Zahnstatus von Verwandten gewonnen werden. Kritisch betrachtet werden sollten jedoch auch die bei der Beurteilung der Hüftdysplasie des Hundes aufgetretenen Schwierigkeiten bei der Implementierung eines ähnlichen Vorgehens in der Kaninchenzucht. Von GUTMANN (2003) wurde dazu angemerkt, dass sich eine Selektion gegen ein komplexes Merkmal wie die Hüftdysplasie als schwierig darstellt und schon die Erfassung des Merkmales sehr von der Population und dem Untersucher abhängt. Unterschiede zwischen verschiedenen Populationen sind in der vorliegenden Arbeit auch für die Kaninchen dargestellt. Allerdings zeigte sich, dass etwa die Beurteilung von Röntgenbildern nach der Methode von BÖHMER und CROSSLEY (2009) verlässliche Aussagen bezüglich der Zahngesundheit liefern kann. Abschließend müssen aber die ökonomischen Aspekte eines solchen Verfahrens berücksichtigt werden und eine generelle Akzeptanz durch die Züchterschaft muss gegeben sein, um solche Strategien mit Erfolg umzusetzen.

Wünschenswert wäre es auch, die Arbeiten beim Kaninchen auf genetischer Ebene zu intensivieren, um in Zukunft auf die Möglichkeiten genomischer Selektion zurückgreifen zu können, wie sie bei anderen Tierarten mit Hilfe von DNA-Chips (z.B. IlluminaBeadChip® für Rinder) bereits verfügbar sind.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Dissertation war es, Zahnveränderungen mittels klinischer Diagnostik zu charakterisieren und deren zeitliches Auftreten parallel zur Entwicklung der Kaninchen in verschiedenen Alterstufen zu dokumentieren, Zusammenhänge zwischen Mineralstoffgehalten im Blut und auftretenden Schmelzveränderungen zu prüfen sowie Erblichkeiten für ausgewählte Zahn- und Kieferbefunde zu schätzen.

In der vorliegenden Arbeit wurden Zahnbefunde von 281 Kaninchen ausgewertet. Dazu wurden 14 Rammler und 18 Häsinnen zehn verschiedener Rassen als Elterntiere eingesetzt, aus denen in 42 Würfen 235 Jungtiere gezogen wurden. Zusätzlich war ein Wurf aus dritter Generation vorhanden. Die Jungtiere verblieben bis zum Absetzen in der achten Lebenswoche bei der Häsinnin. Die Aufstallung erfolgte praxisnah in Gruppen mit Ausnahme der geschlechtsreifen Rammler mit freiem Zugang zu Heu und Wasser. Pelletiertes Alleinfuttermittel stand für Häsinnen zum Ende der Trächtigkeit und in der Laktation ad libitum, ansonsten individuell portioniert zur Verfügung.

Allen Elterntieren wurde vor dem ersten Zuchteinsatz eine Blutprobe entnommen. Bei den Jungtieren erfolgte dies zum Zeitpunkt des Absetzens in der achten Lebenswoche und bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus (5, 6 oder 7 Monate). Das Blutserum wurde auf den Gehalt an Gesamtcalcium, ionisiertem Calcium und Magnesium und Phosphor untersucht. Daraus wurde anschließend das Calcium-Phosphor-Verhältnis ermittelt. Das Körpergewicht der Jungtiere wurde beim Absetzen und im Alter von drei Monaten erfasst.

Pro Wurf wurden zwei Kaninchen einer Untersuchung der Maulhöhle in Allgemeinanästhesie unterzogen, um insbesondere den Zahnstatus der Backenzähne aufnehmen zu können. Von vier Elterntieren und 15 ausgewachsenen Jungtieren wurden nach Indikation aus den vorangegangenen klinischen Untersuchungen Röntgenbilder des Kopfes in Allgemeinanästhesie angefertigt und anhand der Methode nach HOLTGRAVE und MÜLLER (1993), ergänzt nach DE ABREU et al. (2006) sowie nach den anatomischen Referenzlinien von BÖHMER und CROSSLEY (2009) beurteilt. Als Kontrolle standen zwölf klinisch zahngesunde Jungtiere aus den entsprechenden Würfen zur Verfügung.

Für drei definierte Phänotypen (Brachygnathia superior, Aufbiss und Schmelzveränderungen) wurden mit zwei verschiedenen Datensätzen die Erblichkeiten geschätzt. Zunächst wurden alle Informationen aus den Untersuchungen von der dritten Lebenswoche bis zur letzten bei

Erreichen des Adultstatus in Abhängigkeit der Rasse verwendet. Für den zweiten Datensatz wurden dann nur noch die Befunde der jeweils letzten Untersuchung eines Kaninchens berücksichtigt.

Eine Zahnlücke zwischen den mandibularen Incisivi stellte den häufigsten Befund in 3182 klinischen Untersuchungen an jungen Kaninchen im Alter zwischen drei Wochen und adult (fünf bis sieben Monate) dar. Bislang im Schrifttum nicht charakterisiert, führte diese Veränderung, je nach Schweregrad, zu Schwierigkeiten bei der Fellpflege und Futteraufnahme durch eingeklemmtes Fell und Heuhalme. Bei männlichen Kaninchen von Zwerg- und kleinen Rassen überschritt die Häufigkeit aller beobachteten Zahn- und Kieferveränderungen ab der zwölften Lebenswoche das Maximum, so dass dieser Zeitpunkt als frühestmöglicher zur Remontierung zukünftiger Zuchtrammler empfohlen werden kann. Speziell für die *Brachygnathia superior* sollte vor allem in Hinblick auf Zwerg- und kleine Rassen bis zur 20. Lebenswoche gewartet werden. Eine erste Einschätzung könnte für Häsinnen nach der fünften Lebenswoche erfolgen. Kaninchen mittelgroßer und großer Rassen sollten abschließend bezüglich des Zahnstatus gesamt so spät wie möglich, in Anlehnung an die Ergebnisse dieser Arbeit nicht vor der 26. Lebenswoche beurteilt werden. Signifikante Zusammenhänge zwischen dem Zahnstatus und dem Absetzgewicht wurden nicht ermittelt, allerdings waren die Gewichte bei Tieren, die pathologische Merkmale zeigten, im Mittel geringer.

Die Ergebnisse der Blutanalyse zeigten, dass Kaninchen ohne Querrillen oder Schmelzveränderungen an den Incisivi höhere Konzentrationen an Gesamtcalcium und ionisiertem Calcium aufwiesen als Tiere mit diesen Befunden, wobei alle Tiere Werte im Referenzbereich aufwiesen. Dies führte zur Annahme, dass nicht nur die Versorgung der Tiere mit diesen Mineralstoffen über die tägliche Futtermittelration einen Einfluss auf die Calcifizierung der Zahnschmelzsubstanz haben muss, sondern auch Stoffwechselprozesse nach der Resorption im Intestinum beteiligt sind. Alters- und geschlechtsabhängige Phosphorkonzentrationen wie im Schrifttum aufgeführt, konnten auch in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Der Zeitpunkt der Blutentnahme wirkte sich auf die gemessenen Parameter Gesamtcalcium, ionisiertes Calcium und Phosphor sowie auf das berechnete Calcium-Phosphor-Verhältnis höchst signifikant aus, was bei der Beurteilung dieser Parameter berücksichtigt werden sollte.

Aufgrund der Auswertung der angefertigten Röntgenbilder lässt sich folgern, dass Vermessungen nach der Methode von HOLTGRAVE und MÜLLER (1993) nicht geeignet sind, um in der Praxis am lebenden Tier vergleichbare Messergebnisse zu erheben, um Aussagen zur Rassedisposition bezüglich Kieferveränderungen machen zu können. Hingegen stellten die anatomischen Referenzlinien nach BÖHMER und CROSSLEY (2009) ein geeignetes Instrument zur Einschätzung des Zahn- und Kieferstatus dar.

Die geschätzten Erblichkeiten für das Auftreten einer Brachygnathia superior betragen $0,254 \pm 0,169$ unter Berücksichtigung aller Untersuchungen und $0,105 \pm 0,092$ unter Einschluss der jeweils letzten Untersuchung eines Kaninchens bei Erreichen des rasseabhängigen Adultstatus. Für den Phänotyp „Aufbiss“ sowie die Schmelzveränderungen konnte keine additiv genetische Varianz festgestellt werden.

7 SUMMARY

It was the aim of this dissertation to characterize tooth pathologies with methods of clinical diagnostics and to report about their chronological appearance in alliance with the state of the rabbits' individual development. Furthermore, associations between the blood levels of selected minerals and the appearance of enamel alterations were examined. Finally, the heritability of well defined phenotypes of tooth- and jaw malformation was estimated.

In this study clinical findings of the teeth of 281 rabbits were evaluated. For this purpose 235 offspring in 42 litters were bred from 14 bucks and 18 does of ten different breeds. Also a litter of the third generation was compromised to this study. The rabbits were weaned at the age of eight weeks. All rabbits were kept in groups except for adult males and had free access to water and hay. The access to pelleted feed was restricted except for does at the end of gestation and while in lactation.

A blood sample was taken of all breeding animals before their first breeding. All offspring were sampled at weaning with eight weeks and when becoming adult. Adulthood was determined by sexual maturity depending on the size of breed (5, 6 or 7 months). The serum samples were analyzed for total calcium, ionized calcium and magnesium as well as inorganic phosphorus. Subsequently, the calcium-phosphorus ratio was determined. The body weight of the offspring was obtained at weaning and at the age of three months.

Two animals of every litter were compromised to an evaluation of the oral cavity in general anesthesia particularly to evaluate the status of the molar teeth.

X-rays of the skull were taken of four breeding rabbits and 15 fully grown offspring selected by indications arisen from the previous clinical examinations. Twelve clinically healthy rabbits from corresponding litters without tooth pathologies were used as control group. The x-rays were evaluated by the method according to HOLTGRAVE and MÜLLER (1993) and DE ABREU et al. (2006), as well as using the anatomical reference lines by BÖHMER and CROSSLEY (2009).

The heritability for three phenotypes (Brachygnathia superior, edge-to-edge bite, enamel alterations) was estimated with two different data sets. First, the information from all clinical examinations between 3rd week of life and adulthood was used. Only the clinical findings from the last examination of each rabbit when becoming adult were compromised to the second data set.

