

Tierärztliche Hochschule Hannover

**Studien zur Prävalenz der Makrodontie und
Evaluation eines neuen Therapieansatzes bei
mandibulären Inzisivus-Erkrankungen der
Meerschweinchen (*Cavia porcellus L.*)**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Veterinärmedizin
- Doctor medicinae veterinariae -
(Dr. med. vet.)

vorgelegt von
Sandra Witt
(geb. Drews)
Lübeck

Hannover 2021

Wissenschaftliche Betreuung:

1. Prof. Dr. med. vet. M. Fehr
Klinik für Heimtiere, Reptilien und
Vögel

2. Dr. med. vet. Saskia Köstlinger
Klinik für Heimtiere, Reptilien und
Vögel/AniCura Kleintierspezialisten
Ravensburg

1. Gutachter: Prof. Dr. med. vet. M. Fehr

2. Gutachter: Prof. Dr. med. vet. R. Brehm

Tag der mündlichen Prüfung: 04.11.2021

Meinen Eltern

Teilergebnisse der vorliegenden Dissertation wurden bereits auf folgenden Fachtagungen präsentiert:

- ❖ **20. Eurokongress der Federation of European Companion Animal Veterinary Association (FEVACA) und 60. Jahreskongress der Deutschen Gesellschaft für Kleintiermedizin (DGK-DVG),**
München, 06. - 09. November 2014
Köstlinger S, Baur K, Fehr M.
Dental diseases in guinea pigs – new insights in a common problem
In: Proceedings, S. 38-40

- ❖ **bpt-Kongress (Bundesverband Praktizierender Tierärzte),**
Hannover, 17. - 19. November 2016
Köstlinger S, Witt S, Fehr M.
Wie behandle ich apikale Infektionen an den Inzisivi beim Meerschweinchen?
In: Vortragszusammenfassung bpt-Kongress 2016, S. 242-4

- ❖ **DVG-Vet-Kongress,**
Berlin, 04. – 07. Oktober 2018
Köstlinger S, Witt S, Fehr M.
Komplizierte Schneidezahnextraktion beim Meerschweinchen (*Cavia porcellus*) - Zugang via Trepanation.
In: Tagungsunterlagen (ohne Seitenangabe)

- ❖ **3rd International Conference on Avian, Herpetological and Exotic Mammal Medicine (ICARE),**
Venedig, 27. - 29. März 2017
Köstlinger S, Witt S, Fehr M.
Radiological Appearance and Localization of Macrodonia in Guinea Pigs.
In: Proceedings of the 3rd International Conference on Avian, Herpetological and Exotic Mammal Medicine, S. 614–5.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Manuskript 1	6
2.1 Abstract.....	7
3. Manuskript 2.....	8
3.1 Zusammenfassung.....	9
3.2 Abstract.....	10
4. Übergreifende Diskussion.....	12
4.1 Ziel der Studie.....	12
4.2 Patientengut.....	12
4.2.1 Altersverteilung.....	12
4.2.2 Geschlechtsverteilung	13
4.2.3 Gewichtsverteilung	13
4.3 Themenkomplex der Zahnerkrankung des Meerschweinchens	15
4.3.1 Bisherige Beschreibung.....	15
4.3.2 Befunde	16
4.3.3 Zusammenhang von Makrodonkie und Malokklusionen.....	16
4.4 Makrodonkie	18
4.4.1 Prävalenz	18
4.4.2 Betroffene Zahnpositionen	19
4.4.3 Anzahl der Makrodonkten pro Meerschweinchen.....	20
4.4.4 Ätiologie.....	20
4.5 Bildgebung.....	20
4.5.1 Röntgenologische Merkmale	21
4.5.2 Röntgenprojektionen	23
4.5.3 Weitere Bildgebungsverfahren	23
4.6. Therapie.....	24
4.6.1 Okklusionskorrektur.....	25
4.6.2 Apikale Zahnbehandlungsmethoden	26
4.6.3 Zahnextraktionen.....	27
4.7 Outcome der ventralen Mandibula-Trepanation.....	29
4.7.1 Durchführbarkeit.....	29

4.7.2 Futteraufnahmeverhalten und stationäre Aufenthaltsdauer	30
4.7.3 Letalität	30
4.7.4 Kieferfrakturen	31
4.7.5 Ausheilung	31
4.7.6 Langfristige Betrachtung	33
4.8 Fazit und Ausblick	33
5. Zusammenfassung	36
6. Summary	39
7. Literaturverzeichnis	42
8. Abkürzungsverzeichnis	51
9. Danksagung	52

1. Einleitung

Meerschweinchen erfreuen sich großer Beliebtheit und werden zunehmend als Liebhabertier in menschlicher Obhut gehalten [1,2]. Wie alle Nagetiere zählen sie aufgrund des Vorhandenseins eines einzelnen Schneidezahnpaars im Oberkiefer zu den Simplicidentata [3–5]. Sie verfügen über ein heterodontes Gebiss, da sie Zähne unterschiedlicher Form aufweisen. Die Zähne der Meerschweinchen sind hypsodont und besitzen somit eine lange anatomische Krone. Diese unterteilt sich in die für den Untersuchenden visualisierbare klinische Krone oberhalb des Gingivasaumes und die subgingivale Reservekrone. Des Weiteren sind ihre Zähne aradikulär und elodont, was bedeutet, dass sie keine echte anatomische Wurzel ausbilden sowie ein lebenslanges Wachstum zeigen. Entsprechend müssen sie durch eine kontinuierliche Futteraufnahme abgerieben werden [3,6,7]. Ermöglicht wird dieses Zusammenspiel von Abrieb und Nachwachsen durch einen speziellen Faseraufbau des periodontalen Ligaments [1,8].

Die Zahnformel des bleibenden Meerschweingegebisses lautet $I\ 1/1, C0/0, P\ 1/1, M\ 3/3$ [3–5,8,9]. Ein langes Diastema trennt die Schneidezähne von den Backenzähnen. Ein Milchgebiss soll fetal vorhanden sein und hat keine feste Zahnformel [10,11]. Es finden sich jedoch auch Literaturstellen, die eine monophyodonte Dentition beim Meerschweinchen postulieren [3,12].

Die Schneidezähne weisen eine meißelartige Erscheinung auf, welche das Resultat der dort vorliegenden Anordnung der Zahnschichten ist. An der labialen Seite ist das harte Enamel am stärksten ausgeprägt, wohingegen distal und mesial nur eine dünne Enamelschicht vorzufinden ist und lingual fehlt [4,9,13,14]. Entsprechend werden die Inzisivi lingual stärker abgerieben und die charakteristische Zahnform entsteht. Im Gegensatz zu anderen Nagetieren besitzen die Inzisivi des Meerschweinchens eine weiße Farbe [15].

In Ruheposition befinden sich die Inzisivi in einer retrognathen Stellung, d.h. die mandibulären Schneidezähne stehen ohne Kontakt zu den maxillären Schneidezähnen leicht kaudal dieser [1–4,15]. Die Apices der maxillären Schneidezähne enden mesial des jeweiligen Prämolaren. Die mandibulären

1. Einleitung

Schneidezähne reichen lingual bis auf die Höhe des ersten bis zweiten Molaren [2,8,13,16].

Aufgrund der Tatsache, dass die Mandibel breiter ist als die Maxilla, ergibt sich eine Anisognathie der Backenzähne [1,3,5,14]. Diese zeigen in der transversalen Ansicht eine Biegung, wobei die mandibulären Backenzähne eine laterale und die maxillären Backenzähne eine mediale Konvexität aufweisen. So ergibt sich im Ober- wie im Unterkiefer eine Winkelung der Okklusionsfläche von etwa 30° [3,12,13,17,18].

Böhmer [2] postuliert auch eine Winkelung von 45°. Dabei ist die Okklusionsfläche im Oberkiefer nach bukkal und im Unterkiefer nach lingual geneigt [1,5]. Prämolaren und Molaren sind morphologisch nicht unterscheidbar [18]. Die Backenzähne einer Zahnreihe formen eine makroskopisch plane Okklusionsfläche und bilden eine funktionelle Einheit [3,18]. Durch das Vorhandensein von Schmelzleisten und Dentinfurchen ist diese jedoch keinesfalls glatt, sondern rau und uneben [18]. Der Kauakt erfolgt in rostralkaudaler Richtung als Ausdruck des als Schlittengelenk aufgebauten Temporomandibulargelenkes [2,3,5,9,19]. Die streng herbivoren Meerschweinchen bewirken so vor allem durch das Fressen von faserreicher Kost einen kontinuierlichen Abrieb.

Aufgrund der oben beschriebenen speziellen anatomischen und ernährungsphysiologischen Gegebenheiten können bereits geringgradige Störungen des normalen Zahnabriebs zu erheblichen Zahnproblemen führen [3,8,20]. Dies hat zur Folge, dass Meerschweinchen häufig mit einer Zahnerkrankung in der tierärztlichen Praxis vorgestellt werden [1–3,17,21]. Dabei zeigen sie zunächst oft unspezifische Symptome wie Gewichtsverlust, einen schlechten Allgemeinzustand, gastrointestinale Störungen, Bruxismus, reduzierte oder selektive Futteraufnahme bis hin zur Pseudoanorexie oder Anorexie [12,22–24].

Bislang wird die Zahnerkrankung des Meerschweinchens hauptsächlich als Veränderung der Gesamtheit der Zähne beschrieben, wobei vor allem ein genereller Überwuchs ihrer Inzisivi und Molaren mit Brückenbildung der Prämolaren und daraus resultierendem Entrapment der Zunge ins Auge fällt. Des Weiteren werden linguale und bukkale Zahnschmelzspitzen mit teils daraus resultierenden schmerzhaften Verletzungen des korrespondierenden Weichteilgewebes beschrieben. In fortgeschrittenen Fällen

1. Einleitung

kann es zu Abszessbildung und Exophthalmus kommen [1,3,8,12,17,19,24].

Im eigenen Patientengut der in der Klinik für Heimtiere, Reptilien und Vögel der Tierärztlichen Hochschule Hannover vorgestellten Tiere fielen bei den zahnerkrankten Meerschweinchen in der Vergangenheit jedoch sowohl im Rahmen der Maulhöhlenuntersuchung als auch bei der Röntgendiagnostik neben den oben beschriebenen „klassischen“ Veränderungen zudem vermehrt Abweichungen in Form von Volumen- und Strukturveränderungen einzelner Zähne auf. In der Literatur sind gleichartig veränderte Zähne bislang lediglich sporadisch erwähnt und werden als Makrodonten (auch Riesenzähne oder Klumpzähne) bezeichnet [15,19,23,25–27].

Die exakte Ätiologie der Zahnerkrankung beim Meerschweinchen ist bislang noch nicht entschlüsselt [12,23,24,26,28–30]. Es werden verschiedene Faktoren bzw. Kombinationen dieser wie inadäquate Fütterung, Vitamin-C-Mangel, Selen-Überschuss sowie genetische Prädispositionen als mögliche Ursachen diskutiert [1–3,8,12,17,19,31,32].

Die Untersuchung der langen und engen Maulhöhle stellt den Untersuchenden vor besondere Herausforderungen [3,28]. Erschwerend kommt hinzu, dass Meerschweinchen eine teils behaarte Hautfalte besitzen, welche beidseits im Bereich des Diastemas nach medial in die Maulhöhle ragt [2,17]. So wird eine vollständige Exploration dieser in Allgemeinanästhesie sowie die zusätzliche röntgenologische Darstellung des Schädels in mehreren Ebenen als Goldstandard zur Diagnosefindung ebenso wie zur adäquaten Therapieplanung postuliert [1,2,8,9,12–14,17,31,33].

Therapieempfehlungen sehen entsprechend des Bildes der Zahnerkrankung vor allem die Okklusionskorrektur der elongierten Schneide- und Backenzähne mittels schleifenden Bohrinstrumenten in Allgemeinanästhesie vor, um auf diesem Wege eine Normokklusion wiederherzustellen [1,8,12,14,15,17,19,31].

Liegt eine Zahnerkrankung vor, die sich auf die Inzisivi beschränkt, so wird neben einem lebenslangen Abschleifen als nicht zufriedenstellende Dauertherapie alternativ auch ihre Exaktion empfohlen [14,34,35]. Für Kaninchen findet man einen ersten Bericht der Exaktion von Schneidezähnen im Jahre 1992 [35]. Der dort

1. Einleitung

beschriebene Operationshergang etablierte sich und ist seither Routine. So findet man mittlerweile zahlreiche ausführliche Beschreibungen für die Extraktion von Inzisivi beim Kaninchen, mitunter mit dem Hinweis bei Nagern ebenso vorgehen zu können. Beschrieben wird eine Methode, bei der mittels Luxatoren oder gebogenen Kanülen ein oder mehrere Inzisivi zunächst gelockert und anschließend von oral aus dem Zahnfach extrahiert werden [2,8,16,17,33,36,37]. Eine detaillierte Beschreibung des Operationshergangs speziell für das Meerschweinchen sucht man jedoch vergebens. Dies mag daran liegen, dass die speziell für die Inzisivus-Extraktion des Kaninchens konzipierten Luxatoren zwar der Zahnlänge und –breite des Kaninchens gerecht werden und bei dieser Tierart ein vollständiges Lösen des periodontalen Ligaments rund um den Inzisivus herum bis zu seinem Apex ermöglichen. Im eigenen Patientengut wurde jedoch die Erfahrung gemacht, dass diese Instrumente insbesondere für eine Extraktion der mandibulären Schneidezähne des Meerschweinchens aufgrund ihrer oben beschriebenen Zahnlänge zu kurz sind, um diese apikal zufriedenstellend lösen zu können. Hinzu kommt, dass Meerschweinchen vergleichsweise schmalere Unterkieferinzisivi aufweisen, so dass die Luxatoren für eine komplikationslose Anwendung entsprechend zu breit sind. Folglich sind intraalveoläre Inzisivus-Frakturen mit Verbleib von Zahnresten und/oder Germinativgewebe sowie Frakturen der Lamina dura der fragilen Alveole zu erwartende Komplikationen bei dieser Operationsmethode [8,12,15,16,28,30,36]. Für die Entfernung intraalveolär gelegener mandibulärer Schneidezahnresiduen wird in der Literatur von einem Operationszugang via ventraler Mandibula-Trepanation berichtet [8,15,16,30,33]. Es finden sich jedoch weder detaillierte Beschreibungen des Operationshergangs für das Meerschweinchen, noch Auswertungen zu einem Outcome. Auf Grundlage dieser Erwähnungen wurde in der Klinik für Heimtiere, Reptilien und Vögel der Tierärztlichen Hochschule Hannover die chirurgische Extraktion erkrankter mandibulärer Schneidezähne beim Meerschweinchen via ventraler Trepanation der Mandibula als primärer Eingriff etabliert, mit dem Ziel erkrankte Inzisivi von vornherein in toto und ohne oben genannte Komplikationen extrahieren zu können.

