

Aus der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Zum Problem der Zahnlücke im Backenzahnbereich des Pferdes

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

vorgelegt von
Stephan Plank
Tierarzt aus Straubing

Berlin 2007
Journal-Nr.: 3151

Aus der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Zum Problem der Zahnücke
im Backenzahnbereich des Pferdes**

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

vorgelegt von
Stephan Plank
Tierarzt aus Straubing

Berlin 2007
Journal-Nr. 3151

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. L. Brunnberg
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. B. Hertsch
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. K. D. Weyrauch
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. L. Brunnberg

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

Horses, horse diseases, teeth, tooth diseases, tooth loss (MeSH), dentistry,
surgery, space maintenance (MeSH), tooth movement (MeSH)

Tag der Promotion: 07.12.2007

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

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

ISBN-10: 3-86664-375-6

ISBN-13: 978-3-86664-375-8

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2007
D188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

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

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

This document is protected by copyright law.

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

Alle Rechte vorbehalten

© mbv 2008

nordendstr. 75 - 13156 berlin – 030-45494866

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Für Uli

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGEN.....	4
1 EINLEITUNG.....	5
2 SCHRIFTTUM	7
2.1 Anatomie des Pferdegebisses	7
2.1.1 Der Backenzahn	7
2.1.2 Das Backenzahngebiss.....	13
2.2 (Patho-) Physiologie des Pferdegebisses.....	16
2.2.1 Der Kauprozess	16
2.2.2 Schmerzempfindlichkeit	16
2.2.3 Kieferorthopädische Kräfte.....	17
2.3 Häufigkeit der (potentiellen) Zahnlücken.....	19
2.3.1 Häufigkeit fehlender Backenzähne	19
2.3.2 Indikation zur Backenzahntfernung und ihre Häufigkeit	21
2.4 Langzeitfolgen des Backenzahnverlustes.....	22
2.4.1 Nachbarzähne.....	22
2.4.2 Quadrant.....	23
2.4.3 Antagonisten	26
2.4.4 Gebiß, Kaumechanismus, Orofaziales System	26
2.4.5 Langzeitfolgen des Backenzahnverlustes beim Menschen	27
2.5 Diagnostik der Zahnerkrankungen.....	29
2.5.1 Klinische Untersuchung	29
2.5.2 Instrumente	32
2.5.3 Bildgebende Verfahren	34
2.5.3.1 Röntgen	34
2.5.3.2 Endoskopie	36
2.5.3.3 Computertomographie, Magnetresonanztomographie und Szintigraphie.....	37
2.6 Therapie des Backenzahnverlustes	40
2.6.1 Postoperatives Management	40
2.6.2 Management nach Verschluß der Alveole	43
2.6.2.1 Pferd	43
2.6.2.2 Hund	45
2.6.2.3 Mensch	46
2.7 Therapie einiger Kiefer- und Zahnfehlstellungen beim Hund.....	48
3 MATERIAL UND METHODE	51
3.1 Material zur Dokumentation von Zahnlücken.....	51
3.1.1 Schädelpräparate	51
3.1.2 Röntgenologische Patienten	56
3.1.3 Klinische Patienten	57

3.2	Methode zur Dokumentation von Zahnlücken.....	58
3.2.1	Schädelpräparate	58
3.2.2	Röntgenologische Patienten	58
3.2.3	Klinische Patienten	63
3.3	Herstellung eines Zahnersatzes	70
3.3.1	Präparate von Pferde Zähnen	70
3.3.2	Platzhalter aus Metall.....	70
3.3.2.1	Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung (individueller Abguß).....	70
3.3.2.2	Neusilber und Messing	72
3.3.2.3	Edelstahl (V2A).....	75
3.3.3	Urethanplomben.....	89
3.4	Einsatz eines Platzhalters	89
3.4.1	Präparate und Patienten.....	89
3.4.1.1	Schädel	89
3.4.1.2	Schlachtierköpfe.....	90
3.4.1.3	Patienten.....	90
3.4.2	Diagnostik der Zahnlucke	90
3.4.2.1	Zahnkamera	90
3.4.2.2	Schiebelehre, Spezielle Meßinstrumente, Knopfsonde	91
3.4.2.3	Abdruckverfahren.....	91
3.4.3	Vorbereitung und Befestigung des Platzhalters	91
3.4.3.1	Präparate von Pferde Zähnen	91
3.4.3.2	Platzhalter aus Metall	92
3.4.3.3	Urethanplomben	101
3.4.4	Kontrolle des Platzhaltersitzes und des Kippens der Lückennachbarzähne	101
4	ERGEBNISSE	104
4.1	Dokumentation der Zahnlücken.....	104
4.1.1	Fragestellungen	104
4.1.2	Schädelpräparate	104
4.1.3	Röntgenologische Patienten	106
4.1.4	Klinische Patienten	123
4.2	Herstellung des Zahnersatzes	129
4.2.1	Präparate von Pferde Zähnen	129
4.2.2	Platzhalter aus Metall.....	129
4.2.2.1	Chrom-Molybdän-Legierung (individueller Abguß).....	129
4.2.2.2	Neusilber und Messing	130
4.2.2.3	Edelstahl (V2A).....	133
4.2.3	Urethanplomben.....	140
4.3	Einsatz des Platzhalters.....	141
4.3.1	Diagnostik der Zahnlucke	141
4.3.1.1	Zahnkamera, Schiebelehre, Spezielle Messinstrumente, Knopfsonde.....	141
4.3.1.2	Abdruckverfahren.....	142
4.3.2	Vorbereitung und Befestigung des Platzhalters	143
4.3.2.1	Präparate von Pferde Zähnen	143
4.3.2.2	Platzhalter aus Metall	144
4.3.2.3	Urethanplomben	157
4.3.3	Kontrolle des Platzhaltersitzes und des Kippens der Lückennachbarzähne	161
5	DISKUSSION	172
5.1	Benötigen Pferde im Backenbereich einen Zahnersatz?	172
5.1.1	Fragestellungen, Material, Ergebnisse	172
5.1.2	Pathophysiologische Dynamik im Backenzahnluckengebiß im Allgemeinen	173
5.1.3	Langzeitfolgen des Backenzahnverlustes im Speziellen.....	181

5.2	Warum wird routinemäßig kein Zahnersatz im Backenbereich eingesetzt?.....	184
5.3	Bewertung der erprobten Platzhalter	188
5.3.1	Präparate von Pferde Zähnen.....	188
5.3.2	Individueller Abguß.....	189
5.3.3	Stellschrauben aus Neusilber und Messing.....	189
5.3.4	Stellschrauben aus Edelstahl (V2A).....	196
5.3.5	Urethanbrücken.....	210
5.4	Welcher Zahnersatz eignet sich?	210
6	ZUSAMMENFASSUNG	213
7	SUMMARY	215
8	LITERATURVERZEICHNIS	217
9	GLOSSAR.....	235
10	ANHANG	237

Abkürzungen

>	wird kleiner
AG	Antagonist
ad	apikodistal
ak	apikokoronal
AM	Anatomische Mitte
am	apikomesial
ap	apikal
BZL	Backenzahnlücke
di	distal
km	koronomesial
ko	koronal
LNZ	Lückennachbarzahn
LNZd	Direkter Lückennachbarzahn
LNZid	Indirekter Lückennachbarzahn
md	mesiodistal
me	mesial
mk	mesiokoronal
M	Molar
n	Anzahl
OK	Oberkiefer
PH	Platzhalter
P	Praemolar
Pd	Praemolar, dezidual
Rep.	Repulsion
rö.	röntgenologisch
SH	Schleimhaut
UK	Unterkiefer
ZL	Zahnlücke

1 Einleitung

Die Pferde Zahnmedizin geht in der Regel nicht auf das Thema des partiellen Zahnersatzes im Backenzahnbereich, also die Substitution eines kompletten Backenzahnes, ein. Auch speziellere Literatur lässt die Frage danach offen.

SCOTT K. GREENE (2001) greift in der Reihe „The Veterinary Clinics Of North America - Equine Practice“ im Band „Advances and the Future in Equine Veterinary Medicine“ mit dem Kapitel „Equine Dental Advances“ das Stichwort **Zahnprothese** auf. Er verweist unter der Überschrift „New Procedures“ auf die Folgen einer Backenzahnextraktion und empfiehlt, den Zahn zu ersetzen, kann sich dabei aber nicht auf eigene Erfahrungen berufen. GREENE zitiert vielmehr seinen Kollegen PETER EMILY (1996), der Brücken, Akryl-Platzhalter und andere Materialien mit „gemischten Ergebnissen“ benutzt hat, um die Lücke zu bewahren.

Der Autor GREENE betont in der Einführung des Kapitels, daß die Routine-Zahnkontrolle mehr sein sollte als das Beraspeln der Zahnschmelzoberflächen oben bukkal und unten lingual, was die Situation der Pferde Zahnpflege charakterisiert. KNOTTENBELT schließt sich vier Jahre später (2005) in „Equine Dentistry – The state of the art and the state of science“ dieser Auffassung an.

Ihre Hochzeit erlebte die Pferde Zahn-Prothetik in den 30er Jahren unter ERWIN BECKER (siehe Schrifttum, 2.6.2.1., S. 44 f). Danach geriet sie in Vergessenheit und lebt zaghaft in den letzten Jahren wieder auf.

Konservierende Maßnahmen ersetzen nun gelegentlich die klassische Zahnextraktion (BAKER, 1991b; DIXON, 1993).

Aktuelle Veröffentlichungen bieten allerdings sehr wenig, um sich mit der Problematik auseinandersetzen zu können. Man gewinnt auf der Suche eher den Eindruck, die Bemühungen zum Zahnersatz seien sporadischer, experimenteller und individueller Natur, ohne den Anspruch publiziert zu werden.

ZETNER (1999) schreibt im „Handbuch Pferdepraxis“ abschließend zum Kapitel „Zahnausfall“, „. . . Therapeutische Maßnahmen beziehen sich lediglich auf Folgezustände“ und führt dann die Hinweise zur Zahnbeschleifung an.

Vor diesem Hintergrund soll es Ziel der Arbeit sein,

- aufzuzeigen, ob bei alten wie neuen **Backenzahnlücken Handlungsbedarf** über das gängige Beschleifen und Beraspeln hinaus bestehen kann und wie die **Dynamik im Backenzahnlückengebiß** abläuft.

Dazu werden Schädelpräparate, radiologische Kopfaufnahmen und Karteien von Zahnpatienten der Jahre 1971 bis 2004 und Zahnpatienten der Jahre 1999 bis 2004 in

Hinblick auf pathophysiologische und –anatomische Störungen am Gebiss untersucht, die sich mit einem geeigneten Zahnersatz vermeiden ließen.

- eine **Prothetik** zu **entwerfen**, die möglichst vielen unerwünschten Folgen des Backenzahnverlustes entgegenwirkt. Gleichzeitig soll der Zahnersatz praktikabel, einfach und schonend anwendbar, darüber hinaus wirtschaftlich vertretbar sein.
- den konzipierten Zahnersatz am Schädel, Schlachttierkopf und beim Patienten **einsetzen** und zu **beurteilen**, maximal bis zu 1,5 Jahre nach seinem Einsatz.

2 Schrifttum

2.1 Anatomie des Pferdegebisses

Wenn nicht anders erwähnt, beziehen sich die folgenden Angaben auf adulte Warmblutpferde.

2.1.1 Der Backenzahn

Maße, Form und Konturen

Die Backenzähne P_3 , P_4 , M_1 und M_2 eines erwachsenen Warmblutpferdes messen in der mesio-distalen Ausdehnung der Korona jeweils knapp zwei bis gut drei Zentimeter.

Die palato/linguo-bukkale Breite beträgt im Oberkiefer knapp 2 bis 2,5 cm, maximal 3 cm, im Unterkiefer 1,5 bis 2,5 cm (HERTSCH, 2003).

Die Länge dieser Zähne, also ihre apiko-koronale Ausdehnung, ergibt beim adulten Warmblutpferd im Oberkiefer zwischen 7, 8 und 9 cm (BAKER, 1985a u. 1991a), beim Vollblutpferd max. 6 bis 8 cm (DIXON, 1999, S. 20 - 22). KRELING (2002, S. 27) gibt die Länge der Gesamtzahnkrone bei einem sieben- bis achtjährigen Pferd mit bis zu 8 cm an, WISSDORF et al. (2002, S. 163) messen 9 bis 10 cm. Nach JOEST (1915), BECKER (1970, S. 121) sowie WISSDORF et al. (2002, S. 173) verkürzen sich die Backenzähne nach dem 6. Lebensjahr kontinuierlich und betragen beim etwa 20jährigen Pferd ca. 3,5 cm Länge. PIRILÄ (1933) misst die größte Länge des Zahnkörpers am 4,5 Jahre alten Schädel mit 8,51 cm am Oberkiefer und 7,93 cm am Unterkiefer. Am 25 Jahre alten Schädel sind die entsprechenden Maße 1,98 cm und 0,46 cm. JOEST et al. (1922, S. 6) gibt die Maximallänge mit 8 bis 10,5 cm an (Alter ca. 6 a).

Die Form der Backenzähne P_3 , P_4 , M_1 und M_2 ist die viereckiger Säulen und (eingeschränkt) hypselodont (JOEST et al., 1922, S. 6; BECKER, 1970, S. 95; BUDRAS, 2000). LANE (1993) und FOREEST (1995) klassifizieren diese Zähne als anelodont (nicht lebenslang wachsend) und (radikulär-) hypsodont (lange Krone - kurze Wurzel; Wachstum versiegt).

Nach apikal verjüngt sich der Zahn leicht und krümmt sich im Falle des P_2 nach rostral, des P_3 kaum und dann, je weiter der Zahn aboral steht, desto stärker nach kaudal (Divergenz), (BAKER, 1985a; BERG, 1995; THOMÉ, 1999). DIXON (1999, S. 23) stellt bei den Backenzähnen eine relativ gerade Längsachse fest, mit Ausnahme von M_2 (variabel) und, stärker noch, M_3 , deren Reservekronen sich nach kaudal biegen und von P_2 , dessen intraalveolarer Teil sich nach rostral krümmt. Als Konsequenz dessen richten sich die klinischen Kronen dieser Zähne in die gegenteilige Richtung und pressen somit die Zahnreihe zusammen.

Der Querschnitt zeigt im OK eine nahezu quadratische und im UK eine rechteckige Fläche, entsprechend präsentieren sich die Kauflächen (EISENMENGER und ZETNER, 1982, S. 19; DIXON, 1999, S. 20; KRELING, 2002, S. 26).

Die Kaufläche gehört dem lophodonten (-morphen) Typ an (DIXON, 1999, S. 23; WISSDORF et al., 2002, S. 167).

Die Approximalwände der Backenzähne schmiegen sich mit ihren glatten, fast ebenen Konturen fest aneinander, ohne einen Zwischenraum zu lassen, da die Zahnverankerungen sich in der Art ausrichten, daß die Zähne zum Zentrum der Arkade und damit gegeneinander drängen (THOMÉ, 1999; KRELING, 2002, S. 27; PENCE, 2002, S. 10). Dies insbesondere, weil der erste und letzte Backenzahn schief liegen und gegen die Zahnreihe drücken (KRELING, 2002, S. 27).

OK: Palatinal- und Bukkalflächen sind längsgewellt. Erstere trägt, bedingt durch die Faltung des Zahnschmelzes, zentral eine längsläufige Hervorwölbung (Kamm, Griffel; BAKER, 1985a: „Cingulum“). Die Bukkalfläche trägt, stärker ausgeprägt, deren 3, eine mesial, eine zentral und eine distal. Dazwischen liegen flache Rinnen (Abb. 1).

UK: Lingual- und Bukkalflächen sind ebenfalls, wenn auch weniger akzentuiert, längsgewellt (DIXON, 1999, S. 20 - 23; THOMÉ, 1999). Beide Flächen tragen je 2 Hervorwölbungen mit einer zentralen Furche (siehe Abb. 2), wobei die linguale Längsfurche mehrere flache Rinnen begleiten (THOMÉ, 1999).

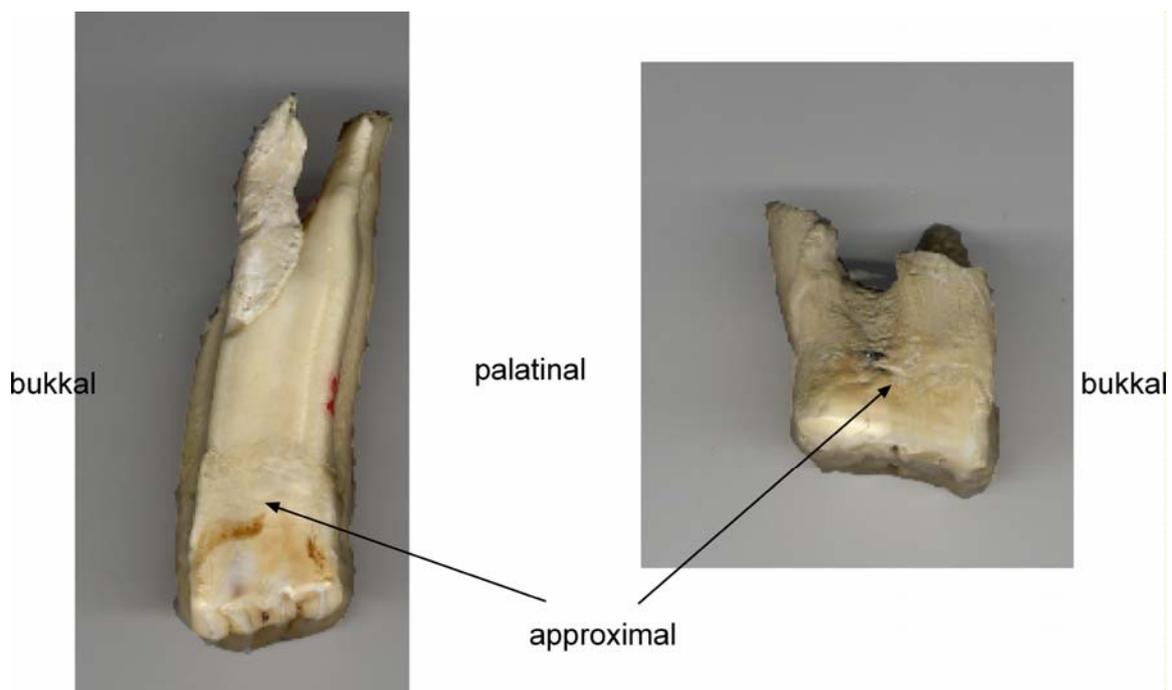


Abb. 1, Backenzähne (M_2) des Oberkiefers, links jüngeres, rechts älteres Pferd.

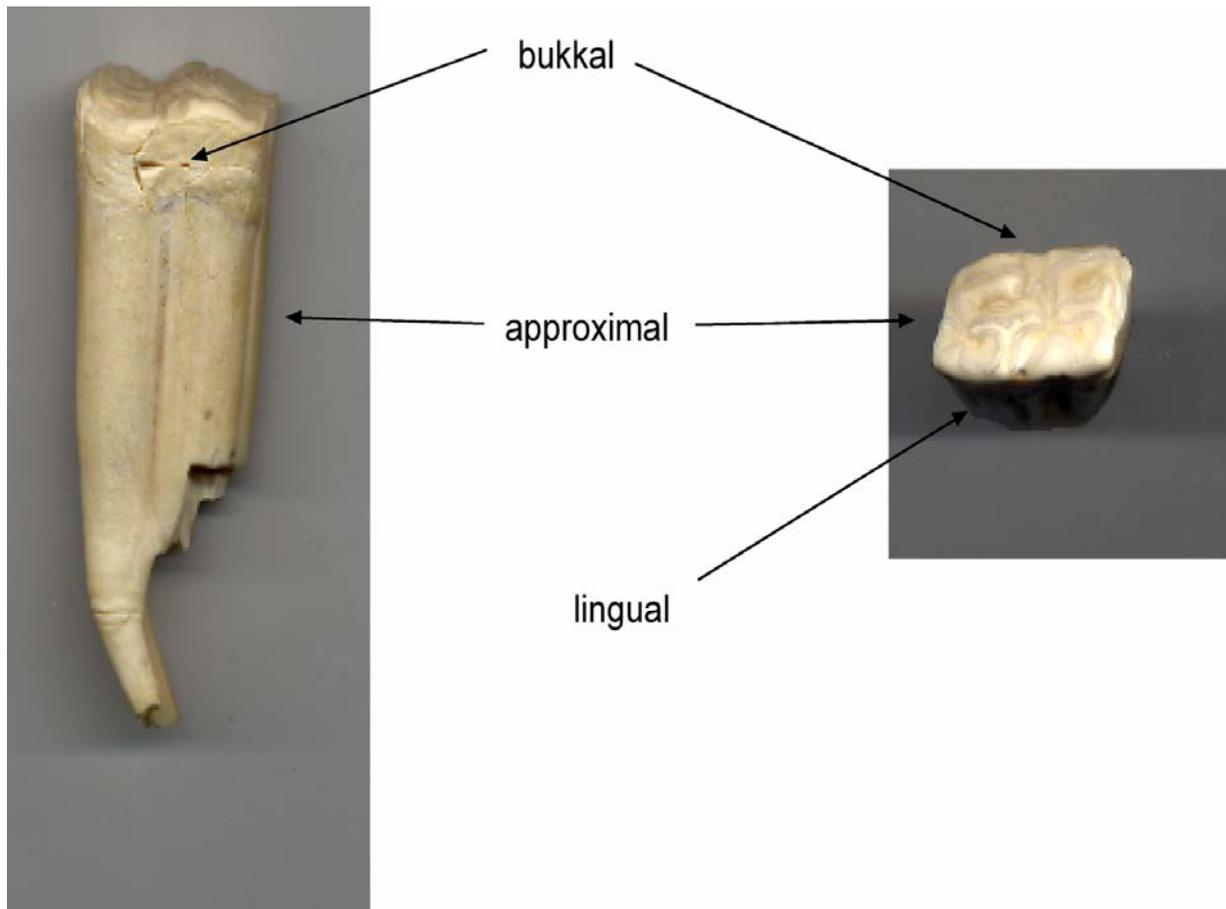


Abb. 2, Backenzahn (M_2) des Unterkiefers, jüngerer Pferd.

Wachstum und Abrieb

Die Backenzähne reiben sich im Jahr ca. 2,2 mm (nach JOEST et al., 1922, S. 9; GÜNTHER et al., 1967 und EISENMENGER und ZETNER, 1982, S. 17), 2 bis 3 (DYCE et al., 2002, S. 490f; LOWDER und MUELLER, 1998a; DIXON, 1999, S. 22), 3 bis 4 (BECKER, 1970, S. 121) bis 4 mm (WISSDORF et al., 2002, S. 163) in Abhängigkeit von Futter, Alter, Rasse und Individuum ab (GREENE, 2001). Die Kauflächen stehen dabei von lingual nach bukkal etwas abgedacht (JOEST, 1922, S. 116), bedingt durch die Anisognathie des Gebisses (DYCE et al., 2002; KIMBERLY, 1996; SCRUTCHFIELD, 1999b; BUDRAS, 2000). EASLEY (1997a), DIXON (1999, S. 23), GREENE (2001) und RALSTON et al. (2001) messen diese linguobukkale Neigung der Kauebene mit ca. 10 – 15 Grad.

Außerdem wachsen die Backenzähne nach DIXON (1999, S. 22) lebenslang (Elodontie) und sie wachsen auch, wenn der Abrieb sich vermindert oder ausbleibt. Bei dieser, postfetalen, Entwicklung unterscheidet JOEST (1915; et al., 1922, S. 13 - 35) 5 Stadien. Die ersten 3 kennzeichnen sich durch ein echtes Längenwachstum. Bis zu dieser Zeit, etwa bis zum vierten bis sechsten Lebensjahr, nach HONNAS und SCHUMACHER (1993) bis zum sechsten bis

achten Lebensjahr (hier beginnen die Wurzeln sich zu entwickeln), wird die kaubedingte Abnutzung durch jenes Längenwachstum vollständig ausgeglichen. JOEST (1915; 1922, S. 34 - 35) bezeichnet diese 3 ersten Stadien als progressive Phase der Entwicklung. Nach EISENMENGER und ZETNER (1982, S. 19) findet ein echtes Längenwachstum bis zum 6., 7. LJ, nach BUDRAS (2000) bis zum 7. Lebensjahr, statt.

In den letzten 2 Stadien der postfetalen Entwicklung kann kein echtes Längenwachstum mehr festgestellt werden. Also nennt JOEST (1915, 1922, S. 34 - 35) denjenigen Zeitabschnitt „regressive Phase der Entwicklung“. Die Zähne schieben gemäß JOEST (1915) und PIRILÄ (1933) aufgrund einer Knochenzubildung am Boden der Alveole nach. Ungefähr vom 15. LJ an kommt es neben der fortbestehenden Knochenneubildung zur Hyperplasie des Wurzelzementes und zur senilen Atrophie des Alveolarfortsatzes der Kiefer. WISSDORF et al. (2002, S. 173) stellen die Hyperplasie des Wurzelzementes bereits ab dem 6. LJ fest und beschreiben, daß diese Hyperplasie ab dem 15. LJ noch zunimmt, so daß sie eine Schicht von 1 bis 1,5 cm erreichen kann.

Somit wird der Zahn in der regressiven Phase immer kürzer, die Zahnfächer flachen sich immer mehr ab (Abb. 3). Der senile Zahnausfall steht am Ende dieser Entwicklung (GÜNTHER et al., 1967), Alter des Pferdes zirka 30 bis 34 Jahre (BAKER, 1985a).



Abb. 3, Altersgebiss, die Okklusionslinie verläuft hier wellenförmig;
(aus: Rö-Archiv der Klinik für Pferde, Allg. Chir. u. Radiologie, FB Vetmed., FU-Berlin).

Krone – Zahnfleisch Verhältnisse

Die Länge des freien Teils des Zahnkörpers beträgt immer (GÜNTHER et al., 1967) etwa 2 cm (LOWDER und MUELLER, 1998a), nach KRELING (2002, S. 27) 1 bis 1,5 cm, nach BECKER (1970, S. 121), WISSDORF et al. (2002, S. 173) 1,5 bis 2 cm.

Im Mittel, je nach Alter des Pferdes, stecken drei viertel der Krone, dem schmelzüberzogenen Teil des Zahns, im Zahnfach („Syndesmose“, HOFFMANN-AXTHELM, 1983) und werden von Zahnfleisch bedeckt (vergleiche Abb. 4).

Über dem Zahnschmelz liegt Zement, der mit der Gingiva in Kontakt tritt (HONNAS und SCHUMACHER, 1993).

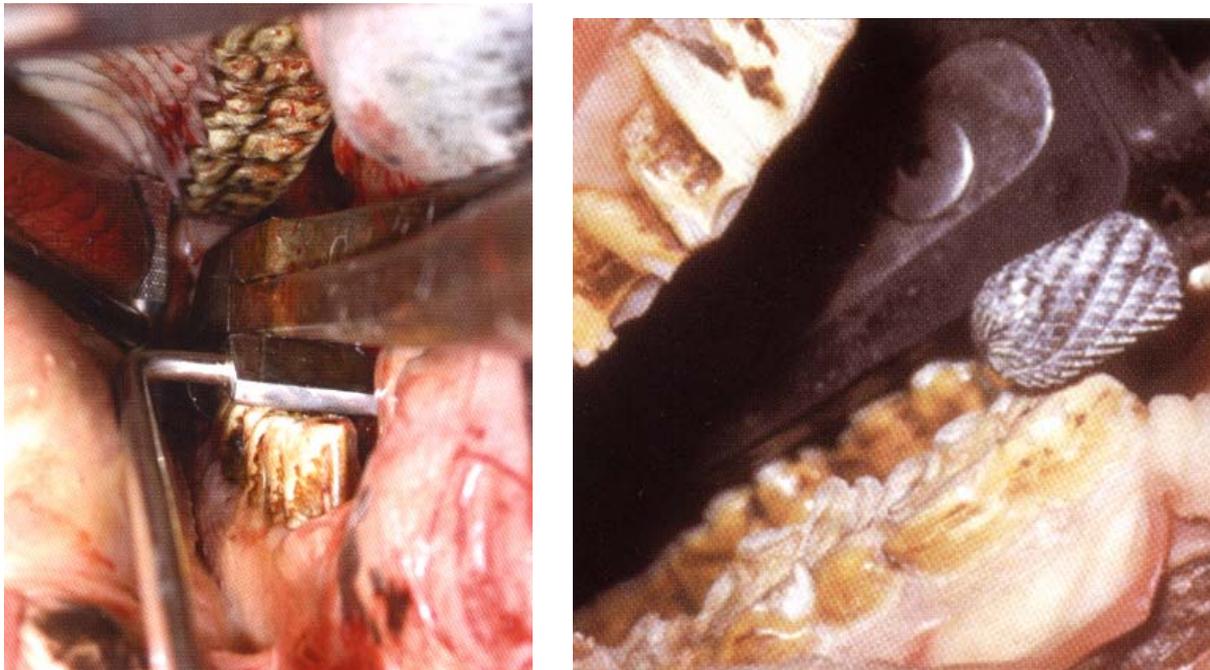


Abb. 4, Krone – Zahnfleisch Verhältnisse beim jüngeren (links) und beim älteren Pferd (rechts); (aus: BAKER/EASLEY, 2005, „Equine Dentistry“, ed. 2, Publishing House Elsevier/Saunders; mit freundlicher Genehmigung von Elsevier).

Widerstandsfähigkeit

Der Zahnschmelz ist das härteste Gewebe im tierischen Organismus (EISENMENGER und ZETNER, 1982, S. 7; LOWDER und MUELLER, 1998a; LIEBICH, 1999; WISSDORF et al., 2002, S. 162), wobei das Enamelum Typ I (v. a. OK-Backenzähne, etwa zur Hälfte UK-Backenzähne) härter als Typ II (UK-Backenzähne und Schneidezähne, geringgradig in den OK-Backenzähnen) ist (DIXON, 1999, S. 10 - 13; KRELING, 2002, S. 27). Der Schmelz weist eine hohe Zugfestigkeit, aber ein geringes Elastizitätsmodul auf, was ihn sehr starr und letztlich spröde macht. Daher, um normalen mastikatorischen Kräften zu begegnen, wird er

von stark Druck ausübenden Substanzen wie Zahnbein und Zahnzement zusammengepresst (LOWDER und MUELLER, 1998a; PENCE, 2002, S. 10 - 11). Zusätzlich weist das Enamelum Typ II Enamel-Dekussationen (unterschiedlich ausgerichtete Enamel-Prismen -Streifen) auf, die es etwas weniger spröde machen. Ein dünner Streifen Enamelum Typ III inseriert sich zwischen die Dentin-Enamel und die Enamel-Zement-Verbindungen (KILIC et al., 1997).

Das Enamel ist nach DIXON (1999, S. 10 - 13) und PENCE (2002, S. 10 - 11) eine inerte, nicht lebende Substanz, unfähig, sich wiederherzustellen oder zu reparieren. Das Gleiche gilt für den Infundibularzement und den Zementabschnitt, der Teil der klinischen Krone ist (DIXON, 1999, S. 16 - 18).

Zahnbein ist härter als Knochen, aber nur ein fünftel so hart wie Zahnschmelz. Es besitzt ein hohes Elastizitätsmodul und ergänzt sich so zum Enamel.

Primäres Dentin vom Typ 1 wird bis 3 Jahre nach der Eruption des Zahnes (LOWDER und MUELLER, 1998a), sekundäres [physiologisches oder reguläres und irreguläres oder pathologisches oder reparatives oder tertiäres (STANLEY, 1966; JONES, 1990)], wie Dentin vom Typ 2, 3 und 4, wird, im Unterschied zum Enamel und in Gemeinsamkeit mit dem Cementum (Ausnahme: der Infundibularzement), lebenslang produziert (LOWDER und MUELLER, 1998a; PENCE, 2002, S. 10 - 11), wenn es entsprechend stimuliert wird (FAWCETT, 1987; TEN CATE, 1994).

Ergänzend zur Sekundär-Dentin-Produktion ist das Primär-Dentin im Falle von mechanischen Traumata, Infektionen oder exzessivem Abrieb in der Lage, mit der Sklerosierung der primären Dentin-Tubuli zu antworten (EASLEY, 1996; DIXON, 1999, S. 13 - 15).

Zahnzement ähnelt in Struktur und Härte dem kompakten Knochen (BAKER, 1985a). Er ist flexibel, komprimierbar und reagiert am schnellsten auf Noxen, insbesondere auf mechanische Irritationen (DIXON, 1999, S. 16 - 18).

Nach RITTER (1953) hält ein Zahn beim Kauen einem Druck von 14 „kg“ (Incisivi) bis zu 252 „kg“ (P2) stand. Der auf den einzelnen Zähnen lastende Druck liegt dabei zwischen 9,2 und 33,3 „kg/cm²“. Aufgrund von Suprakontakten kann sich diese Belastung auf ca. 900 „kg/cm²“ steigern.

2.1.2 Das Backenzahngewiss

- Der Quadrant

Ein Zahnquadrant erstreckt sich auf eine Tiefe von zirka 20 cm. Die labiale Kommissur liegt ca. 1 bis 3 cm mesial des P₂ (HERTSCH, 2003).

In einer Reihe liegend **formen** die Backenzähne eines Quadranten einen aboral nach dorsal leicht aufsteigenden Bogen. Ebenso leicht ist die nach lingual konkave Biegung der Zahnreihe (BAKER, 1985a). Sie ist etwas akzentuierter im OK. DIXON (1999, S. 23) stellt diese Biegung lediglich an den OK-Backenzahnreihen fest. KRELING (2002, S. 26) beschreibt die Kaufläche als horizontal auf einer Ebene liegend, mit einem Anstieg lediglich für M₃, was allerdings rassebedingt ist und, z. B., bei Arabern mit sehr kurzen Köpfen bereits auf Höhe des M₁ beginnen kann. EASLEY (1996) gibt prinzipiell die 3 molaren Backenzähne als für den Bogen verantwortlich an („the curve of Spee“) und nach PENCE (2002, S. 8) beginnt dieser Bogen mit dem ersten Prämolaren.

Die Backenzähne bilden eine geschlossene **Kaufläche** und drängen mit ihren Kronen gegeneinander (BAKER, 1972a, 1985a; THOMÉ, 1999; PENCE, 2002, S. 10; DIXON und DACRE, 2005 S. 166), wie Abb. 5 zeigt. Der Quadrant funktioniert als mastikatorische Einheit, dessen Glieder eng mittels peripherem Zement aneinander liegen (BAKER, 1991a; LOWDER und MUELLER, 1998a; DIXON, 1999, S. 20 - 24; KRELING, 2002, S. 27).

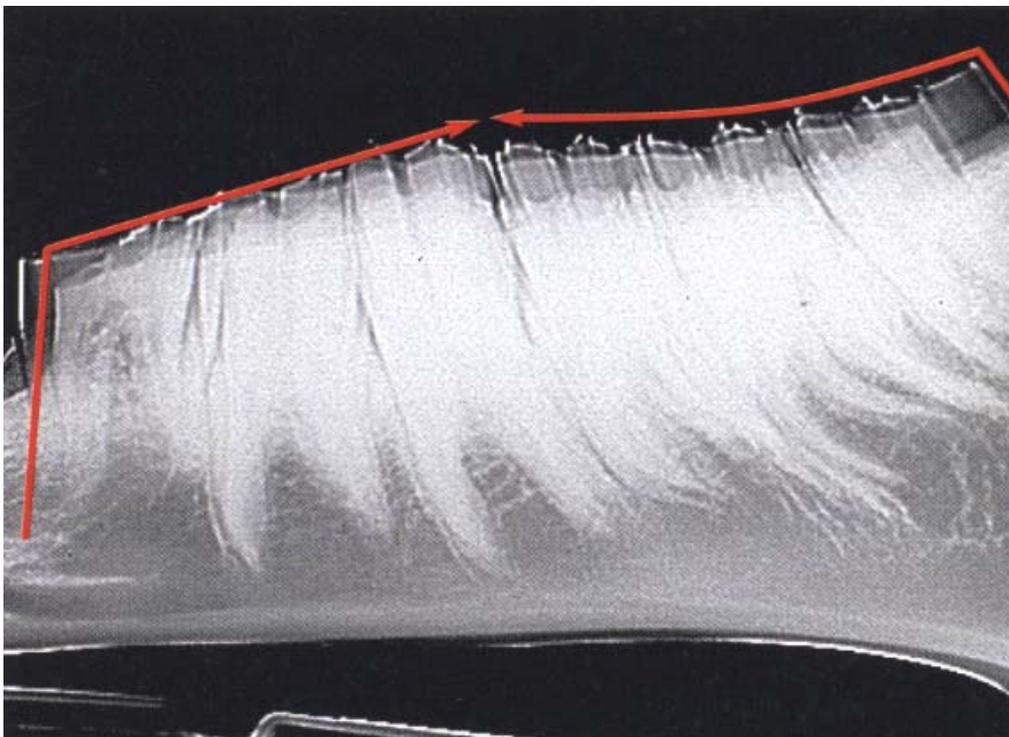


Abb. 5, Die Backenzähne drängen zur Mitte des Quadranten hin und erhalten so den Kautisch geschlossen; (aus: KRELING, 2002, „Zahnprobleme bei Pferden“, Verlag Cadmos; mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. Kai Kreling).

- Die Kauseite; die Maulhöhle

Bei maximal geöffneter Maulhöhle entfernen sich die beiden zweiten Prämolaren einer Seite um, im Mittel, 5 cm. Bis zu den dritten molaren Backenzähnen verringert sich dieser Abstand kontinuierlich auf ungefähr 1 cm.

Der Abstand zwischen den OK- Zahnreihen beträgt orientativ zwischen 8 (M₃), 7 - 8 (M₁) und 6 (P₂) cm. Im ca. 30 % schmäleren UK (BAKER, 1982a, b; DIXON, 1999, S. 23) **misst** dieser Abstand nur zwischen 6 - 7 (M₃), 5 (M₁) und 4 - 5 (P₂) cm (Anisognathie). Dazu Abb. 6:

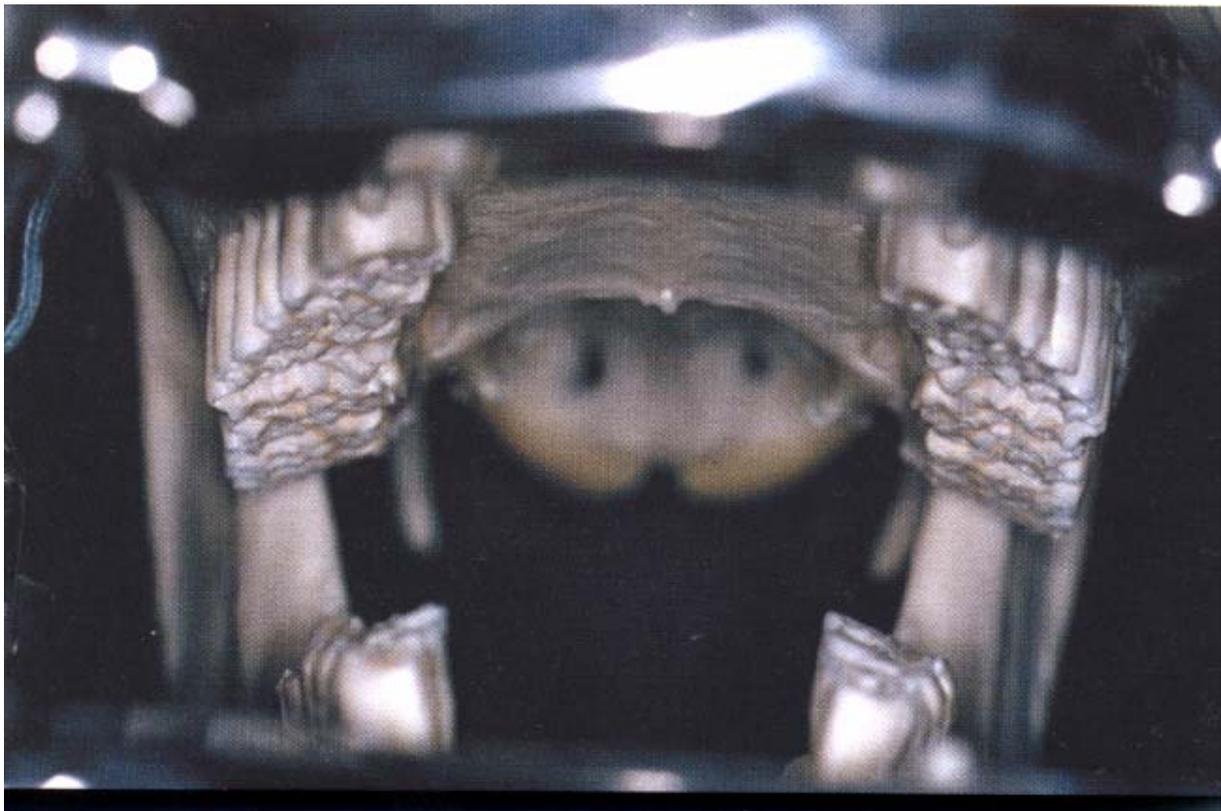


Abb. 6, Die Backenzahn-Quadranten frontal betrachtet;
(aus: KRELING, 2002, „Zahnprobleme bei Pferden“, Verlag Cadmos;
mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. Kai Kreling).

Bei geschlossenem Maul bietet die Maulhöhle einen potentiellen Raum, der durch die darin enthaltenen anatomischen Strukturen fast gänzlich ausgefüllt ist.

Auf Grund der Spannung der Backen bei geöffnetem Maul wird der vestibuläre Raum sehr begrenzt. Im UK besetzt die Zunge den Zwischenraum am Maulboden. Im OK, palatinal, bleibt der Zahnreihen-Zwischenraum prinzipiell frei. Allerdings beansprucht die Zunge, je nach ihrer Ausdehnung, zum Teil auch diesen Raum. Die Abbildung 7 versucht dies zu veranschaulichen:

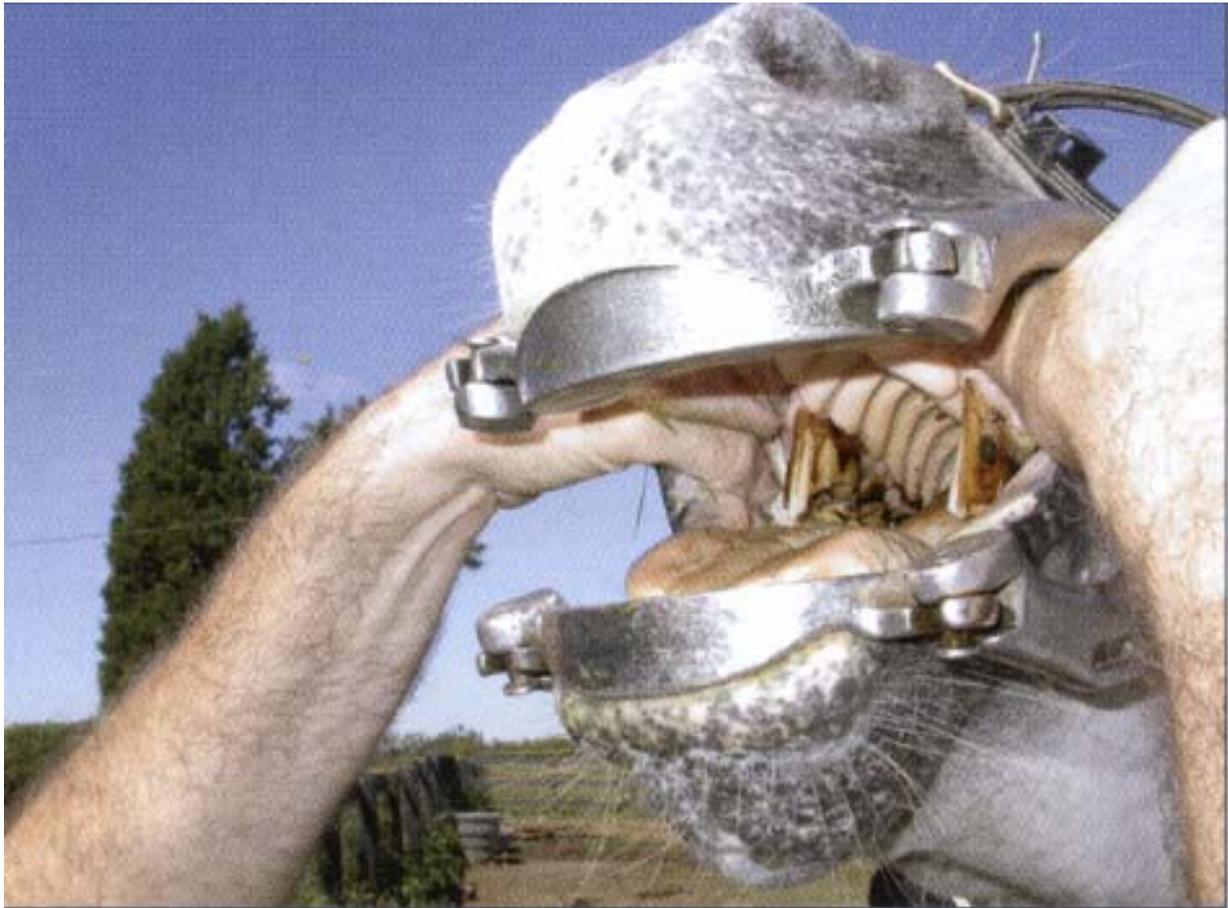


Abb. 7, Der rostrale Teil einer Maulhöhle – größenvergleichbar hierbei die Hände eines Behandlers; (aus: BAKER/EASLEY, 2005, „Equine Dentistry“, ed. 2, Publishing House Elsevier/Saunders; mit freundlicher Genehmigung von Elsevier).

Die Zahnreihen in Ober- und Unterkiefer sind in der Tiefenachse **kongruent**. Bedingt durch die Größenunterschiede von P_2 – im OK bis zu einem Viertel tiefer als sein Antagonist – und M_3 – im UK bis ein Viertel tiefer als der Antagonist – stehen die Hauptantagonisten nur zu mind. drei Viertel aufeinander, sie alternieren sich. Das restliche Viertel deckt sich mit dem benachbarten Zahn (Nebenantagonist).

Insgesamt stehen die Zahnreihen wegen der Querrinnen (Quertäler) und kammartigen Erhebungen (Querkämme) wellenförmig aufeinander (JOEST et al., 1922, S. 117 - 118; BECKER, 1970, S. 120; THOMÉ, 1999).

2.2 (Patho-) Physiologie des Pferdegebisses

2.2.1 Der Kauprozess

Als Konsequenz der ihm eigenen **Anisognathie** kaut das Pferd hauptsächlich auf einer Seite. In Ruhestellung okkludiert etwa das palatinale Drittel der OK-Zahnfläche mit der vestibulären Hälfte der UK- Zahnfläche (JOEST et al., 1922, S. 115; DIXON, 1999, S. 23; THOMÉ, 1999; WISSDORF et al., 2002, S. 172). Tatsächlich weicht aber der Kaudruck während eines Kauzyklus von der einen, der (Haupt-)Kauseite, zur anderen Seite (BAKER, 1999a, S. 30 - 34).

Beim Kauvorgang senkt sich der UK aus seiner zentralen Ruhelage und weicht soweit zu einer Seite, bis die mastikatorischen Flächen einer Kauseite aufeinander liegen. Inzwischen schiebt die Zunge die Bissen zwischen die geöffneten Zahnreihen der anderen Seite, der eigentlichen Kauseite. Die enganliegende Backenwand verschließt den Raum zwischen den Zähnen von außen. Der Kauapparat zerkleinert das Futter unter hohem Pressdruck, immer von bukkal nach lingual, wobei die einzelnen Bissen während des Kauvorgangs von den Prämolaren nach kaudal verlagert und, gut durchgespeichelt, als Brei abgeschluckt werden (KRELING, 2002, S. 46 - 47; WISSDORF et al., 2002, S. 172). Den Kauzyklus beendet eine leichte Ausholbewegung auf die kontrolaterale Seite (PENCE, 2002, S. 21 - 23). Insgesamt unterscheidet man im Kauzyklus die Abschnitte „**Öffnen**“, „**Schluß**“ und „**Krafteinwirkung**“, evtl. noch den Abschnitt der „**Wiederherstellung**“ (der Ausgangssituation) (BAKER, 1999a, S. 30 - 34; KRELING, 2002, S. 46 - 47).

2.2.2 Schmerzempfindlichkeit

TAYLOR et al. (2002) fassen die Untersuchungen anderer Autoren und ihre eigenen wie folgt zusammen: Dem Pferd muß sowohl die Fähigkeit zugesprochen werden, Schmerz zu empfinden, als auch Handlungen und Orte, die es mit der Schmerzempfindung verbindet, zu meiden.

Nach den dolorometrischen Versuchen von BRUNSON et al. (1987) ist das Dentin schmerzsensibel. LOWDER und MUELLER (1998a) bestätigen diese Feststellung: Das Dentin gewährleistet eine sensorische Funktion des Zahnes. Entlang der Pulpaperipherie enthalten die Dentinkanälchen (Tubuli dentinales) Mechanorezeptor-Nervenendigungen mit Mikroflüssigkeiten, deren Bewegungen Schmerzreaktionen modulieren. BAKER (1985a) hatte das Dentin als blutgefäß- und nervenfrei bezeichnet und Druck-, Temperatur- und pH-Wert-Empfindungen sollten über die Tomes-Fasern geleitet werden. LIEBICH (1999) definiert die Tomes-Fasern als Zytoplasma-Fortsätze der Odontoblasten mit Stoffwechselfunktion und, in den Dentinkanälchen daneben liegend, freie Nervenendigungen. JUNQUEIRA und CARNEIRO („Histologie“ des Menschen, 1991) hielten es für möglich,

daß die Odontoblastenfortsätze als Sensibilitätsrezeptoren fungieren. Während in brachyodonten Zähnen die Odontoblastenfortsätze oder die sie umgebende Flüssigkeit Schmerzempfindungen an die Pulpa weiterleiten können, ist es nach KILIC et al. (1997) und DIXON (1999, S. 14) beim Pferd unklar, wie dieser Mechanismus im Einzelnen funktioniert.

KRELING (2002, S. 17) bezeichnet das Dentin als lebendig und „bis zu einem gewissen Grad sensibel“. Eine Empfindlichkeit z. B. für heiß oder kalt wäre aber nicht bewiesen. So tolerierten fast alle Patienten beim Raspeln zum Teil extreme Hitzeentwicklung.

Andererseits erwähnt BECKER (1970, S. 127) die auffallende Kälteempfindlichkeit der Zähne nach deren Beraspeln oder prothetischen Versorgung mit Metallen.

Die entweder auffälligen mannigfaltigen, oder subtilen einzelnen Symptome einer gestörten Kaufunktion reichen nach anonymen Autoren (1941 und 1986) absolut aus, um dem Zahnpatienten eine Schmerzempfindung zuzusprechen, und, (ANON., 1944) geeignete Prophylaxe, Metaphylaxe wie Therapie zu betreiben.

Nach Auffassung BECKERS (1939) ist es eine Frage des Tierschutzes, die sehr schmerzhaften Zahnleiden durch Frühdiagnose und –behandlung zu beheben.

SAGER (1993) zitiert KITCHELL (1980):

„Überbewertung der Unsicherheit des Wissens über Schmerz beim Tier mit dem Ziel, die Schmerzwahrnehmung beim Tier in Frage zu stellen, ist logisch wie empirisch unbegründet.“

2.2.3 Kieferorthopädische Kräfte

Jede auf den Zahn einwirkende **Kraft** bewirkt eine **Reaktion**. Gemäß ihrer Ursache, führt diese Reaktion zu einer Bewegung, die sich in einer **reversiblen** oder **irreversiblen** Dislokation des Zahnes äußert, oder einer Bewegung, die durch die Aufhängung des Zahnes kompensiert wird, wie sie die kieferorthopädischen Kräfte der Zunge, der Wange und des Kauaktes bewirken (KELLER, 2003).

Nach BERG (1995) hat die Wurzelhaut die Aufgabe, den Zahn in der Alveole zu **fixieren**, Druckkräfte auf Zement und Alveolarknochen auch bei großem Kaudruck zu verhindern (würde zur Knochenrückbildung und Erweiterung des Alveolarraumes führen), sowie geringfügige Kipp- und Axialbewegungen zwecks optimaler Durchblutung des Halteapparates zu ermöglichen.

Fehlen oder wirken bestimmte Kräfte auf einen Zahn ein, so vermag nach SHIPP und FAHRENKRUG (1992, S. 124 - 125) ein Zahn in jegliche Richtung zu wandern. Z. B. könnte

der Zahn nach koronal driften, wenn sein Antagonist fehlt. Er könnte sich auch in die Gegenrichtung bewegen, wenn der Druck des Antagonisten zu stark ist. Mesial oder distal driftet ein Zahn oft, wenn sein Nachbar fehlt. Physiologischerweise sind die auf den Zahn einwirkenden Kräfte im dynamischen Gleichgewicht mit seinen fixierenden Kräften.

BECKER postuliert bereits 1938 (S. 77), daß jede Zahnlücke zu einer Wanderung der Zähne Veranlassung gibt.

Generell, so ROBERTS (1994), folgt die Zahnbewegung den Gesetzen der Biomechanik. Dauernde Kompressionskräfte der Zahnwurzeln auf das Parodont bewirken eine Absorption des Alveolarknochens. Zugkräfte auf das Parodont bewirken die Deposition neuen Alveolarknochens. Stärke, Richtung und Dauer dieser Kräfte sind dabei maßgebend.

Genügend Platz, Druck und geeignete Verankerung der kieferorthopädischen Technik sehen HARVEY und EMILY (1993, S. 282 - 284) als Basis der (therapeutischen) Zahnbewegung. Die Gefahren bei unadäquater kieferorthopädischer Kraftanwendung für den Zahn/das Gebiss sind die Wurzelresorption, die Osteolyse und -nekrose und schließlich die irreversible Beschädigung des Parodonts.

Die effektivste Form der kieferorthopädischen Zahnbewegung ist das „**Tipping**“, das gleichzeitig die größte Gefahr der konsekutiven Gewebsschädigung birgt. Messungen über Referenzwerte zur kieferorthopädisch korrekten Kraftanwendung fehlen beim Tier.

HENNET (1995) sieht, gemäß SCHRÖDER (2000) und PROFFIT (1992), als wesentliche kieferorthopädische Kräfte, welche bei der Behandlung von Zahnfehlstellungen beachtet werden sollten, die **Stärke der einwirkenden Kraft**, ihre **Verteilung** und ihre **Dauer**. Sie kommen zu dem Schluß, daß leichte, kontinuierliche Kräfte optimal sind und folglich, zum Zwecke der kieferorthopädischen Behandlung von Zahnfehlstellungen, dünne Drähte mit Schleifen und Federn oder superelastische Drähte prinzipiell zu bevorzugen wären. Am ungünstigsten wirken sich zu starke, kontinuierliche Kräfte aus. Diese bewirken aseptische Entzündungen (v. a. Parodontium und Pulpa), Nekrosen und überschießenden Knochenabbau. Diesen Feststellungen zugrunde liegen die Theorie der Bioelektrizität und die Zug-Druck-Theorie.

Essentiell für die Frage nach dem „Zuviel“ und „Richtig“ der orthodontischen Kraft sind außerdem die Position der Kraftanwendung [„Antippen“ eines Zahnes um sein Resistenz-Zentrum („Fulcrum“, WEIGEL und DORN, 1985) herum bewirkt bei halber Krafteinwirkung gleichschnell eine Bewegung des Zahnes wie die einfache Krafteinwirkung am Resistenz-Zentrum selbst], die Tierart, die Rasse und das Alter. Schmerzen, die länger als 3, 4 Tage auftreten, deuten auf zu hohe Krafteinwirkung.

WEIGEL und DORN (1985) weisen darauf hin, daß die unterschiedlichen orthodontischen Kraftauswirkungen („**Tipping**“, **Translation**, **Rotation** etc.; siehe auch EASLEY, 1999b, S. 206) auch bei der Verankerung der kraftauswirkenden Technik berücksichtigt werden, um nicht z. B. den Verankerungszahn statt den Zielzahn zu verschieben. Die drei Hauptgefahren, ihrer Meinung nach, bei der Anwendung orthodontischer Kräfte sind die Wurzelresorption

(durch übertriebenes „Tipping“), die Resorption von Teilen des Alveolarfaches (im Anschluß an die Wurzelresorption und/oder bei dauerhafter Kompression der Peridont-Gefäße) und schließlich, wenn auch untergeordnet, die Beschädigung der Pulpa (wegen kurzzeitiger, extremer Kräfte).

2.3 Häufigkeit der (potentiellen) Zahnlücken

2.3.1 Häufigkeit fehlender Backenzähne

Die **Exsuperantia dentis** findet RUPPRECHT (1936) in 53 von 300 Fällen. Sie entsteht, so BECKER (1938, S. 72), beim Fehlen oder Zerfall des Antagonisten.

HERZOG befundet 1937 500 Warmblutpferde verschiedenster Rassen auf Zahnkrankheiten. Die „Abweichung in der Zahl“ stellt er in 6,8 % der Fälle und die **Exsuperantia dentis** in 12,6 % der Fälle fest. An anderer Stelle erläutert der Autor, daß eine abnorme Abnutzung eines Zahnes unter anderem durch das Fehlen des Antagonisten bedingt ist. „Abweichung in der Zahl“ erklärt er mit „**Oligo-** und **Polydentie**“, ohne im folgenden weiter aufzuschlüsseln. Auffallend an seiner Erhebung ist auch, daß 42,2 % der untersuchten Patienten ohne pathologischen Befund bleiben, was sich nicht mit den Untersuchungen von LEUE (1941; n = 30, alle mit Vorbericht „Kolik“, 100 % zahnkrank), GNÄDINGER (1947; n = 500, 17,8 % ohne pathologischen Befund – der Autor berücksichtigt hierbei das Kantengebiss nicht), BECKER (1945; n = 30000, 93,72 % zahnkrank, nur das Kantengebiss betrachtend) oder GRISS (2001; n = 300, 96,3 % mit Zahnschmerzen, 100 % der Patienten mit mind. einem Zahnleiden) oder auch den Erfahrungen von HERTSCH (2003) deckt.

Acht Jahre nach HERZOGs Untersuchungen, in der umfangreichsten statistischen Erhebung über Zahnleiden beim Pferd (30 000 Truppenpferde, BECKER, 1945), listen die Verfasser das Zahnleiden „Fehlender Zahn“ nicht auf. Jedoch verbirgt sich der Zahnverlust hinter anderen, aufgeführten Zahnproblemen, wie die Verfasser angeben, nur werden keine genauen Zahlenangaben erbracht.

So steht als Hauptursache hinter der **Exsuperantia dentis**, befundet bei 13,83 % der Patienten, das komplette Fehlen der oder des Antagonisten.

1947 untersucht GNÄDINGER 500 Schlachttierköpfe auf Zahnanomalien. Indem es sich um Schlachttiere handelt, erklärt der Autor, begutachtet er vor allem ältere und/oder „verbrauchte“ Tiere:

412 der 500 Tiere, also 82,2 %, sind zahnkrank (der Autor erklärt ausdrücklich, das „Kantengebiss“, d. h. die Zahnschmelzspitzen nicht berücksichtigt zu haben). **Fehlende Backenzähne** stellt GNÄDINGER bei 13,1 % des Patientenguts fest, wobei im OK vor allem P₂ und M₁, im UK besonders P₃ auffällt.

In einer vergleichenden Studie über Zahnkrankheiten bei Mensch und Pferd diagnostizieren GOEBEL und DUFFNER (1954) bei 16 von 119 zahnkranken Tieren eine **Exsuperantia dentis**.

108 **Zahnlücken** (insgesamt) stellt BERGER (1956) bei 216 Gebissuntersuchungen fest (zitiert nach BECKER, 1970, S. 205).

Die Prävalenz der **erworbenen Oligodontie** („erworbenen“ nicht weiter erläutert) gibt GERES (1962) bei der Befundung 500 Pferdeschädel mit 1 % an (zitiert nach BECKER, 1970, S. 205).

GORN (1992) recherchiert im Zeitraum vom 01.01.60 bis zum 31.12.90 (n = 17973, Klinikpatienten) über Backenzahnerkrankungen (n = 264) und OK-Empyeme. Die Inzidenz der Backenzahnkranken ist deshalb gering, da GORN Zahnschmelzspitzen oder Wolfszahnprobleme nicht mit aufgenommen hat.

Die **Exsuperantia dentis** entwickelt sich, so GORN, weil ein Zahn in die gegenüberliegende Lücke hineinwächst. Der errechnete Prozentsatz aus den 264 Backenzahnerkrankungen ergibt bei 94 Exsuperantia dentis-Fällen 35,6 %.

1998 gibt BAKER in einer altersabhängigen Übersicht potentieller Zahnprobleme **Zahnlücken** bei den 5- bis 20 und mehr-jährigen Pferden an.

10 von 50 examinierten Pferden **fehlt mind. ein Backenzahn** bei der Studie von BRIGHAM und DUNCANSON (2000a). Eine andere Untersuchung der beiden Autoren im gleichen Jahr ergibt bei 100 Tieren 5 Fälle mit **Backenzahnverlust**.

Einen **Meißelzahn** befundet GRISS (2001) bei 14 von 300 untersuchten Pferden (4,6 %). In einer zugehörigen Abbildung gibt er das Fehlen des Antagonisten an, lässt allerdings offen, ob dieses durchgehend die Ursache für den Meißelzahn ist.

BIENERT (2002) beschreibt bei 22 zahnkranken Pferden die Entfernung von 26 Backenzähnen. 73 % (n = 19) waren Molare, 26,9 % Prämolare (n = 7). Wiederum 7 Zähne wurden im Unterkiefer und 19 im Oberkiefer entfernt. 11-mal betraf dies den M₁ des Ober-, 4-mal den des Unterkiefers, weitere 4-mal den M₂ und 3-mal den P₄ im Oberkiefer. Je ein Mal wurde der P₃ im OK, der P₄, der P₃ und der P₂ im UK extrahiert.

2.3.2 Indikation zur Backenzahntfernung und ihre Häufigkeit

Grundsätzlich gelten als mögliche **Indikation zur Zahntfernung** der idiopathische apikale Abszess, die pathologische und iatrogene Fraktur, die Impaktion, die Maleruption mit sekundärer Peridontitis und die Malformation, einschließlich der Entwicklungstumoren. Am OK ergänzt diese Liste der apikale Abszess nach Infundibularnekrose (LANE, 1997).

EASLEY (1999c, S. 220 - 221) gibt 11 mögliche **Indikationen zur Zahntfernung** an, bei denen ein Zahnersatz in Frage kommen würde:

Stark lockere Zähne
 Schwerwiegende Parodont-Erkrankungen
 Schwerwiegende Erkrankungen oder Verletzungen der Zahnkrone oder –wurzel
 Endodont- Erkrankungen mit sekundärer Osteomyelitis
 Sinus-Erkrankungen in Folge Zahnerkrankungen
 Neoplasien
 Chirurgische Erwägungen bei oralen Frakturen
 Impaktion
 Gegenläufer der Orthodontie
 Okklusal-Trauma
 Malokklusion

Der üblichste Grund einen Zahn zu extrahieren, ist die **ausgedehnte Zahnkrankheit** oder die **Fraktur**, beide begleitet von einer **Infektion** (siehe auch HÖPPNER und HERTSCH, 1999). Weiterhin setzen EASLEY (1999c, S. 220) und BECKER (1938, S. 74) der Zahnextraktion voraus, daß alle Maßnahmen durchgeführt wurden, die den Zahn erhalten könnten! GORREL resümiert 1997 die Situation folgendermaßen: Zwar ist in einigen ausgewählten Fällen eine endodontische Therapie möglich, aber normalerweise wird der betreffende Zahn (besonders bei Infundibularnekrose/Karies und periapikalen Läsionen) als Behandlung der Wahl entfernt.

COLYER (1931) begutachtet 500 Pferdeschädel. Ungefähr ein Drittel der Gebisse zeigt Hinweise auf **parodontale Erkrankungen**.

In der oben zitierten Erhebung von BECKER (1945) bei 30 000 Truppenpferden nehmen die **Zahnfraktur** 0,71 % und die **Zahnkaries** 1,05 % ein. Der gleiche Verfasser schreibt 1938, daß „gesplittene Zähne für eine konservierende Behandlung nur dann in Frage kämen, wenn kleinere Teile Zahnschubstanz verloren sind und wenn die Pulpa nicht infiziert ist. Bei allen anderen Formen der Fraktur bleibt nur die Entfernung der Zahnteile als Therapie.“

Die Zahnkaries hingegen sollte nach Meinung des Autors nur als „ultima ratio“ zur Entfernung des Zahnes führen.

Die aufgezeigten Angaben BECKERS (in Punkt 1.3.1 und 1.3.2) beziehen sich, laut Verfasser, fast ausschließlich auf den Backenzahnbereich.

Außerdem weist BECKER (1951) darauf hin, daß die Erhebung aus dem Jahre 1945 die Zunahme an Umfang und Häufigkeit der Zahnleiden im Alter, die auf einer Formveränderung einzelner Zähne oder ganzer Zahnreihen beruhen (z. B. Karies, Fraktur und Exsuperantia), belegt.

Die „**Porodontie**“, die Eröffnung der Pulpahöhle (fast ausschließlich der Backenzähne), gibt GNÄDINGER (1947) mit 3 % (siehe oben), die **Fraktur** mit 6 %, die **Karies** des Dentins mit 4,8 % und die des Zements mit 3,6 % an.

SCHEBITZ und WINTZER (1955) stellen bei 140 Zahnpatienten 168 erkrankte Zähne fest. 79 davon leiden an einer **marginalen Parodontitis**, 63 an einer **Pulpitis**. Die Parodontitis- und Pulpitis-Patienten werden ausnahmslos behandelt, indem man den betreffenden Zahn entfernt.

Die Prävalenzrate aus 264 Backenzahnerkrankungen gibt GORN (1992, siehe oben) mit 11 % für die **Zahnfraktur**, mit 10,6 % für die **Pulpitis**, mit 8 % für die **Alveolarperiostitis** und mit 25 % für die **Karies** an.

Mit der computertomographischen Beurteilung von 62 Pferdegebissen stellt ZECHMEISTER (1998) exemplarisch in einem Fall die **Fraktur** zweier Backenzähne, in einem Fall **Zahnzysten** in zwei Backenzähnen, in einem Fall eine **Alveolarperiostitis** und in einem weiteren Fall ein juveniles ossifizierendes **Fibrom** fest.

GRISS (2001) untersucht 300 Pferde odontologisch mit dem Endoskop: **Frakturen** von mind. einem Zahn diagnostiziert er bei 22 % der Patienten. Eine **Infundibularkaries** weist er in 48 % der Fälle nach.

2.4 Langzeitfolgen des Backenzahnverlustes

2.4.1 Nachbarzähne

Die beiden der Zahnlücke benachbarten Zähne tendieren nach der Zahnextraktion zum **Kippen** in die Lücke (BECKER, 1970, S. 215; HÖPPNER und HERTSCH, 1999; DIXON, 2000; GREENE, 2001; PENCE, 2002, S. 231), bis sie sich letztendlich berühren (BECKER,

1970, S. 215; LANE, 1993 u. 1997; DIXON et al. , 1999; EASLEY, 1999c, S. 220 - 249; Abb. 8).

ZALUSKI (2000) beobachtet pathologische Backenzahnbewegungen nach der intraoralen Zahnextraktion nicht oder nur in geringem Maße.

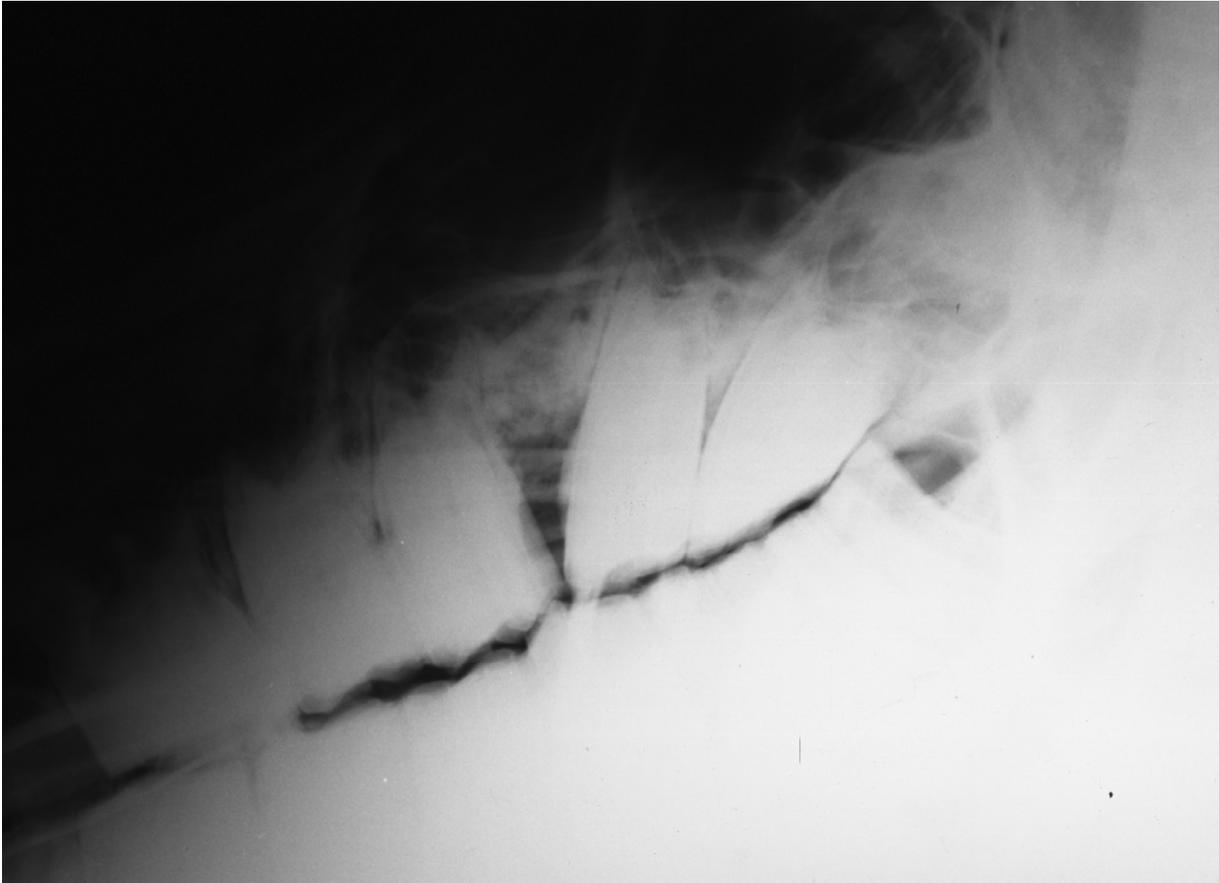


Abb. 8, Gekippte Lückennachbarzähne;
(aus: Rö-Archiv der Klinik für Pferde, Allg. Chir. u. Radiologie, FB Vetmed., FU-Berlin).

2.4.2 Quadrant

Fehlt ein Zahn im Quadranten, tendieren die übrigen Zähne der Zahnreihe dazu, diese **Lücke** zu **schließen** und die **Zahnreihe wird kürzer**, erkennen HOWARTH (1995), DIXON et al. (1999), DIXON (2000) und EASLEY (1999c, S. 220 - 249). **Ungleichmäßige Abnutzung** der Kauflächen, wie evtl. eine Hakenbildung am rostralen und/oder distalen Ende der gegenüberliegenden Zahnreihe, ist die Folge dieses Zustandes, so daß die Autoren DIXON et al (1999) teilweise den „überzähligen“ Zahn der Gegenseite extrahieren.

HAHN und KÖHLER (2002) sprechen in diesem Zusammenhang von der **Backenzahndeviation**.

Werden keine orthodontischen Maßnahmen ergriffen, so bilden sich an den Enden des Gegenquadranten **Haken**, die ihrerseits das **orofaziale System** negativ beeinflussen können, beobachtet EASLEY (1999b, S. 213).

Die übrigen Zähne des Quadranten mit der Zahnlücke folgen den beiden lückenbegrenzenden Zähnen (PENCE, 2002, S. 231 - 240), langsamer als diese selbst, aber umso schneller, je näher sie der Zahnlücke stehen. Das heißt, sie folgen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit (und Winkelung) und folglich können sich weitere Zahnzwischenräume (**Diastemata** oder **Diastasen**) bilden (BECKER, 1938, S. 74; EASLEY, 1999c, S. 220 - 249; PENCE, 2002, S. 231 - 240).

BECKER (1938, S. 79 - 84, 1951) und BAKER (1970) zitieren VOSS (1937) „ . . . die Diastase, eines der schwierigsten Probleme der Zahnbehandlung beim Pferd. Mögliche Folgen: Es wird Futter eingekaut (welches besonders im UK, kaudal, schlecht mit der Zungenspitze entfernt werden kann), das Zahnfach in Teilen oder gänzlich zerstört, der Zahn gelockert, das Zahnfach entzündet, die Kieferhöhlen infiziert, Zahnschmerzen, Abmagerung, usw!“ Auf der Basis von Untersuchungen an „umfangreichen Material“ erkennt VOSS (1937), daß die Parodontitis, besonders häufig verursacht durch Futtereinkeilung in Diastasen, bei 4jährigen eine Prävalenzrate von knapp 20 %, bei 19jährigen und darüber von fast 92 % beträgt. GREENE (2001) fasst diese Betrachtungen zusammen in „**periodontale Erkrankungen** und nachfolgendem **Zahnverlust**“; BECKER (1970, S. 144 - 147), BAKER (1974), DIXON (1997a, 2001), CRABILL und SCHUMACHER (1998), WILEWSKY et al. (2002) sowie DIXON und DACRE (2005 S. 176) sprechen von Taschenbildung nach und mit Futtereinklemmung, Übergreifen des Entzündungsprozesses in das apikale Parodont und in die Pulpahöhle, danach, bei ausreichender Schädigung des Periodonts, folgt evtl. der Zahnverlust. LANE (1993) stellt nach dem Backenzahnverlust Diastasen mit der Anfälligkeit für die Einkeilung von Futtermitteln und Periodontitis fest.

Die Erkrankung des Periodonts bleibt das am schwierigsten zu behandelnde Zahnproblem, so BAKER (1982b).