SUMMARY

A gap between the incisors in the lower jaw was the most common clinical finding in 3182 examinations of young rabbits between the age of three weeks and adulthood. Although this has not yet been described in the literature, this alteration can lead to difficulties concerning grooming and feed intake due to fur or hay blades stuck between the incisors. The frequency concerning all observed tooth and jaw malformations in male rabbits of dwarf and small breeds declined after the twelfth week of life, so this moment is the earliest recommended for restocking future breeding bucks in terms of tooth health. Relating to the case of Brachygnathia superior, restocking after the 20th week of life is advisable especially in dwarf and small breeds. A first evaluation of does could be done in the fifth week of life. Rabbits of intermediate and large breeds should be evaluated as late as possible. Advisable on the grounds of the results of this study is an age over 26 weeks of life. Significant associations between tooth health and bodyweight at weaning could not be determined, but the mean bodyweight at the age of eight weeks was lower in rabbits with pathologic tooth status compared to tooth healthy animals.

The results of the blood analyzes showed that rabbits with visible enamel ridges in their front teeth had lower blood serum levels of calcium and ionized calcium than animals without these clinical findings even though they all were within the reference intervals. This led to the conclusion that not only the daily feed intake of these minerals contributes to the calcification of the teeth but also metabolic processes after resorption in the intestine. An influence on phosphorus levels by age and sex of the animals was confirmed in this study. Time of blood sampling concerning the age of the rabbits was most significant in all measured parameters except magnesium. This should be considered when analyzing results of blood tests.

Measurements based on the skull x-rays according to HOLTGRAVE and MÜLLER (1993) are not suitable to obtain reliable results in living animals. Therefore, no statements concerning the incidence of tooth and jaw malformations in different breeds of rabbits were possible. However, the anatomical reference lines by BÖHMER and CROSSLEY (2009) are a useful instrument to assess the status of teeth and jaws in living rabbits.

The estimated heritability for an appearance of Brachygnathia superior was high ($0,254 \pm 0,169$) for all examinations compromised for this assessment as well as for the data set with only the last clinical examination of each animal when they became adult ($0,105 \pm 0,092$). For the phenotypes edge-to-edge bite and enamel alterations, no additive genetic variance could be detected.

8 LITERATURVERZEICHNIS

ALBONETTI M.E., DESSI-FULGHERI F., FARABOLLINI F. (1991):

Organization of behavior in unfamiliar female rabbits

Aggressive Behav 17: 171-178

ALDRED M.J., CRAWFORD P.J.M., ROBERTS E., THOMAS N.S.T. (1992):

Identification of a nonsense mutation in the amelogenin gene (AMELX) in a family with x-linked amelogenesis imperfecta (AI)

Hum Genet 90: 413-416

ARNOLD W.H. (2006):

Mikromorphologie und Molekularbiologie der Dentinogenese und Amelogenese

DZZ 61: 524-533

ASSANE M., GONGNET G.P., COULIBALY A., SERE A. (1993):

Influence du rapport calcium/phosphore de la ration sur la calcémie, la phosphatémie et la magnésémie de la lapine en gestation

Reprod Nutr Dev 33: 223-228

Ausschuss der Tierschutzbeauftragten der GV-SOLAS und des Arbeitskreises 4 in der TVT (2009):

Empfehlung zur Blutentnahme bei Versuchstieren, insbesondere kleinen Versuchstieren

Merkblatt 13

[http://www.tierschutz-](http://www.tierschutz-tvt.de/merkblaetter.html?&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=172)

[tvt.de/merkblaetter.html?&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=172](http://www.tierschutz-tvt.de/merkblaetter.html?&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=172)

Stand: 08.12.2014

Ausschuss der Tierschutzbeauftragten der GV-SOLAS und des Arbeitskreises 4 in der TVT (2010):

Empfehlung zur Substanzapplikation bei Versuchstieren

Merkblatt Nr. 72

[http://www.tierschutz-](http://www.tierschutz-tvt.de/merkblaetter.html?&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=109)

[tvt.de/merkblaetter.html?&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=109](http://www.tierschutz-tvt.de/merkblaetter.html?&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=109)

Stand: 08.12.2014

BAHAL P., DJEMAL S. (2014):

Dental erosion from an excess of vitamin C

Case Rep Dent 2014: Article ID 485387

BAKER L.W. (1922):

The influence of the forces of occlusion on the development of the bones of the skull

Internat J Orthodont 8: 259-281

BAKER L.W. (1941):

The influence of the formative dental organs on the growth of the bones of the face

Amer J Orthodont 27: 489-506

BAMBERG E. (1987):

Beispiele der hormonellen Regulation physiologischer Vorgänge: Calciumstoffwechsel.
In SCHEUNERT A., TRAUTMANN A., WITTKER G. (Hrsg.)
Lehrbuch der Veterinär-Physiologie, 7. Aufl.
Parey-Verlag, Berlin

BANG S., ENLOW D.H. (1967):

Postnatal growth of the rabbit mandible
Arch Oral Biol 12: 993-998

BARLET J.-P. (1980):

Plasma calcium, inorganic phosphorus and magnesium levels in pregnant and lactating rabbits
Reprod Nutr Dev 20: 647-651

BERGER M., JEAN-FAUCHER C., DE TURKHEIM M., VEYSSIERE G., BLANC M.R.,
POIRIER J.C., JEAN C. (1982):

Testosterone, luteinizing hormone (LH) and follicle stimulating hormone (FSH) in plasma of
rabbit from birth to adulthood. Correlations with sexual and behavioural development
Acta Endocrinol (Copenh.) 99: 459-465

BERGHOF P.C. (1989):

Tierärztliche Heimtierpraxis Bd.1: Kleine Heimtiere und ihre Erkrankungen.
Parey-Verlag, Berlin, Hamburg

BISHOP M.A. (1995):

Is rabbit dentine innervated? A fine structural study of the pulpal innervations in the cheek
teeth of the rabbit
J Anat 186: 365-372

BÖHMER E. (2011):

Zahnheilkunde bei Kaninchen und Nagern, Lehrbuch und Atlas, 1. Aufl.
Schattauer-Verlag, Stuttgart

BÖHMER E., KÖSTLIN R.G. (1988):

Zahnerkrankungen bzw. -anomalien bei Hasenartigen und Nagern: Diagnose, Therapie und
Ergebnisse bei 83 Patienten
Prak Tierarzt 69: 37-50

BÖHMER E., CROSSLEY D. (2009):

Objective interpretation of dental disease in rabbits, guinea pigs and chinchillas,
Use of anatomical reference lines
Tierärztl Prax 37: 250-260

BOUHTIAUY I., LAJEUNESSE D., BRUNETTE M.G. (1993):

Effect of vitamin D depletion on calcium transport by the luminal and basolateral membranes
of the proximal and distal nephrons
Endocrinology 132: 115-120

- BOURDEAU J.E., SCHWER-DYMERSKI D., STERN P., LANGMAN C.B. (1986):
Calcium and phosphorous metabolism in chronically vitamin D deficient laboratory rabbits
Miner Electrol Metab 12: 176-185
- BOY S.C., STEENKAMP G. (2006):
Odontoma-like tumors of squirrel elodont incisors - elodontomas
J Comp Path 135: 56-61
- BOYERA N., GALEY I., BERNARD B.A. (1998):
Effect of vitamin C and its derivatives on collagen synthesis and cross-linking by normal human fibroblasts
Int J Cosmet Sci 20: 151-158
- BROWN S.A., ROSENTHAL K.L. (1997):
Self-assessment colour review of small mammals
Verlag Manson Publishing/ The Veterinary Press, London
- BROMMAGE R., MILLER S.C., LANGMAN C.B., BOUILLON R., SMITH R.,
BOURDEAU J.E. (1988):
The effects of chronic vitamin D deficiency on the skeleton in the adult rabbit
Bone 9: 131-139
- BRONCKERS A.L. (1983):
A histological and biochemical study of the effect of vitamin-deficiency on induction of amelogenesis in hamster molars in vitro
Arch Oral Biol 28: 681-692
- BROOK A.H. (2009):
Multilevel complex interactions between genetic, epigenetic and environmental factors in the aetiology of anomalies of dental development
Arch Oral Biol 54 (Supplement): 3-17
- BROOK A.H., ELCOCK C., AGGARWAL M., LATH D.L., RUSSEL J.M., PATEL P.I.,
SMITH R.N. (2009):
Tooth dimensions in hypodontia with a known PAX9 mutation
Arch Oral Biol 54 (Supplement): 57-62
- BROOKES S.J., KIRKHAM J., SHORE R.C., BONASS W.A., ROBINSON C. (1998):
Enzyme compartmentalization during biphasic enamel matrix processing
Connect Tissue Res 39: 89-99
- BROWN S.A. (1992):
Surgical removal of incisors in the rabbit
J Small Exotic Anim Med 1: 150-153
- BUCHER L. (1994):
Fütterungsbedingte Einflüsse auf Wachstum und Abrieb von Schneidezähnen bei Zwergkaninchen
Diss.med.vet., FU Berlin

- BUTLER W.T. (1995):
Dentin matrix proteins and dentinogenesis
Connect Tissue Res 33: 59-65
- CAI J.J. (1992):
Effect of Vitamin D over-dosage on the tooth and bone development of rabbits
Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi 27: 296-299; 319
- CAPELLO V. (2008):
Diagnosis and treatment of dental disease in pet rodents
J Exot Pet Med 17: 114-123
- CARNEIRO M., AFONSO S., GERALDES A., GARREAU H., BOLET G., BOUCHER S.,
TIRCAZES A., QUENEY G., NACHMAN M.W., FERRAND N. (2011):
The genetic structure of domestic rabbits
Mol Biol Evol 28: 1801-1816
- CARNEIRO M., RUBIN C.J., DI PALMA F., ALBERT F.W., AFÖLDI J., BARRIO A.M.,
PIELBERG G., RAFATI N., SAYYAB S., TURNER-MAIER J., YOUNIS S., AFONSO S.,
AKEN B., ALVES J.M., BARELL D., BOLET G., BOUCHER S., BURBANO H.A.,
CAMPOS R., CHANG J.L., et al. (2014):
Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication
Science 345: 1074-1079
- CARSTENSEN P. (1984):
Untersuchungen zum Kalziumstoffwechsel ausgewachsener Kaninchen
Diss.med.vet., TiHo Hannover
- CHAI C.K., DEGENHARDT K. H. (1962):
Developmental anomalies in inbred rabbits
J Hered 53: 174-182
- CHAI C.K. (1970):
Effect of Inbreeding in rabbits, skeletal variations and malformations
J Hered 61: 3-8
- CHAPIN R.E., SMITH S.E. (1967a):
The calcium tolerance of growing and reproducing rabbits
Cornell Vet 57: 480-491
- CHAPIN R.E., SMITH S.E. (1967b):
Calcium requirement of growing rabbits
J Anim Sci 26: 67-71
- CHAPIN R.E., SMITH S.E. (1967c):
High phosphorus diets fed to growing rabbits
Cornell Vet 57: 492-500

CHARLES C., HOVORAKOVA M., AHN Y., LYONS D.B., MARANGONI P.,
CHURAVA S., BIEHS B., JHEON A., LESOT H., BALOOCH G., KRUMLAUF R.,
VIRIOT L., PETERKOVA R., KLEIN O.D. (2011):

Regulation of tooth number by fine-tuning levels of receptor-tyrosine kinase signaling
Development 138: 4063-4073

CHARLES RIVER LABORATORIES (2014):

http://www.criver.com/files/pdfs/rms/nzw/rm__rm_d_nzw_rabbit.aspx

Stand: 01.06.2014

CHEEKE P.R., AMBERG J.W. (1973):

Comparative calcium excretion by rats and rabbits

J Anim Sci 37: 450-457

CHEEKE P.R. (1987):

Rabbit feeding and nutrition, 1st ed.