Weiterhin wird in der Literatur auch die Extraktion von Backenzähnen des Meerschweinchens mittels Luxatoren beschrieben, wobei einige Autoren bemerken, dass dieses Unterfangen schwierig bis unmöglich und oftmals unbefriedigend sei [1,8,12,14,16–18,26,28,33,36,38,39]. Viele Autoren weisen zudem auf einen extraoralen Zugang zur Extraktion insbesondere für mandibuläre Backenzähne hin [1,8,12,14,16–18,26,28,33,36,39].

Nach Betrachtung der oben genannten Aspekte ergeben sich u.a. zwei interessante Schlüsselfragestellungen, die durch diese Arbeit näher beleuchtet werden sollen:

1. Treten im Patientengut tatsächlich – im Gegensatz zu den bisher in der Literatur genannten Einzelfallerwähnungen – vermehrt Makrodonen bei Meerschweinchen mit Zahnerkrankungen auf?
2. Wie sieht der Operationsgang der Methode der ventralen Trepanation der Mandibula zur Extraktion erkrankter Unterkieferinzisivi beim Meerschweinchen aus und wie ist das klinische Outcome zu bewerten?

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurden zwei retrospektive Studien durchgeführt.

Ziel der ersten Studie ist es, das Vorkommen von Makrodonen an Schneide- und Backenzähnen bei Meerschweinchen mit Zahnerkrankung systematisch zu dokumentieren und die röntgenologisch auffälligen Veränderungen der Makrodonen zu erfassen sowie eine röntgenologische Beschreibung dieser zu erarbeiten.

Des Weiteren soll die in der Klinik für Heimtiere etablierte und routinemäßig durchgeführte Extraktionsmethode für erkrankte Unterkieferschneidezähnen via ventraler Mandibula-Trepanation als Therapiemöglichkeit vorgestellt und das klinische Outcome mittels einer weiteren Studie evaluiert werden.

2. Manuskript 1

Macrodonia in Guinea Pigs (*Cavia porcellus*):

- Radiological findings and localisation in 131 patients

Saskia Köstlinger^{a*}, Sandra Witt^{a*}, Michael Fehr^a

^aUniversity of Veterinary Medicine, Clinic for Pets, Reptiles and Birds, Bünteweg 9,
30559 Hannover, Germany

*These authors contributed equally to this work and should be considered co-first authors.

Publiziert in: Journal of Exotic Pet Medicine 39 (2021) 68-75

doi:10.1053/j.jepm.2021.08.002

Contribution to the manuscript:

Sandra Witt: Data curation, Investigation, Methodology, Project administration, Writing – original draft, Writing – review & editing, Visualisation

2.1 Abstract

Background

Guinea pigs with dental disease usually present with nonspecific signs such as reduced food intake, difficulty eating and poor general condition. It is assumed that deficient dental attrition is the cause for overlong teeth. Giant teeth, or Macrodonths, have been mentioned as an occasionally occurring pathology.

Methods

Guinea pigs with clinically and radiologically confirmed dental disease presented between 2011 and 2014 and with complete sets of radiographs of the skull (laterolateral, dorsoventral, oblique and isolated views of the mandible and maxilla) were included in this retrospective study (n = 131). Every tooth was radiologically assessed and documented as changed, if an alteration in tooth width, tooth structure, periodontal ligament space, alveolar bone lamina dura and, in the incisors, pulp cavity was present. Special focus was placed on macrodonths and their additional alterations besides increase in width.

Results

The majority (89% = 116/131) of all guinea pigs had at least one macrodonth; more than half (58% = 246/422) of all abnormal teeth were macrodonths. In total, 246 teeth (54 incisors, 192 cheek teeth) were diagnosed as macrodonths by means of radiography based on the presence of tooth expansion. Mandibular incisors were much more often affected by macrodonthia (87%, 47/54). Furthermore, 91% (175/192) of cheek teeth macrodonths were found in the last two tooth positions. In the present study 97% of all macrodonths (238/246) showed both expansion and structural loss. Alterations to the periodontal ligament space were found in 76% (118/246) of macrodonths. The lamina dura of alveolar bone was changed in 46% (113/246) of cases. Abnormalities of the pulp cavity were present in 80% (43/54) of incisor macrodonths.

Conclusion and clinical relevance

In conclusion, macrodonths occur much more often than previously documented and present a common diagnostic finding in guinea pigs with dental disease. Macrodonthia is radiologically characterised by expansion of the tooth and structural loss.

3. Manuskript 2

Extraktion erkrankter Unterkieferinzisivi beim Meerschweinchen (*Cavia porcellus*) via ventraler Mandibulatrepation

Extraction of diseased mandibular incisors in the guinea pig (*Cavia porcellus*) via ventral mandibular trepanation

Sandra Witt^{1*}, Saskia Köstlinger^{2*}, Michael Fehr¹

¹Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Heimtiere, Reptilien und Vögel

²AniCura Kleintierspezialisten Ravensburg

* geteilte Erstautorenschaft

Angenommen zur Veröffentlichung in: Tierärztliche Praxis (Mai 2021) für

Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere 2021; 49: 1–12

doi:10.1055/a-1617-5180

Beitrag zum Manuskript:

Sandra Witt: Konzeptualisierung, Datenerhebung, Recherche, Methodik,
Projektverwaltung, Schreiben - ursprünglicher Entwurf, Schreiben - Überprüfung &
Bearbeitung, Visualisierung

3.1 Zusammenfassung

Gegenstand und Ziel

Diese retrospektive Studie beschreibt die Methode der ventralen Mandibulatrepanation zur Extraktion erkrankter Unterkieferinzisivi beim Meerschweinchen und evaluiert das klinische Outcome.

Material und Methoden

Bei 40 Meerschweinchen mit veränderter Futteraufnahme wurde mindestens ein Unterkieferschneidezahn via ventraler Mandibulatrepanation extrahiert, nachdem Befunde der klinischen Allgemeinuntersuchung sowie der intraoralen und radiologischen Untersuchung in Allgemeinanästhesie die Diagnose einer primären mandibulären Inzisivuserkrankung ergeben hatten. Nach dem Eingriff wurden Röntgenaufnahmen angefertigt und die Patienten bis zur Entlassung stationär überwacht und versorgt. Zur Beurteilung und Behandlung der Wunden erfolgten regelmäßige Kontrollen.

Ergebnisse

Bei den insgesamt 42 extrahierten Unterkieferinzisivi stellten Makrodonten (25/42) den häufigsten Extraktionsgrund dar, gefolgt von periapikalen und alveolären Veränderungen (8/42). Extrahiert wurden ferner Zahnresiduen unklarer Genese (4/42) sowie nach fehlgeschlagenem konventionellem Extraktionsversuch mittels Luxatoren (3/42) und traumatisch bedingt gelockerte Inzisivi (2/42). Bei jeweils 40 % (16/42) der Meerschweinchen lagen zahnassoziierte Kieferabszesse bzw. eine therapiebedürftige sekundäre Elongation der Backenzähne vor. Allen Patienten konnten die veränderten Inzisivi bzw. Residuen vollständig entfernt werden.

Durchschnittlich 2 Tagen nach dem Eingriff nahmen die Tiere eigenständig Futter auf und konnten entlassen werden. Die Ausheilung der Wunde war nach durchschnittlich 39 Tagen (Minimum 9 Tage, Maximum 98 Tage) festzustellen. Die 22 Tiere, die 6 Monate nach dem Eingriff nachuntersucht werden konnten, wiesen keine erneuten zahnassoziierten Erkrankungen auf.

Schlussfolgerung und klinische Relevanz

Die ventrale Mandibulatrepanation ermöglicht es, erkrankte Unterkieferinzisivi beim Meerschweinchen in toto in einer Operation zu entfernen und stellt somit einen

kurativen Eingriff dar. Im Gegensatz zur klassischen Extraktion mit Luxatoren birgt sie nicht das Risiko von Zahnfrakturen mit der Folge verbleibender Zahnfragmente in der Alveole.

3.2 Abstract

Objective

This retrospective study describes the use of ventral mandibular trepanation for extraction of diseased mandibular incisors in guinea pigs and evaluates the clinical outcome.

Material and methods

In 40 guinea pigs with abnormal feed intake, at least one mandibular incisor was extracted via ventral mandibular trepanation. The diagnosis of primary mandibular incisor disease was based on the findings of the clinical general examination and intraoral and radiographic examination under general anesthesia. Following the procedure radiographs were taken and the patients were monitored and cared for as inpatients until discharge. Regular re-examinations were undertaken in order to assess and treat the surgical sites.

Results

A total of 42 altered mandibular incisors were extracted via ventral mandibular trepanation. Macrodon'ts (25/42) and periapical and alveolar changes (8/42) were the main reasons for extraction. Tooth residuals of unknown etiology (4/42) as well as such resulting from failed conventional extraction attempt using luxators (3/42) and traumatically loosened incisors (2/42) were also extracted. Tooth-associated jaw abscesses were found in 40 % of the guinea pigs. In addition, 40 % of the animals presented secondary elongation of the molars requiring occlusal equilibration. In all patients, it was possible to completely remove the altered incisors or residuals. On average, independent feed intake was observed 2 days after surgery and the animals were discharged. Complete healing of the surgical site was observed on average after 39 days (minimum 9 days, maximum 98 days). A total of 22 animals were

evaluated 6 months following surgery and showed no further tooth-associated complaints.

Conclusion and clinical relevance

Ventral mandibular trepanation allows diseased mandibular incisors in guinea pigs to be removed entirely within one surgery and thus represents a curative procedure.

Unlike the conventional extraction with luxators, it does not bear the risk of tooth fractures resulting in tooth fragments remaining in the alveolus.

4. Übergreifende Diskussion

In Anlehnung an die Manuskripte erfolgt die Benennung der Zahnpositionen auch im Folgenden nach dem modifizierten Triadan-System [40].

4.1 Ziel der Studie

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zum einen mittels systematischer Auswertung von Röntgenaufnahmen die Frage zu klären, in welcher Häufigkeit Makrodonten im Patientengut der als zahnerkrankt diagnostizierten Meerschweinchen zu finden sind. Dabei sollten die röntgenologischen Befunde von Makrodonten dokumentiert und ausgewertet werden, um eine röntgenologische Beschreibung dieser zu erarbeiten. Zum anderen soll die Operationsmethode der ventralen Mandibula-Trepanation zur Extraktion erkrankter Unterkiefer-Schneidezähne des Meerschweinchens als alternative Therapiemöglichkeit zur klassischen Extraktion mittels Luxatoren vorgestellt und das klinische Outcome evaluiert werden.

4.2 Patientengut

Die retrospektiv betrachteten Patientendaten beider Studien stammen von Meerschweinchen, die in der Klinik für Heimtiere, Reptilien und Vögel vorgestellt und bei denen eine Zahnerkrankung diagnostiziert wurde. Die Daten stammen aus einem Zeitraum von 47 Monaten (Studie 1) bzw. 64 Monaten (Studie 2).

4.2.1 Altersverteilung

In beiden Studien waren die zahnerkrankten Meerschweinchen mittleren Alters. Im Mittel lag dies bei 46 Monaten (Studie 1) bzw. 53 Monaten (Studie 2), wobei besonders häufig Tiere zwischen 30 und 62 Monaten (Studie 1) respektive 36 und 70 Monaten (Studie 2) betroffen waren.

In einem vergleichbaren Alter waren auch Zahnpatienten anderer Studien [21,23]. Ebenso postuliert Böhmer [41] ein mittleres Alter von drei – vier Jahren für das Auftreten einer Zahnerkrankung bei Meerschweinchen.

4. Übergreifende Diskussion

Im Gegensatz dazu waren die Zahnpatienten in einer Untersuchung von Jekl et al. [24] mit einem durchschnittlichen Alter von 35 Monaten (SD 16 – 54 Monate) vergleichsweise jünger. Minarikova et al. [42] evaluierten Meerschweinchen mit zahnassozierten Kieferabszessen und ermittelten ein ebenfalls geringeres Alter von 35 Monaten im Mittel (SD 20 – 50 Monate).

Isenbügel und Frank [19] jedoch sagen aus, dass das Vorkommen von Zahnerkrankungen beim Meerschweinchen unabhängig vom Alter sei.

Darüber hinaus wird auch in der Arbeit von Schweda et al. [23] auf das Auftreten von Makrodonten bei bereits sehr jungen Tieren hingewiesen.

4.2.2 Geschlechtsverteilung

In beiden Studien waren häufiger männliche Meerschweinchen von einer Zahnerkrankung betroffen. Andere Autoren konnten ebenfalls das häufigere Auftreten von Zahnerkrankungen bei männlichen Tieren beobachten [21,23]. Jedoch finden sich auch Untersuchungen, die keine Geschlechtsprädisposition vermuten lassen [24,42]. Auch Isenbügel und Frank [19] postulieren ein vom Geschlecht unabhängiges Auftreten der Zahnerkrankungen bei Meerschweinchen.