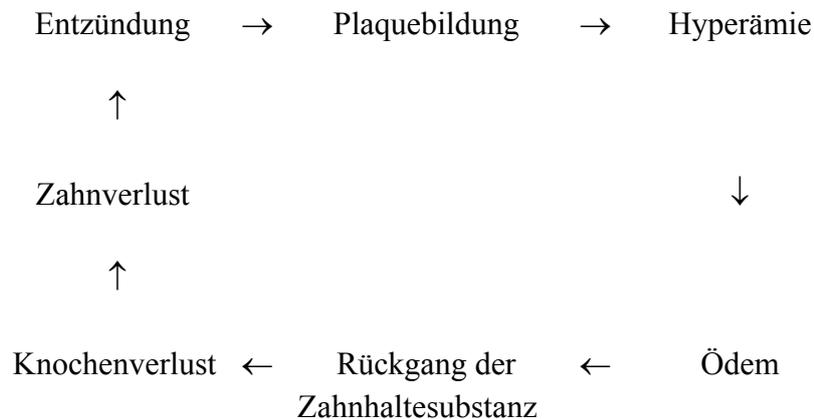
Gemäß WINTZER (1999, S. 161 - 162) und EASLEY (1999b, S. 213 - 215) folgen den Diastasen, über Zahnfleischirritationen, Taschenbildungen und meist eitrigen Entzündungen am Zahnhalteapparat, oft Alveolarperiostitiden. Als Therapie nennt WINTZER (1999, S. 162) die Einschleifmethode nach BECKER (1970, S. 147). BECKER selbst erklärt 1938 (S. 79 - 84) als die effektivste Therapie die Inlaybrücke, unter der die pathologischen Prozesse ausheilen könnten. Eine unterspülbare Brücke dagegen soll das Wandern der Nachbarzähne vermeiden – letzteres eine Tatsache, die BECKER u. a. 1938 demonstriert.

Auch BARBEN (1952), SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER (1993) sehen Lücken zwischen den Backenzähnen als prädisponierend für **Parodontitiden**, welche generell schwierig zu therapieren sind. Wird die Entzündung nicht gestoppt, besteht die Gefahr, beachtliche Anteile des Alveolarknochens zu verlieren, die Inflammation in die benachbarten Weichteilgewebe zu verschleppen, der septischen Pulpitis und des Zahnverlustes (CRABILL und SCHUMACHER, 1998).

DIXON (1997a, c) führt als wichtigen Grund periapikaler Infektionen das durch anatomische Defekte bedingte Einkeilen von Futter auf dem „Mahlisch“, den ein Backenzahnquadrant jeweils bildet, an. Einer der wesentlichen Ursachen dieses Missstandes sind Diastemata – die häufig mit dem Verlust der benachbarten Zähne enden.

1999 beschreibt sie mit ihren Koautoren bei der Untersuchung von 400 Pferdezahnpatienten, daß 23 davon an einer **Dislokation** im Backenzahnbereich leiden und diese Fehlstellung bei 87 % der Patienten mit einer Erkrankung des Parodonts einhergeht.

Den **Kreislauf der „Periodontalen Erkrankung“** zeichnet BAKER (1999b, S. 70 - 78) mit den Etappen



auf.

Den zentralen Ausgangspunkt des Diastemas in der Krankheitsentwicklung anatomischer Strukturen um das Gebiss herum demonstriert KNOTTENBELT (1999, S. 127 - 138), indem er den Algorithmus displazierter Zähne zum Diastema und, über weitere Zwischenschritte, bis zur oronasalen Fistel und/oder dem Sinus-Empyem, aufzeigt.

Bereits 1910 schreibt VON OSTERTAG im „Handbuch der tierärztlichen Chirurgie“ von BAYER und FRÖHNER, es gäbe bei der Diastase keine Therapie.

PENCE (2002, S. 150 - 152) sieht zur Zeit, fast 100 Jahre später, kein geeignetes Therapiekonzept, das Diastema-Problem ursächlich, im Sinne eines geeigneten Zahnersatzes, zu lösen.

2.4.3 Antagonisten

Dem Zahnverlust folgt auf der gegenüberliegenden Zahnreihe ein überschießendes Wachstum (SCOTT et al., 1977; BAKER, 1982a; HOFMEYR, 1988; EISENMENGER, 1989; MUELLER, 1991; HONNAS und SCHUMACHER, 1993; HOWARTH, 1995; SCRUTCHFIELD et al., 1996; TREMAINE, 1997b); Zahnschmelzspitzen, -stufen und andere **pathologische Abriebsfolgen** treten meist ein (DIXON, 2000). **Effektives Kauen** wird möglicherweise **verhindert** (SHUTTLEWORTH, 1948; BAKER, 1982b, 1983a, b, 1985b, 1991a; LANE, 1994; HÖPPNER und HERTSCH, 1999; SCOGGINS et al., 1999; STELZER, 1999). **Peridontal-Erkrankungen**, die „Geißel“ des Pferdegebisses, können Ursache und Folge des Zahnverlustes sein (BAKER, 1985b).

Der Hauptantagonist des fehlenden Zahnes **wächst**, lediglich durch das Viertel Okklusion mit dem Nebenantagonist und evtl. durch die kippenden Lücken-Nachbarzähne gehindert, **in die Zahnlücke hinein** (BECKER, 1970, S. 133 - 137; LANE, 1993 u. 1997; KIRKLAND et al., 1996; HÖPPNER und HERTSCH, 1999; LILLICH, 1998; EASLEY, 1999b, S. 206 - 219; ZETNER, 1999; KRELING, 2002, S. 52 - 53; PENCE, 2002, S. 119 - 120; WISSDORF et al., 2002, S.173). Er wird zum Meißelzahn (SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER, 1993; HAHN und KÖHLER, 2002), der schließlich zur Traumatisierung des Zahnfleisches und, später, des Kiefers im Gegenbiss führt (SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER, 1993; EASLEY, 1997b, 1998b; PENCE, 2002, S. 150 - 161). Zunächst ist die freie **Kieferbewegung mechanisch behindert**. Mit zunehmendem Längenwachstum der Zahnkrone kommt es mit der Zerstörung der Kieferabschnitte im Gegenbiss zu Schmerzen, Entzündungen, Nekrosen usw., Abmagerung und vorzeitiger Erschöpfung (BECKER, 1951; KRELING, 2002, S. 152 - 153). EISENMENGER und ZETNER (1982, S. 141 - 143) beschreiben Druckusuren durch den meißelförmig hervorstehenden, zur Zahnlücke korrespondierenden Zahn des Gegenkiefers.

2.4.4 Gebiß, Kaumechanismus, Orofaziales System

Ohne iatrogenes Eingreifen werden sich die direkten Folgen des Zahnverlustes, Kippen der Nachbarzähne und Herauswachsen der Antagonisten (LILLICH, 1998), direkt und indirekt auf **Gebiß** und **Kaumechanismus** pathogen auswirken (EASLEY, 1991; HÖPPNER und HERTSCH, 1999). So verhindert die Exsuperantia dentium die freie **Kieferbewegung**, provoziert **Verletzungen in der Mundhöhle** und deren weitere Folgen (BECKER, 1951; BAKER, 1983a; STELZER, 1999). Der **Kaumechanismus** wird gestört, in Extremfällen perforiert der Meißelzahn den harten Gaumen (HONNAS und SCHUMACHER, 1993).

Die Hakenbildung an den Enden des Quadranten, der der Zahnücke gegenüberliegt, kann nach EASLEY (1999b, S. 213 - 215) ihrerseits Kräfte entwickeln, die die Mechanik des **Kieferwachstums**, des **Kauens** (BAKER, 1982b), des **Milchkappenabgangs**, der **Kopfhaltung** und des **Kiefergelenks** beeinflussen. EASLEY (1999b, S. 206 - 213) stellte bei jugendlichen Pferden mit Zahnverlust Wachstumsstörungen der Kiefer, Retention dezidualer Zähne und, in der Folge, die **Impaktion** adezidualer Zähne fest.

Bei adulten Pferden konstatiert er krankhafte Prozesse, die von dem Ausmaß, der Schärfe, der Position der sich aus dem Zahnverlust entwickelnden Gebisspathologien und den Haltungsanforderungen (die Maulhöhle betreffend) abhängen.

Nach BOLZ und SCHLEITER (1975) bereiten die Zahnücken der Backenzähne bei Großtieren nur geringe Kaustörungen.

Dentale Abnormalitäten führen nach PENCE (2002, S. 153 - 156) zum Teil zu überhöhter Druckausübung auf das/die **Kiefergelenk/e**, welche schmerzhaft sein kann und welche evtl. in einer degenerativen Gelenkserkrankung mündet.

2.4.5 Langzeitfolgen des Backenzahnverlustes beim Menschen

Auch beim Menschen können die Folgen eines Backenzahnverlustes vielfältig sein. Sie beziehen sich auf (REIBER, 1995):

Restgebiß

Kiefer

Position und Bewegungsfunktion der Kiefergelenke

Muskulatur

Für das Restgebiß sind folgende Veränderungen möglich: Kippung, Drehung und Wanderung von Zähnen; Elongation von Antagonisten bzw. enbloc- Elongation von Zähnen mit dem Alveolarfortsatz; Verlust der Wirkungslinie (die Wirkungslinie verbindet alle approximalen Kontaktzonen der vollständigen Zahnreihe. Sie leitet Kräfte, die an einem Zahn z. B. bei Mastikation angreifen, über die gesamte Zahnreihe und die Parodontien in die Kieferknochen mit ihren funktionell orientierten Trajektorien und Verstreungen. Damit verteilt sie die Kräfte und schützt den einzelnen Zahn vor Überlastungen); Karies; Parodontopathien; okklusales Trauma.

Im Kiefer wird Knochen abgebaut, es verändern sich die interalveolären Lagebeziehungen und es erhöht sich seine Deformierbarkeit.

Die Folgen für Position und Bewegungsfunktion der Kiefergelenke bestehen in einer Veränderung in der Position von Processus und Discus articularis; in Veränderungen in der Struktur von Kiefergelenkanteilen; in Veränderungen der Kieferrelation; in Veränderungen der Bewegungskapazität und in Veränderungen der Bewegungskoordination.

Die Folgen für die Muskulatur bestehen in funktionellen und morphologischen Veränderungen (REIBER, 1995).

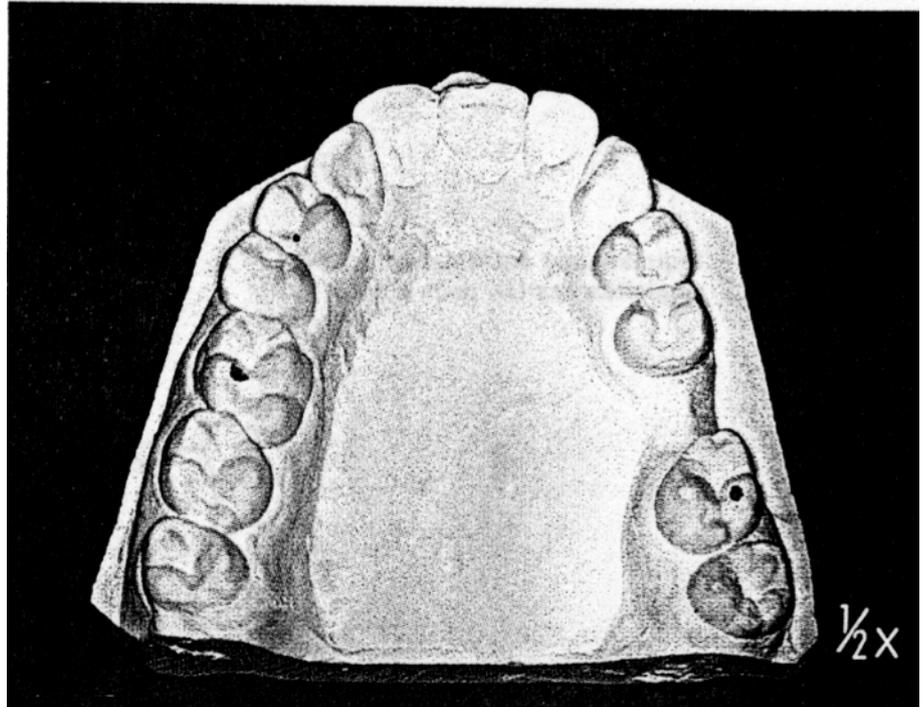
HOFFMANN-AXTHELM (1983) definiert Suprakontakte als „vorzeitige Kontakte; störende Kontakte zwischen Ober- und Unterkieferzahnreihen, die einen maximalen Vielpunktkontakt in der Schlußokklusion beeinträchtigen und den betroffenen Zahn extraaxial belasten. Sie können durch gekippte Zähne oder Zahnwanderungen hervorgerufen werden und führen ihrerseits zu Zahnlockerungen und Bissverlagerungen“. In Anlehnung an diese Wendung ergibt sich bei MARXKORS (2002) für die Infraokklusion folgende Definition: Hat ein Zahn in zentrischer Okklusion mit dem oder den Antagonisten keinen Kontakt, so steht er in Infraokklusion.

Suprakontakte tragen nach MARXKORS (2002) wesentlich zur Entstehung von Myoarthropathien bei. Er beschreibt eine mögliche kausale Sequenz: Suprakontakt → Auslenkung → Schonhaltung → Bruxismus (Zähneknirschen) → Myalgie → Myoarthropathie.

Liegt der Suprakontakt auf einer schiefen Ebene, lenkt er den Unterkiefer, abhängig von der Facette, auf der der Suprakontakt liegt, aus. Ist der Suprakontakt auf einer Retrusionsfacette gelegen, gleitet der UK darauf nach ventral, bis Protrusionsfacetten die Bewegung stoppen (Abb. 9). Da aber ein einseitiges gerades Vorgehen nicht möglich ist, entsteht zusätzlich eine Schwenkung zur Gegenseite, wo zumeist im Eckzahnbereich ein verstärkter Kontakt entsteht. Naturgemäß liegt dieser auf einer schiefen Ebene. Kontrahieren sich die Schließer, wird der UK in die Ausgangsposition zurückgeführt. Will man in der ausgelenkten Position Kontakt auf der schiefen Ebene behalten, muß man den M. pterygoideus anspannen. Es beginnt ein Wechselspiel zwischen den seitengleichen Schließern und dem M. pterygoideus der Gegenseite. Der Patient bruxiert und der Mechanismus automatisiert. Weil ein eher schwacher Muskel drei starken gegenübersteht, wird der einzelne stärker beansprucht – eine Myalgie droht. Der M. pterygoideus lateralis setzt direkt am Kiefergelenk und am Diskus an und beteiligt es so an der formalen Pathogenese. Meistens wird der Diskus verlagert. Eine Myoarthropathie ist entstanden.

Abb. 9,

Kippung des zweiten oberen Molaren durch schiebenden dritten Molaren nach Exzision des ersten Molaren. Dadurch Suprakontakt auf Retrusionsfacette; (aus: MARXKORS, 2000, „Lehrbuch der zahnärztl. Prothetik“, 3. Aufl., Verlag Dt. Zahnärzte; mit freundlicher Genehmigung des Verlags Deutscher Zahnärzte).



2.5 Diagnostik der Zahnerkrankungen

2.5.1 Klinische Untersuchung

Auf Manipulationen in der Maulhöhle antwortet das Pferd in der Regel mit charakterabhängig starker Abwehr (PENCE, 2002, S. 53 - 56). Prinzipiell verfügt der Untersucher zum Handling über ethologische Maßnahmen im engeren Sinne, Zwangsmaßnahmen, Arzneimittel und Kombinationen der drei Möglichkeiten. Da jede Maßnahme schwerwiegende Nachteile birgt, wird die individuell, für Untersucher und Patient, optimale Vorgehensweise angestrebt (SCHATZMANN, 1995, S. 6 - 12). Grundsätzlich gilt nach SCOGGINS (1979), je weniger Zwang angewendet wird, desto besser.

Nachteil der ethologischen Maßnahmen wäre die, gegenüber der medikamentösen, schwächere Ruhigstellung. Ein Maulgatter sollte aus Sicherheitsgründen nicht (LANE, 1993; SCRUTCHFIELD et al., 1996; GREET, 1999; GREENE, 2001) nur bedingt (EASLEY,

1999a, S. 111) oder nur selten (SCRUTCHFIELD et al., 1997) verwendet werden. SCRUTCHFIELD berichtet allerdings 1999 (b, S. 189 – 190), daß er es zwar vorzieht, Patienten vor Einsatz des Maulgatters zu sedieren, es aber andere Praktiker gibt, die das Gatter routinemäßig auch am unsedierten Tier anwenden.

Dazu führt RAMZAN (2002) an, bei 581 Untersuchungen der Zahngesundheit unter Zuhilfenahme eines Maulgatters die Notwendigkeit der Sedierung erfasst zu haben: 8,3 % der Patienten benötigten eine pharmakologische Ruhigstellung.

Von Vorteil ist es bei Anwendung ethologischer Maßnahmen, daß die Nebenwirkungen fehlen und die Intensität der Maßnahme besser steuerbar ist (HERTSCH, 2003).

Bei guter Technik und Pferdeerfahrung kann eine komplette Zahnuntersuchung nach Meinung von BAKER (1983a), SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER (1993) ohne Sedierung erreicht werden. Es gibt jedoch Ausnahmefälle. Ein anonymes Autor (1986) ist der Meinung, die meisten Pferde würden Zahnbehandlungen erstaunlich gut ertragen und die nötigen Maßnahmen erforderten minimale Zwangsmaßnahmen.

Zwangsmaßnahmen führen bei der Mehrzahl der Patienten zu einem Gewöhnungseffekt, bergen immer das Risiko heftiger Abwehrreaktionen, vor allem, wenn sich der Patient plötzlich der Zwangsmaßnahme zu entziehen versteht, lassen sich evtl. nur schwierig wiederholen und können gleichzeitig nur für eine begrenzte Dauer angewendet werden. Auch hier sollte ohne medikamentöse Sedierung kein Maulgatter angebracht werden (GREENE, 2001).

Andererseits, so SCHATZMANN (1995, S. 6 - 10), eignen sich kunstgerecht durchgeführte Zwangsmaßnahmen wie der Hals-, der Oberlippengriff oder die Nasenbremse durchaus, um kurze, auch schmerzhaft eingriffe durchzuführen.

Das Bilden einer Hautfalte sieht KRELING (2002, S. 98 - 99) als geeignete Maßnahme an, den Patienten zur Zahnuntersuchung kurzzeitig ruhig zu stellen. Als noch effektiver für diesen Zweck beschreibt KRELING (2002, S. 99 - 101) den (vertretbaren) Einsatz einer Nasenbremse und als optimal bezeichnet er den Gebrauch eines Zwangsstandes, mit der Ausnahme von Tieren, die an Platzangst leiden und die besser medikamentös ruhig gestellt werden.

Für die Zahnuntersuchung wichtige Nachteile der sedativ-hypnotischen Analgetika vom Typ α_2 -Rezeptor-Agonist wären ihre kreislauf- und leicht atemdepressiven Eigenschaften, die Provozierung von Kopffödemen (FREEMAN und ENGLAND, 2000), die Förderung atrioventrikulärer Blöcke 2. Grades (WAGNER et al., 1991; SCHATZMANN, 1995, S. 75 - 79; DAUNT und STEFFEY, 2002), daß sie allergisierend wirken können und Schwitzen fördern, Teilaspekte der Bewusstseinsstrübung wie Kopftiefhaltung, Schwerfälligkeit (BAKER, 1998), Ataxie (FREEMAN und ENGLAND, 2000) bis zur Immobilisation, daß sie zeitlich für eine Zahnuntersuchung beschränkt wirken (abhängig von Wirkstoff, Dosierung und Tier zwischen 15 min. und mind. 60 min bei i. v.-Applikation; KELLER und GENZOW

beobachten 1994 in einer Untersuchung an 143 Pferden für Romifidin eine Sedierungszeit von 20 bis 70 Minuten), daß die Patienten trotz hoher Dosen von α_2 -Rezeptor-Agonisten auf Reize mit gezielten Schlägen der Hintergliedmaßen oder Ausbruchversuchen reagieren können (DAUNT und STEFFEY, 2002), die besonders nach Manipulationen an der Hinterhand plötzlich und unvorhersehbar eintreten (KELLER und GENZOW, 1994), und daß bei einer Nachdosierung sich die für die Untersuchung und die Gesundheit des Patienten negativen Eigenschaften verstärken.

FREEMAN und ENGLAND (2000) untersuchen 30 Pferde vergleichend mit Detomidin, 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$, und Romifidin, 80 und 120 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Es kann weder anhand ihrer Reaktion auf Hörreize, noch aufgrund des Grades der Ataxie vorhergesagt werden, wie die Probanden auf taktile Reize reagieren. Die qualitativen Unterschiede der beiden Sedativa bewerten die Autoren als dosisrelevant. Für Romifidin erklären sie bereits 1999, daß die Nebenwirkung ‚Bradykardie‘ mittels i. m. - Injektion umgangen werden könnte.

LÖSCHER et al. (2003) geben als Wirkungsdauer für Detomidin 1 bis 4 Stunden und für Romifidin 0,5 bis 3 Stunden an.

An über 100 Pferden beobachten BALUN und SEVCIK (1988) die Effekte des Detomidins (Domosedan®): 10 min. nach i. v.-Applikation - 0,1 – 0,2 ml/100 kg KG - ist die Wirkung augenfällig, erreicht nach 30 bis 45 min. ihren Höhepunkt und hält etwa eine Stunde an. Alle Tiere werden somnolent, der Kopf sinkt, die Gliedmaßen stehen breiter und sie bewegen sich unkoordiniert; bei männlichen Tieren fällt der Penis vor. Die Atemtätigkeit ist erhöht und die des Herzens erniedrigt. MARTIN et al. (1995) erkennen bei ihren klinischen Beobachtungen des intravenösen Detomidin-Einsatzes einen analgetischen Effekt bereits nach 2 bis 3 Minuten.

Nach SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER (1993) sowie SCOGGINS (1991) nehmen sedierte Pferdepatienten Fremdkörper in der Maulhöhle weniger sensibel wahr und neigen also stärker dazu, auf Instrumente und Finger zu beißen.

Schnelle Ruhigstellung, Erschlaffung des Muskeltonus, Analgesie (BRUNSON et al., 1987) und eine eventuell mögliche Antidotierung sind als Vorteil anzusehen (SCHATZMANN, 1995, S. 75 - 79).

BAKER (1998), JUDD (2002) sowie PENCE (2002, S. 56) halten die sedative und analgetische Wirkung von Detomidin oder Xylazin, eventuell kombiniert mit Butorphanol, für geeignet und angebracht, um eine einfachere, sichere und komplette physikalische Zahnuntersuchung durchzuführen. LANE (1993) empfiehlt zur Untersuchung der Maulhöhle ebenfalls häufig die sedative Analgesie, durchzuführen mit Detomidin, evtl. in Kombination mit Xylazin (ZETNER, 1999). EASLEY (1997a) betrachtet die Sedierung für widerspenstige, wichtige Teile der Untersuchung nicht dulddende Patienten als notwendig.

TAYLOR et al. (2002) betonen die exzellente analgetische Wirkung der α_2 -Rezeptor-Agonisten und deren profund sedative Eigenschaften.

Detomidin ist nach DAUNT und STEFFEY (2002) vor allem bei ernsthaften abdominalen Schmerzen nützlich, weil es lange sedierend und analgetisch wirkt, weil es die Wahrscheinlichkeit der Eigenverletzung minimiert, die Gefährdung des Personals reduziert und Befundung wie Behandlung erlaubt. Detomidin wirkt bei der Kolik stärker analgetisch als

Xylazin, Butorphanol oder Flunixin-Meglumin, ohne mit Mortalitäts- oder Morbiditätssteigerung assoziiert zu sein. Allerdings maskiert es oft Krankheitsverschlechterungen des Patienten durch die eigenen pharmakologischen Wirkungen und Nebenwirkungen (v. a. der Kreislaufdepression).

Nach KRELING (2002, S. 101 - 103) wirken die α 2-Rezeptor-Agonisten bereits nach 4 min. voll, halten diese Wirkung mind. 20 min. aufrecht und schwächen innerhalb der folgenden 60 min. ab. Für ein Nachsedieren sind sie wegen ihrer Nebenwirkungen nicht geeignet. Für eine länger andauernde Sedierung empfiehlt er die Neuroleptika.

HERTSCH (2003) empfiehlt zur länger dauernden Zahnuntersuchung (> 0,5 h) zuerst die Anwendung verhaltenstechnischer Maßnahmen, dann den gezielten Einsatz von Zwangsmaßnahmen. Daraufhin verweist er auf die medikamentöse Sedierung mit α 2-Rezeptor-Agonisten, insbesondere Detomidin und Romifidin in dem Moment, in dem einerseits die Abwehrbereitschaft des Patienten für alle an der Untersuchung Beteiligten auf ein gefährliches Maß ansteigt und zeitlich vertretbare Pausen keine Besserung bewirken, und in dem andererseits die notwendige riskante Manipulation unmittelbar bevorsteht und innerhalb des minimal zu erwartenden Sedierungszeitraumes durchführbar ist. Für länger (> 0,5 h) indizierte Sedierungen und Analgesie liefert die Kombination von Detomidin oder Romifidin mit Levomethadon brauchbare Ergebnisse.

VLAMINCK und STEENHAUT (2001) kombinieren vor allem Romifidin mit Buprenorphin.

Die klinische Zahnuntersuchung an sich folgt den klassischen Regeln der Adspektion, olphaktorischen Prüfung, Palpation, Perkussion und, wenn nötig, Auskultation.

Auffallende Palpationsreaktionen, Scheuen und Widersetzlichkeit können auf Probleme im Backen- oder Zahnfleischbereich, im myofaszialen Bereich oder im Bereich der Kaumuskeln hinweisen (BAKER, 1998).

2.5.2 Instrumente

Man benötigt zur Zahnuntersuchung im allgemeinen die Möglichkeit der **Maulspülung**, eine gute **Lichtquelle** (SCOGGINS, 1998; BAKER, 1998; STELZER, 1998; KRELING, 1999) außerhalb der Maulhöhle - am günstigsten, so EASLEY (1999a, S. 112), ZETNER (1999) und KRELING (2002, S. 109), eine Stirnlampe - und, sehr brauchbar, eine Lichtquelle (Handlampe) zur Benutzung innerhalb der Maulhöhle (STAEHLE, 1932; BECKER, 1938, S. 26; SCRUTCHFIELD, 1999a, S. 174). Ein **Halfter, mit Metall(halb)ring** in den

Nasenriemen eingebaut und mit Ösen versehen, soll die nötige Öffnung des Mauls und die möglich Fixierung des Kopfes erlauben (EASLEY, 1998a, 1999a, S. 110; SCRUTCHFIELD, 1999a, S. 173 - 174).

Instrumente liegen vor, um Zunge und Backe aus dem Blick- und Aktionsfeld zu halten, also ein **Zungen- und Backenspatel** (EISENMENGER und ZETNER, 1982, S. 30) und/oder ein **Backenzahnspekulum** (EASLEY, 1999 a, S. 112; KRELING, 2002, S. 112).

Außerdem sollte ein zahnschonender/s und wenig verletzungsträchtiger/s (für Mensch und Tier) **Maulkeil** und **Maulgatter** bereit liegen (SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER, 1993), wie etwa ein Hartkunststoff-Maulkeil oder ein Maulkeil mit Hartgummibezug (KRELING, 2002, S. 110 - 111) oder der Maulkeil nach Schoupe' (DART et al., 2000) und das Hausmann-Maulgatter (TREMAINE, 1997b; BAKER, 1998; KRELING, 2002, S. 110 - 111), welches alle 15 bis 20 min. für einige Minuten zu schließen ist (GREENE, 2001) oder, nach EASLEY (1999a, S. 111), max. für eine halbe Stunde geöffnet bleiben sollte. Für ZETNER (1999) hat sich am unsedierten Pferd ein Maulkeil aus Hartkunststoff als nützlich erwiesen, da die Verletzungsgefahr hier gering ist.

Obwohl vom ersten Eindruck her schwerfällig und umständlich, bezeichnet BAKER (1998) ein Maulgatter als „effektiver und weniger traumatisch als alle Spulen und Keile zusammen“. Trotzdem kann das beste Maulgatter besonders bei renitenten Tieren zur gefährlichen Waffe werden, warnt er (1983a), und rät zur entsprechenden Vorsicht (z. B. kann es sich als nützlich erweisen, die Zahnhaken an den Zähnen 106 bis 108 und 206 bis 208 vor Gebrauch des Gatters zu entfernen, damit diese Haken beim Spannen des Maulgatters nicht die Wangen irritieren; siehe auch SCRUTCHFIELD, 1999a, S. 175).

Sinnvoll sind zusätzlich ein **gewinkelter Zahnspiegel**, **Zahnsonden (Zahnpicks)**, BECKER, 1938, S. 26 – 28; KRELING, 2002, S. 112) und **Zahnzangen** (BAKER, 1998; EASLEY, 1999a, S. 112).

Außerdem leistet, so EASLEY (1999a, S. 112 - 113), ein **Gefäß mit Desinfektionslösung** (Chlorhexidin) essentielle Dienste, um das Maul, die Hände und Instrumente zu spülen. Ein wasserabweisender Glycerin-Zusatz optimiert die Lösung (SCRUTCHFIELD, 1999a, S. 174).

KERTESZ (1993) empfiehlt als **Abdruckmasse** für den Zahn- oder Gebissabdruck beim Kleintier Abdruckmassen auf Silikonbasis, die zwar teurer sind als Alginate (HARVEY und EMILY, 1993, S. 259 - 262), aber das Formen mehrerer Gipsmodelle erlauben. FAHRENKRUG (1987a, 1988, S. 31 - 32) präferiert ebenfalls die Silikone, da sie unter anderem nahezu unbegrenzt als Abdruck haltbar sind. Die Alginate dagegen verändern bereits eine Stunde nach Abdrucknahme ihre Form und müssten so für einen späteren Gebrauch erneuert werden (FAHRENKRUG, 1987a, 1988, S. 31 - 32; HOLMSTROM et al., 1998, S. 404 - 411). Silikone erhärten nach wenigen Minuten, sind formbeständig, abdruckgenau, besitzen ein sehr gutes Rückstellvermögen und lassen sich einfach verarbeiten (FAHRENKRUG, 1987a, 1988, S. 31 - 32; GOLDEN, 1990; SHIPP und FAHRENKRUG, 1992, S. 188 - 189).

WIGGS und LOBPRISE (1997, S. 39 - 42) fordern von einem guten Abdruckmaterial nicht toxisch, nicht reizend, sauber benutzbar und akzeptierbar in Geschmack und Geruch zu sein. Außerdem muß es haltbar und ökonomisch sein, leicht anzuwenden, plastisch in der Positionierung, leicht fließend beim Einbringen und detailgetreu sein und zudem vernünftige Werkzeiten aufweisen. Zuletzt sollte es sich als elastisch genug erweisen, um als Abdruck einfach wieder entfernbar und dennoch formstabil zu bleiben.

Insgesamt unterscheidet man unelastische (z. B. Abdruckgips/Typ I Gips oder Abdruckwachse) und elastische (z. B. Alginate oder Silikone) Abdruckmassen (WIGGS und LOBPRISE, 1997, S. 39 - 42).

2.5.3 Bildgebende Verfahren

2.5.3.1 Röntgen

Es ist gemäß BAKER (1998) sicherlich schwierig die Struktur und Pathologie der Reservekronen und Zahnwurzeln ohne radiographische Aufnahmen abzuschätzen.

Nach BAKER (1971) sowie RIEGEL und HAKOLA (2002) gelingen gute Röntgenaufnahmen meist nur bei **Narkose** des Patienten. Sie betonen den Wert der **Schrägprojektionen** zur Darstellung der Zahnwurzeln (BAKER, 1971, 1972b → 30°; 1982a, b, 1985b → 30° - 45°; 1983a → 45°). Auch PARK (1993) sowie TAYLOR und HILLYER (2001) meinen, daß diagnostische Röntgenaufnahmen am besten in kurzzeitiger Vollnarkose angefertigt werden. Sie empfehlen **Schrägaufnahmen** mit einem 45°-Strahl zur Isolierung einzelner Quadranten. Die Maulöffnung wird mittels eines Knebels der Schneidezähne erzwungen.

QUICK und RENDANO (1979), MORGAN et al. (1991), BUTLER et al. (1993), PARK (1993), SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER (1993), HOWARTH (1995) und PENCE (2002, S. 201 - 207) halten neben **lateralen** sowie die teils als optional angesehenen **dorsoventralen** Strahlengänge die **Schrägaufnahmen** (OK: 15° und 60° → PARK, 60° → MORGAN und NEVES, PENCE, 30° → QUICK und RENDANO, BUTLER et al., HOWARTH, SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER; UK: 45°; 30° → BUTLER et al.) wegen der Überlagerungen bei erstgenannter Projektionsrichtung für notwendig.

MENDENHALL und CANTWELL (1988) ersehen **laterale**, **schiefe** (Darstellung der Zahnwurzeln!) und **dorsoventrale** Projektionen als wünschenswert an (auch DIK und GUNSSER, 1997), durchaus am stehenden, unseidierten Tier. Bei Bedarf sollen diese Ebenen durch intraorale Aufnahmen am sedierten Patient ergänzt werden.

EASLEY (1997a) zitiert KIRKLAND et al. (1996), wonach **schiefe** (30° – 45°) **Aufnahmen** der Läsion und, zum Vergleich, der gegenüberliegenden Seite gemacht werden sollten. Zudem empfiehlt er die **laterolaterale** Aufnahme bei geöffneter Maulhöhle, besonders für die

Darstellung der Zahnzwischenräume und der Abriebsanomalien, nicht aber, um die Reservekronen und Wurzeln zu beurteilen, wegen der unumgänglichen Überlagerungen. Eine **dorsoventrale** oder **ventrodorsale** Projektion ergänzt die beiden Ebenen.

Generell favorisieren O'BRIEN und BILLER (1998) neben der **dorsoventralen** und **laterolateralen** die **schiefe Projektion** im 30° bis 45° Winkel (gegen die Horizontale), je nach Alter und zu beurteilendem Zahnteil. Bei jungen Pferden kann dieser Winkel, je nach interessierendem Zahn, bis zu 70°, 80° betragen.

In seiner Studie über die röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen im Bereich der maxillaren Backenzähne des Pferdes stellt JAHN (1966) die schiefe Projektion in einem 25°-Winkel als günstigste Aufnahmetechnik dar.

Außerdem betonen BAKER (1971, 1972b), WYN-JONES (1985), O'BRIEN (1996) sowie O'BRIEN und BILLER (1998) den Wert **intraoraler** Aufnahmetechniken, weil die Quadranten nicht überlappen und das Parodont detaillierter dargestellt werden kann. Die Autoren räumen aber die Nachteile ein, eine geringe Filmgröße zu erlangen, spezieller Röntgenfilme (O'BRIEN, 1996) zu bedürfen, eine Allgemeinanästhesie durchführen und den Film manuell entwickeln zu müssen (O'BRIEN, 1996).

Für tragbare Röntgengeräte wenden letztere Autoren 75 kV, 15 mA und eine **Belichtungszeit** von 2,5 s an. Bei stationären Röntgenanlagen wären die Werte 120 kV, 120 bis 160 mA und die Belichtungszeit 0,1 bis 0,25 s.

Die maxillaren Backenzähne stellen separat am günstigsten, nach Meinung von GIBBS (1999, S. 143 - 146), **schiefe Projektionen** dar, ausgeführt am sedierten Tier. Der dorsoventrale Winkel des Strahlengangs gegen die Horizontale beträgt beim jungen oder schmalköpfigen Patienten bis 45°, bei adulten Pferden ca. 30°. GIBBS (1999, S. 146) ergänzt diese Aufnahmen mit der „**läsion-orientierten schiefen Aufnahme**“, der **laterolateralen**, der **dorsoventralen**, der **dorsoventralen mit Ausschaltung der Mandibula** (bukkkale Seite, Alveoli und Parodont der OK-Backenzähne) und, bei besonderem Bedarf, der **intraoralen** Projektion.

Für die Darstellung der mandibulären Backenzähne hält sie die **schiefen Projektionen von ventral und dorsal**, danach die **laterolateralen**, die **intraoralen** und die „**läsion-orientierten schiefen Aufnahmen**“ am geeignetsten.

LANE (1993), GIBBS (1999, S. 139 - 140) und PENCE (2002, S. 204 - 207) beurteilen die Radiographie als **hochwertiges diagnostisches Medium**, da Zahngewebe, Luft, Bindegewebe, Knorpel und spongiöser Knochen exzellenten Kontrast liefern würden. Sie bietet im Moment die diagnostische Schlüsselhilfe (TREMAINE, 1997b). Allerdings, so WYN-JONES (1985), darf die Technik hierzu flexibel angewendet werden – also sich den individuellen Fragen des Patienten anpassen. Das betrifft z. B. die Aufnahmewinkel, den Kontrastmittel-Einsatz und die diagnostische Ergänzung durch andere Methoden wie die Endoskopie.

GREENE (2001) sieht für die Zukunft die Notwendigkeit **intraoraler** Röntgentechniken, um Überlappungen und Verzerrungen zu vermeiden und die Isolierung einzelner Zähne zu ermöglichen.

Abgesehen von wirtschaftlichen Faktoren und der, eher akademisch als klinisch bedeutenden, geringeren Auflösekapazität, bietet das **Digitale Röntgen** Vorteile wie geringere Fehlersensibilität nach suboptimaler Einstellung der Röntgentechnik, mögliche Nachmanipulationen qualitativ unzureichender Aufnahmen ohne Wiederholungsaufnahmen (z. B. über die Kontrasteinstellung), einfachen kollegialen Austausch und einfache Reproduzierbarkeit (ROBERTS und GRAHAM, 2001).

Als **Schwächen der röntgenologischen Diagnostik** von Zahnleiden kristallisiert BRAUN (2001) folgende Punkte heraus:

- Mangelnde Detailerkennung des apikalen Zahnteiles
- Ungenügende Visualisierung von Veränderungen des Periodontiums und des Zahnfaches
- Unzulängliche Darstellung von Fissuren oder luxierten Fragmenten nach Zahnfraktur
- Ungenaue Lokalisation von retinierten Zahnanteilen in der Expulsionshöhle
- Mangelhafte Differenzierung von Zahnalterationen bei klinischen Begleiterscheinungen wie Osteitis des Kieferknochens, Sinusitis und Fistelbildung

WILLMANN (2001) zitiert GIBBS und LANE (1987), nach denen die **Unzulänglichkeiten** der röntgenologischen Diagnostik am Beispiel der sekundären Sinusitis mit großflächigen Verschattungsbezirken sichtbar werden. Auch vermeintlich klare Röntgenbefunde verbergen in manchen Fällen das gesamte Ausmaß der Erkrankung oder führen sogar zu Fehlinterpretationen.

2.5.3.2 Endoskopie

- Traditionelle Endoskope

Nach EASLEY (1997a) könnte ein Endoskop für die genauere Befundung der interproximalen Räume, der Zahntaschen oder der Defekte an den Okklusalfächen der Backenzähne nützlich sein.

Auch BAKER (1998) meint, daß flexible Glasfaser-Endoskope, geschützt durch das Maulgatter, bei der Inspektion verwendet werden können.

Nach GRISS (2001) gelingt es mit herkömmlichen Methoden, insbesondere dem unbewaffneten Auge, nicht oder nur schwer, Feinheiten odontologischer Pathologien wie Fissuren, gingivale Taschenbildung, initiale Diastasenbildung oder die Lokalisation und das Ausmaß kariöser Prozesse oder Schleimhautirritationen eindeutig zu diagnostizieren. Dieses trifft umso mehr auf die aboralen Abschnitte der Maulhöhle zu.

Ein mit Metallmantel geschütztes, starres Endoskop leistet hier Abhilfe, wie der Autor in einer Erhebung über 300 Zahnpatienten belegt.

EASLEY (1997a, 1999a, S. 110), KNOTTENBELT (1999) und VAN DE FELDE (2000, zitiert nach GRISS) wiesen bereits vorher auf die Vorteile der endoskopischen Untersuchung hin.

- Zahnkamera

HERTSCH und SCHACHT stellen 1998 die odontologische Befunderhebung mit Hilfe einer endoskopisch arbeitenden Zahnkamera vor. Das Gerät stammt aus der Humanmedizin und ist mit einem verlängerten Haltegriff an die Bedürfnisse des Pferdezahnarztes adaptiert worden. Die Technik ermöglicht es, eine Fülle physiologischer und pathologischer Befunde darzustellen, einen Beitrag zur Erläuterung der in der Maulhöhle ablaufenden Vorgänge zu leisten, Zahnerkrankungen frühzeitig zu erkennen und den Verlauf manifester Erkrankungen zu dokumentieren. Bereiche, die ehemals nur palpatorisch zugänglich waren, kann die Winkeloptik der Kamera sichtbar machen (SCHACHT, 1999; HAWEMANN, 2003).

2.5.3.3 Computertomographie, Magnetresonanztomographie und Szintigraphie

Für Mängel der Radiologie, wie der Sichtbarmachung einer Osteolyse erst bei 30 bis 50 Prozent Knochenverlust oder Überlagerungen und Verzerrungen, bieten die **Computertomographie (CT)** und **Magnetresonanztomographie (syn. Kernspintomographie, MRT)** eine Lösung. Diese neueren Technologien liefern in kurzer Zeit detaillierte (O'BRIEN und BILLER, 1998) Aufnahmen z. B. des gesamten Kopfes (GIBBS, 1999, S. 165 - 167; PENCE, 2002, S. 207).

Zudem sind sie in der Lage, lediglich Gewebsstrukturen einer bestimmten Dichte darzustellen und verschiedene zwei- oder dreidimensionale Blickwinkel zu erlauben (REVENAUGH, 2000).

In der Auflösung von Knochendetails übertrifft die **CT** die **MRT** und vor allem die Radiographie (HOGEBOOM et al., 1992; VIRAPONGSE et al., 1986), weshalb verstärkt die beiden ersteren Technologien für die Eignungsuntersuchungen des implantatgetragenen Zahnersatzes und für die Kariesdiagnostik angewendet werden (GRAY et al., 1996;

MATTESON et al., 1996). Untersuchungen von FUHRMANN et al. über alveolaren Knochenverlust mit hochauflösender **CT**-Technik (1995) und über die Involution der Furkation, wo die **Radiographie** mit der **HR-CT** beim Menschen verglichen wird (1997), bestätigen obige These.

ZECHMEISTER (1998) beurteilt 62 Pferdegebisse **computertomographisch**. Gemäß seiner Ergebnisse ist die CT-Diagnostik, bei vor allem technisch adäquater Anwendung, in der Lage, pathologische Feinheiten jenseits konventioneller Methoden darzustellen und, darüber hinaus, die Art der Gewebeveränderung anhand eines Vergleichs mit bekannten Werten aus der Humanmedizin vorherzusagen.

Die **Computertomographie**, erklären TUCKER und FARRELL (2001), leistet im Bereich der Zahnerkrankungen die optimale diagnostische Hilfe unter den bildgebenden Verfahren. Z. B. existiert das Überlagerungsproblem nicht (auch O'BRIEN und BILLER, 1998) oder erleichtert diese Technik die Beurteilung der Zahnwurzelerosionen, insbesondere, wenn die Wurzeln Flüssigkeit umgibt.

BRAUN (2001) untersuchte 52 Pferdeköpfe mit der **CT** und **anderen bildgebenden diagnostischen Verfahren** - vor allem dem **Röntgen**, dann der **Endoskopie**, der **Sonographie** und der **Szintigraphie** - und stellt die Ergebnisse gegenüber. 32 % aller Zahnerkrankungen konnten einzig mit der CT-Technik diagnostiziert werden. Bei diesen Patienten handelte es sich entweder um kurzzeitig erkrankte oder solche mit minimalen Strukturveränderungen. Insgesamt vermochte BRAUN (2001) mit der Untersuchung der Kopforgane und der Nackenregion bei ihren Pferdepatienten vor Einsatz der CT lediglich 5,8 % der Erkrankungen sicher zu diagnostizieren. In 3 von 25 Zahnfällen reichten die Voruntersuchungen (Röntgen etc.) aus, um eine eindeutige Diagnose zu stellen.

Nach den Erfahrungen der Autorin gelingt es mit Hilfe der CT-Schnittbildtechnik pathologische Veränderungen an der Zahnkrone, -wurzel und dem Zahnfach ohne störende Überlagerungen und mit hoher Detailgenauigkeit abzubilden. Die Methodik setzt an den Schwachpunkten der konventionellen Röntgentechnik an und informiert über Lokalisation, Art und Ausmaß der Zahnerkrankung. BRAUN (2001) gelang es, bei 88 % der vorgestellten Zahnpatienten mit Hilfe der CT den Problemzahn sicher zu differenzieren. Besonders zeigte sich die Überlegenheit der computertomographischen Abbildungen bei chronischen Zahnerkrankungen, wenn Folgeerscheinungen, wie ossifizierende Prozesse an Zahnalveole und Kieferknochen, die röntgenologische Bildinterpretation erheblich beeinträchtigten (siehe TIETJE, 1996).

Die Darstellung struktureller Zahnanomalien dagegen gelingt, nach ZECHMEISTER (1998), mit der CT weniger gut.

Als Besonderheit hebt BRAUN (2001) hervor, daß die CT den direkten Seitenvergleich der bilateral ausgebildeten Organstrukturen erlaubt und es somit erleichtert, individuelle anatomische Besonderheiten gegenüber pathologischen Merkmalen abzugrenzen. Die übersichtliche Darstellung der Lage, Gestalt und Ausdehnung eines Krankheitsherd, verbunden mit der Möglichkeit, mit multiplanaren Rekonstruktionen einen räumlichen Eindruck zu präsentieren, stellt BRAUN (2001) weiterhin als Vorteil heraus.

Zur Fragestellung „Differenzierung primärer und sekundärer Sinusitis mittels CT, des weiteren optimierte OP-Planung sowie genauere präoperative Einschätzung der Prognose“

untersucht WILLMANN (2001) seine Patienten ($n < 50$). Er kommt zu dem Ergebnis, daß die CT bei unbefriedigender Abklärung eines Falles mit traditionellen diagnostischen Verfahren eine äußerst informative Zusatzuntersuchung darstellt.

Nicht anschließen kann er sich der Ansicht von TIETJE (1996) und, mit Einschränkung, BRAUN (2001), die es als günstig ansehen, die computertomographische Untersuchung mit der anschließenden chirurgischen Intervention in einer Narkose zu kombinieren. In den meisten Fällen dürfte ein solches Vorgehen nach WILLMANN (2001) nicht sinnvoll sein, da aus Zeitmangel ein gewissenhaftes Auswerten der Schnittbilder bzw. eine entsprechende Planung des chirurgischen Eingriffes nicht gewährleistet ist.

Momentan verhindern nach Meinung von REVENAUGH (2000) in erster Linie die Kosten und die Verfügbarkeit dieser **neueren bildgebenden Verfahren** ihren Einsatz in der Veterinär-Zahnmedizin. Zudem, so GIBBS (1999, S. 139), erfordert die **CT** eine längere Allgemeinanästhesie des Patienten; ein Nachteil, der durch die Anwendung der Methodik im Vorfeld chirurgischer Interventionen mit unmittelbar folgender Operation teilweise entfällt (BRAUN, 2001). Weiterhin limitierend für die Routineanwendung dürfte nach STICKLE und HATHCOCK (1993) die Vertrautheit des Diagnostikers mit der CT-Technik sein (z. B. exakte Positionierung des Patienten, geeignete Fenstereinstellung).

Die **skelettale Szintigraphie** ist die häufigste Anwendung equiner Nuklearmedizin. Die Szintigraphie vermag pathophysiologische Abläufe im Knochengewebe frühzeitig darzustellen und Läsionen sowie deren Ausbreitung und Schweregrad kundzutun, die mit anderen bildgebenden Verfahren nicht wahrzunehmen sind (METCALFE et al., 1989; BOSWELL et al., 1998; HOSKINSON, 2001). Überlagerungsprobleme vermag diese Art der Nuklearmedizin weitgehend zu vermeiden, Änderungen in der Aktivität des Knochenstoffwechsels und Infektionsherde werden frühzeitig dargestellt (METCALFE et al., 1989; O'BRIEN und BILLER, 1998), so daß die Technik vor allem für fragliche und/oder unklar zu lokalisierende Auflösungsprozesse im Parodont zum Einsatz kommen dürfte (O'BRIEN und BILLER, 1998; PENCE, 2002, S. 207 - 208). Eine Allgemeinanästhesie ist nicht notwendig (GIBBS, 1999, S. 139).

Dagegen führen O'BRIEN und BILLER (1998), GIBBS (1999, S. 167 - 168) und PENCE (2002, S. 207 - 208) auf, daß die Szintigraphie maschinell sehr aufwendig, technisch kompliziert und kostenintensiv ist, daß die Strahlenbelastung einzuschätzen wäre und die Gewebeerkrankungen zwar frühzeitig, aber zugleich nur äußerst unspezifisch (BOSWELL et al., 1998) erkannt werden.

Die szintigraphische Diagnostik ist weniger spezifisch als etwa die radiologische, aber höchst sensibel in der Darstellung sowohl knöcherner als auch weichteiliger Entzündungsvorgänge, fassen LOWDER und MUELLER (1999) sowie LOWDER (1999a, c) die Situation zusammen.

Die Erkenntnisse WELLERS et al. (2001) aus der vergleichend radiologischen und szintigraphischen Untersuchung von 30 Zahnpatienten und 30 Kontrolltieren ergänzen dieses Resümee: Sensibilität der Szintigraphie 95,5 %, Spezifität 86,4 %; Sensibilität der Radiologie 51,5 %, Spezifität 95,0 %. Die Autoren empfehlen, die beiden Methoden kombiniert anzuwenden.

Nach BOSWELL et al. (1999) sind weitere Forschungen notwendig, um die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der skelettalen Szintigraphie genauer zu klären.

2.6 Therapie des Backenzahnverlustes

2.6.1 Postoperatives Management

BAKERs (1982b, 1985c) sowie VLAMINCKs und STEENHAUTs (2001) primäres Ziel nach der Zahnentfernung ist der Verschluss der Alveole mit geeignetem Material (**Gaze**, mit **Antiseptikum getränkte Kompresse**, **Dentalwachs** [BAKER, 1972a], **Guttapercha**, **Akrylzement** u. ä. m.; Abb. 10), welches nach einem Monat entfernt wird.

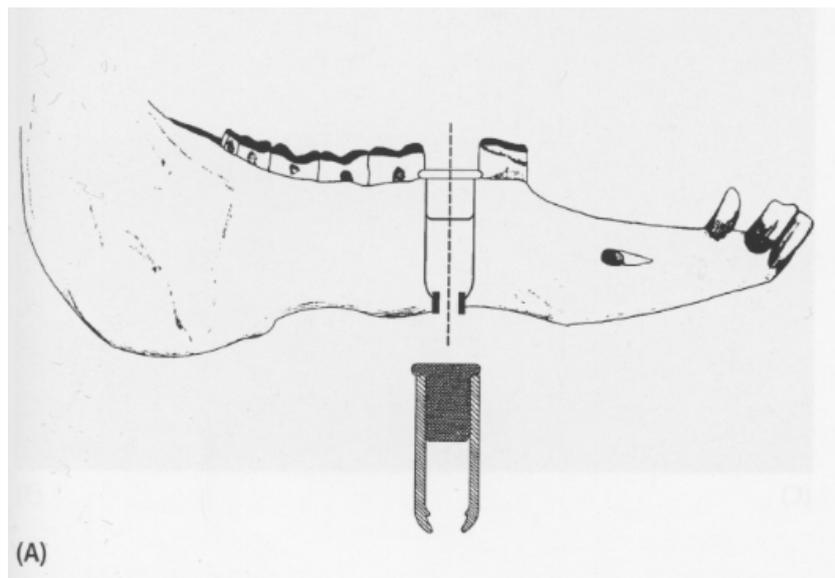


Abb. 10, Skizze zur Lage des Alveolenpropfs, nachdem ein Backenzahn entfernt wurde;
(aus: BAKER/EASLEY, 2003, „Zahnheilkunde in der Pferdepraxis“, ed. 1,
Verlag Schlütersche; mit freundlicher Genehmigung von Elsevier).

1983 (a) schreibt BAKER, es bestünde über die optimale postoperative Versorgung der Wundhöhle ebenso wenig Einigkeit wie über die Frage, ob ein **Tampon** eingesetzt werden sollte. Er selbst verschließt 1983 (a, b) die Wundhöhlenöffnung und lässt die Trepanationswunde für tägliche Spülungen offen.

HAACK et al. (1987) verwenden für den Verschluss der Alveole **Technovit**® (ein Akrylat) und spülen die Expulsionswunde täglich bis zur Abheilung.

HOFMEYR (1988) schlägt zum Schutz des Zahnfachs einerseits die Tamponade der Wunde mit **Gelatine-Schaum** oder **Zellulose-Gaze**, imprägniert mit **Antibiotika** (siehe auch LOWDER, 1999 a, b, c), andererseits die Versiegelung der Zahnücke mit einer **Guttapercha-** oder **Werg-Brücke** vor. Alternativ könnte man eine **Iod-Gaze** (alle 3 – 4 Tage zu wechseln) oder **reines Musselin** (täglich zu wechseln) verwenden. Nach Meinung des Autors füllt sich die Zahnwunde innerhalb von 10 Tagen bis 6 Wochen mit Granulationsgewebe.

PRICHARD et al. (1992) zitieren McILLWRAIGHT (1984), der mittels eines **Drahtes um den mesialen und distalen Zahn** der Lücke einen **Akrylataufbau** in der Zahnücke befestigt. Dies geschieht in einer Position, die weder durch die Kaufunktion angegriffen wird, noch die Wundgranulation behindert.

Auch SCHUMACHER und HONNAS (1993) versehen die Zahnwunde mit einem Verschluss, der nach ausreichender Bildung des Granulationsgewebes (ca. 2 Wo.) wieder entfernt werden kann. Die Autoren modulieren eine **Akrylmasse auf Gaze**, die mit **Draht** distal an der Hautwunde über eine gewickelte Kompresse fixiert wird.

Odontologisches **Abdruckmaterial** oder **Dentalwachs** soll nach HOWARTH (1995) der Wundgranulation im Anschluß an die Zahnrepulsion Schutz bieten.

Nach der Ausstempelung des Zahnes und der Wundsäuberung und -kontrolle **tamponieren** HÖPPNER und HERTSCH (1999) das offene Zahnfach mit einer durch einen chirurgischen **Faden** zusammengebundenen, mit Polyvidon-Jod-Komplex-getränkten **Kompresse**. Eine zweite Kompresse über der Hautwunde dient als Verankerung des Fadens. Die Kompresse wird alle 2 Tage gewechselt und bei Schließung der Zahnfachwunde, also nach 1 – 3 Wochen, entfernt.

LANE (1997) sieht ebenfalls den Schutz der Zahnwunde vor. Er benutzt dazu **Guttapercha** oder **Impressionsmaterial**.

Nach der intraoralen Zahnextraktion tamponieren DIXON (1997b) und TREMAINE (1997a) die Wunde mit einem **Metronidazol-getränkten Tupfer**. Erstere Autorin versieht die Zahnwunde im Anschluß an die **Zahnrepulsion** optional auch mit **Dentalwachs** oder **Akrylmasse**. 2001 empfiehlt DIXON nach der intraoralen Zahnextraktion neben dem **Metronidazol-getränkten Tupfer** auch einen **Polyvidon-Iod-getränkten Tupfer**, um das

Zahnfach abzudichten. Bis zum Verschuß der Zahnwunde mit Granulationsgewebe wird der Tupfer täglich gewechselt.

DIXON und BRAMMER (1997) bewerten die Eigenschaften von **Dentalwachs** und **Guttapercha** zur Tamponade der Zahnextraktionswunde kritisch. Sie untersuchten insbesondere auf die Entstehung von (oro-maxillären) Fisteln hin 33 Backenzahnrepulsionen im OK und 11 im UK, bei denen nach der Ausstempelung zum Schutz der Alveole **Knochenzement** verwendet wurde. In keinem der Fälle entwickelte sich eine oro-maxilläre Fistel oder mangelnder Verschuß der Alveole. Sinusitiden dagegen traten viele auf. 4 Fälle zeigten Komplikationen aufgrund des Knochenzementes. Ein Fall präsentierte Knochenzement im maxillären Sinus, in 3 Fällen keilte sich Futter zwischen die Zementtamponade und den Alveolenboden, so daß es zu Entzündungen kam. Insgesamt empfehlen die Untersucher die Verwendung des Knochenzementes, gerade wenn 2 benachbarte Backenzähne entfernt werden müssen.

Ob nach der intraoralen Zahnextraktion die Alveole über die tägliche Spülung hinaus geschützt wird, bewerten LOWDER und MUELLER (1998b) auch nach dem Alter des Patienten. Flache Zahnfächer verschließen sie nicht mit einem **Akrylpropf** oder ähnlichem.

Mit einer **gerollten Kompresse**, die über eine Schnur distal an der Backe mit einer zweiten Kompresse befestigt wird, schützt GAUGHAN (1998) die Zahnwunde nach Zahnextraktion. Tägliches Wechseln ist notwendig.

Als günstiger ersieht es daher GAUGHAN (1998), einen (bei Bedarf Antibiotika-haltigen) **Akrylpropf** zu verwenden, der zum Teil von den Patienten über Jahre toleriert wird. Fehlen 2 Zähne, soll der Pfropf mit Draht stabilisiert werden. Meist stößt das Wachstum der Wundgranulation den Akrylpropf eigenständig ab, ansonsten sollte er bei Problemen entfernt werden.

Die Extraktionswunde der UK-Backenzähne versieht EASLEY (1999c, S. 230 - 248) mit einer **gepackten, umschnürten Kompresse**, die er mittels der Schnur und der Hilfe einer weiteren Kompresse über der Hautwunde fixiert und täglich wechselt, bis 5 – 10 Tage p. op. Granulationsgewebe den Boden der Alveole verschlossen hat.

Generell „versiegelt“ EASLEY (1999c, S. 230 - 248) die Zahnwunde mit **Dentalwachs** oder **Polymethacrylat (Knochenzement)** in der Weise, daß dem Granulationsgewebe genügend Raum bleibt, sich zu entwickeln und der Pfropf nicht in den Kauprozess eingebunden wird. Dem Knochenzement kann man Kontrastmittel und/oder Antibiotika beimengen. Akrylmassen für den Huf sollten wegen ihrer exothermen Reaktionsweise nicht verwendet werden.

Effektiver noch im Verschließen der Wunde und Vermeiden postoperativer Komplikationen ersieht EASLEY (1999c, S. 230 - 248) den oben zitierten, **speziellen Knochenzement** von DIXON und BRAMMER (1997).

GAYLE et al. (1999) beurteilen die verschiedenen “Versiegelungs“-Materialien unterschiedlich: **Gaze-Kompressen** müssen täglich gewechselt werden.

Methylmethakrylate verschließen die Wunde gut und müssen nicht täglich versorgt werden, aber ihre exothermische Reaktion beim Anbringen führt in manchen Fällen zu Komplikationen. **Odontologische Kalt-Akrylate** bieten hier eine Lösung. **Guttapercha** und **Dentalwachs** versiegeln gut, müssen nicht jeden Tag kontrolliert werden und führen nicht zu thermischen Schädigungen. Jedoch kann der Antagonist das Dentalwachs beschädigen.

In ihrer Untersuchung über die laterale Bukkotomie beschreibt EBELT (2000), daß die Alveole mit einem handelsüblichen **Silikonabformmaterial**, welches in einen **Gazetupfer** eingeknetet ist, geschützt wird. Die Brücke darf weder zu weit an den Alveolenboden, noch über die Okklusalfäche reichen und wird alle 7 bis 10 Tage gewechselt, bis der Zahnfachboden ausgranuliert.

PENCE (2002, S. 236 - 240) schützt die Extraktionswunde mit einer **gerollten Gaze**, die alle 1–2 Tage gewechselt wird. Bei älteren Pferden (ab ca. 20 bis 25 Jahre) verzichtet sie wegen der flacheren Alveole auf diesen Schutz.

HAHN und KÖHLER (2002) greifen auf ein humanmedizinisches **Zahnabdruckmaterial** (Tempo®) zurück, um die Zahnwunde zu versiegeln.

2.6.2 Management nach Verschuß der Alveole

2.6.2.1 Pferd

Nach BECKER (1951) und ZETNER (1999, im Zusammenhang mit einer „erworbenen Oligodontie“ und Wachstumsinterferenzen) müssen abnorm verlängerte **Antagonisten** regelmäßig **gekürzt** werden, um Verletzungen an Zahnfleisch und Kiefer zu verhüten.

Außerdem nennt ZETNER (1999) die Möglichkeit der **Überbrückung der Zahnücke** (EISENMENGER und ZETNER, 1982, S. 143) mit einer gegossenen Brücke aus Titan oder Stahl (Verfahren nach BECKER, 1938, S. 59 - 84), falls die nötigen Schleifinstrumente und Bohrmaschinen zur Verfügung stünden. BECKER selbst beschreibt 1938 und erwähnt 1951 die Möglichkeit der **Inlaybrücken** und **unterspülbarer Brücken** („Schwalbenschwanz-Technik“, Abb. 11), vornehmlich aus **Randolf** (HOFFMANN-AXTHELM: Goldersatzlegierung, 66 % Kupfer, 33 % Zink, 1 % Eisen, 0,5 % Blei; nicht mundbeständig!). GREENE (2001) erwähnt eine persönliche Mitteilung von EMILY (1996), worin er angibt, **Brücken, Akrylplatzhalter** und **andere Materialien** mit unterschiedlichem Erfolg benutzt zu haben, um „diesen Raum zu erhalten“. GREENE schließt seine Ausführungen mit dem

Verweis, daß für die betreffenden Patienten „**geeignete Platzhalter** eingesetzt werden sollten, um einem pathologischen Zustand zuvorzukommen“.

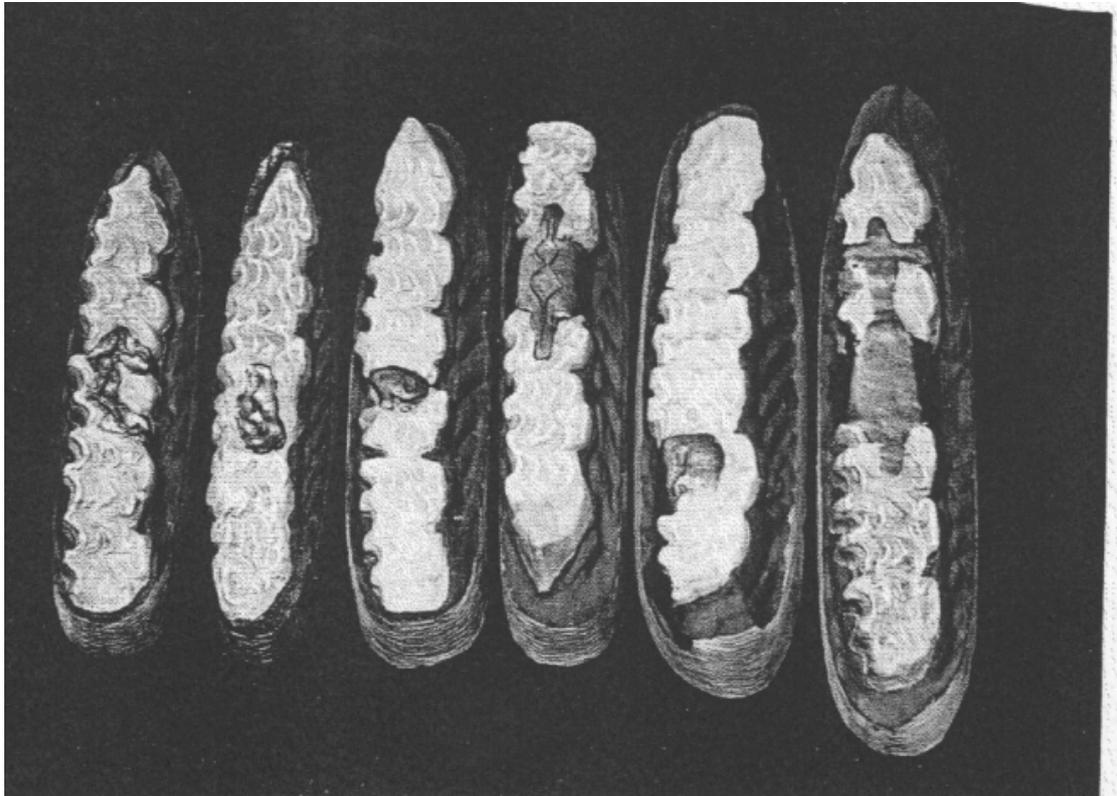


Abb. 11, Inlays und Inlaybrücken aus Randolf nach BECKER (1951, S. 37) an Gipsmodellen; (aus: BECKER, 1951, „Die häufigsten Zahnleiden des Pferdes und ihre neuzeitliche Behandlung mit den Instrumenten der fahrbaren Pferdezahlklinik“, FU-Berlin, Diss.).

In eventuellen **Diastasen** entfernt BECKER (1951) das eingekaute Futter, erweitert den Zwischenraum durch **Einschleifen von Rinnen**, die das Futter nach dem Gaumen oder der Zunge ableiten, schleift den der Lücke gegenüberliegenden Zahn kurz, hebt dadurch den einwirkenden Kaudruck auf und extrahiert gelockerte Zähne.

Nach BAKER (1982a) existiert keine Therapie für einen fehlenden Zahn.

Der Zahnersatz im **Incisivenbereich** soll abschließend noch erwähnt werden. Nach ZETNER (1999) kann, wenn es die Stellung der Schneidezähne unter Berücksichtigung der individuellen lateralen Exkursion des Unterkiefers während der Kaubewegung erfordert, nach Verlust eines Incisivus zur Vermeidung einer Exsuperantia dentis des Antagonisten auch eine **Stahl- oder Titanbrücke** eingesetzt werden. Retentionen an den angrenzenden Zähnen und Abformungen des Ober- und Unterkiefers mittels Silikonabformmaterialien werden geschaffen, nach denen das Dentallabor eine Brücke herstellen wird, die man einzementiert.

2.6.2.2 Hund

Als Möglichkeit der partiellen Zahnprothese beschreiben EISENMENGER und ZETNER (1982, S. 109 - 113) die **Brücken** und differenzieren in

- Zahnersatz mit Composite und Adhäsivtechnik

Als Zahnersatz wären prinzipiell geeignet: Der eigene, ausgebrochene Zahn; ein ähnlicher Zahn eines anderen Hundes; ein Composite-geformter Zahn.

Die Schmelzoberfläche der angrenzenden Zähne wird mit Ätztechnik vorbereitet. Composite fixiert den Zahnersatz in den Interdentalräumen. Nach Härtung der provisorischen Fixation Verblockung der drei Zähne durch einen labialen, evtl. lingualen Kunststoffsteg, der frei mit dem Spatel geformt wird.

und

- Zahnersatz mit Kronenprothetik

Ein Dentallabor fertigt gemäß Abdruck und Modell die Brücke aus Goldlegierung mit Kunststoff oder Porzellanverblendung, welche sodann an den präparierten Nachbarzähnen angeklebt wird.

1990 berichten PAVLICA et al. über die erfolgreiche **Reimplantation eines luxierten Caninus**. Die Zahnpulpa wurde amputiert, der Zahn endodontisch mit Guttaperchastiften und einer Amalgamfüllung versorgt, die Alveole gesäubert, der Zahn in das Zahnfach eingesetzt und mit einer Akrylatschiene gefestigt. Nach 6 Wochen saß der Zahn palpatorisch und röntgenologisch fest, ohne Pathologien anzuzeigen.

Bei Hunden und Katzen führt FAHRENKRUG (1991) als partiellen Zahnersatz lediglich die prognostisch als ungünstig einzuschätzende **Brücke** auf.

BIENIEK und BIENIEK (1993, S. 145 - 147) stellen als partielle Zahnprothesen die **Brücke** und zusätzlich das **Implantat** vor.

Eine **Brücke** wird entweder nach Beschleifen der Nachbarzähne einzementiert (teuer; Beschädigung gesunden Zahngewebes) oder mittels eines labialen Steges eingeklebt (Säure-Ätz-Technik).

Zur **Implantat**-Technik wird die Transdentale Fixation beschrieben, die das Vorhandensein einer noch zu mind. 50 % im Knochen verankerten Wurzeloberfläche voraussetzt.

Bereits 1988 gehen BIENIEK und KÜPPER auf die Möglichkeit ein, Knochengewebe mittels synthetischer Polymere (Hydroxylapatitmaterialien) aufzubauen und zu ersetzen.

HARVEY und EMILY (1993, S. 263) beschreiben die **Implantat**-Technik als unausgereift, teuer sowie kompliziert in der Anwendung und Pflege.

Sie setzen als mögliche Indikation zum implantatgetragenen Zahnersatz einen gesunden, qualitativ hochwertigen Trabekular-Knochen mit genügend Substanz für das Implantat-Bett voraus. Der Implantat-Stift (Titanium) wird unter weitgehendst aseptischen Bedingungen präzise, möglichst gewebeschonend und Überhitzung vermeidend in den Kieferknochen

gesetzt, mit einem Mukosa-Periost-Lappen bedeckt und 3 bis 6 Monate der Osseointegration überlassen. Nach röntgenologischer Kontrolle kann dann der Kronenstift mit der endgültigen Krone aufzementiert werden. Schlägt die Behandlung fehl, kann der Implantat-Stift entfernt und ein neuer Versuch nach weiteren 3 bis 6 Monaten gestartet werden.

WIGGS und LOBPRISE (1997, S. 410 – 413 u. 431 - 432) führen als partiellen Zahnersatz ebenfalls die **Brücke** und das **Implantat** auf. Wenn die Autoren die Brückentechnik bereits als aufwendig, technisch anspruchsvoll und kostspielig ansehen, dann umso mehr die Technik des implantatgetragenen Zahnersatzes. Sie verweisen auf die anfänglich geringen Erfolge in der Humanmedizin. Als Methode der Wahl führen sie die Osseointegration [entwickelt von Brånemark (McLEAN, 1997)] oder Funktionale Ankylose an, wobei ein Titanium-Stift direkt im Kieferknochen verankert wird. Die chirurgische Technik, die Stabilität des Implantats und die Belastung erst nach der Osseointegration sind die Schlüssel zum Erfolg (siehe ZETNER et al., 1979, Tierzahnheilkunde: „Vergleichende Untersuchung der Histokompatibilität verschiedener Implantatwerkstoffe“).

Das Implantat wird in 2 Phasen gesetzt:

Zuerst wird der Implantat-Stift gesetzt. Steril, präzise, möglichst atraumatisch und ohne Überhitzung wird das Implantat-Bett geschaffen. Es sollte so passgenau wie möglich gearbeitet werden, ohne unnötigen Abtrag an Gewebe. Der Stift wird mit einem gingivalen Lappen bedeckt, um das Eindringen pathogener Erreger oder Stoffe zu reduzieren und so günstige Voraussetzungen für die Osseointegration zu schaffen.

In Phase II, üblicherweise 3 bis 5 Monate später, wird ein Kronenstift mit einem schützenden Kronen-Provisorium angebracht. Nach Heilung der Weichteilgewebe um den Stiftaufbau herum kann die endgültige Krone oder Brücke platziert werden.

Im Moment vermögen die Implantate nach Meinung der Autoren WIGGS und LOBPRISE (1997) lediglich ästhetische Zwecke zu erfüllen. An die Anatomie und Physiologie des Hundes besser adaptierte Implantationssysteme müssten geschaffen werden, um belastbare, dauerhafte Implantate anwenden zu können. Dennoch werden Unsicherheitsfaktoren bleiben wie die orale Hygiene durch den Besitzer, Abstoßungsreaktionen, Lockerungen wegen mangelhafter Osseointegration, usw.

2.6.2.3 Mensch

Nach REIBER (1995) führt der Verlust schon eines Zahnes in der Regel zu funktionellen Störungen (**Dysfunktionen**) oder zum Entstehen physiologischerweise nicht vorhandener Aktivitäten (**Parafunktionen**). In seltenen Fällen kann beobachtet werden, daß nach Zahnverlust keine oder nur irrelevante Veränderungen eintreten (**Eigenstabilität**).

Nichtsdestoweniger sind prothetische Behandlungen im Allgemeinen nur dann angezeigt, wenn aufgrund von Zahnverlust eine oder mehrere Funktionen im orofazialen System

erheblich gestört sind oder zu erwarten ist, daß die beschriebenen Folgen des Zahnverlustes (siehe oben) eintreten.

Die Humanmedizin versteht unter „**Prothese**“ alle Formen des Zahnersatzes. Häufig werden mit Prothesen nicht nur die okklusalen und mastikatorischen Einheiten der Zähne, sondern auch Defekte der Kieferknochen ersetzt. Zahnersatz dient der Behandlung von Krankheiten, die aus den durch den Zahnverlust gestörten oder verlorengegangenen Funktionen des orofazialen Systems entstanden sind.

Damit stellt der Ersatz von Zähnen keinen Selbstzweck dar, sondern besitzt therapeutische und prophylaktische Aufgaben: Die Wiederherstellung und die Erhaltung des biostatischen Gleichgewichts im orofazialen System.

Prothetische Behandlungen sind in der Regel nur dann angezeigt, wenn aufgrund von Zahnverlust eine oder mehrere Funktionen im orofazialen System erheblich gestört sind oder zu erwarten ist, daß die bekannten Folgen des Zahnverlustes eintreten.

Sind die Funktionseinbußen relativ gering oder der individuelle Funktionszustand als „eigenstabil“ zu anzusehen, kann die prothetische Versorgung unterbleiben. In der Regel wird dies jedoch nicht der Fall sein. Die Entscheidung, ob prothetisch behandelt wird, hängt generell auch vom zu erwartenden Nutzen und von den – oft unvermeidlichen – negativen Auswirkungen auf die biologischen Gewebe durch prothetische Versorgung ab. Ebenso muß der gesamte Aufwand der Behandlung in einem akzeptablen Verhältnis zum Nutzen stehen (REIBER, 1995).

Als Zahnprothesen in Frage kommen herausnehmbare oder festsitzende Teilprothesen (Brücken), festsitzend-herausnehmbare Teilprothesen („**kombinierter Zahnersatz**“), **Deckprothesen** und **implantatgetragener Zahnersatz** (MARXKORS, 2000; KELLER, 2003).