Academic Press Inc., Orlando

CHEEKE P.R. (1994):

Nutrition and nutritional diseases.

In MANNING P., RINGLER D.H., NEWCOMER C.E. (Eds.)

The biology of the laboratory rabbit, 2nd ed.

Academic Press, San Diego

CIELINSKI M.J., IIZUKA T., MARKS S.C. JR. (1994):

Dental abnormalities in the osteopetrotic rat mutation microphthalmia blanc

Arch Oral Biol 39: 985-990

CIZEK L.J. (1961):

Relationship between food and water ingestion in the rabbit

AJP 201: 557-566

CRAIGIE E.H. (1966):

A laboratory guide to the anatomy of the rabbit, 2nd ed.

University of Toronto Press, Toronto

CROSSLEY D.A. (1995a):

Clinical aspects of lagomorphs dental anatomy: The rabbit (*Oryctolagus cuniculus*)

J Vet Dent 12: 137-140

CROSSLEY D.A. (1995b):

Dental disease in rabbits

Vet Rec 137: 384

CROSSLEY D.A. (1995c):

Clinical aspects of rodent dental anatomy

J Vet Dent 12: 131-135

- CROSSLEY D.A., DUBIELZIG R.R., BENSON K.G. (1997):
Caries and odontoclastic resorptive lesions in a chinchilla (*Chinchilla lanigera*)
Vet Rec 141: 337-339
- CROSSLEY D.A. (2000):
Dental disease in lagomorphs and rodents.
In BONAGURA J.D. (Ed.)
Kirk's current veterinary therapy XIII: Small animal practice, 13th ed.
Saunders, Philadelphia
- CROSSLEY D.A. (2001):
Dental disease in chinchillas in the UK
JSAP 42: 12-19
- CROSSLEY D.A., MIGUELENZ M.M. (2001):
Skull size and cheek-tooth length in wild-caught and captive-bred chinchillas
Arch Oral Biol 46: 919-928
- CROSSLEY D.A. (2005):
Pathophysiology of continuously growing teeth
Proc 2. Slovenian-Croatian Congress on Exotic Pets and Wild Animals 26.-29.09., Ljubljana
- CROSSLEY D.A. (2010):
Dental anatomy of rabbits and rodents
LafeberVet.com, www.lafebervet.com/small-mammals/?p=2624
Stand: 30.03.2011
- CROSSLEY D.A. (2011):
Zahn- und Kieferbefundbogen für Kaninchen.
In BÖHMER E. (Hrsg.)
Zahnheilkunde bei Kaninchen und Nagern, Lehrbuch und Atlas, 1.Aufl.
Schattauer Verlag, Stuttgart
- DE ABREU A.T., VEECK E.B., DA COSTA N.P. (2006):
Morphometric methods to evaluate craniofacial growth: Study in rabbits
Dentomaxillofac Rad 35: 83-87
- DENTON D.A., NELSON J.F. (1971):
Effects of pregnancy and lactation on the mineral appetites of wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus* (L.))
Endocrinology 88: 31-40
- DENTON D.A., NELSON J.F., TARJAN E. (1985):
Water and salt intake of wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) following dipsogenic stimuli
J Physiol 362: 285-301

- DERBAUDRENGHIEN V., VAN CAELENBERG A., HERMANS K., GIELEN I., MARTEL A. (2010):
Dental pathology in chinchillas
Vlaams Diergen Tijds 79: 345-358
- DIEHL K.H., HULL R., MORTON D., PFISTER R., RABEMAMPIANINA Y.V., SMITH D., VIDAL J.M., VORSTENBOSCH C.V.D. (2001):
A good practice guide to the administration of substances and removal of blood, including routes and volume
J Appl Toxicol 21: 15-23
- DONG J., AMOR D., ALDRED M.J., GU T., ESCAMILLA M., MAC DOUGAL M. (2005):
DLX3 mutation associated with autosomal dominant amelogenesis imperfecta with taurodontism
Am J Med Genet A 133: 138-141
- EICKHOFF M. (2005):
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde bei Klein- und Heimtieren, 1. Aufl.
Enke Verlag, Stuttgart
- EMMEL L. (1938):
Die Herkunft des Schmelzes der erwachsenen Nager mit Untersuchungen über den Nagezahn von *Sciurus vulgaris*
Z Wiss Zool 150: 358-403
- ENLOW D.H., BANG S. (1965):
Growth and remodeling of the human maxilla
Am J Orthod 51: 446-464
- ERICKSON L.C., OGILVIE A.L. (1958):
Aspects of growth in the cranium, mandible and teeth of rabbits as revealed through the use of Alizarin and metallic implants
Angle Orthodont 28: 47-56
- EWINGMANN A. (2005a):
Zahnerkrankungen beim Heimtier
www.vetkom.de/download/ewringmann_zahnerkrankungen.pdf, 1
Stand: 17.03.2012
- EWINGMANN A. (2005b):
Leitsymptome beim Kaninchen: Diagnostischer Leitfaden und Therapie, 1. Aufl.
Enke Verlag, Stuttgart
- EWINGMANN A., GLÖCKNER B. (2008):
Leitsymptome bei Hamster, Ratte, Maus und Rennmaus
Enke Verlag, Stuttgart

EWRINGMANN A., GÖBEL T. (1998):

Untersuchung blutchemischer Parameter bei Heimtierkaninchen
Kleintierpraxis 43: 447-452

FAHRENKRUG P. (2010):

Geleitwort.

In BÖHMER E. (Hrsg.)

Zahnheilkunde bei Kaninchen und Nagern, Lehrbuch und Atlas, 1. Aufl.

Schattauer-Verlag, Stuttgart

FAIRHAM J., HARCOURT-BROWN F.M. (1999):

Preliminary investigation of the vitamin D status of pet rabbits

Vet Rec 145: 452-454

FALCONER D.S. (1960):

Introduction to quantitative genetics

Ronald Press Company, New York

FEHR M. (1999a):

Diagnosen und Gründe für die Vorstellung von Heimtieren in der tierärztlichen Praxis.

In KAMPHUES J., WOLF P., FEHR M. (Hrsg.)

Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Instituts für Tierernährung und

der Klinik für kleine Haustiere der Tierärztlichen Hochschule Hannover, 02.10.1999,

Hannover

FEHR M. (1999b):

Klinische Untersuchung des Verdauungstraktes kleiner Heimtiere.

In KAMPHUES J., WOLF P., FEHR M. (Hrsg.)

Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Instituts für Tierernährung und

der Klinik für kleine Haustiere der Tierärztlichen Hochschule Hannover, 02.10.1999,

Hannover

FEHR M., BRUNKHORST N., THILE A. (2004):

Erkrankungen der Verdauungsorgane beim Kleinsäuger aus chirurgischer Sicht.

Beiträge zur Gemeinschaftsveranstaltung kleine Heimtiere: Diagnostik und Therapie von

Erkrankungen des Verdauungsapparates, aktueller Wissenstand, 09.07.2004, Hannover

FLECKNELL P. A. (1990):

Exotic animals dental abnormalities and treatment.

In HARVEY C. E., ORR H.S. (Ed.)

Manual of small animal dentistry

BSAVA, Cheltenham

FLORIN M., RUSANEN E., HAESSIG M., RICHTER M., SPIESS B.M. (2009):

Clinical presentation, treatment, and outcome of dacryocystitis in rabbits: A retrospective study
of 28 cases (2003-2007)

Vet Ophthalmol 12: 350-356

- FLÜCKIGER M.A. (2007):
Scoring radiographs for canine hip dysplasia - the big three organizations of the world
EJCAP 17: 135-140
- FOX R.R., CRARY D. D. (1971):
Mandibular prognathism in the rabbit
J Hered 62: 23-27
- FRASER K.W. (1992):
Emergence behavior of rabbits, *Oryctolagus cuniculus*, in Central Otago, New Zealand
J Zool 228: 615-623
- GARCIA J., CARABAÑO R., DE BLAS J.C. (1999):
Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits
J Anim Sci 77: 898-905
- GARDNER D.G., BUNTE R.N., SAWYER D.R., ARTWOHL J. (1997):
Multicystic lesion of the jaw in a rabbit
JAALAS 36: 78-80
- GIBB J.A. (1993):
Sociality, time and space in a sparse population of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)
J Zool 229: 581-607
- GIBBONS P. M., KRESSIN D. J. (2008):
Rabbit dental disease, Rebecca Kirby CVC West Seminars
animal/emergencycenter.com/education.html
Stand: 20.08.2011
- GIDENNE T. (1992):
Effect of fibre level, particle size and adaption period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbit
Brit J Nutr 67: 133-146
- GLÖCKNER B. (2002):
Untersuchungen zur Ätiologie und Behandlung von Zahn- und Kiefererkrankungen beim Heimtierkaninchen
Diss.med.vet., FU Berlin
- GOLZE M., WEHLITZ R., WESTPHAL K. (2008):
Schlachtkörperwert und Fleischqualität von verschiedenen Kaninchenrassen und Herkünfte
http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/3399_1.pdf
Stand: 04.06.2015
- GORELL C., VERHAERT L. (2006):
Zahnerkrankungen bei Hasenartigen (Lagomorpha) und Nagern (Rodentia).
In GORELL C. (Hrsg.)
Zahnmedizin bei Klein- und Heimtieren, 1. Aufl.
Urban & Fischer, München