4.2.3 Gewichtsverteilung

Die Patienten beider Studien wiesen ein mittleres Gewicht von 920 Gramm (Studie 1) beziehungsweise 975 Gramm (Studie 2) auf.

In den Untersuchungen von Jekl et al. [24] und Minarikova et al. [42] hingegen waren die Patienten vergleichsweise leichter und wogen im Mittel 750 Gramm respektive 800 Gramm.

Bemerkenswert ist allerdings, dass sowohl in den beiden eigenen Untersuchungen, als auch in den oben genannten Studien der anderen Autoren eine große Spannbreite der erhobenen Patientengewichte festgestellt wurde. So reichte diese bei den Tieren der ersten Studie von 520 Gramm bis 1530 Gramm. Die Patienten der zweiten Studie wogen zwischen 659 Gramm und 1348 Gramm. Im Patientengut von Jekl et al. [24] reichten die dokumentierten Gewichte von 330 – 1540 Gramm. Minarikova et al. [42] dokumentierten eine Gewichtsspanne von 440 – 1290 Gramm.

4. Übergreifende Diskussion

Da Zahnpatienten häufig eine reduzierte Futteraufnahme oder gar (Pseudo-) Anorexie zeigen, ist in der Regel auch ein Gewichtsverlust zu erwarten [12,22–24,28]. Böhmer [43] weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass dieser Gewichtsverlust zum einen von der Ausprägung des veränderten Fressverhaltens und zum anderen vom Zeitpunkt des Erkennens der Erkrankung durch den Besitzer abhängt. Letzterer wird zudem durch die Gruppenhaltung erschwert [18]. So lässt sich erklären, dass ursprünglich normal- bis übergewichtige Tiere mit nur leichten Beschwerden durch die Zahnerkrankung, die möglicherweise einem sehr aufmerksamen Besitzer zeitnah aufgefallen sind, noch ein vergleichsweise normales Gewicht aufweisen. Im Gegensatz dazu stehen als anderes Extrem die eher zierlichen Patienten, die ihrem Besitzer mit einer bereits länger bestehenden Anorexie erst spät auffallen.

4.3 Themenkomplex der Zahnerkrankung des Meerschweinchens

4.3.1 Bisherige Beschreibung

Die exakte Ätiologie der Zahnerkrankung des Meerschweinchens ist bisher noch nicht vollständig geklärt [12,23,24,26,28–30]. Postuliert wird hauptsächlich eine inadäquate, hochkalorische und rohfasearme Fütterung, die zu einem unzureichenden Zahnabrieb mit nachfolgendem Zahnüberwuchs führt. Weitere diskutierte Ätiologien sind zur besseren Übersicht in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Zusammenstellung postulierter Ätiologien von Malokklusionen im Themenkomplex der Zahnerkrankung des Meerschweinchens [3,4,12,15,17,18,26,28,30,44–46].

	Traumatisch	Atraumatisch
Kongenital		<ul style="list-style-type: none"> • Zahnfehlstellung • Kieferfehlstellung
Erworben	<ul style="list-style-type: none"> • Zahnfraktur • Kieferfraktur • iatrogen (mechanischer u./o. thermischer Schaden nach unsachgemäßer Zahnkürzung) 	<ul style="list-style-type: none"> • fütterungsbedingt (Rohfasermangel) • Vitamin-C-Mangel • Selen-Überschuss • Infektion • Technopathie (Gitterstangen- Beißen) • Neoplasie

Es wird auch erwähnt, dass Erkrankungen der Schneide- und Backenzähne unabhängig voneinander vorkommen können, jedoch meist im Zusammenhang stehen [18]. Dabei sollen Schneidezahnmalokklusionen selten primärer Natur sein, sondern vor allem sekundär durch eine Backenzahnproblematik hervorgerufen werden [1,12,17,18,28,30]. In der eigenen Studie über Meerschweinchen mit einer primären mandibulären Inzisivus-Erkrankung (Studie 2) konnte festgestellt werden,

4. Übergreifende Diskussion

dass 40% der Patienten eine sekundäre, therapiebedürftige Malokklusion der Backenzähne entwickelt hatten.

4.3.2 Befunde

Die bislang vorherrschend beschriebenen Befunde bei der Zahnerkrankung des Meerschweinchens umfassen insbesondere die Brückenbildung der Prämolaren (308 und 408) mit Einengung der Zunge, einen generalisierten oralen Zahnüberwuchs sowie eine retrograde Elongation der Zähne. Daneben werden die Ausbildungen von Zahnschmelzspitzen an den Backenzähnen und korrespondierende Verletzungen der oralen Weichteilgewebe genannt [3,17,18,24,28,47]. Crossley [3] beschreibt, dass es aufgrund von Backenzahnüberlängen zu einer Rostralverschiebung der Mandibula kommt, so dass betroffene Meerschweinchen ihr Maul nicht mehr vollständig schließen können und durch diese prognathe Stellung der Inzisivi ein Zangengebiss entsteht. Es finden sich jedoch nur sporadische Erwähnungen zum Vorhandensein von Makrodonten. [15,19,23,25–27,30].

4.3.3 Zusammenhang von Makrodonie und Malokklusionen

Die Makrodonie als zugrundeliegende Ursache von Zahnerkrankungen beim Meerschweinchen steht bisher nicht im Fokus der gängigen Fachliteratur. Schneidezahn-Makrodonten wurden bislang eher als Nebenbefund ohne klinische Relevanz beschrieben [15]. Im Gegensatz dazu zeigen die eigenen Untersuchungen (Studie 2), dass sie bei Meerschweinchen mit mandibulären Inzisivus-Erkrankungen in 60% der Fälle den Grund für eine veränderte Futteraufnahme darstellten und eine Extraktion nötig machten (siehe Tab. 2, Manuskript 2).

In Bezug auf das Vorkommen von Makrodonten im Backenzahnbereich, erwähnt Böhmer [26] jedoch, dass diese ursächlich für ein Ausbleiben eines Therapieerfolges trotz ordnungsgemäß durchgeführter Zahnkorrektur sein könnten [15,26]. Auch in Anbetracht der eigenen Ergebnisse der Prävalenz-Studie (Studie 1) scheinen Makrodonten im Komplex der Zahnerkrankung des Meerschweinchens eine größere Rolle zu spielen als bisher dokumentiert und angenommen. So konnte das

4. Übergreifende Diskussion

Vorkommen von mindestens einem Makrodonaten bei 89% der zahnerkrankten Meerschweinchen festgestellt werden (siehe Fig. 6, Manuskript 1).

Aufgrund der Ergebnisse beider Arbeiten lässt sich die Hypothese aufstellen, dass eine Makrodonantie häufig die zugrunde liegende Ursache von Malokklusionen beim Meerschweinchen darstellt und der vielbeschriebene generalisierte Zahnüberwuchs möglicherweise lediglich sekundärer Natur sein könnte.

Schon Isenbügel und Frank [19] beschreiben, dass die Verbreiterung eines Zahns Auswirkungen auf die Alveole hat und in der Folge Exostosen des Kieferknochens entstehen. Auch Brettschneider [25] dokumentierte in seiner Arbeit massive Veränderungen umliegender Strukturen wie beispielsweise eine retrograde Elongation mit Penetration der Nasenhöhle bzw. des Mandibularknochens, die ursächlich auf einen Makrodonaten zurückzuführen waren. Korrespondierende Beschreibungen finden sich bei Gabriel [27].

Böhmer [26] spricht Makrodonaten das Auslösen hochgradig schmerzhafter Zustände zu. Diese lassen sich einerseits durch ihre Größenzunahme und den daraus resultierenden Druck auf die Alveole erklären. Andererseits bewirkt ihre retrograde Elongation Druck auf den apikalen Nerv und Kieferknochen sowie mitunter seine Penetration, so dass betroffene Zähne apikal frei liegen. Aufgrund der Schmerzen schonen diese Patienten die betroffenen Zähne durch eine Verminderung des Kauens oder stellen die Futteraufnahme ganz ein. In der Folge kommt es zu einem verminderten Zahnabrieb und einer Dunkelverfärbung der geschonten Okklusionsflächen. So stellen sich als weitere Konsequenz die oben beschriebenen klassischen Befunde wie ein asymmetrischer oder auch generalisierter Zahnüberwuchs, die Ausbildung von Zahnspitzen und der Brücke der mandibulären Prämolaren mit eingeschränkter Bewegung der Zunge ein.

Die Okklusionsfläche eines Makrodonaten ist im Vergleich zu der eines physiologischen Zahns deutlich größer. Somit steht sie während des Kauvorgangs nicht über die gesamte Fläche in Okklusion und kann aufgrund des rostokaudalen Kauaktes insbesondere in den marginalen Okklusionsflächenanteilen nicht komplett abgerieben werden [26]. Im eigenen Patientengut wurde die Beobachtung gemacht, dass dadurch mitunter imposante Ausziehungen entstehen, die eine kelchartige

4. Übergreifende Diskussion

Gestalt annehmen. Diese ragen in die benachbarten Weichteilgewebe wie Wange, Zunge, Gaumen oder den Kieferwinkel (siehe Fig. 1b, Manuskript 1) bzw. wachsen förmlich in diese Strukturen hinein.

4.4 Makrodonkie

4.4.1 Prävalenz

Die Makrodonkie ist sowohl bei Menschen [48,49] als auch bei anderen Tierarten [50–52] bekannt und wird als seltenes Phänomen beschrieben.

In Übereinstimmung damit finden sich für das Meerschweinchen ebenfalls wenige Berichte über das Auftreten von Makrodonkten. Einen ersten Hinweis auf ihr Vorkommen lieferten Isenbügel und Frank [19], welche Missbildungen der Inzisivi des Ober- und Unterkiefers in Form von massiven Verdickungen beschreiben. Brettschneider [25] diagnostizierte erstmals Backenzahn-Makrodonkten via CT und nannte sie „Riesenzähne“. In seiner Studie zur Computertomographie bei Heimtieren evaluierte er insgesamt 27 Meerschweinchen, die wegen unterschiedlicher Fragestellungen mittels CT untersucht wurden. Dabei entdeckte er bei vier Tieren jeweils einen Makrodonkten. Somit lag in seiner Evaluation das Vorkommen der Makrodonkie bei 15 %, wobei allerdings nicht nur explizit zahnerkrankte Patienten betrachtet wurden. Dieses Ergebnis spiegelt folglich die generelle Prävalenz seiner Stichprobe wieder. Den vier von Makrodonkie betroffenen Tieren war jedoch gemein, dass sie aufgrund einer Futterverweigerung vorgestellt wurden und eine Malokklusion aufwiesen.

Eine weitere Arbeit von Schweda et al. [23] beschäftigte sich ebenfalls mit dem CT als Diagnostikum. Dabei wurden 66 Meerschweinchen mit einer Zahnerkrankung evaluiert. Es konnten insgesamt 16 Fälle von Makrodonkie detektiert werden, wobei sechs Schneide- und zehn Backenzähne betroffen waren. Daraus ergibt sich eine Prävalenz von 24% für das Vorkommen von Makrodonkten bei den betrachteten zahnerkrankten Meerschweinchen.

Weitere Nennungen der Makrodonkie beim Meerschweinchen finden sich bei Böhmer [15,53]. Sie erwähnt, dass besagte Zahnveränderungen der Schneide- und

4. Übergreifende Diskussion

Backenzähne empirisch betrachtet relativ häufig vorkommen. Auch Gabriel [27] berichtet vom Vorkommen der Makrodonten im Schneide- und Backenzahnbereich. Im Gegensatz zu den bisherigen Publikationen konnte durch die eigenen Untersuchungen jedoch eine deutlich höhere Prävalenz der Makrodontie beim Meerschweinchen nachgewiesen werden. Bei der Untersuchung zahnerkrankter Meerschweinchen lag diese bei 89 Prozent (siehe Fig. 6, Manuskript 1). Bei der weiteren Betrachtung von Meerschweinchen mit mandibulären Inzisivus-Erkrankungen wurden bei 25 von 40 Tieren (=62,5%) Schneidezahn-Makrodonten festgestellt (siehe Tab. 2, Manuskript 2).

Dies deutet darauf hin, dass Makrodonten möglicherweise eine größere Rolle im Themenkomplex der Zahnerkrankung des Meerschweinchens spielen als bislang angenommen.

4.4.2 Betroffene Zahnpositionen

In der vorliegenden Studie zur Prävalenz der Makrodontie beim Meerschweinchen konnte beobachtet werden, dass insbesondere die Unterkieferschneidezähne sowie die beiden letzten Backenzähne (Zahnposition -10 und -11) betroffen waren. In 87% der Fälle wurden Makrodonten der mandibulären Inzisivi nachgewiesen, wobei kein Unterschied der Prävalenz zwischen dem linken und rechten Quadranten festgestellt werden konnte. Backenzähne der beiden letzten Zahnpositionen waren zu 91% von Makrodontie betroffen. Dabei konnte kein Unterschied in der Prävalenz zwischen Unterkiefer- und Oberkieferbackenzähnen sowie zwischen dem linken und rechten Quadranten festgestellt werden (siehe Tab. 2, Manuskript 1).

In Bezug auf die Backenzähne stimmt dies mit den Beobachtungen von Böhmer überein [26]. Brettschneider entdeckte ebenfalls ausschließlich Makrodonten an den beiden letzten Zahnpositionen (211, 311 und 210). Allerdings detektierte er den einzigen Schneidezahn-Makrodonten im Oberkiefer (201). Dies lässt sich möglicherweise durch die deutlich geringere und damit nicht repräsentative Anzahl betrachteter Meerschweinchen mit Makrodontie (n=4) erklären.

4. Übergreifende Diskussion

4.4.3 Anzahl der Makrodonten pro Meerschweinchen

Sowohl Schweda et al. [23] als auch Brettschneider [25] ermittelten bei den Meerschweinchen ihrer Studien das Vorhandensein einzelner Makrodonten. Im Gegensatz dazu konnte in Übereinstimmung mit Erwähnungen von Böhmer [26] in der eigenen Untersuchung (Studie 1) auch das Vorkommen mehrerer Makrodonten bei einzelnen Individuen festgestellt werden (siehe Fig. 6, Manuskript 1).