Für letzteren muß zum Teil im Vorfeld enossaler Technik der Knochen erst aufgebaut werden. Dazu bietet sich die membrangesteuerte Knochenregeneration an, die wiederum erfordert, geeignete Platzhalter zu verwenden (FOITZIK und MERTEN, 1998). Ein Vorgehen, das bei mind. 60 verschiedenen Einzelschritten und nachfolgender lebenslanger Mundhygiene die Geduld und Kooperation von Patient und Behandler voraussetzt (KELLER, 2003).

2.7 Therapie einiger Kiefer- und Zahnfehlstellungen beim Hund

Zu experimentellen Zwecken setzt SELHORST (1964) beim Hund eine Dehnschraube (siehe auch BRASS, 1976) am Unterkiefer ein, mit dem Ziel, diesen zu spreizen. Der Versuch lief über 4 Monate, alle 3 Tage wurde die Schraube aktiviert, nach 6 Wochen aktivierte der Untersucher alle 6 Tage. Das Versuchsziel „Laterale Erweiterung der Mandibula“ bezeichnet SELHORST als erreicht.

Beim Caninus-Engstand großer Hunderassen empfehlen EISENMENGER und ZETNER (1982, S. 67 - 75) die Therapie mit der Dehnschraube nach Biedermann (Hyrax-Schraube, Abb. 12), die mit Adhäsiv-Composite an die Canini geklebt werden.

Die Schraube wird alle 4 – 6 Tage um 0,25 mm „aktiviert“, heißt aufgedreht. Im Mittel beträgt hier die Aktivierungszeit, je nach Fall, 2 bis 4 Monate. Die Retentionszeit dauert dann ein Drittel der Aktivierungszeit. Fixiert man die Zähne ungenügend lange in Endstellung, besteht Rezidivgefahr.

Durch Verschmutzung entsteht häufig unterhalb der Regulierschraube eine Gingivitis, welche jedoch innerhalb kurzer Zeit abheilt.

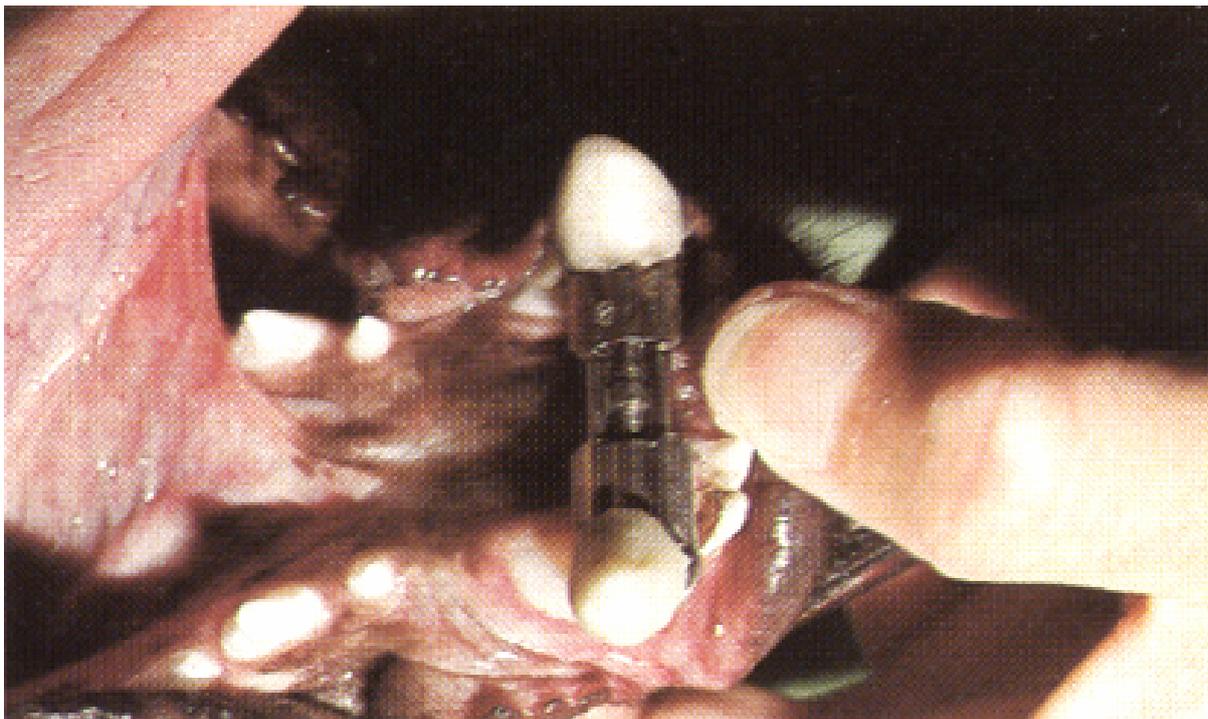


Abb. 12, Hyrax-Schraube in situ zwischen den Canini eines Hundeunterkiefers;
(aus: EISENMENGER/ZETNER „Tierärztliche Zahnheilkunde“, 1982, ed. 1, Verlag Parey;
mit freundlicher Genehmigung von Prof. Karl Zetner).

FAHRENKRUG (1987b, 1988, S. 100 - 108) hält die Hyrax-Dehnschraube aufgrund ihrer starren, festverschweißten und somit schwer an die Canini adaptierbaren Drahtfortsätze für nur bedingt geeignet.

Das von ihm ermittelte Modell („Unitek-Dehnschraube“, Abb. 13) besteht aus einer zentralen Stellschraube (eine Seite Links-, andere Seite Rechtsgewinde) mit mittigem Bohrloch zur Aufnahme des Stellschlüssels, 2 Arbeitsbacken mit Innengewinde für die Schraubspindel (Stellschraube) und Bohrungen außen zur Befestigung der Retentionsdrähte für die Canini.

Der Therapeut klemmt diese Schraube zwischen die Canini, verdrillt die Retentionsdrähte an den Hakenzähnen und verklebt Drähte und Arbeitsbacken nach Anätzen des Caninusschmelzes in 2 Schritten an den Canini. Die Stellschraube wird sodann aufgedreht, bis ein deutlicher Widerstand zu spüren ist. Alle 4 Tage aktiviert der Besitzer die Schraube um eine Viertel Umdrehung. Alle 10 Tage wird ihr korrekter Sitz kontrolliert. Je nach Schwere des Falles dauert die Behandlung 2 Wochen bis 2 Monate.

Mit dieser Methode können durch das Ansetzen der Arbeitsbacken in unterschiedlicher Höhe am Caninus (koronal oder marginal) auch einseitige Fehlstellungen korrigiert werden.

Außerdem ist es prinzipiell möglich, eine zu kurze Stellschraube mit Akryl-Masse und Fixierdraht passgenau zu verlängern (SHIPP und FAHRENKRUG, 1992, S. 136 - 142).

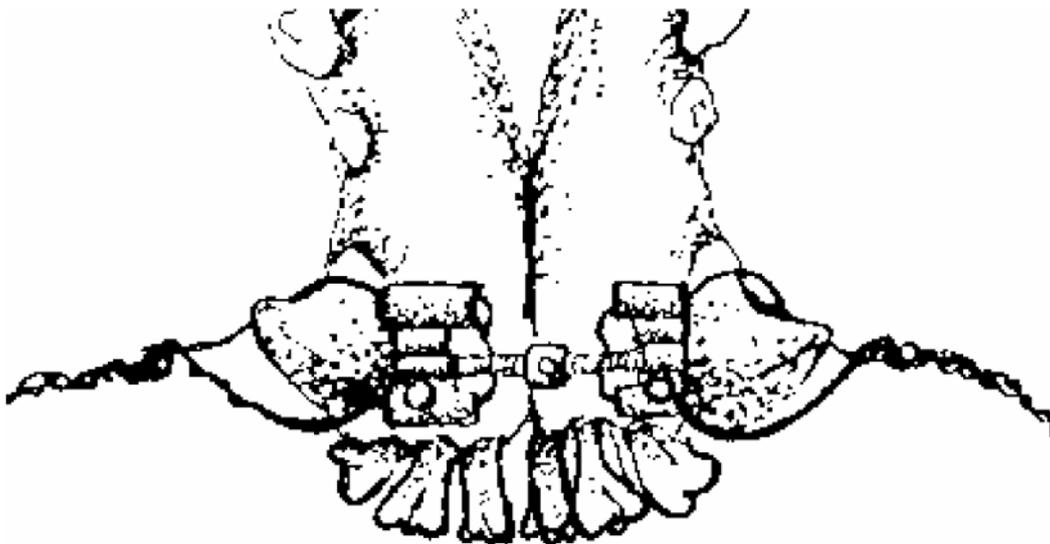


Abb. 13, Skizze der UNITEK-Gaumennahterweiterungsschraube am Unterkiefer eines Hundes; (aus: SHIPP/FAHRENKRUG, 1992, „Practitioners' guide to veterinary dentistry“, Verlag Dr. Shipp`s Laboratories; mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. Dr. Peter Fahrenkrug).

SANROMAN et al. (1989) erproben eine federintegrierte Akrylplatte und die Dehnplatte nach Schwarz an 2 bzw. 4 Hunden mit maxillärem Caninus-Engstand. Das Ergebnis bei Ersterer ist enttäuschend. Die Dehnplatte nach Schwarz hingegen lässt die bleibende Korrektur des Fehlstandes zu.

Die Dehnschraube nach Biedermann (Hyrax-Schraube) wird auch von BIENIEK und BIENIEK (1993, S. 150 - 157) als eine der Möglichkeiten zur Behebung der disgnathen Canini angewendet. Ihre Anpassung ist insofern kompliziert, als ein Abdruck, ein Modell und dann die Herstellung und Befestigung (Säure-Ätz-Technik) von passgenauen Halteelementen notwendig ist, die dann wiederum mit den Schraubarmen adaptiert werden müssen.

Als einfachen Mechanismus zum Erreichen der gewünschten Bewegung, als vom Tier gut toleriert, als leicht zu reinigen und als nur schwierig durch das Tier zu entfernen, bezeichnen HOLMSTROM et al. (1998, S. 440 - 445) die Dehnschraube nach Biedermann. Dagegen hält er, daß der Besitzer die richtige Spannung vornehmen muß, daß mesiale oder distale Verschiebungen nicht ausgelöst werden können, daß die Größe der Schraube nicht immer ausreicht und daß sie mit Kauen auf harten Gegenständen verschoben werden könnte. Weitere Komplikationen sind aufgrund mangelnder Hygiene seitens des Besitzers, wegen Verrutschens oder Bruchs des Gerätes, wegen Alveolarnekrose durch die schnelle Zahnbewegung, aufgrund zu früher Entfernung der Vorrichtung und wegen eventueller Unleidigkeit des Patienten infolge der zu starken Spannung möglich.

Ebenfalls über eine Expansionschraube zur Therapie des Caninus-Engstands berichten HARVEY und EMILY (1993, S. 284 - 293), die aus einem Schraubzylinder mit Links- und Rechtsgewinde in der Mitte und je einer Schraube mit Fuß außen besteht. Die Füße werden an den Canini befestigt und der Schraubzylinder aktiviert. Die Unsicherheit über die geeignete Kraftgröße und die mangelnde Eignung für asymmetrische Fehlstellung betrachten die Autoren als Nachteil.

Weichteilschädigungen infolge Druckbelastungen durch die kieferorthopädische Vorrichtung, Gewebsverletzungen aufgrund der Hitzeentwicklung bei der Akryl-Technik, die Frage der notwendigen oralen Hygiene, schlecht sitzende, wenig passgenaue Technik, instabile Vorrichtungen und Über- oder Unterkorrekturen führen HARVEY und EMILY (1993, S. 293 - 294) als Probleme im Bereich der Orthodontie an.

3 Material und Methode

3.1 Material zur Dokumentation von Zahnlücken

3.1.1 Schädelpräparate

Vier Schädelpräparate standen der vorliegenden Studie zur Verfügung (siehe unten Tab. 1, Nr. 1-4). Einem Präparat fehlten beide M₃ im Oberkiefer, einem fehlte der M₁ im Oberkiefer links, einem Schädelpräparat der M₂ im Unterkiefer links, und noch einmal fehlte der M₁ im Oberkiefer rechts. Daten zur Kennzeichnung des Schädelpräparates existierten nur zu letzterem, einem Warmblutwallach (Tab. 1, Nr. 2) dessen Zahn 1,5 Jahre vor seinem Tod per Repulsion entfernt wurde. Da die Trepanation und folgende Repulsion die gängige Methode an der Klinik für Pferde zu der betreffenden Zeit in Berlin war, wird davon ausgegangen, diese Methode einen Backenzahn zu entfernen wurde auch bei den beiden weiteren Schädelpräparaten angewandt. Bei Schädelpräparat Nr. 1 ergab sich die Zahnlücke aus einer Missbildung.

Tabelle 1, Material – Überblick
Schädelpräparate, röntgenologische und klinische Patienten

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahn- verlusts	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.	Zahn		Okkl.-fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zwischen Zahnverlust und Lückenmaß
					OK re	OK li		
1		Schädelpräparat Wbl				M ₃ OK bds. distal versetzt	M ₃ je um eine Zahnbreite nach distal versetzt	
2	W	Wbl	13			M ₁	2,6	1,5 a
3		Schädelpräparat Wbl					M ₁	2,8
4		Schädelpräparat Wbl					M ₂	2,5
5	W	Wbl	8	20 d			M ₁	
6	St	Wbl	6	19 d			M ₁	
7	St	Wbl	7	35 d		P ₄		
							P ₄	
8	St	Wbl	9	39 d		M ₁		
				4,5 Mo				
				20 Mo				
9	W	Klpfd	9	6 Mo		P ₄		

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahn- verlusts	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.	Zahn		Okkl.-fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zwischen Zahnverlust und Lückenmaß
					OK re UK re	OK li UK li		
10	W	Wbl	11	6,5 Mo	M ₁			
11	W	Wbl	13	19 d 4 Mo		M ₁		
12	St	Tr	12	~1,5 Mo		M ₁		
13	W	Wbl	max. 23		M ₁			
14	W	Wbl		~0,5 a 1,5 a		M ₁		
15	W	Wbl	9	5 a		P ₄		
16	W	Wbl	13	2 Mo	M ₁			
17	He	Kbl	~3	Pd nicht phys. entwickelt		P _{2,4}		
18	St	Klpfd	Mikrodontie M ₁ OK li, befundet mit 12a			M ₁		
19	St	Klpfd	25	mind. 1 a		P ₂		
20	W	Wbl	13	4 Wo 5 Wo 2 Mo 1,5 a	M ₁		Schädelpräparat vorhanden 2,6	1,5 a
21	St	Wbl	max. 15		M ₁			
22	He		5	1	(P ₂)			
23	W	Wbl	max. 29		P ₄			
24	W	Klpfd	max. 20		M ₃			
25	W	Wbl	17	2	M ₁			
26	W	Klpfd	25-30	3		P ₂		
27	W	Wbl	~8	4 a	M ₂			
28	St	Klpfd	~14	~2 a		P ₂		
29	He	Klpfd		mehrere Jahre		M _{1,2}		

¹ Zahn liegt schief von mesioapikal nach distokoronal und drückt koronal an seinen distalen Nachbarn

² Zahn erst eingeklemmt → Mikrodontie, dann entfernt

³ Zahn unter Zahnfleischniveau abgerieben

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahn- verlusts	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.		Zahn		Okkl.-fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zwischen Zahnverlust und Lückenmaß
						OK re	OK li		
30	W	Wbl	12	6 a		M ₁ , M ₂ z.T.			
31	W	Wbl				M ₁			
32	W	Wbl	11	16 Mo		M _{1,2}			
33	W	Wbl	10-14	2,25 a		M ₁		2,6	
				3 a					
				4 a					
				4,5 a					
				6 a					
				9 a					
				9,5 a				9 a	9,5 a
				9,7 a				9,7 a	
34	W	Wbl	8	5 Mo		M ₂			~1 Mo
35	W	Tr	9	1 a		M ₁			~1 Mo
36	W	Klpfd	max. 32			P ₄			~1 Mo
37	W	Klpfd	max. 16			P ₂			~1 Mo
						P ₂			
38	W	Kbl	4	2 Wo		M ₁			~1 Mo
				5 Wo					
				8 Wo					
39	W	Wbl	5	1 Wo		M ₁			~1 Mo
40	W	Vbl	max. 25			M ₁			~1 Mo
41		Schädelpräparat Wbl				M ₁			~1 Mo
42	W	Wbl	~10	mind. 2,5 a		M ₁			~1 Mo
43	W	Wbl	4	mind. 3 Wo					~1 Mo
				mind. 7 Mo					
				mind. 9 Mo		M ₁			
44	He	Tr	3			P ₄ ³			~1 Mo
						P ₄ ¹¹			
45	W	Wbl	5	einige Wo bis Mo		P ₂			~1 Mo
46	W	Wbl	5	1 d	2 Mo				~1 Mo
				2,5 Mo	4 Mo	P ₄			

⁴ Zahn erst frakturiert → Frakturstück fehlend; später Zahn entfernt

⁵ keine fehlenden Zähne, Veränderungen durch persistierende Milchbackenzähne

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahn- verlusts	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.	Zahn		Okkl.-fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zwischen Zahnverlust und Lückenmaß
					OK re UK re	OK li UK li		
47	St	Kbl	19	mind. 8 Mo mind. 2 a		P ₄		~1 Mo
48	St	Wbl	3			P ₃ ⁵ , P ₄ ⁵		~1 Mo
49	St	Tr	3			P ₄ ⁴		~1 Mo
50	St	Klpfd	14	4,5 Mo 5,5 Mo	M ₁			~1 Mo
51	W	Klpfd			M ₂			~1 Mo
52	St	Klpfd			mehrere (M ₁)			~1 Mo
53	W	Wbl	max. 18		M ₁			~1 Mo
54	St	Wbl	8	1,5 Mo 2 Mo 3 Mo	M ₁			~1 Mo
55	He	Wbl	max. 21		M ₂			~1 Mo
56	St	Wbl	9		M ₁			20 d
57	W	Vbl				M ₁		~1 Mo
58	St	Tr	max. 4		P ₄			~1 Mo
59	St	Wbl	4	19 Mo		P ₄	> 2,8	19 Mo
60	He	Wbl	3	⁶	P ₄		2,7	
61	St	Tr	~3	~2 a		P _{2,3}		~1 Mo
62	St	Klpfd			M ₁		2	
63	W	Wbl	~14	~8 a		M ₁	2,6	~8 a
64	St	Wbl	~8	~5 a		M ₁	2,5	
65	St	Wbl	~3	~6 a		P ₃	2,6	~6 a
66	W	Kbl	10	3 Wo			~3,7	3 Wo
				4 Wo				4 Wo
				6 Wo				6 Wo
								3 Mo
								7,5 Mo
								14 Mo
					P ₃		15 Mo	
								20 Mo

⁶ Zahn liegt in der Transversalebene verkippt

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahn- verlusts	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.	Zahn		Okkl.-fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zwischen Zahnverlust und Lückenmaß
					OK re UK re	OK li UK li		
67	W	Wbl	12	~8 Mo ~10 Mo		M ₂	~2,5	~10 Mo
68	St	Wbl	3	6 Mo		P ₄ , M ₁	~5	~6 Mo 6,5 Mo
69	W	Wbl	8	3 Wo	M ₁		2,6	1 Wo 3 Wo 5 Wo 9 Wo 11 Wo
70	St	Wbl	4			P ₃	3,5	direkt nach Repulsion 2,5 Wo 5 Wo 8 Wo 9 Wo 15 Wo
				8 Wo 9 Wo				
					P ₃	3,3		direkt nach Repulsion 8 Wo 9 Wo 14 Wo
				8 Wo 9 Wo				
71	W	Wbl	6	1 Wo 3 Wo 4 Wo 5 Wo	P ₃		3	1 Wo 3 Wo 4 Wo 5 Wo
72	St	Wbl	9	20 Mo 2 a	M ₁		2,5	knapp 2 a
73	W	Wbl	12	mk lockeres Zahnfragment fühlbar 2 Mo		M ₁	2,7	2 Mo
74	St	Wbl	6			P ₄	3	direkt nach Repulsion 6 d 8 d 11 d 15 d 18 d 22 d 29 d 36 d 43 d 50 d 57 d 62 d 69 d 95 d
				87 d				
				28 d				
				61 d				
				87 d				

3.1.2 Röntgenologische Patienten

Die gebisspezifischen Röntgenaufnahmen, zurückgehend bis zum Jahr 1971, von **70 Pferdeköpfen** mit insgesamt **78 (74, rechnet man zusammenhängende Zahnverluste, w. z. B. P_{3,4} UK re nur einfach) Backenzahnlücken – 8 äußeren und 70 (66) inneren** - wurden untersucht (Tab. 1, Nr. 5-74). Die Methode der Entfernung war einheitlich die Repulsion. In 6 Fällen (Tab. 1, Nr. 22, 26, 44, 48, 49, 60) lagen andere Gründe vor, die, wie der unter Zahnfleischniveau abgeriebene Zahn bei Patient Nr. 26 oder der transversal verkippte Zahn bei Patient Nr. 60 (beide Tab. 1), zu einer „Zahnlücke“ (mindestens die klinische Krone fehlte) führten.

Die Tabelle ordnet die Patienten chronologisch an Hand ihrer Röntgennummern (welche selbst nicht aufgeführt werden), beginnend mit dem Jahr 1971, endend mit dem Jahr 2004.

Die **8 äußeren Backenzahnlücken bei 7 Patienten** waren **7 P₂** (OK: 2 li, 1 re; 1 Seite unklar; UK: 2 re, 1 li) und **1 M₃** (OK re), in der Tabelle 1 sind dies die Nummern 19, 22, 24, 26, 28, 37 und 45.

Die **70 inneren Backenzahnlücken bei 63 Patienten** waren **38 M₁** (OK: 18 re, 17 li; UK: 2 re, 1 li; hierbei fehlte 1 Patienten P₄M₁ UK li und 2 Patienten M_{1,2} OK li, re), **18 P₄** (OK: 6 re, 6 li; UK: 4 li, 2 re; hierbei fehlte 1 Patienten P_{2,4} OK re, 1 Patienten P_{3,4} UK re und 1 Patienten P₄M₁ UK li), **7 M₂** (OK: 3 re, 3 li; UK: 1 re; es fehlte 2 Patienten M_{1,2} OK li, re) und **7 P₃** (UK: 3 li, 1 re; OK: 2 re, 1 li; es fehlte 1 Patienten P_{3,4} UK re und 1 Patienten P_{2,3} UK). In der Tabelle 1 sind es die Nummern 5-18, 20, 21, 23, 25, 27, 29-36, 38-44 und 46-74.

Abb. 14 zeigt die Häufigkeiten fehlender Zähne im röntgenologischen (= klinischen) Patientengut (n = 70):

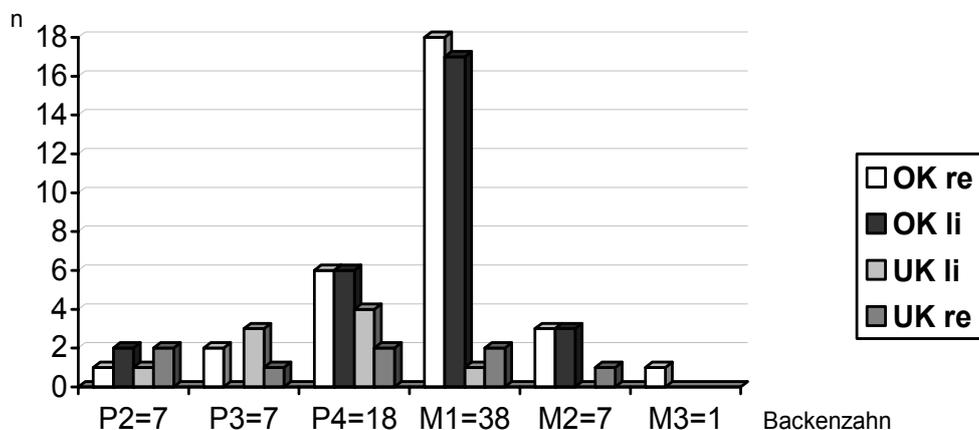


Abb. 14, Häufigkeitsverteilung der einzelnen Backenzahnverluste.

Nicht eindeutig zuzuordnende Zahnlücken wurden nicht berücksichtigt, weshalb die Summe der einzelnen Lokalisationen in den Quadranten teils zu den Angaben der Abszisse differiert.

Die **Geschlechter** der 70 Patienten verteilen sich auf 25 Stuten, 6 Hengste und 38 Wallache (n = 69, bei einem Patienten fand sich zur Röntgenaufnahme keine Geschlechtsangabe).

Die **Rassen** bildeten 44 Warmblut-, 4 Kaltblut-, 2 Vollblut-, 13 Kleinpferde und 6 Traber. (n = 69, zu einer Röntgenaufnahme fand sich keine Rassenangabe).

Altersverteilung: (Anzahl n in Klammern) 3a (8), 4a (4), 5a (4), 6a (3), 7a (1), 8a (6), 9a (6), 10a (2), 11a (2), 12a (6), 13a (3), 14a (3), 15a (1), 16a (1), 17a (1), 18a (1), 19a (1), 20a (1), 21a (1), 23a (1), 25a (2), 28a (1), 29a (1) und 32a (1) – n ist insgesamt 61, zu 9 Patienten konnten keine Altersangaben ermittelt werden, wie in **Abb. 15** dargestellt.

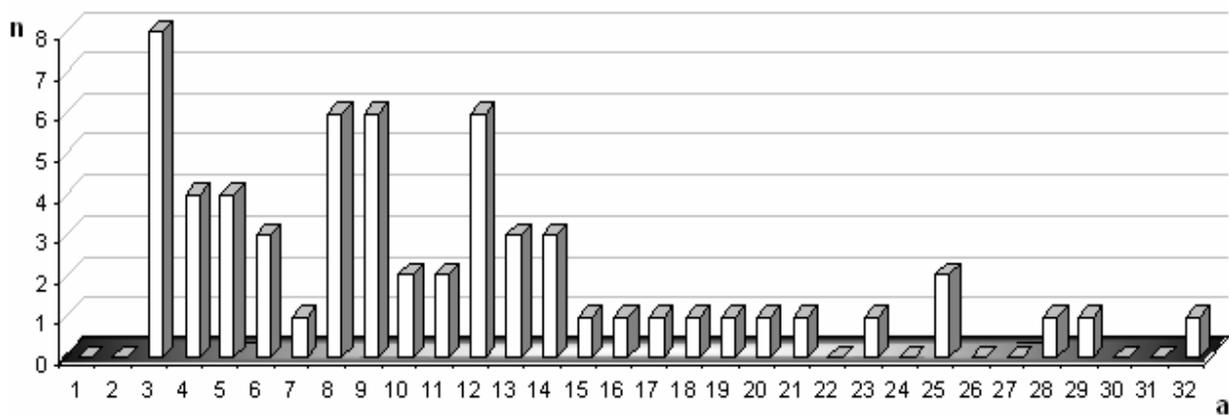


Abb. 15, Altersverteilung der 61 aus 70 Patienten.
(Bei 9 Pferden existierten keine sicheren Altersangaben.)

3.1.3 Klinische Patienten

Die klinischen Patienten decken sich mit den röntgenologischen (n = 70).

Die Patienten der **Tab. 1** mit den Nummern 33-74 (n = 42; 60 % der klinischen Patienten) wurden im Zuge der Studie untersucht. Die restlichen Patienten, **Tab. 1** Nr. 5-32 (n = 28; 40 % der klinischen Patienten), fanden über die Auswertung ihrer Krankenblätter in Verbindung mit den zugehörigen Röntgenaufnahmen Eingang in die Untersuchung. Zu Patient Nr. 20 (**Tab. 1**) stand zusätzlich ein Schädelpräparat zur Verfügung.

3.2 Methode zur Dokumentation von Zahnlücken

3.2.1 Schädelpräparate

Mittels eines Geodreiecks®, das am - über das (Zahn-)Alter geschätzten - zahnlückennahen Wurzeleckpunkt angesetzt wurde und sich über die zahnlückennahe, angenommene (Seitenvergleich!) ursprüngliche Approximalbegrenzung der Krone positionierte (siehe auch Skizze Abb. 15), sollte der **Grad des Kippens** der direkten Lückennachbarzähne gemessen werden. Als Referenzebene diente primär die analoge Approximalfläche der kontrolateralen Kieferseite sowie, sekundär, die physiologische Zahnstellung vergleichbarer (Alter, Rasse) Patienten. Letzteres gewann insbesondere an Bedeutung, wenn kontrolaterale Zähne fehlten (Tab. 1, Nr.1).

Ebenfalls ließen sich die **Zahnlücken** mit einem Lineal in ihrer **mesiodistalen Länge** messen und mit ihrem kontrolateralen Zahn vergleichen (Werte s. Tab. 1 und 3).

Die in Tab. 3 unter Nr. 1 bis 4 aufgeführten klinisch-pathologischen Befunde und Diagnosen konnten an den Präparaten sehr einfach adspektorisch ermittelt werden.

3.2.2 Röntgenologische Patienten

Wie bei den Schädelpräparaten interessierte bei den röntgenologischen Patienten, **ob die restlichen Backenzähne eventuell nach einem Backenzahnverlust (meist Repulsion) wandern, welche, wohin und auf welche Art und Weise, wie schnell und weit (sie) dies tun, welche Begleitumstände dies wie beeinflussen, warum sie sich unphysiologisch bewegen und welche Erkrankungen sich daraus in der Maulhöhle ergeben.**

Dazu wurden entweder vorhandene Röntgenaufnahmen der Patienten ausgewertet (bis zum Jahr 1971) oder, in Ausnahmefällen, wenn die den Klinikaufenthalt bedingende Zahnbehandlung keine Röntgendiagnostik erforderte, speziell in der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, FU-Berlin, angefertigt.

Der Strahlengang war laterolateral (90°) und, wenn dabei die Zahnquadranten nicht deutlich einzeln erkennbar waren, schief-seitlich, im 30°- bis 45°-, oder 120°- bis 135°-Winkel (um einen Quadranten zu individualisieren). Die Patienten wurden in seltenen Fällen, bei Bedarf, sediert (Wirkstoff: Detomidin, Handelsname: Domosedan®, untere angegebene Dosierung); z. T. erwies es sich als vorteilhaft einen Plastikmaulkeil (Komet®) zu verwenden, um die Kiefer bildlich zu trennen. Der Keil sollte kurz bevor der Röntgenfilm belichtet wurde auf

Kommando des Belichters losgelassen werden, damit die Hände aus dem Belichtungsfeld gerieten (Abb. 16).

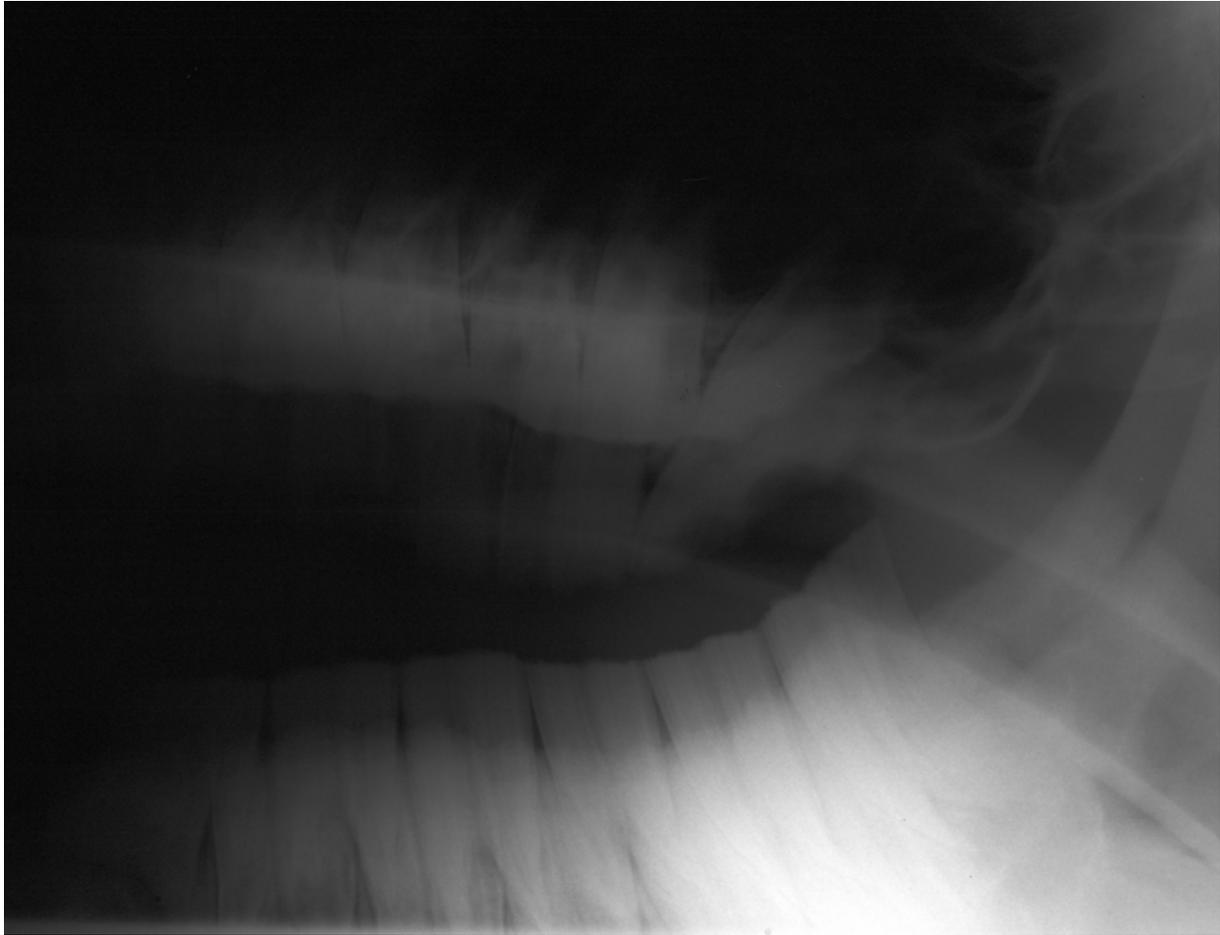


Abb. 16, Laterolaterale (ca. 90°) Röntgenaufnahme mit Kunststoff-Maulkeil;
(aus: Rö-Archiv der Klinik für Pferde, Allg. Chir. u. Radiologie, FB Vetmed., FU-Berlin).

Ansonsten zur Technik:

Röntgenfolie: T61 TriMax Regular, Kodak; Röntgenfilm: RETINA Regular XOD, grün emittierend; Röntgenkassette: Trimatic, Kodak; Röntgengerät, stationär: Philips Super 100 CP; Stromspannung: 60 kV; Stromstärke pro Sekunde: 25 mAs; Film-Fokus-Abstand 1 m; kein Raster; interessierende Zahnseite so filmnahe wie möglich;

Die Häufigkeiten und Frequenzen der Röntgenaufnahmen pro Patient richteten sich nach den Erfordernissen des Klinikaufenthalts des jeweiligen Patienten. Da die Röntgendiagnostik mit der Messdiagnostik der klinischen (= röntgenologischen) Patienten kombiniert wurde, konnten trotz dieses unregelmäßigen Vorgehens vergleichbare Ergebnisse besonders im Hinblick auf das Kippen der Zähne erzielt werden.

Es schwanken die Häufigkeiten zwischen

1 Aufnahme (Tab. 1, Nr. 5-7, 9, 10, 12, 13, 15-19, 21-32, 34-37, 39-41, 44, 45, 48, 49, 51-53, 55-65, 68, 69 → n = 51 von 70 Patienten → 72,9 %),
 2 Aufnahmen (Nr. 11, 14, 42, 47, 50, 67, 72, 73 → n = 8 → 11,4 %),
 3 Aufnahmen (Nr. 8, 38, 54, 66, 70, 74 → n = 6 → 8,6 %),
 4 Aufnahmen (Nr. 20, 43, 46, 71 → n = 4 → 5,7 %) bis
 8 Aufnahmen (Nr. 33 → n = 1 → 1,4 %).

Auch die Frequenzen der Röntgenaufnahmen bestimmten die klinischen Erfordernisse der Patienten:

Die früheste Aufnahme wurde 1 Tag nach Zahnverlust angefertigt (Tab. 1, Nr. 46; siehe auch Abb. 59 in Kapitel 4.1 „Dokumentation der Zahnlücken“, „Ergebnisse“). 2 Patienten (Nr. 39, 71) wurden 1 Woche, 1 Patient (Nr. 38) 2 Wochen, 7 Patienten (Nr. 5, 6, 11, 43, 66, 69, 71) zirka 3 Wochen, 4 Patienten (Nr. 20, 66, 71, 74) zirka 4 Wochen, 5 Patienten (Nr. 7, 8, 20, 38, 71) ca. 5 Wochen, 3 Patienten (Nr. 12, 54, 66) ca. 1,5 Monate, 8 Patienten (Nr. 16, 20, 38, 46, 54, 70, 73, 74) ca. 2 Monate, 14 Patienten (Nr. 8, 9, 10, 11, 14, 34, 43, 46, 47, 50, 54, 67, 68, 74) zwischen 2 Monaten und 1 Jahr z. T. mehrfach, 16 Patienten (Nr. 8, 14, 15, 19, 20, 27, 28, 29, 32, 33, 35, 42, 47, 61, 64, 72) zwischen 1 und 5 Jahren z. T. mehrfach und 4 Patienten (Nr. 30, 33, 63, 65) zwischen 5 und 10 Jahren z. T. mehrfach nach Zahnverlust geröntgt. Viele (Tab. 1, Nr. 13, 17, 18, 21-26, 31, 36, 37, 40, 41, 44, 48, 49, 51-53, 55-60, 62 → n = 27 → 28,6 %) der 70 röntgenologischen Patienten vermisst man in dieser Aufzählung der Röntgenaufnahme-Frequenzen, da ihnen verlässliche Angaben zum Zeitpunkt des Zahnverlusts und/oder zum Zeitpunkt einer nachfolgenden Röntgenaufnahme fehlen oder aber verlässliche Angaben zum Beginn der auf ein Kippen der Nachbarzähne einwirkenden Faktoren (wie bei Nr. 25 der Tab. 1, einer Mikrodontie) zeitlich nicht nachzuvollziehen sind. Deshalb spiegelt diese Aufzählung nicht wie die Liste der Röntgenaufnahmen-Häufigkeiten die tatsächlichen Zahlen der Röntgenaufnahmen.

Um die **Grade des Kippens** der direkten Lückennachbarzähne zu ermitteln, zeigte es sich günstig, entsprechend der Vorgehensweise bei den Schädelpräparaten, ein Geodreieck® an den zahnlückennahen Wurzeleckpunkten anzusetzen (siehe Abb. 16 und Skizze, Abb. 17). Als Referenzebene diente wieder primär die analoge Approximalfläche der kontrolateralen Kieferseite sowie, sekundär, wenn ersteres nicht möglich war (wegen Überlappungen, fraglicher Ebenenzuordnung, weiterer Zahnlücken, etc.), die physiologische Zahnstellung vergleichbarer (Alter, Rasse) Patientenaufnahmen.

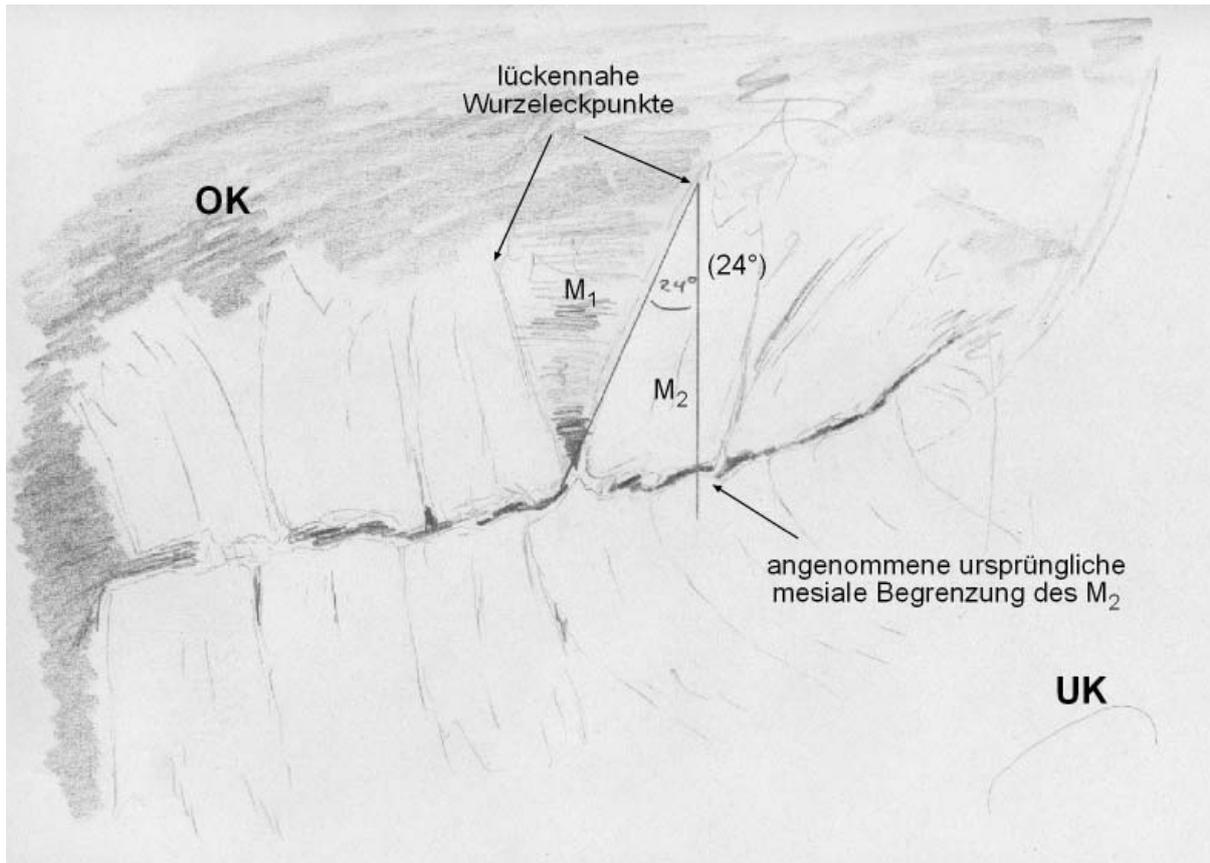


Abb. 17, Skizze zur Messung der Kippgrade.

Besonders bei der Interpretation der Kippgrade (der Lückennachbarzähne) in Kombination mit der klinischen Messung der Zahnlückenverkleinerung (mesiodistaler Abstand) ist zu beachten, daß das Kippen und die konsequente Schmälerung der Zahnlücke gemäß den Regeln der Geometrie von der Länge der kippenden Lückennachbarzähne abhängt (Abb. 18).

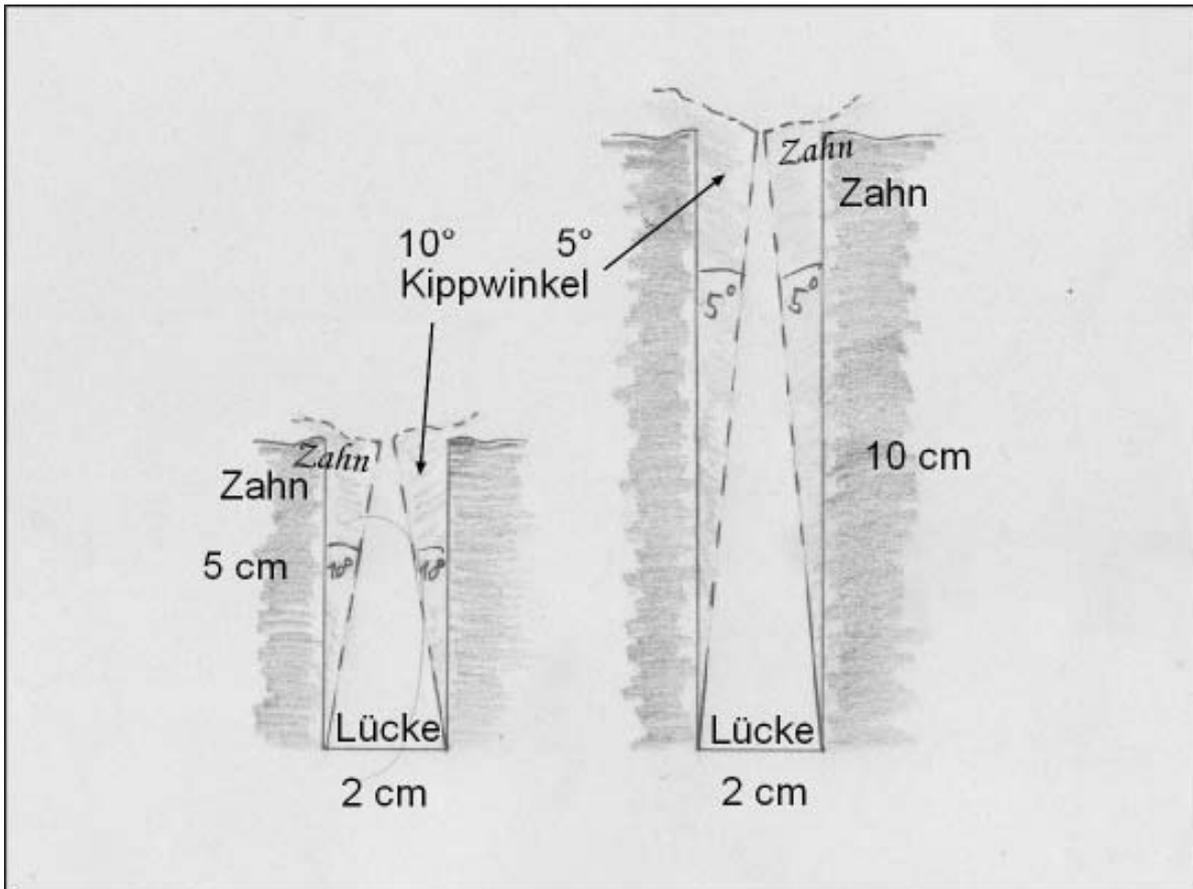


Abb. 18, Vergleich zweier Backenzahnlucken mit 5 und 10 cm langen Lückennachbarzähnen: Links berühren sich beinahe die kurzen direkten Lückennachbarzähne bei erst 10°, rechts die langen dLNZ bei schon 5° Kippung.

Je länger die kippenden Zähne, desto schmaler wird die Zahnlucke. Bei einer 2 cm breiten (mesiodistaler Abstand) Zahnlucke beginnen sich 5 cm lange Zähne mit einem Kippwinkel von 10° zu berühren, 10 cm lange Zähne mit einem Kippwinkel von 5° (siehe auch Kapitel 5.1.2, „Pathophysiologische Dynamik im Backenzahnluckengebiß im Allgemeinen“, „Diskussion“).

Stehen der Kippwinkel α und die Länge der Zahnkrone r fest (Abb. 19), lässt sich die Strecke x an der Kaufläche, um welche der kippende Zahn in die Lucke fällt, über die Formel

$$\sin \alpha = \frac{x}{r}$$

berechnen. Kippen 5 cm-lange (r) Lückennachbarzähne um je 5° (α) in die Lucke, so verschmälert sich diese um je 0,44 cm (x), also insgesamt 0,88 cm. Wären die Lückennachbarzähne 10 cm lang, verkleinerte sich die Zahnlucke um je 0,88 cm, also insgesamt 1,76 cm. Die Größen sind direkt proportional zueinander (Strahlensatz). Bei gleichem Kippwinkel α verkleinert sich die Zahnlucke direkt proportional zur Länge der kippenden Zähne.

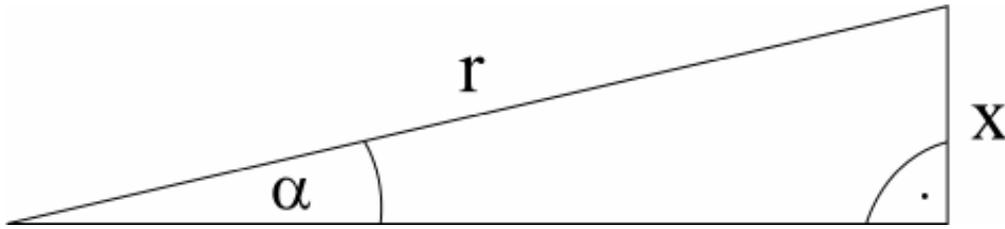


Abb. 19, Veranschaulichung zur obigen trigonometrischen Formel; α wäre der Kippwinkel, r die Hypotenuse (Länge des Zahns) und x die Gegenkathete (Strecke, die der Zahn in die Lücke fällt).

Da die Länge der Zähne nur indirekt und ungenau zu ermitteln wäre (über das Röntgenbild), gleichzeitig aber sich kleine Differenzen bei Berechnungen multiplizierten, außerdem diese Ermittlungen den Umfang der Arbeit sprengen würden, ist darauf verzichtet worden, die Kipplängen oder Zahnlückenverkürzungen geometrisch zu erfassen.

3.2.3 Klinische Patienten

Entsprechend den Fragestellungen für die Schädelpräparate und die röntgenologischen Patienten, **ob die restlichen Backenzähne eventuell nach einem Backenzahnverlust wandern, welche, wohin und auf welche Art und Weise, wie schnell und weit dies tun, welche Begleitumstände dies wie beeinflussen, warum sie sich unphysiologisch bewegen und welche Erkrankungen sich daraus in der Maulhöhle ergeben**, betrachtete die vorliegende Arbeit die klinischen Patienten.

Standen die Patienten der Studie zur Verfügung (Tab. 1, Nr. 33-74) konnten deren Zahnlückenveränderungen gemessen und spezielle klinisch-pathologische Befunde und/oder Diagnosen des Gebisses erhoben werden. In den anderen Fällen (Tab. 1, Nr. 5-32) mussten die Patientengebisse an Hand ihrer Krankenblätter beurteilt werden, was Angaben zu Zahnlückenmessungen z. B. ausschloß (Ausnahme: Nr. 20, bei der ein Schädelpräparat vorhanden war).

zu den **Zahnlückenmessungen**:

Prinzipiell sollten die Zahnlücken am stehenden, ungedrängten Tier gemessen werden. Eine exakte visuelle Kontrolle der Messung war nicht möglich.

Eine das Pferd am Kopf mit einem Halfter und Führstrick fixierende Hilfsperson benutzte den Maulkeil nach Bayer®.

Eine **Schiebelehre** gängiger Größe machte den Anfang der Lückenmeßgeräte. Es wurde versucht diese im Maul an die Zahnlücke heranzuführen, mit einer Hand aufzuschieben, arretiert in diesem Zustand wieder zu entfernen und abzulesen.

Um die Nachteile der sperrigen, in der Maulhöhle unhandlichen Schiebelehre zu umgehen, wurde ein spezielles **Lückenmeßgerät 1** entwickelt (Abb. 20).

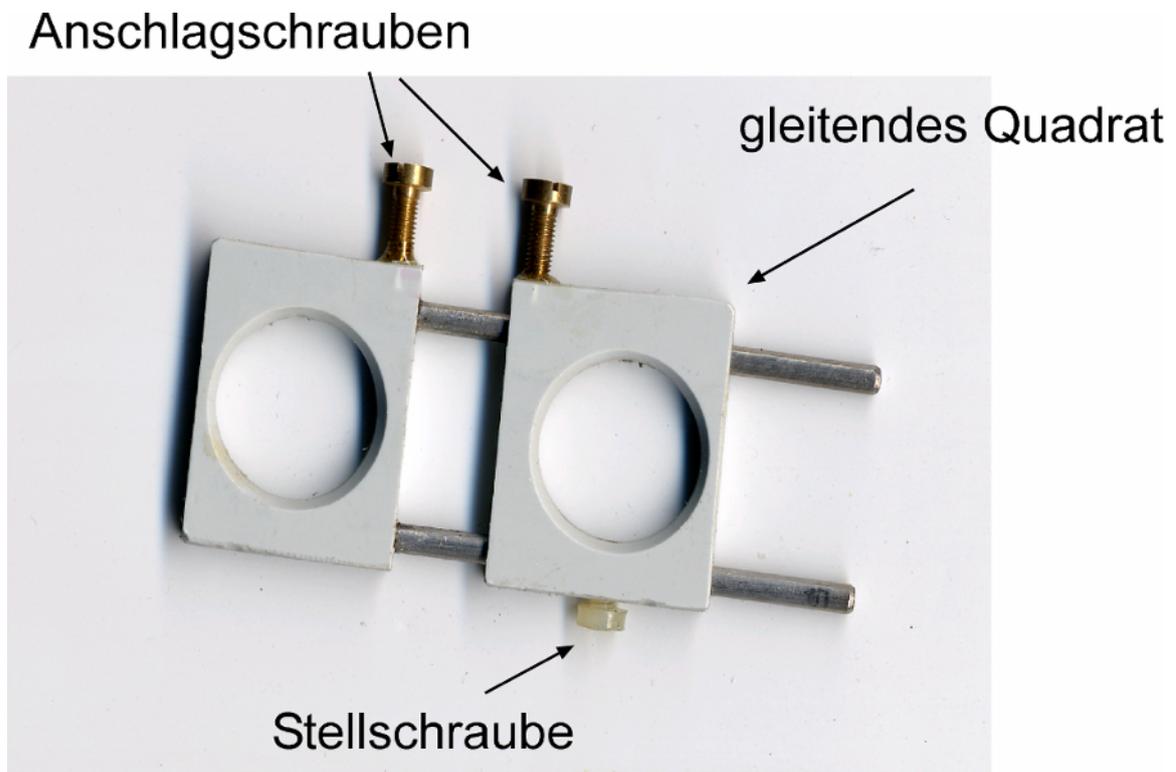


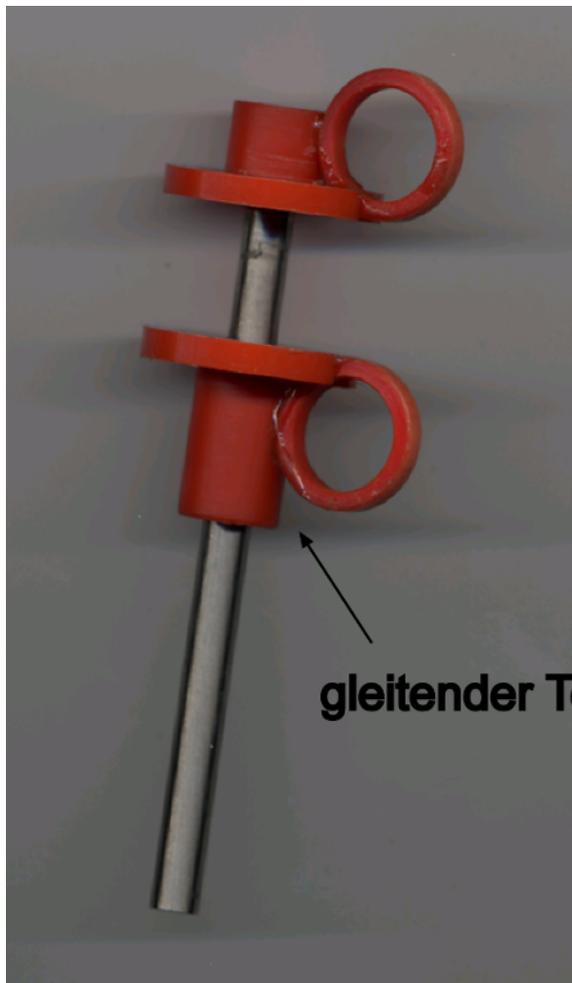
Abb. 20, Lückenmeßgerät 1

Das Gerät bestand aus 2 3 cm hohen, 3 mm dicken PVC-Quadraten mit je einem 2 cm Durchmesser großem Loch in der Mitte und randständig, sozusagen im Rahmen, je 2 3-mm-Bohrungen, eine oben, eine unten, durch die jeweils ein 10 cm langer, 3 mm breiter V2A-Stab führte. In einem Quadrat wurden die beiden Stäbe fest verklebt, im anderen blieben sie frei beweglich. An einer Kante der Quadrate, quer zur Längsachse der beiden Stäbe, war je eine 1 cm lange Schraube angebracht, die in der Zahnlücke versenkt werden sollte

(Anschlagschrauben). Das mobile Quadrat verfügte außerdem über eine Kunststoffschraube, die durch den Rahmen des Quadrats gegen einen Stab drückte und verstellbar war (Stellschraube).

Das Lückenmeßgerät 1 sollte mit 2 bis 3 Fingern einer Hand an die Zahnücke herangeführt, dann bis zu den Anschlagschrauben aufgeschoben und in diesem Zustand wieder aus der Maulhöhle geführt werden.

Lückenmeßgerät 2 (Abb. 21) sollte folgendermaßen funktionieren: Auf einem 10 cm langen, 5 mm breiten Edelstahlstab klebt an einem Ende eine 4 mm dicke, 2,5 cm breite Scheibe, die eine weniger breite (Durchmesser: 1 cm), aber dickere (1,5 cm) Fortsetzung in Richtung Stabende aufweist, welche der großen Scheibe auf dem Stab Stabilität verleihen soll. Dazu existiert ein spiegelverkehrtes Gegenstück, das frei beweglich auf dem Stab läuft. Beide Scheibenkombinationen tragen einen 12 mm breiten PVC-Ring, in den die Finger greifen.



Vergleichbar mit Lückenmeßgerät 1 wird es mit 2 Fingern an die Zahnücke geführt, in der Lücke aufgeschoben bis die Scheiben an den Lückennachbarzähnen anschlagen und in dieser Stellung wieder aus dem Maul entfernt.

Abb. 21,
Lückenmeßgerät 2

Lückenmeßgerät 3 (Abb. 22) unterschied sich von Lückenmeßgerät 2 durch 2 parallele, etwas schmalere Stäbe, die zu verhindern hatten, daß die Messscheiben um einen Stab rotierten; durch abgeschrägte Stabilisierungsscheiben, die dahin zielten, beim Ansetzen und Aufschieben des Gerätes in der Zahnücke direkt auf die eigentlichen Messscheiben gelenkt zu werden; durch eine geringere Höhe des Instruments und durch metallene (rostfreie) Ringe.



Abb. 22, Lückenmeßgerät 3

Nach diesen Lückenmessgeräten wurde versucht die mesiodistale (und möglichst auch linguobukkale) Ausdehnung der Zahnücke mit einer 7 cm langen **Knopfsonde** zu messen. Die Sonde wurde mit der Hand in das maulkeilgeöffnete Maul, mit ihrer Spitze an die zahnückenbegrenzende Approximalfläche des distalen direkten Lückennachbarzahns geführt. Die Finger dieser Hand griffen dann an die Stelle der Sonde, wo sie die Kaukante des zahnückenbegrenzenden mesialen direkten Nachbarzahns berührte und zogen die Sonde derart wieder aus der Maulhöhle. Nun sollte diese Distanz, Knopfende der Sonde – Finger, mit einem Lineal gemessen werden können.

Mit den angeführten Methoden wurden 27 Patienten (38,6 % der Patienten; Tab. 1, Nr. 34-59, 61) untersucht.

Zuletzt wurde eine zahntechnische **Abdruckmasse**, silaplast FUTUR®, eine elastomere, kondensationsvernetzte Abformmasse auf Silikonbasis aus der humanen Zahnmedizin und die

zugehörige Katalysatorpaste catp universal FUTUR® (nach den Angaben des Herstellers), verwendet.

Die mit dem Katalysator vermengte, gut durchgeknetete Abdruckmasse ließ sich mit den flach gehaltenen Fingern, meist ohne Handschuhe, kurz vor dem Aushärten an die Zahnücke heranführen und in diese so eindrücken, daß besonders die Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne mit ihren Kaukanten abgeformt wurden. Die Hand blieb beim wenige Sekunden bis zu einer halben Minute dauernden Festwerden der Masse in der Maulhöhle, damit der Patient die Abformmasse nicht entfernen konnte. Es hat sich bewährt – die Patienten sollten unsediert untersucht werden – hierzu einen Maulkeil nach Bayer® auf der anderen Zahnseite zu verwenden, den die das Pferd am Kopf mit einem Halfter und Führstrick fixierende Hilfsperson in Position hielt. Ohne Gewalt anzuwenden sollte der Maulkeil so weit wie möglich parallel zwischen die Zahnreihen geschoben werden.

Manuell wurde kontrolliert, wann der Abdruck fest wurde, danach führte die Hand den Abdruck aus der Maulhöhle, er wurde mit Wasser umgehend gesäubert, abgetrocknet und beschriftet (Patientenname, Datum, Zahnücke, mesiodistale Ausbreitung letzterer, Seitenbezeichnungen; Abb. 23 und 24). Von den 14 Patienten (20 % der klinischen Patienten; Tab. 1, Nr. 33, 60, 62-66, 68-74), deren Zahnücken mit dieser Methode gemessen wurden, musste 1 Patient für die Abdrucknahme sediert werden (mit: Wirkstoff: Detomidin, Handelsname: Domosedan®, untere angegebene Dosierung). Der Patient hatte bereits zahlreiche Zahn- und Kieferoperationen erduldet und war kopfscheu.

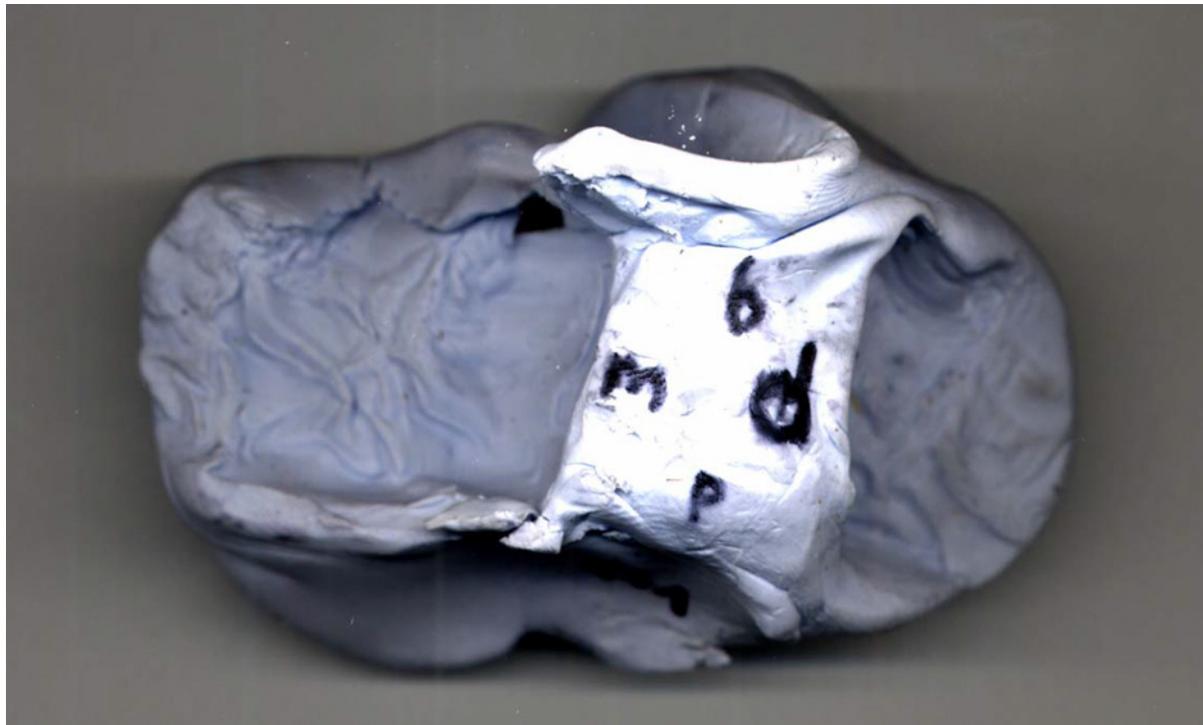


Abb. 23, Silikonabdruck einer Backenzahnücke mit topographischen Bezeichnungen (m – d, b – p → mesial – distal, bukkal – palatinal)

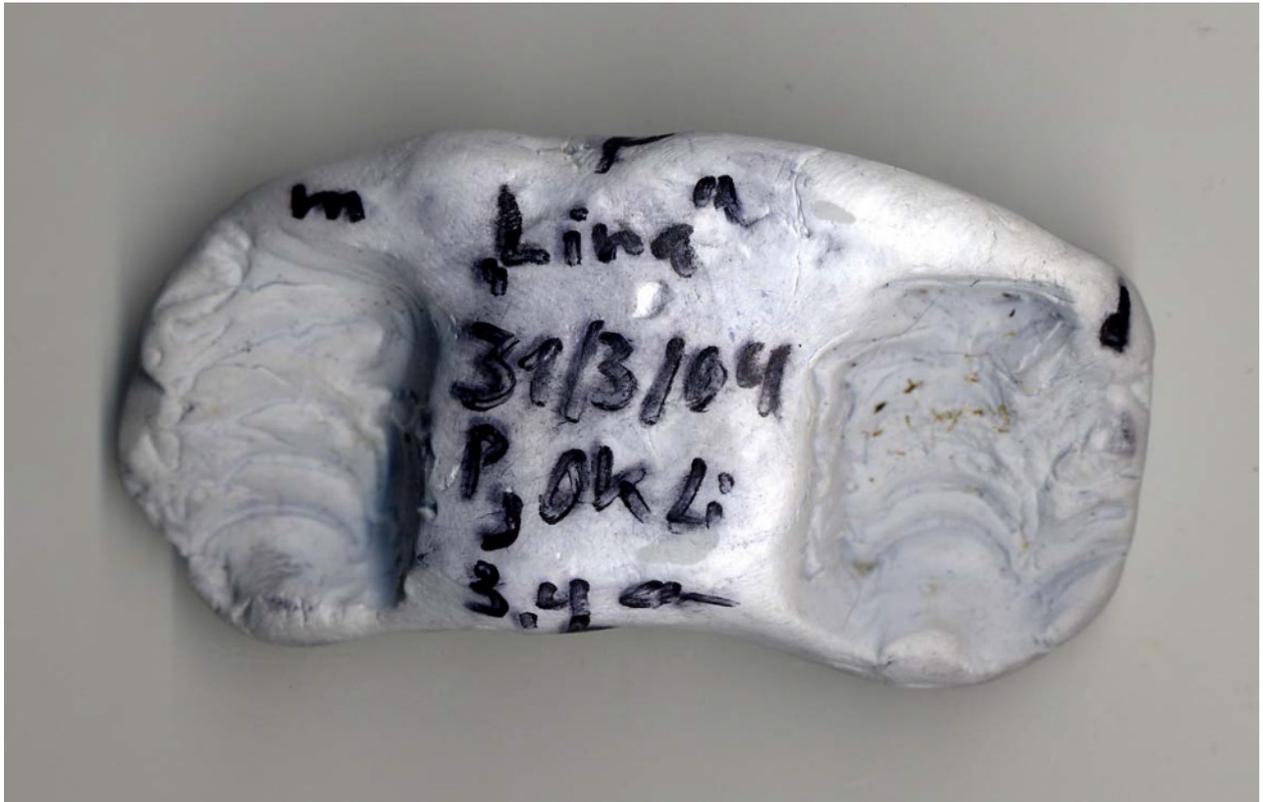


Abb. 24, Vorder- (oben) und Rückseite (unten) eines Silikonabdrucks einer OK-Backenzahlücke (P₃ li). Es sind auf der Vorderseite die Abdrücke der Okklusionsflächen der LNzd und auf der Rückseite die Eindrücke der pressenden Finger zu erkennen.

Die Häufigkeiten und Frequenzen des Einsatzes aller oben aufgeführten Methoden richteten sich wie bei den röntgenologischen Patienten nach der Verfügbarkeit der Patienten. Der nach der Zahnentfernung stationär in der Klinik eingestellte Patient wurde die ersten 3 Wochen nach der Zahn-OP alle 3 bis 4 Tage und schließlich jede Woche einmal gemessen bis er entlassen wurde. Sobald er wieder eingestellt werden sollte, wurde er wieder im wöchentlichen Rhythmus gemessen, als poliklinischer Patient konnte er also einmal gemessen werden. Daraus ergaben sich sehr unterschiedliche Häufigkeiten und Frequenzen der Zahnlückenmessungen. Bei einem Patient z. B., Nr. 33 der Tab. 1, begannen die Abdruckmessungen erst 9 Jahre nach der Zahnexpulsion und erfolgten jeweils im Abstand von einigen Monaten, wodurch es in diesem Fall gestattet war, das Ende des Zahnkippens zu verfolgen.

Da es bei den Messungen ohne Abdruckmasse (Tab. 1, Nr. 34-59, 61, 67) nicht immer möglich war mit jeder einzelnen Messung genaue metrische Angaben zu machen und nur Tendenzen deutlich wurden, gibt die **Tabelle 2** (am Ende des Kapitels „Ergebnisse“) hier in der Spalte „Zeit zwischen Zahnverlust und Lückenmaß“ meist den sicheren Wert „~1 Monat“ und in der Spalte „Lückenmaß [cm]“ meist die sichere Tendenz „>“ (wird kleiner) an.

Um die Antworten auf die verbleibenden der eingangs aufgeführten Fragestellungen zu erforschen, erfolgte bei den verfügbaren Patienten (Tab. 1, Nr. 33-74, n = 42) eine **Zahnuntersuchung** mittels Palpation und Adspektion unter Zuhilfenahme einer Taschenlampe und, variabel nach den Erfordernissen der Gründe der Einstellung des Patienten, mit Maulgatter (nach „Hausmann“ oder nach „McPherson“) und z. T. mit einer Zahnkamera (humane Intraoralkamera „Viola II™ Dental“). Deren Ergebnisse stehen in der **Tabelle 2**, Spalte „**klinisch-pathol. Befund – Diagnose**“.

Die Auswertung der übrigen klinischen Patienten (Tab. 1, Nr. 5-32, n = 28) findet sich ebenfalls dort.

3.3 Herstellung eines Zahnersatzes

(Der Begriff „Modell“ gibt einen Entwurf wieder, der Begriff „PH“ –Platzhalter- die Realisation des Entwurfs, der Begriff „PH-Nr.“ die Realisation und den Einsatz des entworfenen Platzhalters)

3.3.1 Präparate von Pferde Zähnen

Ein Patient (Tab. 1 oder 3, Nr. 56) bekam als Platzhalter (**PH-Nr. 1**) einen **präparierten** Teil eines ausgestempelten **Pferdezahns** eingesetzt.

Um möglichst wenig Angriffsfläche für Futtermaterial zu bieten, wurde die Krone des ausgewählten Zahnpräparates mit einem Winkelschleifer (Flex) plan geschliffen. Mit demselben Instrument, aber einer schneidenden Scheibe, wurde die Zahnkrone auf 1 Zentimeter gekürzt und gemäß der ungefähren Zahnlückenmessung mittels der Knopfsonde so die Seiten glatt geschliffen, daß dieser PH sicher nicht zu locker in die Zahnlücke inserierte.

3.3.2 Platzhalter aus Metall

3.3.2.1 Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung (individueller Abguß)

Versuchsweise sollte im Institut für Zahnmedizin, FB Medizin, FU-Berlin, an Hand eines alten Gipsabdrucks eines Zahnquadranten mit Zahnlücke, der noch unter Prof. Becker angefertigt wurde, ein **individueller Abguß der Schenkel und des Basisstückes (Zahnstück)** eines Platzhalters gewonnen und an diesem Gipsmodell eingesetzt werden (siehe Abb. 25).

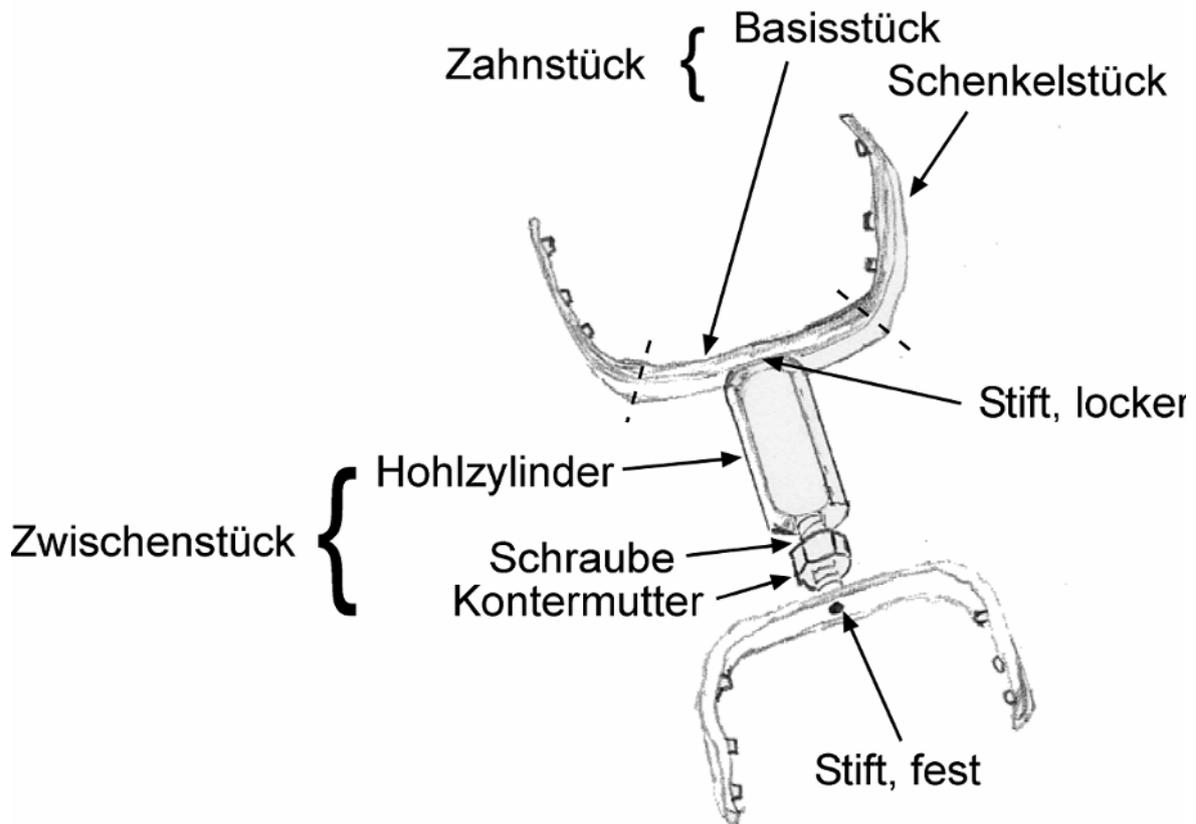


Abb. 25, Skizze Modell 1 a (für PH 1)

Folgende Schritte waren dazu nötig:

Aus lichthärtendem Kunststoff wurde eine Schiene geformt, die flächig über die Zahnücke und Lückennachbarzähne passte. Alginat-Abdruckmasse (Palgat Plus®, Hersteller: Espe) füllte die Schiene, in diese wurde sodann der Gipsquadrant gedrückt. Nach 2,5 min bei 20 °C Raumtemperatur konnte der feste Abdruck gelöst werden und musste jetzt, bis er weiter verarbeitet wurde, feucht gehalten werden, damit er nicht austrocknete. Im Vakuum (Blasenbildung) wurde sehr harter Gips (Optivest® Avanti, Hersteller: Degussa Dental) angerührt, auf einer Gummiplatte vorgeformt, das Alginat-Modell in diese Gipsmasse gedrückt und der Gips um das Alginat-Modell modelliert. (→ Herstellung eines Gipsduplikats zur Schonung des Originals).