- GRACIS M. (2008):
Clinical Technique: Normal dental radiography of rabbits, guinea pigs and chinchillas
J Exot Pet Med 17: 78-86
- GRANAT J., ZELNIK J., BULLA J. (1974):
Beitrag zum Studium der Vererbung von Brachygnathia superior bei Kaninchen
Z Tierzüchtg 91: 131-137
- GREGER R. (1999):
Niere.
In DEETJEN P., SPECKMANN E.-J. (Hrsg.)
Physiologie, 3. Aufl.
Urban & Fischer, München
- GROBNER M.A., ROBINSON K.L., CHEEKE P.R., PATTON N.M. (1985):
Utilization of low and high energy diets by dwarf (Netherland Dwarf), intermediate (Mini Lop, New Zealand White) and giant (Flemish Giant) breeds of rabbits
J Appl Rabbit Res 8: 12-18
- GROENEVELD E., KOVAČ M., MIELENZ N. (2010):
VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0
<ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/vce6/doc/>
Stand: 17.12.2014
- GRÜN P. (1999):
Kaninchen halten, 3. Aufl.
Eugen-Ulmer-Verlag, Stuttgart
- GÜNTHER F. (1957):
Erbliche Zahnanomalien beim Kaninchen
Berl Münch Tierärztl Wochenschr 70: 154-155
- GUTMANN M. (2003):
Validierung der Auswertungsmethoden für Hüftdysplasie beim Hund aus genetischer Sicht
Diss.med.vet., JLU Gießen
- HABERMEHL K.-H. (1975):
Die Altersbestimmung bei Haus- und Labortieren, 2. Aufl.
Parey-Verlag, Berlin
- HABERSTROH J., HENKE J. (2004):
Speziesspezifische Anästhesie – Kaninchen.
In ERHARDT W., HENKE J., HABERSTROH J. (Hrsg.)
Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier sowie bei Vögeln, Reptilien, Amphibien
und Fischen
Schattauer-Verlag, Stuttgart

HARCOURT-BROWN F.M. (1995):

A review of clinical conditions of pet rabbits associated with their teeth
Vet Rec 137: 341-346

HARCOURT-BROWN F. M. (1996):

Calcium deficiency, diet and dental disease in pet rabbits
Vet Rec 139: 567-571

HARCOURT-BROWN F.M. (1997):

Diagnosis, treatment and prognosis of dental disease in pet rabbits
In Practice 19: 407-421

HARCOURT-BROWN F.M., BAKER S.J. (2001):

Parathyroid hormone, haematological and biochemical parameters in relation to dental disease and husbandry in rabbits
JSAP 42: 130-136

HARCOURT-BROWN F.M. (2002):

Anorexia in rabbits 1: Causes and effects
In Practice 24: 358-367

HARCOURT-BROWN F.M. (2006):

Metabolic bone disease as a possible cause of dental disease in pet rabbits
Thesis for Fellowship of RCVS, London

HARCOURT-BROWN F.M. (2007):

The progressive syndrome of acquired dental disease in rabbits
J Exot Pet Med 16: 146-157

HARCOURT-BROWN F.M. (2009a):

Dental disease in pet rabbits 1. Normal dentition, pathogenesis and aetiology
In Practice 31: 370-397

HARCOURT-BROWN F.M. (2009b):

Dental disease in pet rabbits 2. Diagnosis and treatment
In Practice 31: 496-505

HARCOURT-BROWN F.M. (2009c):

Dental disease in pet rabbits 3. Jaw abscesses
In Practice 31: 432-445

HÄUPL K., WUNDERER H. (1958):

Verdauungsorgane, Mundhöhle, Zähne und Zahnhalteapparat.
In COHRS P., JAFFE R., MEESEN H. (Hrsg.)
Pathologie der Laboratoriumstiere
Verlag Springer, Berlin, Göttingen

- HEIN J., HARTMANN K. (2003):
Labordiagnostische Referenzbereiche bei Kaninchen
Tierärztl Prax 31: 321-328
- HEIN J. (2012):
Anorexie.
Beiträge zur Fortbildungsveranstaltung 4. Meller Kleinsäugertagung 21.04.2012,
Melle
- HEINEMANN W.W., ENSMINGER M.E., HAM W.E., OLDFIELD J.E. (1957):
The effects of phosphate fertilization of alfalfa on growth, reproduction, and body
composition of domestic rabbits
J Anim Sci 16: 467-475
- HEISLER K. (1999):
Gesundheitsstörungen bei kleinen Heimtieren infolge einer fehlerhaften
Vitaminversorgung.
Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Instituts für Tierernährung und der Klinik
für kleine Haustiere der Tierärztlichen Hochschule Hannover am 2.10.1999,
Hannover
- HENKE J., TACKE S., ERHARDT W. (2012):
Notfälle im Rahmen der Anästhesie.
In ERHARDT W., HENKE J., HABERSTROH J., BAUMGARTNER C. und TACKE S.
(Hrsg.)
Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier mit Exoten, Labortieren, Vögeln,
Reptilien, Amphibien und Fischen, 2. Aufl.
Schattauer-Verlag, Stuttgart
- HENNEMAN P.H. (1959):
Effect of high calcium intakes on renal function
Fed Proc 18: 1093-1096
- HERMANN M. (1953):
Über das Wachstum der Nagezähne bei Ratten, Meerschweinchen und Kaninchen
Dtsch Zahn Heilk 18: Nr.1 und 2
- HERZOG A. (1967):
Kieferanomalien als Ursache abnormen Längenwachstums der Schneidezähne beim
Feldhasen (*Lepus europaeus*)
Z Jagdwiss 13: 157-158
- HILLSON S. (2005):
Teeth, 2nd ed.
Cambridge University Press, Cambridge
- HINTON M. (1978):
Mandibular osteomyelitis in the rabbit
Vet Rec 103: 263-264

HIRSCHFELD Z., WEINREB M.M., MICHAELI Y. (1973):
Incisors of the rabbit: Morphology, histology and development
J Dent Res 52: 377-384

HOLLMANN P. (1992):
Verdauungsstörungen bei Kaninchen und Meerschweinchen
Tierärztl Prax 20: 557-571

HOLTGRAVE E.A., MÜLLER R. (1993):
Kephalometrische Untersuchungen am Unterkiefer nach dorsaler Massetertransposition
Fortschr Kieferorthop 54: 268-275

HÖRNICKE H. (1978):
Futteraufnahme beim Kaninchen - Ablauf und Regulation
Übers Tierernährung 6: 91-148

HÖRNICKE H. (1984):
Neuere Ergebnisse zur Physiologie des Dickdarms beim Kaninchen,
I. Morphologie, Passagezeiten, Mikrobiologie, Wasser und Elektrolyte
Übers Tierernährg 12: 215-250

HOROWITZ S.L., WEISBROTH S.H., SCHER S. (1973):
Deciduous dentition in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) - a roentgenographic study
Arch Oral Biol 18: 517-523

HU G., VASTARDIS H., BENDALL A.J., WANG Z., LOGAN M., ZHANG H., NELSON C., STEIN S., GREENFIELD N., SEIDMAN C.E., SEIDMANN J.G., ABATE-SHEN C. (1998):
Haploinsufficiency of MSX1: A mechanism for selective tooth agenesis
Mol Cell Biol 18: 6044-6051

HUANG C.M., Mi M.P., Vogt D.W. (1981):
Mandibular prognathism in the rabbit: Discrimination between single-locus and multifactorial models of inheritance
J Hered 72: 296-298

JAKOBS F., DIETRICH A., HORNUNG W., MEISTER D., MICKMANN P., FÖDISCH A. (2004):

Standard für die Beurteilung der Rassekaninchen und Erzeugnisse
Wilh. von Lohr GmbH, Neuss

JACOBSON R., KOLLIAS G.V. (1998):

Exotic animals
Verlag Churchill Livingstone, New York, Edinburgh

JANUTTA V., DISTL O. (2006):

Inheritance of canine hip dysplasia: Review of estimation methods and of heritability estimates and prospects on further developments
Dtsch Tierärztl Wochenschr 113: 6-12

JEKL V., HAUPTMANN K., KNOTEK Z. (2008):

Quantitative and qualitative assessments of intraoral lesions in 180 small herbivorous mammals
Vet Rec 162: 442-449

JEKL V., HAUPTMANN K., KNOTEK Z. (2010):

Disease in pet degus: A retrospective study in 300 animals
JSAP 52: 107-112

JEKL V., GUMPENBERGER M., JEKLOVA E., HAUPTMAN K., KNOTEK Z. (2011a):

Impact of pelleted diets with different mineral compositions on the crown size of mandibular cheek teeth and mandibular relative density in degus (*Octodon degus*)
Vet Rec 168: 641-645

JEKL V., KREJCIROVA L., BUCHTOVA M., KNOTEK Z. (2011b):

Effect of high phosphorus diet on tooth microstructure of rodent incisors
Bone 49: 479-484

JEKL V., REDROBE S. (2013):

Rabbit dental disease and calcium metabolism - the science behind divided opinions
JSAP 54: 481-490

KALINOWSKI T., RUDOLPH W. (1974):

Zur Vererbung der Oberkieferverkürzung (Brachygnathia superior) beim Hauskaninchen
Wiss Z Univ Rostock (Math.-Nat. Reihe) 23: 131-135

KAMPHUES J., CARSTENSEN P., SCHROEDER D., MEYER H., SCHOON H.-A., ROSENBRUCH M. (1986):

Effekte einer steigenden Calcium- und Vitamin D-Zufuhr auf den Calciumstoffwechsel von Kaninchen
J Anim Phys Anim Nutr 56: 191-208

KAMPHUES J. (1991):

Calcium metabolism of rabbits as an etiological factor for urolithiasis
J Nutr 121: 95-96

KAMPHUES J. (2004):

Häufige Fütterungsfehler und Hinweise zur Diätetik (Kaninchen und Meerschweinchen).
Beiträge zur Gemeinschaftsveranstaltung: Kleine Heimtiere. Diagnostik und Therapie von
Erkrankungen des Verdauungsapparates – Aktueller Wissenstand-,09.07.2004,
Hannover

KAWAMOTO T., SHIMIZU M. (1997):

Pathway and speed of calcium movement from blood to mineralizing enamel
J Histochem Cytochem 45: 213-230

KEIL A. (1966):

Grundsätze der Odontologie – Allgemeine und vergleichende Zahnkunde als
Organwissenschaft, 2. Aufl.
Gebrüder Borntraeger, Berlin

KENNEDY A. (1965):

The urinary excretions of calcium by normal rabbits
J Comp Pathol 75: 69-74

KIRKHAM J., KAUR R., STILLMAN E.C., BLACKWELL P.G., ELCOCK C., BROOK
A.H. (2005):

The patterning of hypodontia in a group of young adults in Sheffield, UK
Arch Oral Biol 50: 287-291

KLEIN O.D., MINOWADA G., PETERKOVA R., KANGAS A., YU B.D., LESOT H.,
PETERKA M., JERNVALL J., MARTIN G.R. (2006):

Sprouty genes control diastema tooth development via bidirectional antagonism of epithelial-
mesenchymal FGF signaling
Dev Cell 11: 181-190

KÖTSCHKE W., GOTTSCHALK C. (1990):