4.4.4 Ätiologie

Die Ätiologie der Makrodonie ist bislang ungeklärt [19,23,27]. Sowohl Schweda et al. [23] als auch Brettschneider [25] halten eine angeborene Genese für wahrscheinlich. Böhmer und Gabriel [15,27,30,47] dagegen ziehen auch einen erworbenen Prozess in Betracht.

In der vorliegenden Arbeit wurde vor allem bei Meerschweinchen mittleren Alters das Vorhandensein von Makrodonten nachgewiesen. Dabei wiesen neben jüngeren Tieren auch deutlich ältere Meerschweinchen eine Makrodonie auf. Aus diesem Grund erscheint ein erworbener Mechanismus wahrscheinlicher. Da zudem hauptsächlich mandibuläre Schneidezähne sowie die beiden letzten Backenzahnpositionen von Makrodonie betroffen waren, könnte in Übereinstimmung mit Gabriel [27,54] die Hypothese aufgestellt werden, dass eine erhöhte Druckbelastung dieser Zähne beim Abbeißen und Kauen im Vergleich zu den anderen Zähnen eine Rolle spielen könnte.

4.5 Bildgebung

Die klinische Allgemeinuntersuchung der Maulhöhle am wachen Tier kann bestenfalls erste Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Zahnerkrankung liefern. Selbst am anästhesierten Patienten stellt die makroskopische Untersuchung der letzten Backenzahnpositionen mitunter eine Herausforderung dar, da die uneingeschränkte Sicht durch das Vorliegen einer oralen Elongation und/oder Zahnfehlstellungen stark beeinträchtigt sein kann. Eine Untersuchung der Maulhöhle mittels Endoskop kann diesbezüglich zwar sehr hilfreich sein [24,55], dieses steht

4. Übergreifende Diskussion

aber unter Praxisbedingungen nicht immer zur Verfügung. Folglich werden Pathologien, die diese Positionen betreffen, häufig nicht erkannt [56]. Jekl et al. [24] dokumentierte bei einer Evaluation der Maulhöhle mittels Endoskopie hauptsächlich Zahnpathologien der mandibulären Prämolaren (308 und 408). Im Gegensatz dazu konnten in der vorliegenden Arbeit (Studie 1) mithilfe der Röntgendiagnostik vor allem Makrodonten in den beiden letzten Zahnpositionen (-10 und -11) nachgewiesen werden. Die Maulhöhle des Meerschweinchens ist ebenso wie bei anderen Nagern und dem Kaninchen im Vergleich zum Fleischfresser relativ lang und eng [3,28]. Die Beurteilung einzelner Zähne, insbesondere der letzten Backenzähne wird dadurch erschwert. Crossley [9] machte die Erfahrung, dass bei der Maulhöhlenuntersuchung an wachen Kleinsäugetern 70% und bei anästhesierten Patienten immer noch 50% der Befunde übersehen wurden.

Vergleichbar mit einem Eisberg lassen sich durch die Maulhöhlenuntersuchung lediglich die klinischen Kronen und damit der kleinste Teil der Schneide- und Backenzähne begutachten. Der weitaus größere Zahnanteil der Reservekronen bleibt jedoch im Kieferknochen der Adspektion verborgen. Aus diesem Grund ist eine weiterführende Untersuchung am anästhesierten Tier inklusive einer bildgebenden Diagnostik unumgänglich zur adäquaten Erfassung und Bewertung einer Zahnerkrankung [1,9,14,14,39,57]. Diese Erfahrung machte auch Brettschneider [25], der in seiner Studie das Vorhandensein von Makrodonten erst mittels CT erfassen konnte. Auch Schweda et al. [23] erkannten lediglich die Schneidezahn-Makrodonten in der klinischen Allgemeinuntersuchung, wohingegen die Backenzahn-Makrodonten erst mithilfe der CT-Diagnostik entdeckt wurden.

4.5.1 Röntgenologische Merkmale

Neben der bereits erwähnten Verbreiterung von Makrodonten, konnte in der vorliegenden Prävalenz-Studie (Studie 1) dokumentiert werden, dass diese regelmäßig (97%) mit einer Veränderung der Zahnstruktur einhergeht (siehe Tab. 3, Manuskript 1). Die physiologischerweise erkennbaren hyperdensen intradentalen Schmelzlinien fehlten und der Zahn wies ein weniger röntgendichtes, homogenes Erscheinungsbild auf. Bei lediglich acht Makrodonten wurde der beschriebene

4. Übergreifende Diskussion

Strukturverlust nicht detektiert. In diesen Fällen wurde er möglicherweise übersehen oder war weniger stark ausgeprägt, so dass eine röntgenologische Erfassung noch nicht möglich war.

Brettschneider [25] dagegen sagt aus, dass er im CT keine Unterschiede des Zahnaufbaus von Makrodonten im Vergleich zu den Referenzaufnahmen zahngesunder Tiere feststellen konnte. Auch Köstlinger [58] nutzte die Computertomographie in ihrer Studie und evaluierte damit Kaninchenzähne. Sie erläutert jedoch, dass eine Unterscheidung zwischen Schmelz und Dentin bei Kaninchenzähnen auf konventionellen computertomographischen Aufnahmen nicht möglich ist, da die Dicken der Schmelz- und Dentinschichten im Bereich der technischen Auflösung (0,6-1mm) der verwendeten Computertomographen liegen. Daraus lässt sich ableiten, dass in Bezug auf die Struktur von Meerschweinchenzähnen konventionelle CT-Aufnahmen ebenfalls wenig aussagekräftig sind.

Auch bei Böhmer [15,26,30] finden sich Beschreibungen von Veränderungen der Zahnstruktur im Zusammenhang mit Makrodonie in Form einer Schmelz- sowie Dentinhypoplasie. Es lässt sich also schlussfolgern, dass Makrodonten generell als Zähne mit Verbreiterung und Strukturveränderungen definiert werden sollten. Harcourt-Brown [37] stellte fest, dass sich die Zahnstruktur beim progressiven Syndrom der erworbenen Zahnerkrankung (PSADD) kontinuierlich verschlechtert und wertet den Röntgenbefund des Strukturverlustes als Hinweis auf eine fortschreitende Zahnerkrankung bei Kaninchen.

Abgesehen von Verbreiterung und Strukturverlust wurden in der eigenen Untersuchung zudem weitere Befunde an den Makrodonten erhoben (siehe Tab. 3, Manuskript 1). Dabei wurden in 76% der Fälle Veränderungen im Bereich des Periodontalspaltens sowie in 46% der Fälle Beeinträchtigungen des Alveolarknochens festgestellt. Schneidezahn-Makrodonten wiesen ferner zu 80% Abweichungen der Pulpahöhle auf. Noch ist unklar in welchem Zusammenhang die beobachteten Veränderungen stehen. Es ist jedoch zu überlegen, ob die Makrodonie des Meerschweinchens ebenfalls ein progressives Syndrom darstellt, bei dem zu Beginn der Erkrankung nur wenige Merkmale ausgeprägt sind, in fortgeschrittenen Stadien

4. Übergreifende Diskussion

weitere Befunde dazukommen und sich diese im Laufe der Zeit verschlimmern. Für eine weitere Abklärung sind Folgestudien erforderlich.

4.5.2 Röntgenprojektionen

In der vorliegenden Arbeit wurden neben den vielfach als Goldstandard postulierten Röntgenprojektionen des Schädels zur Identifizierung von Zahnerkrankungen (Strahlengang laterolateral, lateral-verkippt linksanliegend sowie rechtsanliegend, ventrodorsal und rostrokaudal) [9,12,13,18,28,59,60] auch die Aufnahmen zur isolierten Darstellung des Ober- und Unterkiefers nach Böhmer [2,57,61] ausgewertet.

Wie oben erwähnt, sind insbesondere die Zahnbreite und -struktur wichtige Parameter zur Identifizierung eines Makrodonten. Beide waren anhand der Röntgenaufnahmen zur isolierten Darstellung des Unter- und Oberkiefers nach Böhmer ohne nennenswerte Überlagerungen erfassbar. Es wurde jedoch festgestellt, dass die ebenfalls betrachteten Standardprojektionen des Schädels den oben genannten Projektionen in Bezug auf die Darstellung der Zahnbreite und des Strukturdefizits deutlich unterlegen waren. Zwar konnten stark veränderte Zähne auf den Standardprojektionen detektiert werden, leichte Veränderungen waren jedoch nur schwer oder teilweise nicht nachweisbar. Diese Entdeckung war allerdings nicht Teil der Evaluation der Studien und sollte durch künftige Vergleichsstudien der einzelnen Röntgenprojektionen näher untersucht werden. Die Beobachtung könnte jedoch eine mögliche Erklärung dafür sein, dass Zahnveränderungen an Einzelzähnen beim Meerschweinchen oft nicht erkannt wurden und die Makrodonie aus diesem Grund in der Vergangenheit unterdiagnostiziert wurde.

4.5.3 Weitere Bildgebungsverfahren

Neben der klassischen röntgenologischen Evaluation von Zahnpatienten finden mittlerweile auch immer häufiger weitere Bildgebungsverfahren in der Kleinsäugermedizin Anwendung. So wird mittlerweile auch das **intraorale Röntgen** bei Kaninchen und Nagern in der Literatur erwähnt [2,13,57,62,63]. Dieses Verfahren bietet den Vorteil der überlagerungsfreien Darstellung insbesondere der Schneide-

4. Übergreifende Diskussion

sowie rostralen Backenzähne. Vor allem beim Meerschweinchen stellt sich jedoch die Durchführung unter Praxisbedingungen als oftmals schwierig dar [13]. Für die Patienten der vorliegenden Arbeit standen Aufnahmen dieser Art nicht zur Verfügung. Da beim Nager vor allem die letzten Backenzähne bei der intraoralen Röntgendiagnostik schwer bis gar nicht abzubilden sind, wären möglicherweise die in dieser Untersuchung (Studie 1) festgestellten Makrodonten der letzten Zahnpositionen unentdeckt geblieben.

Auch die **Computertomographie** stellt für die Evaluation von Kleinsäuger-Zahnpatienten ein hilfreiches und mittlerweile etabliertes Diagnostikum dar [13,23,25,64,65]. Wie oben erwähnt, ermöglichte die Computertomographie sowohl Schweda et al. [23] als auch Brettschneider [25] die Identifizierung von Makrodonten. Der röntgenologisch feststellbare Strukturverlust dieser Zähne (Studie 1) bleibt bei diesem Diagnoseverfahren jedoch unentdeckt (siehe 4.5.1 Röntgenologische Merkmale). Dies könnte eine Erklärung dafür darstellen, dass in den CT-Studien eine deutlich niedrige Prävalenz der Makrodontie dokumentiert wurde. So wurden möglicherweise weniger stark verbreiterte Zähne durch das Fehlen des Strukturverlustes als Marker nicht erkannt.

Dagegen ist eine Beurteilung der Zahnstruktur, insbesondere die Unterscheidung zwischen Zahnschmelz und Dentin anhand von **Mikro-CT-Aufnahmen** hervorragend möglich [29,66]. Diese Methode wird jedoch in der klinischen Veterinärmedizin nicht routinemäßig eingesetzt.

Auch der Einsatz der **Magnetresonanztherapie** zur Abklärung von Zahnerkrankungen beim Meerschweinchen wird in einem Fallbericht beschrieben und diente vor allem zur Darstellung der beteiligten Weichteilgewebe und Identifizierung der Ausdehnung eines Kieferabszesses [65].

4.6. Therapie

Zur Behandlung zahnerkrankter Meerschweinchen finden sich in der Fachliteratur viele Therapieansätze, welche im Folgenden angeführt und diskutiert werden sollen. Für die postulierten Methoden werden zwar Erfahrungswerte berichtet, Studien zur

4. Übergreifende Diskussion

Evaluation des Outcomes fehlen jedoch. Insbesondere vor dem Hintergrund des ermittelten Ergebnisses dieser Dissertation, dass Makrodonten in der Mehrzahl der Fälle bei zahnerkrankten Meerschweinchen vorzufinden sind und ihnen damit möglicherweise eine größere Bedeutung für die Genese von Zahnerkrankungen zuzusprechen ist als bisher angenommen, sollte die bislang durchgeführte Praxis der Zahnbehandlung kritisch hinterfragt und diskutiert werden.

4.6.1 Okklusionskorrektur

Angesichts des regelmäßig diagnostizierten und teilweise massiven Zahnüberwuchses bei zahnerkrankten Meerschweinchen wird insbesondere das Einkürzen der überlangen Zähne als therapeutische Maßnahme durchgeführt. Es werden in der Literatur im Wesentlichen drei verschiedene Verfahren zur Okklusionskorrektur angeführt. Das in der Vergangenheit häufig praktizierte **Abknipsen** überlanger Zähne mittels Zangen [67] gilt mittlerweile als obsolet und darf sowohl aus Tierschutzgründen als auch aufgrund der daraus folgenden Schäden am Kiefer, Zahnhalteapparat und den Zähnen selbst keinesfalls mehr durchgeführt werden [8,12,14,15,19,29,54,64,68–70].

Auch der Einsatz von **Handfeilen bzw. -raspeln** wird beschrieben. Auf diese Weise können zwar kleine Ausziehungen oder Spitzen abgeschliffen werden, ihre Effektivität ist jedoch zu gering, um einen generalisierten Zahnüberwuchs adäquat und schonend einzukürzen. Auch ist das Arbeiten mit ihnen in der kleinen Maulhöhle räumlich limitiert und insbesondere die kaudalen Backenzähne können nur unzureichend bearbeitet werden. Zudem besteht im hinteren Bereich der Maulhöhle stets die Gefahr, die Blutgefäße des Kieferwinkels bei der rostrokaudal ausgeführten Arbeitsbewegung zu verletzen [16,17,54,69,70].