Nun wurde das (Gips =) Meistermodell für die späteren Retentionshäkchen an der Innenseite der Zahnstücke angebohrt, mit Silikon (Protesil® „Dur“) daran eine Negativform gewonnen und am Silikon wiederum die Positivform mit einer Modellgußmasse (rema® Exakt, Hersteller: Dentaforum) gefertigt. Nachdem das rema® Exakt-Modell vom Silikon entfernt war, konnte aus Modellierwachs (Plantodont® art line, Hersteller: Degussa Dental) am rema® Exakt-Modell ein Zahnstück geformt werden, wobei die Retentionshäkchen an der Innenseite der Schenkel erreicht wurden, indem das Wachs in die ehemals am Gips gebohrten und folglich nun in der Modellgußmasse vorhandenen kleinen Löcher floß. Abschließend wurden aus dem Wachs Einfüllkanäle am Gips entlang gebildet, die mit einer trichterförmigen

Erweiterung endeten, welche aus einem konfektionierten Kunststofftrichter bestand. Um das Wachs-Zahnstück (= Basisstück + Schenkel) und die benachbarte Modellgußmasse wurde jetzt wiederum die Modellgußmasse rema® Exakt für die CoCr-Modellgußtechnik angebracht und aushärten gelassen (~ 30 min). Damit letztere Modellgußmasse am Ort der Bestimmung aushärten konnte, wurde ersteres Modell mit Modellierwachs in eine Gußmuffel verbracht.

Dieses Modell aus Modellgußmasse, Wachs und Modellgußmasse (der Kunststofftrichter wurde entfernt) wurde nun im Brennofen auf 980 °C erhitzt, so daß das Wachs vollständig verschmolz. Danach ließ sich eine verflüssigte (1350 °C) Chrom-Molybdän-Kobalt-Legierung (Biosil®f, Hersteller: Degussa Dental) über die Einfülltrichter in die noch warme (ca. 980 °C) Negativform gießen, die Modellgußmasse entfernen, das Zahnstück von den Gießkanälen befreien und an diesen Stellen mit feinem Sandpapier glatt polieren.

Im folgendem wurde ein 2 mm starkes Loch mittig in das Basisstück am Bohrständler gebohrt und das **Zwischenstück** (gemäß der Beschreibung im nächsten Unterpunkt für das Neusilber-Modell) eingefügt.

Bei **Modell 1 b (PH 2)** variieren zu Modell 1 a (PH 1) die Zahnstücke. Sie wurden in einem Zahnlabor außerhalb der FU-Berlin aus einer CoCr-Legierung gefertigt. Feine **Metall-Granula** rauhen hier die **Innenfläche der Zahnstücke** auf (siehe Ergebnisse, Abb. 71). Der genaue Herstellungsprozess ließ sich nicht ermitteln.

3.3.2.2 Neusilber und Messing

Als Prototypen wurden aus Neusilber und z. T. Messing, weil diese Metalle leichter als Stahl zu bearbeiten sind, 2 Platzhaltertypen gefertigt.

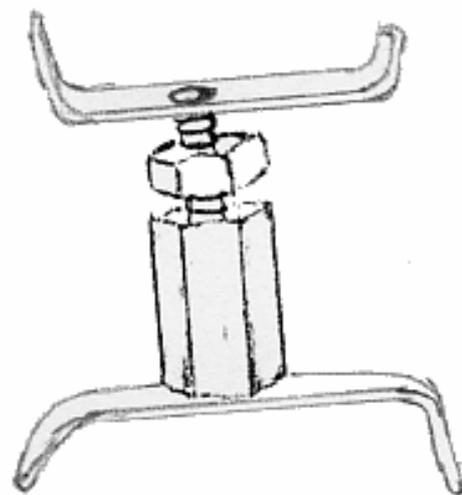


Abb. 26
Skizze Modell 2 (für PH 3)

Die Zahnstücke (= **Schenkel und Basisstück**) des **zweiten Modells (PH 3; Abb. 26)** wurden aus einer 1 mm dicken Neusilber-Platte gesägt, die Schenkel (8 mm lang, 6 mm breit) im Schraubstock gegen das Basisstück gebogen und mittig am Basisstück ein 2 mm starkes Loch gebohrt.

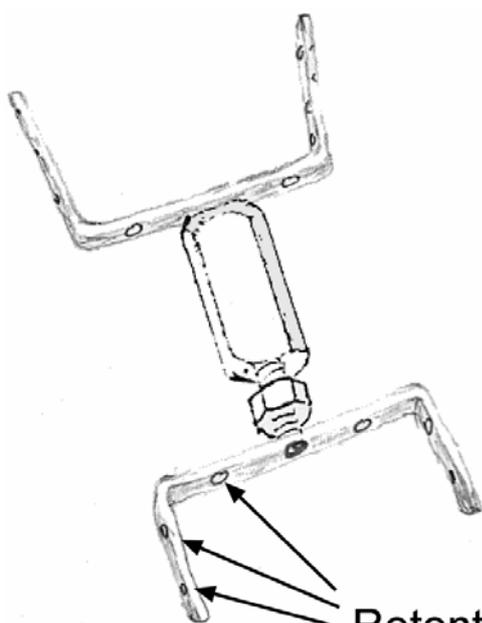
Für das Zwischenstück (= **Schraube + Hohlzylinder**; der Begriff „Hohlzylinder“ wird durchgängig für den ursprünglich zylinderförmigen Teil des Zwischenstücks verwandt, auch wenn er später an den Seiten teils abgeflacht und damit zum Quader oder Prisma wird) wurde danach ein 8 mm starker 6-Kant aus Messing auf – probeweise – 1,5 cm gesägt, an der Drehbank ein 2 mm breiter und 3 mm langer Nippel geschaffen (Stiftseite), die Gegenseite (Schraubenseite) mit einer 4 mm breiten Bohrung versehen, die unter Beachtung der Spitze des Bohrers so weit in den Messingzylinder eindrang, daß 2 bis 3 mm Boden stehen blieb. Die Bohrung wurde wiederum an der Drehbank mit einem Innengewinde versehen.

Alsdann wurde eine 4 mm starke Messingschraube auf 1 cm gekürzt (Schraubstock, Eisensäge) und wieder an der Drehbank an der abgesägten Seite der Schraube soviel Material abgehoben, daß ein 2 mm breiter und 3 mm langer Nippel entstand.

Die Nippel ließen sich in die Bohrungen an den Basisstücken einführen, am Schraubenstück mittels eines Kopfmachers und Hammers fest und am Zylinderstück locker (drehbar) mit dem Basisstück verbinden. Nachdem das Schraubenstück, gestützt auf dem Tisch des Schraubstocks, anfangs unter den Hammerschlägen offenbar verbog und nicht mehr locker in den Hohlzylinder einzudrehen war, bewährte es sich, auf die gesamte Länge der Schraube passende Muttern aufzudrehen und dann auf die derart stabilisierte Schraube das Zahnstück aufzuhämmern.

Zuletzt vervollständigte eine 8 mm **Kontermutter** aus V2A den Platzhalter.

Das **Modell 3 (PH 4)** wurde nur aus Neusilber gearbeitet:



Retentionsbohrungen für
Beschichtung der Zahnstücke

Abb. 27,
Skizze Modell 3
(für PH 4)

Analog zu Modell 2 (PH 3) wurden die Zahnstücke für Modell 3 gearbeitet. Die Metallplatte allerdings war 1,5 mm dick, die Schenkel blieben etwas länger (2 cm), dafür schmaler (4 mm) und die Zahnstücke wurden mit an den Schenkeln je 3 und am Basisstück 2 2-mm-Bohrungen versehen, damit sie haftsicherer mit einer **Silikonmasse** (twingum®; Härter: picodent Pastenhärter®, Hersteller: picodent) umgeben werden konnten (Abb. 27, vergl. Abb. 76).

Auch dieses Zwischenstück wurde nach dem Vorgehen bei Modell 2 gefertigt, nur daß an Stelle des Messing-6-Kantes jetzt ein 8-mm-starker Neusilber-Zylinder benutzt wurde, der an 4 sich gegenüber liegenden Seiten mit einer Metallfeile abgeflacht wurde, damit er mittels eines Schraubenschlüssels zu drehen war.

Ein letzter Schritt vor der Beschichtung der Zahnstücke war es, alle Ecken, Kanten und Grate des Platzhalters mit der Feile zu entfernen oder abzurunden zum Zwecke, keine Verletzungen in der Maulhöhle zu provozieren.

Vervollständigt wurde das Modell 3 mit dem obigen Silikon („superhart“, Mischzeit 30-40 s, Gesamtverarbeitungszeit 2 min, Aushärtung nach ca. 6 min.), welches 2-3 mm dick um die Zahnstücke gelegt werden konnte.

Alternativ erschien es von Vorteil eine härtere Beschichtung, ein Pulver mit Kondensator-Flüssigkeit aus der Humanmedizin zur Gewinnung von Zahnersatz (Paladur® Pulver, Hersteller: Heraeus-Kulzer, Abb. 28) zu verwenden. Auch diese wurde 2-3 mm dick um die Zahnstücke nach den Vorgaben des Herstellers modelliert (Handschuhe).



Abb. 28, Paladur®-Pulver, Kondensator-Flüssigkeit, Spachtel und Anmischgefäß aus Gummi.

Neusilber (silberähnlich aussehende Legierungen von Kupfer, Zink sowie Nickel) und Messing (Zink-Kupferlegierungen) eignen sich aufgrund der Toxizität ihrer Komponenten („Grünspan“ etc.) nicht zur Dauerbehandlung im Milieu der Maulhöhle.

3.3.2.3 Edelstahl (V2A)

Auch V2A vermag den Anforderungen, zumindest in der Humanmedizin, im Dentalbereich laut HOFFMANN-AXTHELM (1983) nicht zu entsprechen; hierfür wäre eine höhere Konzentration der passivierenden Zusätze (bes. Chrom, Molybdän) erforderlich.

Für die Anfertigung aus Edelstahl, V2A („Nieroster“), wurden folgende Platzhalter-Modelle konzipiert:

Modell 4 a

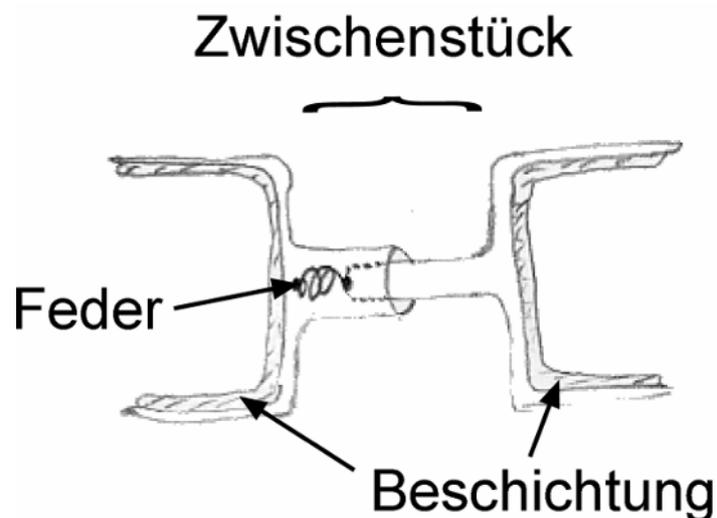


Abb. 29, Skizze Modell 4 a

Das **Zwischenstück** verbindet sich hier **fest mit den Zahnstücken** (= Schenkel und Basisstück). Es besteht auf der einen Seite aus einem Zylinder mit fixierter **Innenfeder**, auf der anderen Seite aus einem Stift, der genau in den Hohlzylinder passt und wiederum, je nach praktischer Erprobung, fest mit der Innenfeder verbunden ist.

Das Modell 4 a (Abb. 29) konnte nicht verwirklicht werden, da in der Feinmechanik-Werkstatt des Instituts für Physiologie dazu die technischen Mittel fehlten. Zum einen betraf dies die Kombination Zwischenstück-Zahnstück, zum anderen den Einbau der Feder.

Modell 4 b

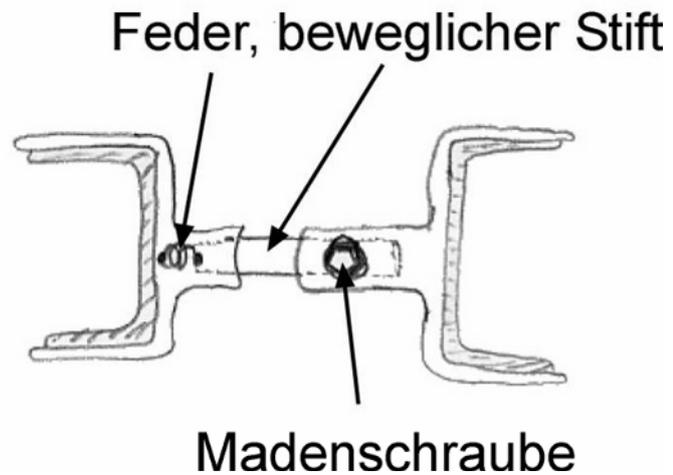


Abb. 30,
Skizze Modell 4 b

Das Prinzip ist dasselbe wie bei Modell 4 a, nur daß der Stift im Hohlzylinder mit Feder nicht mehr fest mit dem anderen Zahnstück verbunden ist, sondern hier auch in einen Hohlzylinder geführt und mittels einer **Madenschraube** durch die Wand dieses Hohlzylinders arretiert wird (Abb. 30).

Wie bei Modell 4 a erläutert, ließ sich auch dieses Modell nicht in die Praxis umsetzen.

Modell 5

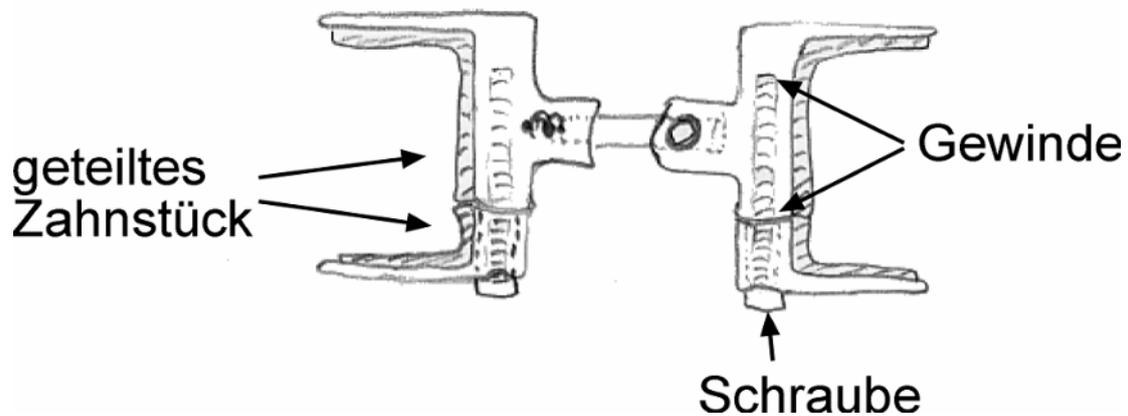


Abb. 31, Skizze Modell 5

Gleiches Prinzip wie bei Modell 4 b, aber, die **Zahnstücke bestehen aus 2 Teilen**, welche **über eine Schraube miteinander verbunden** sind. Der schraubennahe Teil des Zahnstücks erfährt eine schraubendicke Bohrung, der schraubenferne Teil des Zahnstücks eine Bohrung mit Innengewinde, so daß sich die beiden Zahnstücke gegeneinander anziehen lassen (Abb. 31). Zur praktischen Umsetzung gilt unter Modell 4 a Gesagtes.

Modell 6 a

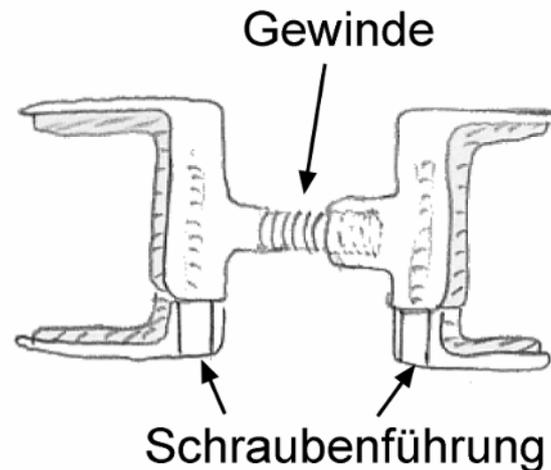


Abb. 32,
Modell 6 a

Modell 6 a ist eine Variante des Modells 5: An die Stelle von Feder-Stift und Madenschraube tritt nun einerseits der fest mit dem Zahnstück verbundene **Stift mit Außengewinde** und andererseits, ebenfalls fest mit dem anderen Zahnstück verbunden, ein **Hohlzylinder mit Innengewinde** (Abb. 32).

Zur Realisation siehe Modell 4 a.

Modell 6 b

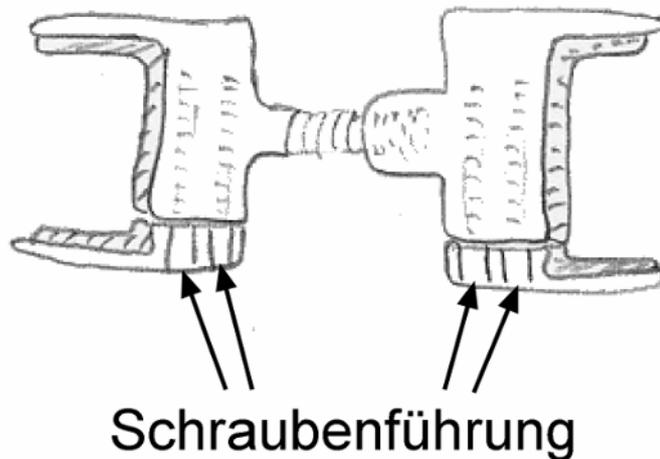


Abb. 33,
Modell 6 b

Modell 6 b erweitert Modell 6 a um eine **zweite Schraube an den Basisstücken** (Abb. 33).

Zur technischen Ausführung siehe Modell 4 a.

Modell 6 c

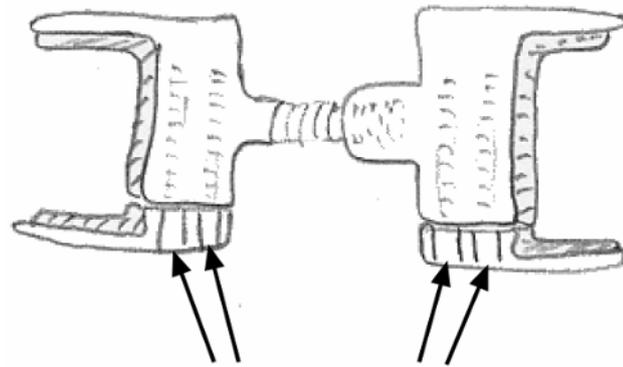


Abb. 34,
Modell 6 c

Schraubenführung

Der Unterschied zwischen Modell 6 b und 6 c liegt in der Ausfertigung der **zweiten Ziehschraube an den Basisstücken**. Hier ist keine Schraube vorgesehen, sondern ein **Führstift**, der in die korrespondierende Bohrung greift (Abb. 34).

(Ausführung siehe Modell 4 a).

Modell 7

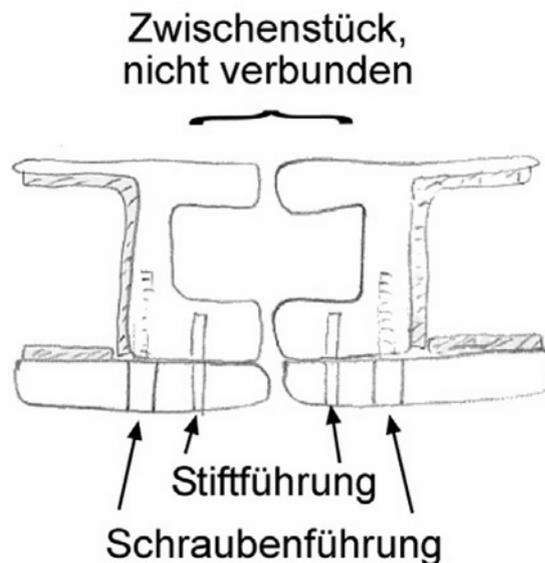


Abb. 35,
Modell 7

Modell 7 **verzichtet auf eine feste Verbindung der beiden Zahnstücke über das Zwischenstück**. Die Schenkel werden nach hinten verlängert um die Zahnücke auszufüllen. Je eine Seite der Schenkel ist größenverstellbar (Abb. 35), wie bei Modell 5 beschrieben.

Auch dieses Modell überstieg die technischen Möglichkeiten der feinmechanischen Werkstatt.

Modell 8 (PH 5; PH-Nr. 2)

Hohlzylinder, gerändelt
mit stiftseitigen Querbohrungen

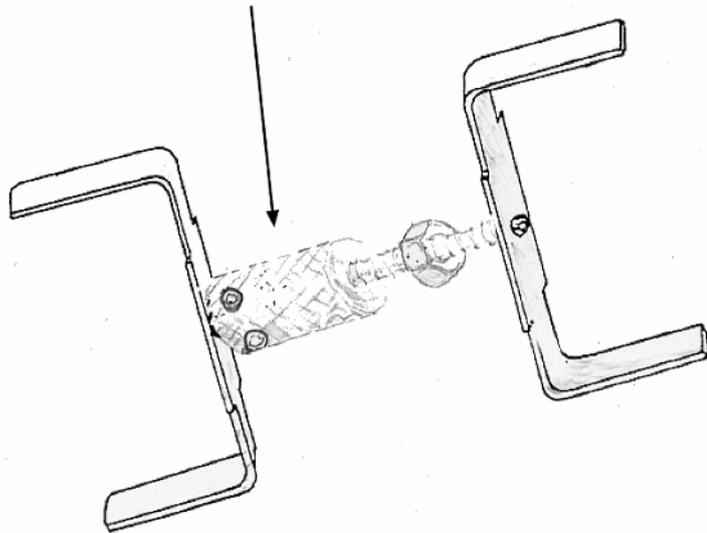


Abb. 36,
Modell 8 (PH 5; PH-Nr. 2)

Dieses Modell ähnelt dem Neusilber-Modell (Modell 3, PH 4). Abgesehen vom anderen Werkstoff besteht der **Schraubzylinder** aus einem 1 cm breiten, **runden, gerändelten Stab**, welcher an seiner Basis (Stiftseite) 2 durchgehende, um 90° versetzte 3-mm-Bohrungen erhält (am Bohrständler), die per Hand-Entgrater entgratet und mit einer Phase versehen werden. Nach dem Prinzip „so klein wie möglich, so groß wie nötig“, oder hier passender „so schmal wie möglich, so breit wie nötig“, bleibt der **Bereich um das 3-mm-Bohrloch** für die Zwischenstück-Stifte etwas **breiter, um das Basisstück** neben den Bohrungen nicht zu instabil werden zu lassen. Dies geschieht auf einer Länge von ca. 1,5 cm, wodurch der verbreiterte Bereich nie über die Länge des Basisstücks hinausgeht (Abb. 36).

Modell 9 a (PH 6)

Stiftseite des Zylinders
Schraubenseite des Zylinders

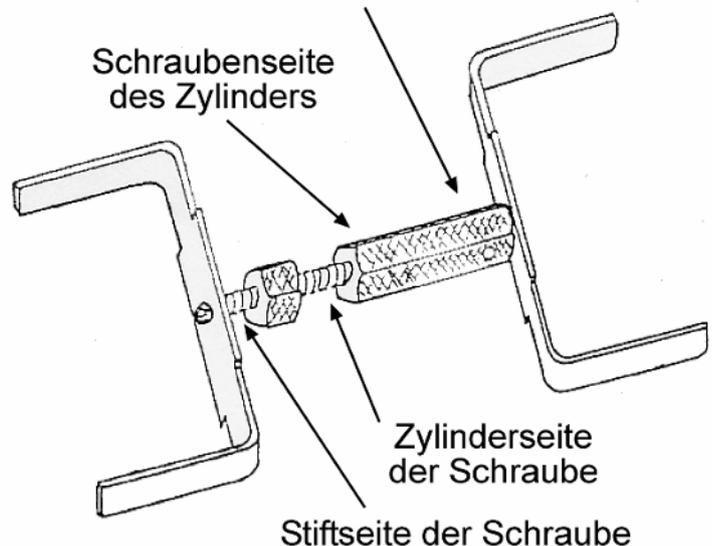


Abb. 37,
Modell 9 a (PH 6)

Das Modell sieht **2 typengleiche Zahnstücke ohne Größenverstellbarkeit** mittels Ziehschrauben wie bei Modell 5 vor, deren Schenkel nach den Ausmaßen der Lückennachbarzähne gebogen werden. Das **Zwischenstück bilden ein 8-mm-6-Kant-Hohlzylinder mit Innengewinde (4 mm), drehbar mit dem Basisstück verbunden**, und eine 4-mm-Schraube mit zum Hohlzylinder passendem Außengewinde, welche **fest an ihrem Basisstück befestigt** wird. Somit dreht sich der 6-Kant über die Schraube. Eine 8-mm-Kontermutter soll verhindern, daß sich der bewegliche Hohlzylinder im Pferdemaul verdreht. Modell 9 a konnte realisiert werden: Die Zahnstücke wurden am Schraubstock aus einer 1,5 mm starken Platte gesägt, der mittlere Teil (ca. 1,5 cm) des Basisstückes 8 mm breit, der Rest des Basisstückes und die Schenkel 4 mm breit. Nach der Größe des Lückennachbarzahns wurden die Schenkel sodann gebogen, um im Durchschnitt 1 bis 2 cm lang zu bleiben (Abb. 37).

Die Fertigung des Hohlzylinders und der Schraube entsprach den Beschreibungen für Modell 1 (Punkt 3.3.2.1), allerdings wurden die Nippel 3-mm-stark gearbeitet.

Die Länge der Zwischenstückteile richtete sich nach der Größe der Zahnücke.

Etwas Mineralöl oder besser noch Schmierfett, weil es durch den Speichel nicht so leicht gewaschen wird, kam zuletzt an die drehbaren Teile – ohne auf den Drehzylinder zu gelangen, der dadurch glitschig geworden wäre und folglich schwieriger mit der Hand in der Maulhöhle aufzudrehen.

Modell 9 b, c, d (PH 7, 8, 9)

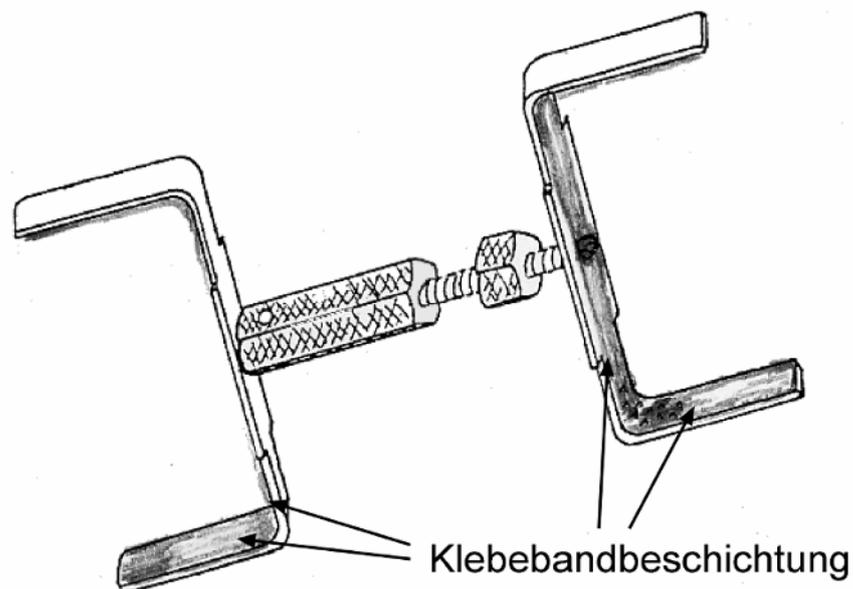


Abb. 38, Modell 9 b (PH 7)

Abb. 39,
Modell 9 c
(PH 8)

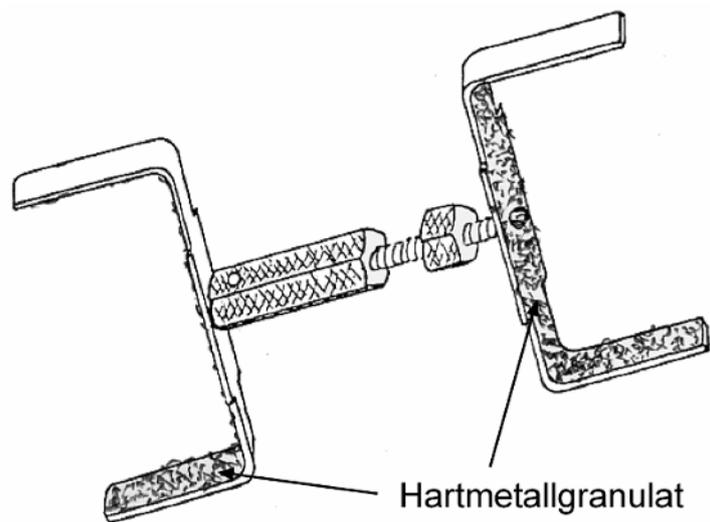
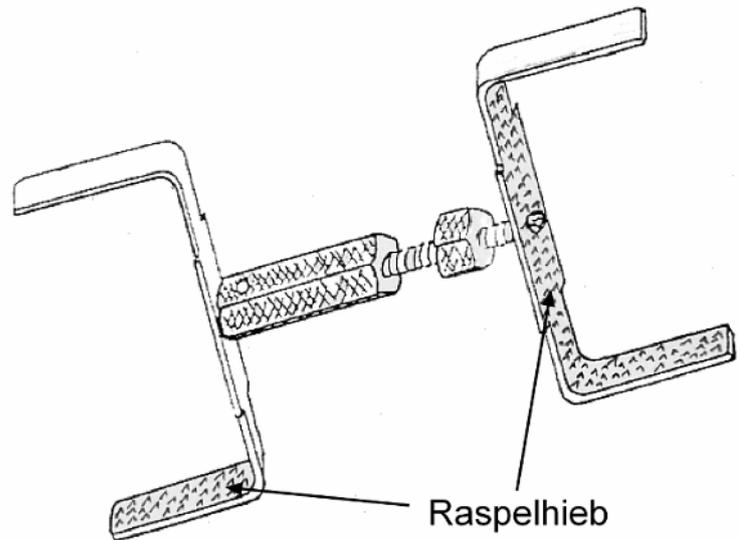


Abb. 40, Modell 9 d (PH 9)

Diese 3 Modelle sind Variationen des Modells 9 a (PH 5; Abb. 37), insofern sie lediglich in der **Beschaffenheit der Innenfläche des Zahnstücks** differieren.

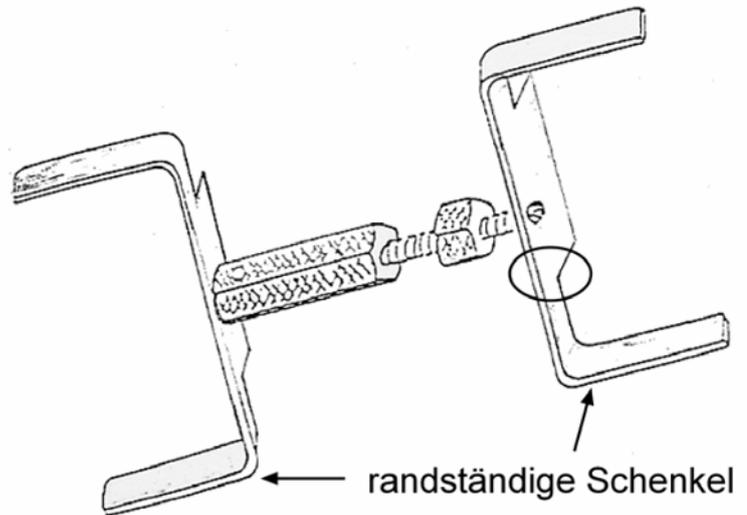
Bei Modell 9 b (PH 7) wird die dem Zahn zugewandte Fläche mit **Gewebeband** behaftet (Abb. 38).

Modell 9 c (PH 8; **PH-Nr. 3, 4, 5**) weist hier eine Oberfläche mit **Raspelhieb** auf, (hergestellt von einer Feilenfabrik) die sich im Zahnzement verkeilen sollte (Abb. 39).

Ebenfalls in der Feilenfabrik umgesetzt wurde die Idee, die Innenflächen der Zahnstücke mit **Hartmetallgranulat** zu versehen (Modell 9 d, PH 9; Abb. 40). Auch damit war angestrebt, mit der rauhen Oberfläche der Zahnstücke oberflächlich in den Zahnzement einzudringen.

Modell 9 e (PH 10; PH-Nr. 6)

Abb. 41,
Modell 9 e
(PH 10; PH-Nr. 6)



Eine weitere Veränderung zu Modell 9 a und dann 9 d erfuhr Modell 9 e, da hier die **Schenkel** und der dünne Teil des Basisstücks aus dem dicken Teil des Basisstücks nicht mittig sondern **randständig** und **nur 3 mm breit** hervorgehen (Abb. 41).

Modell 9 f (PH 11)

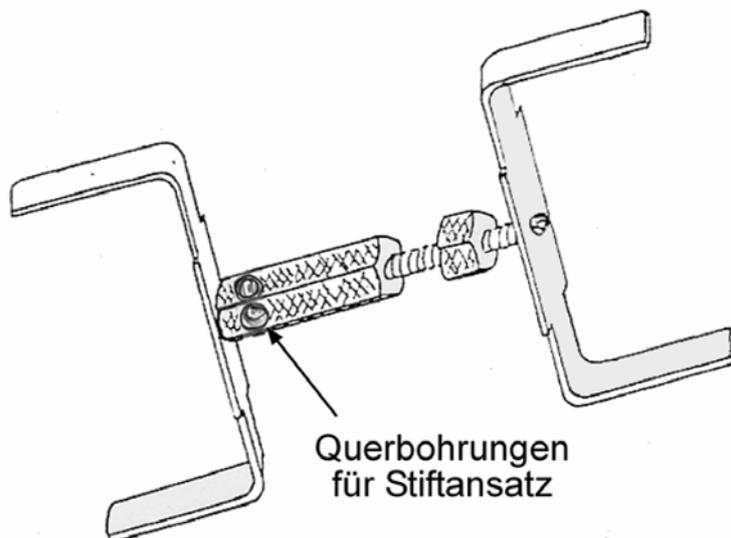


Abb. 42, Modell 9 f (PH 11)

Wie Modell 9 a, versehen mit basisständigen, 3 mm breiten **Quer-Bohrungen** so weit vom Boden des **Zylinders** entfernt, daß die Gesamtstabilität nicht litt (~ 2-3 mm). Es wurde am Bohrständler gebohrt – das Werkstück war im mobilen Schraubstock eingespannt – danach mit dem Hand-Entgrater entgratet und eine Phase an den Bohrlöchern angebracht (Abb. 42).

Modell 10 a (PH 12)

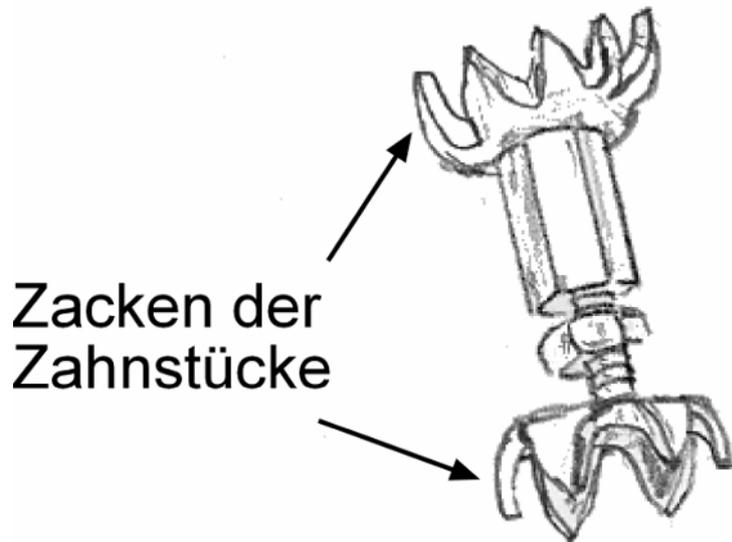


Abb. 43,
Modell 10 a (PH 12)

Das Zwischenstück entspricht dem des Modells 9 a (PH 6). Das **Zahnstück** hingegen umfasst nicht mehr Basisstück und Schenkel, sondern gleicht nun einer **Scheibe** (wieder 1,5 mm dick, Durchmesser ~ 1,5 cm) **mit** spitzen, quer zur Scheibe stehenden **Zacken** (Verkeilen im Zahnzement), die am Schraubstock gesägt und mit der Kombizange gebogen wurden (Abb. 43).

Modell 10 b (PH 13; PH-Nr. 7)

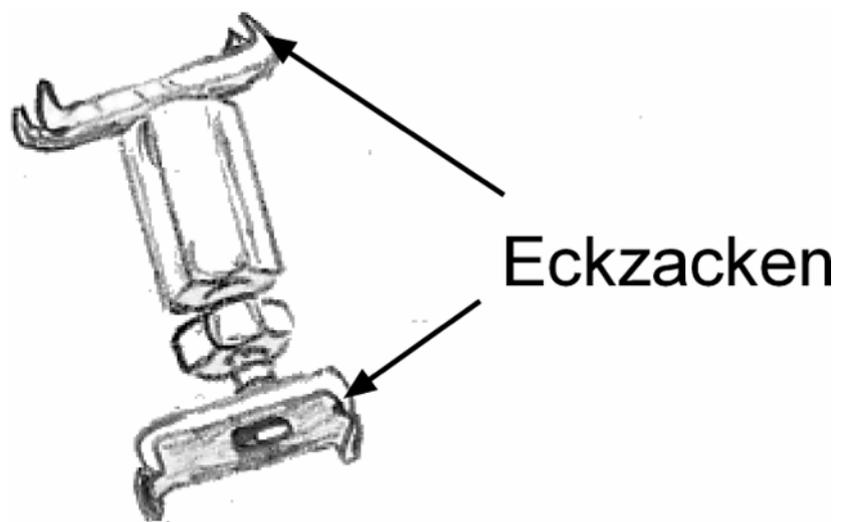


Abb. 44,
Modell 10 b
(PH 13; PH-Nr. 7)

Abweichend zu Modell 10 a präsentiert dieser PH eine **rechteckige Platte** (ca. 1,5 x 1 cm) **mit Häkchen an den Ecken**, die gesägt, gebogen und an der Schleifbank spitz geschliffen wurden. Die Bohrungen für die Nippel der Zwischenstück-Teile erfolgten wieder mittig (Abb. 44).

Modell 11 (PH 14; PH-Nr. 8, 9)

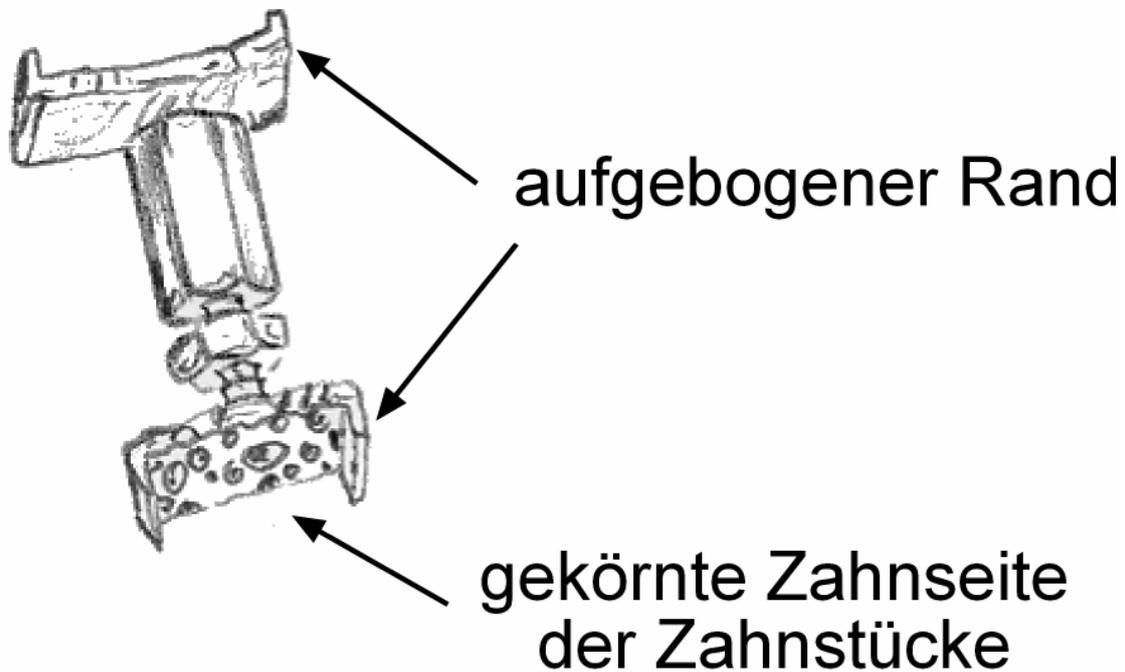


Abb. 45, Modell 11, (PH 14; PH-Nr. 8, 9)

Von der Erscheinung her ähnlich wie Modell 10 b verfolgt diese Variante von Anfang an die Möglichkeit eingeklebt zu werden. Dazu wurden am Schraubstock die **kürzeren Seiten der rechtwinkligen Platte aufgebogen** und die **Innenfläche dieses Zahnstücks** mit einem Körner aufgeraut, wobei gleichzeitig erreicht wurde, daß die Fläche leicht konkav wurde (Abb. 45).

Modell 12

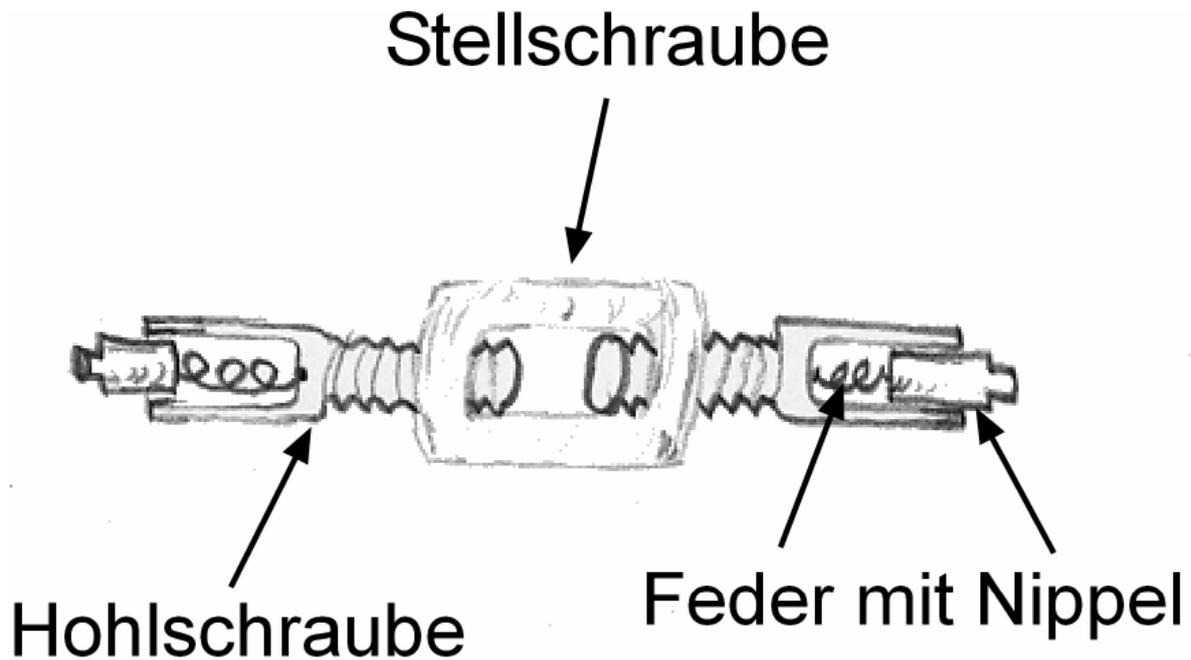


Abb. 46, Modell 12

Modell 12 sieht im Unterschied zu den vorangegangenen Modellen eine **passive Einhängung** des PH in der Zahnlücke vor.

Zahnstücke im Sinne der bisherigen Modelle **existieren nicht**. Die Fixierung bewerkstelligt auf jeder Seite je ein **Nippel**, der in eine vorgefertigte Bohrung am Zahn greift. Der Nippel sitzt in einer **Hohlschraube** und ist mit letzterer über eine Feder an seiner Basis verbunden. Die entgegengesetzte Seite der **Hohlschraube** ist kompakt und zeigt ein Außengewinde. Auf den beiden gegenläufigen Außengewinden sitzt eine **Stellschraube** (Aktivierungsschraube), welche den PH auseinander drückt (Abb. 46).

Technisch war das Modell unter den gegebenen Voraussetzungen nicht umsetzbar.

Modell 13 a (PH 15; PH-Nr. 10; mit seinem Vorlauf-Modell aus PVC)

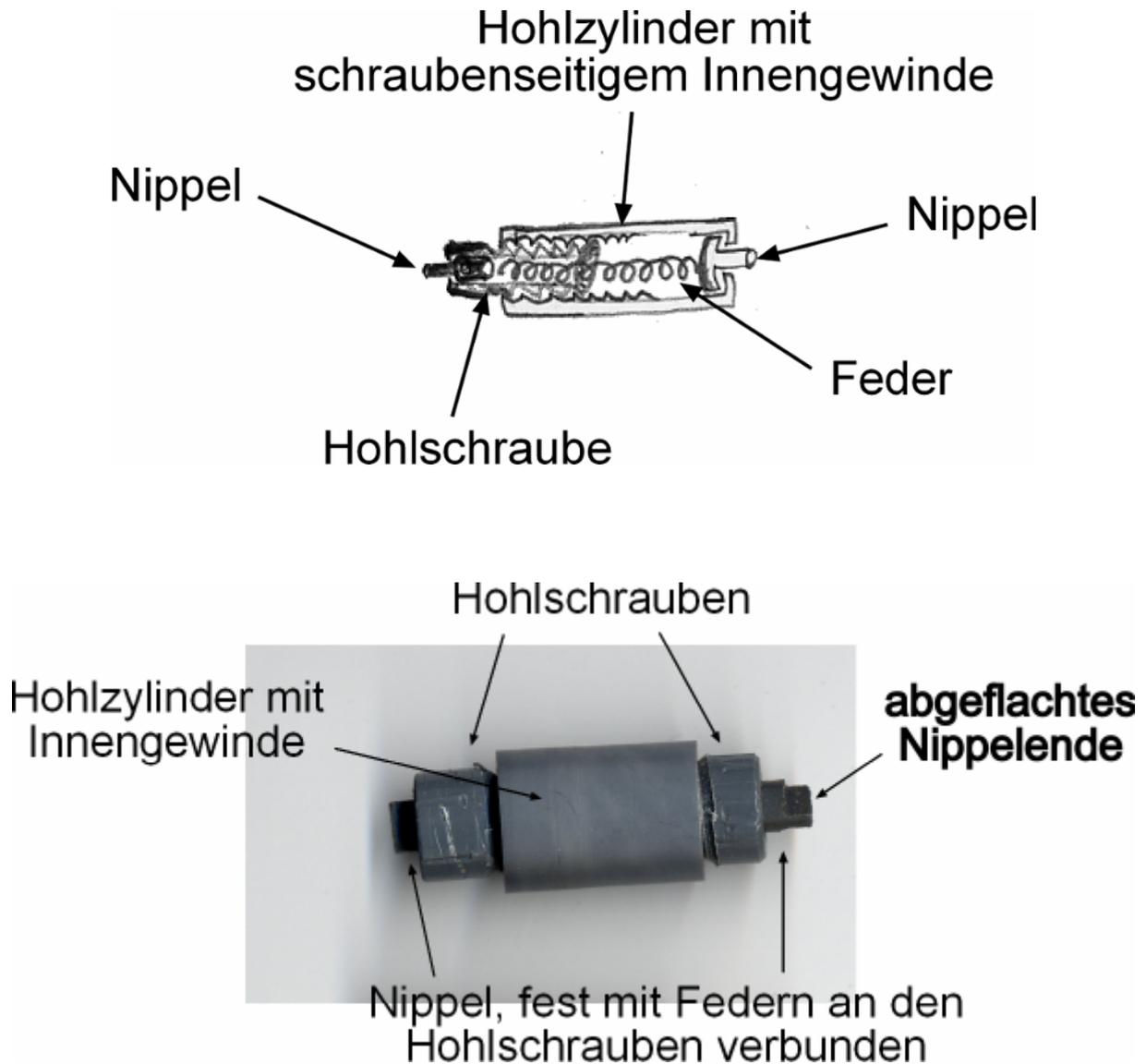


Abb. 47, Modell 13 a (PH 15; PH-Nr. 10; mit seinem Vorlauf-Modell aus PVC)

Dieses Modell (Abb. 47, oben) hingegen konnte verwirklicht werden, nachdem ein Vorläufermodell aus Hart-PVC (Abb. 47, unten) hergestellt war.

Es besteht aus einem **12-mm-6-Kant-Hohlzylinder** mit einer 3 mm Bohrung an einem Ende (der ungefähr 3 mm starken Basis; Zahnseite, Stiftseite), einer 8-mm-Öffnung mit Innengewinde, beginnend am anderen Ende (Schraubenseite), bis zur Basis durchgehend, und einer **8-mm-Hohlschraube** mit zum Zylinder passenden Außengewinde, die wie der Hohlzylinder eine 3 mm starke Basis mit zentraler 3-mm-Bohrung aufweist.

In den beiden Hohlzylindern läuft je ein **3-mm-Stift**, der eine zum Innendurchmesser des jeweiligen Hohlzylinders passende Plattform (Basis) besitzt, welche zirka 2 mm lang ist. Die

Stifte (Nippel) selbst ragen an der Zahnseite (Stiftseite) von Hohl schraube und Hohlzylinder sitzend 2 - 3 mm über die Bohrung hinaus. Damit sie in dieser Position verharren, aber gleichzeitig eindrückbar sind, liegt zwischen beiden Stiften in der Röhre, welche Hohl schraube und Hohlzylinder bilden, eine Kugelschreiber-**Feder** (die nach Bedarf gekürzt wird).

Die Zahnseite der Hohl schraube wurde am Schraubstock und in der Hand mit der Feile 5 mm lang so auf 2 gegenüber liegenden Seiten abgeflacht, daß sie zum Ende hin leicht konisch zulief.

Eine 12-mm-Außendurchmesser fassende **Kontermutter** vervollständig Modell 13 a.

Da dieser Platzhalter Bohrungen mit dem Dremel im Zahn vorsieht und auf diese Art nur der distale Lückennachbarzahn angebohrt werden kann, muß, um ein zweites Loch zu schaffen, am mesialen Lückennachbarzahn eine **Platte mit vorhandener Bohrung** angeklebt werden.

Diese Platte ist 2 cm breit, 1,5 cm hoch, 5 mm dick, trägt mittig eine 3-mm-tiefe Rinne, in die das Zahnstück der Hohl schraube so passt, daß sie am Ende der Rinne anstößt und gleichzeitig der Stift, welcher aus der Schraube ragt, in die 3-mm-Bohrung am Ende der Rinne einschnappt. Ihre Rückseite wird flächig gekörnt (Abb. 48).

Rinne für abgeflachte Hohl schraube

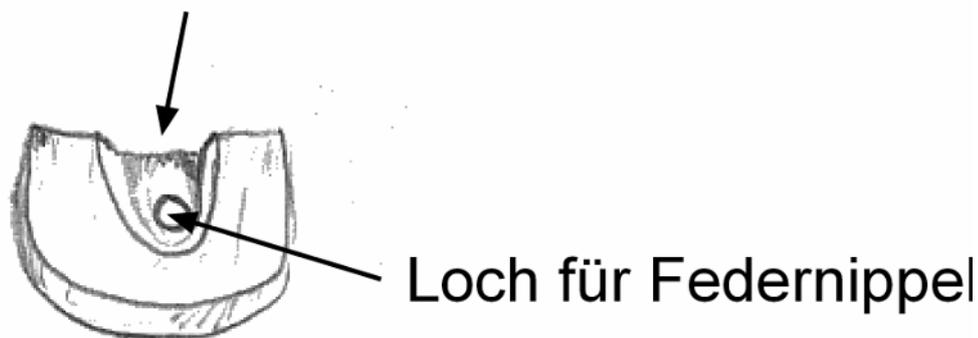


Abb. 48, Lochplatte für Modell 13a (PH 15; PH-Nr. 10)

Schraube, Zylinder, Stifte und Platte wurden im Schraubstock auf die richtigen Maße gesägt. Die Bohrungen, das Innengewinde und die Stifte wurden an der Drehbank gefertigt. Die Rinne der Platte konnte erst am Frästisch vorgearbeitet und dann mit der Hand und Feile trichterförmig geschliffen werden. Die endständige 3-mm-Bohrung erfolgte am Bohrtisch, entgratet und gephasst wurde mit dem Hand-Entgrater.

Das Material des Modells 13 a besteht zum Großteil aus Messing, weil dieser Werkstoff leichter zu bearbeiten ist als V2A-Stahl. Für den längeren Einsatz in der Maulhöhle eines Patienten war wegen der besseren Maulverträglichkeit wieder Edelstahl vorgesehen.

Modell 13 b

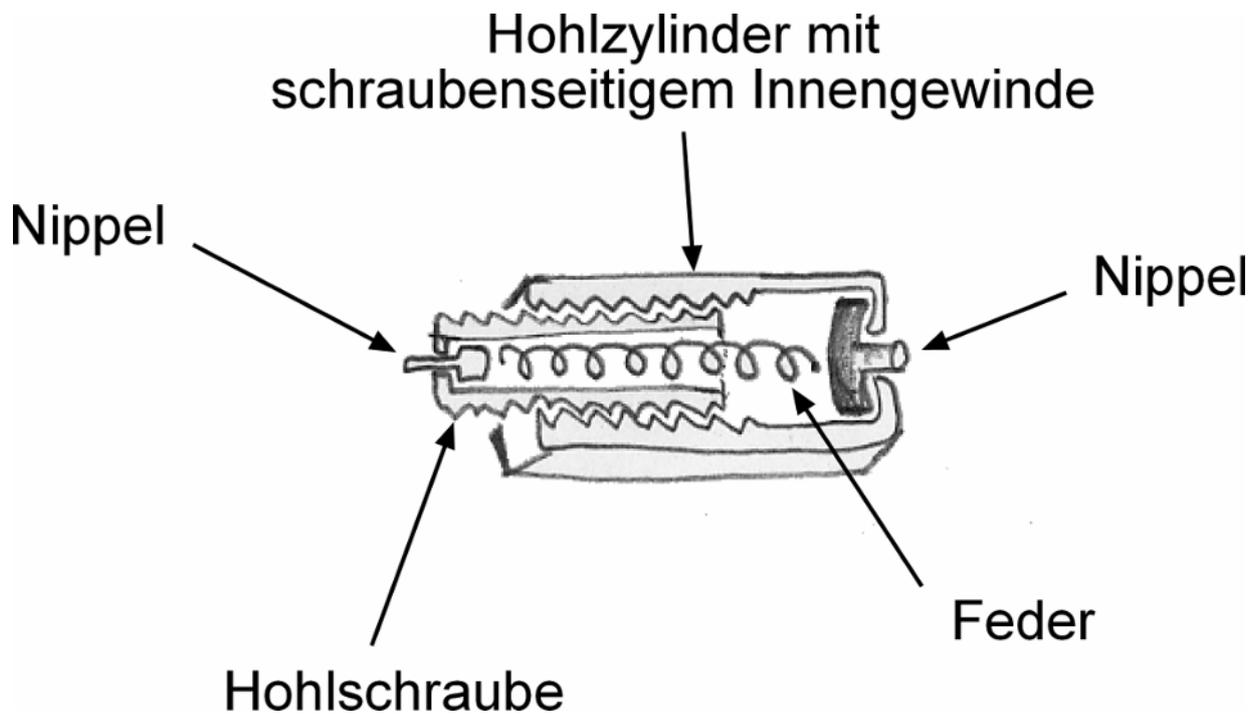


Abb. 49, Modell 13 b

Eine technisch ausführbare, jedoch nicht mehr umgesetzte Variante des vorausgegangenen Modells ist das folgende:

2 Bohrungen in den Lückennachbarzähnen, eine mesial, eine distal (eine davon flächig, so daß sie einen annähernd rechteckigen Querschnitt ergibt) werden hier vorausgesetzt. Der **schraubenseitige Stift** – nicht mehr die Hohlschraube - wird auf der Länge, die er über die Bohrung hinaus ragt, auf 2 Seiten parallel **abgeflacht** (Abb. 49).

3.3.3 Urethanplomben

Ein **2-Komponenten-Urethan-Kleber** (Super Fast™; Hersteller: Vettec) wurde als Platzhalter getestet.

Die beiden Komponenten werden, jede separiert in einer Tube, in eine Doppelspritzpistole eingesetzt, die eine abnehmbare Düse trägt, in welcher sie sich verbinden und über die der Kleber aufgetragen wird. Nach wenigen (2 bis 10) Minuten - je wärmer die Umgebungstemperatur, desto schneller - härtet der Kleber an. Modellierbar ist er lediglich für 1 bis 2 Minuten nachdem sich die beiden Komponenten verbunden haben. Nach ca. einer viertel Stunde härtet der Kleber aus. Die zu klebenden Teile sollten trocken (der Hersteller empfiehlt vor der Applikation die Flächen mit dem Fön zu trocknen) und sauber sein, die optimale Gebrauchstemperatur laut Vertreiber liegt zwischen 18 und 29°C.

Das Equi-Thane Super Fast™, ein Urethanelastomer, produziert die Firma Vettec für die Anwendung im Hufbereich des Pferdes.

Seine Zusammensetzung lautet wie folgt: Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat, <26%, → LD50, oral, <10000 mg/kg (Ratte); castor oil, polymer with 1,1'-methylenebis[4-isocyanatobenzene] <15%; 2-propanol, <10%; 1,1',1'',1'''-(1,2-ethanediyldinitrilo)tetrakis-m-phenylenebis (methylamine), <3%, → LD50, oral, 930 mg/kg (Ratte).

In Bezug auf potentielle akute Auswirkungen auf die Gesundheit sind laut dem Sicherheitsdatenblatt (REF 461-40, -42, -50, -52, -55 „Super Fast and Adhere“) keine besonderen Wirkungen oder Gefahren bekannt.

Als **Schiene**, die um die Zahnücke gelegt werden und den Kleber in der Lücke halten sollte, diente ein Hufpolstermaterial, Erkosil® (Hersteller: Erkodent).

3.4 Einsatz eines Platzhalters

3.4.1 Präparate und Patienten

3.4.1.1 Schädel

Die 4 in Punkt 3.1.1 beschriebenen Pferdeschädel mit unterschiedlicher Lokalisation (Diastemata zwischen M₂ und M₃ OK re + li, M₁ OK re, M₁ OK li, M₂ OK li), Weite (2 x 1,5 cm, 1,4 cm, 2 cm, 1 cm) und Winkelung (2 x 0° - 30°, 4° - 9°, 7° - 6°, 0° - 11°) der Backenzahnücken dienten zuerst als Test unterschiedlicher Platzhalter.

3.4.1.2 Schlachttierköpfe

Desweiteren wurden manche (siehe unten) Platzhalter an 2 aufgetauten Schlachttierköpfen von Warmblutpferden erprobt. Die Backenzahnlücke befand sich einmal im OK re M1 (Weite: 2,5 cm; Neigung: 2° - 3°) und dann im UK li M1 (2 cm; 0° - 2°).

3.4.1.3 Patienten

Als dritte und letzte PH-Testgruppe fungierte die Gruppe der Patienten. In **Tabelle 2** (S. 160) kennzeichnet die vorletzte Spalte, „PH – Nr.“ die 9 Mitglieder dieser Gruppe in chronologischer Reihenfolge. Die beiden Akrylbrücken-Versuche (Patient-Nr. 70) werden hierbei nicht mitgezählt, da sie von vornherein nicht als bleibender Platzhalter konzipiert waren.

Genauere Angaben zu diesen 9 Patienten gibt jene **Tabelle 2** auf S. 160 (die 10 PH-Nummern aufzählt – ein Patient, Nr. 70, besaß 2 Backenzahnlücken und erhielt 2 PH).

3.4.2 Diagnostik der Zahnlücke

3.4.2.1 Zahnkamera

9 Patienten wurde ein Platzhalter eingesetzt. Einer dieser (Tab. 1, Nr. 70) mit 2 Backenzahnlücken konnte zuerst mit 2 Akrylatbrücken und dann mit 2 Platzhaltern versorgt werden. 1 Pferde Zahnpräparat, 9 PH aus V2A und 2 Akrylatbrücken wurden insgesamt eingesetzt.

Damit entschieden werden konnte, ob ein PH und welcher PH im jeweiligen Fall berechtigt war, erfolgte zu Beginn der Behandlung eine klinische Maulhöhlenuntersuchung, wie im Kapitel zur Dokumentation der Backenzahnlücken beschrieben. Am sedierten (mit: Wirkstoff: Detomidin, Handelsname: Domosedan®, untere angegebene Dosierung) Patienten ließ sich eine **humane Intraoralkamera „Viola II™ Dental“** zur Endoskopie der Maulhöhle einsetzen, die an einen Monitor und Fotodrucker angeschlossen war, allerdings keine metrischen Messungen der Zahnlücken erlaubte.

3.4.2.2 Schiebelehre, Spezielle Meßinstrumente, Knopfsonde

Für diese metrischen Messungen der Zahnlücken wurden eine rostfreie **Schiebelehre**, **spezielle Backenzahn­lücken-Meßinstrumente** und eine **Knopfsonde** erprobt. Die Entwicklung dieser Versuche ist bereits bei der Beschreibung der Zahn­lücken-Dokumentation (S. 59 f) skizziert worden.

3.4.2.3 Abdruckverfahren

Als Methode der Wahl kristallisierte sich das Abdruckverfahren mit einer **kondensationsvernetzten Silikonmasse** (silaplast FUTUR®) heraus.

Zu Material und Methode siehe oben, Punkt 3.2 (S. 59 ff).

3.4.3 Vorbereitung und Befestigung des Platzhalters

3.4.3.1 Präparate von Pferde­zähnen

Ein **präparierter Teil eines Pferde­zahns** (siehe oben, Punkt 3.3.1, S. 71) wurde bei einem **Patienten** (S. 52, Tab 1, Nr. 56, **PH-Nr. 1**) eingesetzt.

Dieser Versuch wurde unternommen, da der Patient ohnehin wegen einer anderen Zahn­behandlung in Narkose gelegt werden musste.

Unter wiederholtem Einpassen des Zahn­stückes in die Zahn­lücke und Zurechtschleifen mit dem Winkelschleifer ließ sich der PH schließlich ca. 3 mm unter der Kau­fläche, lingual und bukkal mit der Zahnreihe abschließend, (mit Handschuhen) einkleben. Die Klebeflächen der Lückennachbar­zähne konnten mit Zellstoff gut trocken gerieben werden. Als Kleber diente ein **Dallmer Hufschuh-Kleber**, der in etwa 1 mm stark auf die beiden Klebeflächen aufgebracht und dann mit einem Heißluftfön vorsichtig (handwarm) erwärmt wurde.

Nach dem EG – Sicherheitsdatenblatt (91/155/EWG) besteht der Kleber einmal aus dem feuergefährlichen (AII) Härter HW 2934®, einem formulierten Polymercaptan mit den gefährlichen Inhaltsstoffen N,N-Dimethyl-Dipropylendiamin (1-5 %; Gef.-Symbol: C) sowie 2,4,6-Tri-(dimethylaminomethyl)phenol (4-10 %; Gef.-Symbol: Xn), der Augen (Kaninchen) und Haut reizt und per Hautkontakt (Meerschweinchen) sensibilisieren kann. Die LD 50 bei

der Ratte beträgt 2,3 g/kg KM. Die zweite Komponente des Klebers ist der eigentliche Klebstoff, Araldit AW 2104® (Division Polymere/Composites), einem mit Reaktivverdünner modifizierten Bisphenol-A-Epoxidharz. Gefährliche Inhaltsstoffe: Bisphenol-A-Epoxidharz (80-90 %; Gef.-Symbol: Xi) und 1,4-Butandiol diglycidylether (5-10 %; Gef.-Symbol: Xn). Auch diese Komponente reizt Augen (Kaninchen) und Haut und kann per Hautkontakt sensibilisieren (Meerschweinchen) Die LD 50 bei der Ratte beträgt 5 g/kg KM.

Wenige Minuten nach Einsatz des Zahnstücks war der Kleber ausgehärtet und belastbar.

3.4.3.2 Platzhalter aus Metall

Die für die korrekten Längen der Zwischenstücke der folgenden Platzhalter notwendigen Berechnungen gehen von folgenden Basisdaten aus: 2 x 1,5 mm Stifte (Schraubenseite fest → ca. 1 mm, Zylinderseite mobil → ca. 2 mm); 2 x 1,5 mm Basisstücke; mind. 3 mm Boden und 3 mm Gewinde des Hohlzylinders; mind. 3 mm Schraube, bzw. mind. 7 mm, da normalerweise eine 4-mm-breite Kontermutter hinzu kommt; ergibt ohne Kontermutter mind. 12, mit Kontermutter mind. 16 mm Länge eines Zwischenstücks mit Basisstücken (Abb. 50). Je nach Modell variieren diese Basisdaten zum Teil. So verlängert sich zum Beispiel bei Modell 10 a (PH 12) der in der Zahnlücke zu liegende Teil des PH um je 3 – 4 mm auf ca. 19 oder ca. 23 mm.

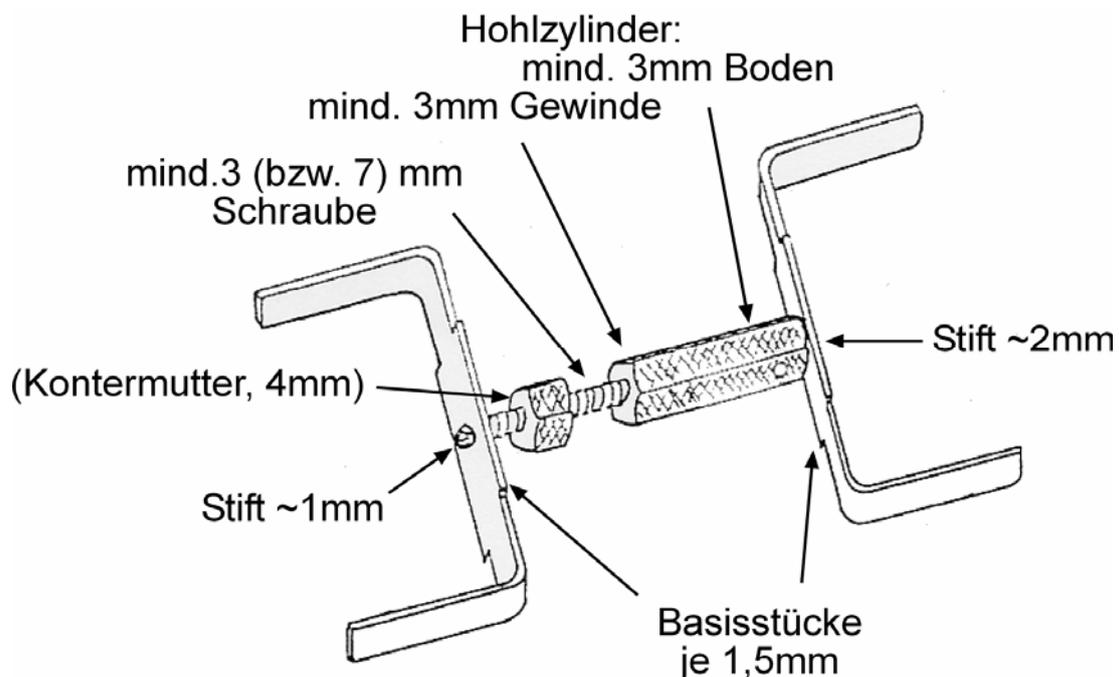


Abb. 50, Messdaten eines PH

Die **CoCr-PH, Modell 1 a und b (PH 1 und 2)**, kamen im Gebiss nicht zum Einsatz.

Modell 1 a wurde in die Zahnücke des Gipsquadranten eingesetzt, an deren direkten Lückennachbarzähnen die Zahnstücke des Modells geformt wurden. Dazu wurden die Zahnstücke bei bereits möglichst weit aufgedrehtem Zwischenstück ca. 3 mm unter der Kaufläche an die direkten Lückennachbarzähne angepasst und in dieser Stellung das Zwischenstück soweit aktiviert (erst per Hand, dann mit einem 8-mm-Maulschraubenschlüssel), daß es fest saß ohne das Gipsmodell durch den Druck zu sprengen. Mit dem 8-mm-Maulschraubenschlüssel schien es leicht möglich, den Gipsabdruck zu sprengen.

Auch der **Neusilber-Messing-PH, Modell 2 (PH 3)**, wurde **nicht individuell** als Zahnersatz am Schädelpräparat, Schlachttierkopf oder Patienten verwendet.

Beim **Neusilber-PH, Modell 3 (PH 4)**, dagegen schien es von Vorteil, ihn am **Schädelpräparat** und am **Schlachttierkopf** zu testen:

Das **Schädelpräparat** erlaubte es, unter Sichtkontrolle mit dem Lineal die Weite der Backenzahnücke sowie die linguobukkale Ausdehnungen der direkten Lückennachbarzähne zu bemessen. Entsprechend letzteren plus etwas (1 – 2 mm) Spiel für die Silikon-Beschichtung wurden die Schenkel im Schraubstock gebogen. Dazu war ein stabiles, ausreichend schmales Hilfsstück notwendig, weil Schraube oder Hohlzylinder im Weg standen. Dieses Hilfsstück wurde mit der einen Schraubstock-Backe an der vorgezeichneten Markierung für den Schenkel angesetzt und dann mit der anderen Schraubstock-Backe gespannt. Mit dem Hammer wurde nun der Schenkel vorsichtig über dem Markierungspunkt gebogen und anschließend gleiches an den 3 restlichen Schenkeln wiederholt.

Einsatzbereit machte diesen Platzhalter die **Ummantelung der Zahnstücke mit Hart-Silikon** (twingum®; Härter: picodent Pastenhärter®, Hersteller: picodent), was mit den Fingern geschah. Um diesen Platzhalter jetzt in die Backenzahnücke einzulegen, musste durch mehrmaliges **manuelles** Einpassen die optimale Länge des Zwischenstücks gedreht werden. Behutsam, besonders wegen der fragilen Silikon-Beschichtung, konnte der PH schließlich inseriert und digital gespannt werden.

Seine Endspannung erlangte der PH mittels eines **8-mm-Maulschraubenschlüssels** (Abb. 51), dessen abgesägter Kopf zu diesem Zweck rechtwinkelig an einen halben Meter langen Eisenstab mit T-Griff geschweißt wurde. Dabei diente eine Hand im „Maul“ des Präparats als Führhand, die andere Hand außerhalb der Maulhöhle als Arbeitshand.



Abb. 51, 8-mm-PH-Schraubschlüssel (T-Griff und gebogener Griff)

Am **Schlachttierkopf** mussten die Maße (BZL-, LNzd-Weite) mit der kurzen Knopfsonde – das Abdruckverfahren war noch nicht vorgesehen – ermittelt werden. Ein Maulkeil nach Bayer® hielt die Maulhöhle offen. Die einzelnen Schritte zum Einsatz des Platzhalters Modell 3 (PH 4) deckten sich mit dem Vorgehen beim Schädelpräparat, nur daß mehr „blind“ oder halb sehend gearbeitet werden musste.

Nach diesen ersten Versuchen sollten alle Platzhalter so angewendet werden, daß der Hohlzylinder distal in der Lücke zu liegen kam und die Schraube mesial, um nicht Gefahr zu laufen, z. B. (gezwungenermaßen) blind in die falsche Richtung zu aktivieren!

Modell 8 (PH 5), der erste realisierte V2A-Platzhalter wurde nach dem oben (Modell 3, PH 4) beschriebenen Vorgehen probeweise am **Schädelpräparat** und dann am **Patienten** (Tab. 1, Nr. 59, **PH-Nr. 2**) eingesetzt.

Am **Schädelpräparat** wurde versucht, als der PH in seiner angedachten Position saß und bereits mit den **Fingern** möglichst fest angespannt worden war, über die 4 gephasen Löcher (der 2 durchgehenden 3-mm-Bohrungen) an der Basis des Hohlzylinders einen dafür

vorbereiteten **3x35mm-V2A-Stift** (siehe Abb. 52) am Zylinder anzusetzen und weiter aufzudrehen (spannen, aktivieren).



Abb. 52, 3x35mm-V2A-Stift mit PH 5 (Modell 8)

Prinzipiell in gleicher Art und Weise erfolgte der Einsatz des **PH 5** am **Patienten** mit der Backenzahnlücke P₄ UK li:

Eine Hilfsperson hielt einen Maulkeil nach Bayer® und den Patienten in Position, so daß per Knopfsonde die Länge der Backenzahnlücke und Breite der direkten Lückennachbarzähne gemessen und mit den Fingern sich ein Eindruck der Lückenverhältnisse in Bezug auf Oberflächenbeschaffenheiten von Zahnfleisch und Lückennachbarzähnen und auf die Lage der beiden letztgenannten Strukturen verschafft werden konnte. Daraufhin wurde die Backenzahnlücke mit der Taschenlampe untersucht. Nun wurden die Schenkel des Platzhalters nach der oben geschilderten Methode im Schraubstock gebogen und der PH so weit aufgedreht, daß er möglichst genau in die Lücke passen würde.