Krankheiten der Kaninchen und Hasen, 4.Aufl.
Gustav Fischer-Verlag, Jena

KRESHOVER S.J., HANCOCK J.A. (1956):

The pathogenesis of abnormal enamel formation in rabbits inoculated with vaccinia
J Dent Res 35: 685-692

KROHN T.C., RITSKES-HOITINGA J., SVENDSEN P. (1999):

The effects of feeding and housing on the behavior of the laboratory rabbit
Lab Anim 33: 101-107

LANDSBERGER R. (1924):

Histological research concerning the growth of the alveolar process in its relation to the
development of the tooth germ
Dent Cosmos 66: 1334-1345

- LARSEN T.R., GALTHEN-SØRENSEN M., ANTONSEN S. (2014):
Ionized calcium measurements are influenced by albumin - should ionized calcium be corrected?
Scand Clin Lab Invest 74: 515-523
- LEBAS F. (2000):
Vitamins in rabbit nutrition: Literature review and recommendations
WRSB 8: 185-192
- LEIBELING N. (2006):
Beziehungen zwischen intaktem Parathormon, Kalzium und Phosphat in Abhängigkeit vom Ausmaß der chronischen Niereninsuffizienz
Diss.med., Friedrich-Schiller-Universität, Jena
- LEGENDRE L.F.J. (2002):
Malocclusions in guinea pigs, chinchillas and rabbits
Can Vet J 43: 385-390
- LEGENDRE L.F. (2003):
Oral disorders of exotic rodents
Vet Clin North Am Exot Anim Pract 6: 601-628
- LENNOX A.M. (2008):
Dentistry of Rabbits
Proc CVC in Baltimore, 01.04.2008, Baltimore
- LINDSEY J.R., FOX R.R. (1994):
Inherited diseases and variations.
In MANNING P., RINGLER D.H., NEWCOMER C.E. (Eds.)
The biology of the laboratory rabbit, 2nd ed.
Academic Press, San Diego
- LOBPRISE B.H., WIGGS B.R. (1991):
Dental and oral disease in lagomorphs
J Vet Dent 8: 11-17
- LÖHLE K. (1995):
Fortpflanzung.
In SCHLOLAUT W. (Hrsg.)
Das große Buch vom Kaninchen
DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- LÖLIGER H.C. (1986):
Kaninchenkrankheiten
Enke Verlag, Stuttgart

LOWE J.A. (2010):

Pet rabbit feeding and nutrition.

In DE BLAS C., WISEMAN J. (Eds.)

The nutrition of the rabbit, 2nd ed.

Cab International Publishing, University Press, Cambridge

LUTZ W. (1994):

Typische Polydontie und "Pseudopolydontie" beim Reh (*Capreolus capreolus*, Linne 1758)

Z Jagdwiss 40: 200-203

MÄNNER K., BRONSCH K. (1987):

Stoff- und Energiewechsel: Mineralstoffe.

In SCHEUNERT A., TRAUTMANN A., WITTKE G. (Hrsg.)

Lehrbuch der Veterinär-Physiologie, 7. Aufl.

Parey-Verlag, Berlin

MARAI J.F.M., HABEEB A.A.M., GAD A.E. (2005):

Tolerance of imported rabbits grown as meat animals to hot climate and saline drinking water in the subtropical environment of Egypt

Anim Sci 81: 115-123

MARKS S.C.JR. (1987):

Osteopetrosis - multiple pathways for the interception of osteoclast function

J Appl Pathol 5: 172-183

MARKTL W. (2003):

Physiologie der Interaktion zwischen Kalium und Magnesium

J Miner Stoffwechs 10 (Sonderheft 1): 5-7

MAROUNEK M., DUŠKOVÁ D., SKŘIVANOVÁ V. (2003):

Hydrolysis of phytic acid and its availability in rabbits

Br J Nutr 89: 287-294

MAROUNEK M., BŘEŇOVÁ N., SUCHORSKÁ O., MRÁZEK J. (2009):

Phytase activity in rabbit caecal bacteria

Folia Microbiol 54: 111-114

MASSLER M., SCHOUR I. (1941):

Studies on tooth development. Theories of eruption

Am J Orthod 27: 552-576

MATEOS G.G., DE BLAS C. (1998):

Minerals, vitamins and additives.

In DE BLAS C., WISEMAN J. (Eds.)

The nutrition of the rabbit, 1st ed.

University Press, Cambridge

- MATHIEU L.G., SMITH S.E. (1961):
Phosphorus requirements of growing rabbits
J Anim Sci 20: 510-513
- MATTHES S. (2010):
Kaninchenkrankheiten - Leitfaden zur Erkennung und Bekämpfung, 5. Aufl.
Verlagshaus Oertel & Spörer, Reutlingen
- MC FEE C.E., KRONMAN J.H. (1969):
Cephalometric study of craniofacial development in rabbits with impaired masticatory
function
J Dent Res 48: 1268-1274
- MEREDITH A. (2007):
Rabbit Dentistry
EJCAP 17: 55-62
- MEHROTRA M., GUPTA S.K., KUMAR K., AWASTHI P.K., DUBEY ., PANDEY C.M.,
GODBOLE M.M. (2006):
Calcium deficiency-induced secondary hyperparathyroidism and osteopenia are rapidly
reversible with calcium supplementation in growing rabbit pups
Br J Nutr 95: 582-590
- MEYER P. (1975a):
Beiderseitige Doppelhakenbildung bei einem Rehbock
Z Jagdwiss 21: 133-135
- MEYER P. (1975b):
Beispiele angeborener Zahn- und Gebißanomalien beim Europäischen Reh (*Capreolus
capreolus L.*) nebst einigen Bemerkungen zu deren Genese und Terminologie
Z Jagdwiss 21: 89-105
- MEYER P. (1977):
Angeborene Oligodontien beim Rehwild (*Capreolus capreolus L.*)
Z Jagdwiss 23: 98-100
- MICHEL G. (1995):
Vergleichende Embryologie der Haustiere
Fischer Verlag, Jena
- MILES A.E.W., CRIGSON C. (2003):
Enamel hypoplasia.
IN COLYER J.F.(Ed.)
Colyer's variations and diseases of the teeth of animals
Cambridge University Press, Cambridge
- MORIMOTO T., INOUE T., NAKAMURA T., KAWAMURA T. (1985):
Characteristics of rhythmic jaw movements of the rabbit
Arch Oral Biol 30: 673-677

MORTON D.B., JENNINGS M., BATCHELOR G.R., BELL D., BIRKE L., DAVIES K., EVELEIGH J.R., GUNN D., HEATH M., HOWARD B., KODER P., PHILIPS J., POOLE T., SAINSBURY A.W., SALES G.D., SMITH D.J.A., STAUFFACHER M., TURNER R.J. (1993):

Refinements in rabbit husbandry: Second report of the BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW joint working group on refinement
Lab Anim 27: 301-329

MOSALLANEJAD B., MOARRABI A., AVIZEH R., GHADIRI A. (2010):

Prevalence of dental malocclusion and root elongation in pet-rabbits of Ahvaz, Iran
IJVST 2: 109-116

MOSSEY P.A., ORTH D., ORTH M. (1999):

The heritability of malocclusion: Part 1 - Genetics, principles and terminology
Br J Orthod 26: 103-113

MOSTOWSKA A., BIEDZIAK B., JAGODZINSKI P.P. (2006):

Axis inhibition protein 2 (AXIN2) polymorphisms may be a risk factor for selective tooth agenesis
J Human Genet 51: 262-266

MULLAN S.M., MAIN D.C.J. (2006):

Survey of the husbandry, health and welfare of 102 pet rabbits
Vet Rec 159: 103-109

MÜLLER D., KÜCKEN U., WAGNER C., MOKROS M. (1990):

Hämatologische und klinisch-chemische Untersuchungen bei Schlachtkaninchen
Mh Vet-Med 45: 792-796

MÜLLER J., CLAUSS M., CODRON D., SCHULZ E., HUMMEL J., FORTELIUS M., KIRCHER P., HATT J.-M. (2014):

Growth and wear of incisor and cheek teeth in domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) fed diets of different abrasiveness
J Exp Zool 321: 283-298

MURRAY M.M. (1936):

The chemical composition of teeth. IV The calcium, magnesium and phosphorus contents of the teeth of different animals. A brief consideration of the mechanism of calcification
Biochem J 30: 1567-1571

MUSTONEN T., PISPA J., MIKKOLA M.L., PUMILLA M., KANGAS A.T., PAKKASJÄRVIL., JAATINEN R., THESLEFF I. (2003):

Stimulation of ectodermal organ development by Ectodysplasin-A1
Dev Biol 259: 123-136

NACHTSHEIM H. (1936):

Erbliche Zahnanomalien beim Kaninchen
Züchtungskd 11: 273-287

NACHTSHEIM H. (1937):

Erbpathologische Untersuchungen am Kaninchen
Z Vererbungsl 73: 463-466

NAVARRO J.A., STOTTOVIA-FILHO D., LEITE-RIBEIRO M.C., TAGA R. (1975):
Histological study on the postnatal development and sequence of eruption of the maxillary
cheek-teeth of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)
Arch Histol Jpn 38: 17-30

NAVIA J.M., SNIDER C., PUNYASINGH J., HARRIS S.S. (1984):
Organ culture study on rat third molar development
Arch Oral Biol: 29: 911-920

NESS A.R. (1956):

The response of the rabbit mandibular incisor to experimental shortening and prevention of its
eruption
Proc Roy Soc Lond B 146: 129-154

NESS A.R. (1960):

Continuously growing teeth
Discovery 21:488-491

NESS A.R., SMALE D.E. (1959):

The distribution of mitosis and cells in the tissues bounded by the socket wall of the rabbit
mandibular incisor
Proc R Soc Lond B 151: 106-128

NICKEL R., SCHUMMER A., SEIFERLE E. (2004a):

Nervus trigeminus (V).
In BÖHME H. (Hrsg.)
Lehrbuch der Anatomie der Haussäugetiere, Bd. 4, 4. Aufl.
Parey-Verlag, Stuttgart

NICKEL R., SCHUMMER A., WILLE K.-H., WILKENS H. (2004b):

Verbindungen der Knochen.
In FREWEIN J., WILLE K.-H., WILKENS H. (Hrsg.)
NICKEL R., SCHUMMER A., SEIFERLE E.
Lehrbuch der Anatomie der Haussäugetiere, Bd.1, 8. Aufl.
Parey-Verlag, Stuttgart

NORRIS S. A., PETTIFOR J. M., GRAY D. A., BUFFENSTEIN R. (2001):

Calcium metabolism and bone mass in female rabbits during skeletal maturation: Effects of
dietary calcium intake
Bone 29: 62-69

NOYES F.B. (1948):

Calcification.