Entsprechend wird vor allem die **Okklusionskorrektur mittels Diamantbohrern bzw. Fräsen** postuliert [1,4,15,18,28,31,54,70]. Mit dieser Methode lassen sich die überlangen Zähne der Zahnpatienten sicherlich zügig und effektiv einkürzen. Es handelt sich jedoch lediglich um eine palliative Therapie, die in regelmäßigen Abständen wiederholt werden muss [1,8,15,19,26,28,30,31,33,34]. Bedenkt man, dass die vorliegende Arbeit dokumentiert, dass bei der Mehrzahl der Zahnpatienten

4. Übergreifende Diskussion

mindestens ein Makrodonat vorliegt, so wird deutlich, dass durch die Okklusionskorrektur zwar die oral erfassbaren Veränderungen beseitigt werden können. Die oben beschriebenen intraossären bzw. apikalen Auswirkungen (siehe 4.3.3 Zusammenhang von Makrodonatie und Malokklusionen) werden auf diese Weise jedoch nicht therapiert. Folglich bleibt, wie von Böhmer [26] beschrieben, der erhoffte Therapieerfolg trotz fachgerecht durchgeführter Zahnkürzung aus, da die schmerzhaften, intraalveolären und apikalen Prozesse progressiv fortschreiten. Gleiches lässt sich auf die Patienten mit mandibulärer Inzisivus-Erkrankung der zweiten Studie übertragen. In allen Fällen wurden Pathologien in Form von Zahnverbreiterung oder Strukturveränderungen am Zahnapex und/oder der Reservekrone sowie der Alveole diagnostiziert. Die alleinige Beseitigung der Malokklusion dieser Patienten hätte keinen kurativen Eingriff dargestellt. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass die ausgeheilten Patienten besagter Studie nach der Extraktion derart veränderter Inzisivi in einem Beobachtungszeitraum von sechs Monaten keine erneuten Zahnprobleme zeigten und der Eingriff somit kurativ war.

4.6.2 Apikale Zahnbehandlungsmethoden

Zur Therapie fehlgestellter Inzisivi sowie solitär veränderter Backenzähne finden sich vereinzelte Beschreibungen der **Apikoektomie** sowie der **Pulpektomie** bei Nagern und Kaninchen [38,71]. Diese Methoden sind allerdings bei gleichzeitigem Bestehen von intraossären bzw. apikalen Veränderungen wie Infektionen oder auch bei Zahnlockerungen analog der obigen Erläuterungen nicht zielführend. Sie bewirken zwar, dass der Zahn gezielt im Bereich seiner Germinativzone behandelt und diese abgetötet wird, so dass ein weiteres Zahnwachstum unterbunden wird. Betroffene Zähne verbleiben jedoch zunächst weiterhin in der Alveole und werden erst nach unterschiedlich langer Zeit im Rahmen von Granulationsprozessen aus dieser ausgestoßen. Eine Durchführung in frühen Stadien der Makrodonatie erscheint möglicherweise sinnvoll und sollte durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden. Ältere Literaturstellen postulieren zur Zerstörung der Germinativzone eine **Pulpamumifikation**. Heutzutage ist diese Methode aufgrund der angewandten Chemikalien (Formaldehyd) obsolet [16,33].

4. Übergreifende Diskussion

4.6.3 Zahnextraktionen

In vielen Fällen ist die Extraktion erkrankter Zähne unumgänglich [15,17,26,30,35,39,66]. Beim Meerschweinchen wird im Vergleich zum Kaninchen deutlich seltener eine **Inzisivus-Extraktion** durchgeführt. Dieser Umstand ist sicherlich der Tatsache geschuldet, dass vor allem junge Kaninchen häufig unter einer skelettalen Missbildung in Form einer Brachygnathia superior leiden [14,15,30,35]. Dabei handelt es sich um einen autosomal-rezessiven Gendefekt, der zur phänotypischen Ausprägung eines verkürzten maxillären Diastemas bis hin zur gesamten Verkürzung der Maxilla führt [72]. Durch diese Oberkieferverkürzung kommt es zu einer fehlerhaften Okklusion der Inzisivi und in der Folge zu Über- und Fehlwuchs dieser. Bei den herbivoren Nagern wie dem Meerschweinchen ist ein solcher Gendefekt nicht bekannt. Entsprechend finden sich in der Literatur viele Beschreibungen einer Extraktion der Inzisivi mittels **Luxatoren** (=klassische Methode) für das Kaninchen [1,8,14–17,35,36], teilweise mit der Erläuterung, bei Nagern ebenso vorgehen zu können. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die Unterkieferschneidezähne des Meerschweinchens vergleichsweise schmaler und gleichzeitig deutlich länger sind als die des Kaninchens. Sie reichen mit ihrem Apex lingual bis zum zweiten Molaren (-10) [2,3,13]. Folglich sind die zur Verfügung stehenden Instrumente für eine Extraktion von mandibulären Inzisivi des Meerschweinchens zu breit und zu kurz. Ihr Einsatz birgt das Risiko, iatrogene Frakturen der Alveole bzw. des betroffenen Schneidezahns hervorzurufen [8,12,15,28,30]. Böhmer [15] weist darauf hin, dass insbesondere die verbreiterten Schneidezähne (=Makrodonten) eine minderwertige Struktur aufgrund einer Schmelz- und Dentinhypoplasie aufweisen und somit weicher und deutlich frakturgefährdeter sind. Auch der Einsatz von selbst gebogenen Kanülen als Luxator beim Nager wird beschrieben [1,8,14,16–18,73]. Eigene Erfahrungen zeigen, dass diese für die Durchführung einer zufriedenstellenden Extraktion wenig geeignet sind. Ihre Länge ist zwar ausreichend, jedoch ist der Durchmesser der Kanülen zu groß. Beim Einführen in den Periodontalspalt besteht dabei das Risiko, eine Splitterfraktur der Alveole hervorzurufen. Außerdem besitzen Kanülen im Vergleich zu Luxatoren eine geringere Stabilität, wodurch ihr Handling erschwert wird. Neben dem

4. Übergreifende Diskussion

Frakturrisiko für Zahn und Alveole birgt der Einsatz ungeeigneter Instrumente zudem die Gefahr, dass das Germinativgewebe nur unvollständig aus der Alveole entfernt werden kann. In der Folge wächst ein neuer, mitunter missgestalteter Zahn teils lediglich intraalveolär als Dentinoid nach und ein weiterer Extraktionsversuch muss unternommen werden [8,17,28,33,34]. Sollte dieses Unterfangen von oral nicht möglich sein, so wird die Extraktion via **ventraler Trepanation der Mandibula** postuliert [8,16,33,34]. Aufgrund der oben erörterten Komplikationsrisiken wurde im eigenen Patientengut der Meerschweinchen mit einer mandibulären Inzisivus-Erkrankung die ventrale Mandibula-Trepanation als primäre Extraktionsmethode präferiert und als Routineeingriff etabliert. Im Vergleich zur klassischen Schneidezahnextraktion mit Luxatoren stellt sie zwar einen invasiven und in Bezug auf Personal und Equipment aufwändigen Eingriff dar. Nach eigenen Erfahrungen ist die klassische Extraktionsmethode jedoch aufgrund der oben angeführten Komplikationsrisiken insbesondere für das Meerschweinchen keine adäquate Therapieoption. Die vorliegende Evaluation (Studie 2) hingegen konnte zeigen, dass erkrankte Unterkieferschneidezähne vollständig innerhalb eines Eingriffs via ventraler Mandibula-Trepanation entfernt werden können.

Die **Extraktion von Backenzähnen** beim Meerschweinchen wird ebenfalls häufig thematisiert. Viele Autoren weisen darauf hin, dass es sich insbesondere bei der **intraoralen Extraktionsmethode** mit Luxatoren aufgrund der engen und kleinen Maulhöhle um ein schwieriges Unterfangen handelt [1,4,8,16–18,28,33,39]. Mithilfe einer **Bukkotomie** sollen zwar die Übersicht und der Arbeitsradius verbessert werden. Jedoch birgt diese Methode ein erhöhtes Blutungsrisikos und die Gefahr der komplizierten Wundheilung, so dass sie nur eingeschränkt empfohlen wird [1,14,16,28]. Auch ein **extraoraler Zugang** im Bereich der Mandibula zur Backenzahnextraktion wird in der Literatur angeführt [1,8,12,14,16–18,26,28,33,36,39].

Weder für physiologische Backenzähne noch für Backenzahn-Makrodonten finden sich bisher Daten bezüglich Outcome und Langzeitprognose nach erfolgter Extraktion. Brettschneider [25] erwähnt zwar, dass durch die CT-Diagnostik Größe und Ausdehnung der von ihm detektierten Makrodonten erfasst werden konnten, so

4. Übergreifende Diskussion

dass in der Folge eine Extraktion bzw. Korrektur der Zähne vorgenommen werden konnte. Es finden sich aber keine Hinweise auf die durchgeführte Extraktionsmethode sowie ihren Ausgang. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen (Studie 1), dass Makrodonen hauptsächlich in den letzten Zahnpositionen (-10 und -11) vorzufinden sind. Dieser Umstand sowie die Tatsache, dass sie im Vergleich zu physiologischen Backenzähnen eine imposante Breite aufweisen, lassen den Schluss zu, dass ihre Extraktion über einen oralen Zugang noch zusätzlich erschwert sein muss. Zudem beschreibt Böhmer [26] oben erwähnte Strukturveränderungen der Schmelz- und Dentinhypoplasie der Schneidezahn-Makrodonen gleichermaßen für Makrodonen im Bereich der Backenzähne. So ist ebenso davon auszugehen, dass diese beim Extraktionsversuch frakturgefährdeter sein könnten. Aufgrund ihrer Breite bleibt nach der Extraktion außerdem eine vergleichsweise größere Wundhöhle zurück. Entsprechend ist davon auszugehen, dass sich ein ohnehin schon schwieriger oraler Gingivaverschluss noch problematischer und die Wundheilung möglicherweise langwieriger und komplizierter darstellen könnte.

4.7 Outcome der ventralen Mandibula-Trepanation

In der vorliegenden Arbeit wird die ventrale Mandibula-Trepanation zur Extraktion erkrankter mandibulärer Schneidezähne erstmalig als primärer Eingriff beschrieben und evaluiert (Studie 2). Somit ist ein Vergleich mit anderen Studien nicht möglich.

4.7.1 Durchführbarkeit

Es konnte dokumentiert werden, dass mit dieser Methode bei allen Patienten eine Extraktion erkrankter Unterkieferschneidezähne in toto möglich war. Es konnten weder intra operationem Frakturen der Alveole makroskopisch visualisiert noch im Anschluss an den Eingriff radiologisch detektiert werden. Im Gegensatz dazu finden sich Hinweise für ein Risiko von Zahn- und Alveolenfrakturen bei der Durchführung der Inzisivus-Extraktion mittels Luxatoren [8,12,15,28,30].

4. Übergreifende Diskussion

4.7.2 Futteraufnahmeverhalten und stationäre Aufenthaltsdauer

Alle betrachteten Patienten wiesen anamnestisch eine eingeschränkte bis fehlende Futteraufnahme auf. Typischerweise wurde von einem Interesse am Futter, aber einem Unvermögen des Abbeißen berichtet. Hein [22] wies darauf hin, dass diese Pseudoanorexie auch klassisch für das Vorliegen von Zahnerkrankungen bei Kaninchen ist. Die vorliegende Studie (Studie 2) zeigt, dass die Tiere nach dem Eingriff im Mittel zwei Tage später wieder Futter aufnahmen (siehe Tab. 3, Manuskript 2). Auch Osofsky und Verstraete [28] sowie Capello [17] schildern die Erfahrung, dass Meerschweinchen nach einer Zahnbehandlung zunächst einer assistierten Fütterung bedürfen und nicht wie das Kaninchen sofort wieder eigenständig Futter aufnehmen. Einen exakten Zeitrahmen führen die Autoren jedoch nicht an.

Des Weiteren sagt Capello [17] aus, ohne jedoch konkrete Zahlen zu nennen, dass eine vergleichsweise längere Erholungsphase nach Zahnbehandlungen für Meerschweinchen nicht unüblich ist. In der eigenen Untersuchung konnte diesbezüglich die Erfahrung gemacht werden, dass die Patienten nach durchschnittlich zwei Tagen in die häusliche Pflege entlassen werden konnten (siehe Tab. 3, Manuskript 2).

4.7.3 Letalität

Während des Eingriffs (n=2) bzw. kurze Zeit danach innerhalb der stationären Betreuungsphase (n=3) verstarben insgesamt fünf Patienten. In einer Studie von Brodbelt et al. [74] wurde das Risiko für ein Versterben von Kaninchen und Meerschweinchen während einer Sedation oder Allgemeinanästhesie bis zu 48 Stunden post OP evaluiert. Dieses lag im Vergleich mit den verstorbenen Patienten dieser Studie in einem ähnlichen Rahmen. Laut Anamnese litten alle Patienten der Studie unter einer reduzierten oder gar fehlenden Futteraufnahme. Der damit einhergehende Gewichtsverlust führt häufig zu einer Hepatolipidose mit eingeschränkter Leberfunktion. Schon nach 48 Stunden der Futterverweigerung stellen sich mitunter gravierende Leberveränderungen bei übergewichtigen Meerschweinchen ein [29,32,75]. Dementsprechend sind Patienten mit einer

4. Übergreifende Diskussion

anamnestisch länger andauernden (Pseudo-)Anorexie stets als Notfall anzusehen und die unverzügliche assistierte Fütterung wird empfohlen [75,76]. Böhmer [76] spricht diesen Patienten auch ein erhöhtes Narkoserisiko zu.