Im folgenden erhielt der maulgespülte (Wasserschlauch), im Zwangsstand sedierte (alle Sedierungen mit: Wirkstoff: Detomidin, Handelsname: Domosedan®, untere angegebene Dosierung) Patient ein Maulgatter nach Hausmann, die Zahnlücke wurde mit etwas Zellstoff getrocknet und der PH konnte nach mehrmaligen Versuchen und Längenveränderungen durch Drehen am Hohlzylinder gegen die Schraube so eingelegt werden, daß er tatsächlich gerade

eben in die Zahnücke passte. Der PH wurde dann, auf dem Zahnfleisch am Boden derücke liegend, möglichst weit mit den **Fingern** aufgedreht.

Weiter aktiviert sollte mit dem haftungs- und gleitbedingt gefetteten **35-mm-Stift** über die Bohrungen werden; dies gelang, indem der Stift auf einer zugängigen Seite eingeführt und gedreht, darauf durchgeschoben und wieder gedreht wurde, wie bei einem Schraubstock, der nur von einer Seite aus gespannt werden kann.

Die endgültige Spannung erfuhr das Modell 8 (PH 5) über ein weiteres Hilfsinstrument, einen 3-cm-langen V2A-Stift, der senkrecht an das Ende eines halben Meter langen Metallstabs mit T-Griff (**3-mm-PH-Schraubstift**; Abb. 53) geschweißt wurde. Mit der Führhand ließ sich dieser Stift an einem der 4 3-mm-Löcher des PH ansetzen und mit der Arbeitshand spannen. Die Führhand kontrollierte hierbei außerdem, ob der Stift oder die Zahnstücke, insbesondere die Schenkelspitzen, das Zahnfleisch zu traumatisieren drohten.



Abb. 53, 3-mm-PH-Schraubstift

Als nächstes schien es von Vorteil das **Modell 9 c (PH 8)** anzuwenden.

Um die an Hand von Modell 8 (PH 5) soeben beschriebenen Vorgänge für die folgenden „aktiven“ (Modell 12 und 13 a, b sind passive Konzeptionen) Modelle nicht zu wiederholen, soll nachstehend vor allem auf die **Unterschiede** in der Vorbereitung und im Einsetzen der Platzhalter eingegangen werden.

Modell 9 c (PH 8) sollte ebenfalls im Unterkiefer verwendet werden (P₃, li; Patient Nr. 66, PH-Nr. 3, Tab. 1 oder 3). Analog zum fünften Platzhalter gelang es, den PH einzulegen und

manuell anzudrehen. Endgültig angespannt wurde er nicht mehr über die 3-mm-Stifte – auf entsprechende Bohrungen wurde verzichtet - , sondern mit dem bereits für den Neusilber-PH (Modell 3, PH 4) benutzten **8-mm-PH-Schraubschlüssel**, der am 8-mm-6-Kant-Hohlzylinder ansetzte.

Im Gegensatz zu allen anderen Patienten, welche einen PH erhielten (n = 9), musste im vorliegenden Fall der Patient nicht sediert werden. Seine Kooperation ermöglichte ähnlich wie bei den späteren Abdrucknahmen nur mit dem Maulkeil nach Bayer® zu arbeiten.

Wiederum das **Modell 9 c (PH 8)** war für einen Patienten (Tab.1, Nr. 67, **PH-Nr. 4**) mit der Backenzahnlücke M₂ Ok li vorgesehen. Da die Knopfsonden-Messungen an dieser Position, tief in der engen Maulhöhle des Patienten, sich als ungenau erwiesen, mußte der PH mehrfach am Schraubstock mit der Eisensäge gekürzt und folglich danach entgratet und die Gewinde nachgeschliffen werden. Trotzdem wurde das Resultat als so unsicher in seinem Sitz bewertet, daß der Versuch abgebrochen wurde, als die Sedierungstiefe keine weiteren Manipulationen erlaubte.

Der nächste Patient hingegen (Tab. 1, Nr. 68, **PH-Nr. 5**) bot mehr Raum zur Behandlung. Ihm fehlten P₄ und M₁ im Unterkiefer, links, so daß **Modell 9 c (PH 8)** mit langem Zwischenstück eingesetzt werden konnte.

Abgesehen von den Bemühungen der Führhand, das Zahnfleisch mit den Schenkelspitzen nicht zu verletzen – trotzdem traumatisierte die bukkal-distale Schenkelspitze, also diejenige, welche in der Drehrichtung des Hohlzylinders bei der Aktivierung liegt - , abgesehen von dieser nicht durchweg erfolgreichen Bemühung, ergaben sich hier keine Schwierigkeiten.

Patient Nr. 67 und Nr. 68 konnten nicht in der Klinik behandelt werden, wo eine Werkstatt mit den notwendigen Utensilien für vorgesehene (z. B. Schraubstock) und unvorhergesehene PH-Einstellungen (z. B. Säge, Gewindeschneider) bereit stand. Vor allem sollte es aber trotzdem möglich sein, die Schenkel des Platzhalters gemäß den Messungen vor Ort umzubiegen. Dies musste ein massiver Messingblock mit zentraler Bohrung (**Abb. 54**) für die Zahnstücke gewährleisten, an dem der zukünftige ermittelte Schenkelteil des Zahnstücks eingeführt und mit dem Hammer (plus gegebenenfalls Meißel) umgeschlagen wurde. Durch den schmalen Zentralteil mit der Bohrung gelang es, dies an der Gegenseite zu wiederholen – ohne daß eine solche Manipulation der bereits umgebogene Schenkel verhinderte.

Als weiteres notwendiges Werkzeug erwiesen sich 2 Zangen (falls nach dem Schenkel-Umschlagen Material zurecht gebogen werden musste – zum Anpassen der Schenkel selbst sollten die Zangen vermieden werden, um den Raspelrieb nicht zu beschädigen), Lineal, Metallsäge, Metallfeile, Innen- und Außengewindeschneider.

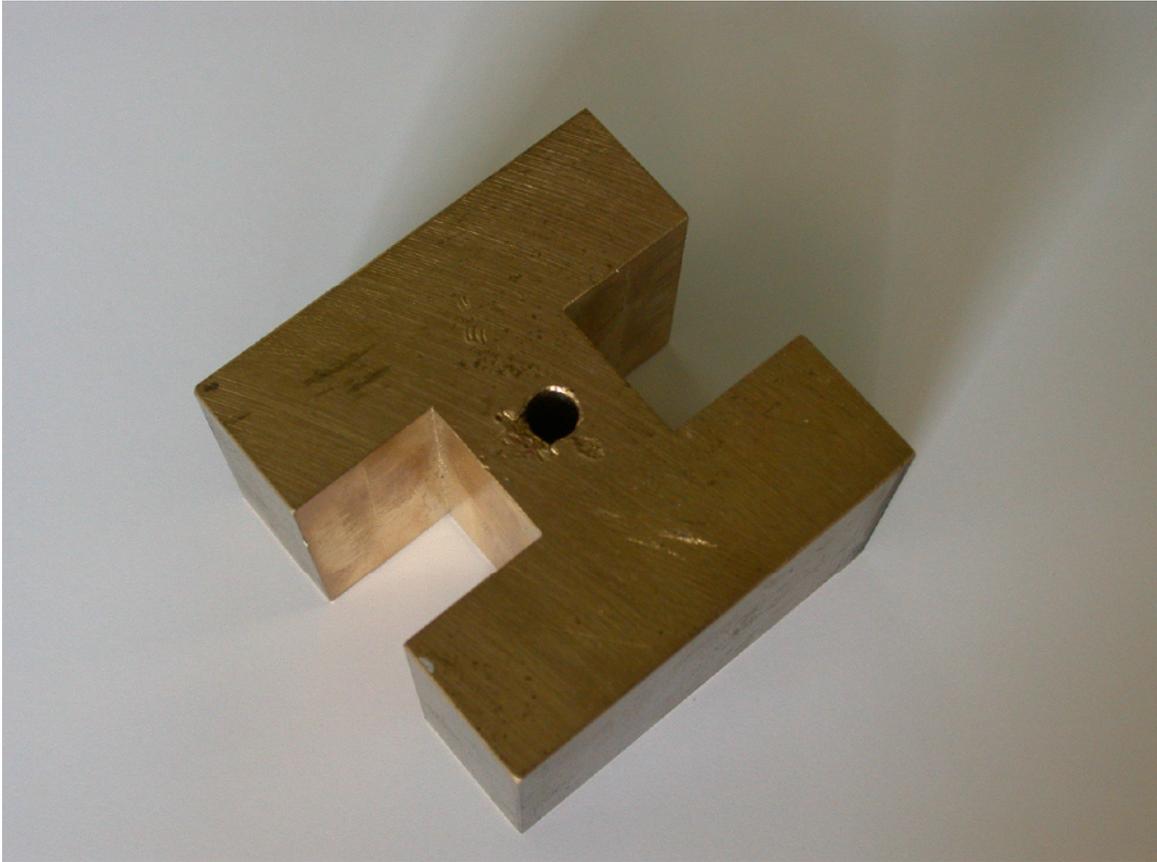


Abb. 54, Messingblock mit zentraler Bohrung zum Ansatz der Zahnstücke

Mit **PH-Nr. 6** war es möglich, statt auf die Knopfsonden-Methode von Beginn an auf Messungen mit dem Abdruckverfahren per kondensationsvernetztem Silikon (siehe Punkt 3.2.3) zurückzugreifen.

Die sich nun durch den Abdruck wesentlich umfangreicher und genauer darstellende Situation zeigte sich bei Patient Nr. 69 (Tab. 1, **PH-Nr. 6**) für die bisherige Schenkel-Geometrie in dem Sinne ungeeignet, daß palatinal (M_1 OK re) die klinische Zahnkrone lediglich ungefähr 3 mm lang war – also zu wenig für einen Schenkel-Typ, der mittig aus dem Basisstück hervorgeht. Es wurde **Modell 9 e (PH 10)** angefertigt und eingesetzt. Obwohl die Schenkel hier randständig platziert, nur knapp 3 mm breit und 1 cm lang sind, konnte nicht verhindert werden, daß einmal palatinal (also in Drehrichtung des Zylinders beim Aktivieren) die distale Schenkelspitze und dann bukkal die mesiale Schenkelspitze ca. 1 mm in die Gingiva eindrang.

Um dieses Problem zu vermeiden, wurde bei Patient Nr. 71 (Tab. 1 oder 3, **PH-Nr. 7**) ein PH-Typ ohne Schenkel konzipiert.

Modell 10 b (PH 13) wurde wieder genau so weit aufgeschraubt, daß es sich gerade eben in der Zahnücke (P₃ OK re) versenken ließ. Dazu musste der PH mehrfach auf- und zugeschraubt werden, da nicht immer klar war, ob die Länge stimmte oder der PH verkantet wurde. Angestrebt war ein möglichst kauflächennaher Einsatz, um die Ausheilung der Alveole nicht zu behindern. Letztendlich lag der PH ca. 2 mm unter der Kauleiste, ragte aber mit 2 Spitzen in Vertiefungen der Okklusionsfläche der Lückennachbarzähne und verkeilte sich dort. Dies ergab sich erst, als der PH mit dem 8-mm-PH-Schraubschlüssel angezogen wurde.

Weil Modell 10 b nach etwa einem Tag herausfiel, wurde es nochmals eingesetzt, diesmal als zusätzlichen Halt mit 2-mm-breit **Akrylkleber (Technovit®)** auf den Zahnstücken zwischen den 4 Eckzacken. Es wurde wie beim Versuch ohne Kleber vorgegangen, dabei aber versucht zu verhindern, daß Teile des PH wieder in den Kaumechanismus einbezogen wurden.

In erster Linie auf die Klebwirkung sollte sich **Modell 11 (PH 14)** verlassen, welches Patient Nr. 70 (Tab. 1, **PH-Nr. 8**) mit der Backenzahnücke P₃ OK li eingesetzt werden konnte.

3 Unterschiede – abgesehen vom veränderten PH-Typ – zum vorausgegangenen Vorgehen sind hier zu bemerken: Erstens, der **Urethankleber (Super Fast™)**, der auf die Zahnstücke aufgebracht wurde, zweitens die **gekörnte Oberfläche der Zahnstücke**, welche für besseren Halt des Klebers sorgen sollte, und drittens - die abgeheilte Alveole erlaubte es - den **PH auf deren Boden einzulegen**, möglichst weit entfernt vom Kautisch.

Es gelang im zweiten Versuch, bevor der Kleber anhärtete, den PH mit Kleber so in die Lücke einzuführen, daß der Kleber nicht vorher an den Strukturen der sich bewegenden Maulhöhle abgestreift wurde. Vorsichtig wurde danach der PH über den Zylinder manuell angezogen, damit er nicht nochmals verrutschte und die Klebwirkung wieder zunichte gemacht worden wäre. Auf das instrumentelle Andrehen wurde gänzlich verzichtet.

Beim folgenden Patienten (Tab. 1, Nr. 74, **PH-Nr. 9**) konnte ebenfalls **Modell 11 (PH 14)** verwendet und in gleicher Art und Weise vorgegangen werden, allerdings sollte es dieses Mal wieder knapp unter der mastikatorischen Ebene sitzen, zu dem Zwecke den Alveolenboden nicht zu irritieren. Nach der PH-Positionierung 1 bis 3 mm unter der Zahnkante, wurde bei der palpatorischen und dann adspektorischen (Taschenlampe) Kontrolle festgestellt, daß der Platzhalter an einer Seite nur mit einer Kante direkt (und nicht über den Kleber) am Lückennachbarzahn Kontakt aufnahm. Trotzdem wurde der PH versuchsweise in situ belassen.

Platzhalter 15 (Modell 13 a), der letzte in der Testreihe, beruhte auf einem anderen Prinzip. Er sollte sich nicht „aktiv“ einklemmen, indem er angespannt wurde, sondern „passiv“ in der Zahnücke aufgehängt sein, indem 2 Stifte in 2 Bohrungen an den Lückennachbarzähnen greifen.

Da, wie oben erwähnt, keine Möglichkeit gefunden wurde, den mesialen Lückennachbarzahn anzubohren – der verwendete Dremel ließ sich nicht in der Maulhöhle umdrehen; seine Welle und sein Winkelstück ebenfalls nicht – bedurfte es der **Lochplatte** mit zentraler 3 mm Bohrung.

Patient Nr. 70 (P₃ OK re; Tab. 1, **PH-Nr. 10**) lag auf der linken Seite in Narkose. Es wurde eine Injektionsnarkose gewählt, um die Maulhöhle mit dem Tubus nicht zusätzlich einzuengen.

Damit möglichst freie Sicht und genügend Raum gewährleistet war, wurde zuerst mit einem **3-mm-Diamant-Rosenbohrer**, im Dremel eingespannt, bei hoher Drehzahl ein 3 bis 4 mm tiefes Loch knapp 1 cm unter der Kauleiste leicht nach palatinal versetzt am distalen Lückennachbarzahn (P₄) positioniert – also der Bohrung der Lochplatte gegenüberliegend, wenn diese knapp unter der Kaufläche mittig am mesialen Lückennachbarzahn (P₂) angeklebt wird.

Die Lücke wurde mit Zellstoff gesäubert, getrocknet und die mesiale Approximalfläche mit Sandpapier angeraut. Auf der gekörnten Plattenrückseite war die Bohrung mit einem 3 x 3 mm großen Klebeband vor eindringendem und das Loch verstopfendem Kleber geschützt. Der Kleber wurde aufgetragen, mit einem Schnipsel Pappe verstrichen und in der beschriebenen Position am mesialen Lückennachbarzahn angeklebt. Die Kontrolle seiner Festigkeit nach 10 bis 15 min. ergab bei diesem wie beim zweiten Versuch kein zufriedenstellendes Ergebnis: Es bestand keine belastbare Verbindung, weder zur Platte, noch, und hier noch lockerer, zum Zahn. Nach der zweiten Kontrolle befand sich der Patient bereits stehend in der Aufwachphase und schleuderte die Lochplatte bei seinen Kopfbewegungen in hohem Bogen aus dem Maul.

Diese Probleme ergaben sich bei den Vorversuchen am Schädelpräparat nicht: Die geklebte Lochplatte war manuell auch unter größter Kraftanwendung nicht abzulösen. Die Zahnbohrungen ließen sich sehr leicht mittels eines Rosenbohrers aus der humanen Zahnmedizin (Abb. 55) bewerkstelligen und der PH 15 einsetzen.



Abb. 55, Rosenbohrer und dessen Bohrungen im Zahn

3.4.3.3 Urethanplomben

Im Zuge einer notwendigen Narkose erlaubte es die Situation bei Patient Nr. 70 (Tab. 1, P₃ OK re) den **Urethanelastomer-Kleber (Super Fast™)** als Platzhalter zu testen:

Über die noch offene Trepanationsöffnung wurde der röhrenförmig-konisch zulaufende Aufsatz der Super Fast™ – Spritzpistole bis an den Grund des sich in Granulation befindenden, noch nicht vollständig verschlossenen Zahnlückenbodens herangeführt. Die Lücke wurde von der Maulhöhle aus mit Zellstoff gereinigt und getrocknet, eine Schiene aus Hufpolstermaterial (Erkosil®, Hersteller: Erkodent) um die Zahnücke gelegt und der Kleber appliziert. Nach 5 min wurde die Schiene entfernt, die Kleber-Masse auf ihren Sitz und Umfang kontrolliert und störendes Material versucht abzunehmen.

3.4.4 Kontrolle des Platzhaltersitzes und des Kippens der Lückennachbarzähne

Im Falle der **Schädelpräparate** und der **Schlachttierköpfe** wurde der Platzhaltersitz **adspektorisch** und **palpatorisch** überprüft.

Die Routinemethode die Position und Festigkeit des Platzhalters im **Patientengebiß** zu erkunden war es, mit der **Hand** die maukeil-(Bayer®)geöffnete Maulhöhle zu explorieren. Außer bei dem kopfscheuen Patient Nr. 70 (Tab. 1, siehe Punkt 3.1.1, S. 52) bereitete dies keine ungewöhnlichen Schwierigkeiten. Die **Adspektion** (Taschenlampe) des PH in situ schloß die Routinekontrolle ab.

Bestand eine aktuelle Indikation den Patientenkopf **röntgenologisch** zu untersuchen, diente auch dieses bildgebende Verfahren dazu den Platzhalter zu beurteilen (Abb. 56).

Ebenfalls fakultativ, da mit einer Sedierung verbunden, wurde es gehandhabt, mit der **Intraoralkamera** „Viola II™ Dental“ die Maulhöhle zu **endoskopieren** (Abb. 57).

In einem Fall (Tab. 3, Nr. 68) wurde der PH-Sitz mit dem **Bronchendoskop** untersucht (Abb. 58).



Abb. 56, Röntgenologische Kontrollaufnahme eines PH



Abb. 57, Kontrollaufnahme eines PH mit der Intraoralkamera

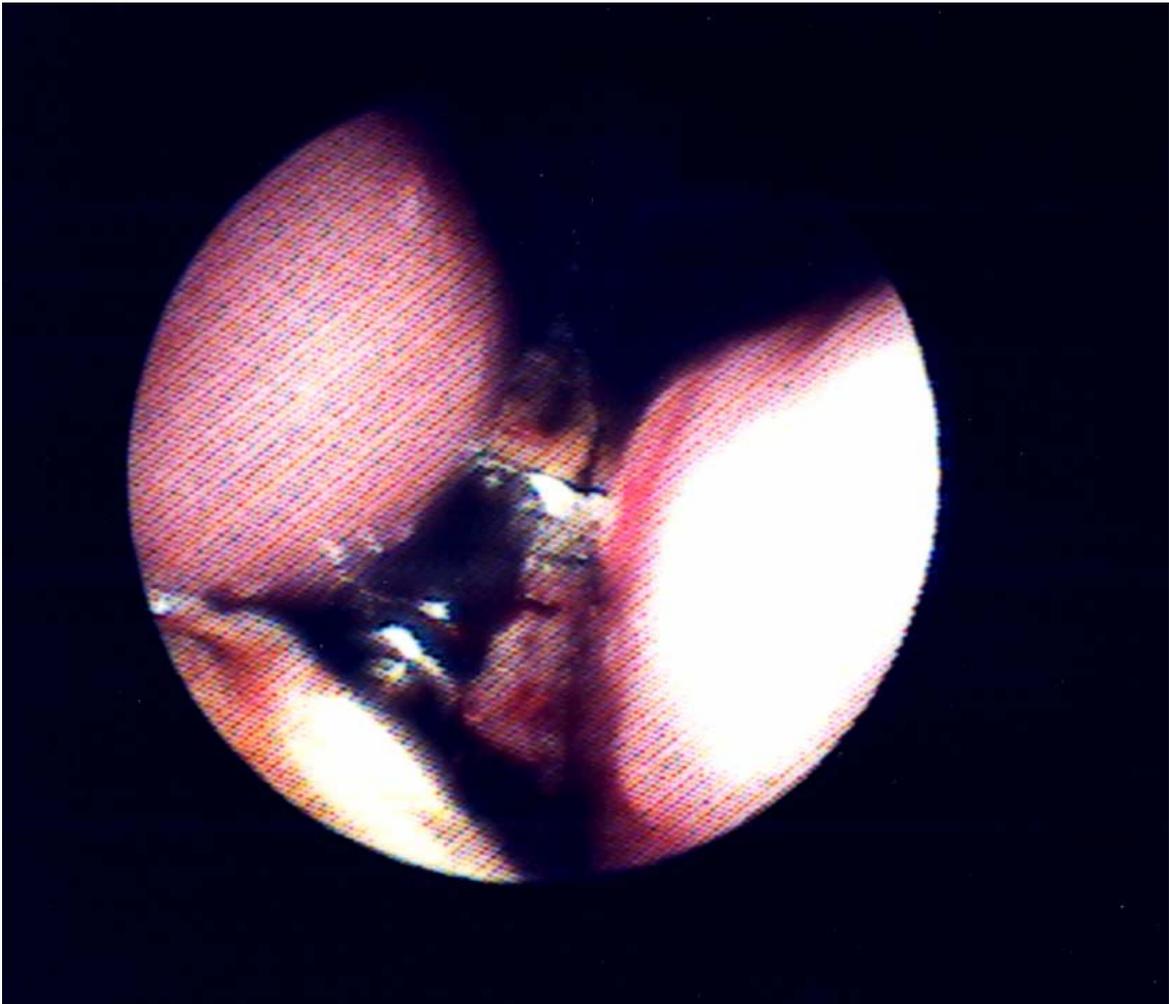


Abb. 58, Kontrollaufnahme eines PH mit dem Bronchendoskop

Ob die **Lückennachbarzähne** trotz eines eingesetzten Platzhalters **kippen**, wurde mit der **Abdruckmethode** (siehe oben) gemessen.

4 Ergebnisse

4.1 Dokumentation der Zahnlücken

4.1.1 Fragestellungen

Mit der Untersuchung der Schädelpräparate von 4 Pferden, der Röntgenaufnahmen von 70 Pferdegebissen und der Befundung derselben 70 klinischen Pferdepatienten wurden die nachstehenden Fragestellungen verfolgt:

- Bewegen sich die restlichen Backenzähne nach einer Backenzahntfernung über das physiologische Maß hinaus?
- Welche Backenzähne bewegen sich nach einer Backenzahntfernung?
- Wohin und auf welche Art und Weise bewegen sich diese Backenzähne nach einem Backenzahnverlust?
- Wie schnell und wie weit bewegen sich diese Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?
- Wie beeinflussen welche Begleitumstände die Bewegung dieser Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?
- Warum bewegen sich diese Backenzähne nach der Backenzahntfernung?
- Welche Pathologien ergeben sich in der Maulhöhle aus den untersuchten Backenzahnbewegungen?

4.1.2 Schädelpräparate

Die vier an der Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie vorhandenen Schädelpräparate (Tab. 3, Nr. 1-4), welche eine Zahnlücke (Mißbildung; Repulsion) im Backenbereich aufweisen, wurden untersucht, da die Präparate sich besonders anbieten eventuelle pathologische Veränderungen kund zu tun.

Neben jeder Zahnücke **bewegte** sich mindestens ein Lückennachbarzahn deutlich über das physiologische Maß hinaus.

Bei einem Schädelpräparat fehlt der M_2 im Unterkiefer (Tab. 3, Nr. 4), der distale **Nachbarzahn** ist um 11° **in die Zahnücke gekippt**, so daß die Lücke in ihrer mesiodistalen Ausbreitung von 2,6 cm auf 1 cm schrumpfte. Der mesiale Lückennachbarzahn veränderte seine Position dabei um 1° .

Ein Präparat zeigt um eine Zahnbreite nach distal versetzte sechste Backenzähne im Oberkiefer (Tab. 3, Nr. 1). Beide M_3 neigen sich hier um ca. 30° in das Diastema. Die mesialen Lückennachbarzähne verändern ihre Position dabei nicht.

Zwei weiteren Schädelpräparaten fehlt jeweils ein M_1 im Oberkiefer. Es kippten hier sowohl der je mesiale als auch der je distale Lückennachbarzahn in die Lücke. Einmal (Tab. 3, Nr. 2) mesial um 4° , distal um 9° - die Zahnücke verringerte sich von 2,6 cm auf 1,4 cm – und bei dem zweiten Präparat (Tab. 3, Nr. 3) mesial um 7° , distal um 6° , die Zahnücke verkleinerte sich von 2,8 cm auf 2 cm.

Beide Präparate weisen im Quadrant mit der Zahnücke Diastemata auf, welche auf eine pathologische Zahnbewegung zurückzuführen sind. Das erstgenannte Präparat (Nr. 2 der Tab. 3) entwickelte zwischen allen verbleibenden Zähnen des Quadranten ungefähr 1 mm große Diastemata.

Das Zweitgenannte (Tab. 3, Nr. 3) weist zwischen P_2 und P_3 ein 3 mm und zwischen P_3 und P_4 ein 1 mm breites Diastema auf. Die Stellung der Längsachsen der P_2 im Zahnückenquadrant dieser beiden Schädelpräparate deutet auf eine nur geringe pathologische Zahnbewegung hin, im Gegensatz zu den übrigen Zähnen dieser Quadranten.

Die indirekten Lückennachbarzähne folgen diesen Bewegungen, zum Teil aber nicht bündig (Tab. 3, Nr. 2 und 3).

Mangels Unterlagen zu den Schädelpräparaten Nr. 1, 3 und 4 können zur Frage, **wie schnell und weit die pathologischen Zahnbewegungen abliefen**, keine sicheren Aussagen gemacht werden. Bei Präparat Nr. 2 kippten die Nachbarzähne um 1,2 cm in 1,5 Jahren in die Zahnücke hinein.

Zur Frage nach den **Begleitumständen** lässt sich feststellen, wie auch eine Missbildung, hier die nach distal versetzten M_3 im Oberkiefer, zum Kippen der Zähne in die benachbarte Lücke führte. Es fehlen abermals kennzeichnende und anamnestische Patienteninformationen zu den Schädeln um weitere Aussagen treffen zu können.

Die unmittelbar der Zahnücke benachbarten Backenzähne **bewegten sich am stärksten** und dies lässt vermuten, daß diese pathologischen Zahnbewegungen an den Zahnverlust gekoppelt sind. Gleichzeitig fällt auf, daß bei den Schädelpräparaten mit fehlendem M_2 (Tab. 3, Nr. 4) bzw. aberranten M_3 (Tab. 3, Nr. 1) sich die mesialen Lückennachbarzähne (1° ; 0°) im Vergleich zu den distalen Nachbarzähnen (11° ; $\sim 30^\circ$) kaum oder nicht bewegten.

Welche **Pathologien** ergeben sich aus den untersuchten Backenzahnbewegungen in der Maulhöhle?:

Durch die versetzten M₃ im Oberkiefer (Tab. 3, Nr. 1) und deren Kippen wurden die Antagonisten im Unterkiefer unphysiologisch abgenutzt und es schliff sich eine Zahnstufe ein. Im Schädelpräparat mit der Zahnlücke M₂ UK (Nr. 4) formte sich die Zahnalveole auffallend sichtbar mit um, sie scheint ebenfalls zu kippen und distal aus der Alveolenebene herauszutreten.

Die Diastemata der beiden übrigen Schädelpräparate (Nr. 2, 3) wurden oben bereits beschrieben.

4.1.3 Röntgenologische Patienten

Nach der Befundung der vier Schädelpräparate, wurden des weiteren, um den eingangs (Punkt 4.1.1) aufgebrachten Fragestellungen nachzugehen, die Röntgenaufnahmen der Gebisse mit Zahnlücke (aufgrund einer Repulsion) von 70 Pferden untersucht (Tab. 3, Nr. 5-74).

Zu den Fragen im einzelnen:

- Bewegen sich die restlichen Backenzähne nach einer Backenzahntfernung über das physiologische Maß hinaus?

Die im Schrifttum, Punkt 2.4, sich zu dieser Frage äußernden Autoren bejahen die Frage betreffs innerer Backenzahnlücken einstimmig. Kann diese Meinung hier verifiziert werden, so ist sie Grundlage für alle weiteren Fragestellungen.

Fehlte einem Patienten mindestens ein innerer Backenzahn (P₃, P₄, M₁, M₂; n = 63 Patienten), kippte bei allen Patienten mindestens ein Lückennachbarzahn in die Zahnlücke. Die **Prävalenz** beträgt **100 %**.

7 Patienten vermissten mindestens einen äußeren Backenzahn (P₂, M₃). Eine pathologische Bewegung der restlichen Backenzähne konnte nicht festgestellt werden. Die Prävalenz beträgt 0 %.

- Welche Backenzähne bewegen sich nach einer Backenzahntfernung?
- Wohin und auf welche Art und Weise bewegen sich diese Backenzähne nach einem Backenzahnverlust?

In der Patientengruppe „fehlender innerer Backenzahn“ (n = 63 Patienten), in welcher lediglich gemessen werden konnte, daß Backenzähne sich über das physiologische Maß hinaus bewegten, betraf dies generell folgende Zähne:

- Bewegungstyp I: Backenzähne, die sich auf die **Anatomische Mitte des Quadranten**, also den Punkt zwischen P₄ und M₁, zu bewegen.
- Bewegungstyp II: Backenzähne, die sich von der Anatomischen Mitte des Quadranten weg bewegen.

Ausschließlich Bewegungen im Sinne des Bewegungstyps I zeigten sich bei 55 inneren Backenzahnlücken (Summe „innere Backenzahnlücken“ n = 66, 3 der 63 Patienten beklagten 2 innere Backenzahnlücken, welche nicht benachbart waren; benachbarte innere Backenzahnlücken zählten als eine Zahnlücke!).

Ausschließlich (siehe auch „Diskussion“, Punkt 5.1.2 „Pathophysiologische Dynamik im Backenzahnlückengebiß im Allgemeinen“, S. 175) Bewegungen im Sinne des Bewegungstyps II zeigten sich bei 1 inneren Backenzahnlücke (n = 1).

Bei den übrigen inneren Backenzahnlücken, n = 10, wurden Bewegungen im Sinne der Bewegungstypen I und II beobachtet.

Zu den Zähnen im Einzelnen:

Backenzahnlücken, die ausschließlich Bewegungen der übrigen Zähne im Quadranten zur Anatomischen Mitte des Quadranten hin zur Folge hatten (Bewegungstyp I, n = 55 bei 53 Patienten), betrafen 35 Mal den M₁, 15 Mal den P₄, 2 Mal M₁M₂, 1 Mal P₃P₄, 1 Mal P₄M₁ und 1 Mal P₂ und P₄, unabhängig von ihrer weiteren Lokalisation.

Es bewegten sich hierbei zur Backenzahnlücke hin und folglich auf die Anatomische Mitte des Quadranten zu nicht nur die direkten Lückennachbarzähne, sondern auch die folgenden Zähne des Zahnlückenquadranten („indirekte Lückennachbarzähne“). Bewegten sich die indirekten Lückennachbarzähne verzögert, ergaben sich zwangsläufig Diastemata im Quadranten, da die indirekten Lückennachbarzähne zu den wandernden direkten Lückennachbarzähnen nicht aufschlossen. Die betreffenden Befunde legen die Frage nach den sich einstellenden Pathologien dar, hier im letzten Punkt beantwortet.

Ausschließlich Backenzähne, die sich von der Anatomischen Mitte des Quadranten weg bewegten (Bewegungstyp II, n = 1), befanden sich neben 1 inneren Backenzahnlücke:

1 fehlender P₃ (Tab. 3, Nr. 65): Im Falle des fehlenden P₃ kippte sein mesialer Nachbarzahn, P₂, nicht, sein distaler, P₄, weitestgehend in die Lücke hinein. Die restlichen Backenzähne des Quadranten bewegten sich nicht über das physiologische Maß hinaus.

Bewegungen von Lückennachbarzähnen in beide Richtungen, entweder zur Anatomischen Mitte des Quadranten hin, oder von ihr weg (Bewegungstyp I oder II, n = 10 bei 9 Patienten), konnten in der Nachbarschaft der folgenden 10 Backenzahnlücken gesehen werden:

5 Mal M₂, 4 Mal P₃ und 1 Mal P_{2,3}. Die direkten Lückennachbarzähne kippten jeweils in die Lücke, so daß die äußeren (der Anatomischen Mitte entfernteren) direkten Lückennachbarzähne sich zur Anatomischen Mitte des Quadranten hin und die inneren (der Anatomischen Mitte näheren) direkten Lückennachbarzähne sich von ihr weg bewegten. Die indirekten Lückennachbarzähne folgten dieser Bewegung bündig, weswegen sie keine Diastemata ausbildeten. Für den fehlenden M₂ bilden P₄, P₃ und P₂ die indirekten Lückennachbarzähne, im Falle des fehlenden P₃ sind es M₁, M₂ und M₃; sie alle bewegten sich auf die Anatomische Mitte zu.

Die befundeten pathologischen Bewegungen waren hauptsächlich das **Kippen um eine Querachse** (linguobukkal sich erstreckend), die in jenem Wurzelbereich verlief, welcher der Zahnlücke am nächsten lag. Daneben wurden in geringem Maße Zahntranslationen (Seitwärtsbewegungen des ganzen Zahnes) bemerkt.

Backenzähne der restlichen Quadranten präsentierten keine unphysiologischen Bewegungen, die mit den Mitteln dieser Untersuchung erkennbar geworden wären.

- Wie schnell und weit bewegen sich diese (wandernden) Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?
- Wie beeinflussen welche Begleitumstände die Bewegung dieser Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?

Um die pathologischen Bewegungen der wandernden Backenzähne (insbesondere der direkten Lückennachbarzähne) metrisch und zeitlich in Abhängigkeit der einwirkenden Faktoren zu verfolgen, soll zunächst das Übersichtsdiagramm der folgenden Seite dienen (Abb. 59):

	111	211	
	110	210	
	109	209	
	108	208	
	107	207	
106	I	II	206
406	IV	III	306
407			307
408			308
409			309
410			310
411			311

Aus Gründen der Übersicht sind die kippenden Backenzähne im Diagramm nach dem **Triadan**-System angegeben (siehe Schema links; 209 z. B. ist M₁ OK li).

Die einzelnen Zähne der Tabelle 3 zuzuordnen ist nur über die Daten des Kippverlaufs möglich.

Zur **Erklärung** des Diagramms (Abb. 59):

Von, bei 66 inneren Backenzahnlücken, 132 potentiell kippenden direkten Lückennachbarzähnen erscheinen im obigen Diagramm (Abb. 59) 80, da bei 39,4 % der Zahnlücken (n = 26) die Zeit zwischen Zahnverlust und Röntgenaufnahme nicht mehr zu ermitteln war.

48 (60 %) dieser 80 LNzd finden sich bei Wallachen (Meßsymbol ■), 32 (40 %) bei Stuten (Meßsymbol ♦).

Eine Kippung wurde maximal bis zu einem Zeitraum von knapp 10 a nach der Backenzahnrepulsion verfolgt. Die zeitliche Skalierung der Abszisse orientiert sich in erster Linie an den Abläufen der röntgenologischen Diagnostik und nicht an einer mathematischen Funktion, wenn auch versucht wurde, den chronologischen Verlauf der Zahnkippungen annähernd exponential wiederzugeben. Der begrenzte Raum der x-Achse legte diese Anordnung nahe. Werden im folgenden Kipp-Diagramme mit unterschiedlicher Zeitachse miteinander verglichen – zur Entzerrung und folglich besseren Differenzierung der Punkte wird die Zeitachse meist auf 2 a begrenzt – sollte dieser Umstand berücksichtigt werden.

87,5 % (n = 70; 36 re, 34 li) der LNzd sitzen im Oberkiefer, 12,5 % (n = 10; 8 li, 2 re) im Unterkiefer. Im einzelnen: 2x 106, 2x 107, 15x 108, 3x 109, 12x 110, 2x 111; 1x 206, 5x 207, 10x 208, 7x 209, 9x 210, 2x 211; 2x 306, 1x 307, 3x 308, 2x 310; 1x 408, 1x 410.

5 direkte Lückennachbarzähne (6,3 %) kippen von der Anatomischen Mitte ihres Quadranten weg. Sie sind gepunktet miteinander verbunden und/oder ihre Meßsymbole (♦, ■) sind kleiner als diejenigen der zur AM hin kippenden LNzd (n = 75; 93,7 % - der nicht gekippte Zahn wird zur letzteren Gruppe gezählt, wie weiter unten beschrieben wird).

Fehlen in einer Zahnlücke 2 Zähne (n = 4), so bleibt das Meßsymbol der LNzd innen weiß.

Zu den **Ergebnissen** des Diagramms (Abb. 59):

Wie schnell und weit sich die wandernden Backenzähne nach einem Backenzahnverlust bewegen, ist nach den vorliegenden röntgenologischen Untersuchungen abhängig/nicht abhängig von

- dem zeitlichem Abstand zum Zahnverlust,
- der Kipprichtung – ob zur Anatomischen Mitte des Backenzahnquadranten hin oder von ihr weg,
- der Lokalisation der Zahnlücke,
- der Menge der Zahnlücken,
- dem Alter, der Rasse und dem Geschlecht des Pferdes.

Nach 1 d bewegte sich bei einer geröngten Zahnlücke (208) kein LNZd. Nach einer Woche kippten 4 LNZd um $0,5^\circ$, $2 \times 1^\circ$ und 2° in die Zahnlücke. Nach 2 Wo wurde wiederum bei einer Zahnlücke (109) ein Kippen um 2° und 3° festgestellt. Nach 19 d variierte die Kippweite bei 6 Zähnen bereits zwischen 1° und 11° , wobei die beiden gleichen Backenzähne (208) 1° und 5° , die Zähne 210 einmal 4° und dann 11° erreichten. 3 Wo nach einer Backenzahntfernung wurden 6 LNZd geröntgt, die Kippweiten ergaben zwischen $0,5^\circ$ und 3° - die Zähne, welche bereits nach 19 d bis zu 11° erreichten, waren nicht dabei. Nach 9 Wo variierten die Kippwerte bei 8 Zähnen von 1° bis 6° - jene 4 Zähne, welche in den Tagen zuvor diesen Wert übertrafen, wurden zu diesem Zeitpunkt nicht geröntgt. Nach 4 Mo ergeben sich Kippungen zwischen 2° und 7° , mit den nach 6 (110), 7 (210) und 8 (110) Wo gemessenen Zähnen bis zu 8° . Dabei wird der Backenzahn 210 (11° nach 19 d) als Ausreißer genauso nicht berücksichtigt (siehe „Diskussion“, S. 179 f) wie im weiteren die Zähne 110 (6 Wo 8° , 4 Mo 15° , 1,5 a 17°) und 107 (6 Mo 19°).

Bis zum 6 Mo zeigen die – hier im Übrigen lediglich zur Vereinfachung linear verbundenen – Meßpunkte einen mittleren Anstieg von ca. **1° pro Monat** (\rightarrow mittlerer Kippgrad 5° - 6°). Dies insbesondere, wenn man zu diesem Zeitpunkt auch die Ausreißer mit 1° (109), 16° (110) und 19° (107) berücksichtigt. In den ersten Wochen nach der Zahnrepulsion läuft der Kippprozeß bei den vorliegenden Zähnen etwas schneller, nach dem dritten, vierten Monat etwas langsamer ab. **Nach ungefähr dem ersten halben Jahr** nach Zahnrepulsion verlangsamt die Kippdynamik hier. Jetzt, vom sechsten bis zwölften Monat, benötigen die direkten Lückennachbarzähne bereits etwa **3 Mo für jeden weiteren Kippgrad** (\rightarrow mittlerer Kippgrad 7° - 9°). Im folgenden zeigt das Diagramm nur noch wenige Meßpunkte und bietet zudem einige Ausreißer (siehe „Diskussion“, S. 179 ff). Unter diesen Kautelen wäre an Hand des Diagramms **nach einem Jahr** die Fortsetzung des LNZd-Kippverlaufs mit ca. **1° pro Jahr** festzuhalten – bis sich die direkten Lückennachbarzähne berühren.

Im Übrigen folgten die indirekten Lückennachbarzähne den direkten meist bündig (siehe „Langzeitfolgen des Backenzahnverlusts im Speziellen“, S. 183).

Um das Gesagte besser zu veranschaulichen, das gleiche Diagramm von Abb. 59 mit einer Zeitachse, limitiert auf 2 a, und Winkelgraden bis zu 20° (Abb. 60):

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 2 a nach Rep.

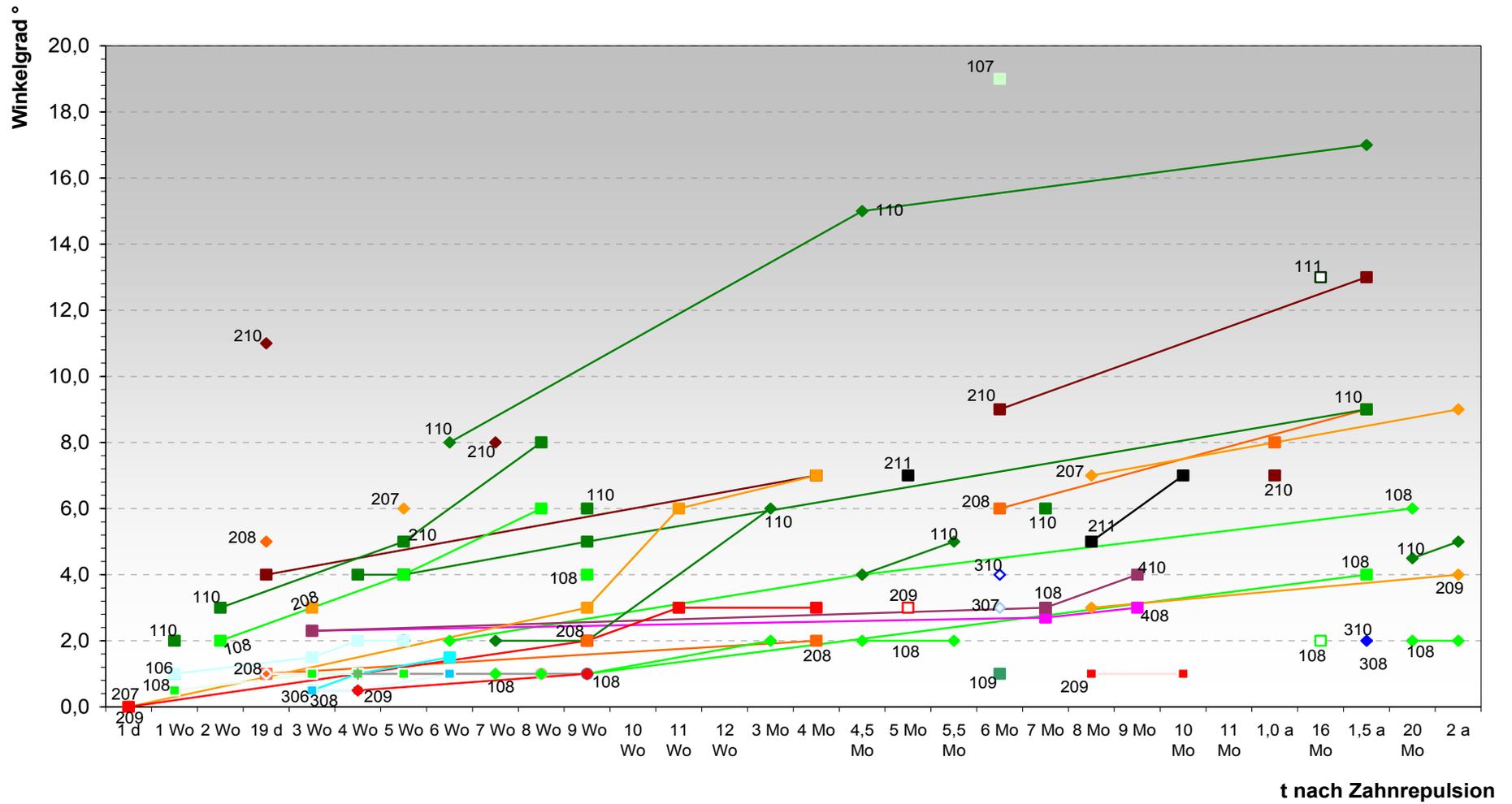


Abb. 60, Übersicht über den röntgenologisch verfolgten Kippverlauf der direkten Lückennachbarzähne (LNZd) bis max. 2 a nach Repulsion eines Backenzahns (◆ Stute ■ Wallach, siehe Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

Nach der **Zeit** erwies sich als nächster beeinflussender Faktor der Kippdynamik der direkten Lückennachbarzähne die **Kipprichtung** – ob zur **Anatomischen Mitte** des Backenzahnquadranten hin oder von ihr weg. Während sich erstere Gruppe (der Großteil, siehe auch oben, S. 107 f, Frage 3 nach dem „wohin“ der Backenzahnbewegung) gemäß den obigen Anschauungen verhielt, präsentierten die 5 von der AM weg kippenden LNzd ein anderes Bild (**Abb. 61**): Sie übersteigen weder nach 5, 6, 9 Wo, noch nach 10 Mo die 1°-Marke. Die gemessenen Zähne bleiben hier, sobald sie in einer für die Gruppe der zur AM hin kippenden Backenzähne durchschnittlichen Zeit (108 nach 3 Wo, 308 nach 6 Wo, die restlichen 3 Zähne hatten bei ihrer ersten Messung bereits den Wert 1° erreicht) 1° gekippt sind, für die Zeiträume der Messungen auf diesem Wert. Wie bereits bei der Frage nach dem „wohin“ der Backenzahnbewegung festgestellt, sind die betroffenen Backenzähne 8er oder 9er positionierte (P_4, M_1), die in eine weiter im Quadranten außen gelegene, benachbarte Zahnücke fallen ($\rightarrow P_3, M_2$).

Zur Rolle der **Lokalisation** der Backenzahnücke:

8 der 10 betroffenen UK-LNzd (**Abb. 63**) bewegen sich in ihrem Kippverhalten im unteren Bereich der Kippgrade pro Zeiteinheit verglichen mit den OK-LNzd (**Abb. 62**). Eine Backenzahnücke (307) ergab sich offenbar während des Zahnwechsels und führte dazu, daß alle distalen Lückennachbarzähne in die Lücke kippten bis sie den einzigen mesialen LNzd, 306, berührten. Das Ergebnis für die beiden direkten Lückennachbarzähne heißt 6 a nach Zahnrepulsion mesial 0° und distal 30°.

Zwischen den Seiten sowie den Positionen im Backenzahnquadrant – abgesehen von der oben erwähnten Kipprichtung - können im Untersuchungsmaterial keine Tendenzen im zeitlichen Kippverlauf unterschieden werden.

Auch die 4 direkten Lückennachbarzähne der **Doppellücken** demonstrieren zu den einfachen Backenzahnücken keine auffallend differierende Kippdynamik (**Abb. 68**).

Das gleiche wird für die fraglichen Einflußfaktoren **Rasse** und **Geschlecht** beobachtet.

Dahingegen scheinen sich die beiden Populationen „Alter zur Zeit des Zahnverlusts ≤ 10 Lj“ ($n = 54$) und „Alter z. Z. d. Zahnverlusts > 10 Lj“ ($n = 26$) zu unterscheiden (**Abb. 64** mit $n = 52$ u. **Abb. 65** mit $n = 44$; **Abb. 66** mit $n = 26$ u. **Abb. 67** mit $n = 22$).

Abgesehen von Ausreißer 108 der Gruppe „ > 10 Lj z. Z. d. Zahnverlusts“, welcher nach 2,25 a 1° gekippt ist (siehe Diskussion, S. 179 ff) und dann relativ schnell weiterwandert, kippen die LNzd der jüngeren Gruppe insgesamt schneller und erreichen so nach 3 Monaten einen mittleren Kippwert von 5° (Vergleichsgruppe 4°) und nach 6 Monaten 6° (5°). Nach 1 a erreichen sie 8° (7°), nach 2 a 9° (8°). Danach existieren bei nur wenig Daten einige Sonderfälle (siehe Diskussion), weswegen ein weiterer Vergleich riskiert zu ungewiss zu werden.

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 2 a nach Rep.
(Kippungen von der AM weg)

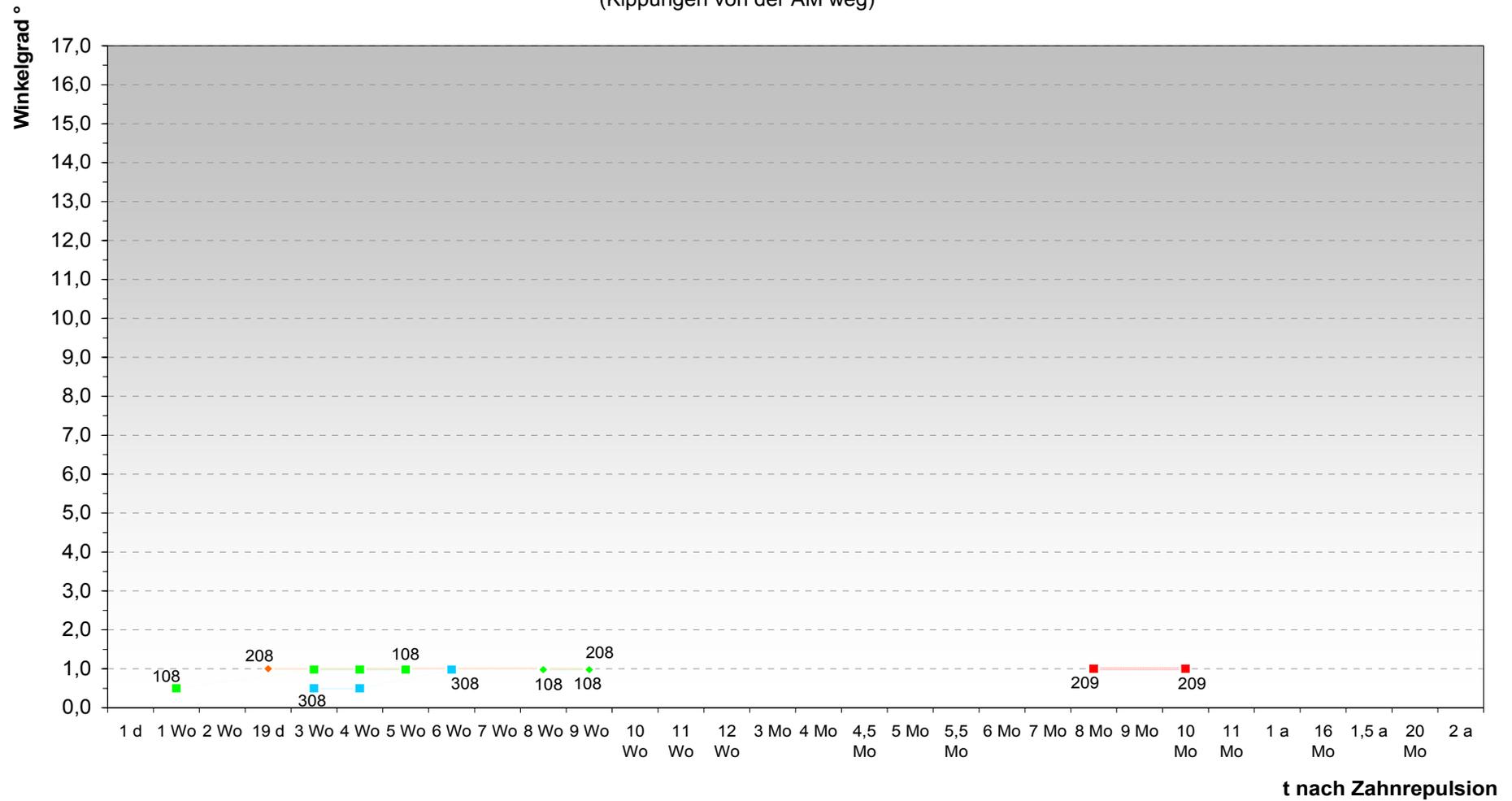


Abb. 61, Übersicht über den rö. verfolgten Kippverlauf der direkten Lückennachbarzähne (LNZd) bis max. 2 a nach Repulsion eines Backenzahns. Nur Kippungen von der AM weg werden berücksichtigt (♦ Stute ■ Wallach, siehe Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 10 a nach Rep., OK

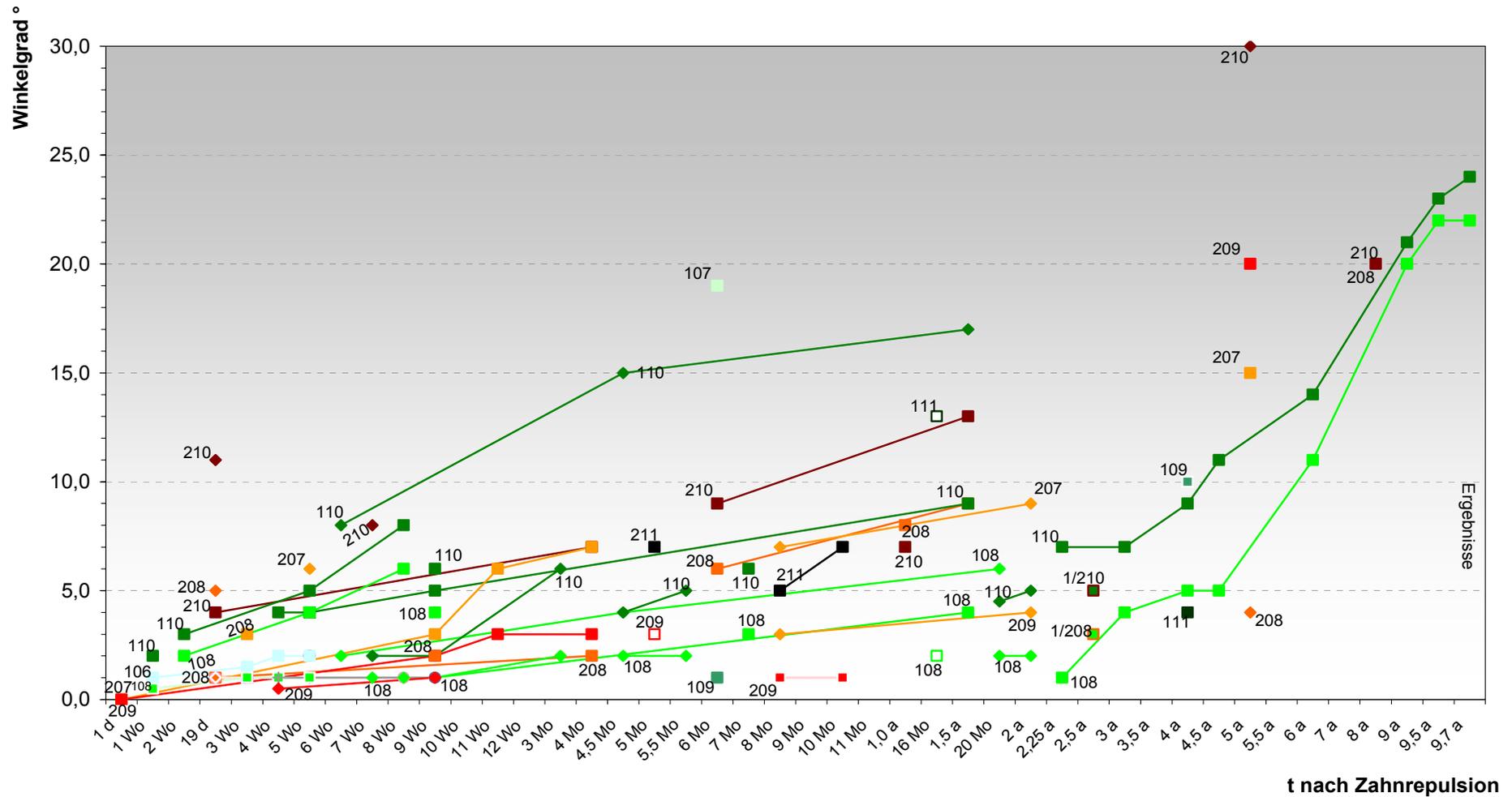


Abb. 62, Übersicht über den röntgenologisch verfolgten Kippverlauf der direkten Lückennachbarzähne (LNZd) bis max. 10 a nach Repulsion eines Backenzahns – OK (♦ Stute ■ Wallach, s. Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 10 a nach Rep., UK

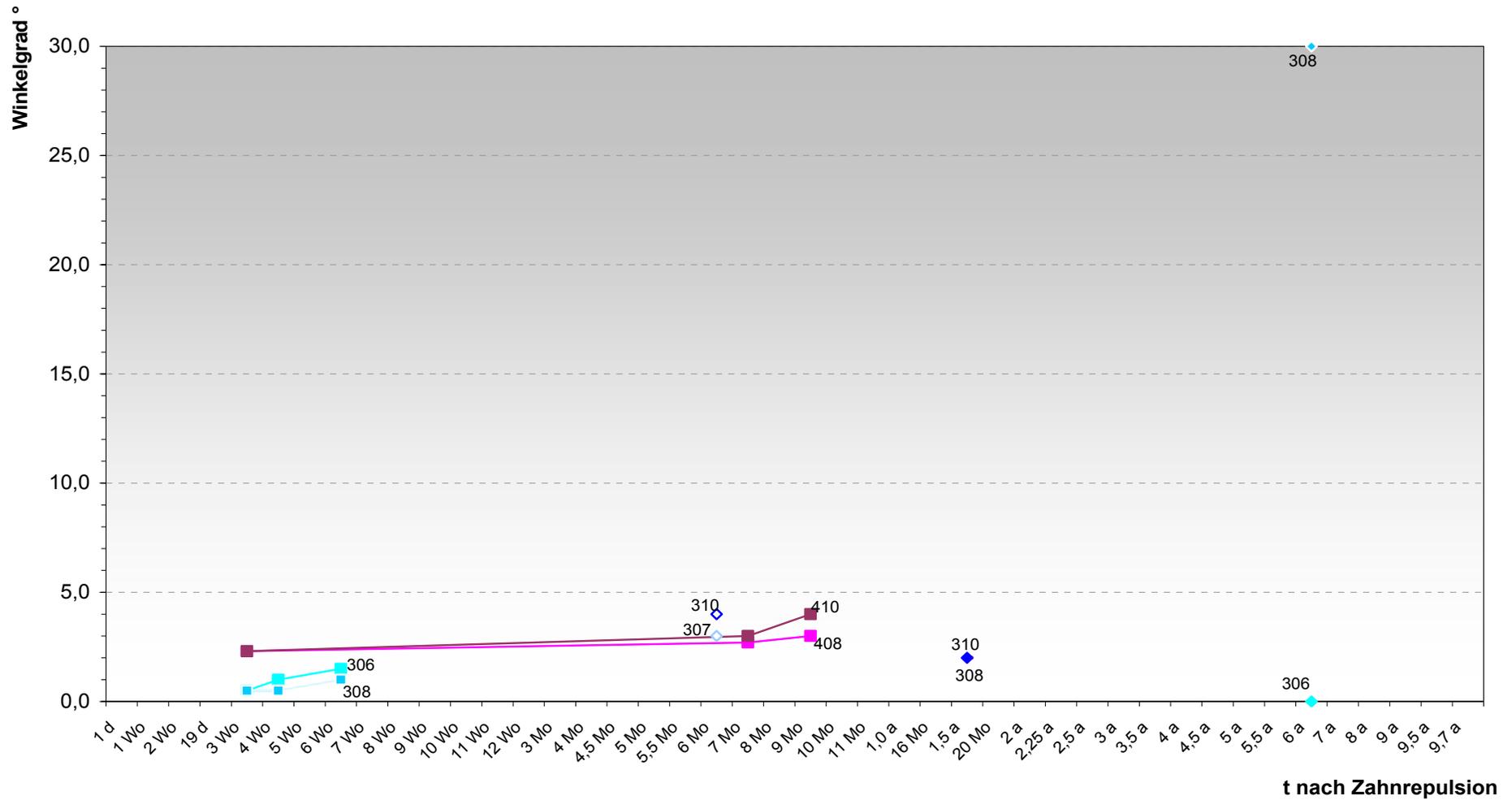


Abb. 63, Übersicht über den röntgenologisch verfolgten Kippverlauf der direkten Lückennachbarzähne (LNZd) bis max. 10 a nach Repulsion eines Backenzahns – UK (♦ Stute ■ Wallach, s. Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 10 a nach Rep. bei Pat. ≤ 10 a

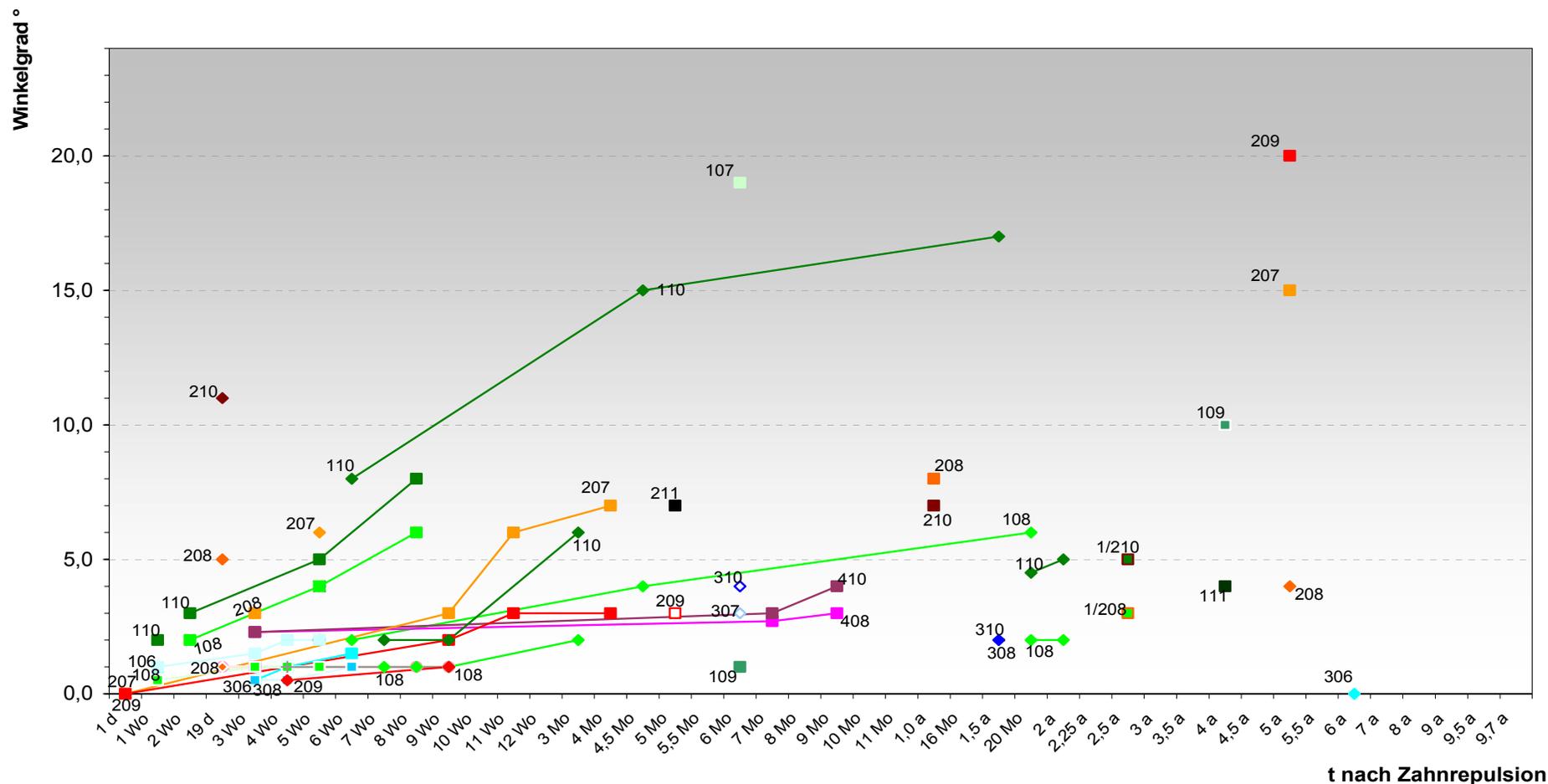


Abb. 64, Röntgenologisch verfolgter Kippverlauf der LNZd bis max. 10 a nach Repulsion eines Backenzahns bei Pferden mit „Alter zur Zeit des Zahnverlusts ≤ 10 LJ“ (n = 52, 2 Zähne fehlen, da die Skala der Winkelgrade aus Gründen der Übersicht hier nur bis 25° gewählt wurde und diese beiden Kippungen je 30° betragen; ♦ Stute ■ Wallach, s. Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 2a nach Rep. bei Pat. ≤ 10 a

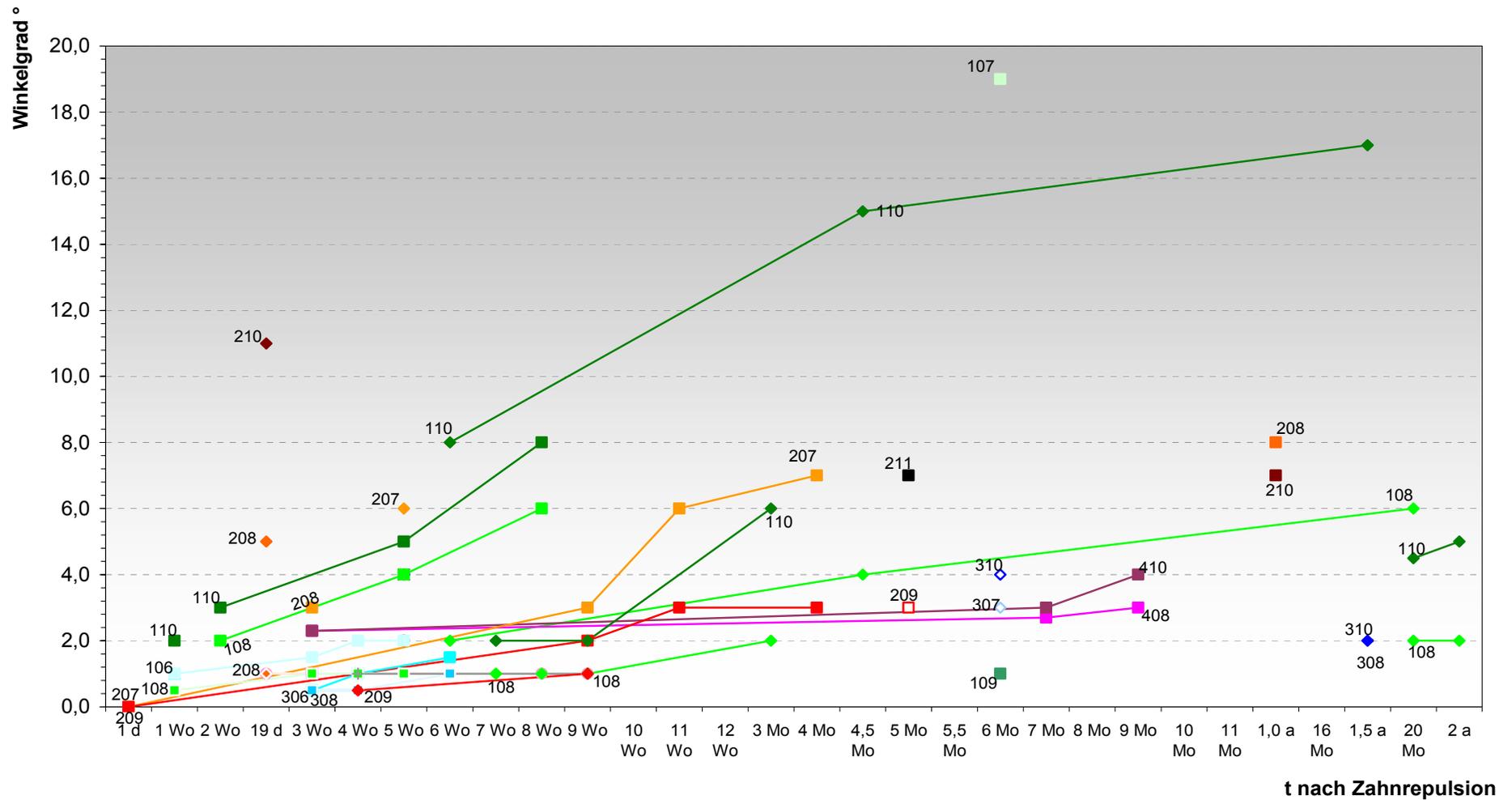


Abb. 65, Röntgenologisch verfolgter Kippverlauf der LNZd bis max. 2 a nach Repulsion eines Backenzahns bei Pferden mit „Alter zur Zeit des Zahnverlusts ≤ 10 Lj“ (n = 44; ♦ Stute ■ Wallach, s. Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 10 a nach Rep. bei Pat. > 10 a

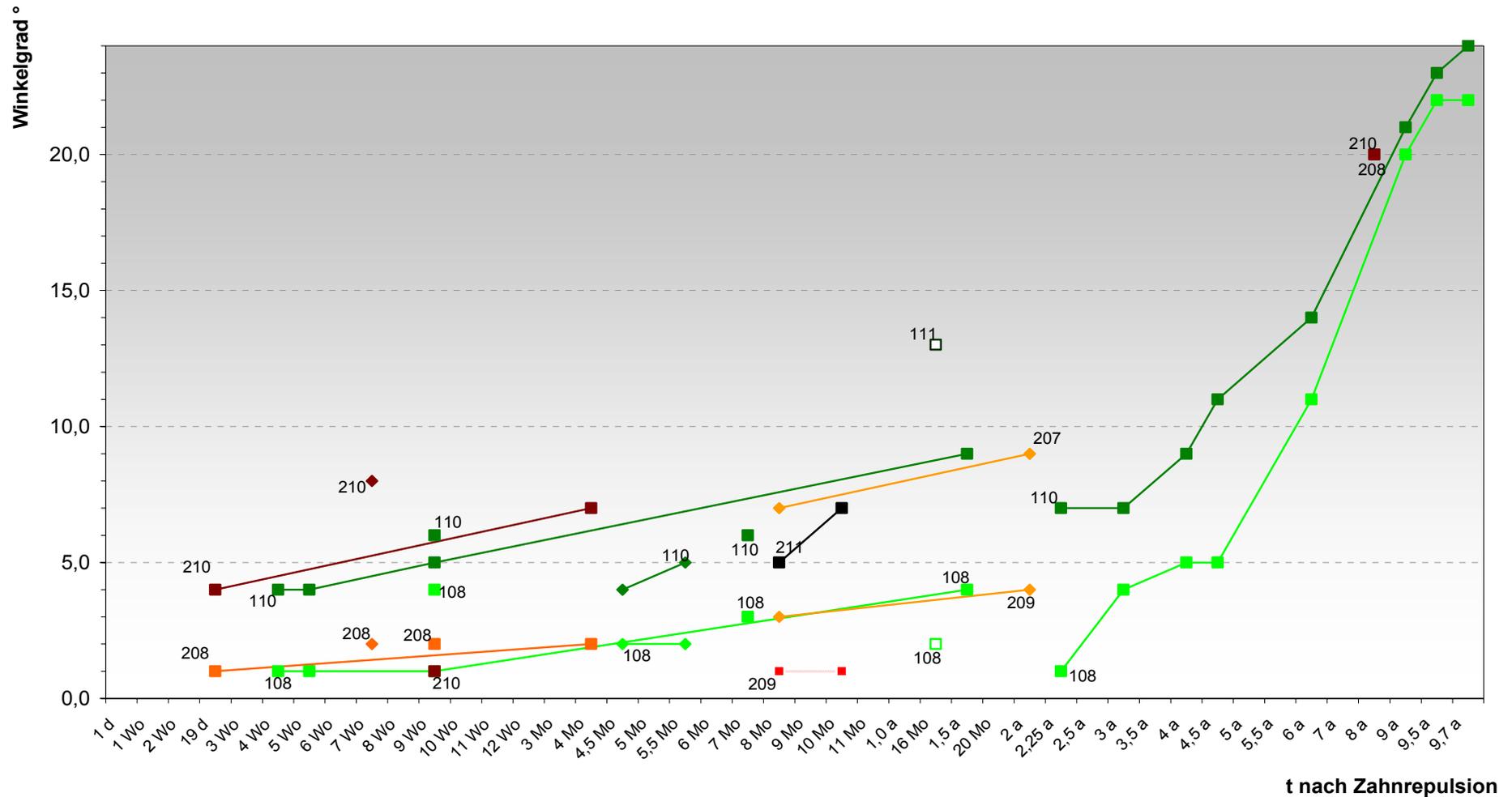


Abb. 66, Röntgenologisch verfolgter Kippverlauf der LNZd bis max. 10 a nach Repulsion eines Backenzahns bei Pferden mit „Alter zur Zeit des Zahnverlusts > 10 Lj“ (n = 26; ♦ Stute ■ Wallach, s. Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

LNZd - Kippverlauf (rö.) bis 2a nach Rep. bei Pat. > 10a

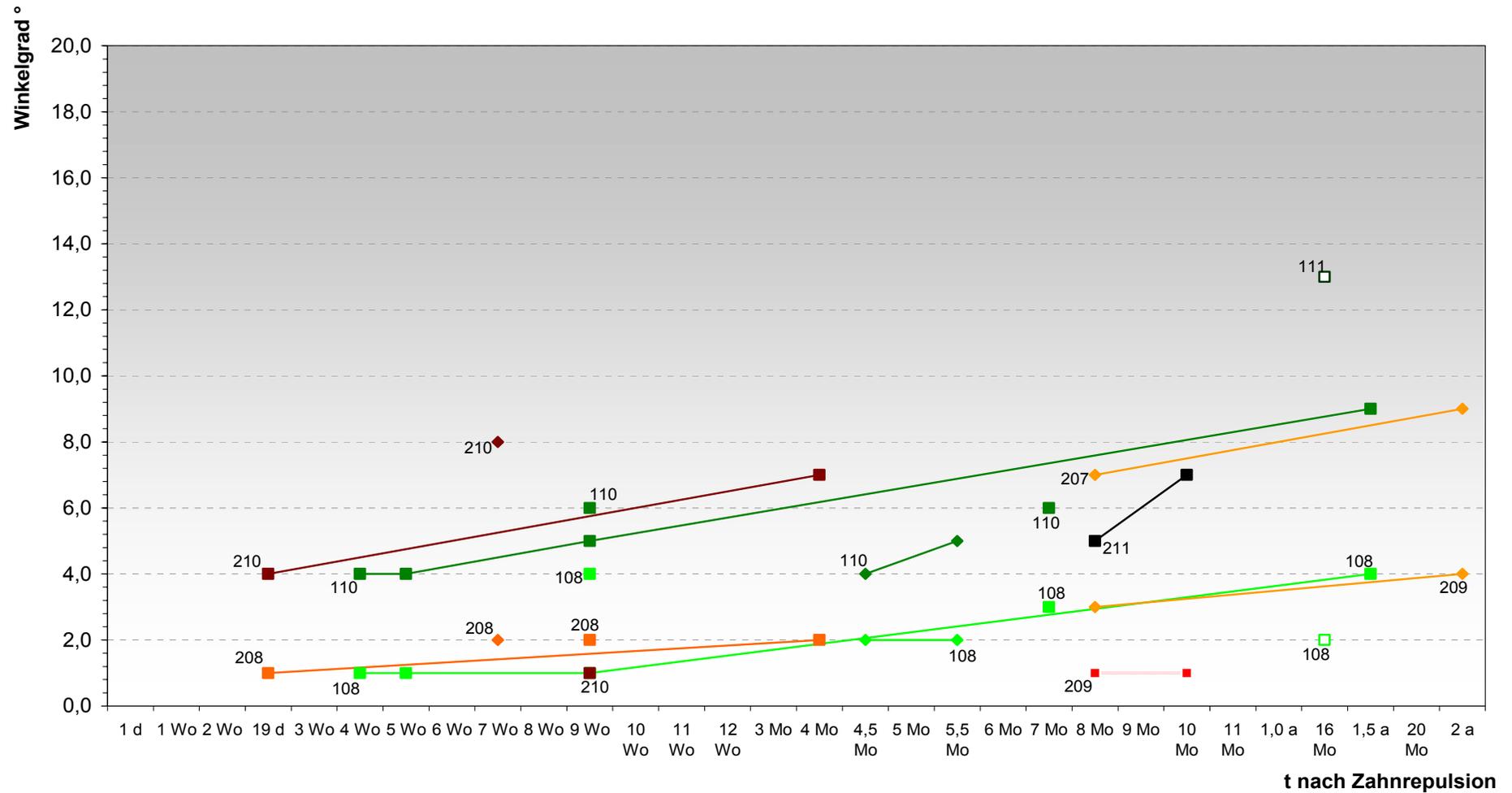


Abb. 67, Röntgenologisch verfolgter Kippverlauf der LNZd bis max. 2 a nach Repulsion eines Backenzahns bei Pferden mit „Alter zur Zeit des Zahnverlusts > 10 Lj“ (n = 22; ♦ Stute ■ Wallach, s. Abb. 59, Diagramm-Erklärung).