In SCHOUR I., NOYES H. J. (Ed.)

Oral histology and embryology with laboratory directions, 6th ed.

Lea und Febiger, Philadelphia

OHAZAMA A., JOHNSON E.B., OTA M.S., CHOI H.Y., PORNTAVEETUS T.,
OOMMEN S., ITOH N., ETO K., GRITLI-LINDE A., HERZ J., SHARPE P.T: (2008):
Lrp4 modulates extracellular integration of cell signaling pathways in development
PLoS One, 2008;3e4092. doi: 10.1371/journal.pone.0004092

OKA S., OKA K., XU X., SASAKI T., BRINGAS J.R.P., CHAI Y. (2007):

Cell autonomous requirement for TGF- β signalement during odontoblast differentiation and
dentin matrix formation

Mech Dev 124: 409-415

O'MALLEY B. (2008):

Klinische Anatomie und Physiologie bei kleinen Heimtieren, Vögeln, Reptilien und
Amphibien

Urban & Fischer, München

ORENT E.R., KRUSE H. D., MC COLLUM E.V. (1934):

Studies on magnesium deficiency in animals.VI. Chemical changes in the bone, with
associated blood changes, resulting from magnesium deprivation

J Biol Chem 106: 573-593

ORR H.E., ROUGHAN J.V., FLECKNELL P.A. (2005):

Assessment of ketamine and medetomidine anaesthesia in the domestic rabbit

Vet Anasth Analg 32: 271-279

PEARCE L., BROWN W.H. (1948):

Heredity osteopetrosis of the rabbit. I. General features and course of disease:

Genetic aspects

J Exp Med 88: 579-596

PHALEN D.N., ANTINOFF N., FRICKE M.E. (2000):

Obstructive respiratory disease in prairie dogs with odontomas

Vet Clin North Am Exot Anim Prac 3: 513-517

PHILIPPART C., ARYS A., DOUROV N. (1989):

Effects of bone marrow transplantation on impacted dental germs in osteopetrotic op/op rats

J Oral Pathol Med 18: 163-166

POLLOCK S. (1951):

Slobbers in the rabbit

J Am Vet Med Assoc 119: 443-444

POPOFF S.N., MARKS S.C.JR. (1990):

Relationship of abnormalities in dental and skeletal development in the osteopetrotic (os) rabbit

J Oral Pathol Med 19: 5-12

PREBBLE J.L., MEREDITH A.L. (2014):

Food and water intake and selective feeding in rabbits on four feeding regimes

J Anim Physiol Anim Nutr 98: 991-1000

PRUD'HON M., CARLES Y., GOUSSOPOULOS J., KOEHL P.F. (1972):

Enregistrement graphique des consommations d'aliments solide et liquide du lapin domestique nourri ad libitum

Ann Zootech 21: 451-460

QUINN R.H. (2012):

Rabbit colony management and related health concerns.

In SUCKOW M.A., STEVENS K.A., WILSON R.P. (Eds.)

The laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents

Elsevier Inc., USA

RASOOL M., SCHUSTER J., ASLAM M., TARIQ M., AHMAD I., ALI A., ENTESARIAN M., DAHL N., BAIG S.M. (2008):

A novel missense mutation in the EDA gene associated with x-linked recessive isolated hypodontia

J Human Genet 53: 894-898

REDROBE S. (2002):

Calcium metabolism in rabbits

Semin Avian Exot Pet 11: 94-101

REITH E.J. (1970):

The stages of amelogenesis as observed in molar teeth of young rats

J Ultrastruct Res 30: 111-151

RHEKER I. (2001):

Untersuchungen zur Bedeutung der Heimtiere in der tierärztlichen Fortbildung in Bezug zur Entwicklung des Heimtieranteils am Gesamtaufkommen der Patienten der Klinik für kleine Haustiere, der Klinik für Zier- und Wildvögel sowie der Klinik für Fischkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Diss.med.vet., TiHo Hannover

RITSKES-HOITINGA J., GROOTEN H.N., WIENK K.J., PETERS M., LEMMENS A.G., BEYNEN A.C. (2004):

Lowering dietary phosphorus concentrations reduces kidney calcification, but does not adversely affect growth, mineral metabolism, and bone development in growing rabbits

Br J Nutr 91: 367-376

ROONEY N.J., BLACKWELL E.J., MULLAN S.M., SAUNDERS R., BAKER P.E., HILL J.M., SEALEY C.E., TURNER M.J., HELD S.D.E. (2014):
The current state of welfare, housing and husbandry of the English pet rabbit population
BMC Res Notes 7: 942-954

ROUND J.M. (1973):
Plasma calcium, magnesium, phosphorus, and alkaline phosphatase levels in normal British school children
Brit Med J 3: 137-140

RUSSELL W.M.S., BURCH R.L. (1959):
The principles of humane experimental technique
Methuen, London

SAINSBURY A.W., KOUNTOURI A., DUBOULAY G., KERTESZ P. (2004):
Oral disease in free-living red squirrels (*Sciurus vulgaris*) in the United Kingdom
J Wildl Dis 40: 185-196

SCHALL H. (1990):
Narkose und Zahnprobleme bei Heimnagetieren
Prak Tierarzt 71: 15-16

SCHALL H. (2008):
Kaninchen.
In FEHR M., SASSENBURG L., ZWART P. (Hrsg.)
Krankheiten der Heimtiere, 7. Aufl.
Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH und Co.KG, Hannover

SCHLEY P. (1985):
Kaninchen
Ulmer-Verlag, Stuttgart

SCHLOLAUT W. (1995):
Das große Buch vom Kaninchen
DLG-Verlag, Frankfurt a.M.

SCHLOLAUT W. (2003):
Das große Buch vom Kaninchen, 3. Aufl.
DLG-Verlag, Frankfurt a.M.

SCHNORR B., KRESSIN M. (2006):
Embryologie der Haustiere: Ein Kurzlehrbuch, 5. Aufl.
Enke Verlag, Stuttgart

SCHOUR I., HOFFMAN M.M., SMITH M.C. (1941):
Changes in the incisor teeth of albino rats with vitamin A deficiency and the effects of replacement therapy
Am J Pathol 17: 529-562

SCHOUR I., BHASKAR S.N., GREEP R.O., WEINMANN J.P. (1949):
Odontome-like formations in a mutant strain of rats
Am J Anat 85: 73-111

SCHREYER J. (2008):
Zahnerkrankungen bei Kaninchen und Nagern
Proc 4. Leipziger Tierärztekongress, 17.-19.01.2008, Leipzig

SCHWEIGART G. (1995):
Chinchilla, Heimtier und Patient
Fischer Verlag, Jena

SCHWEIGART G. (1998):
Zahnfehlstellungen bei Nagetieren und Kaninchen
Fachpraxis 34, Herausgeber A. Albrecht, Aulendorf

SHADLE A.R. (1936):
The attrition and extrusive growth of the four major incisor teeth of domestic rabbits
J Mammol 17: 15-21

SHIPP A.D., FAHRENKRUG P. (1992):
Practitioners guide to veterinary dentistry, 1st ed.
Griffin Printing Inc., Glandale, California

SLOOTWEG P.J., KUIJPERS M.H.M., VAN DE KOOIJ A.J. (1996):
Rat odontogenic tumors associated with disturbed tooth eruption
J Oral Pathol Med 25: 481-483

SMITH G.K., LAWLER D.F., BIERY D.N., POWERS M.Y., SHOFER F.S., GREGOR T.P.,
KARBE G.T., MC DONALD-LYCH M.B., EVANS R.H., KEALY R.D. (2012):
Chronology of hip dysplasia development in a cohort of 48 labrador retrievers followed for
life
Vet Surg 41: 20-33

SOMERS N., D'HAESE B., BOSSUYT B., LENS L., HOFFMANN M. (2008):
Food quality affects diet preference of rabbits: Experimental evidence
Belg J Zool 138: 170-176

SOO M., WORTH A.J. (2015):
Canine hip dysplasia: Phenotypic scoring and the role of estimated breeding value analysis
New Zeal Vet J: 63: 69-78

SPANNBRUCKER D., SCHMIDTKE D., SCHMIDTKE H.O. (1977):
Anomalien der Backenzähne bei Zwergkaninchen und Meerschweinchen
Kleintierpraxis 22: 331-334

SPROESSER-KRUG A. (1993):
Zahnanomalien beim Kaninchen - eine therapeutische Alternative
Veterinärspiegel 3: 37-38

STARLING E.G. (1896):

On the absorption of fluids from the connective tissue spaces
J Physiol 19: 312-326

STEEDLE J.R., PROFFIT W.R., FIELDS H.W. (1983):

The effects of continuously axially-directed intrusive loads on the erupting rabbit mandibular incisor
Arch Oral Biol 28: 1149-1153

STENGEL H. (1958):

Gibt es eine getrennte Vererbung von Zahn und Kiefer bei der Kreuzung extrem großer Kaninchenrassen? Ein experimenteller Beitrag zum sogenannten Disharmonieproblem
Z Tierzüchtg 72: 255-285

STOCKTON D.W., DAS P., GOLDENBERG M., D'SOUZA R.N., PATEL P.I. (2000):

Mutation of PAX9 is associated with oligodontia
Nat Genet 24: 18-19

STROKE J.G., DAVIS L.A., LA REGINA M., BOSCHERT K.R. (1996).

Chinchillas.

In LABER-LAIRD K., SWINDLE M.M., FLECKNELL P. (Eds.)

Handbook of Rodent and Rabbit Medicine, 1st ed.

Elsevier Science Ltd, Oxford

TAGLINGER K., KÖNIG H.E. (1999):

Makroskopisch-anatomische Untersuchungen der Zähne des Kaninchens
(*Oryctolagus cuniculus*)

Wien Tierärztl Monatsschr 86: 129-135

TAKANO Y. (1995):

Enamel mineralization and the role of ameloblasts in calcium transport

Connect Tissue Res 33: 127-137

THAS I., DORRESTEIN G.M., COHEN-SOLAL N.A.(2014):

Mandibular Fibrosarcoma and bile duct adenoma in a pet rabbit (*Oryctolagus cuniculi*):

A case report

O J Pathology 4: 32-40

THESLEFF I. (2006):

The genetic basis of tooth development and dental defects

Am J Med Genet A 140: 2530-2535

THOMAS N.R. (1976):

Collagen as the generator of tooth eruption.

In POOLE D.F.G., STACK M.V. (Eds.)

The eruption and occlusion of teeth

Butterworths, London

THOMÉ H. (2004):

Mundhöhle und Schlundkopf.