4.7.4 Kieferfrakturen

In der Nachbehandlungsphase dieser Studie (Studie 2) kam es bei zwei Meerschweinchen zu Kieferfrakturen der Mandibula. In beiden Fällen blieb die Ursache der Fraktur ungeklärt. Denkbare Ätiologien sind die Entstehung von Fissuren intra OP, welche übersehen worden waren sowie Traumata, welche sich post OP abspielten. Bei der beschriebenen Operationsmethode wird während der Trepanation der ventrale Anteil des Alveolarknochens des mandibulären Inzisivus abgetragen. Dadurch ist die Mandibula in diesem Bereich nun fragiler und mutmaßlich frakturgefährdeter. So könnten diese Frakturen aufgrund der Schwächung des Knochens möglicherweise bei unbeobachteten Unfällen wie Stürzen im Gehege des Tieres oder aber im Rahmen der assistierten Fütterung durch die Besitzer sowie beim Handling bei den Wundkontrollen bzw. –behandlungen entstanden sein. Die Besitzer lehnten in der Folge eine weitere Therapie ab und die Tiere wurden euthanasiert. Diesbezüglich berichtet Capello [77], dass operationsassoziierte Mandibula-Frakturen nicht zwangsläufig mit einem schlechten Behandlungsergebnis verbunden sind. In Übereinstimmung damit führt Böhmer [78] an, dass Unterkieferfrakturen, die im Rahmen einer Abszesstherapie mit Zahnextraktion iatrogen entstanden sind, oftmals zufriedenstellend abheilen.

4.7.5 Ausheilung

Die vorliegende Studie (Studie 2) zeigt, dass die Dauer bis zur Ausheilung der Patienten sehr unterschiedlich war. Sie betrug im Durchschnitt fünfeinhalb Wochen, wobei eine Spannweite von neun bis 98 Tagen (entspricht 14 Wochen) dokumentiert wurde (siehe Tab. 3 und Abb. 11, Manuskript 2). Eine Erklärung dieses Umstands findet sich sicherlich in den unterschiedlichen Schweregraden des Erkrankungsbildes der einzelnen Tiere. So waren solitäre reaktionslose Makrodonten bis hin zu hochgradigen Inzisivus-Veränderungen mit Abszessbildung und Osteomyelitis sowie

4. Übergreifende Diskussion

Involvierung der Nachbarzähne ursächlich für die Zahnextraktion. In Bezug auf die Ausheilungsrate von Patienten ohne Kieferabszess zu jenen mit Kieferabszess wurden nahezu keine Unterschiede festgestellt. Die Ausheilungsrate betrug 70% beziehungsweise 67 %. Es konnte jedoch festgestellt werden, dass die durchschnittliche Ausheilungsdauer bei Patienten mit Kieferabszess mit 47 Tagen vergleichsweise länger war. Meerschweinchen ohne Kieferabszess wiesen dagegen eine Rekonvaleszenz von durchschnittlich 34 Tagen auf (siehe Tabelle 4, Manuskript 2). Capello [77] berichtet von einer Ausheilungsdauer von zwei bis vier Wochen nach ähnlicher chirurgischer Versorgung periapikaler Infektionen bei Kaninchen. Nagern hingegen spricht er diesbezüglich generell eine vorsichtige bis schlechte Prognose zu [17,77]. In einem Fallbericht über die chirurgische Behandlung eines odontogenen, retromassetär liegenden Abszesses ausgehend vom letzten rechten Unterkieferbackenzahn (411) dokumentieren Capello und Lennox [65] eine einmonatige Ausheilungsdauer. Diese liegt in einem vergleichbaren Zeitrahmen zur vorliegenden Untersuchung, wobei zu bedenken ist, dass die anatomischen Gegebenheiten und damit der chirurgische Zugang der im Fallbericht beschriebenen Lokalisation vergleichsweise komplizierter einzustufen ist.

In der vorliegenden Studie wurden zudem Fälle einer verzögerten Wundheilung aufgrund von Knochensequestern (fünf Fälle) und persistierender Infektion des Wundbereichs (vier Fälle) festgestellt. Nach Entfernung der Knochensequester bei der regelmäßigen Wundkontrolle bzw. nach erfolgter Wundrevision konnte jedoch eine unproblematische Abheilung beobachtet werden. Dies deckt sich mit den Erfahrungen anderer Autoren, die eine vollständige Entfernung jeglicher infizierter Knochen- sowie Gewebeanteile als essentiell für eine erfolgreiche Ausheilung erachten [27,38,77,79].

Ein weiterer Grund für die große Spannweite der Ausheilungsdauer könnte auch darin zu finden sein, dass in vielen Fällen die Patientenbesitzer eine mikrobiologische Untersuchung zur Keimbestimmung und Resistenzprüfung ablehnten. Somit blieben in 22 Fällen das vorhandene Keimspektrum und das Antibiotikum der Wahl unklar. Nicht zuletzt spielen auch die Erfahrung sowie die Technik der Operateure eine entscheidende Rolle für das Outcome. So konnte eine

4. Übergreifende Diskussion

Verkürzung der Ausheilungsdauer im Verlauf der Studie beobachtet werden, als die Methode der ventralen Trepanation der Mandibula zur Routine wurde.

4.7.6 Langfristige Betrachtung

In der sechsmonatigen Verlaufsbeobachtung konnten in dieser Studie keine erneuten zahnassoziierten Erkrankungen der Patienten festgestellt werden und somit eine Erfolgsquote von 68% für eine Ausheilung ermittelt werden. Wie bereits oben erwähnt kann in Ermangelung ähnlicher Studien kein Vergleich hergestellt werden. Dennoch unterstreicht dieses Ergebnis, dass die ventrale Trepanation der Mandibula zur Extraktion erkrankter Unterkieferschneidezähne beim Meerschweinchen eine vielversprechende, kurative Operationsmethode und sinnvolle Alternative zur klassischen Extraktionsmethode darstellt.

4.8 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können den vorherigen subjektiven Eindruck des häufigen Vorkommens von Makrodonten bei Meerschweinchen mit Zahnerkrankung im eigenen Patientengut bestätigen. Es konnte dokumentiert werden, dass diese Form der Zahnveränderung bei Meerschweinchen mit einer Zahnerkrankung deutlich häufiger auftritt als bislang angenommen und beschrieben. Die systematische Auswertung von Röntgenaufnahmen zeigt, dass sich Makrodonten neben ihrer oftmals imposanten Breitenzunahme zusätzlich durch einen röntgenologisch detektierbaren Strukturverlust auszeichnen. Betroffen von diesen Veränderungen sind hauptsächlich die mandibulären Schneidezähne sowie die beiden letzten Backenzähne (Zahnposition -10 und -11).

Des Weiteren konnte eine praxisrelevante Operationsmethode zur Extraktion erkrankter mandibulärer Unterkieferschneidezähne des Meerschweinchens vorgestellt werden. Diese ist im Vergleich zur klassischen Extraktion mittels Luxatoren zwar invasiv und stellt höhere Anforderungen an den personellen Aufwand und das Equipment. Die Evaluation ihres klinischen Outcomes konnte jedoch zeigen,

4. Übergreifende Diskussion

dass erkrankte mandibuläre Unterkieferschneidezähne in allen Fällen vollständig innerhalb eines Eingriffs extrahiert werden konnten. Ein Verbleib von Zahnfragmenten in der Alveole als Folge von Zahnfrakturen, wie es als Komplikation für die klassische Extraktion mittels Luxatoren beschrieben ist, wurde nicht nachgewiesen. In Hinblick auf die Ausheilungsrate nach erfolgter ventraler Mandibula-Trepanation scheint das Vorliegen von Kieferabszessen keine Rolle zu spielen. Es konnte jedoch eine längere Rekonvaleszenz bei Patienten mit Kieferabszess festgestellt werden, im Vergleich zu Tieren ohne Kieferabszess.

Sowohl die Studie zur Prävalenz und Beschreibung von Makrodonten als auch die Studie zur Evaluierung der Operationsmethode der ventralen Mandibula-Trepanation stellen die ersten Arbeiten dieser Art dar. Deswegen ist ein Vergleich zu anderen oder ähnlichen Studien nicht möglich.

Es gibt sicherlich eine Vielzahl weiterer Fragstellungen rund um den Themenkomplex der Makrodonie des Meerschweinchens, aber auch zur weiteren Bewertung der in dieser Arbeit vorgestellten Extraktionsmethode, die Ziel weiterer Untersuchungen sein sollten.

Vor allem interessant wäre die Aufklärung der Ätiologie der Makrodonie, um daraus in der Zukunft möglicherweise auch eine kausale oder sogar prophylaktische Therapie ableiten zu können. Eine mögliche kurative Therapie wäre die Extraktion von Makrodonten, jedoch liegen bislang – vor allem in Bezug auf die Backenzähne – keine verlässlichen Daten zur Prognose, zum Verlauf oder zur Häufigkeit von Rezidiven vor.

Während der Auswertung der Röntgenaufnahmen zur Evaluation der Makrodonie wurde die Erfahrung gemacht, dass diese subjektiv betrachtet am besten anhand der Projektionen nach Böhmer zur isolierten Darstellung des Ober- bzw. Unterkiefers detektierbar sind. Studien, die einen Vergleich dieser Projektionen mit den bisher als Goldstandard postulierten Projektionen (Strahlengang laterolateral, lateral-verkippt linksanliegend sowie rechtsanliegend, dorsoventral, rostrokaudal) in Bezug auf die

4. Übergreifende Diskussion

Erkennbarkeit von Befunden zum Thema haben, wären wünschenswert. Auch interessant wäre in diesem Zusammenhang ein Abgleich der durch die Bildgebung erhobenen Befunde mit histopathologischen Untersuchungen.

Durch diese Arbeit wurde das Vorkommen von Makrodonten im Patientengut der zahnerkrankten Meerschweinchen beleuchtet. Es fehlen jedoch bislang Erkenntnisse zur generellen Prävalenz in der Meerschweinchenpopulation. Anhand der gewonnenen Ergebnisse dieser Studie kann die Hypothese aufgestellt werden, dass es sich bei der Makrodonie des Meerschweinchens möglicherweise um ein progressives Syndrom, vergleichbar mit der PSADD des Kaninchens, handeln könnte. Verlaufsstudien, die Patienten mit Makrodonie verfolgen und so eine Evaluation der Entwicklung von Befunden über die Zeit ermöglichen, könnten bei Klärung dieser Fragestellung sicherlich hilfreich sein.

In Bezug auf die Extraktion erkrankter mandibulärer Unterkieferschneidezähne beim Meerschweinchen sind Folgestudien einerseits interessant wie gleichermaßen sinnvoll. Vor dem Hintergrund der neuen Erkenntnis, dass beim Meerschweinchen hauptsächlich die Inzisivi des Unterkiefers von Makrodonie betroffen sind und somit in den Fokus einer tierärztlichen Behandlung rücken, ist es von großer Bedeutung, die Extraktionsmethode mit den besten Erfolgsaussichten im Sinne des Tierwohls zu finden. Folglich sollten weitere Studien einerseits den direkten Vergleich der klassischen Extraktionsmethode mittels Luxatoren mit der ventralen Mandibula-Trepanation zum Thema haben. Andererseits bietet die Methode der ventralen Mandibula-Trepanation selbst weitere Ansätze zur Forschung. So gibt es bisher keine Daten in Bezug auf die Nachbehandlungstechniken (offene Wundbehandlung = Marsupialisierung vs. teil-offene Wundbehandlung = Wundtamponade vs. direkter Wundverschluss), die eine Ableitung der optimalen Versorgung für die Praxis ermöglichen.

5. Zusammenfassung

Sandra Witt (2021)

Studien zur Prävalenz der Makrodonie und Evaluation eines neuen Therapieansatzes bei mandibulären Inzisivus-Erkrankungen der Meerschweinchen (*Cavia porcellus* L.)

Die als Liebhabertiere gehaltenen Meerschweinchen leiden häufig unter Zahnerkrankungen. Es werden viele Ätiologien für die Entwicklung dieser in der gängigen Literatur angeführt. Im eigenen Patientengut der zahnerkrankten Meerschweinchen traten in der Vergangenheit nach subjektivem Empfinden gehäuft Makrodonen auf. In der Literatur hingegen kam ihnen bisher wenig Bedeutung zu. Auch wurden mit den bislang postulierten Therapieoptionen insbesondere in Bezug auf primäre Erkrankungen der Unterkieferschneidezähne des Meerschweinchens unbefriedigende Erfahrungen gemacht. Deswegen wurde zur Extraktion dieser Zähne die Operationsmethode der ventralen Mandibula-Trepanation, welche laut Literatur bislang als sekundärer Eingriff nach missglückter klassischer Extraktion mittels Luxatoren erwähnt wird, als primärer Therapieweg in der Klinik für Heimtiere, Reptilien und Vögel der Tierärztlichen Hochschule Hannover etabliert. Ziel der vorliegenden Promotionsarbeit war es einerseits, herauszufinden in welcher Prävalenz Makrodonen tatsächlich im Patientengut der zahnerkrankten Meerschweinchen vorkommen. Dabei sollten die röntgenologisch auffälligen Veränderungen der Makrodonen erfasst sowie eine röntgenologische Beschreibung dieser erarbeitet werden. Andererseits sollte die ventrale Mandibula-Trepanation zur Extraktion erkrankter Unterkieferschneidezähne des Meerschweinchens, in Ermangelung detaillierter Beschreibungen des Operationsherganges bis dato, nachvollziehbar beschrieben und das klinische Outcome evaluiert werden. In der ersten Studie wurden die Patientendaten von 131 Meerschweinchen mit klinisch und röntgenologisch (laterolateraler, lateral-verkippt linksanliegender und rechtsanliegender, rostrokaudaler sowie dorsoventraler Strahlengang, des Weiteren isolierte Darstellungen des Unter- und Oberkiefers) bestätigter Zahnerkrankung

5. Zusammenfassung

retrospektiv ausgewertet. Jeder Zahn wurde röntgenologisch beurteilt und als verändert dokumentiert, wenn eine Veränderung der Zahnbreite, der Zahnstruktur, des Periodontalspalt, der Lamina dura des Alveolarknochens und - bei den Schneidezähnen - der Pulpahöhle vorlag. Ein besonderes Augenmerk wurde auf Zahnverbreiterungen (=Makrodonzie) gelegt.