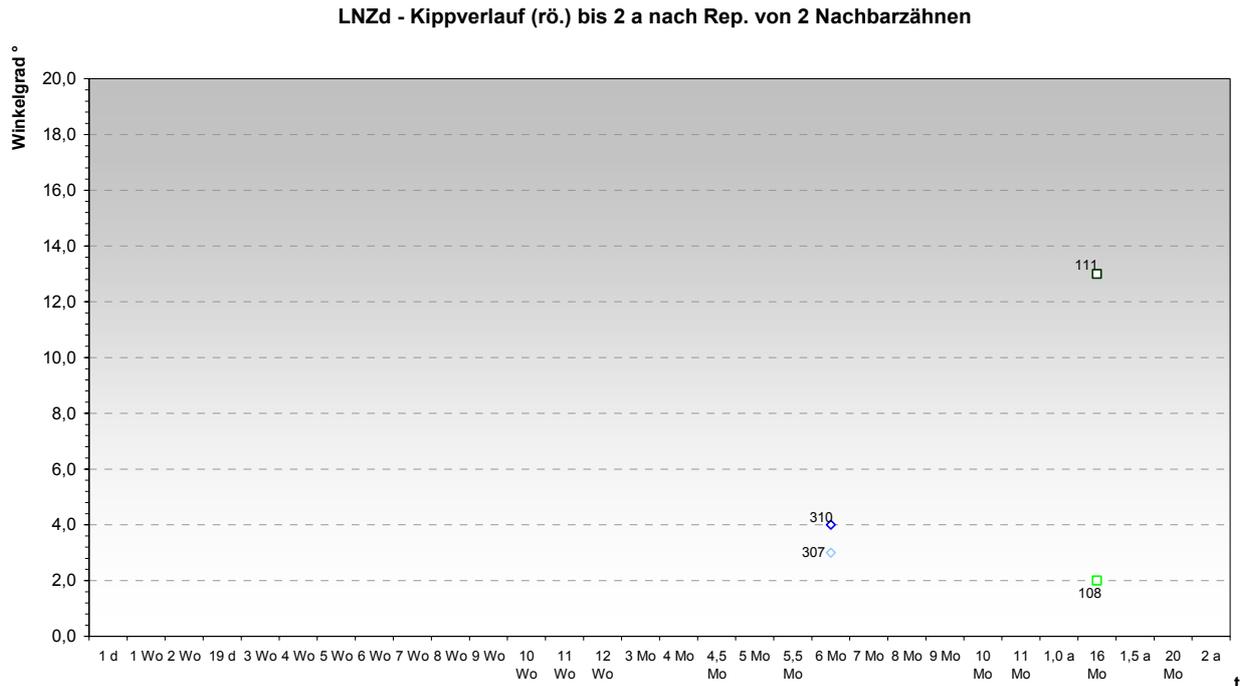


Abb. 68, Übersicht über den röntgenologisch verfolgten Kippverlauf der LNZd bis max. 2 a nach Repulsion von 2 benachbarten Backenzähnen.

- Warum bewegen sich Backenzähne nach der Backenzahntfernung?

Backenzähne in Zahnlückenquadranten bewegten sich (pathologisch) bei der vorliegenden Untersuchung jedes Mal und nur dann, wenn im Backenzahnquadranten eine **innere Zahnlücke** vorlag. Es konnte in keinem Fall beobachtet werden, daß nach Verlust des P₂ oder M₃, also dem Verlust eines äußeren Backenzahnes, einer der Nachbarzähne zu wandern begonnen hätte.

Fehlte P₃ (n = 5, bei 4 Patienten), so kippten in 4 Fällen (Tab. 3, Nr. 66, 70, 71), einem 4- (2 fehlende P₃), einem 6- und einem 10jährigem Pferd, beide Seiten, mesial P₂ und distal P₄ bis M₃, in die Lücke. In einem Fall (Tab. 3, Nr. 65) kippten lediglich die distalen Lückennachbarzähne in die Lücke. P₂ behielt seine Position bei. Dieses Pferd war zum Zeitpunkt des Zahnverlusts zirka 3 Jahre alt.

Fehlte P₄ (n = 15), kippten in allen Fällen die Nachbarzähne in die Zahnlücke.

Fehlte der M₁ (n = 35), kippten ebenso in allen Fällen die Nachbarzähne in die Zahnlücke.

Fehlte der M₂ (n = 5), kippten wiederum in allen Fällen die Nachbarzähne in die Zahnlücke.

Auch wenn mehrere innere Backenzähne fehlten - P_{2,3} (n = 1), P_{3,4} (n = 1), P_{2,4} (n = 1), P₄M₁ (n = 1) und M₁M₂ (n = 2) - kippten jedes Mal die Nachbarzähne in die Zahnlücke.

Fazit:

In allen untersuchten Fällen kippten die Nachbarzähne in die Zahnlücke, falls es sich um eine innere Zahnlücke handelte.

In keinem Fall kippten die Nachbarzähne in die Zahnlücke, falls es sich um eine äußere Zahnlücke handelte.

Alle Backenzähne tendierten auf den Bereich zwischen P_4 und M_1 zu. Fehlten hier Zähne ($P_4 \rightarrow n = 15$ oder $M_1 \rightarrow n = 35$), kippten die Nachbarzähne immer in die entstandene Lücke, und zwar beide Seiten ungefähr gleich schnell. Dieser Bereich zwischen P_4 und M_1 wird hier „Anatomische Mitte“ des Backenzahnquadranten genannt.

Fehlten dagegen P_3 ($n = 2$) oder M_2 ($n = 5$), kippten zwar ebenfalls auf beiden Seiten die benachbarten Zähne in die Lücke, jedoch die äußeren Backenzähne in 6 von 7 Fällen mindestens doppelt so schnell wie die inneren. Bei der einen Ausnahme (M_2) kehrten sich die Verhältnisse um, die inneren Backenzähne kippten eineinhalb mal so schnell wie der äußere kippte. Allerdings befand sich der Patient mit vier Jahren mitten im Backenzahnwechsel und die Nachbarzähne klemmten den zu entfernenden Zahn ein; Rahmenbedingungen, die bei den anderen 6 Patienten nicht vorlagen.

Der Grund für einen Backenzahn sich nach Entfernen eines inneren Backenzahns über das physiologische Maß hinaus zu bewegen, war bei den untersuchten Patienten durchwegs diese Entfernung selbst im Zusammenhang mit der Tendenz aller befundeten Backenzähne in einen Bereich zu drücken, der zwischen P_3 und M_2 liegt.

- Welche Pathologien ergeben sich aus den untersuchten Backenzahnbewegungen in der Maulhöhle?

Mit den z. T. über einen Zeitraum von bis zu 9,5 Jahren verfolgten Backenzahnbewegungen (bei 61 Patienten mit insgesamt 63 Backenzahnlücken) hängen die unten folgenden röntgenologisch-pathologischen Befunde und Diagnosen zusammen.

Um möglichst viele unterschiedliche Gebißstatus zu erheben, wurden die Patienten (unregelmäßig) mehrfach untersucht (s. Tab. 3). Daher kann ein Patient, je nach vorhandener Pathologie, im Zeitablauf verschiedenen Gebissanomalien zugeordnet werden. Eine Zahnspitze z. B. könnte zum Zahnhaken, zur Exsuperantia dentis und in der Folge zum Stufengebiss werden und die jeweilige Pathologie würde gesondert aufgelistet werden.

Die Diagnosen im Einzelnen:

- Zahnhaken am M_3 ($n = 28$; 40 %), am P_2 ($n = 9$; 12,9 %)
- schiefe Kauflächenabnutzung eines Zahnes ($n = 32$; 45,7 %)
- inkongruente äußere Backenzähne ($n = 22$; 31,4 %)
- Diastema ($n = 10$; 14,3 %)
- Lückennachbarzähne berühren sich oder berühren sich fast, so daß sich Futtermaterial unter den verkippten Zähnen festsetzt ($n = 6$; 8,6 %)
- Wellengebiss ($n = 5$; 7,1 %)
- Exsuperantia dentium ($n = 3$; 4,3 %)

- apikale Parodont-Sklerosierung (n = 3; 4,3 %)
- Zahnfraktur (n = 2; 2,9 %)
- Stufengebiß (n = 2; 2,9 %)
- Zahnspitzen (n = 2; 2,9 %)
- Intrusion eines Zahns mit Verkürzung desselben (n = 1; 1,4 %)

Außerdem wurde bei 5 der Patienten eine Diagnose gestellt, die sich durch das Verkippen der Nachbarzähne ohne vorausgehenden Zahnverlust ergeben hatte:

- Zahnimpaktion (n = 6; 8,6 %),

bei 1 Patienten betraf dies 2 Backenzähne. In allen Fällen musste der eingeklemmte Zahn entfernt werden (s. Tab. 3).

4.1.4 Klinische Patienten

Anschließend an die Untersuchung der vier Schädelpräparate (Punkt 3.1.1) und der Röntgenaufnahmen von 70 Pferden (3.1.2) wurden nun als letzter Schritt zur Beantwortung der in Abschnitt 4.1.1 gegebenen Fragestellungen die 70 röntgenologisch befundeten Patienten klinisch untersucht (Tab. 3, Nr. 33-74, n = 42) oder deren Krankenblätter in Verbindung mit ihren Röntgenaufnahmen ausgewertet (Tab. 3, Nr. 5-32, n = 28):

- Bewegen sich die restlichen Backenzähne nach einer Backenzahntfernung über das physiologische Maß hinaus?

Analog zu den Ergebnissen aus den röntgenologischen Untersuchungen (4.1.3, S 107) wird eine innere Zahnücke nach einiger Zeit enger, d. h. die **Nachbarzähne nähern sich an**. Das konnte in allen Fällen, in denen eine Abdruckmasse verwendet wurde (Tab. 3, Nr. 33, 60, 62-66, 68-74) und bei dem Patienten, von dem ein Schädelpräparat vorhanden war (Nr. 20) bestätigt werden. Auch die übrigen klinischen Patienten (Tab. 3, Nr. 34-59, 61, 67), deren Zahnücken mit anderen Meßmethoden erfasst wurden, bestätigen diese Aussage durchgehend. Es fehlen jedoch bei letzteren genaue Angaben (Tab. 3, S. 163), da die angewandten Meßmethoden zu unsicher und ungenau waren (s. Punkt 4.3.1.1, S. 142). Die Prävalenz der Backenzahnbewegung nach Verlust eines inneren Backenzahns (n = 63) beträgt für die klinisch erfassten Patienten (n = 42) 100 %.

Ergebnisse zu den Patienten, die lediglich aufgrund der Krankenblätter bewertet wurden (Tab. 3, Nr. 5-19, 21-32), lagen in Hinblick auf mögliche Backenzahnbewegungen nur indirekt vor – als typische Pathologien eines Zahnlückenquadranten; direkte Aussagen zu Zahnwanderungen wurden nicht getroffen.

Fehlte einem Patienten ein äußerer Backenzahn ($n = 7$), wanderte in keinem der untersuchten Fälle ein Backenzahn, die Prävalenz ist 0 %.

- Welche Backenzähne bewegen sich nach einer Backenzahntfernung?
- Wohin und auf welche Art und Weise bewegen sich diese Backenzähne nach einem Backenzahnverlust?

Die in Punkt 4.1.3 („Röntgenologische Patienten“, unter „4.1 Dokumentation der Zahnlücken“, S. 107) gewonnenen Ergebnisse konnten klinisch ohne Ausnahme **bestätigt** werden. Anhand ausschließlich der Krankenblätter allerdings (Tab. 3, Nr. 5-19, 21-32) war es wegen fehlender entsprechender Befunde nicht möglich dahingehend spezifische Aussagen zu treffen. Diesbezügliche Anmerkungen finden sich in der „Diskussion“.

- Wie schnell und weit bewegen sich diese (wandernden) Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?
- Wie beeinflussen welche Begleitumstände die Bewegung dieser Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?

Ein Übersichtsdiagramm (Abb. 69) veranschaulicht die unphysiologischen Backenzahnbewegungen direkter Lückennachbarzähne metrisch und zeitlich unter Berücksichtigung der einwirkenden Faktoren.

Dargestellt werden ausschließlich Verläufe aus der Patientengruppe, welche mit der **Abdruckmethode** und somit verlässlich gemessen wurden – und welche verlässliche Angaben zum Zeitpunkt der Backenzahnrepulsion boten (Tab. 3, Nr. 33, 63, 65, 66, 68-74), sowie der Patient, von dem ein Schädelpräparat zur Verfügung stand (Tab. 3, Nr. 20; → $n = 13$):

Zur **Erklärung** des Diagramms (Abb. 69; Symbolgebrauch wie bei Abb. 59, S.111):

Von 66 inneren Backenzahnlücken erscheinen im obigen Diagramm (Abb. 69) 13 (19,7 %), da nur hier die zugehörigen Patienten praktisch für Abdruckmessungen zur Verfügung standen und ihre Zeitangaben der Backenzahnrepulsion sicher waren.

7 (53,8 %) dieser 13 BZL finden sich bei Stuten (Meßsymbol \blacklozenge), 6 (46,2 %) bei Wallachen (Meßsymbol \blacksquare).

Bis zu einem Zeitraum von knapp 10 a nach der Backenzahnrepulsion wurde eine Zahnlückenverkleinerung maximal verfolgt. Die zeitliche Skalierung der Abszisse orientiert sich wieder in erster Linie an den Abläufen der Abdruck-Diagnostik und nicht an einer mathematischen Funktion (gleichwohl die Darstellungen annähernd exponential verlaufen).

76,9 % (n = 10; 6 re, 4 li) der BZL sitzen im Oberkiefer, 23,1 % (n = 3; 3 li) im Unterkiefer. Im einzelnen: 2x 107, 4x 109, 1x 207; 1x 208, 2x 209; 2x 307, 1x 308,309. Neben der Triadan-Zahnbezeichnung wird zu den Meßreihen/-punkten das Alter des Pferdes zur Zeit der Zahnrepulsion angegeben.

Bei 5 Backenzahnlücken (38,5 %; 2x 107, 1x 207, 2x 307) kippte ein direkter Lückennachbarzahn von der Anatomischen Mitte des Quadranten weg. In diesen Fällen sind die Meßsymbole gepunktet miteinander verbunden und/oder die Meßsymbole (\blacklozenge , \blacksquare) sind kleiner als diejenigen BZL mit nur zur AM hin kippenden LNzd (n = 8; 61,5 %).

Fehlen in einer Zahnlücke 2 Zähne (n = 1), so bleibt das Meßsymbol der LNzd innen weiß.

„PH“ bedeutet, der Wert wurde bei eingesetztem Platzhalter ermittelt.

Der Einfachheit und Überschaubarkeit wegen sind die Meßpunkte einer Meßreihe wieder linear miteinander verbunden, obwohl ein kurviger und somit stetiger Verlauf der Backenzahnlücken-Verschmälerung die natürlichen Verhältnisse besser wiedergeben würde.

Zu den **Ergebnissen** des Diagramms (Abb. 69):

Entsprechend den Verhältnissen bei der röntgenologischen Beurteilung (Abb. 59 ff) ist die Frage „Wie schnell und weit sich die wandernden Backenzähne in der Folge eines Backenzahnverlusts bewegen“ nach den vorliegenden klinischen Untersuchungen (Messungen mit kondensationsvernetzender, zahntechnischer Silikon-Abformmasse) abhängig/nicht abhängig von

- dem zeitlichem Abstand zum Zahnverlust,
- der Kipprichtung – ob zur Anatomischen Mitte des Backenzahnquadranten hin oder von ihr weg,
- der Lokalisation der Zahnlücke,
- der Menge der Zahnlücken,
- dem Alter, der Rasse und dem Geschlecht des Pferdes.

Ca. eine halbe Stunde nach der Backenzahnrepulsion konnte bei 3 (107, 207, 208), nach 1 d bei 1 Patienten (208) keine Verkleinerung der Zahnlücke gemessen werden. Nach einer

Woche verringerte sich die Zahnücke bei 2 (107, 109) von 3 gemessenen Patienten um 0,1 cm, nach 2 Wo wurde dies auch bei dem dritten Patienten (208) festgestellt. Nach 2,5 Wo verweilte die gemessene Zahnückenverkleinerung bei 2 Patienten (207, 208) bei 0,1 cm. Nach 3 und 4 Wo wiederum wurden je 3 (107, 208, 307) Patienten gemessen, von denen 2 (107, 208) bereits vorher kontrolliert waren: 2 davon (208, 307) verharrten bei der 0,1 cm –Verkleinerung ihrer Zahnücke, ein Patient (107) verringerte seine Backenzahnücke dagegen pro Woche um weitere 0,1 cm. 1 Woche später blieb die mesiodistale Ausdehnung seiner Zahnücke bei diesem Wert von „0,3 cm Verkleinerung“. 2 weitere Patienten (207, 208) blieben ebenfalls bei der eingetretenen Verkleinerung, bei 1 Patient (109) kippten die LNzd um insgesamt 0,1 cm weiter, so daß hier –0,2 cm zu messen waren.

Als Tendenzen vermögen dabei beschrieben werden: In den **ersten 3 Monaten** nach der Backenzahn-Repulsion verkleinerte sich die entstandene Zahnücke um ungefähr **0,1 cm pro Monat** – anfangs etwas schneller, später etwas langsamer. Sogleich nach der Zahnentfernung, aber auch einen Tag nach dieser, veränderte sich die Breite der Lücke nicht. Nach dieser **Zeit** von 3 Monaten existierten hier zuwenige Patienten und Messungen um weitere Tendenzen formulieren zu können. Dennoch legen die wenigen weiteren Daten nahe: Nach dem 3. Monat verkleinerte sich die Zahnücke weiterhin kontinuierlich, wenn auch langsamer als in jener ersten Zeit von 3 Mo.

Ein Platzhalter (207, 4 a; 307, 10 a; 308-309, 3 a) stoppte diesen Prozess. Patient 307, 10 a, (Tab. 2, PH-Nr.3, S. 160) zeigte auch ein halbes Jahr nach Ausfall des Platzhalters (nur bei diesem Patienten konnte eine derartige Situation bewertet werden) keine weitere Verschmälerung seiner Zahnücke. Der PH verweilte hier ein Jahr in situ.

Die Backenzahnücken-Verkleinerung schritt solange fort, bis die direkten Lückennachbarzähne sich berührten (109, 12 a; 209, 14 a; 307, 3 a).

Um den Einfluß der **Kipprichtung** zu beurteilen, waren die zu vergleichenden Populationen „zur Anatomischen Mitte des Backenzahnquadranten hin“ und „von der Anatomischen Mitte des Backenzahnquadranten weg“ zu klein.

Gleiches gilt für die Rolle der **Lokalisation** der Backenzahnücke, den Faktor „**Doppellücke**“, die fraglichen Einflußfaktoren „**Rasse**“ und „**Geschlecht**“ sowie das „**Alter**“ der Tiere.

- Warum bewegen sich Backenzähne nach der Backenzahntfernung?

Die Kernaussage aus den röntgenologischen Untersuchungen zu dieser Frage gilt auch für die klinisch befundeten Patienten:

Der Grund für einen Backenzahn sich nach **Entfernen eines inneren Backenzahns** über das physiologische Maß hinaus zu bewegen, war bei den untersuchten Patienten durchwegs diese Entfernung selbst im Zusammenhang mit der Tendenz aller befundeten Backenzähne in einen Bereich zu drücken, der zwischen P₃ und M₂ liegt.

Im Übrigen konnten die Beobachtungen an den Röntgen-Patienten bei der klinischen Untersuchung derselben wiederholt werden (s. Abschnitt 4.1.3 ff).

- Welche Pathologien ergeben sich in der Maulhöhle aus den untersuchten Backenzahnbewegungen?

Die Backenzahnbewegungen wurden maximal, auch mittels der Krankenblätter, über einen Zeitraum von bis zu 9,7 Jahren (Pat. Nr. 33, Tab. 3) verfolgt. Die Zeiten hingen primär davon ab, wie oft die Patienten von ihren Besitzern in der Klinik vorgestellt werden konnten. Untersucht wurden 63 Patienten mit insgesamt 66 inneren Backenzahnlücken. Daraus ergeben sich die aufgeführten klinisch-pathologischen Befunde und Diagnosen.

Um möglichst viele unterschiedliche Gebissstatus zu erheben, wurden analog zu den röntgenologischen Fällen die Patienten (unregelmäßig) mehrfach untersucht (s. Tab. 3). So kann ein Patient, je nach vorhandener Pathologie, im Zeitablauf verschiedenen Gebissanomalien zugeordnet werden – wie anhand der Röntgen-Untersuchungen erklärt.

Die Diagnosen im Einzelnen:

- Zahnhaken am M₃ (n = 26; 37,1 %), am P₂ (n = 8; 11,4 %)
- inkongruente äußere Backenzähne (n = 17; 24,3 %)
- schiefe Kauflächenabnutzung eines Zahnes (n = 5; 7,1 %)
- Diastema (n = 4; 5,7 %)
- Lückennachbarzähne berühren sich oder berühren sich fast, so daß sich Futtermaterial unter den verkippten Zähnen festsetzt (n = 4; 5,7 %)
- Wellengebiß (n = 4; 5,7 %)
- Zahnwechsel gestört (n = 4)
- Stufengebiß (n = 3; 4,3 %)
- Zahnspitzen (n = 3; 4,3 %)
- Exsuperantia dentium (n = 2; 2,9 %)
- Zahnfraktur (n = 1; 1,4 %)

Außerdem wurde bei 4 der Patienten eine Diagnose gestellt, die sich durch das Verkippen der Nachbarzähne ohne vorausgehenden Zahnverlust ergeben hatte:

- Zahnkappe (n = 3; 4,3 %)
- Zahnimpaktion (n = 1; 1,4 %)

Die Zahnkappen mussten ebenso wie der eingeklemmte Zahn entfernt werden (s. Tab. 3, S. 163).

4.2 Herstellung des Zahnersatzes

4.2.1 Präparate von Pferdezähnen

Das Zahnpräparat (**PH-Nr. 1**) ließ sich mit dem Winkelschleifer leicht durchtrennen und bearbeiten. Die ungenauen Knopfsonde-Messungen der Zahnücke versetzten in Zeitdruck, da die vorgesehene Zahnscheibe dadurch oft nachgebessert werden musste, was die Dauer der Allgemeinnarkose des Patienten verlängerte.

4.2.2 Platzhalter aus Metall

4.2.2.1 Chrom-Molybdän-Legierung (individueller Abguß)

Modell 1 a (PH 1; Abb. 70) konnte komplikationslos hergestellt werden – da Gerätschaften und Technik dafür im Dentallabor des Instituts für Zahnheilkunde vorhanden waren.

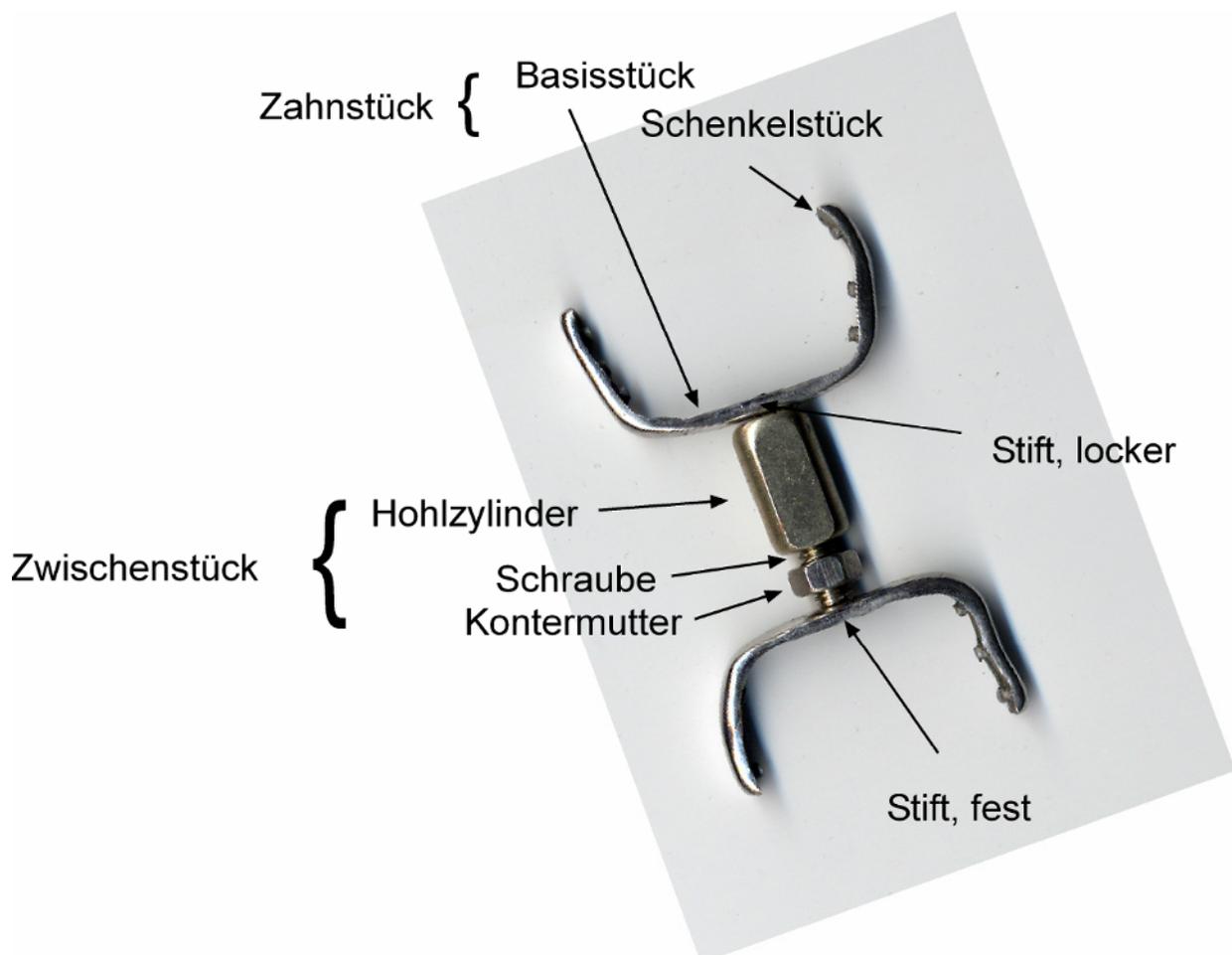


Abb. 70, PH 1 (Modell 1 a)

Über **Modell 1 b (PH 2; Abb. 71)** liegen in dieser Hinsicht keine Informationen vor.

körnige Metallauftragung



Abb. 71,
Zahnstücke des PH 2
(Modells 1 b)

4.2.2.2 Neusilber und Messing

Bei der Fertigung des **zweiten Modells (PH 3; Abb.72)** erwies es sich als günstig, die **Bohrung des Hohlzylinders** nicht zu weit voranzutreiben (2 – 3 mm Boden!), da ansonsten die Stabilität des auf dem Zylinderboden sitzenden Stiftes litt. In der Tat schlug sich der Stift in den Zylinder ein, als für ein solches Modell die (mobilen) Zahnstücke auf dem Stift mittels Hammer und Kopfmacher fixiert wurden.

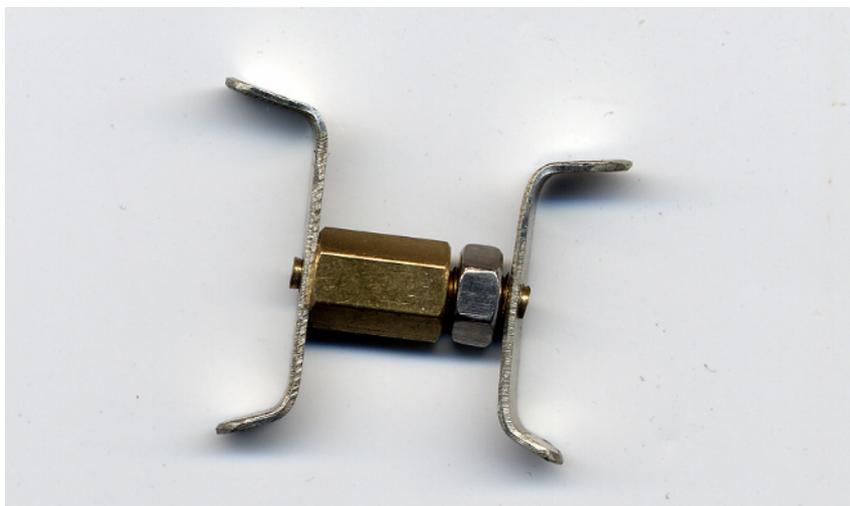


Abb. 72, PH 3, (Modell 2)

Eine andere Problematik offenbarte sich bei der Bearbeitung von **Modell 3 (PH 4; Abb.73)**: Die **Verbindung Zahnstück-Zwischenstück** war an der Schraubenseite zu locker, und musste mit dem Hammer plus Kopfmacher nachgeschlagen werden, oder sie entwickelte sich als zu fest, wo sie drehbar bleiben sollte (Zylinder). Letzteres Problem wurde gelöst, indem mit der Kombizange das Zahnstück über dem im Schraubstock eingespannten Zylinder so lange vorsichtig gedreht und gehobelt wurde, bis es wieder frei drehbar auf dem Hohlzylinder saß.



Abb. 73, PH 4 (Modelle 3; unten zerlegt)

Überhaupt war es durchaus angestrebt, das mobile Zahnstück sehr locker sitzen zu lassen, weil es sich dadurch besser an nicht parallele Approximalflächen der Lückennachbarzähne anpassen könnte (Abb.74).

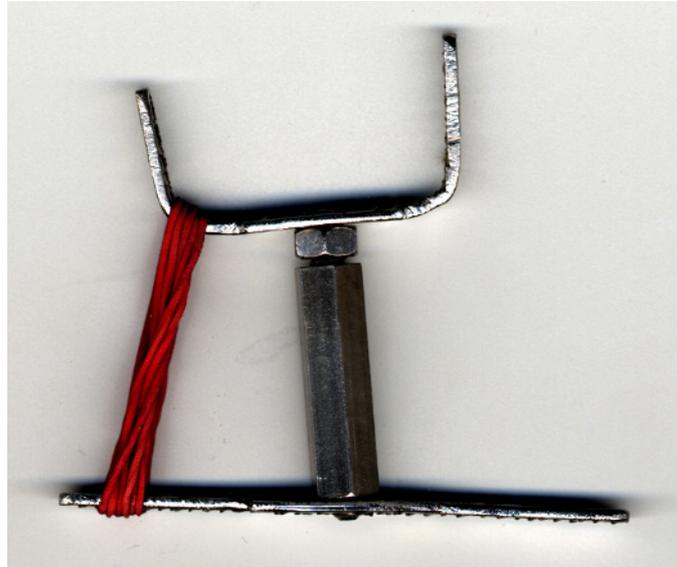


Abb. 74, Der elastische Gummi macht die anpassbaren (und damit nicht unbedingt parallelen) Zahnstücke, insbesondere an der lockeren Zylinderseite, sichtbar.

Die härtere (als Silikon) **Beschichtung** (Pulver + Kondensator-Flüssigkeit aus der Humanmedizin zur Gewinnung von Zahnersatz → Paladur® Pulver) für die Zahnstücke, welche Unebenheiten und damit Zwischenräume zwischen Zahnstücken und Lückennachbarzähnen ausfüllen sollte, härtete bis zur Konsistenz eines Steines aus, weswegen diese Beschichtung nicht weiter in Betracht gezogen wurde (Abb. 75).



Abb. 75, PH 4, (Modell 3), Paladur®-beschichtet

Die Silikonbeschichtung selbst (Abb. 76) ließ sich schnell und sauber an die Zahnstücke auftragen und haftete nicht zuletzt wegen der 2-mm-Bohrungen in den Zahnstücken, wodurch sie sich schob, ohne Manipulationen wie Drücken oder Ziehen, sehr gut; wenn allerdings an der Beschichtung manipuliert wurde, hob sie sich schnell vom Untergrund ab, riß ein und rieb sich ab.



Abb. 76, PH 4, (Modell 3), silikonbeschichtet

4.2.2.3 Edelstahl (V2A)

Das **erste** in die Tat umsetzbare **Modell aus Edelstahl** war **Modell 8 (PH 5; PH-Nr. 2)**, ein PH-Typ mit rundem, gerändeltem Hohlzylinder (Abb. 77). Abgesehen von der notwendigen Vorsicht bei der Tiefe der Zylinderbohrung, der Verbindung der Zahnstücke mit dem Zwischenstück (siehe oben) galt es hier wegen der Breite des Hohlzylinders besonders genau die **Mitte des Zylinders anzubohren**, weil sich ein Fehler jetzt merklich in einem „Eiern“ desselben äußerte. Letztere Schwierigkeit konnte an der Drehbank überwunden werden. Der übrige, gewohnte Herstellungsprozess verlief problemlos.

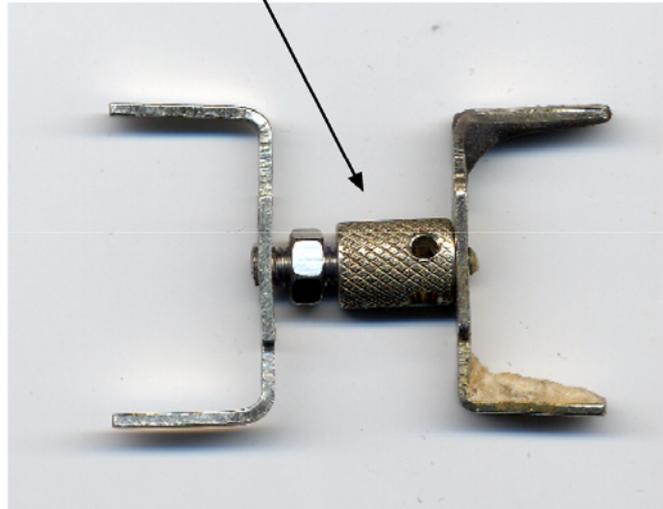
Hohlzylinder, gerändelt mit stiftseitigen Querbohrungen

Abb. 77,

PH 5

(Modell 8; PH-Nr. 2).

Am rechten Zahnstück wurde
Technovit® (oben, dunkel)
oder Paladur® (unten, hell)
aufgebracht.



Ebenso reibungslos gelang es, das **wesentliche Ausgangsmodell für alle weiteren aktiven Platzhalter, Modell 9 a (PH 6, Abb. 78)** zu bauen. Die diffizileren Schritte, den Zylinder nicht zu tief auszuhöhlen und die Zahnstücke anzubringen, wurden bereits erwähnt und galten hier genauso wie für alle folgenden Modelle.

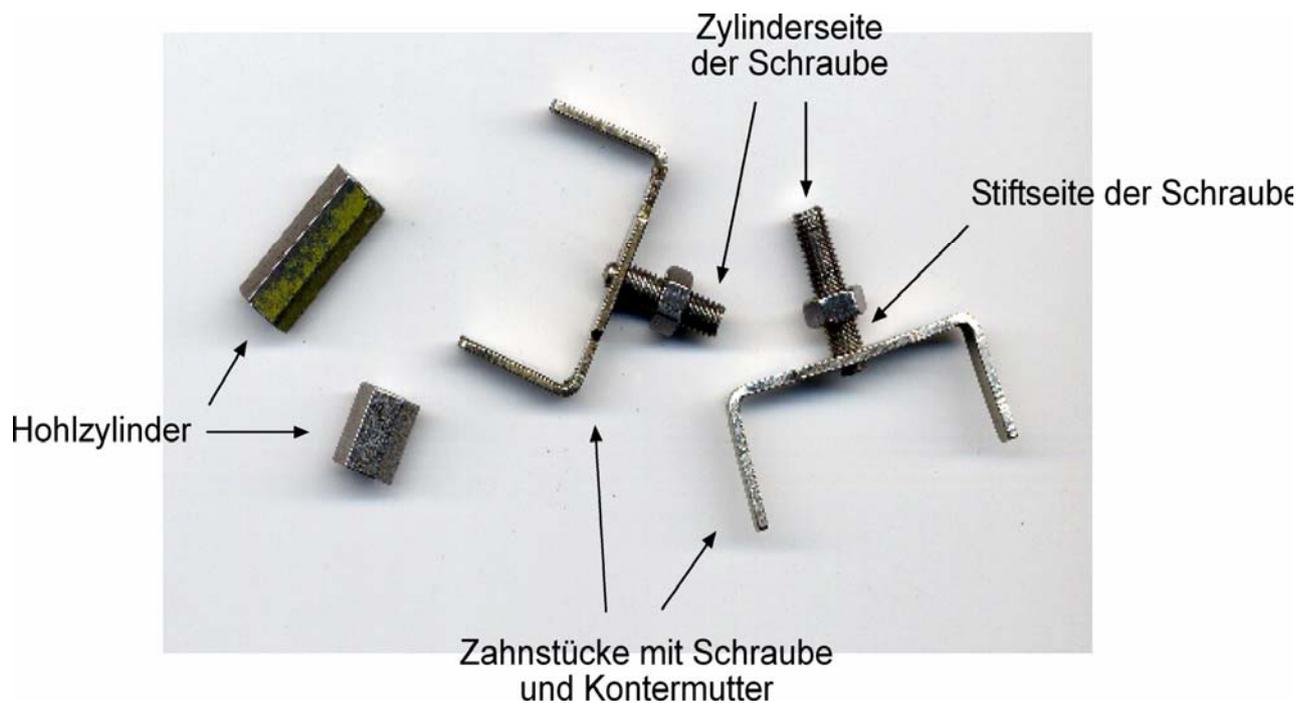


Abb. 78, PH 6 (Modell 9 a), zerlegt

Es stellte sich heraus, daß das **Gewebeband**, welches einen puffernden Effekt leisten sollte (**Modell 9 b, PH 7, Abb. 79**), für diesen Zweck in mehreren Lagen passgenau auf die Innenfläche der Zahnstücke aufgebracht werden musste, was eine feinmotorische Arbeit darstellte, die nicht geeignet erschien, routinemäßig angewendet zu werden.

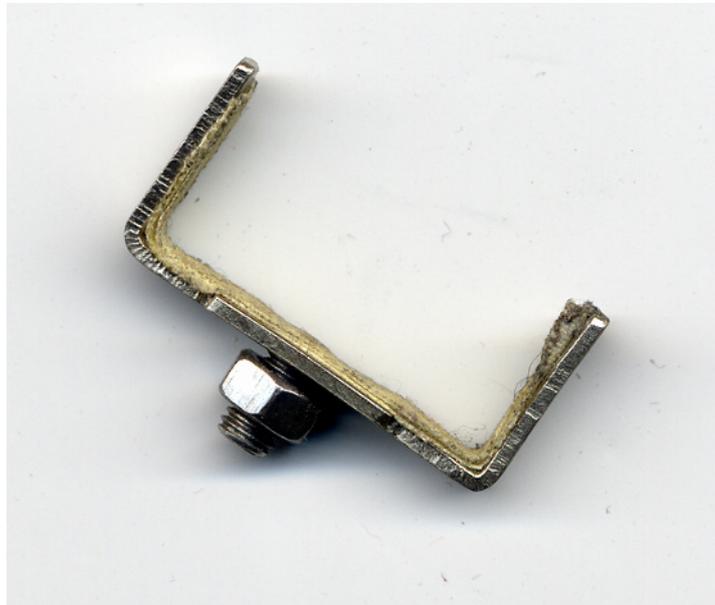


Abb. 79,
PH 7, (Modell 9 b),
Zahnstück mit Schraube und
Kontermutter

Der in der Feilenfabrik hergestellte Raspelhiebs von **Modell 9 c (PH 8; PH-Nr. 3, 4, 5; Abb. 80)** verlangte im Schraubstock, indem dessen Backen mit dickem Gewebeband beklebt wurden, geschont zu werden; andererseits nutzten sich die Spitzen des Raspelhiebs sofort ab und wurden stumpf.



Abb. 80, PH 8 (Modell 9 c; PH-Nr. 3, 4, 5). Links sind die Zahnstücke noch ungebogen, rechts trägt der Hohlzylinder Querbohrungen für einen Stiftansatz.

Das gleiche galt für das Hartmetallgranulat des **Modells 9 d (PH 9; Abb. 81)**.

Für **Modell 9 e (PH 10; PH-Nr. 6)** und **9 f (PH 11)** ergaben sich keine neuen Probleme (ebenfalls Abb. 81).

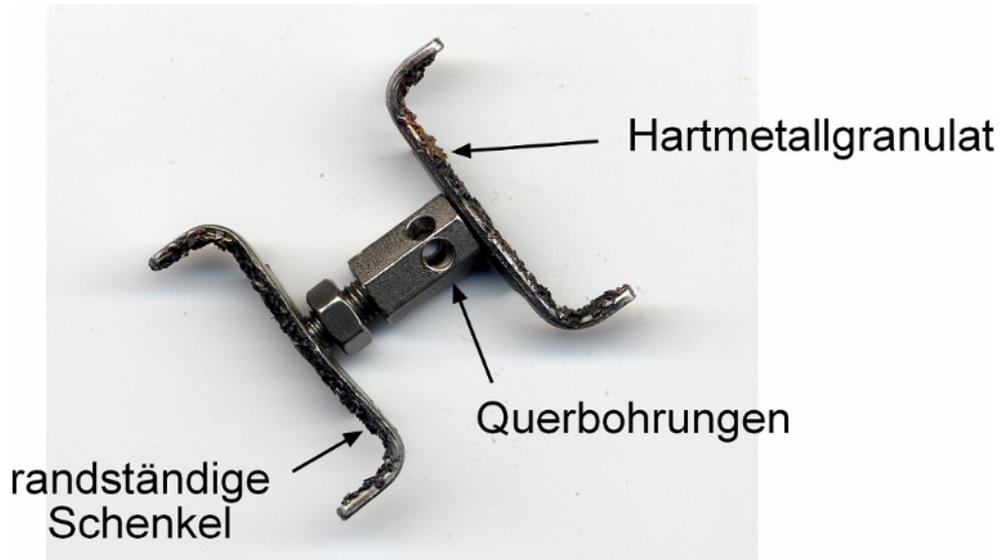


Abb. 81, Kombination aus PH 9 (Modell 9 d; Hartmetallaufsatz), PH 10 (Modell 9 e; PH-Nr. 6, randständige Schenkel) und PH 11 (Modell 9 f; Querbohrungen).

Prinzipiell galt dies auch für **Modell 10 a (PH 12, Abb. 82)**, jedoch erforderte die **gezackte Scheibe**, daß nach der ersten, zweiten umgebogenen Spitze die Scheibe nicht mehr in den Schraubstock eingespannt werden durfte und dadurch die restlichen Zacken in den Händen mit der Kombizange gebogen werden mussten.



Abb. 82,
PH 12
(Modelle 10 a)

Bei **Modell 10 b (PH 13, PH-Nr. 7; Abb. 83)** drohte das gleiche Problem, konnte aber mit der Nutzung eines geeigneten Hilfsstücks, das im Schraubstock zur Bearbeitung der zweiten Seite, also Zacken Nummer 3 und 4, zwischen gespannt wurde, abgewendet werden.



Abb. 83,
PH 13
(Modell 10 b, PH-Nr. 7)

Ebenso verhielt es sich mit den umzubiegenden Rändern der Zahnstück-Platten von **Modell 11 (PH 14; PH-Nr. 8, 9; Abb. 84)**.



Abb. 84, PH 14 (Modelle 11; PH-Nr. 8, 9) in verschiedenen Längen, links zerlegt.

Ganz anders dagegen konzipiert war **Modell 13 a (PH 15; PH-Nr. 10; Abb. 85, 86, 87, 88, 89)** und somit auch die resultierenden Schwierigkeiten: Während die **Stiftseite der Schraube** endständig auf einer Länge von ca. 5 mm **abgeflacht** wurde (leicht konisch zulaufend), bedurfte es großer Vorsicht, die Schraubenwand dabei nicht zu öffnen und damit zu gefährden, daß der innen laufende Stift in seiner Beweglichkeit eingeschränkt würde.

Auch die Idee der **Innenfeder** im Platzhalter leitete eine neue Komplikation ein: blieb die Feder nach der Einstellung des PH auf die Länge der Zahnücke zu lang, behinderte sie das Eindrücken der Nippel (Stifte), weil sie bereits vollständig komprimiert war, blieb sie zu kurz, fehlte ihr die Spannkraft, die Nippel nach außen zu drücken.

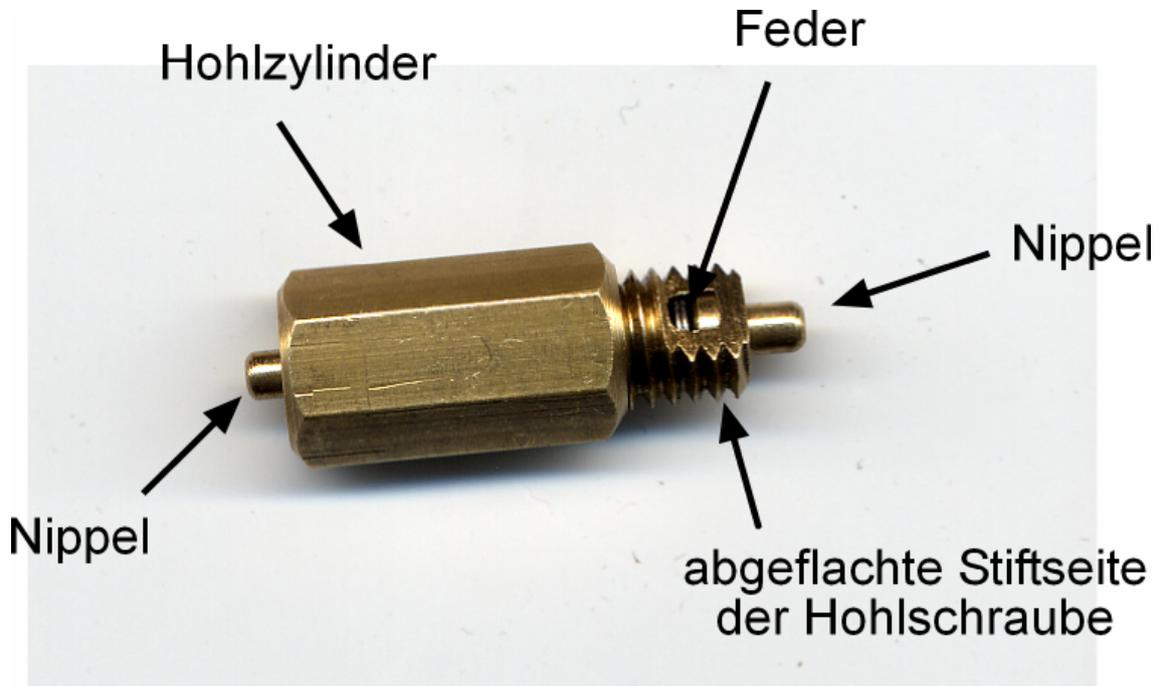


Abb. 85, PH 15 (Modell 13 a; PH-Nr. 10)

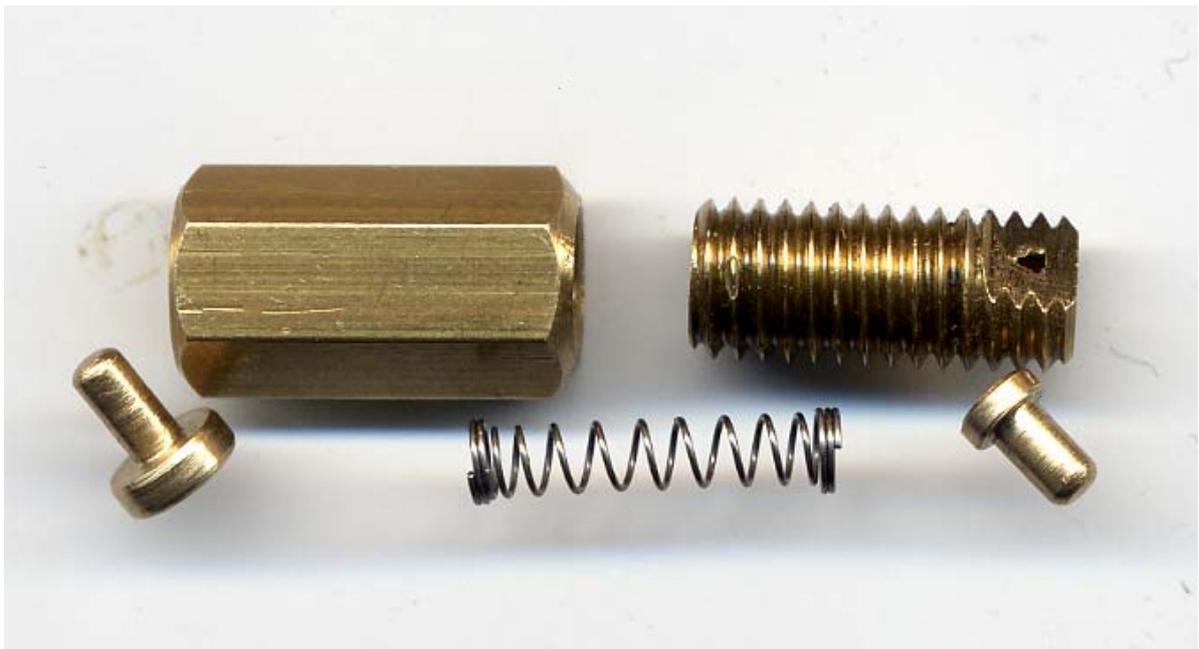


Abb. 86, PH 15 (Modell 13 a; PH-Nr. 10), zerlegt



Abb. 87, PH 15 (Modelle 13 a; PH-Nr. 10),
mit PVC-Vorläufermodell und Lochplatte

Die **Lochplatte** konnte zwar problemlos mit Hilfe der Tischfräse gefertigt werden, doch erschienen die Wände der **Rinne** zu steil, was bedeutet hätte, daß der Platzhalter fast nur Spiel nach der offenen Seite der Rinne gehabt hätte (und somit die beiden Löcher für die Nippel sich weitgehend genau gegenüber hätten liegen müssen), weshalb die Wände mit der Handfeile trichterförmig abgeflacht wurden (Abb. 88, 89, 87).



Abb. 88, Lochplatten, links unbearbeitet, mitte mit abgeflachter Rinne,
rechts Rückansicht → körnerbearbeitete Oberfläche.



Abb. 89, Übersicht aller Komponenten des PH 15 (Modell 13 a; PH-Nr. 10).
Die Lochplatte liegt dreifach vor.

4.2.3 Urethanplomben

Das Ergebnis des Zusammenbringens der beiden Urethanelastomer-Kleber-Bestandteile war eine weißlich-graue, kompakte, nach 15 min nicht mehr eindrückbare, nicht bröckelige, elastische und geruchsneutrale Masse, die innerhalb der ersten 15 min nach Vereinigung der Komponenten geringfügig warm wurde.

4.3 Einsatz des Platzhalters

4.3.1 Diagnostik der Zahnücke

4.3.1.1 Zahnkamera, Schiebelehre, Spezielle Messinstrumente, Knopfsonde

Der in der vorliegenden Untersuchung wegen der notwendigen Sedierung sporadische Einsatz der humanen **Intraoralkamera** „Viola II™ Dental“ zeigte, wie wertvoll diese Zahnkamera für Projektionen sein konnte, die für die üblichen adspektorischen Verfahren nicht zugänglich waren, wie wenig sie aber für genaue metrische Messungen brauchbar war. Außerdem bedurfte es einiger Erfahrung, die nicht realitätsgetreuen Größenordnungen richtig zu interpretieren.

Zuerst schien es sich anzubieten, die Zahnücken auf einfachstem Weg mit einer rostfreien, metallenen **Schiebelehre** zu messen (mesiodistale Ausdehnung). Bereits nach wenigen Versuchen erwies sich diese Methode als unbrauchbar. Die meisten Patienten reagierten mit Unwillen und Unbehagen auf die Manipulation. Starke Abwehrbewegungen, Verletzungsgefahr für Patient und Untersucher, für den Patienten besonders durch die Ecken und Kanten des Instruments, waren die Folge. Sollte ein Patient ruhig bleiben, zeigte es sich als unmöglich die Schiebelehre richtig platziert in der Zahnücke aufzuschieben, da dies im Maul und wegen der Enge letzterer mit einer Hand oder oft mit den Fingerendgelenken dieser Hand geschehen musste.

Zudem war das Messinstrument nicht zuletzt aufgrund des Speichels gut zu schmieren, sonst lief es nicht glatt, und dieses Schmierfett irritierte die Pferde zusätzlich.

Auch beim ersten der speziell entwickelten Messinstrumente, dem **Lückenmeßgerät 1** (siehe auch Abb. 20), offenbarten sich mehrere Faktoren als ungünstig:

- Die notwendige Krümmung der Finger, vor allem im aboralen Bereich der Maulhöhle, bereitete enorme Schwierigkeiten. Gelang es trotzdem, war es in den meisten Fällen unmöglich, das Lückenmeßgerät in genau dem erfolgten Messstand aus der Maulhöhle zu ziehen. Die Stellschraube konnte nicht zugleich fest genug angeschraubt werden, damit sich beim Herausführen des Gerätes aus dem Maul nichts verschob und daß das Gerät dennoch leicht aufzuschieben war.
- Die Anschlagsschrauben mussten im Dunkeln greifen. Nie konnte man sicher sein, tatsächlich 2 Punkte mit den Schrauben getroffen zu haben, die der Entfernung der beiden Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne entsprach.
- Das Instrument war zu fragil, um den Kräften der Gebissbewegungen auch nur kurzzeitig zu widerstehen. Es kam immer wieder zum Verbiegen/Abbruch der Anschlagsschrauben, Verbiegung der beiden Führstangen, Brechen der Fingerführungen.
- Die Höhe des Gerätes war höher als der Abstand der beiden Kauflächen im kaudalen Gebissbereich.

Danach wurde ein zweites Lückenmeßgerät (**Lückenmeßgerät 2**; Abb. 21) entwickelt.

Die Nachteile überwogen hier ebenso:

- Der verschiebbare Teil besaß keine Führung auf dem Rundstab, so daß er zum Verdrehen neigte . . .
- . . . und beim Herausführen aus der Maulhöhle zum Verschieben.
- Die Fingerführungen waren zu zerbrechlich.
- Es bestand immer wieder Unsicherheit, ob die Messscheiben oder die Führzylinder an den Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne anslugten.

Lückenmeßgerät 3 (siehe Abb. 22) konnte die aufgeführten Nachteile gleichwohl nicht aufheben.

- Die Fingerführungen verbogen.
- Die Messscheiben verschoben sich beim Entfernen aus der Maulhöhle.
- Auch wenn durch die Abschrägung der Führzylinder die Messscheiben meist (!) zum Anslagen an die Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne kamen, blieb Ungewissheit über die Verhältnisse an diesen Flächen.

Die Lückenmessgeräte funktionierten nicht praxisreif und es wurde eine **Knopfsonde** getestet.

Abweichungen der Messungen von der tatsächlichen Lückengröße ergaben sich auf Grund dessen, daß die Finger verrutschten, die Sonde schief stand, nicht immer klar war, wo die Sonde im Moment mit ihrem Knopfende anstieß und vor allem, wie die Zahnücke sich in ihrer Gesamtheit präsentierte.

4.3.1.2 Abdruckverfahren

Indem eine zahntechnische **Abdruckmasse**, silaplast FUTUR®, benutzt wurde, konnten die oben aufgeführten Nachteile vermieden werden.

Die Dentalmasse lieferte detailgetreue Abbildungen der Zahnückensituation – wenn sie über die Kanten der Lückennachbarzähne gepresst und dabei nicht aufgerissen oder verwackelt wurde.

Aus ungeklärten Gründen verblieb ein zahnückengroßer Pfropf der Masse (obgleich sie nach der Abdrucknahme scheinbar vollständig entfernt wurde; Abb. 90) bei einem Patienten ungefähr 1 Woche lang in der abheilenden Zahnücke. Die Exsudate flossen dadurch schlecht ab und die Wundgranulation verzögerte sich. Der beseitigte Propf roch faulig-eitrig (Abb. 90).



Abb. 90, Zahnlückengroßer Pfropf der Silikon-Abdruckmasse, nachdem er knapp 1 Woche in der frischen (1 d alten) Repulsionslücke verweilte.

Während der wenige Sekunden bis fast eine Minute, meist 10 bis 20 Sekunden dauernden Abdrucknahme liegen die Finger einer Hand flächig zwischen den Zahnreihen, weshalb der Maulkeil dabei nicht verrutschen sollte. Derartige Verletzungen ereigneten sich nicht, obwohl bei der Manipulation kein Patient sediert werden musste (1 kopfscheuer Patient verweigerte jeglichen Zugriff zur Maulhöhle; siehe Punkt 3.2.3f). Trotzdem verliefen einige Abdrucknahmen mit kleinflächigen Erosionen, Exkorationen oder Kontusionen der Hand wegen der Enge der Maulhöhle und der Schärfe mancher Zahnränder oder weil es dem Pferd trotz des Maulkeils gelang zu beißen.

4.3.2 Vorbereitung und Befestigung des Platzhalters

4.3.2.1 Präparate von Pferde Zähnen

Mit dem Ziel zu verhindern, daß die Nachbarzähne kippten, wurde Patient Nr. 56 (Tab. 3, PH-Nr. 1, S. 163) eine 1-cm-starke Scheibe eines Pferdezahns mit dem Dallmer Hufschuh-

Kleber eingeklebt. Die palpatorische Kontrolle ergab nach wenigen Minuten einen fest sitzenden und belastbaren Platzhalter, obgleich trotz abgelegtem Patienten die Zahnücke nach dem **Trocknen** immer wieder dazu tendierte feucht zu werden.

Laut Patientenbesitzer **saß dieser Platzhalter knapp 1,5 Jahre lang**. Über Komplikationen wie sich unter der Zahnscheibe festsetzendes Futtermaterial konnte der Patientenbesitzer nichts aussagen – für eigene Untersuchungen war der Patient nicht zugänglich. Eine besondere Maulhygiene erfuhr der Patient nicht.

4.3.2.2 Platzhalter aus Metall

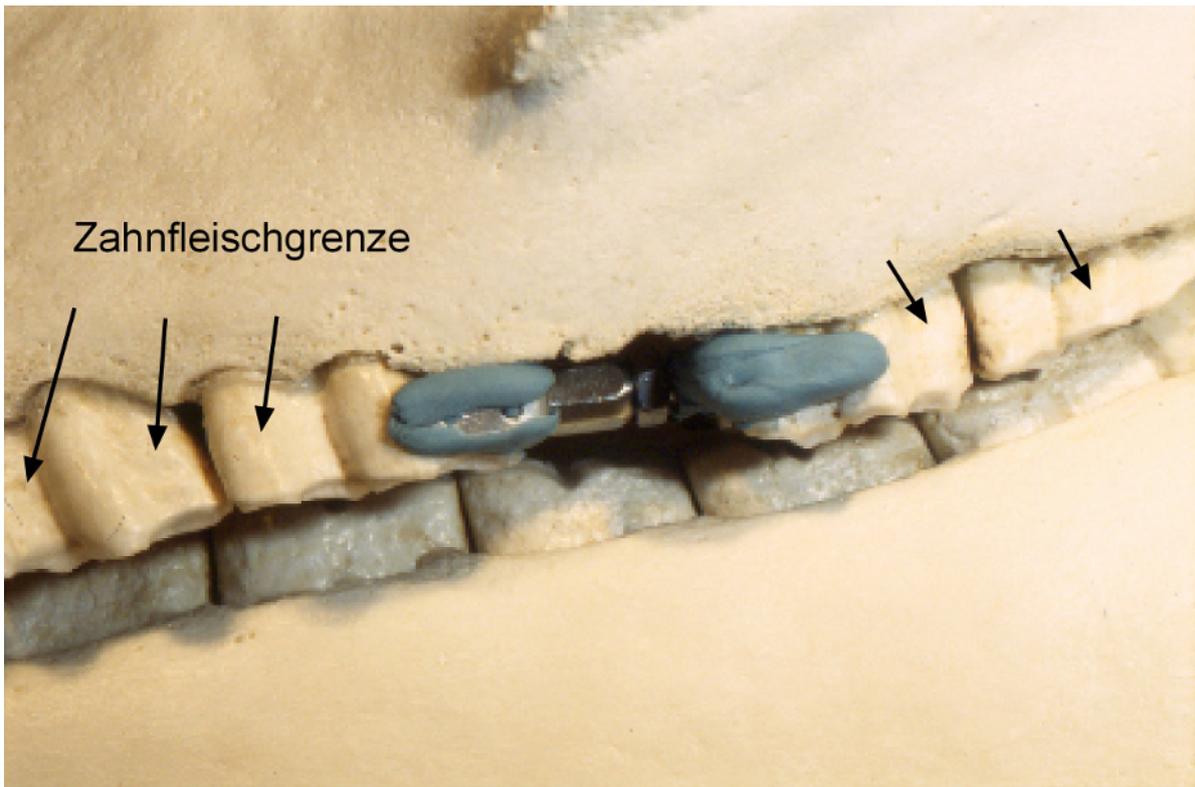
Der erste **CoCr-Platzhalter (individueller Abguß; Modell 1 a, PH 1)** passte zu seinem Gipspräparat wie die Matrize zur Patrizie – und erwies sich deshalb als ungeeignet an anderen Zähnen angelegt zu werden, zumal diese Legierung kaum zu verbiegen ist.

An seinem Gipsmodell erwies er sich als einfach anpass- und aktivierbar.

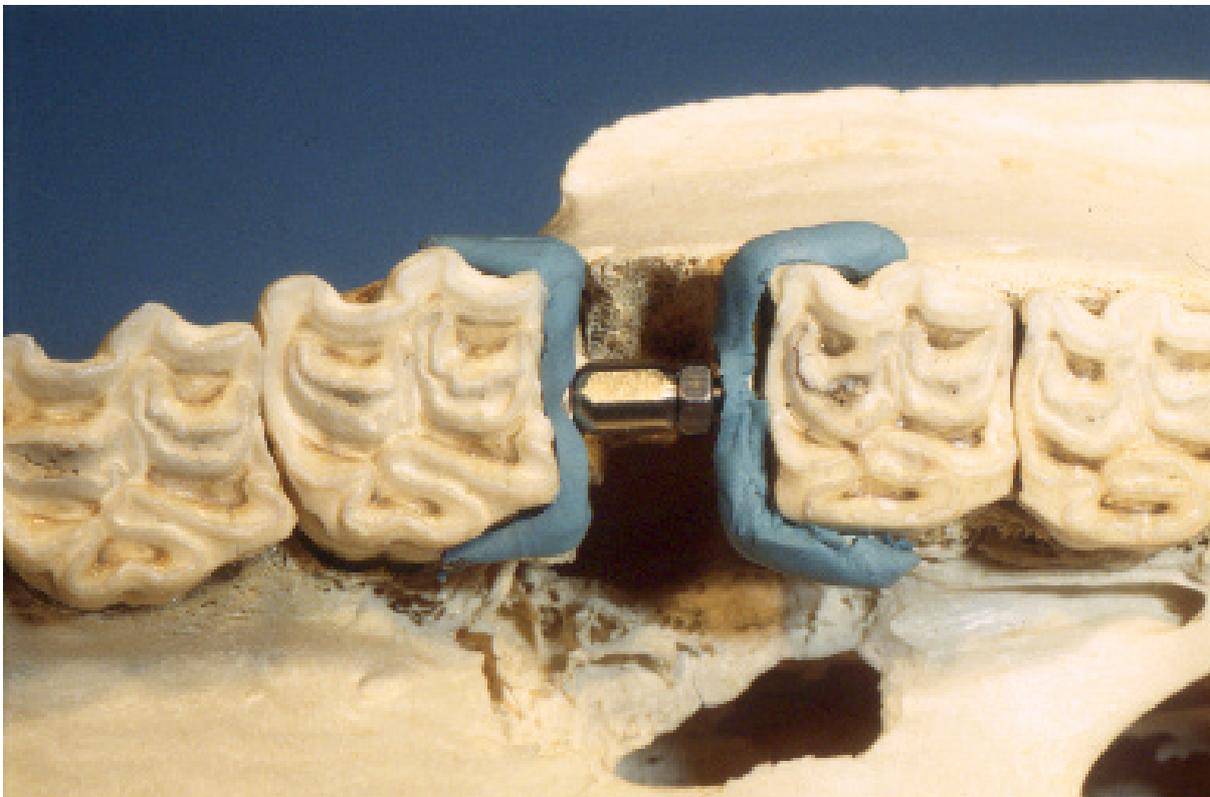
Ebenfalls nicht verbiegen und damit an Lückennachbarzähne anpassen ließ sich **Modell 1 b (PH 2)**. Darüber hinaus erschienen die Metall-Granula zu rundlich um sich im Zahnzement zu verankern. Es wurde nicht in Zahnücken eingesetzt.

Das **Neusilber-Messing-Modell (Modell 2, PH 3)** war als Prototyp geplant. Nach seiner Idee sollten andere Platzhalter gemäß individuellen Vorgaben gebaut werden. Zeitlich liegen Modell 1 a und b als ganzes nach diesem Modell 2, lediglich ihre Zahnstücke sind vorher gegossen worden. Modell 2 wurde zwar am Schädelpräparat ausprobiert, nicht aber individuell, im Sinne von Zahnückenmessung, Anbiegen der Zahnstücke und Aktivierung mittels PH-Schraubschlüssel, angepasst.

Genau dies, den Platzhalter an eine Zahnücke individuell zu adaptieren und einzusetzen, geschah mit **Modell 3 (PH 4, Neusilber-PH)**, es wurde im **Schädelpräparat (Abb. 91 a - d)** und im **Schlachttierkopf** eingesetzt.



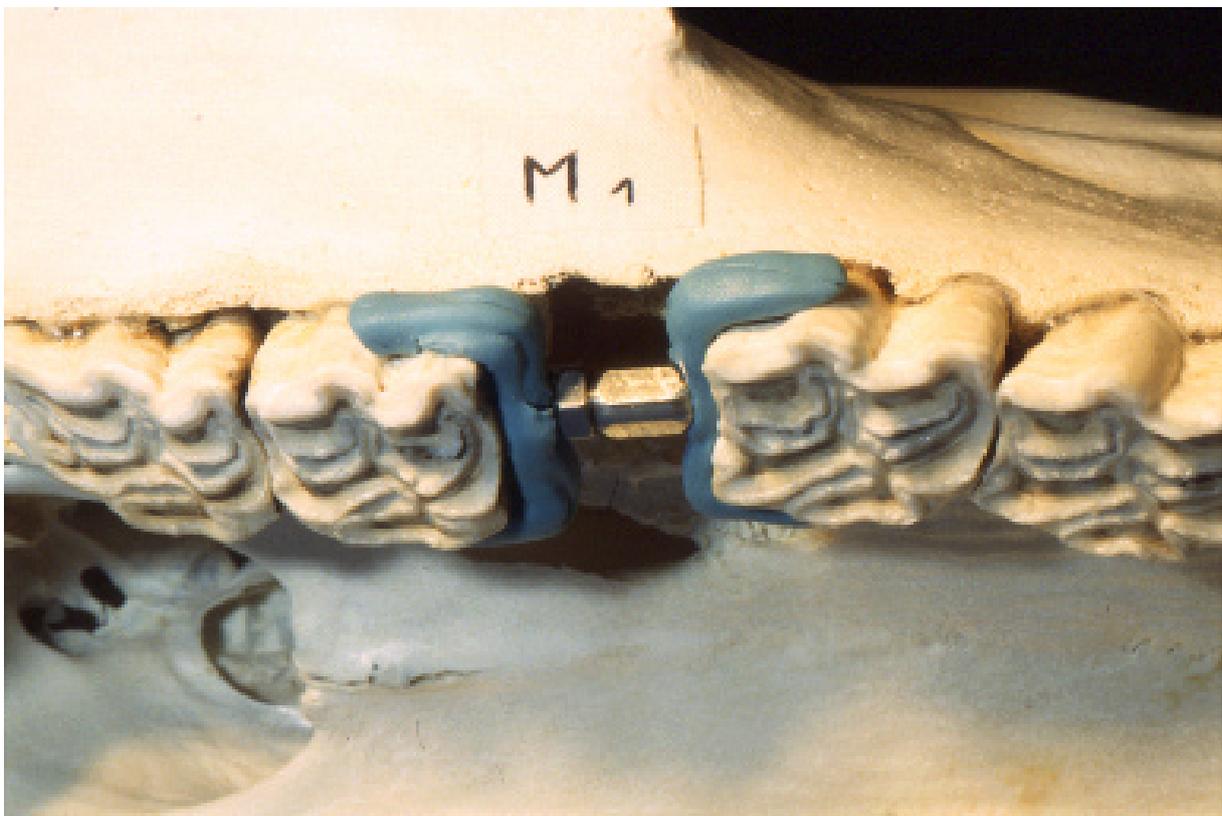
a



b



c



d

Abb. 91 a – d, PH 4 (Modell 3, Neusilber-PH), silikonbeschichtet,
am Schädelpräparat (M₁ OK li).

Bereits am **Schädelpräparat** im **Oberkiefer** (Lücke M₁ li) wurde klar, der Platz an der **klinischen Zahnkrone**, vor allem palatinal – man konnte die Kontur des ehemaligen Zahnfleischrandes deutlich erkennen (Abb. 91 a) – ist **eng**, etwa 3 bis 5 mm.

Schon deshalb mussten die Schenkel passend gearbeitet sein, da sie sonst Gefahr liefen entweder palatinal **abzustehen** und die **Gingiva zu verletzen** oder bukkal locker zu sitzen und hier die Schleimhäute zu irritieren. Das heißt, die Schenkel mussten so gebogen werden, daß sie eng am Zahn anlagen und nicht zu lang waren, was hier gelang. Diese Notwendigkeit machte sich zudem deutlich, als der PH angespannt wurde und die **Schenkel**, alle 4, sich solange **mitdrehten** bis sie vom Zahn selbst daran gehindert wurden (vergleiche Abb. 92).



Abb. 92, Linkes Zahnstück passend, rechtes Zahnstück zu groß (Basisstück zu breit)
→ Zahnschenkel verdrehen sich rechts in Richtung der Aktivierung
(hier also nach palatinal).

Ein anderes Problem bedeutete die **fragile Konsistenz der Silikon-Beschichtung**. Das Silikon wurde beim Andrehen des Platzhalters mit dem 8-mm-Maulschraubenschlüssel verdrängt bis das Zahnstück direkt am Lückennachbarzahn saß; die Zahnstücke verbogen nicht.

Die gleichen Erkenntnisse wurden beim Einpassen des Modells 3 im **Schlachtierkopf** (M₁ OK re) gewonnen mit der Erweiterung, daß auf Grund des **Mitdrehens der Schenkel**

beim Anziehen des Platzhalters dieser leicht aus der Lücke fiel, was mit der Führhand schließlich verhindert werden konnte.