In FREWEIN J., GASSE H., LEISER R., ROOS H., THOMÉ H., VOLLMERHAUS H., WAIBL H. (Hrsg.)

NICKEL R., SCHUMMER A., SEIFERLE E.

Lehrbuch der Anatomie der Haussäugetiere, Bd. 2, 9.Aufl.

Parey-Verlag, Stuttgart

TOWNSEND G., RICHARDS L., MESSER L.B., HUGHES T., PINKERTON S., SEOW K., GOTJAMANOS T., GULLY N., BOCKMANN M. (2006):

Genetic and environmental influences on dentofacial structures and oral health:

A study of Australian twins and their families

Twin Res Hum Genet 9: 727-732

TOWNSEND G., HUGHES T., LUCIANO M., BOCKMANN M., BROOK A. (2008):

Genetic and environmental influences on human dental variation:

A critical evaluation of studies involving twins

Arch Oral Biol 54 (Supplement): 45-51

TSCHUDIN A. (2010):

Untersuchung zur Wasser- und Futteraufnahme beim Zwergkaninchen unter verschiedenen praxisrelevanten Fütterungs- und Tränkeregimes

Diss.med.vet., Universität Zürich

TURNER T. (1997):

The incidence of dental problems in pet rabbits

Proc 5. World Veterinary Dental Congress 01.-03.04.1997, Birmingham

TVT (2011):

Nutzung von Tieren im sozialen Einsatz

Merkblatt Nr. 131.5: Kaninchen

[http://www.tierschutz-](http://www.tierschutz-tvt.de/index.php?id=merkblaetter&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=154)

[tvt.de/index.php?id=merkblaetter&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=154.](http://www.tierschutz-tvt.de/index.php?id=merkblaetter&eID=tx_rtgfiles_download&tx_rtgfiles_pi1%5Buid%5D=154)

Stand: 28.02.2015

UNGEMACH F.R. (2010):

Wasser- und Elektrolythaushalt: Infusionstherapie.

In LÖSCHER W., UNGEMACH F.R., KROKER R. (Hrsg.)

Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren, 8. Aufl.

Parey-Verlag im Medizinverlag Stuttgart GmbH + Co KG

VACHON P. (1999):

Self-mutilation in rabbits following intramuscular ketamine-xylazine-acepromazine injections

Can Vet J 40: 581-582

VAN CAELENBERG A., DE RYCKE L., HERMANS K., VERHAERT L., VAN BREE H., GIELEN I. (2008):

Diagnosis of dental problems in pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)

Vlaams Diergen Tijds 77: 386-394

VAN FOREEST A.W. (1995):

Dentistry in wildlife casualties and exotic animals.

In CROSSLEY D.A., PENMAN S. (Eds.)

BSAVA manual of small animal dentistry, 2nd ed.

BSAVA Cheltenham

VARGA M. (2014):

Textbook of rabbit medicine, 2nd ed.

Butterworth, Heinemann

VASTARDIS H. (2000):

The genetics of human tooth agenesis: New discoveries for understanding dental anomalies

Am J Orthod Dentofacial Orthop 117: 650–656

VERSTRAETE F.J.M., OSOFSKY A. (2005):

Dentistry in pet rabbits

Comp Cont Edu Pract 27: 671-684

WAGNER C. (2009):

Klinische und ethologische Untersuchungen zur Haltung wachsender Kaninchen

Diss.agr., JLU Gießen

WANG X.P., O'CONNELL D.J., LUND J.J., SAADI I., KURAGUCHI M., TURBE-DOAN A., CAVALLESKO R., KIM H., PARK P.J., HARADA H., KUCHERLAPATI R., MAAS R.L. (2009):

Apc inhibition of Wnt signaling regulates supernumerary tooth formation during embryogenesis and throughout adulthood

Development 136: 1939-1949

WARREN H.B., LAUSEN N.C.C., SEGRE G.V., EL-HAJJ G., BROWN E.M. (1989):

Regulation of calciotrop hormones in vivo in the New Zealand white rabbit

Endocrinology 125: 2683-2690

WARRLICH A. (2011):

Das Kosmos Handbuch Kaninchen

Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co.KG, Stuttgart

WASHBURN S.L. (1946):

The effect of facial paralysis on the growth of the skull of rat and rabbit

Anat Rec 94: 163-168

WEIJS W.A., BRUGMAN P., GRIMBERGEN C.A. (1989):

Jaw movements and muscle activity during mastication in growing rabbits

Anat Rec 224: 407-416

WEISBROTH S.H., EHRMAN L. (1967):

Malocclusion in the rabbit: A model for the study of the development, pathology and inheritance of malocclusion

J Hered 58: 245-246

WENGER A. (1997):

Vergleichende Untersuchungen zur Aufnahme und Verdaulichkeit verschiedener rohfaserreicher Rationen und Futtermittel bei Zwergkaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla

Diss.med.vet., TiHo Hannover

WENZEL U., ZEISLER R., SACHSE M. (1980):

Zahn- und Gebissanomalien bei Pelztieren

Dt Pelztierzüchter 54: 123-125

WESTHEIDE W., RIEGER G. (2015):

Spezielle Zoologie Teil 2: Wirbel- oder Schädeltiere, 3. Aufl.

Springer Verlag, Berlin, Heidelberg

WEYRAUCH K.D., SMOLLICH A. (1998):

Histologie-Kurs für Veterinärmediziner

Enke Verlag, Stuttgart

WHATLING R., FEARNE J.M. (2008):

Molar incisor hypomineralization: A study of aetiological factors in a group of UK children

Int J Paediatr Dent 18: 155-162

WHITING S.J., QUAMME G.A. (1984):

Effects of dietary calcium on renal calcium, magnesium and phosphate excretion by the rabbit

Miner Electrol Metab 10: 217-221

WIESNER E. (1970):

Ernährungsschäden der landwirtschaftlichen Nutztiere, 2. Aufl.

Fischer-Verlag, Jena

WIGGS R.B., LOBPRISE H. (1997):

Veterinary dentistry. Principles and Practice

Lippincott-Raven, Philadelphia

WOLF P., KAMPHUES J. (2003):

Kritische Einschätzung kommerzieller Ergänzungspräparate für Kaninchen,

Meerschweinchen und Chinchilla

Prakt Tierarzt 84: 674-678

WOLVEKAMP P., OSCHWALD C.P. (1991):

Kaninchen.

In RÜBEL G.A., ISENBÜGEL E., WOLVEKAMP P. (Hrsg.)

Atlas der Röntgendiagnostik bei Heimtieren

Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover

WRIGHT J.T., HART T.C., HART P.S., SIMMONS D., SUGGS C., DALEY B., SIMER J., HU J., BARTLETT J.D., LI Y., YUAN Z., SEOW W.K., GIBSON C.W. (2009):
Human and mouse enamel phenotypes resulting from mutation or altered expression of AMEL, ENAM, MMP20 and KLK4
Cells Tissues Organs 189: 224-229

ZUMBROCK B. (2002):
Untersuchungen zu möglichen Einflüssen der Rasse auf die Futteraufnahme und –verdaulichkeit, Größe und Füllung des Magen-Darm-Traktes sowie zur Chymusqualität bei Kaninchen (Deutsche Riesen, Neuseeländer und Zwergkaninchen)
Diss.med.vet., TiHo Hannover

9 ANHANG

Tabelle 1A: Verwandtschaftsbeziehungen aller Kaninchen

Rammler (Rasse)	Häsin (Rasse)	Jungtiere m/w zwischen 3. und 7. LW	aufgezo- gene Jungtiere m/w bis Absetzen (8.LW)	ausgewachsene Jungtiere m/w (bis adult)
Große Rassen				
	Maxi (Dt R Sch)	7/5	7/5	6/0
	Marie-Luise (Dt R Sch)	2/2	1/2	1/2
Moritz (Dt R Sch)	Olga (RN)	4/3	4/3	4/3
	Zilla (ZiKa)	2/7	2/7	2/7
Mittelgroße Rassen				
	Alice (WG)	1/1	0/0	0/0
	Vroni (WG)	1/5	1/5	1/5
Balian (WG)	Sina (Rh Sch)	5/2	5/2	5/1
	Felina (RN)	1/5	1/5	1/5
	Zilla (ZiKa)	3/6	3/6	3/6
	Bärbel (RN)	4/0	4/0	2/0
Samson (RN) ²	Selma (RN)	4/0	2/0	2/0
	Luna (WG)	3/5	2/5	2/5
	Falca (BW)	4/3	4/3	4/3
	Olga (RN)	3/4	3/4	3/4
	Tina (TH)	2/0	2/0	2/0
Casimir (RN)	Vroni (WG)	2/4	1/2	1/2
	Sina (Rh Sch)	5/1	5/1	5/1
	Olga (RN)	1/0	1/0	1/0
Rubio (RN)	Paula (WG)	3/4	3/4	3/4
Marlon (RN)	Luna (WG)	3/2	3/2	3/2
	Sina (Rh Sch)	3/4	3/4	2/4
	Zilla (ZiKa)	2/2	2/2	2/2
Werner (Rh Sch)	Paula (WG)	2/4	2/4	2/4
	Selma (RN)	3/3	3/3	2/3
	Käthe (RN)	4/1	1/0	1/0

ANHANG

Rammler (Rasse)	Häsin (Rasse)	Jungtiere m/w zwischen 3. und 7. LW	aufgezogene Jungtiere m/w bis Absetzen (8.LW)	ausgewachsene Jungtiere m/w (bis adult)
	Zilla (ZiKa)	2/1	2/1	2/1
Fritz (ZiKa)	Naomi (WG)	1/2	1/2	1/2
	Olga (RN)	1/1	1/1	0/1
	Falca (BW)	4/3	3/3	3/3
Tommy (TH) ²	Luna (WG)	4/4	4/4	4/4
	Paula (WG)	4/3	4/3	4/3
Falco (BW)	Falca (BW)	5/3	5/3	4/3
	Paula (WG)	4/1	4/1	3/1
X (WG x BW) ¹	Noemi (WG x KS) ¹	7/5	7/5	2/0
Kleine Rassen				
	Karla (KW)	2/3	2/3	2/3
Karlos (KW)	Käthe (RN)	5/3	5/3	5/3
	Vroni (WG)	2/3	1/3	1/3
Silver (KS) ²	Sissi (KS)	3/1	3/1	3/1
	Karla (KW)	3/4	3/4	3/4
	Naomi (WG)	1/3	1/3	1/3
Zwergrassen				
Balou (ZW)	Karla (KW)	1/3	1/3	1/3
	Naomi (WG)	2/6	2/6	2/6
Langhaarrassen				
Sven (Angora)	keine erfolgreiche Anpaarung			
Kurzhaarrassen				
	Christina (ZR) ² keine erfolgreiche Anpaarung			
Gesamtzahl		247	232	209