Die zweite Veröffentlichung veranschaulicht den Operationsgang der ventralen Mandibula-Trepanation zur Extraktion erkrankter Unterkieferinzisivi des Meerschweinchen. Es wurden die Patientendaten von 40 Meerschweinchen, die aufgrund einer primären mandibulären Inzisivus-Erkrankung mittels angeführter Methode operiert wurden, retrospektiv in Bezug auf die Indikation der Extraktion sowie das klinische Outcome evaluiert.

In der ersten Studie konnte ermittelt werden, dass die Mehrheit aller zahnerkrankten Meerschweinchen (89% = 116/131) mindestens einen Makrodonzen aufwies. Es waren mehr als die Hälfte der als verändert gewerteten Zähne (58% = 246/422) Makrodonzen. Insgesamt wurden 54 Schneidezähne und 192 Backenzähne anhand ihrer röntgenologisch detektierbaren Verbreiterung als Makrodonz eingestuft.

Hauptsächlich waren Unterkieferschneidezähne (87% = 47/54) sowie die Backenzähne der letzten beiden Zahnpositionen (91% = 175/192) von Makrodonzie betroffen. Des Weiteren konnte dokumentiert werden, dass 97% aller Makrodonzen (238/246) neben der teils imposanten Verbreiterung zudem einen Strukturverlust aufwiesen. Veränderungen des Periodontalspalt wurden bei 76% (118/246) der Makrodonzen festgestellt. Die Lamina dura des Alveolarknochens war in 46% (113/246) der Fälle verändert. Bei 80% (43/54) der Schneidezahn-Makrodonzen lagen Anomalien der Pulpahöhle vor.

Die zweite Studie ergab, dass insgesamt 42 Unterkieferschneidezähne via ventraler Mandibula-Trepanation extrahiert wurden. Mehrheitlich waren Makrodonzen (25/42), gefolgt von periapikalen und alveolären Veränderungen (8/42), der Grund für die Extraktion. In weitaus geringerem Ausmaß lagen Zahnresiduen unklarer Genese (4/42), sowie nach fehlgeschlagenem konventionellem Extraktionsversuch (3/42) und traumatische Zahnlockerungen (2/42) vor. Kieferabszesse, die mit dem zu extrahierenden Inzisivus assoziiert waren, lagen in 40% (16/40) der Fälle vor. Bei

5. Zusammenfassung

40% (16/40) der Meerschweinchen war die Inzisivus-Erkrankung der Auslöser für eine therapiebedürftige sekundäre Elongation der Backenzähne. Bei allen Patienten war eine vollständige Extraktion der veränderten Unterkieferschneidezähne möglich. Sowohl eine eigenständige Futteraufnahme als auch die Entlassung in die häusliche Pflege konnten nach durchschnittlich zwei Tagen dokumentiert werden. Eine Ausheilung wurde nach durchschnittlich 39 Tagen (Minimum 9 Tage, Maximum 98 Tage) festgestellt. Die Differenzierung nach dem Vorliegen eines Kieferabszesses ergab, dass Patienten mit Kieferabszess im Mittel eine vergleichsweise längere Rekonvaleszenz (47 Tage) hatten, als jene Patienten ohne Kieferabszess (34 Tage). Auf die Ausheilungsrate hatte das Vorhandensein eines Kieferabszesses hingegen keinen nennenswerten Einfluss. Ein halbes Jahr nach dem Eingriff wiesen die noch zu evaluierenden 22 Patienten keine erneuten zahnassoziierten Beschwerden auf. Die vorliegende Arbeit konnte somit zum einen zeigen, dass eine Makrodonkie viel häufiger auftritt als bisher dokumentiert und einen häufigen röntgenologischen Befund bei Meerschweinchen mit Zahnerkrankungen darstellt, welcher sich röntgenologisch durch eine Zahnverbreiterung und einen Strukturverlust auszeichnet. Zum anderen wurde gezeigt, dass eine vollständige Extraktion erkrankter Unterkieferschneidezähne via ventraler Trepanation der Mandibula möglich ist und damit einen kurativen Eingriff mit guter Ausheilungsprognose darstellt.

6. Summary

Sandra Witt (2021)

Studies on the prevalence of macrodontia and evaluation of a new therapeutic approach for mandibular incisor diseases in guinea pigs (*Cavia porcellus L.*)

Guinea pigs kept as pets often suffer from dental diseases. Many aetiologies for the development of these are cited in the current literature. In our own patient population of guinea pigs with dental diseases, macrodonts have been subjectively perceived to occur rather frequently. In the literature, however, they have so far been given little importance.

In addition, unsatisfactory experiences have been made with the previously postulated treatment options, especially with regard to primary diseases of guinea pig mandibular incisors. Therefore, the surgical method of ventral mandibular trepanation was established as primary therapeutic approach for extraction of these teeth in the Clinic for Pets, Reptiles and Birds at the University of Veterinary Medicine Hannover. According to the literature, this method has to date only been mentioned as a secondary intervention after unsuccessful classical extraction by means of luxators. The aim of the present thesis was to investigate the actual prevalence of macrodonts in guinea pigs with dental disease. For this purpose, the radiographically conspicuous changes of macrodonts were to be recorded and a radiographic description of these elaborated. Furthermore, since detailed descriptions of the surgical procedure were not available, the ventral mandibular trepanation for extraction of diseased mandibular incisors in guinea pigs were to be described in a comprehensible way and the clinical outcome evaluated.

In the first study, patient data from 131 guinea pigs with clinically and radiographically confirmed dental disease (laterolateral, oblique, rostrocaudal, dorsoventral and isolated views of the mandible and maxilla) were analysed retrospectively. Each tooth was radiographically evaluated and documented as changed if there was a change in tooth width, tooth structure, periodontal ligament space, lamina dura of the

6. Summary

alveolar bone and, in the case of incisors, the pulp cavity. Special focus was placed on tooth expansion (= macrodontia).

The second publication illustrates the surgical procedure of ventral mandibular trepanation for extraction of diseased guinea pig mandibular incisors. In addition, the patient data of 40 guinea pigs treated for primary mandibular incisor disease using the method described were retrospectively evaluated in terms of the indication for extraction and the clinical outcome.

The first study revealed that the majority of all guinea pigs with dental disease (89% = 116/131) had at least one macrodont. More than half of the altered teeth (58% = 246/422) were macrodents. A total of 54 incisors and 192 molars were classified as macrodents based on their radiographically detectable expansion. Mainly mandibular incisors (87% = 47/54) and the cheek teeth of the last two tooth positions (91% = 175/192) were affected by macrodontia. Furthermore, it was documented that 97% of all macrodents (238/246) showed a structural loss in addition to the partly imposing expansion. Changes in the periodontal ligament space were found in 76% (118/246) of the macrodents. The lamina dura of the alveolar bone was altered in 46% (113/246) of cases. Pulp cavity abnormalities were present in 80% (43/54) of incisor macrodents.

The second study revealed that a total of 42 mandibular incisors were extracted via ventral mandibular trepanation. Macroducts were the main reason for extraction (25/42), followed by periapical and alveolar lesions (8/42). Tooth residues of unclear origin (4/42), as well as those following a failed conventional extraction attempt (3/42) and traumatic tooth loosening (2/42) were present to a much lesser extent. Jaw abscesses associated with an incisor to be extracted were present in 40% (16/40) of cases. In 40% (16/40) of guinea pigs, the incisor disease was the underlying cause of secondary elongation of cheek teeth requiring treatment. In all patients, complete extraction of the altered mandibular incisors was possible. Both independent feed intake and discharge to home care were documented after an average of two days. Healing was observed after an average of 39 days (minimum 9 days, maximum 98 days). The differentiation according to the presence of a jaw abscess yielded an average convalescence time of 47 days for patients with a jaw abscess compared to

6. Summary

patients without a jaw abscess (34 days). However, the presence of a jaw abscess had no noticeable influence on the healing rate. Six months after surgery, no further tooth-associated complaints were observed in the remaining 22 patients.

Correspondingly, the present thesis was able to demonstrate that macrodontia occurs much more frequently than previously documented and represents a common radiographic finding in guinea pigs with dental disease, which is characterised by expansion and structural loss of the teeth.

Furthermore, it was shown that complete extraction of diseased mandibular incisors via ventral trepanation of the mandible is possible and thus represents a curative procedure with good healing prognosis.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Verhaert L. Dental diseases in lagomorphs and rodents. In: Gorrel C, Hrsg. *Veterinary dentistry for the general practitioner*. Saunders; 2004: 175–196. doi:10.1016/b978-0-7020-2747-5.50017-7
- [2] Böhmer E. Röntgendiagnostik bei Zahn- sowie Kiefererkrankungen der Hasenartigen und Nager. Teil 1: Tierartspezifische Zahn- und Kieferanatomie sowie Pathologie, Indikationen für die Röntgendiagnostik. *Tierärztl Prax K* 2001; 29: 316–327
- [3] Crossley DA. Clinical aspects of rodent dental anatomy. *J Vet Dent* 1995; 12: 131–135. doi:10.1177/089875649501200403
- [4] Wiggs RB, Lobprise HB. Dental disease in rodents. *J Vet Dent* 1990; 7: 6–8. doi:10.1177/089875649000700305
- [5] Cooper G, Schiller AL. The Skeletal System. In: *Anatomy of the Guinea Pig*. Harvard Univ. Press; 1975: 17–70
- [6] Hunt AM. A description of the molar teeth and investing tissues of normal guinea pigs. *J Dent Res* 1959; 38: 216–231. doi:10.1177/00220345590380020301
- [7] Holmstedt JOV, McClugage SG. Osteodentin formation in continuously erupting teeth of guinea pigs. *J Dent Res* 1977; 56: 1569–1576. doi:10.1177/00220345770560122801
- [8] Legendre L. Small Mammal Oral and Dental Diseases. In: Lobprise HB, Dodd JR (Bert), Hrsg. *Wiggs's Veterinary Dentistry*. Hoboken, NJ: Wiley; 2019: 463–480. doi:10.1002/9781118816219.ch21
- [9] Crossley DA. Rodent and Rabbit Radiology. In: DeForge DH, Colmery BH, Hrsg. *An Atlas of Veterinary Dental Radiology*. Ames; USA: Iowa State University Press; 2000: 247–259

7. Literaturverzeichnis

- [10] Habermehl K-H. Die Altersbestimmung bei Haus- und Labortieren. Berlin: Parey; 1975
- [11] Keil A. Grundzüge der Odontologie: allgemeine und vergleichende Zahnkunde als Organwissenschaft. 2. Aufl. Berlin-Nikolassee: Borntraeger; 1966
- [12] Legendre LFJ. Oral disorders of exotic rodents. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract* 2003; 6: 601–628. doi:10.1016/S1094-9194(03)00041-0
- [13] Gracis M. Clinical technique: normal dental radiography of rabbits, guinea pigs, and chinchillas. *J Exot Pet Med* 2008; 17: 78–86. doi:10.1053/j.jepm.2008.03.004
- [14] Verstraete FJM. Advances in diagnosis and treatment of small exotic mammal dental disease. *Semin Avian Exot Pet Med* 2003; 12: 37–48. doi:10.1053/saep.2003.127877
- [15] Böhmer E. Extraktion von Schneidezähnen bei Kaninchen und Nagern – Indikationen und Technik. *Tierärztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2003; 31: 51–62. doi:10.1055/s-0037-1622370
- [16] Wiggs RB, Lobprise HB. Prevention and Treatment of Dental Problems in Rodents and Lagomorphs. In: Crossley DA, Penman S, Hrsg. *Manual of Small Animal Dentistry*. British Small Animal Veterinary Association; 1995: 84–95
- [17] Capello V, Lennox AM. Chapter 32: Small Mammal Dentistry. In: Quesenberry KE, Carpenter JW, Hrsg. *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery*. St. Louis, Mo: Elsevier/Saunders; 2012: 452–468. doi:10.1016/B978-1-4160-6621-7.00032-4
- [18] Capello V. Diagnosis and treatment of dental disease in pet rodents. *J Exot Pet Med* 2008; 17: 114–123. doi:10.1053/j.jepm.2008.03.010

7. Literaturverzeichnis

- [19] Isenbügel E, Frank W. Meerschweinchen. In: Heimtierkrankheiten. Stuttgart: Ulmer Verlag; 1985: 17–47
- [20] Tamura Y. Current approach to rodents as patients. *J Exot Pet Med* 2010; 19: 36–55. doi:10.1053/j.jepm.2010.01.014
- [21] Minarikova A, Hauptman K, Jeklova E, et al. Diseases in pet guinea pigs: a retrospective study in 1000 animals. *Vet Rec* 2015; 177: 200–200. doi:10.1136/vr.103053
- [22] Hein J. Anorexie beim Kaninchen – diagnostische Aufarbeitung und erster therapeutischer Ansatz. *Tierärztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2009; 37: 129–138. doi:10.1055/s-0038-1622782
- [23] Schweda MC, Hassan J, Bohler A, et al. The role of computed tomography in the assessment of dental disease in 66 guinea pigs. *Vet Rec* 2014; 175: 538–538. doi:10.1136/vr.101469
- [24] Jekl V, Hauptman K, Knotek Z. Quantitative and qualitative assessments of intraoral lesions in 180 small herbivorous mammals. *Vet Rec* 2008; 162: 442–449. doi:10.1136/vr.162.14.442
- [25] Brettschneider J. Computertomographie bei Heimtieren [Dissertation]. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 2001
- [26] Böhmer E. Chapter 10: Changes of the Cheek Teeth. In: *Dentistry in Rabbits and Rodents*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 153–212. doi:10.1002/9781118802557.ch10
- [27] Gabriel S. 19.2 Erkrankungen des Meerschweinchens. In: *Praxisbuch Zahnmedizin beim Heimtier*. Stuttgart: Enke Verlag; 2015: 137–150. doi:10.1055/b-0036-134806