Mit der Wahl eines relativ **breiten** (1 cm), außerdem **gerändelten Hohlzylinders** bei **Modell 8 (PH 5), dem ersten Modell aus Edelstahl (V2A)** konnte der Platzhalter sowohl im Schädelpräparat als auch in der Maulhöhle des Patienten (Nr. 59, Tab. 3, **PH-Nr. 2**, P₄ UK li) gut manuell aufgedreht werden, wobei es im Falle des Patienten immer wieder darauf ankam, das Arbeitsfeld mit Baumwolltüchern oder Zellstoff möglichst **trocken** zu halten. Auch muß man beim Patienten von einer Geduldsarbeit sprechen, den 35-mm-Stift in den Bohrungen **blind**, nur mit den Fingern „sehend“ zu versenken und anzudrehen, durchzuschieben und neu anzudrehen. Die größte Schwierigkeit dabei bereitete es, die Hand und Finger im schmalen Raum zwischen Ober- und Unterkieferzahnreihe nicht richtig aufstellen zu können, es musste sozusagen nur mit den **Fingerendgelenken** hantiert werden. So bestand teilweise Unsicherheit, ob der theoretisch nur einmal einzuführende freie Stift oder der Stift am Instrument (3-mm-PH-Schraubstift), welcher immer wieder neu anzusetzen war, ob sich dieser **Stift tatsächlich in der Bohrung** befand oder in einem anderen Engpass zwischen Platzhalter und Zahnücke; deutlich wurde der richtige Sitz immer, wenn über den Stift der Zylinder angedreht werden sollte. Als zusätzlich problematisch erwiesen sich **Abwehrbewegungen** des Patienten bei eingesetztem Stift: Entweder man riskierte, den freien Stift dabei loslassen zu müssen um danach erneut den Sitz des Platzhalter überprüfen zu müssen und erst dann wieder andrehen zu können, oder die Hand wurde am PH belassen, ging die Abwehrbewegungen mit, und verrutschte so erst recht die Position des Platzhalters. Nie fiel der freie Stift völlig aus der Bohrung in die Maulhöhle hinein.

Was den **3-mm-PH-Schraubstift** betrifft, konnte dieser bei Abwehrbewegungen selbstverständlich nicht losgelassen werden und barg dadurch, ohne daß jemand verletzt worden wäre, eine Unfallgefahr, insbesondere, weil er während seiner Funktion relativ stabil, das heißt nicht unbedingt sofort entfernbar, im Platzhalter hing.

Desweiteren blieb der PH beim Spannen über den 3-mm-PH-Schraubstift zwar in der (Unterkiefer!-) Zahnücke, es **versetzten sich** jedoch seine **zu weiten Schenkel** in Drehrichtung, irritierten dabei aber das Zahnfleisch nicht. Trotzdem wurde dieser PH nach einem Tag gegen ein gleiches Modell mit passenden Schenkeln **ausgetauscht** (siehe Abb. 93).

Der Platzhalter **verblieb 1 Jahr in der Zahnücke**. Nach dieser Zeit ergab eine Routinekontrolle sein Fehlen, vorausgegangene Kontrollen bis zu jenem Zeitpunkt bestätigten seinen einwandfreien Sitz. Er wurde nicht nachgespannt; wöchentlich spülten die Halter die Maulhöhle des Patienten.

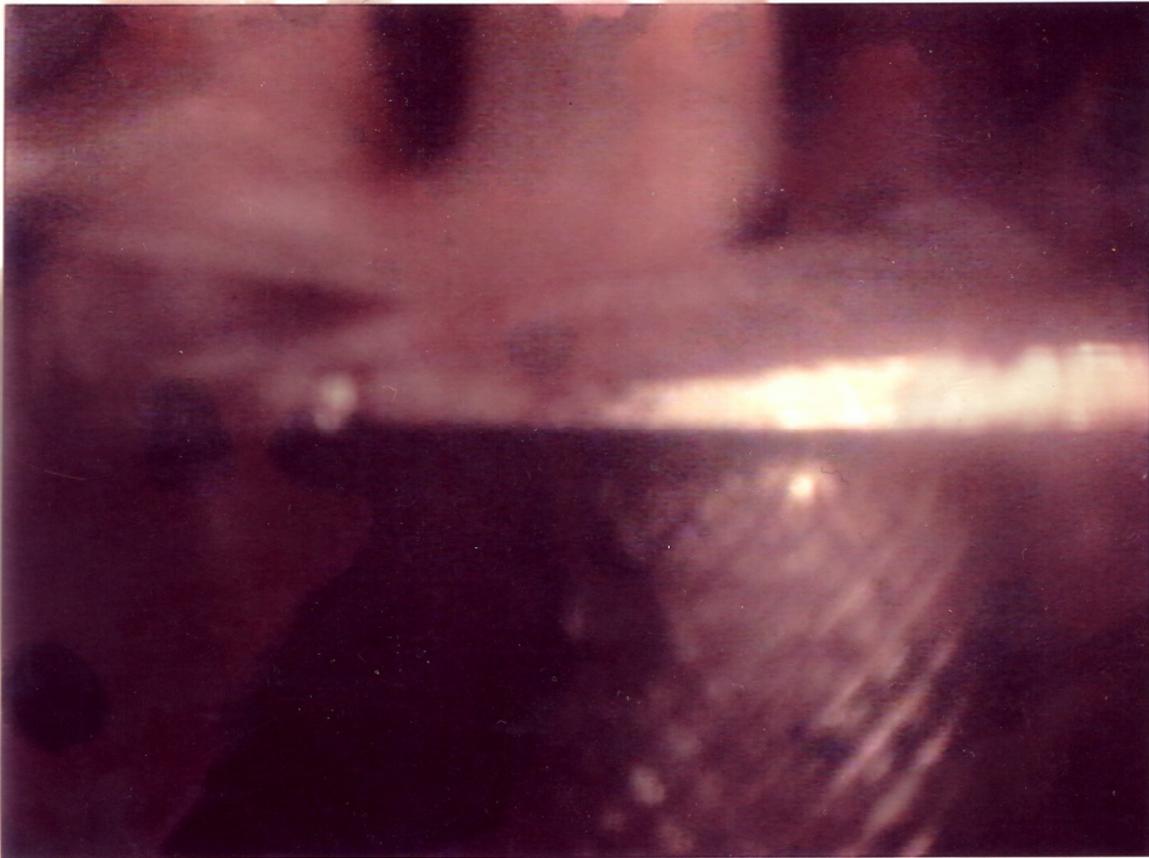


Abb. 93, PH-Nr. 2 (Modell 8, PH 5) mit zu breitem Basisstück bei Patient Nr. 59 (Tab. 3) in Lücke P₄ UK li; (Zahnkamera-Aufnahme).

Bei Patient Nr. 66 (Tab. 3, P₃ UK li, **PH-Nr. 3**) konnte per Knopfsonde gemessen, die Zahnstücke angepasst, der Platzhalter (**Modell 9 c, PH 8**) eingelegt, manuell und schließlich mit dem 8-mm-PH-Schraubenschlüssel angezogen werden, ohne ihn sedieren zu müssen. Durch das **Spannen** des Hohlzylinders gegen die Schraube **drehten sich die etwas (ca. 2 mm) zu breiten Zahnstücke mit**, traumatisierten die Gingiva jedoch nicht.

Auch nach 2 Tagen, 1,5 Monaten, einem halben Jahr und dann 12,5 Monaten saß der PH komplikationslos (siehe auch die Röntgenaufnahme von Abb. 56), musste aber nach 1,5 und 12,5 Monaten **nachgezogen** werden; da der Hohlzylinder sich nicht weiter aus der Schraube drehen ließ, ohne locker zu werden, war dies nur bis zu einem gewissen Punkt möglich, was im vorliegenden Fall für eine erneute Spannung des Platzhalters genügte. Eine geringe Menge an **Futterresten** (Gras, Heu – die Maulhöhle wurde wöchentlich vom Patientenbesitzer mit dem Wasserschlauch gespült; siehe Abb. 94), welche leicht stechend, aber nicht faulig rochen, wurde jeweils zu diesen Kontrollterminen entfernt. Nach **13,5 Monaten fiel der Platzhalter selbstständig heraus**.

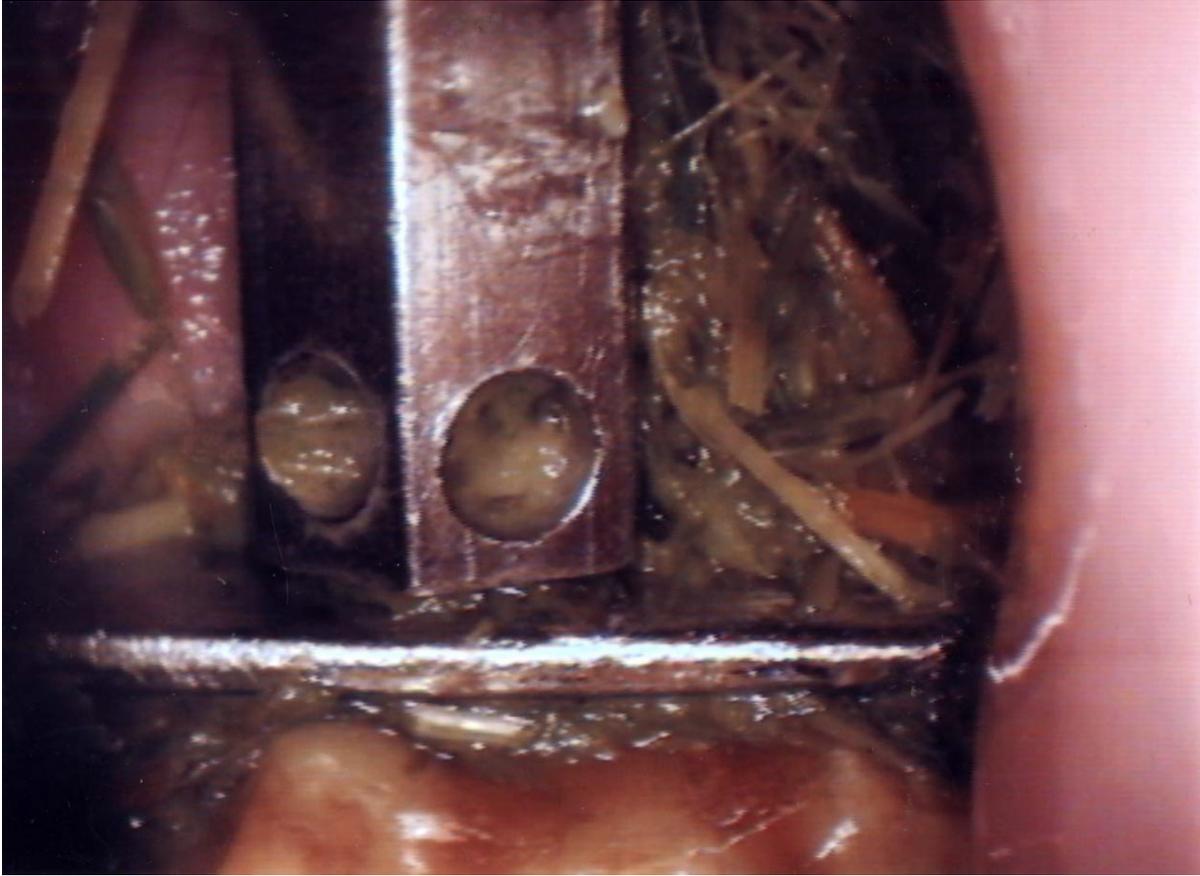


Abb. 94, PH-Nr. 3 (Modell 9 c, PH 8) bei Patient Nr. 66 (Tab. 3) in Lücke P₃ UK li;
(Zahnkamera-Aufnahme).

Aufgrund **wenig präziser Messungen mit der Knopfsonde** tief in der Maulhöhle (M₂ OK li) des Patienten Nr. 67 (Tab. 3, PH-Nr. 4) gestattete die Enge der Zahnücke auch nach mehrmaligen Kürzungen des Zwischenstücks **nicht, den vorgesehenen Platzhalter (PH 8, Modell 9 c) zu inserieren**. Jedes **Kürzen der Zwischenstückbestandteile**, sie wurden gesägt und/oder gefeilt, erforderte die **Gewindeanfänge nachzuarbeiten**, ansonsten liefen die Gewinde nicht mehr.

Hohlzylinder und Schraube zu bearbeiten kostete **Zeit** und diese kollidierte mit einer behandlungstauglichen **Tiefe der Sedierung**. Der Einsatzversuch dauerte in etwa 1 Stunde und der Patient musste 2 mal nachsediert werden.

Dagegen gelang es ohne Schwierigkeiten die **Zahnstücke vor Ort** mit Hilfe des zusammengestellten Werkzeugs und der dafür konstruierten Instrumente den gemessenen Gegebenheiten **anzupassen**. Besonders der massive Messingblock mit zentraler Bohrung, festgehalten von einer kräftigen Hilfsperson, funktionierte gut um die Schenkel passend umzuschlagen.

Auf günstigere Bedingungen traf der folgende PH-Versuch (nochmals **Modell 9 c, PH 8**):

In die Doppellücke P₄ M₁ UK li (Patient Nr. 68, Tab. 3, **PH-Nr. 5**) gelang es 20 min. bis eine halbe Stunde nach Arbeitsbeginn am sedierten Pferd den PH einzusetzen (Abb. 95). Mit den Vorbereitungen dauerte der gesamte Einsatz ca. 1 Stunde.

Das einzige Problem präsentierten wiederum die sich beim Aktivieren mitdrehenden Zahnstücke. Bukko-distal **verletzte eine Schenkelspitze das Zahnfleisch**.

Nach 15 Tagen wurde der Platzhalter kontrolliert, musste um 2 bis 3 mm **nachgezogen**, von wenigen, leicht faulig riechenden **Futterresten** befreit werden und konnte in der Folgezeit, da das Pferd verzogen war, nicht mehr nachjustiert werden. Laut Patientenbesitzer **saß der PH ungefähr 1,5 Jahre**, bevor er herausfiel.

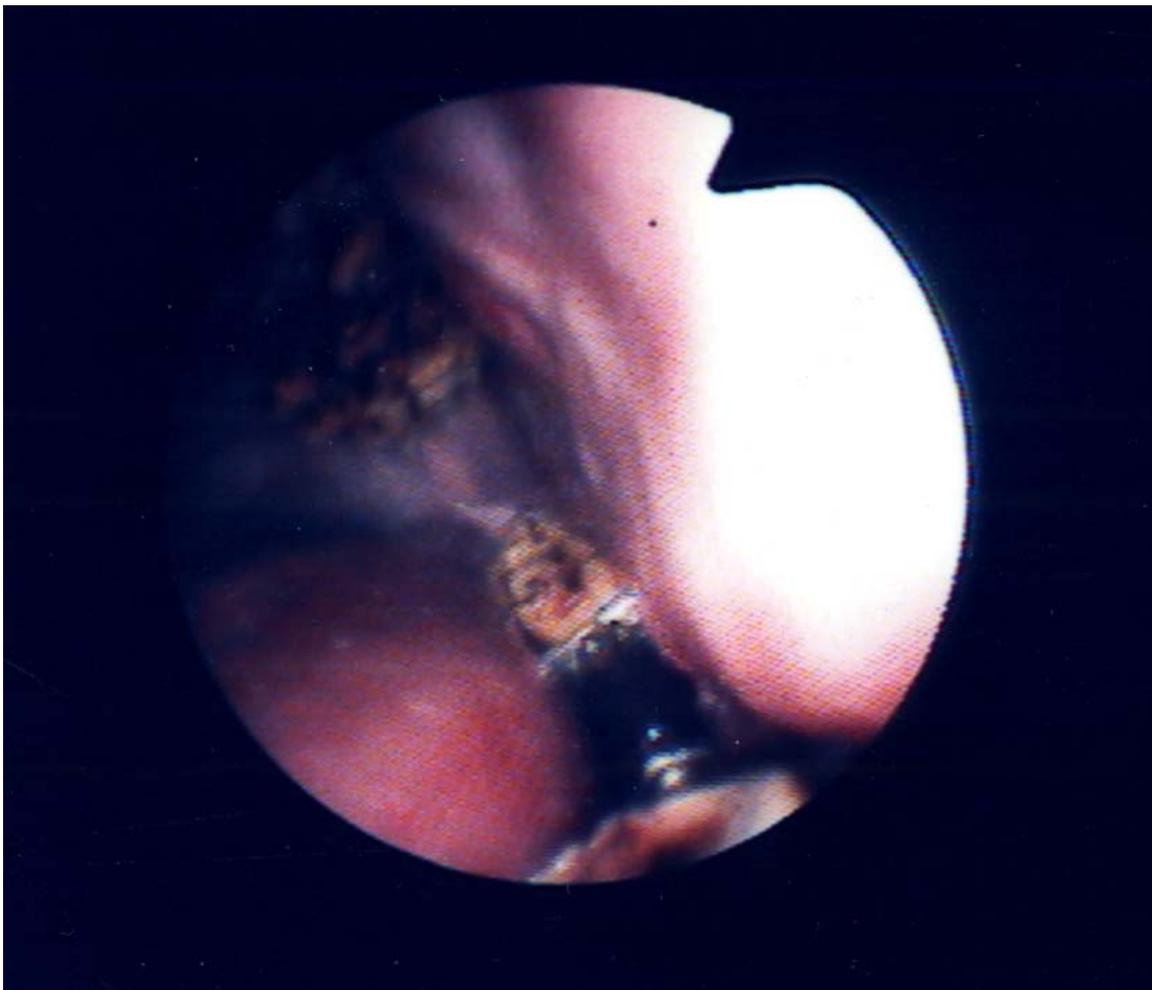


Abb. 95, PH-Nr. 5 (Modell 9 c, PH 8) bei Patient Nr. 68 (Tab. 3) in Lücke P₄M₁ UK li; (Bronchendoskop-Aufnahme).

Modell 9 e (PH 10) wurde für Patient Nr. 69 (Tab. 3, M₁ OK re, **PH-Nr. 6**) verwendet. Trotz der (erstmalig nach dem Ergebnis des Abdruckverfahrens hergestellten) schmalen Schenkel (Abb. 96) **verletzte seine** bukko-mesiale (am P₄) und palato-distale (am M₂) **Spitze das Zahnfleisch**, welches deswegen 10 min lang leicht blutete bevor die Blutung

eigenständig sistierte. Wegen dieser gingivalen Irritation wurde der Platzhalter **3 Tage später** mit Hilfe des 8-mm-PH-Schraubenschlüssels problemlos **entfernt**. Die **Granulatschicht** der Zahnstücke zeigte sich **schwärzlich verfärbt** und besonders hier roch der Platzhalter nach organischen Zersetzungsprodukten (**faulig, gammelig**). Unter dem PH, auf dem verheilten Zahnlückenboden, fand sich etwas **Futtermaterial**, das ebenfalls **faulig** roch.



Abb. 96, undeutliche Zahnkamera-Aufnahme von PH-Nr. 6 (Modell 9 e, PH 10) bei Patient Nr. 69 (Tab. 3) in Lücke M₁ OK re.

Der nächste Platzhalter (**Modell 10 b, PH 13**) bei Patient Nr. 71 (Tab. 3, **PH-Nr. 7**) blieb ebenfalls nur kurz in der Zahnlücke (P₃ OK re): Er wurde 2 mal eingesetzt, das erste Mal **fiel der Platzhalter nach 1 Tag**, das zweite Mal, ein Behandlungsversuch 1 Woche später, unterstützt von einem Akrylkleber (Technovit®) zwischen den Häckchen, **nach 1,5 Tagen heraus**. Beide Male gelang es nicht beim Spannen des Zwischenstücks und/oder beim Andrehen der Kontermutter zu vermeiden, die Eckhaken des **Platzhalters über das Kauniveau** rutschen zu lassen (Abb. 97 a – d). Zuerst endeten 2 Haken der Zahnstücke (mesial und distal je einer) zwischen den Schmelzfalten der Okklusionsfläche (Abb. 97 a), danach, beim zweiten Versuch eine Woche später war es 1 Haken (Abb. 97 b, d). Futtermaterial klemmte sich in keinem der beiden Versuche unter den Platzhalter.

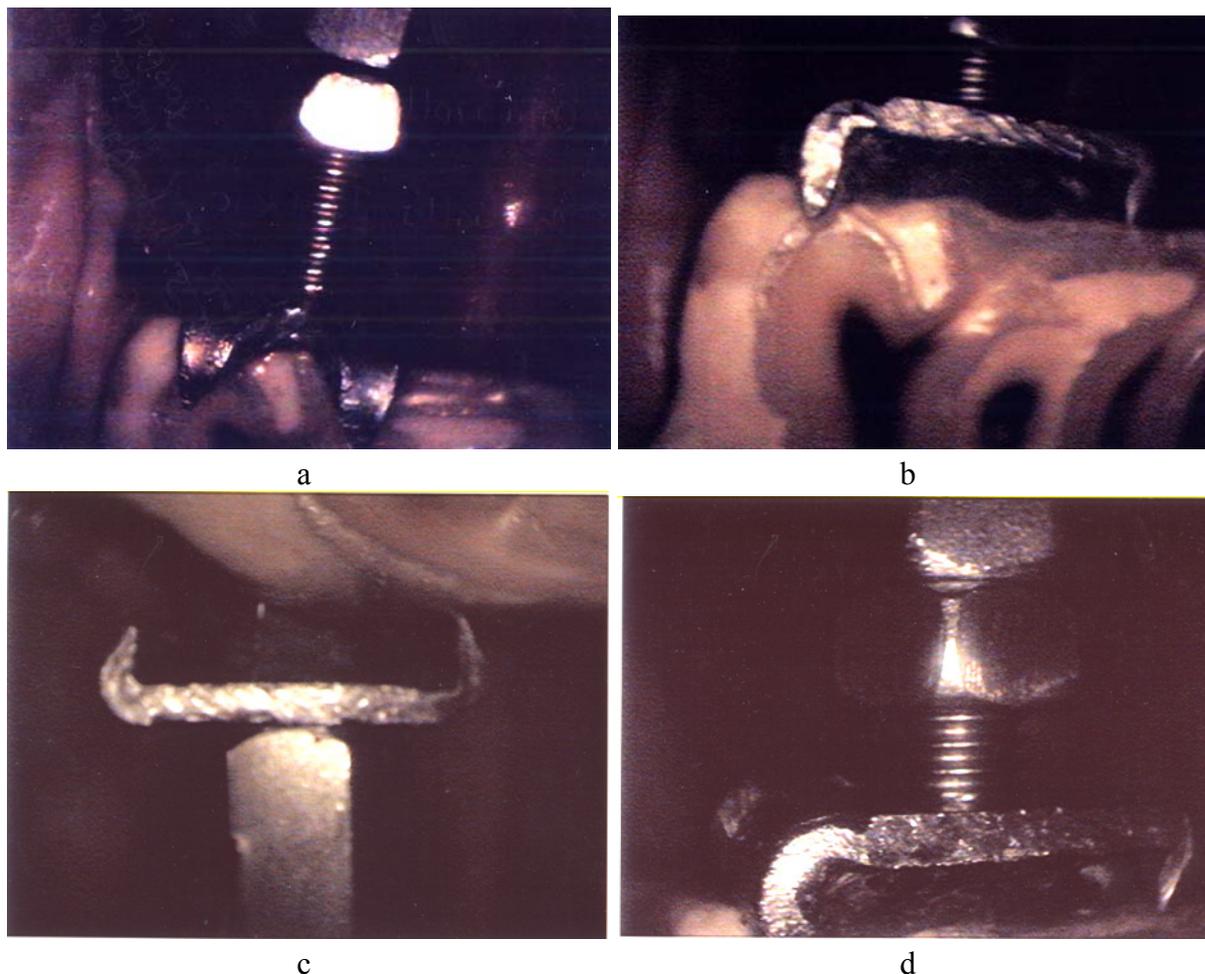


Abb. 97 a - d, Zahnkamera-Aufnahmen von PH-Nr. 7 (Modell 10 b, PH 13) bei Patient Nr. 71 (Tab. 3) in Lücke P₃ OK re.

Dauerhafter, tief in der Zahnücke verankert (Abb. 99), blieb das nach dem „**aktiven**“ **Prinzip** („Halten durch Spannen“) funktionierende **letzte Modell (11, PH 14)** bei Patient Nr. 70 (Tab. 3, P₃ OK li, **PH-Nr. 8**).

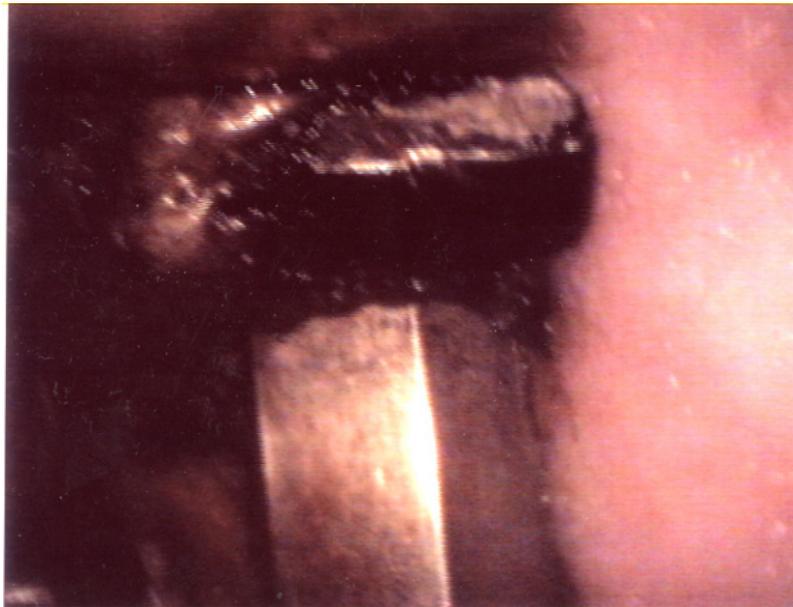
Kontrollen im 2-wöchigen Abstand befundeten jeweils leicht nach Zersetzung riechende **Futterreste** in geringen Mengen um den Platzhalter herum (Abb. 98 c, d).

Nach 10 Monaten musste der PH entfernt werden, da **Granulationsgewebe in den PH einwuchs** (Abb. 98 a, b) **und dabei Futterhalme einklemmte**, welche sich nun an Ort und Stelle zersetzten. Am sedierten Patienten war es zwar möglich die Stellschraube mit dem 8-mm-Maulschraubenschlüssel zu lockern, nicht aber den Platzhalter zu entnehmen, trotzdem eine Backenzahnretraktionszange am Hohlzylinder angesetzt werden konnte – der PH war **verkeilt** und ließ sich erst am allgemein anästhesierten Patienten mittels eines breiten Hakens entfernen. Dies allerdings gelang schnell und mühelos.

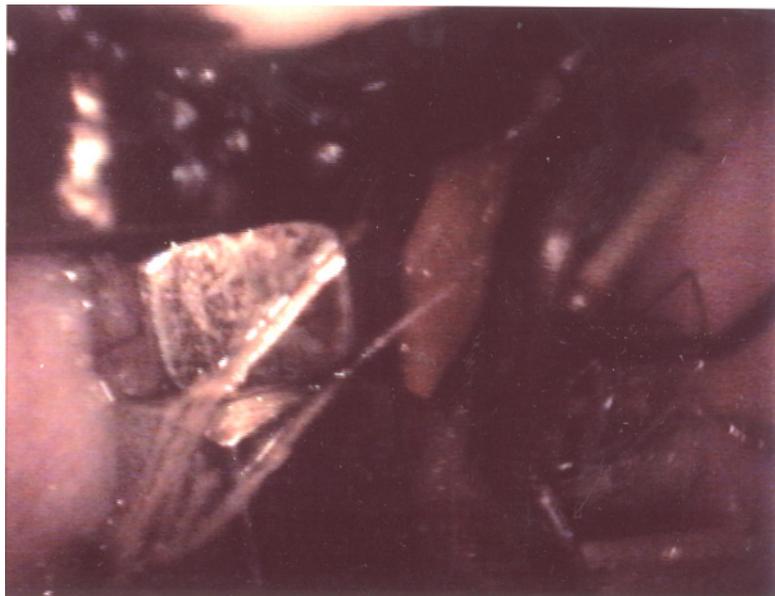


a

b



c



d

Abb. 98 a - d, Zahnkamera-Aufnahmen von PH-Nr. 8 (Modell 11, PH 14) bei Patient Nr. 70 (Tab. 3) in Lücke P₃ OK li.



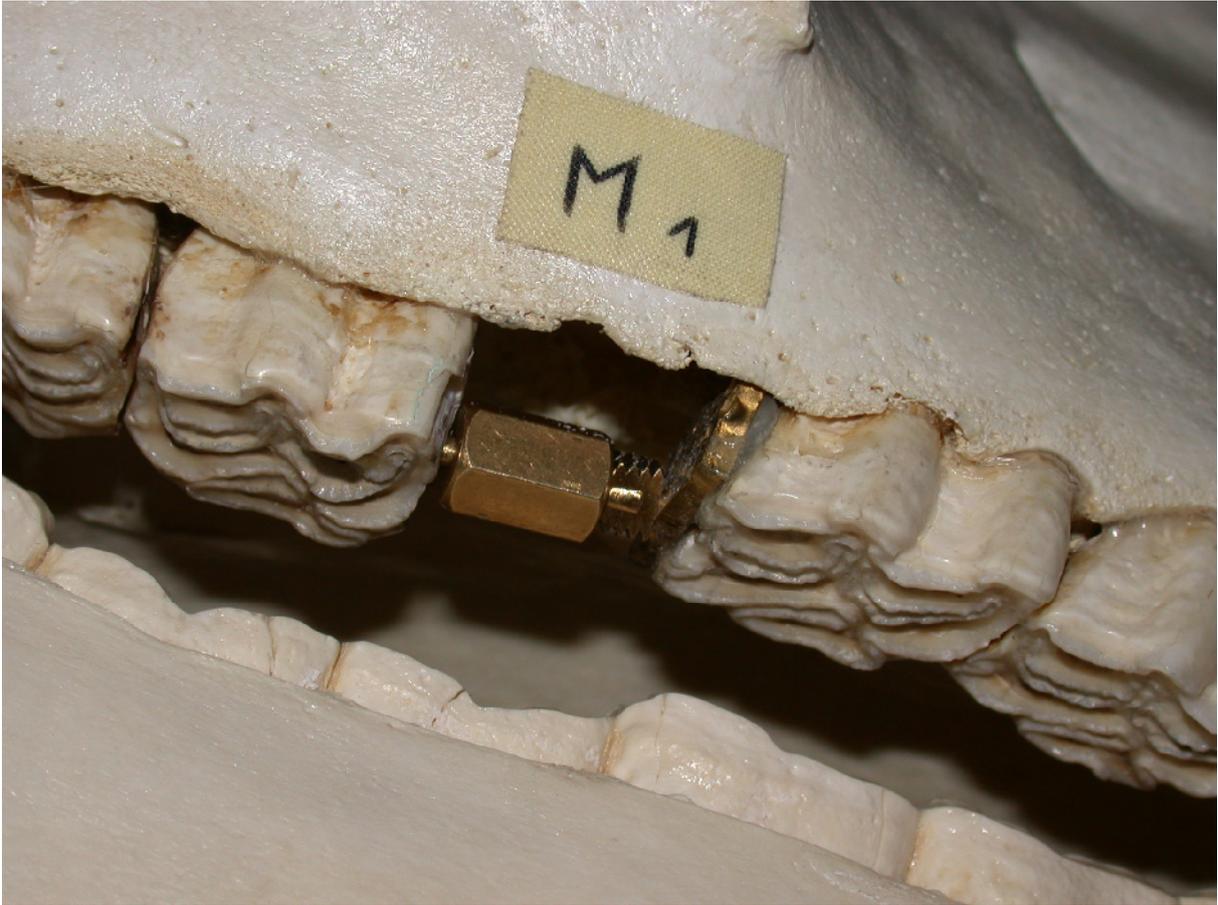
Abb. 99, Röntgenaufnahme von PH-Nr. 8 (Modell 11, PH 14) in situ (P₃ OK li).

Die Verhältnisse bei Patient Nr. 74 (Tab. 3, P₄ OK li, **PH-Nr. 9**) verlangten dasgleiche **Modell 11, PH 14**, knapp unter den Kautisch zu setzen. Dies gelang, jedoch klemmte/klebte ein Zahnstück des PH **nur mit einer Kante** an der Approximalfläche des Lückennachbarzahns. **Tags darauf fehlte der Platzhalter.**

PH-Nr. 10 (Patient Nr. 70, Tab. 3; P₃ OK re, **Modell 13 a, PH 15**) vertrat als einziger realisierter Platzhalter ein passives Prinzip („gehalten werden durch Hängen“). Zum längeren Einsetzen des Platzhalters am Patienten kam es nicht, da die **Lochplatte** auch **nach** mehreren **Klebeversuchen nicht haftete**. Der Urethanelastomer-Kleber (Super Fast™) schien erst anzukleben, härtete dann aber in sich aus, ohne stabilen Kontakt an der mit Sandpapier angerauhten, trocken geriebenen mesialen Approximalfläche zu finden. Von der gekörnten Lochplatte ließ er sich ebenfalls im ausgehärteten Zustand leicht abziehen.

Die **Bohrung** an der distalen Approximalfläche (der Patient lag in Narkose) bereitete **keine Schwierigkeiten**; unabdingbar, um den Rosenbohrer exakt anzusetzen, war es, unter visueller Kontrolle vorzugehen.

In der Zahnlucke des **Schädelpräparates** (M1 OK re) ließ sich sowohl die Lochplatte (ohne Rinne) problemlos an der mesialen Approximalfläche stabil ankleben, als auch der PH 15 über die vorgefertigten Bohrungen (Lochplatte mesial, Zahn distal) dirigiert mit den Augen mittels der Federnippel belastbar verankern (Abb. 100 a – c).



a



b



c

Abb. 100 a - c, PH 15 (Modell 13 a) und Lochplatte (ohne Rinne) in der Zahnlücke (M₁ OK re) eines Schädelpräparates.

Bei **keinem der 10 Patienten** konnte sich ein **Zahnstück** über seine Oberfläche (Granulat, Raspelrieb) oder Haken mit dem unbewaffneten Auge sichtbar in den **Zement einbohren**.

4.3.2.3 Urethanplomben

2 **Urethanelastomer-Plomben** bei 1 Patienten (Tab. 3, Nr. 70, P₃ Ok li + re) wurden experimentiert. Während der Kleber-Applikation über die Trepanationsöffnung war es trotz der Sicherung per Schiene unsicher, wie genau die Masse sich ausbreitete. Bei einem ersten Versuch ohne Hufabdruckmasse-Schiene verlief der Kleber aus der Zahnlücke und musste verworfen werden.

Nachdem der Kleber härtete (~10-15 min), konnte die Plombe manuell nicht mehr moduliert werden. Sie saß dann fest, die gesamte Zahnlücke ausfüllend. Gleichwohl konnte am P₃ Ok re nach 10 Tagen lediglich noch das Fehlen der Plombe festgestellt werden. Links war sie nach 10 Tagen noch vorhanden und ließ sich 1 Woche später mit der Hand nur schwer entfernen. Die Masse roch nicht entzündlich.

Tabelle 2, Übersicht eingesetzter Platzhalter
Patienten (n = 9)

PH - Nr.	PH-Typ	Tab 3 - Nr.	G	Ras se	Alter z.Z. des Zahnverlusts	Zeit zw. Zahnverlust und PH-Eins.	Zahn		Lük-ken-maß [cm] bei PH-Eins.	Kip-pen[°] der LNZ, me-di, bei PH-Eins.	Zeit zw. PH-Eins. und Lük-ken-maß	Lük-ken-maß [cm] nach PH-Eins.	PH-Probleme bei / nach Einsatz	PH - Dauer	PH ex: T ¹ / A ²	Zeit zw. PH-ex und Lük-ken-maß	Lük-ken-maß [cm] nach PH-ex
							OK re	OK li									
1	Zahnpräparat	56	St	Wbl	9	20 d	M ₁			1°-1°			Trocknen für PH-Einsatz	1,5a	A		
2	Modell 8, PH 5 	59	St	Wbl	4	19 Mo		P ₄	2,8	2°-2°			Schenkel-abstand; Mitdrehen der Schenkel; Stifte Ansetzen;	1a	A		
3	Modell 9c, PH 8 	66	W	Kbl	10	6 Wo		P ₃	3,5	1,5°-1°	1,5 Mo	3,5	Schenkel-abstand; Mitdrehen der Schenkel / PH-Lockerung; Futterreste	1a	A	1Mo	3,5
											0,5a	3,5					
											12,5 Mo	3,5					
4	Modell 9c, PH 8 (s. o.)	67	W	Wbl	12	~10 Mo		M ₂	~1,5	1°-7°			ungenauere Messung → PH zu lang	1h	T		
5	Modell 9c, PH 8 (s. o.)	68	St	Wbl	3	6 Mo		P ₄ , M ₁	~4,5	3°-4°	0,5 Mo	4,5	Mitdrehen der Schenkel / PH-Lockerung; Futterreste	~1,5 a	A		

Ergebnisse

¹ T (Therapeut) → PH vom Behandler entfernt² A (Auto) → PH selbstständig ausgefallen

6	Modell 9e, PH 10 	69	W	Wbl	8	5 Wo	M ₁	2,4	1°-1°	3 d	2,4	Mitdrehen der Schenkel→SHverl. / Futterreste; PH-Metallbeschichtung reaktiv	3d	T	4Wo	2,3
															6Wo	2,3
7	Modell 10b, PH13 ohne Akrylkleber (s. u.)	71	W	Wbl	6	3 Wo	P ₃	2,8	1,5°-1°			korrekte PH-Platzierung; Mitdrehen der Zahnstücke	1-2 d	A	5-6 d	2,7
	Modell 10b, PH13 mit Akrylkleber 					4 Wo		2,7	2°-1°			Auftragen des Akryl-Klebers; korrekte PH-Platzierung; Mitdrehen der Zahnstücke	1-2 d	A	1Wo	2,7
3	Urethankleber	70	St	Wbl	4	2,5 Wo	P ₃	~3,4	~1°-~1°			Dirigieren + Modulieren der Kleber-Masse	2,5 Wo	T	3Wo	3,4
8	Modell 11, PH 14 					1 Wo		3,4	3,4			1°-1°	~10 Mo	T	unmittelbar nach PH-ex	3,4
						7 Wo		3,4								
3	Urethankleber	10 d	3,3	Dirigieren + Modulieren der Kleber-Masse	~10 d	A	5Wo	3,2								
												6Wo	3,2			
												11Wo	3			
10	Mod. 13a, PH 15 					14 Wo		3	~3°-~2°			Lochplatte mit Urethankleber nicht anzukleben (Umgebung zu feucht) → PH nicht einsetzbar				
9	Modell 11, PH 14 (s. o.)	74	St	Wbl	6	9 Wo	P ₄	2,8	1°-1°			Abstreifen des Klebers; korrekte PH-Platzierung; PH-Spannen	1-2 d	A	1Wo	2,7
															5Wo	2,7

Ergebnisse

³ Urethankleber-PH sind ohne Nummer

4.3.3 Kontrolle des Platzhaltersitzes und des Kippens der Lückennachbarzähne

Die Frage, ob der Platzhalter sich in der Zahnlücke befindet oder nicht, konnte problemlos ohne Sedierung (Ausnahme kopfscheuer Patient Nr. 70, Tab. 2 und 3) durch die **palpierende Hand** und die **Adspektion mit der Taschenlampe** beantwortet werden. Genauere Auskünfte über die Situation des Platzhalters gelang es allerdings nur unter Sedierung des Patienten einzuholen, ansonsten behinderten die Abwehrbewegungen der Patienten die umfassende Palpation oder riskierten, daß die explorierende Hand den Platzhalter lockerte (Patienten Nr. 68, 69, Tab. 3) oder gar wegriß (Patient Nr. 66, Tab. 2 und 3)

Das gleiche galt für eventuelle Nachjustierungen der Stellschraube, die nicht am unsedierten Patienten Erfolg hatten.

Geröntgt wurde der Patient immer, wenn zugleich andere Fragestellungen mit interessiert haben. Der metallene Platzhalter setzte sich erwartungsgemäß deutlich von seiner Umgebung ab.

Die fakultativ eingesetzte **Dentalkamera** („Viola IITM Dental“) mit Monitor und Farbdrucker lieferte einerseits die detailliertesten Ausschnitte der PH-Situation, andererseits vermochten diese aber nur im Zusammenhang mit den überblickenden Routine-Untersuchungen einen Gesamteindruck vermitteln und klar gedeutet werden. Die Qualität der Farbausdrucke blieb technisch bedingt oft mangelhaft.

Wie die Messungen zum **Kippen der Lückennachbarzähne** ohne Platzhalter, bedeutete diese **Kontrolle** mit **Platzhalter** erst die Knopfsonde und dann das Abdruckverfahren einzusetzen.

Weder mit dem einen, noch mit dem anderen Verfahren konnte konstatiert werden, daß die Zahnlücke bei einem der 9 Patienten mit PH kleiner - oder größer - geworden wäre (vergleiche Tab. 3, insbesondere die Patienten Nr. 66 und Nr. 70, bei denen die Platzhalter länger verweilten und verfolgt werden konnten; vergleiche auch obige Tab. 2).

Tabelle 3, Ergebnis – Überblick
Präparate, röntgenologische und klinische Patienten, PH-Einsatz

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahn- verl.	Zeit zw. Zahn- verlust und Rö.aufn.	Zahn		Grad des Kip- pens ⁴ in die Zahnlücke der direkten Lücken- nachbarzähne: mesial ⁵ – distal ⁶	Okkl.- fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zw. Zahn- verl. und Lük- ken- maß	Lük- ken- maß ⁷ [cm]	röntgenol.-pathol. Befund – Diagnose ⁸	klinisch -pathol. Befund – Diagnose ⁵	PH- Ein- satz mög- lich?	PH - Nr. ⁹	PH- Dat.
					OK re UK re	OK li UK li									
1		Schädelpräparat Wbl			M ₃ OK bds. di versetzt		0° - ~30°				M ₃ je um eine Zahn- breite nach di versetzt	M ₃ UK bds di ab- genutzt → Zahnstufe	+		
2	W	Wbl	13		M ₁		4° - 9°	2,6	1,5 a	1,4		Diast. (~1 mm) an allen verblei- benden Zähnen im Quadrant I	+		
3		Schädelpräparat Wbl			M ₁		7° - 6°	2,8		2		Diastema OK li P ₂ -P ₃ → 3 mm, P ₃ -P ₄ → 1 mm	+		
4		Schädelpräparat Wbl			M ₂		1° - 11°	2,5		1		Alveole (M ₂) formt sich um (kippt mit)	+		
5	W	Wbl	8	20 d	M ₁		3° - 1°				Verschiebung nach apikal, ak Verkürzung, Stufen- bildung am P ₄ OK li	Zahnstufe am P ₄ OK li	+		
6	St	Wbl	6	19 d	M ₁		5° - 11°				P ₂ OK li mesial abgeflacht; Hakenbildung P ₂ UK li me	Zahnhaken P ₂ UK li me	+		
7	St	Wbl	7	35 d	P ₄		4° - 2°				Kaufläche distal am P ₃ OK re, M ₁ OK re me abgeflacht		+		
					P ₄		6° - 4°			Kaufläche P ₃ OK li di, M ₁ OK li me abgeflacht					

Ergebnisse

⁴ Referenzebene: mesiale – distale Kontaktebene des analogen Zahnes im gegenüberliegenden Quadranten, oder Vergleich mit einer Rö-Aufnahme vor der Zahntentfernung (0° bedeutet „nicht verkippt“)

⁵ Distale Approximalebene des mesialen Zahnes

⁶ Mesiale Approximalebene des distalen Zahnes

⁷ Gemessen zwischen der mesialen und distalen Okklusionskante der Lückennachbarzähne

⁸ Nur Befunde/Diagnosen, die **mit dem Kippen der Lückennachbarzähne zusammenhängen**

⁹ Zahlen geben die Reihenfolge der Patienten an

8	St	Wbl	9	39 d	M ₁	2° - 8°				40°-schiefer Abrieb der Kaufläche M ₁ OK re; 5 mm Haken am M ₃ UK re di	Zahnhaken M ₃ UK re di	+		
				4,5 Mo		4° - 15°				45°-schiefer Abrieb der Kaufläche M ₁ OK re; 7 mm Haken am M ₃ UK re di	Wellen-, Stufengebiß rechts			
				20 Mo		6° - 17°				Wellen-, Stufengebiß UK re				
9	W	Klpfd	9	6 Mo	P ₄	19° - 1°				mesialer Haken P ₂ UK re	Zahnhaken P ₂ UK re me	+		
10	W	Wbl	11	6,5 Mo	M ₁	3° - 6°				Zahnspitze am M ₃ UK re di; Kaufläche M ₂ OK re me abgeflacht	Zahnspitze am M ₃ UK re distal	+		
11	W	Wbl	13	19 d	M ₁	1° - 4°				M ₃ UK li di mit Zahnhaken, M ₃ OK li distal abgeflacht; Kaufläche M ₂ OK li me abgeflacht	Zahnhaken M ₃ UK li di	+		
				4 Mo		2° - 7°				2 mm breites Diastema P ₂ -P ₃ , OK li; M ₃ UK li di mit Zahnhaken (vergr.), M ₃ UK li distal abgeflacht; Kaufläche M ₂ OK li me abgeflacht	Zahnhaken M ₃ UK li di (vergr.)			
12	St	Tr	12	~1,5 Mo	M ₁	2° - 8°				Diastema bis 3 mm unter der Kaufläche zw. P ₂ -P ₃ OK li angedeutet; M ₂ OK li Kaufläche me abgeflacht		+		
13	W	Wbl	max. 23		M ₁	1° - 2°				P ₄ OK re ist verkürzt, schief eingekerbt, apikal am Parodont sklerosiert; Zahnhaken am M ₃ OK re di und am P ₂ OK re me; Wellengebiß	Zahnhaken M ₃ OK re di, P ₂ OK re me; Wellengebiß;	+		

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahnverl.	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.	Zahn		Grad des Kippens ¹ in die Zahn- lücke der direkten Lückennachbarzähne: mesial ² – distal ³	Okkl.- fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zw. Zahn- verl. und Lük- ken- maß	Lük- ken- maß ⁴ [cm]	röntgenol.-pathol. Befund – Diagnose ⁵	klinisch -pathol. Befund – Diagnose ⁵	PH- Ein- satz mög- lich?	PH - Nr. ⁶	PH- Dat.	
					OK re UK re	OK li UK li										
14	W	Wbl		~0,5 a	M ₁	6° - 9°					Kaufl. P ₄ OK li di abgefl.; Spitzenbdg am M ₃ UK li di obige Befunde verstärkt (Hakenbdg am M ₃ UK li di)	Zahnspitze M ₃ UK li di Zahnhaken M ₃ UK li di	+			
				1,5 a		9° - 13										
15	W	Wbl	9	5 a	P ₄	15° - 20° Berührung der LNZ verhindert der AG-Keil (P ₄ UK li)					M ₁ OK li mesial frakturiert; Stufen-, Wellengebiß; Zahnhaken am M ₃ UK li distal	Stufen-, Wellengebiß; Zahnhaken M ₃ UK li di	+			
16	W	Wbl	13	2 Mo	M ₁	4° - 6°					Stufengebiß im UK re	Stufengebiß rechts	+			
17	He	Kbl	~3	Pd nicht phys. ent- wickelt	P _{2,4}	23° - 3°					Prämolare im Wurzelbereich sklerosiert; Zahnhaken di am M ₃ UK li; Kaufläche P ₃ OK li schief	schiefe Kaufläche P ₃ OK li	+			
18	St	Klpfd	Mikrodontie M ₁ OK li, befundet mit 12a		M ₁	3° - 4°					Zahnhaken am M ₃ UK li distal	Zahnhaken M ₃ UK li di	+			
19	St	Klpfd	25	mind. 1 a	P ₂	0°							-			
20	W	Wbl	13	4 Wo	M ₁	1° - 4°	2,6	Schädelpräparat vorhanden			Wellengebiß; Zahnhaken M ₃ UK re distal					
				5 Wo		1° - 4°										
				2 Mo		1° - 5°										
				1,5 a		4° - 9°										
											Diastema P ₂ - P ₃ OK re, ~1 mm; Wellengebiß; Zahnhaken M ₃ UK re distal		+			

21	St	Wbl	max. 15		M ₁	1° - 8°			Zahnhaken M ₃ UK re di; M ₂ OK re mesial abgeflacht	Zahnhaken M ₃ UK re di	+		
22	He		5	¹⁰	(P ₂)	0°			LNZ nicht verkippt, der P ₂ OK re drückt gegen den restlichen Quadranten	P ₂ OK re verkippt	-		
23	W	Wbl	max. 29		P ₄	12° - 11°			Frakturverdacht M ₁ OK re; Zahnhaken P ₂ me und M ₃ di UK re	Zahnhaken P ₂ me, M ₃ di UK re	+		
24	W	Klpfd	max. 20		M ₃	0°					-		
25	W	Wbl	17	¹¹	M ₁	7° - 3°			Diast., 1-2 mm, P ₂ -P ₃ OK re; Alveole M ₁ OK re sklerosiert		+		
26	W	Klpfd	25-30	¹²	P ₂	0°					-		
27	W	Wbl	~8	4 a	M ₂	10° - 4°			M ₂ war vor seiner Entfernung durch die Nachbarzähne eingeklemmt; Zahnhaken distal M ₃ UK re	Zahnhaken M ₃ UK re di	+		
28	St	Klpfd	~14	~2 a	P ₂	0°					-		
29	He	Klpfd		mehrere Jahre	M _{1,2}	16° - 8°			li P ₂ im OK und UK nicht deckungsgleich		+		
30	W	Wbl	12	6 a	M ₁ M ₂ z. T.	5° - 10°			Zahnhaken M ₃ UK li distal; OK li: P ₄ distal, M ₃ mesial abgeflacht	Zahnhaken M ₃ UK li di	+		
31	W	Wbl			M ₁	12° - 15° LNZ berühren sich			Diastemata OK li: P ₃ -P ₄ → ~3 mm, M ₂ -M ₃ → ~2 mm; Zahnhaken M ₃ UK li, inkongruente P ₂ li	Diastemata OK li; Zahnhaken M ₃ UK li	+		
32	W	Wbl	11	16 Mo	M _{1,2}	2° - 13°			Zahnhaken M ₃ UK re di; schräge Abnutzung M ₃ OK re me	Zahnhaken M ₃ UK re di	+		

¹⁰ Zahn liegt schief von mesioapikal nach distokoronal und drückt koronal an seinen distalen Nachbarn

¹¹ Zahn erst eingeklemmt → Mikrodontie, dann entfernt

¹² Zahn unter Zahnfleischniveau abgerieben

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahnverl.	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.	Zahn		Grad des Kippens ¹ in die Zahnücke der direkten Lückennachbarzähne: mesial ² – distal ³	Okkl.-fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zw. Zahnverl. und Lückenmaß	Lückenmaß ⁴ [cm]	röntgenol.-pathol. Befund – Diagnose ⁵	klinisch-pathol. Befund – Diagnose ⁵	PH-Einsatz möglich?	PH - Nr. ⁶	PH-Dat.
					OK re UK re	OK li UK li									
33	W	Wbl	10-14	2,25 a	M ₁	1° - 7°	2,6	9 a	0,2	Zahnhaken M ₃ UK re distal; schräge Abnutzung M ₂ OK re mesial	Zahnhaken M ₃ UK re di	+			
				3 a		4° - 7°									
				4 a		5° - 9°									
				4,5 a		5° - 11°									
				6 a		11° - 14°									
				9 a		20° - 21°									
				9,5 a		22° - 23°									
9,7 a	22° - 24° LNZ berühren sich	9,7	0,0	Diastema M ₂ - M ₃ OK re angedeutet	Futterreste in Zahnücke mit oberfl. Gingivitis; Diastema P ₃ - P ₄ OK re, 1 – 2 mm	-									
34	W	Wbl	8	5 Mo	M ₂	3° - 7°		~1Mo	>	Zahnhaken M ₃ UK li di; schräger Abrieb M ₁ OK li di	Zahnhaken M ₃ UK li di	+			
35	W	Tr	9	1 a	M ₁	8° - 7°		~1Mo	>	Zahnhaken M ₃ UK li distal, P ₂ UK li mesial	Zahnhaken P ₂ UK li me, M ₃ UK li di	+			
36	W	Klpfd	max. 32		P ₄	4° - 6°		~1Mo	>	Einschliff M ₃ UK in M ₃ OK → distaler Zahnhaken M ₃ OK	Einschliff M ₃ UK in M ₃ OK → M ₃ di Zahnhaken OK	+			
37	W	Klpfd	max. 16		P ₂	0°		~1Mo	>			-			
38	W	Kbl	4	2 Wo	M ₁	2° - 3°		~1Mo	>	M ₃ OK – UK re distal nicht kongruent		+			
				5 Wo		4° - 5°									
				8 Wo		6° - 8°									
39	W	Wbl	5	1 Wo	M ₁	1° - 2°		~1Mo	>	M ₃ OK – UK re distal nicht kongruent		+			

40	W	Vbl	max. 25		M ₁	1° - 2°		~1Mo	>	P ₂ OK re me schräg abgenutzt; P ₂ UK re Exsup. dentis		+		
41		Schädelpräparat Wbl			M ₁	3° - 6°		~1Mo	>	Zahnhaken M ₃ OK	Zahnhaken M ₃ OK	+		
42	W	Wbl	~10	mind. 2,5 a	M ₁	1° - 3° 3° - 5°		~1Mo	>	M ₃ OK – UK li distal nicht kongruent		+		
43	W	Wbl	13	mind. 3 Wo mind. 7 Mo mind. 9 Mo	M ₁	2° - 2° 2°/3° - 2°/3° 2°/3° - 3° 3° - 4°		~1Mo	>	Diastema angedeutet P ₂ -P ₃ UK re	mittelgradiges Kantengebiß	+		
44	He	Tr	3		P ₄ ¹⁴ P ₄ ¹¹	2° - 1° 1° - 3°		~1Mo	>	P ₄ d OK UK re eingeklemmt; inkongruente P ₂ re	Zahnkappe P ₄ OK UK re	+/-		
45	W	Wbl	5	einige Wo bis Mo	P ₂	0°		~1Mo	>			-		
46	W	Wbl	5	1 d 2 Mo 2,5 Mo 4 Mo	P ₄	0° - 0° 3° - 2° 6° - 3° 7° - 3°		~1Mo	>	P ₂ OK – UK li mesial nicht kongruent	P ₂ OK – UK li me nicht kongruent	+		
47	St	Kbl	19	mind. 8 Mo mind. 2 a	P ₄	7° - 3° 9° - 4°		~1Mo	>	P ₂ OK – UK li mesial nicht kongruent	P ₂ OK – UK li me nicht kongruent	+		
48	St	Wbl	3		P ₃ ¹¹ , P ₄ ¹¹	3° - 2°		~1Mo	>	P _{3,4} d UK re eingeklemmt; inkongruente P ₂ re	Zahnkappe P _{3,4} UK re	+/-		
49	St	Tr	3		P ₄ ¹¹	1° - 2°		~1Mo	>	P ₄ d UK li eingeklemmt	Zahnkappe P ₄ UK li	+/-		
50	St	Klpfd	14	4,5 Mo 5,5 Mo	M ₁	2° - 4° 2° - 5°		~1Mo	>		M ₃ OK – UK re di nicht kongruent	+		

¹³ Zahn erst frakturiert → Frakturstück fehlend; später Zahn entfernt

¹⁴ keine fehlenden Zähne, Veränderungen durch persistierende Milchbackenzähne

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahn- verl.	Zeit zw. Zahn- verlust und Rö.aufn.	Zahn		Grad des Kip- pens ¹ in die Zahnlücke der direkten Lücken- nachbarzähne: mesial ² – distal ³	Okkl- fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zw. Zahn- verl. und Lük- ken- maß	Lük- ken- maß ⁴ [cm]	röntgenol.-pathol. Befund – Diagnose ⁵	klinisch -pathol. Befund – Diagnose ⁵	PH- Ein- satz mög- lich?	PH - Nr. ⁶	PH- Dat.
					OK re UK re	OK li UK li									
51	W	Klpfd				M ₂	1° - 11°		~1Mo	>	Fraktur M ₁ UK re; M ₃ OK – UK re distal nicht kongruent	Fraktur M ₁ UK re; M ₃ OK–UK re di inkongruent	+		
52	St	Klpfd				mehrere (M ₁)	mannigfaltige Verkippungen, im einzelnen nicht messbar		~1Mo	>	Diastemata; Zahnwanderungen; Zahnhaken; Inkongruentien	Diastemata, z. T. mit Gingivitis; Zahnwanderungen; Zahnhaken; Inkongruentien; BackenSH-defekte	+		
53	W	Wbl	max. 18			M ₁	3° - 8°		~1Mo	>	Diast. angedeutet P ₂ –P ₃ UK re; P ₂ mesial und M ₃ distal OK–UK re nicht kongruent	re inkongruente Zahnquadranten	+		
54	St	Wbl	8	1,5 Mo	M ₁	1° - 2°			~1Mo	>	P ₂ me und M ₃ di OK – UK re nicht kongruent; M ₂ OK re mesial abgeflacht	re inkongruente Zahnquadranten	+		
				2 Mo		1° - 2°									
				3 Mo		2° - 6°									
55	He	Wbl	max. 21			M ₂	2° - 9°		~1Mo	>	Zahnhaken M ₃ OK re distal; M ₁ di, M ₃ me schief abgenutzt	Zahnhaken M ₃ OK re distal	+		
56	St	Wbl	9			M ₁	1° - 1°		20 d ¹⁵	>		M ₃ OK – UK re distal nicht kongruent	+	1	15.6. 00-En de 02
57	W	Vbl				M ₁	2° - 3°		~1 Mo	>	linke Backenzahnreihen me und distal inkongruent	li inkongruente Zahnquadranten	+		
58	St	Tr	max. 4			P ₄	10° - 1°		~1Mo	>	Stufe P ₂ - P ₃ OK re; rechte Backenzahnreihen me und di inkongruent; P ₃ OK re distal abgeflacht	Stufe P ₂ -P ₃ OK re; re inkongruente Zahnquadranten	+		

¹⁵ Zeitpunkt, zu dem der PH eingesetzt wurde

59	St	Wbl	4	19 Mo	M ₁	2° - 2°	>2,8	19Mo ¹²	2,8		M ₃ OK – UK li distal nicht kongruent	+	2	14.12.00-Ende 01
60	He	Wbl	3	¹⁶	P ₄	1° - 3°	2,7	¹³	2,5	P ₂ und P ₃ UK re klemmen den verkippten Zahn ein	P ₂ und P ₃ UK re klemmen den verkippten Zahn ein			
61	St	Tr	~3	~2 a	P _{2,3}	30°/35°		~1Mo	>	P ₄ bis M ₃ UK um 30° - 35° nach mesial verkippt	Zahnwechsel UK gestört	+/-		
62	St	Klpfd			M ₁	2° - 3°	2		1,7	P ₂ mesial und M ₃ distal OK – UK nicht kongruent	inkongruente Zahnquadranten (Lückenseite)	+		
63	W	Wbl	~14	~8 a	M ₁	20° - 20° LNZ berühren sich fast	2,6	~8 a	0,2	Diast., ~1 mm, P ₂ -P ₃ OK li; Zahnhaken P ₂ UK li me, M ₃ UK li di; OK li: P ₄ distal, M ₂ mesial schief abgenutzt	Zahnhaken P ₂ UK li me, M ₃ UK li di; Futterreste in Zahnlucke	-		
64	St	Wbl	~8	~5 a	M ₁	4° - 30° LNZ berühren sich	2,5		0	Zahnhaken P ₂ UK li mesial, M ₃ UK li distal	Zahnhaken P ₂ UK li me, M ₃ UK li di; Futterreste in ZI	-		
65	St	Wbl	~3	~6 a	P ₃	0° - 30° LNZ berühren sich??	2,6	~6 a	0 ?	spitz zulaufender, schräg von km nach ad stehender P ₄ UK li mit Haken me	Futterreste in Zahnlucke	-		
66	W	Kbl	10	3 Wo	P ₃	0,5° - 0,5°	~3,7	3 Wo	~3,6	M ₃ OK – UK li di nicht kongruent	M ₃ OK – UK li di nicht kongruent	+	3	9.10.01 - 10.02
				4 Wo		1° - 0,5°		4 Wo	3,6					
				6 Wo		1,5° - 1°		6 Wo ¹²	3,5					
								3 Mo	3,5 ¹⁴					
								7,5Mo	3,5 ¹⁷					
								14Mo	3,5 ¹⁴					
								15Mo	3,5					
		20Mo	3,5											
67	W	Wbl	12	~8 Mo ~10 Mo	M ₂	1° - 5° 1° - 7°	~2,5	~10 ¹² Mo	~1,5	Zahnhaken M ₃ UK li distal	Zahnhaken M ₃ UK li distal	+	4	5.11.01 ¹⁸

¹⁶ Zahn liegt in der Transversalebene verkippt¹⁷ Messung der Zahnlucke mit eingesetztem PH¹⁸ PH war nicht stabil zu fixieren

Nr.	G	Rasse	Alter z. Z. des Zahnverl.	Zeit zw. Zahnverlust und Rö.aufn.	Zahn		Grad des Kippens ¹ in die Zahnücke der direkten Lückennachbarzähne: mesial ² – distal ³	Okkl.-fläche, md, des Zahns [cm]	Zeit zw. Zahnverl. und Lückenmaß [cm]	Lückenmaß ⁴ [cm]	röntgenol.-pathol. Befund – Diagnose ⁵	klinisch-pathol. Befund – Diagnose ⁵	PH-Einsatz möglich?	PH - Nr. ⁶	PH-Dat.
					OK re UK re	OK li UK li									
68	St	Wbl	3	6 Mo		P ₄ , M ₁	3° - 4°	~5	~6Mo ¹² 6,5Mo	~4,5 4,5 ¹⁴	Zahnhaken P ₂ OK li me, M ₃ OK li di	Zahnhaken P ₂ OK li mesial, M ₃ OK li distal	+	5	5.11. 01- So 03
69	W	Wbl	8	3 Wo	M ₁	1° - 1°	2,6	1 Wo	2,5	Zahnhaken M ₃ UK re distal	Zahnhaken M ₃ UK re distal	+	6	23.5. - 26.5 03	
				5 Wo ¹²				2,4							
				9 Wo				2,3							
				11 Wo				2,3							
70	St	Wbl	4	2,5 Wo	P ₃	1° - 1°	3,5	direkt nach Rep.	3,5	P ₂ OK – UK li mesial nicht kongruent	P ₂ OK – UK li mesial nicht kongruent	+	A kryl brücke	8	20.2. - 10.3. 04 31.3. 04 - 8.2. 05
				5 Wo				3,4							
				8 Wo ¹²				3,4							
				9 Wo				3,4 ¹⁴							
				15 Wo				3,4 ¹⁴							
				direkt nach Rep.				3,3							
				8 Wo				3,2							
9 Wo	3,2														
14 ¹² Wo	3	P ₂ OK – UK re mesial nicht kongruent	+	A kryl brücke	10 (Versuch)	13.5. 04									
8 Wo	3,2														
9 Wo	3,2														
14 ¹² Wo	3														

Ergebnisse

71	W	Wbl	6	1 Wo	P ₃	1° - 0,5°/1°	3	1 Wo	2,9			+	7	3.-4., 10.- 12.6. 03 ¹⁹		
				3 Wo		1,5° - 1°		3 Wo ¹²	2,8							
				4 Wo		2° - 1°		4 Wo ¹²	2,7							
				5 Wo		2° - 1°		5 Wo	2,7							
72	St	Wbl	9	20 Mo	M ₁	2° - 4,5°	2,5	knapp 2 a	~2	Zahnhaken M3 UK re di; schiefe Abnutzung M2 OK re me; P2 OK – UK re me inkongruent	Zahnspitzen UK P ₂ me, M ₃ di	+				
				2 a		2° - 5°										
73	W	Wbl	12	mk lockeres Zahn- fragment fühlbar	M ₁	1°-2° - 0,5°-1°	2,7			ggr. Wellengebiß	ggr. Wellengebiß	+				
				2 Mo		2° - 1°									2 Mo	2,3
74	St	Wbl	6		P ₄		3	direkt nach Rep.	3			+				
								6 d	3							
								8 d	3							
								11 d	2,9							
								15 d	2,9							
								18 d	2,9							
								22 d	2,9							
								28 d	1° - 0,5°						29 d	2,9
															36 d	2,9
															43 d	2,8
															50 d	2,8
															57 d	2,8
		61 d	1° - 1°	62 ¹² d	2,8											
				69 d	2,7											
				87 d	2,7											
										P ₂ OK – UK li mesial nicht kongruent				9	31.3 - ¹⁶ 1.4.04	

Ergebnisse

¹⁹ PH jeweils für 1 – 2 d in situ

5 Diskussion

5.1 Benötigen Pferde im Backenbereich einen Zahnersatz?

5.1.1 Fragestellungen, Material, Ergebnisse

Teil 1 der dreiteiligen Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit sah vor zu untersuchen, ob bei alten wie neuen **Backenzahnlücken** (vornehmlich nach Repulsion) **Handlungsbedarf** über das gängige Beschleifen und Beraspeln hinaus bestehen könnte und wie die **Dynamik im Backenzahnlückengebiß** abläuft.

Dazu wurden 4 Schädelpräparate, 70 radiologische Kopfaufnahmen, dieselben 70 Zahnpatienten und/oder deren Karteien der letzten 33 Jahre in Hinblick auf pathophysiologische und –anatomische Störungen am Gebiss befundet, die sich mit einem geeigneten Zahnersatz vermeiden ließen. Eine Zahnlücke oder, in 7 Fällen (Tab. 1, Nr. 1, 22, 26, 44, 48, 49, 60) vergleichbares wie die Diastemata bei Patient Nr. 1 oder der transversal verkippte Zahn bei Patient Nr. 60 (beide Tab. 1), fungierten als einziges Kriterium, um für die Studie ausgewählt zu werden.

Die Untersuchung kommt zum gleichen Schluß wie, von wenigen Ausnahmen abgesehen (z. B. BOLZ und SCHLEITER [1975] „Zahnlücken der Backenzähne bei Großtieren bereiten nur geringe Kaustörungen“) diejenigen Pferdepraktiker – es wurden ausschließlich Quellen praktisch tätiger oder tätig gewesener Tierärzte zu diesem Thema gefunden - , welche ihre Erfahrungen und ihre Folgerungen daraus publizierten:

Aus pathologischen Backenzahnlücken ergeben sich immer weitere pathologische Gebißformen. Fast alle diese Gebißformen werden früher oder später klinisch relevant. In den wenigsten Fällen genügt es auf Dauer als Therapie die überschießende Zahnschubstanz abzutragen, um das Gebiß klinisch gesund zu erhalten.

Von Vorteil wäre es, so stellt die vorliegende Untersuchung ergänzend fest, der Zahnersatz wäre in der Art konzipiert, daß er über die Anforderung als Platzhalter hinaus bereits gekippte Zähne korrigieren könnte.

Über diese mit dem gesichteten Schrifttum übereinstimmenden Erkenntnisse hinaus, dokumentiert die Recherche **Langzeitfolgen des Backenzahnverlusts im Speziellen** wie z. B. die Futtermaterial-Impaktion mit Zahnfleischentzündung unter sich berührenden oder fast berührenden direkten Lückennachbarzähnen und die **pathophysiologische Dynamik im Gebiß mit Backenzahnlücke im Allgemeinen**.

Die Resultate dieser Dynamik werden in der Literatur (siehe unten) immer wieder beschrieben. Zum „wo“, „wie“, „wann“, „warum“ und „was noch“ dieser Resultate sollten Ansätze bestätigt, erweitert oder gefunden werden.

5.1.2 Pathophysiologische Dynamik im Backenzahnlückengebiß im Allgemeinen

Die Untersuchungsergebnisse zu diesem Thema sind in Punkt 4.1 („Dokumentation der Zahnlücken“, S. 105) an Hand der ersten 7 „Fragestellungen“ präsentiert worden. Sie sollen nun ebenfalls vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen diskutiert werden:

- Bewegen sich die restlichen Backenzähne nach einer Backenzahntfernung über das physiologische Maß hinaus?

Zumindest einer der beiden direkten Lückennachbarzähne bewegt sich immer pathologisch, wenn ein innerer Backenzahn fehlt; dies wurde in allen 3 untersuchten Gruppen, **Schädelpräparate, röntgenologische und klinische Patienten**, festgestellt. **Fehlte ein äußerer Backenzahn, bewegten sich die verbleibenden Backenzähne des Quadranten nicht.**

BECKER (1970, S. 215), HÖPPNER und HERTSCH (1999), DIXON (2000), GREENE (2001) und PENCE (2002, S. 231) (→ „Die beiden der Zahnücke benachbarten Zähne tendieren nach der Zahnextraktion zum Kippen in die Lücke“) sowie HOWARTH (1995), DIXON et al. (1999), DIXON (2000) und EASLEY (1999c, S. 220 - 249) (→ „Fehlt ein Zahn im Quadranten, tendieren die übrigen Zähne der Zahnreihe dazu, diese Lücke zu schließen“) stimmen mit diesen Untersuchungsergebnissen, welche die Gebissituation mit einem fehlenden inneren Backenzahn betrifft, überein. Der vorliegenden Beobachtung, nach der sich die verbleibenden Backenzähne eines Quadranten beim Fehlen eines äußeren Backenzahns nicht bewegten, könnten die genannten Autoren insofern Rechnung tragen, als sie von „beiden“ Lückennachbarzähnen einer „Lückenschließung“ sprechen, was äußere Backenzahnlücken ausschließen würde.

Einen Sonderfall in vielerlei Hinsicht bildet das erste **Schädelpräparat** (Tab 1 und 3, Nr. 1) mit den beiden aberranten, nach distal versetzten M₃ im Oberkiefer. Die Tatsache, daß diese Zähne als gekippt interpretiert werden, berücksichtigt die Beobachtung, nach der alle äußeren Backenzähne, also M₃ und P₂, bei Präparaten wie Patienten stark in die benachbarte Zahnücke kippten (dem P₂ des Patienten Nr. 65 der Tab. 1 und 3 war es wegen der distalen Lückennachbarzähne nicht möglich zu kippen). Zudem kann man bei diesem Schädelpräparat nicht von 2 Zahnücken sprechen – ein knöchernes Zahnfach ist nicht zu erkennen -, sondern von 2 Diastemata als Mißbildung.

Um bei den **röntgenologischen Patienten** Bewegungen festzustellen, wurde die Geodreieck-Methode angewendet. Die Genauigkeit und Vergleichbarkeit der Messungen dieser Methode hängt bei sonst annähernd gleichen Parametern (Stromstärke, Stromspannung, etc.) und abgesehen von irritierenden Überlagerungen vor allem vom Film-Fokus-Abstand und der Projektionsrichtung ab. Diese beiden Faktoren waren nicht immer konstant, schon weil die Indikationen zu den Aufnahmen nicht primär den Zahnückenmessungen galten. Trotzdem

konnten vergleichbare Aufnahmen herangezogen werden, da in den meisten Fällen mehrere bis eine Vielzahl von Röntgenbildern verfügbar waren, wodurch oft auch vergleichbare (die entscheidende Rolle spielten Projektionsabweichungen in der frontalen Ebene, also Projektionen nicht im 90°-Winkel zur Zahnlücke, während Abweichungen in der transversalen Ebene vom 90°-Winkel sich dennoch genau messen ließen; siehe Skizze, Abb. 101) Strahlengänge für die Messungen ermittelt werden konnten. Zudem ermöglichten die mit der Abdruckmethode beurteilten klinischen Patienten eine genaue Kontrolle der röntgenologischen Messergebnisse.

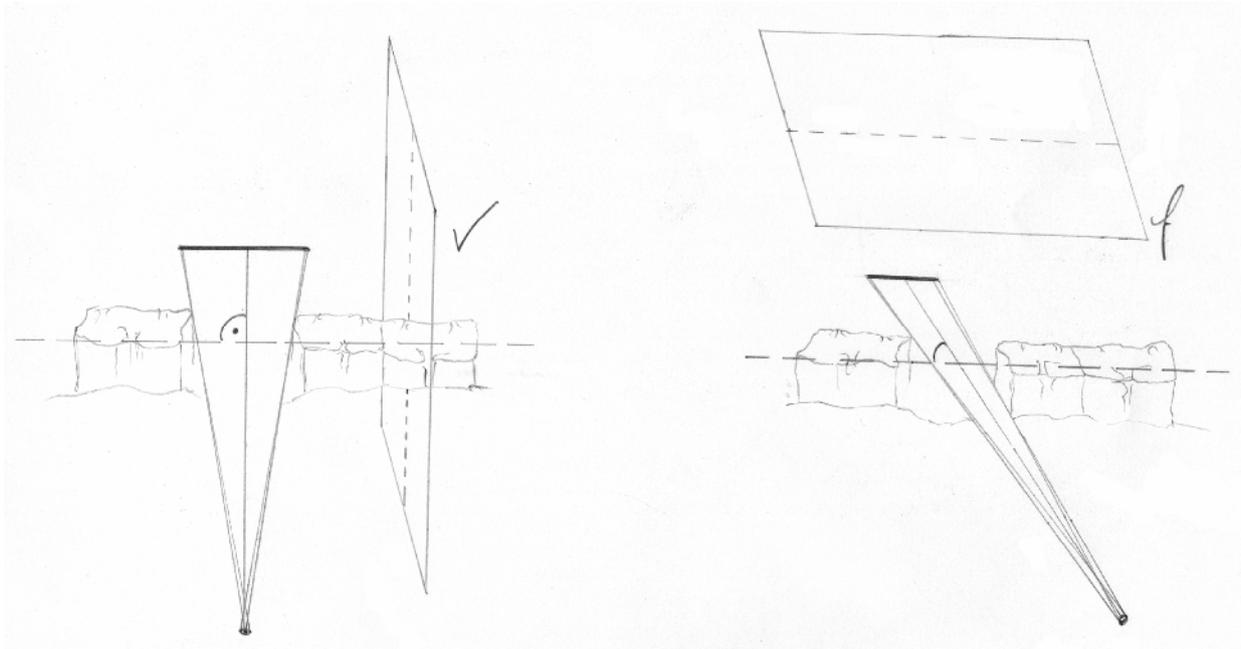


Abb. 101, Erwünschter (li) und unerwünschter (re) Strahlengang zur Bemessung der Backenzahnlücke. Verschiebungen in der transversalen Ebene (li) sind unerheblich, Verschiebungen in der frontalen Ebene (re) bewirken Meßfehler.