LW= Lebenswoche, BW= Blaue Wiener, Dt R Sch= Deutsche Riesenschecken, KS= Kleinsilber, KW= Deutsche Kleinwidder, Rh Sch= Rheinische Schecken, RN= Rote Neuseeländer, TH= Thüringer, WG= Weißgrannen, ZiKa= ZiKa-Hybride, ZR= Zwergrex, ZW= Zwergwidder; ¹= Jungtiere, die als Adulte verpaart wurden, ²=Elterntiere, von denen Röntgenbilder des Schädels vorliegen

ANHANG

Tabelle 2A: Deklaration „HasFit Carat“

Analytische Bestandteile und Gehalte (%)	
Rohprotein	17,0
Rohfett	3,5
Rohasche	7,5
Rohfaser	15,0
Calcium	1,0
Phosphor	0,55
Zusatzstoffe je kg	
Vitamin A	12000 I.E.
Vitamin D3	1200 I.E.
Vitamin E	55 mg
Kupfer	12 mg
Selen	0,3 mg
Zink	80 mg
Eisen	115 mg
Mangan	80 mg
Kobalt	3 mg
Jod	1 mg
Technologische Zusatzstoffe	
Ameisensäure, Ammoniumformiat, Propionsäure	
Zusammensetzung (%)	
Luzernegrünmehl	22,0
Weizenkleie	15,0
Sonnenblumen-Extraktionsschrot	15,0
Weizenkleberfutter	10,0
Weizen	8,1
Trockenschnitzel	6,9
Triticale	5,0
Sojaschalen	4,5
Haferschälkleie	2,5
Raps-Extraktionsschrot	2,5
Soja-Extraktionsschrot	1,8
Zuckerrübenmelasse	1,8
Calciumcarbonat	0,57
Pflanzenöle (Palm-, Soja-, Raps-, Kokosöl)	0,50
Natriumchlorid	0,30

Handelsform 25 kg Sack

Narkoseprotokoll

Datum:

Tier-ID (Rasse, Tätö-Nr., m/w):

Gewicht:

AB¹:

HF²:

AF³:

SH⁴:

Temperatur:

Start Narkose:

Ende Narkose:

Narkosedauer:

Narkose mit:

ml

Ketamin

ml

Medetomidin

Nachdosierung:

ml

ml

Zusätzlich:

Narkoseverlauf:

o.b.B.

Auffälligkeiten:


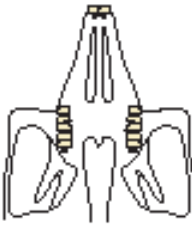
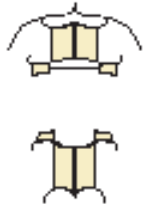


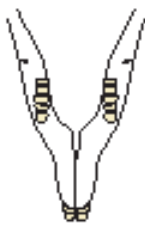
Aufwachphase:

o.b.B.

Auffälligkeiten:

¹ Allgemeinbefinden
² Herzfrequenz/Minute
³ Atemfrequenz/Minute
⁴ Schleimhäute

Abb. 1A: Narkoseprotokoll

Zahn- und Kieferbefundbogen für Kaninchen																											
Name des Besitzers			Referenz-Nummer oder Adresse																								
Patientenname	Rasse	Alter	Geschlecht	Gewicht	Datum																						
	101 (Inc) 102 (Stift) 106 (P2) 107 (P3) 108 (P4) 109 (M1) 110 (M2) 111 (M3)		201 (Inc) 202 (Stift) 206 (P2) 207 (P3) 208 (P4) 209 (M1) 210 (M2) 211 (M3)																								
	411 (M3) 410 (M2) 409 (M1) 408 (P4) 407 (P3)		311 (M3) 310 (M2) 309 (M1) 308 (P4) 307 (P3)	<table border="0" style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Abkürzungen</th> </tr> <tr> <td># = Fraktur</td> <td>P = Periodontitis</td> </tr> <tr> <td>+ = Schwere der Befunde</td> <td>T = Zahnfleischtasche (mm)</td> </tr> <tr> <td>+ bis +++++</td> <td>Rn = Ausmaß in mm</td> </tr> <tr> <td>rs = Zahnverlust</td> <td>Z = zusätzlicher Zahn</td> </tr> <tr> <td>→ = Zahnklüppung</td> <td>R = Abrisib</td> </tr> <tr> <td>↔ = Längenverhältnis</td> <td>X = Zahnextraktion</td> </tr> <tr> <td>A = Abszess</td> <td>S = Zahnlängsspaltung</td> </tr> <tr> <td>○ = Abszesshöhle</td> <td>Q = Zahnquerspaltung</td> </tr> <tr> <td>G = Gingivitis</td> <td>D = Dentinablösung</td> </tr> <tr> <td>L = Zahnlockerung</td> <td></td> </tr> </table>		Abkürzungen		# = Fraktur	P = Periodontitis	+ = Schwere der Befunde	T = Zahnfleischtasche (mm)	+ bis +++++	Rn = Ausmaß in mm	rs = Zahnverlust	Z = zusätzlicher Zahn	→ = Zahnklüppung	R = Abrisib	↔ = Längenverhältnis	X = Zahnextraktion	A = Abszess	S = Zahnlängsspaltung	○ = Abszesshöhle	Q = Zahnquerspaltung	G = Gingivitis	D = Dentinablösung	L = Zahnlockerung	
Abkürzungen																											
# = Fraktur	P = Periodontitis																										
+ = Schwere der Befunde	T = Zahnfleischtasche (mm)																										
+ bis +++++	Rn = Ausmaß in mm																										
rs = Zahnverlust	Z = zusätzlicher Zahn																										
→ = Zahnklüppung	R = Abrisib																										
↔ = Längenverhältnis	X = Zahnextraktion																										
A = Abszess	S = Zahnlängsspaltung																										
○ = Abszesshöhle	Q = Zahnquerspaltung																										
G = Gingivitis	D = Dentinablösung																										
L = Zahnlockerung																											
Therapie			Regelmäßige Zahnpflege zuhause																								
durchgeführt			erforderlich																								
<input type="checkbox"/> Voruntersuchung zur Narkosefähigkeit <input type="checkbox"/> allgemeine Narkose <input type="checkbox"/> Lokalanästhesie <input type="checkbox"/> Röntgen <input type="checkbox"/> Beurteilung der Okklusion <input type="checkbox"/> supragingivales Scaling <input type="checkbox"/> subgingivales Scaling <input type="checkbox"/> Kürettage <input type="checkbox"/> Polieren <input type="checkbox"/> Zahnfleischspülung <input type="checkbox"/> operative Zahnfleischtherapie <input type="checkbox"/> Zahnextraktion <input type="checkbox"/> Kürzung der klinischen Krone <input type="checkbox"/> endodontische Behandlung <input type="checkbox"/> Orthodontie (Zahnregulierung) <input type="checkbox"/> Abszessrevision (chirurg. Eingriff im Kopfbereich) häusliche Nachbehandlung			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Pflanzenfresser reiben sich ihre Zähne natürlicherweise durch länger andauerndes Kauen faseriger Nahrung ab. Um den kontinuierlichen Zahnabrieb zu kompensieren, wachsen die Zähne lebenslang nach. Wenn die Tiere nicht eine ausreichende Menge geeigneten, natürlichen Futters erhalten, werden die Zähne überlang und bilden scharfe Zahnschmelzen, die die Backen und die Zunge verletzen. Beständiges Kauen ist auch förderlich für die Selbstreinigung des Gebisses und stimuliert intraorale Schutzmechanismen. Ganz allgemein sind harte und künstliche Kauobjekte für Kaninchen nicht geeignet, da sich viele Tiere hieran die Zähne sowie das Zahnfleisch verletzen. Auch können verschluckte Teilchen ernste Probleme bereiten. Der Hauptteil der Nahrung sollte aus frischem Gras und Heu bestehen. Weiche, klebrige Nahrung sollte nicht verfüttert werden, und es dürfen niemals Futtermittel angeboten werden, die Zucker oder Öl bzw. Fett enthalten.																							
Beurteilung der einzelnen Kieferquadranten (Einstufung +, ++, +++, +++++)				Spezifische Anweisungen																							
	1 (rechter Oberkiefer)	2 (linker Oberkiefer)	3 (linker Unterkiefer)	4 (rechter Unterkiefer)																							
Plaques																											
Zahnstein																											
Gingivitis																											
Periodontitis																											
Okklusion																											
Zahnabrieb																											

Mit freundlicher Genehmigung von David Crossley

Abb. 2A: Zahn- und Kieferbefundbogen nach CROSSLEY (aus BÖHMER 2011)

10 DANKSAGUNG

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Erhardt für die Überlassung des Themas und die wissenschaftliche Betreuung der Arbeit bedanken. Außerdem geht mein Dank an Herrn Prof. Willems für seine Tätigkeit als Zweitgutachter sowie an Herrn Prof. Staszuk für seine Mitwirkung als Prüfer.

Ein besonderer Dank geht an Horst, nicht nur für die ausführliche statistische Hilfe, sondern auch für die Motivation, sich immer wieder neuen Herausforderungen bei der Anfertigung dieser Dissertation zu stellen.

Ein großes Dankeschön an das Team der Kleintierchirurgie für die Unterstützung beim Anfertigen der Röntgenbilder und an all die super flotten Damen und Herren im Zentrallabor für die Analyse der Blutproben.

Vielen Dank an alle, die mich bei meinen praktischen Tätigkeiten rund um die Kaninchen unterstützt haben: Susanne, Anja, Heike und Therese.

Herzlichen Dank auch an David, für all das nützliche Kaninchenwissen.

Ich möchte mich auch bei allen anderen Kolleginnen und Kollegen für die lebhafteste, interessante Zeit am Institut bedanken!

Vielen Dank an Heinz Kuhn für den Anstoß zu dieser Arbeit.

Meiner Familie möchte ich für ihre ständige, großartige Unterstützung und Hilfe in allen Lebenslagen herzlichst danken. Meinen Freunden danke ich sehr für all die Aufmunterungen während meiner Promotionszeit. Insbesondere Christiane gilt mein Dank für ihre konstruktive Kritik an meiner Arbeit.

Und danke an alle URCLer, die mir gezeigt haben, dass man auch Spaß hat, wenn nicht alles „rund“ läuft.

Zuletzt ein Dankeschön an Mia, Halvar, Kunigunde, Lilli und Charlie Brown, stellvertretend für alle Langohren, ohne die meine Arbeit überhaupt nicht möglich gewesen wäre.

Ich erkläre:

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Anne Karin Korn, Gießen, den 16.07.2015



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6408-2



9 783835 196408 2