7. Literaturverzeichnis

- [28] Osofsky A, Verstraete F. Dentistry in pet rodents. *Compend Contin Educ Pract Vet* 2006; 28: 61–73
- [29] Minarikova A, Fictum P, Zikmund T, et al. Dental disease and periodontitis in a guinea pig (*Cavia porcellus*). *J Exot Pet Med* 2016; 25: 150–156.
doi:10.1053/j.jepm.2016.03.014
- [30] Böhmer E. Chapter 9: Diseases of the Incisors. In: *Dentistry in Rabbits and Rodents*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 118–152.
doi:10.1002/9781118802557.ch9
- [31] Legendre L. Oral examination and occlusal equilibration in rodents and lagomorphs. *J Vet Dent* 2011; 28: 52–57. doi:10.1177/089875641102800113
- [32] Hawkins MG, Bishop CR. Chapter 23: Disease Problems of Guinea Pigs. In: *Quesenberry KE, Carpenter JW, Hrsg. Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery*. St. Louis, Mo: Elsevier/Saunders; 2012: 295–306.
doi:10.1016/b978-1-4160-6621-7.00023-3
- [33] Wiggs RB, Lobprise HB. Dental and Oral Diseases in Rodents and Lagomorphs. In: *Wiggs RB, Lobprise HB, Hrsg. Veterinary Dentistry: Principles and Practice*. Philadelphia, PA 19106-3780; USA: Lippincott-Raven Publishers; 1997: 518–537
- [34] Steenkamp G, Crossley DA. Incisor tooth regrowth in a rabbit following complete extraction. *Vet Rec* 1999; 145: 585–586. doi:10.1136/vr.145.20.585
- [35] Brown SA. Surgical removal of incisors in the rabbit. *J Small Exot Anim Med* 1992; 1: 150–153
- [36] Legendre L. Rodent and lagomorph tooth extractions. *J Vet Dent* 2012; 29: 204–209. doi:10.1177/089875641202900315

7. Literaturverzeichnis

- [37] Harcourt-Brown F. Diagnosis, treatment and prognosis of dental disease in pet rabbits. In *Pract* 1997; 19: 407–427. doi:10.1136/inpract.19.8.407
- [38] Capello V. Diagnosis and treatment of dental disease in pet rabbits and rodents: a review. *J Exot Mammal Med Surg* 2004; 2: 5–12
- [39] Gabriel S. Molarenextraktion bei Heimtieren – Indikation und Technik. *Kleintier Konkret* 2016; 19: 18–22. doi:10.1055/s-0042-109907
- [40] Triadan H. Veterinary dentistry: tooth preservation (cavity therapy with „composite materials“ and endodontics) in monkeys. *Schweiz Arch Tierheilkd* 1972; 114: 292–316
- [41] Böhmer E. Chapter 4: Clinical Examination. In: *Dentistry in Rabbits and Rodents*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 35–48. doi:10.1002/9781118802557.ch4
- [42] Minarikova A, Hauptman K, Knotek Z, et al. Microbial flora of odontogenic abscesses in pet guinea pigs. *Vet Rec* 2016; 179: 331–331. doi:10.1136/vr.103551
- [43] Böhmer E. Chapter 1: Dental Treatment of Small Mammals - Development and Aims. In: *Dentistry in Rabbits and Rodents*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 1–4. doi:10.1002/9781118802557.ch1
- [44] Boyle PE. The effect of ascorbic acid deficiency on enamel formation in the teeth of guinea pigs. *Am J Pathol* 1938; 14: 843. doi:10.1177/00220345590380020401
- [45] Williams CSF. *Practical guide to laboratory animals*. Mosby; 1976
- [46] Reiter AM. Pathophysiology of dental disease in the rabbit, guinea pig, and chinchilla. *J Exot Pet Med* 2008; 17: 70–77. doi:10.1053/j.jepm.2008.03.003

7. Literaturverzeichnis

- [47] Gabriel S. 4.3 Pathophysiologie der Rodentia. In: Zahnerkrankungen bei Meerschweinchen: Diagnostik und praxisgerechte Behandlung. Stuttgart: Enke Verlag; 2009: 35–39. doi:10.1055/b-0036-134790
- [48] Sivapathasundharam B. Chapter 1: Developmental Disturbances of Oral and Paraoral Structures. In: Shafer's Textbook of Oral Pathology - E Book. Elsevier Health Sciences; 2016: 38–39
- [49] Dugmore CR. Bilateral macrodontia of mandibular second premolars: a case report. Int J Paediatr Dent 2001; 11: 69–73. doi:10.1046/j.1365-263x.2001.00215.x
- [50] Pavlica Z, Erjavec V, Petelin M. Teeth abnormalities in the dog. Acta Vet Brno 2001; 70: 65–72. doi:10.2754/avb200170010065
- [51] Aalderink MT, Nguyen HP, Kass PH, et al. Dental and temporomandibular Joint pathology of the eastern pacific harbour seal (*Phoca vitulina richardii*). J Comp Pathol 2015; 152: 335–344. doi:10.1016/j.jcpa.2015.02.003
- [52] Tutt C. Chapter 1: Tooth Development (Odontogenesis). In: Small Animal Dentistry: A Manual of Techniques. John Wiley & Sons; 2008: 7
- [53] Böhmer E. Zahnheilkunde bei Kaninchen und Nagern. Lehrbuch und Atlas. 1. Auflage. Stuttgart: Schattauer; 2011
- [54] Gabriel S. Zahnkorrekturen bei Kaninchen und Meerschwein mit den DiaSecur-Sicherheitsschleifern nach Dr. Gabriel Albrecht Fachpraxis 2010; 58: 18–21
- [55] Jekl V, Knotek Z. Evaluation of a laryngoscope and a rigid endoscope for the examination of the oral cavity of small mammals. Vet Rec 2007; 160: 9–13. doi:10.1136/vr.160.1.9
- [56] Gabriel S. Zahnerkrankungen bei Meerschweinchen: Diagnostik und praxisgerechte Behandlung. Enke Verlag; 2009

7. Literaturverzeichnis

- [57] Böhmer E. Röntgendiagnostik bei Zahn-sowie Kiefererkrankungen der Hasenartigen und Nager. Teil 2: Interpretation von Röntgenaufnahmen und tierartspezifische Fallbeispiele. *Tierärztl Prax* 2001; 29: 369–383
- [58] Köstlinger S. Vergleich der digitalen Röntgenuntersuchung mit der computertomographischen Untersuchung des Schädels bei zahnkranken Kaninchen [Dissertation]. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 2014
- [59] Böhmer E, Crossley D. Objective interpretation of dental disease in rabbits, guinea pigs and chinchillas: Use of anatomical reference lines. *Tierärztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2009; 37: 250–260. doi:10.1055/s-0038-1622802
- [60] Lennox AM. Diagnosis and treatment of dental disease in pet rabbits. *J Exot Pet Med* 2008; 17: 107–113. doi:10.1053/j.jepm.2008.03.008
- [61] Böhmer E. Chapter 5: Radiographic Examination. In: *Dentistry in Rabbits and Rodents*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 49–87. doi:10.1002/9781118802557.ch5
- [62] Böhmer E. Intraoral radiographic technique in lagomorphs and rodents. *Exot DVM* 2007; 9: 2–27
- [63] Regalado A, Legendre L. Full-mouth intraoral radiographic survey in rabbits. *J Vet Dent* 2017; 34: 190–200. doi:10.1177/0898756417723145
- [64] Capello V, Cauduro A. Clinical technique: application of computed tomography for diagnosis of dental disease in the rabbit, guinea pig, and chinchilla. *J Exot Pet Med* 2008; 17: 93–101. doi:10.1053/j.jepm.2008.03.006
- [65] Capello V, Lennox A. Advanced diagnostic imaging and surgical treatment of an odontogenic retromasseteric abscess in a guinea pig. *J Small Anim Pract* 2015; 56: 134–137. doi:10.1111/jsap.12249

7. Literaturverzeichnis

- [66] Souza MJ, Greenacre CB, Avenell JS, et al. Diagnosing a tooth root abscess in a guinea pig (*Cavia porcellus*) using micro computed tomography imaging. *J Exot Pet Med* 2006; 15: 274–277. doi:10.1053/j.jepm.2006.09.007
- [67] Westerhof I, Lumeij JT. Dental problems in rabbits, guinea pigs and chinchillas. *Tijdschr Diergeneeskd* 1987; 112: 6–10
- [68] Cope I, Saunders R, Crossley D, et al. Clipping rabbits' teeth. *Vet Rec* 2013; 173: 252–252. doi:10.1136/vr.f5524
- [69] Böhmer E. Chapter 8: Instruments for Examination and Treatment. In: *Dentistry in Rabbits and Rodents*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 107–117. doi:10.1002/9781118802557.ch8
- [70] Gabriel S. 20 Instrumente und Geräte. In: *Praxisbuch Zahnmedizin beim Heimtier*. Stuttgart: Enke Verlag; 2015: 162–170. doi:10.1055/b-0036-134807
- [71] Steenkamp G, Venter L, Crossley D, et al. Mandibular incisor apicoectomy in a canadian beaver. *J Vet Dent* 2009; 26: 164–167. doi:10.1177/089875640902600303
- [72] Fox RR, Crary DD. Mandibular prognathism in the rabbit: genetic studies. *J Hered* 1971; 62: 23–27. doi:10.1093/oxfordjournals.jhered.a108111
- [73] Legendre LFJ. Malocclusions in guinea pigs, chinchillas and rabbits. *Can Vet J* 2002; 43: 385–390
- [74] Brodbelt DC, Blissitt KJ, Hammond RA, et al. The risk of death: the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities. *Vet Anaesth Analg* 2008; 35: 365–373. doi:10.1111/j.1467-2995.2008.00397.x
- [75] Lichtenberger M, Lennox AM. Chapter 38: Emergency and Critical Care of Small Mammals. In: *Quesenberry KE, Carpenter JW, Hrsg. Ferrets, Rabbits, and*

Rodents: Clinical Medicine and Surgery. St. Louis, Mo: Elsevier/Saunders; 2012: 542. doi:10.1016/b978-1-4160-6621-7.00038-5

[76] Böhmer E. Chapter 7: Anaesthesia and Analgesia. In: Dentistry in Rabbits and Rodents. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 90–106. doi:10.1002/9781118802557.ch7

[77] Capello V. Clinical technique: treatment of periapical infections in pet rabbits and rodents. J Exot Pet Med 2008; 17: 124–131. doi:10.1053/j.jepm.2008.03.009

[78] Böhmer E. Chapter 13: Other Changes of the Jaw. In: Dentistry in Rabbits and Rodents. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 254–259. doi:10.1002/9781118802557.ch13

[79] Böhmer E. Chapter 11: Abscesses. In: Dentistry in Rabbits and Rodents. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015: 213–241. doi:10.1002/9781118802557.ch11

8. Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter/centimetres
CT	Computertomographie/computed tomography
d.h.	das heißt
e.g.	exempli gratia
et al.	et alii
g	Gramm/grams
h	Stunde
kg	Kilogramm
kV	Kilovolt/kilovolts
mAs	Milliamperesekunden/milliampereseconds
ml	Milliliter
mm	Millimeter/millimetres
n	Anzahl/number
OP	Operation/operationem
PSADD	progressive syndrome of aquired dental disease
SD	Standardabweichung
TiHo	Tierärztliche Hochschule
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
vs.	versus

9. Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Fehr dafür, dass ich diese Arbeit anfertigen durfte und er mich stets bei allen Fragestellungen und Problemen – auch noch im Ruhestand – so hervorragend unterstützt hat.

Herrn Prof. Dr. Brehm danke ich für die Begutachtung und Korrektur meiner Dissertation sowie für das angenehme Rigorosum.

Es ist schwer in Worte zu fassen wie sehr ich Saskia und Katharina danken möchte. Sie waren stets meine Mentorinnen und Vorbilder, haben mich mit ihrer Begeisterung und ihrem unbändigen Drang, Antworten und Lösungen zu finden, mit in den Bann insbesondere der Zahnheilkunde-Welt gezogen.

Saskia danke ich zudem für das Korrekturlesen und dafür, dass wir uns trotz vieler Herausforderungen gemeinsam durchgeboxt haben.

Vielen Dank an Benny, der durch seine hilfreichen Kommentare und Bastelkünste in der Phase der Veröffentlichung der Paper wesentlich zum Gelingen beigetragen hat.

Ich danke dem Team der Heimtierklinik für die Arbeitsentlastung während der Datensammlung und Schreibearbeit zum ersten Paper sowie für die unvergessliche Zeit in der Klinik.

Max danke ich außerdem für die tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung meines Online-Vortrages.

Auch danke ich den lieben Kollegen und Kolleginnen meines Mannes aus der Abteilung VB der BF Lübeck, dass sie ihm die nötige Freizeit für dieses Projekt eingeräumt haben, so dass er mir den Rücken freihalten konnte.

Herzlichen Dank an meine Freunde für das Interesse an meiner Arbeit, das gute Zureden und das Mitfiebern. Besonderer Dank gilt...

9. Danksagung

... Jenni für die vielen ermutigenden und konstruktiven Gespräche.

...Ramona für das aufmunternde Care-Paket.

...Nils und Julie für das spontane und fixe Korrekturlesen.

Größter Dank gebührt meiner lieben Schwägerin Anna, die sich stets als mein professioneller Englisch-Joker zur Verfügung gestellt hat.

Unendlich und von Herzen danke ich schließlich meiner gesamten Familie für die Geduld mit mir und die Unterstützung in jeder Hinsicht...

...allen voran meinen Eltern, die mir das Studium und damit den Weg hierhin ermöglicht haben und immer für mich da waren.

...meinen putzigen Kindern, die mir auch in Stressphasen immer wieder ein Lächeln ins Gesicht zaubern konnten.

...meinem lieben Ehemann für die moralische Unterstützung, die Motivation sowie die Entlastung während des Schreibens.