Bei denjenigen **klinischen Patienten**, welche über ihre Krankenblätter beurteilt wurden (Tab. 1 und 3, Nr. 5-19, 21-32), sprechen „kipptypische“ Befunde wie die Zahnhaken an den Enden der Quadranten für pathophysiologische Zahnbewegungen. Eindeutige Aussagen vermögen hier nicht getroffen zu werden.

Genaue, systematisch verwertbare Aussagen über die Backenzahnbewegungen im Backenzahnlückengebiß versprach die **Abdruckmethode**. Wenn diese Methode auch von vielen Faktoren in der Qualität ihrer Ergebnisse abhing, so lagen die Differenzen der Werte doch nach einiger Übung bei maximal bis zu einem Millimeter und der Abdruck spiegelte insbesondere die Gesamtverhältnisse in der Zahnlücke! Letzteres erwies sich als unverzichtbar um die Platzhalter individuell an die Gegebenheiten der Lücke anpassen zu können und somit über Erfolg oder Mißerfolg des Platzhalters zu entscheiden. Im Übrigen wurde bei den Untersuchungen ein kondensationsvernetztes Silikon benutzt, da die minimale

Schrumpfung des Abdruckergebnisses keine Rolle spielte und folglich keine Notwendigkeit für die (v. a. preislich) aufwendigeren additionsvernetzten Silikone bestand.

Als die Qualität der Ergebnisse der Abdruckmethode beeinflussende Faktoren erwiesen sich, wie sehr es dem Abdrucknehmer gelang, den unterschiedlichen Ausweichbewegungen des Patientenkopfes zu folgen, ohne die Abdruckmasse zu verwackeln; wie sehr es dem Patientenhalter gelang, diese Ausweichbewegungen zu verhindern/einzudämmen; wie genau der passende Moment zur Herausnahme des Abdrucks getroffen wurde, sprich der Moment, bevor die Abdruckmasse nahezu ausgehärtet weiteren Kopfbewegungen ausgesetzt wird, die zu einem Hin- und Herschwanen der Masse in der Zahnücke und damit zur irreversiblen Kompression des Abdrucks führt und folglich dieser eine kürzere Zahnücke vortäuscht; wie sicher die verfestigte Abdruckmasse entfernt werden konnte, ohne sie durch den Druck der Finger, der Zunge, der Zähne, etc. zu verändern; welche Position die Zahnücke hatte, denn ab Höhe M_1 , nach distal zunehmend, bereitet es oft Probleme, die Masse mit den Fingern homogen in der Zahnücke zu verteilen, da kaum noch Platz für die Hand zwischen den Zahnreihen besteht; und zudem, wie frei die Zahnücke von Futterresten war, welche die Konturen der Zahnücke verfälschen.

- Welche Backenzähne bewegen sich nach einer Backenzahntfernung?
- Wohin und auf welche Art und Weise bewegen sich diese Backenzähne nach einem Backenzahnverlust?

Da, wie die Materialauswertung zeigt, **die Backenzähne eines Quadranten dazu neigen, in den Bereich $P_4 - M_1$ zu drücken**, scheint es verständlich im Falle des Fehlens eines „vorletzten“ Backenzahns (= „mittlere Backenzähne“, P_3, M_2) entweder vom inneren Lückennachbarzahn lediglich ein geringgradiges Kippen zu sehen oder gar keines - auch die Zeit jenseits der ersten Wochen und Monate spielt bei diesem Phänomen eine wichtige Rolle - , wohingegen der äußere Lückennachbarzahn in der Regel hochgradig und schnell in die Lücke **kippt**.

Fehlte ein „innerster Backenzahn“ (= „zentrale Backenzähne“, P_4, M_1), kippten (Translation kaum wahrnehmbar) die äußeren Lückennachbarzähne meist schneller in die Zahnücke, als die inneren, wobei hier mehr Ausnahmen registriert wurden, als für die Regeln der Kippdynamik beim Fehlen von P_3 oder M_2 .

Diese Beobachtungen münden in die Hypothese, je entfernter der Backenzahn von der „Anatomischen Mitte“ (zwischen P_4 und M_1), desto stärker „drückt“ er auf diese Mitte. Die **statisch-dynamischen Gegebenheiten und Erfordernisse für das Backenzahngebiß** des Pferdes sprächen zum Großteil dafür:

Die Backenzähne divergieren nach apikal (BAKER, 1985a; BERG, 1995; THOME', 1999) und konvergieren koronal (BAKER, 1972a, 1985a; DIXON, 1999, S. 23; THOME', 1999; PENCE, 2002, S. 10), sie bilden eine geschlossene Kaufläche und drängen mit ihren Kronen gegeneinander (BAKER, 1972a, 1985a; THOME', 1999; PENCE, 2002, S. 10). Orientiert man sich am Längsachsenverlauf der Backenzähne, so scheint nur die Druckrichtung des P_4

interpretierbar zu sein. Die Wurzeln richten sich meist nach kaudal, die Krone ebenfalls, womit der Zahn eine leichte Kurve beschreibt.

Die Ergebnisse der Materialmessungen für die Kippdynamik des P₄ erscheinen eindeutig. Fehlte M₁, neigte sich P₄ in allen untersuchten Fällen stärker in seine Lücke als er dies in die Lücke eines fehlenden P₃ tat. Doch, wenn er zur postulierten „Anatomischen Mitte“ tendiert, warum fällt er dann ebenfalls, wenn auch weniger stark, in die Lücke des P₃? Nach dem bisher gesagten, weil M₃, M₂ und M₁ von der anderen Seite, von kaudal, in diese Richtung schieben und ihre Kraft die des P₄ übertrifft.

Aus statisch-dynamischen Gründen scheint es sinnvoll, wenn die Backenzähne eines Quadranten gegeneinander drücken, um keine Lücken, auch nicht kurzzeitig während des Kauens, aufkommen zu lassen, geschweige denn Diastemata, die bleibend wären. Wie die Approximalflächen sich anordnen - nicht plan, sondern immer in irgendeiner Form gewellt, was es dem Futtermaterial erschwert sich dort anzusiedeln -, unterstreicht die These des „durch Pressen und Anordnung sich selbst erhaltenden Mahltischs“ (BAKER, 1972a, 1985a; THOME', 1999; PENCE, 2002, S. 10) zusätzlich.

Selbstverständlich könnte die „Anatomischen Mitte“, das angenommene Zentrum der Preßrichtung aller Backenzähne, nach der Topographie der Backenzahnausrichtungen auch irgendwo im Bereich zwischen P₂ und M₂ liegen. Die gewonnenen Daten jedoch sprechen für ein **Druckzentrum zwischen P₄ und M₁**. Denn, wäre zum Beispiel die Mitte von P₃ dieses Zentrum und es fehlte dieser Zahn P₃, so kippte einerseits der P₂ mit großer Gewalt in die Lücke – er müsste ja den Druck von M₃, M₂, M₁ und P₄ ausgleichen – was er aber nicht stärker tut als sein unter diesem Konstrukt zu vergleichender Zahn, der M₃ im Falle des fehlenden M₂, und, mit ebensolcher Stärke, müsste die Gegenseite mit M₃, M₂, M₁ und P₄ in die Lücke fallen, was erneut nicht beobachtet wurde.

Insgesamt **bewegten sich bei inneren Backenzahnlücken alle Nachbarzähne**. HOWARTH (1995), DIXON et al. (1999), DIXON (2000) und EASLEY (1999c, S. 220 - 249) beschrieben eine Zahnreihe, die, nachdem sie einen Zahn verloren hat, kürzer wird. Nach PENCE (2002, S. 231 - 240) folgen den beiden lückenbegrenzenden Zähnen die übrigen Zähne des Quadranten mit der Zahnlücke.

Die einzige Ausnahme unter den 74 befundeten Gebissen in dieser Hinsicht bildete ein 6jähriger Patient (Tab. 3, Nr. 65), der während des Zahnwechsels der Prämolaren im Alter von 3 Jahren einen adezidualen P₃ im Unterkiefer verlor, wonach der P₄ stark in die Zahnlücke kippte und/oder herauswuchs bis er seinen mesialen Nachbarzahn P₂ berührte und ihn so offenbar mit der Krone am seinerseitigen Kippen in die Lücke hinderte, während er distal mit der Wurzel gegen seinen Nachbarzahn M₁ drückte und auf diese Art und Weise eventuell auch hier verhinderte, daß der Zahn M₁ sowie die folgenden Zähne des Quadranten zur Zahnlücke wanderten.

Wie bereits an dieser Stelle angemerkt werden soll, führen offensichtlich Zahnverluste um den Zeitpunkt des Zahnwechsels der prämolaren Backenzähne zu den deutlichsten Veränderungen in der Dynamik des Backenzahngebisses. EASLEY (1999b, S. 206 - 213) z. B. stellte bei jugendlichen Pferden mit Zahnverlust Wachstumsstörungen der Kiefer, Retention dezidualer Zähne und, in der Folge, die Impaktion adezidualer Zähne fest.

Eingehender werden diese Beobachtungen an Hand der Fragestellung „Wie beeinflussen welche Begleitumstände die Bewegung der Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?“ diskutiert.

Bei den nur über ihre Krankenblätter zur Verfügung stehenden Patienten (Tab. 1, Nr. 5-19, 21-32) sprechen einerseits die pathophysiologischen Befunde für die obigen Ausführungen, andererseits genügen die röntgenologischen Auswertungen, um die Fragen nach den sich bei Backenzahnverlust bewegendenden Backenzähnen, deren Bewegungsrichtung und –art zu klären. Wo beide Befundungsmöglichkeiten gegeben sind – röntgenologische und klinische –, decken sich die Ergebnisse durchwegs. Die eine Art der Diagnostik konnte als Kontrolle der anderen genutzt werden.

- Wie schnell und weit bewegen sich wandernde Backenzähne nach einem Backenzahnverlust?
- Wie beeinflussen welche Begleitumstände die Bewegung dieser Backenzähne nach dem Backenzahnverlust?

Die Frage nach der Kipp-Geschwindigkeit und –Weite der direkten Lückennachbarzähne (LNZid folgen meist bündig, siehe „Welche Pathologien . . .“, S. 123 und S. 129) und den einwirkenden Begleitumständen unterliegt bei den röntgenologischen wie klinischen Beobachtungen den gleichen Bedingungen. Daher sollten sich die jeweiligen Ergebnisse der beiden unterschiedlichen Diagnostiken weitgehend decken – was der Fall war. Aufgrund fehlender oder unzuverlässlicher Zeitangaben konnten bei der röntgenologischen Befundung nur 40 (3/5) und bei der klinischen (Abdruck) nur 13 (1/5) von 66 inneren Backenzahnlücken zu diesen Fragestellungen in einer Art und Weise untersucht werden, daß sie vergleichbare und folglich graphisch darstellbare (Diagramme) Werte lieferten. Die verlässlichere der beiden Methoden wiederum ist die Abform-Methode, da die Röntgen-Aufnahmen (s. Punkte 3.1.2 und 4.1.3) mehr Fehlerquellen durch Verzerrung, diverse Film-Focus-Abstände, Überlagerungen u. ä. m. bergen als das relativ exakte Abdruckverfahren (siehe oben, S. 175 f).

Wie schnell die direkten Lückennachbarzähne in die Zahnlücke kippten ist folgendermaßen gemäß den vorliegenden Ergebnissen zu beantworten:

Erst nach frühestens 1 Wo kippte ein LNZd – um max. 0,1 cm oder 1° oder max. 2°. Im Durchschnitt, es hängt wie erläutert (S. 61 ff) von der Länge des Zahns und somit auch dem Alter des Patienten ab, entspricht die Verkleinerung einer Backenzahnlücke um 0,1 cm dem Kippen eines LNZd um 1°. Ein Patient (Tab. 3, Nr. 74) wurde nach 6 und 8 Tagen per Abdruck gemessen (im Diagramm, Abb. 69, erscheinen skalierte Daten nach 1 Wo und 2 Wo), erst die Messung am 11. Tag nach der Zahnentfernung ergab eine Zahnlückenverschmälerung um 0,1 cm. Obgleich insgesamt lediglich 3 Patienten unmittelbar,

d. h. eine halbe Stunde nach Zahnrepulsion per Abdruck gemessen wurden, liegt an Hand der innerhalb der ersten 2 Wo gesammelten Werte die Vermutung nahe, daß die Lückennachbarzähne sich nicht sofort nach der – stark invasiven – Repulsion eines Backenzahns mit all ihren Schädigungen im Alveolenbereich um den betroffenen Zahn herum bewegen. Vielmehr dauerte es bei der vorliegenden Untersuchung immer einige Tage bis die unausweichliche Lockerung im Alveolenbereich der LNzd und/oder (siehe im folgenden) das fehlende Gegenlager dazu führte, daß diese Zähne sich bewegten.

Es fällt ebenfalls eine Gemeinsamkeit der 3 frühen Ausreißer des röntgenologischen Übersichtsdiagramms (Abb. 59) auf, also dem Kippwert 11° nach 19 d (210), dem Kippwert 19° nach 6 Mo (107) und dem ähnlich schnellen Kippverlauf von Zahn 110 (6 Wo $\rightarrow 8^\circ$; 4,5 Mo $\rightarrow 15^\circ$; 20 Mo $\rightarrow 17^\circ$): Die beurteilten Röntgenaufnahmen der 3 Patienten stammen aus den Jahren 1971 (älteste bewertete Aufnahmen) bis 1976 und es wäre denkbar, daß die Aufnahmetechnik nicht korrekt befundet wurde. Ein anderer Ausreißer, Zahn 306 mit 0 Kippgraden nach 6 a, wird erklärlich, weil dieses 9jährige Pferd 6 a vorher, mitten im Backenzahnwechsel, Zahn 307 verlor, wodurch offenbar die restlichen distalen Lückennachbarzähne immens in die Lücke drängten und jegliches Kippen des einzig verbliebenen mesialen Lückennachbarzahns verhinderten.

Insgesamt **kippen**, wie am Patientenmaterial beschrieben, die direkten **Lückennachbarzähne im ersten Halbjahr ca. 1° pro Monat** (entspräche etwa **0,1 cm** pro Monat), **im 2. Hj ca. 1° pro 3 Mo** und **nach dem ersten Jahr** nach Zahnentfernung schließlich ca. **1° pro Jahr**. Naturgemäß driften die Kippwerte in späteren Jahren weiter auseinander, da sich die unterschiedlichen Einflußfaktoren im Laufe der Zeit stärker manifestieren. **Das Ende dieser Dynamik scheint erreicht, wenn die direkten Lückennachbarzähne sich berühren (n = 6)**. BECKER (1970, S. 215), LANE (1993 u. 1997), DIXON et al. (1999) und EASLEY (1999c, S. 220 – 249) beobachten dies ähnlich...“Die beiden der Zahnücke benachbarten Zähne tendieren nach der Zahnextraktion zum Kippen in die Lücke bis sie sich letztendlich berühren“.

Offenbar beeinflusst die **Kipprichtung** der Lückennachbarzähne wesentlich die Kippgeschwindigkeit des betroffenen Zahns – ob zur Anatomischen Mitte des Backenzahnquadranten hin oder von ihr weg. Nach den obigen Ausführungen wirkt dies verständlich - ein direkter Lückennachbarzahn P_3 oder M_2 z. B. besitzt selbst keinen Impuls nach außen im Backenzahnquadrant zu kippen und wird von den Nachbarzähnen nicht geschoben. Beim P_4 oder M_1 sind die Verhältnisse nach den Untersuchungen etwas anders: die eigene Bewegungskraft scheint zur Anatomischen Mitte des Backenzahnquadranten hin zu zielen - Lücken in dieser Richtung bewirken durchgehend ein schnelleres Kippen des betroffenen Zahns P_4 oder M_1 als Lücken, die ein Kippen von der Anatomischen Mitte weg bedeuten - , doch, wenn auch geringfügig, bewegen sich diese Zähne auch hier. Wahrscheinlich drücken die 3 Zähne der anderen Hälfte des Backenzahnquadranten so stark in Richtung Anatomische Mitte, daß sie die kinetische Kraft des einen Zahns übertreffen und ihn in die gegenteilige Richtung schieben. Unter dem Aspekt den Mahltisch wieder „lückenlos“ herzustellen wäre das ein sinnvoller Vorgang, zumal ein antagonistischer Meißelzahn weitreichend pathologische Folgen hat. Man könnte die Hypothese der

„Anatomischen Mitte“ an einem Patienten beurteilen, dem beiderseits zum P₄ oder M₁ mindestens 1 Zahn fehlt.

Der nächste zu diskutierende Einflußfaktor der Backenzahnbewegung ist die **Lokalisation** des Zahns im Sinne von oben, unten, links und rechts. Letzterer, der Quadrantenseite, konnte keinerlei Einfluß zugeordnet werden. Es bestand auch kein Anhaltspunkt, warum ein linksseitiger M₁ schneller kippen sollte als ein rechtsseitiger. Dagegen fällt der Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer auf. Möglicherweise – die Häufigkeiten der Backenzahnverluste in OK/UK, zitiert im Schrifttum, Punkt 2.3, und die vorliegenden eigenen Ergebnisse unterstützten diesen Gedanken – sitzen UK-Backenzähne grundsätzlich stabiler im Zahnfach als Backenzähne im OK und/oder bei der Entfernung eines schmaleren UK-BZ wird generell weniger Substanz des Zahnhalteapparates verletzt, wodurch diese Zähne weniger gelockert werden als ihre Antagonisten im OK bei gleicher Operation.

Gerade der Umstand des verletzten Parodonts hätte vermuten lassen, daß an **Doppellücken** die Lückennachbarzähne besonders schnell kippen. Dies ließ sich nicht bestätigen, wengleich 4 kippende direkte Lückennachbarzähne zuwenige sind um Tendenzen aufzuzeigen.

Die potentiellen Einflußfaktoren **Rasse** und **Geschlecht** spielten keine Rolle.

Das Alter der Pferde wiederum wirkte sich auf die Kippdynamik der LNzd aus. Obgleich die Wurzeln und unter dem Zahnfleisch liegenden Anteile des Zahns bei der Patientengruppe „**Alter** zur Zeit des Zahnverlusts ≤ 10 Lj“ länger als der Vergleichsgruppe „ > 10 Lj z. Z. d. Zahnverlusts“ sind, kippen die betreffenden Zähne der jüngeren Population durchschnittlich schneller (siehe auch S. 62 ff in „Material und Methode“). Unter Umständen wirkt sich hier die größere Dynamik des Gebisses wie die Ausrichtung der Wurzeln, der Wechsel der Prämolaren, das Erscheinen vor allem des dritten Molaren und/oder die Umbauvorgänge an den Alveolenböden aus.

Besonders dramatisch präsentierten sich Zahnausfälle um das dritte Lebensjahr der Patienten, zu dem die Prämolaren wechseln. Von 5 Patienten, welche einen Zahnverlust um diesen Zeitpunkt erlitten, wiesen 4 überdurchschnittlich schnelle und/oder ungewöhnliche (z. B. Lateralkippen) Kippvorgänge und/oder Pathologien auf. Dabei war der Patient ohne Auffälligkeiten erst ein halbes Jahr nach seinem Zahnverlust untersucht worden.

Ein möglicher Einflußfaktor der Bewegung der Backenzähne nach dem Backenzahnverlust, die **Methode der Zahnentfernung**, konnte bei der Studie nicht berücksichtigt werden, da alle Zahnentfernungen per Repulsion durchgeführt wurden. Trotzdem soll dazu ZALUSKI (2000) erwähnt werden, nach dem ein intraoral entfernter Backenzahn keine oder nur geringfügige pathologische Bewegungen der Nachbarzähne nach sich zieht.

- Warum bewegen sich diese Backenzähne nach der Backenzahntfernung?

Fasst man die bisherigen Beobachtungen zusammen, so lassen sich folgende Dynamiken im Zahnlückenquadrant festhalten:

- Nach inneren Backenzahnlücken tendieren alle Lückennachbarzähne dazu, in die Lücke zu fallen.
- In den ersten Wochen und Monaten kippen die Zähne schneller als in der folgenden Zeit.
- Die Lückennachbarzähne kippen, bis sich die direkten Lückennachbarzähne berühren.
- In manchen Fällen (15,2 % in der vorliegenden Untersuchung) kippen die direkten Lückennachbarzähne schneller als die indirekten – erkennbar an den Diastemata.

Thesen:

Ausgehend von der Backenzahnlücke selbst als Ursache für das Wandern ihrer Nachbarzähne könnte das Ziel dieser durch die anatomische Anordnung der Backenzähne gerichteten Wanderung es sein, die **Zahnlücke vollständige zu verschließen und somit die Integrität des Quadranten als Mahltisch wiederherzustellen**. „Vollständig“ würde sich dabei auf die Lückenlosigkeit des Mahltisches beziehen; als Preis dieser Lückenlosigkeit wird der Quadrant kürzer und provoziert folglich, daß sich an den Enden des gegenüberliegenden Zahnquadranten Zahnhaken bilden. Diese Zahnhaken an den Enden eines Quadranten dürften allerdings weniger gefährlich sein als „Zahnhaken“ (Exsuperantien) an den inneren Backenzähnen. Denn der sich zwangsläufig bei inneren Backenzahnlücken entwickelnde exsuperante „Hauptantagonist des fehlenden Zahnes wächst, lediglich durch das Viertel Okklusion mit dem Nebenantagonist und evtl. durch die kippenden Lücken-Nachbarzähne gehindert, in die Zahnlücke hinein (BECKER, 1970, S. 133 - 137; LANE, 1993 u. 1997; KIRKLAND et al., 1996; HÖPPNER und HERTSCH, 1999; LILLICH, 1998; EASLEY, 1999b, S. 206 - 219; ZETNER, 1999; KRELING, 2002, S. 52 - 53; PENCE, 2002, S. 119 - 120; WISSDORF et al., 2002, S. 173). Er wird zum Meißelzahn (SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER, 1993; HAHN und KÖHLER, 2002), der schließlich zur Traumatisierung des Zahnfleisches und, später, des Kiefers im Gegenbiss führt (SCHUMACHER und HONNAS, 1993; PENCE, 2002, S. 150 - 161).

Zunächst ist die freie Kieferbewegung mechanisch behindert. Mit zunehmendem Längenwachstum der Zahnkrone kommt es mit der Zerstörung der Kieferabschnitte im Gegenbiss zu Schmerzen, Entzündungen, Nekrosen usw., Abmagerung und vorzeitiger Erschöpfung (BECKER, 1951; KRELING, 2002, S. 152 - 153). EISENMENGER und ZETNER (1982, S. 141 - 143) beschreiben Druckusuren durch den meißelförmig hervorstehenden, zur Zahnlücke korrespondierenden Zahn des Gegenkiefers.

Die Zahnhaken an den Enden des Quadranten hingegen – tatsächlich wird hier von Zahnhaken gesprochen, da diese Zahngelände eher spitz, „hakenförmig“ zulaufen, wenn sie

auch in der Regel aus allen 3 Zahnhartsubstanzen bestehen – diese Haken sind weniger flächig, entstammen den sich verjüngenden Enden des Quadranten, können also eher in Folge des Kauprozesses abgerieben und/oder abgebrochen werden und lassen sich mesial wie distal am Zahn-Kieferbogen ablenken, verletzen jedoch solcherart evtl. später die knöchernen Kieferstrukturen.

5.1.3 Langzeitfolgen des Backenzahnverlustes im Speziellen

Nachdem die allgemeinen pathophysiologischen Dynamiken im Backenzahnlückengebiß diskutiert wurden, sollen jetzt die sich auf der Grundlage dieser Dynamiken entwickelnden **speziellen Pathologien, welche sich durch das Kippen der Nachbarzähne ergeben**, besprochen werden, gemäß der verbleibenden, achten Fragestellung,

- welche Pathologien ergeben sich in der Maulhöhle aus den untersuchten Backenzahnbewegungen?,

und in Hinblick auf das Thema des Überpunktes, ob Pferde im Backenbereich einen Zahnersatz benötigen.

Denn, da die Backenzahnlücke beim Pferd im nicht sichtbaren Bereich liegt, dürften im Regelfall ästhetische Gründe (falls sie eine Rolle spielten) für den Backenzahnersatz wegfallen. Eine partielle Zahnprothese müsste medizinisch indiziert sein.

Autoren, die sich zum Thema „**Indikationen zur partiellen Backenzahnprothese beim Pferd**“ äußern, beschreiben als solche (wie erklärt, soll in der vorliegenden Untersuchung nicht auf Konsequenzen **im Gebiß** eingegangen werden, die sich nicht mit dem Stop des Zahnkippens verhindern ließen):

- Kippen der Nachbarzähne → veränderte Kauflächenabnutzung in der Zahnlückenumgebung → **Zahnspitzen-, Zahnhakenbildung an der Zahnlücke** (LILLICH, 1998) → Störungen im Kaumechanismus (EASLEY, 1991; HÖPPNER und HERTSCH, 1999) → Verdauungsbeeinträchtigung mit systemischen Folgen (BECKER, 1951; BAKER, 1983a; STELZER, 1999). Dagegen berichtet ZALUSKI (2000) von pathologischen Backenzahnbewegungen lediglich nach der Zahnrepulsion oder nach der Exaktion via lateraler Buccotomie mit oder ohne Flap-Technik, nicht oder nur geringfügig aber nach der intraoralen Zahnextraktion.
- Kippen der direkten und indirekten Nachbarzähne → inkongruente Quadrantenenden → veränderte Kauflächenabnutzung am mesialen und distalen

- Ende des Zahnlückenquadranten und des gegenüber liegenden Quadranten (HAHN u KÖHLER, 2002) → **schiefe Abnutzung an den Enden des Zahnlückenquadranten und Zahnhakenbildung an den Enden des gegenüber liegenden Quadranten** (DIXON et al., 1999) → Störungen in der Mechanik des Kieferwachstums (und, nach PENCE [2002, S. 153 - 156] z. T. überhöhte Druckausübung auf das/die Kiefergelenk/e, welche schmerzhaft sein kann und welche evtl. in einer degenerativen Gelenkerkrankung mündet), des Kauens (BAKER, 1982b), des Milchkennenabgangs, der Kopfhaltung und des Kiefergelenks (EASLEY, 1999b, S. 213 - 215) → Retention dezidualer Zähne und, in der Folge, Impaktion adezidualer Zähne (EASLEY, 1999b, S. 206 - 213) → Störungen im Kaumechanismus → Verdauungsbeeinträchtigung mit systemischen Folgen (EASLEY, 1999b, S. 213).
- Das Kippen der direkten und indirekten Lückennachbarzähne erfolgt unterschiedlich schnell, das heißt nicht bündig → **Diastemata im Zahnlückenquadranten** (BECKER, 1938, S. 74; BARBEN, 1952; SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER, 1993; EASLEY, 1999c, S. 220 - 249; PENCE, 2002, S. 231 - 240) → → Parodontitis (LANE, 1993; WINTZER, 1999, S. 161 - 162; EASLEY, 1999b, S. 213 - 215) → Störungen im Kaumechanismus (→ evtl. weiterer Zahnausfall) (BECKER, 1970, S. 144 - 147; BAKER, 1974; DIXON, 1997a, c, 2001; CRABILL und SCHUMACHER, 1998; GREENE, 2001; WILEWSKY et al., 2002) → Zahnschmerzen → Verdauungsbeeinträchtigung mit systemischen Folgen (VOSS, 1937; BECKER, 1938, S. 79 - 84, 1951; BAKER, 1970; KNOTTENBELT, 1999, S. 127 - 138).

Fasst man die Häufigkeiten der röntgenologischen, klinischen und Schädel-Diagnosen zusammen, die sich in Folge des Zahnkippens bei der vorliegenden Untersuchung ergeben haben, zeigen im Vergleich zu den zitierten Indikationen 3 Gebisse (4,1 % der 74 Gebisse) **Zahnspitzen**, 32 Gebisse (43,2 %) **schiefe Kaufächenabnutzung eines Zahns** (soll hier der oben zitierten **Zahnhakenbildung an der Zahnlücke** gegenübergestellt werden), 37 Gebisse (50 %) **Zahnhakenbildung an den Enden des antagonistischen Quadranten** (28 Gebisse, also 37,8 % der untersuchten, weisen inkongruente äußere Backenzähne, eine mögliche Vorstufe zu Zahnhaken, auf) und 12 Gebisse (16,2 %) **Diastemata** im Zahnlückenquadranten. Die Träger der untersuchten Gebisse, Schädel wie Patienten, waren **randomisiert** und, wie einleitend in Punkt 5.1.1 erläutert, diente eine Backenzahnücke oder vergleichbares (z. B. Diastemata bei Patient Nr. 1, Tab. 1) als einziges Kriterium, um für die Studie ausgewählt zu werden.

Angaben zu **Zahnbehandlungen** (Raspeln, Schleifen, etc.) der Patienten vor oder während der Untersuchungen sind wissentlich in keiner Form in die Ergebnisse eingeflossen; auf eventuelle Zahnbehandlungen selbst wurde, zumindest absichtlich, in keiner Weise Einfluß genommen.

Das heißt, die obigen Zahlen dürften ohne etwaige Behandlungen höher ausgefallen sein.

Als Erkenntnisse des Vergleichs zwischen Indikationen zur partiellen Backenzahnprothese aus der Literatur mit den Untersuchungsergebnissen lässt sich zusammenfassen, daß **alle**

diese Indikationen hier in ihrer zentralen Aussage (fett gedruckt) gefunden wurden (die Untersuchung betrachtet ausschließlich Gebißdynamiken, Pathologien der Weichteile werden dabei bis auf wenige Ausnahmen nicht, systemische Auswirkungen nie berücksichtigt) und daß die **bestätigten Indikationen keine Ausnahmefälle** darstellen, wie ihre **Häufigkeiten** nahelegen.

Nicht aufgreifen kann die vorliegende Studie ZALUSKIs (2000) Feststellung, nach der mittels intraoraler Extraktion geschaffene Zahnlücken wenig oder keine Probleme, wie das Kippen der Nachbarzähne, bereiten. Bei den untersuchten Patienten wurde diese Methode nicht angewendet.

Desweiteren sollen jene pathologischen Langzeitfolgen des Backenzahnverlusts aufgezeigt werden, welche in der Literatur nicht speziell als solche eruiert werden konnten, in der Studie aber beobachtet wurden.

Zunächst handelt es sich hierbei um **Lückennachbarzähne die sich berühren oder sich fast berühren, weswegen sich Futtermaterial unter den verkippten Zähnen festsetzt** (n = 6; 8,2 % der 74 Gebisse). Im Grunde erübrigt sich die prozentuale Angabe bei dieser Diagnose, weil sie sich in der Studie als ein Schicksal erwiesen hat (siehe oben), welches jede Backenzahnücke zu einem späteren Zeitpunkt ereilt, unterbleiben korrektive Maßnahmen. Tatsächlich sind die betreffenden 6 Patienten (Tab. 3, Nr. 15, 31, 33, 63, 64, 65) diejenigen, deren Zahnückendynamik am längsten verfolgt werden konnte, nämlich mindestens über 5 Jahre (bei Patient Nr. 31, Tab. 3, blieb die Frage nach dem Zeitpunkt der Zahnentfernung offen).

Mit der Berührung der beiden direkten Lückennachbarzähne scheint – abgesehen von dem potentiell als für den Kaumechanismus problematisch anzusehendem Verhalten der indirekten Lückennachbarzähne - das Problem der kippenden Zähne nicht gelöst zu sein.

Bei Patient Nr. 15 und 31 (Tab. 3) wurde der Befund „Futtermaterialeinkeilung zwischen sich berührenden Lückennachbarzähnen“ lediglich an Hand der röntgenologischen Aufnahmen gestellt, indem das an der Zahnücke überdurchschnittlich zurückgegangene Zahnfleisch und vor allem die Analogie zu den klinischen Beobachtungen herangezogen wurde, wonach sich in derartige enge Lücken immer Futtermaterial festsetzt.

Das in der Studie ebenfalls befundete **Wellengebiß** (röntgenologische, klinische und Schädel-Diagnosen: n = 5; 6,8 % der 74 Gebisse), die **apikale Parodont-Sklerosierung** (n = 3; 4,1 %), die **Zahnfraktur**(n = 2; 2,7 %), das **Stufengebiß** (n = 3; 4,1 %), die **Intrusion eines Zahns mit Verkürzung desselben** (n = 1; 1,4 %), die **Zahnimpaktion** (n = 6; 8,1 %) und der **gestörte Zahnwechsel** (n = 4; 5,4 %), insbesondere die **Zahnkappen** (n = 3; 4,1 %) werden von Klinikern immer wieder in Verbindung mit Zahnlücken beschrieben (HERTSCH, 2003), wenn auch nicht in der Häufigkeit wie die 3 oben (S. 183, 184) zitierten Problemkreise.

Ohne vorausgegangenen Zahnverlust zeigten sich in der Untersuchung die **Zahnimpaktion** (n = 6; 8,1 %) und die **pathologische Milchzahnkappenbildung** (n = 3; 4,1 %) aufgrund gekippter Zähne. Hier genügte ein geringgradiges Kippen von Backenzähnen, um die Nachbarzähne einzuklemmen (Tab. 3, Nr. 25, 44, 48, 49, 60).

5.2 Warum wird routinemäßig kein Zahnersatz im Backenbereich eingesetzt?

Obgleich in der präsentierten Untersuchung nur den Folgen für das Patientengebiß nachgegangen wurde, die sich aus dem Kippen der Nachbarzähne im Zahnlückenquadranten ergeben, wird die Frage, ob Pferde im Backenbereich einen Zahnersatz benötigen, bejaht.

Keines der 67 Gebisse mit innerer Backenzahnlücke erwies sich als frei von pathoanatomischen Konsequenzen des Backenzahnkippens, von der Zahnschmelz über das Wellengebiß bis zur Zahnfraktur. Bei keinem der Patienten stoppte das Kippen der Backenzähne selbstständig; wurde die Dynamik lange genug verfolgt (minimal über 5 Jahre), endete sie bei allen Patienten (n = 6) mit der Berührung der direkten Lückennachbarzähne. Dies bedeutet eine ähnliche Situation wie beim Diastema, nur daß sich hier das Futtermaterial nicht von der Kauseite, sondern von seitlich in die enge „Zahnlücke“ einbohrt. Die medizinische Bedeutung eines Diastemas nicht nur für die Gebißmechanik kann nach VON OSTERTAG (1910), VOSS (1937), BECKER (1938, S. 79 - 84, 1951, 1970, S. 144 - 147), BARBEN (1958), BAKER (1970, 1974, 1982b, 1999b, S. 70 - 78), LANE (1993), SCRUTCHFIELD und SCHUMACHER (1993), DIXON (1997a, c, 2001), WINTZER (1999, S. 161 - 162), CRABILL und SCHUMACHER (1998), EASLEY (1999b, S. 213 - 215), KNOTTENBELT (1999, S. 127 - 138), GREENE (2001), PENCE (2002, S. 150 - 152) sowie WILEWSKY et al. (2002) nicht überschätzt werden (siehe Schrifttum, Punkt 2.4.2).

Pathologische Auswirkungen der unphysiologischen Gebissituationen auf die Weichteilgewebe in der Maulhöhle, auf die sich anschließenden Abschnitte des Verdauungstraktes oder auf den Gesamtorganismus verfolgte diese Studie nicht. Nach KNOTTENBELT (1999, S. 127 - 138) sind solche Auswirkungen eher die Regel als die Ausnahme, was die Notwendigkeit unterstreichen würde, dem Pferd einen Zahnersatz („geeigneten Platzhalter“, GREENE, 2001) im Backenbereich zu gewährleisten.

Trotz alledem sind die publizierten Bemühungen darum rar.

BECKER entwickelt 1938 **Inlaybrücken** und **unterspülbare Brücken** aus Randolf (nach HOFFMANN-AXTHELM [1983] nicht mundbeständig), die mittels ihrer Schwalbenschwanz (STELZER, 2004) -Seitenteile/Schmelzeinstülpungen an den Nachbarzähnen verankert werden.

GREENE (2001) nennt eine persönliche Mitteilung von EMILY (1996) über **Brücken, Akrylplatzhalter** und **andere Materialien**, welche, mit unterschiedlichem Erfolg, „diesen (Zahnlücken-)Raum erhalten sollten“.

Letztlich scheinen die Bemühungen um einen „geeigneten Platzhalter“ im Backenzahnbereich sporadisch zu bleiben. Die Gründe dafür könnten, vor dem Hintergrund der recherchierten Literatur sowie den adhärennten Ergebnissen aus Konzeption und Einsatz der Platzhalter, folgende sein:

- Der Platzhalter lässt sich nicht oder nur unter **großem Aufwand dauerhaft** (mind. 1 bis 2 Jahre) **fixieren**.
- Der Einsatz des Platzhalters ist **kompliziert**, erfordert ein **umfangreiches Instrumentarium** und ebensolche **Kenntnisse** wie **Übung** im Umgang mit demselben.
- Es existiert kein Platzhalter, der den Anforderungen nach **Dauerhaftigkeit**, **einfacher Handhabung** (Einsatz am stehenden Pferd), **Effektivität** (Verhinderung mindestens des Kippens), **medizinischer Unbedenklichkeit** und **Wirtschaftlichkeit** genügt.
- Unklarheit über die **Dauer**, welche ein Platzhalter notwendigerweise verbleiben müsste, bis die Nachbarzähne nicht mehr wandern.
- Die **Indikation** für einen Platzhalter fehlt.

BECKERs Inlaybrücken und unterspülbare Brücken von 1938 **widerstehen** nach seinen eigenen Fallangaben dem Kaudruck und –abrieb ungefähr 1 bis 2 Jahre. Die Zahnbrücken werden unter erheblichem technischen und damit finanziellem **Aufwand** am narkotisierten Patienten vorbereitet, dann hergestellt und am wiederum narkotisierten Patienten eingesetzt.

In der vorliegenden Studie ließen sich **dauerhaft**, also über 1 bis 2 Jahre, die aktiven Platzhalter nur im Unterkiefer einsetzen (Modell 8, PH 5, Modell 9c, PH 8, Modell 9c, PH 8; siehe **Tab. 2**). Aktive Platzhalter funktionieren, indem sie sich über eigene Kraftentwicklung, hier, indem sie angezogen, „aktiviert“ werden, in der Zahnücke befestigen.

Im Unterkiefer saßen diese aktiven Platzhalter, wenn auch durchgängig gelockert, allesamt wenigstens 1 Jahr in situ, bevor sie selbstständig aus der Zahnücke entfielen. Es ergibt sich ein deutlicher PH-Verweildauer-Unterschied OK - UK, zu 100 % mind. einjährige Verweildauer im Unterkiefer, zu 0 % über 3 Tage hinausgehende Verweildauer im Oberkiefer. Offensichtlich ermöglichte die Schwerkraft kombiniert mit der Kaurichtung es dem Platzhalter im Unterkiefer sich auch im gelockerten Zustand auf dem Zahnfleischboden der Zahnücke zu halten, während im Oberkiefer bereits geringfügiges Spiel im Platzhaltersitz zu seinem Herausfallen führte. Die vor allem palatinal schmalere klinische Zahnkrone im Oberkiefer mag dazu ein Übriges getan haben, weshalb sich diese enorme Diskrepanz der PH-Verweildauer im Ober- und Unterkiefer ergab.

Über diese beiden offenbar entscheidenden Faktoren hinaus – Schwerkraft, daneben schmale klinische Zahnkrone – konnten keine weiteren wesentlichen Unterschiede für die differierende PH-Verweildauer erkannt werden.

Der passiv, mittels Klebstoff fixierte Platzhalter (**Tab. 2, Nr. 1**), das Zahnpräparat, **hielt** im Oberkiefer 1,5 Jahre lang, ohne daß dem Besitzer Komplikationen aufgefallen wären. Allerdings fanden in der Zeit keine speziellen Mauluntersuchungen statt und eigene Verlaufskontrollen waren nicht möglich.

Trotz dieses Erfolges wurde diese Platzhalter-Methode nicht weiter verfolgt, da analog zu den eingekeilten Futterresten bei sich berührenden, „Brücken“-bildenden direkten Lückennachbarzähnen auch hier mit **eingepressten Futtermaterial** gerechnet werden musste, welches sich in den Spalt zwischen Zahnfleisch und Zahnpräparat drängen könnte.

Zudem war für den Eingriff (Handling, Trocknung) eine **Allgemeinnarkose** nötig und der Klebstoff **toxikologisch** sowie was seine **Festigkeit** für den Maulbereich betrifft noch in der Prüfphase.

Ohne Frage war der Einsatz der Beckerschen Inlaybrücken und unterspülbaren Brücken **kompliziert**, verlangte ein **umfangreiches Instrumentarium** und ebensolche **Kenntnisse** wie **Übung** im Umgang mit demselben. Auch wenn unter heutigen Voraussetzungen viele technische Schritte der Brückenherstellung und des Brückeneinsatzes wohl einfacher zu bewerkstelligen wären, bliebe diese Behandlung voraussichtlich labortechnisch wie klinisch **aufwendig**. Hinzu käme, die Räume vor allem unter der Zahnbrücke regelmäßig, zu bestimmten Zeiten, wenn der Spalt zwischen Zahnfleisch und Brücke zu eng zur Selbstreinigung und zu breit, um kein Futtermaterial einsprießen zu lassen, täglich, kontrollieren und gegebenenfalls reinigen zu müssen. Eine Aufgabe, zu der eventuell nicht jeder Patientenbesitzer bereit ist.

Auch die vorliegende Arbeit bietet keine praxisreife einfache, dauerhafte, kostengünstige sowie im Ober- und Unterkiefer verwendbare Lösung.

Der Platzhalter, welcher am ehesten diesen Anforderungen genügt hätte, PH-Nr. 10 (Patient Nr. 70, Tab. 3; P₄ OK li, **Modell 13 a, PH 15**), scheiterte, weil es an einem Gerät fehlte, mit dem die zu seiner Aufhängung notwendige mesiale Bohrung gelang. Gezwungenermaßen wurde alternativ eine Lochplatte mesial auf die Approximalfläche geklebt, die sich bereits nach wenigen Minuten wieder löste.

Auf die Einzelheiten dieser Schwierigkeiten soll nun im nächsten Kapitel eingegangen werden.

Abschließend zu diesem Kapitel wird zu den beiden verbleibenden Stichworten (Gründe mangelnden PH-Interesses) „**notwendige Verweildauer**“ und „**mangelnde Indikation**“ noch folgendes angemerkt:

Eine erste (in der Literatur fanden sich dazu keine Angaben) Orientierung einer **notwendigen Verweildauer** lassen die 1 Monat und 6 Monate nach dem einjährigen Platzhalter-Sitz bei Patient Nr. 66 (Tab. 3) gemessenen Werte zu. Obgleich in einem derartigen Zeitraum alle Backenzahnlücken ohne PH-Einsatz sich verringerten, bleiben hier die Werte konstant bei 3,5 cm (vergleiche Abb. 102, 103). Dieses Ergebnis würde sich mit den Vermutungen von HERTSCH (2003) decken, der einen Kippstopp nach 1 bis 2 Jahren erwartete, wo die Alveolen der direkten Lückennachbarzähne derart verknöchert sein könnten, daß sie nach dieser Zeit keine Zahnwanderungen mehr gestatten.

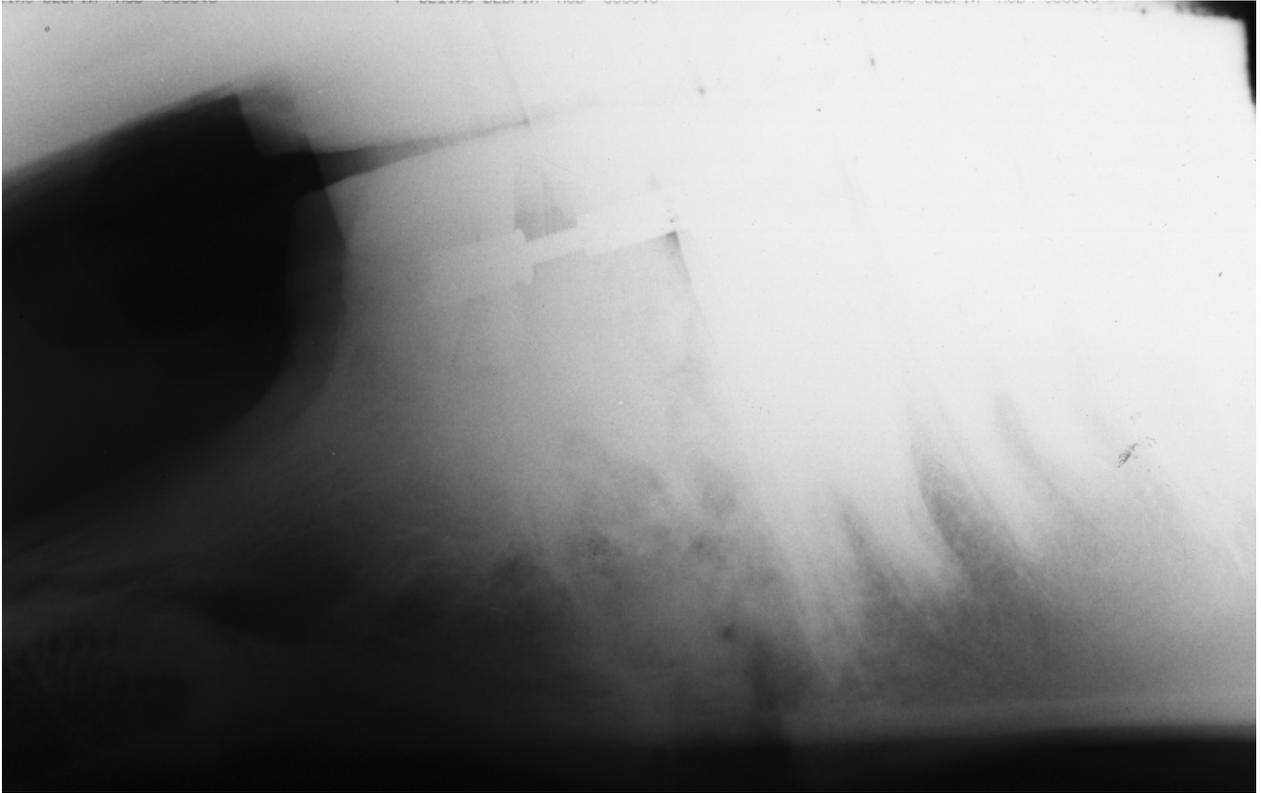


Abb. 102, Patient Nr. 66 (Tab. 3) mit PH-Nr. 3 (Modell 9c, PH 8) in Lücke P₃ UK li.

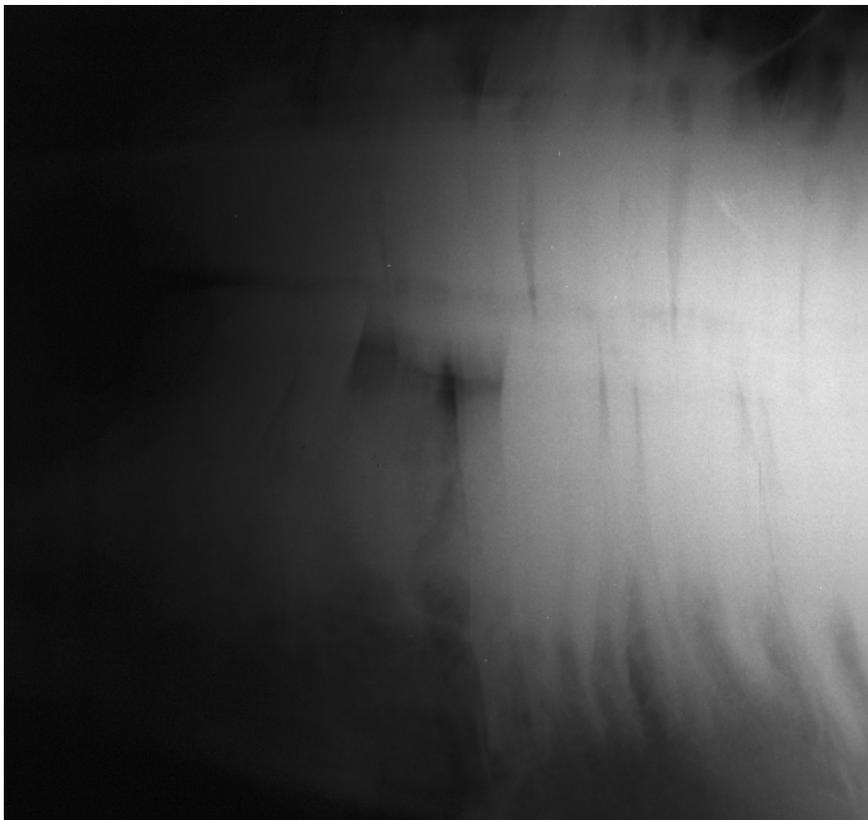


Abb. 103, Derselbe Patient von Abb. 99 ca. 6 Monate nach der PH-Entfernung.
Die Breite der Zahnücke scheint unverändert.

Nach dem bisher Ausgeführten, verbunden mit den Aspekten der zitierten Publikationen, erscheint es **indiziert**, regelmäßig im Backenzahnlückengebiss einen Platzhalter einzusetzen.

5.3 Bewertung der erprobten Platzhalter

5.3.1 Präparate von Pferdeezähnen

Einerseits waren Zahnpräparate unterschiedlicher Größe **leicht verfügbar**, die Zahnpräparate mit dem Winkelschleifer, Raspeln und Feilen **einfach zu bearbeiten** und die **Verweildauer** des Zahnpräparat-Platzhalters (**PH-Nr. 1**, Patient Nr. 56, Tab. 3) in situ mit **1,5 Jahren** überraschend lange und zufriedenstellend. Zudem fielen dem Besitzer **keine Komplikationen** auf - spezielle Mauluntersuchungen fanden jedoch nicht statt.

Andererseits musste bei der relativ breiten Platzhalter-Zahnscheibe (breit wie die Nachbarzähne) im Zuge des Zahnwachstums wie bei den brückenbildenden direkten Lückennachbarzähnen mit **eingekeiltem Futter** gerechnet werden, welches die Reinigungsprozesse der Maulhöhle nicht beseitigen. Die Zahnlücke wäre also täglich zu **kontrollieren** gewesen. (BECKER, 1951).

Noch entscheidender diese Methode nicht weiter zu verfolgen wog der Umstand, eine **Allgemeinnarkose** vornehmen zu müssen, um den Platzhalter einzusetzen. Ein Platzhalter aber sollte am stehenden Pferd einzusetzen sein. Die Narkose erklärt sich daraus, daß die beklebte Zahnscheibe exakt nur am **absolut ruhenden Gebiss** eingefügt werden konnte und voraussetzend für das erfolgreiche Kleben vollständig **trockene Klebeflächen** waren. Am stehenden Pferd gelang es in der Untersuchung aber nie über einen wenige Sekunden dauernden Zeitraum hinaus in der Zahnlücke oder nur an den Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne trockene Verhältnisse zu schaffen.

Sogesehen wurde den Fragen, ob der Klebstoff **toxikologisch** unbedenklich und auf seine **Festigkeit** Verlass sei, nicht mehr nachgegangen.

5.3.2 Individueller Abguß

Die Idee beim individuellen Abguß aus Metall (Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung; **Modell 1 a, PH 1**) war es, an Hand **passgenauer Zahnstücke** zu erkennen, ob ein derartiger Platzhalter am Gipsmodell befestigt werden kann. Im positiven Fall sollte eine **gummiartige Beschichtung** auf standardisierten, biegbaren Zahnstücken für einen möglichst lückenlosen Kontakt der Zahnstücke mit den direkten Lückennachbarzähnen sorgen.

Tatsächlich ließ sich das Modell 1 a über seine **Stellschraube** (Zwischenstück) in die Zahnücke des Gipsquadranten, an welchem die Zahnstücke des Modells 1 a geformt wurden, einspannen. Wie Versuche an Schädelpräparaten schnell zeigten, eigneten sich die **individuellen** Zahnstücke als Platzhalterbestandteile allerdings ausschließlich in jener Zahnücke des Gipsmodells, an der sie gefertigt wurden. Für andere Lückennachbarzähne erwiesen sich die Basisstücke als zu schmal oder zu breit und die Schenkelstücke als unvereinbar (weil wackelig und/oder sperrig sowie **nicht biegbare**) mit dem Relief anderer Zähne als ihren Matrizenzähnen.

Modell 1 a hätte also für jeden Patienten **speziell im zahnmedizinischen Labor** (siehe Material und Methode) **angefertigt** werden müssen, was nicht der Vorgabe für den Platzhalter entsprach, einfach und kostengünstig zu sein.

Daher war mit der Erkenntnis, der Platzhalter lässt sich bei passgenauen Zahnstücken komplikationslos und fest in eine Zahnücke eines Gipspräparats einspannen, die Aufgabe des Modells 1 a erfüllt.

Modell 1 b (PH 2), ebenfalls eine CoCr-Legierung, wurde nicht getestet, da seine Zahnstücke **weder individuell** an bestimmten direkten Lückennachbarzähnen geformt **noch verbiegbare** waren. Auch erschienen die **Rauhigkeiten** auf den Basisstücken zu rundlich und wenig prominent um am Zahn haften zu können.

5.3.3 Stellschrauben aus Neusilber und Messing

Bei **Modell 2 (PH 3)**; aus Neusilber die Zahnstücke, aus Messing das Zwischenstück) stand das Zwischenstück und seine Verbindung zu den Zahnstücken im Zentrum des Interesses. Das hier ermittelte Prinzip der **Stellschraube** und seiner **Verankerungen mit den Zahnstücken** diente allen anderen aktiven Platzhaltern aus Metall als Grundlage der Zwischenstücke. Daneben stellen auch die Zahnstücke einen Prototyp dar, welcher bei den meisten aktiven Platzhalter-Modellen in weiter entwickelten Variationen verwendet wurde. Modell 2 kann daher als **Basismodell aller anderen metallenen Platzhalter** bezeichnet werden (siehe S. 131).

Einige Anmerkungen dazu, die über die Tests mit Modell 2 hinausgehen können und teilweise andere PH-Einsatzproben mit einschließen:

Der Platzhalter als Ganzes sollte, um den bereits mehrfach erwähnten Anforderungen nach Effektivität, Einfachheit, schonender Anwendung und Wirtschaftlichkeit zu genügen, zuerst einmal **klein** genug sein, damit sich keine **Engstellen** um den Platzhalter herum ergeben, die es dem Futter erlauben sich einzukeilen ohne im Zuge der Selbstreinigung und/oder externer Hygiene entfernt werden zu können. In den nächsten Schritten war es in diesem Sinne vorgesehen, die nicht individuell durch Abguß geformten Zahnstücke, also alle folgenden, mit einem **Puffer-Material** zu versehen, das die Lücken – Eintrittspforten für Futtermaterial – zwischen Lückennachbarzahn und Zahnstück schließt. Dabei wurde an ein gummiartiges Material gedacht, welches gleichzeitig für einen besseren **Halt** der Zahnstücke an den Lückennachbarzähnen sorgen könnte.

Auch sollte ein zu voluminöser Platzhalter die Patientenzunge nicht unnötig dazu anregen, mit dem Platzhalter zu spielen oder gar ihn als unangenehmen **Fremdkörper** wahrzunehmen. Speziell im **Oberkiefer, palatinal**, spielte das Postulat „**so klein wie möglich, so groß wie nötig**“ dann die entscheidende Rolle, sich von der Idee der **Schenkeln**, zumindest an dieser Zahnseite, zu verabschieden. Die Schenkel bohrten sich regelmäßig ins Zahnfleisch ein.

Einen weiteren Zwang zur Kleinheit bedeutete die **Enge vieler Zahnlücken** und/oder ihrem **Zugang**. Gerade im distalen Teil der Maulhöhle standen der behandelnden Hand oftmals lediglich ein knapper Zentimeter zwischen Ober- und Unterkieferzahnreihe zur Verfügung und seitlich zwischen gespannter Backe und Zahnquadrant oder sich wehrender Zunge und Zahnquadrant offenbarte sich ebenfalls nicht viel Raum. Innerhalb der Zahnlücke hantierte es sich einerseits geschickter mit „kleinen“ (siehe unten) Platzhaltern, die nicht bereits beim Einsteuern in die Lücke aneckten, andererseits durften sie nicht so klein sein, daß sie mit den Fingern – je weiter distal, desto mehr mussten die Fingerspitzen zur Führung des Platzhalters eingesetzt werden – nicht mehr zu kontrollieren waren. Als unmöglich erwies es sich meist den Platzhalter beim Zahnlückeneinsatz gleichzeitig mit der Hand und dem Auge zu führen. Dafür bot die Maulhöhle, besonders wenn die Zahnlücke distal lag, zu wenig Platz. So wenig Platz, daß die einführende Hand oft nur unter großen Anstrengungen und mehr mit den Fingerspitzen bei gerader Handstellung als mit einem komfortablen Griff den Platzhalter an sein Ziel, die Zahnlücke, geleiten konnte. Der wesentliche Unterschied in der Schwierigkeit des kontrollierten PH-Einsatzes lag dabei weniger in der Größe der Maulhöhle, der Größe der Zahnlücke oder der Größe der behandelnden Hände, als vielmehr in der **Lage der Zahnlücke im Ober- oder Unterkiefer und ihrer Lage im Quadranten**. Spätestens ab Höhe M_1 wurde die Maulhöhle für das Unterfangen PH-Einsatz schmal, der Quadrantenzwischenraum eng und eine kombinierte PH-Direktion, palpatorisch und adspektorisch, schwierig.

Einmal eingesetzt spielte die PH-Größe weitere entscheidende Rollen:

Zunächst galt es, die Stellschraube „handlich“ genug zu gestalten, um sie **manuell aktivieren** zu können. Dazu war eine gewisse minimale Angriffsfläche nötig. Zu diesem Zweck wurde ein 8-mm-6-Kant-Zylinder als Hohlzylinder gewählt, der sich im Folgenden als passender Kompromiss zwischen den verschiedenen Anforderungen an die PH-Größe, wie sie hier beschrieben werden, erwies. Dieses Maß wurde für alle aktiven Metall-PH mit 6-Kant-Zwischenstück beibehalten.

Insbesondere beim Anspannen erwies sich die Form des 6-Kants als für die Finger **griffiger** als ein runder Zylinder und als Möglichkeit **Hilfsgeräte** an der Stellschraube anzusetzen, mit denen der Platzhalter fest in der Zahnlücke angezogen werden konnte.

Ein Wort an dieser Stelle zu den „**Hilfsgeräten**“. Von der ursprünglichen Vorstellung in der Maulhöhle mit einem Schraubschlüssel hantieren zu können, musste man sich bereits nach den PH-Vorläufen im Schädelpräparat, spätestens aber nach Tests am Schlachttierkopf und am Patienten verabschieden. Es fehlte der Platz. Deswegen wurde die Idee entwickelt, zwar (und zwangsläufig) den angreifenden Teil des Instruments in der Maulhöhle zu belassen, diesen dann aber per Stab an eine arbeitende Hand zu verbinden, die sich außerhalb der Maulhöhle befindet. So entstanden der **8-mm-Maulschraubenschlüssel** und der **3-mm-PH-Schraubstift**.

Dann war eine Überlegung, daß ein voluminöses Zwischenstück schnell **über die Kaufläche hinausragt** und sich so direkt den Kaukräften ausgesetzt findet, was unbedingt zu vermeiden wäre. Beim angewandten Prinzip „Modell 2“ bedeuteten 8 mm Durchmesser des Zwischenstücks für den Platzhalter von der Mitte der Zahnstücke aus - hier an den klinischen Zahnkronen der direkten Lückennachbarzähne befindet sich der limitierende Spielraum für die Einsatzhöhe der Platzhalter - nach beiden Richtungen, apikal und vor allem koronal, 4 mm Raum zu beanspruchen. Tatsächlich ergaben sich aus diesen Bedingungen Schwierigkeiten, die mit Modell 9 e (PH 10, S. 137) nach einer Lösung strebten.

Nicht zuletzt sollte der Platzhalter eine Größe und damit **Stabilität** besitzen, die den möglicherweise über Futtermaterial indirekt übertragenen Kaukräften widerstand. Dem Gebot der Stabilität hätte ein weniger als 8 mm messender Hohlzylinder widersprochen, da insofern die Zylinderwände, -böden und/oder die Schraube zu fragil geworden wären. Die Deformationen während der Bearbeitung der Materialien, auch des V2A-Stahls, zeigten dies. Zum Beispiel verbog der Hohlzylinderboden regelmäßig unter den unvermeidbaren Hammerschlägen zur Zylinder-Zahnstück-Verbindung, wenn der Boden weniger als 2 mm und/oder die Wände weniger als 1,5 mm maßen. Aufgrund mangelnder Stabilität wurde weder im Moment des Einsatzes noch während der Dauer des Einsatzes ein Platzhalter beschädigt.

Der Gedanke, das **Zwischenstück als Stellschraube** (Hohlzylinder auf Schraube verdrehbar) zu konzipieren, entsprang zum Teil theoretischen Überlegungen und zum Teil praktischen Anforderungen bzw. technischen Zugeständnissen:

Zuerst war es gedacht, den Platzhalter gemäß **Modell 4 a** (S. 76) über eine Feder im Zwischenstück in die Zahnlücke **einschnappen** zu lassen, möglichst mit der verbesserten Variante,

Modell 4 b, das mittels verschiebbarem Zylinderstift und Madenschraube sich der **Größe der Zahnlücke angleichen** konnte. Abgesehen von technischen Begrenzungen in der zur Verfügung stehenden Feinmechanik-Werkstatt, welche diesen Platzhalter verhinderten, wurde diese Idee später grundsätzlich verworfen. Bereits die Einsatzversuche am Schädelpräparat und Schlachttierkopf von **Modell 3 (PH 4)** verdeutlichten, wie stark die **Spannung des Platzhalters** besonders in Zahnlücken mit annähernd parallelen Approximalflächen sein muss, um durch mittelkräftigen Zug und/oder Druck, hier mit den Fingern, in der Maulhöhle mit der Zunge und/oder Futtermaterial, das im Kauprozess auf den Platzhalter drückt und

möglicherweise auch an ihm zieht, nicht gelockert und schließlich entfernt zu werden. Aber auch in Zahnlücken mit bereits deutlich gekippten direkten Lückennachbarzähnen, also Approximalflächen, die es dem Platzhalter erschweren sollten herauszufallen, wirkte sich die Lockerung des Platzhalters im Oberkiefer immer, im Unterkiefer manchmal fatal aus. Nachgeahmt wurde die Situation am Schädelpräparat und Schlachtierkopf, indem der Platzhalter hier erst gelockert wurde und dann das Präparat oder der Kopf geschüttelt wurde. Bei Patienten, an denen der Platzhalter von Beginn an nicht straff saß oder zum Teil wegen in die Kauffläche ragender Platzhalter-Komponenten mit Sicherheit Belastungen durch den Kauprozess erfuhr, fiel der Platzhalter in allen Fällen (siehe Tab. 2, PH-Nr. 4, 6, 7, 9) innerhalb der ersten Woche nach Einsatz wieder aus der Zahnlücke heraus.

Folglich wurde nach einer Vorrichtung gesucht, mit der der Platzhalter fest in die Zahnlücke **eingespannt (aktives Prinzip)** werden konnte. Eine einfache, praktikable, schonende und wirtschaftlich vertretbare Konstruktion schien in einer Schraube gefunden, die sich gegen eine spezielle Mutter auf- und zudrehen ließ. Als passend für jene spezielle Mutter wurde der oben beschriebene 8-mm-6-Kant-Hohlzylinder betrachtet, weil er manuell wie instrumentell aktivier- und deaktivierbar ist, mit der Schraube sich in der Länge des Platzhalters gut an die Länge der Zahnlücke anpasst, am Zylinderboden sich das Zahnstück über den Stift flexibel befestigen läßt, er wenig Halt für Futterreste bietet, stabil und auf vielerlei Art und Weise mit den Geräten der Feinmechanik bearbeitbar ist.

Damit dieser Hohlzylinder beim Aktivieren weder die Schraube mit Kontermutter noch die **Zahnstücke mitdreht**, sollten die Zahnstücke derart an den direkten Lückennachbarzähnen ansetzen, daß sie möglichst in ihrer Position verharren. Daher verfügen die Zahnstücke über ein Basisstück, welches breiten Kontakt zu den Approximalflächen der Lückennachbarzähne schafft (und gleichzeitig mit der flexiblen Aufhängung v. a. zum Hohlzylinder einen nicht parallelen Stand der Zahnstücke ermöglicht. Letzteres, siehe Abb. 74, S. 135, bis zu einem gewissen Grad, wonach der Stift schließlich abbricht) und Schenkelstücke, die je enger sie am Zahn liegen, desto eher ein Mitdrehen der Zahnstücke stoppen (Abb. 104). Später ergänzten diese Bemühungen, die Zahnstücke stabil an den LNzd zu verankern, verschiedene Auflagerungen der Zahnstücke (siehe S. 201 ff).



Abb. 104, Eng am Zahn anliegende Zahnstücke → kein Verdrehen der Schenkel
(siehe auch Abb. 105).

Eine Vorgehensweise, den Platzhalter sicher in den Zahnlücken einspannen zu können, schien nach den obigen Überlegungen gefunden, trotzdem bestand bereits zu diesem Zeitpunkt die Vermutung, ohne weitere Verankerung wie durch das Einkeilen in der Zahnlücke mittels angezogener Stellschraube könnte der Platzhalter gerade wegen dieser Einkeilung und des Drucks auf die Lückennachbarzähne, den er dabei ausübt, jene **Lückennachbarzähne auseinanderschieben** und auf diese Art und Weise wieder **locker werden**. Das Stellschraubenprinzip ohne passive Aufhängung leitet die Lockerung und somit das Nicht-Funktionieren des Mechanismus ein. Diese Vermutung schien sich im Laufe der Untersuchungen zu bestätigen.

Die Situation läßt sich, wenn auch wegen des unterschiedlichen Zahntyps nur bedingt, mit dem Caninus-Engstand beim Hund vergleichen, wo die Expansionsschraube unbedingt verankert werden muss (siehe HARVEY und EMILY, 1993, S. 284 - 293).

Eine andere, denkbare, in der Studie nicht geprüfte, positive Eigenschaft des Platzhalters Typ „Modell 2“ wäre an dieser Stelle zu erwähnen: Gekippte Lückennachbarzähne, solange die Zahnlücke dem Platzhalter Platz bietet, lassen sich mit dem Stellschrauben-Platzhalter korrigieren. Diese Erwartung entspräche den Erfahrungen mit kieferorthopädischen Kräften, wie sie z. B. SHIPP und FAHRENKRUG (1992, S. 124 – 125) berichten.

Im Übrigen ist die Schraube, gegen die sich der Hohlzylinder dreht, damit dies funktioniert, fest mit ihrem Zahnstück verbunden, wie in „Material und Methode“ dargelegt. Das hat den Nachteil, nicht oder kaum beim Zahnstückeneinsatz vom 90° Winkel zwischen Schraube und Basisstück abweichen zu können, womit die Last des **Ausgleichs nicht paralleler Zahnstückstände** weitgehend bei der Verbindung Hohlzylinder-Basisstück liegt.

Die Aufgabe der **Kontermutter** sollte lauten, die Stellschraube sich nach dem Anziehen nicht wieder lockern zu lassen. Obwohl es während eines Platzhalter-Einsatzes vom Typ „Modell 2“ mit relativ kurzem Hohlzylinder gelegentlich schwierig war, den gleichstarken (Durchmesser) **Schraubzylinder klar von der Kontermutter zu unterscheiden**, wurde darauf verzichtet die Kontermutter im Durchmesser größer als den Schraubzylinder zu wählen, weil dies bedeutet hätte 2 verschiedene Schraubenschlüssel mit langem Griff zu verwenden und, vor allem, zu riskieren die Kauflächenebene zu überragen. Weiterhin gelang es nur in Ausnahmefällen die Kontermutter im eigentlichen Sinne des Wortes zu **kontern** indem ein zweiter Maulschlüssel mit langem Griff am Hohlzylinder ansetzte und diesen blockierte während die Kontermutter angezogen wurde. Deswegen musste in den meisten Fällen damit gerechnet werden, daß entweder die Kontermutter nicht fest saß oder sie beim Kontern den Hohlzylinder mitdrehte. Im letzteren, häufigeren Falle stellte sich heraus, daß die Kontermutter den Hohlzylinder trotzdem blockierte, obwohl die Stellschraube nochmals aktiviert wurde - was nur dann ein Problem bedeutete, wenn die erhöhte Spannung selbst zur Lockerung des Platzhalters führte. Offenbar wurde die Kontermutter, an der der Schraubenschlüssel ansetzte, letztlich stärker gedreht als der mitlaufende Hohlzylinder.

Nach dem Prototyp Modell 2 (PH 3), welcher die Idee des Platzhalter-Prinzips plastisch darstellen sollte, wurde anschließend das an die Zahnücke adaptierbare **Modell 3 (PH 4)** aus **Neusilber** (weicher und damit besser bearbeitbar als Messing und vor allem Edelstahl) mit Silikonbeschichtung der Zahnstücke angefertigt. Es sah den Einsatz in Schädelpräparat und Schlachttierkopf vor.

Da als Rohling für den Hohlzylinder statt eines 6-Kantes ein runder Stab zur Verfügung stand, mussten auf diesem Stab 4 Seiten eingeschliffen werden, um den Zylinder besser manuell und instrumentell bedienbar zu gestalten.

Die 2-mm-Stifte brachen zwar bei den Verbindungen mit den Zahnstücken nicht ab, erschienen jedoch fragil, so daß für den Patienteneinsatz (siehe unten) nur Stifte mit 3 mm Durchmesser (aus Edelstahl) in Frage kamen. Die Verbindung Hohlzylinder-Zahnstück bei den Edelstahl-Modellen erwies sich dadurch nicht weniger beweglich. Allerdings musste das Basisstück nun etwas breiter gearbeitet werden, was wegen der großzügigen Approximalflächen in keinem Fall limitierend für den Platzhalter-Einsatz war.

Probleme hier bei Modell 3 bereitete der PH-Einsatz im **Oberkiefer**, besonders am Schlachttierkopf, weil der Platzhalter auf eine feuchte und glitschige Umgebung traf. Während es im Unterkiefer genügte, den Platzhalter mehr oder weniger passend, er durfte nur nicht zu lang sein!, in die Zahnücke „fallen“ zu lassen und dann in der günstigsten Stellung anzuziehen (dies gelang, indem der Platzhalter auf dem Alveolenboden liegend leicht aktiviert

und in diesem Zustand nach koronal geführt wurde, wobei, je nach Beschaffenheit der Zahnücke, teils nochmals deaktiviert werden musste), erforderte der Einsatz im Oberkiefer, die Stellschraube genau so weit aufzuschrauben, daß sie gerade eben in die Zahnücke passte oder, noch günstiger, sich bereits dort verkeilte. Ansonsten war es schwierig bis unmöglich den Platzhalter manuell aufzuschrauben. Noch diffiziler war es, den manuell aktivierten Platzhalter im Anschluß mit dem 8-mm-Maulschraubenschlüssel in seine **Endspannung** zu versetzen ohne dabei die Zahnstücke mitzudrehen und auf diesem Wege die Position des Platzhalters in der Zahnücke zu verändern, ihn zu lockern, wenn nicht gar ihn wieder aus der Zahnücke herauszudrehen. Dieses Problem stellte sich vermehrt im Oberkiefer (insbes. distal), betraf jedoch grundsätzlich alle Zahnücken.

Technisch nicht lösbar resultierte das oben bereits skizzierte Vorhaben (S. 191f), den unvermeidlichen Raum zwischen direktem Lückennachbarzahn und **Zahnstück** mit einem geeigneten **Puffermaterial** auszufüllen, mit welchem die Zahnseiten der Zahnstücke bestückt sein sollten. Ein fester, noch mit den Fingern eindrückbarer, rutschfester, korrosionsbeständiger **Gummi**, der aufgrund dieser Eigenschaften auch versprach, die Zahnstücke besser an die Lückennachbarzähne anzuheften, wurde für diesen Zweck als optimal befundet. Zu den beiden, unter den gegebenen Umständen einzig denkbaren Möglichkeiten, den Hartgummi an den Zahnstücken zu befestigen, dem Kleben und/oder Anschrauben, fehlte entweder der geeignete Klebstoff oder es gestaltete sich zu kompliziert, den Hartgummi an den Zahnstücken anzuschrauben. Alleine die Frage wie die Schraubenköpfe versenkt werden könnten, damit sie die Annäherung der Gummibeschichtung an die Lückennachbarzähne nicht behindern, vermochte nicht beantwortet werden.

Als Konsequenz wurde versucht, eine **Silikonbeschichtung** einzusetzen. Diese brach bereits auf, wenn der Platzhalter mit der Hand eingesetzt wurde und dabei die Zahnkanten auf die Beschichtung drückten oder wenn der Platzhalter dann aktiviert wurde; kam denn der Maulschlüssel zum Einsatz, blieb von der Beschichtung an ihrem Bestimmungsort fast nichts übrig.

Die **Zahnersatzmasse Paladur®** dagegen wurde nach dem Aushärten steinhart und verlor so jegliche Plastizität (man hoffte, mit weniger Kondensator-Flüssigkeit zum Pulver eine weichere Konsistenz zu erhalten, was nicht der Fall war).

Da, abgesehen von den genannten Unzulänglichkeiten der Beschichtungen, auch die Frage nach ihrer hygienischen Relevanz noch ungeklärt war, verzichteten die folgenden Modelle weitgehend auf Kunststoff-Beschichtungen.

5.3.4 Stellschrauben aus Edelstahl (V2A)

Die meisten und am erfolgreichsten eingesetzten Platzhalter bestanden aus Edelstahl (V2A). Dieses Material bekam anderen gegenüber den Vorzug, weil es stabil und trotzdem noch manuell bearbeitbar, korrosionsbeständig und bedingt maulhöhle-tauglich ist.

Mit **Modell 4 a** (S. 76) und dem besser an die Länge der Zahnücke adaptierbaren **Modell 4 b** wurde die Vorstellung verknüpft genau die Probleme vermeiden zu können, welche das Prinzip Stellschraube mit sich bringt, indem der Platzhalter mit Stellschraube, nachdem er in die Zahnücke inseriert wurde, noch aktiviert werden muß. Zeitlich wurde Modell 4 a kurz vor bis gleichzeitig mit dem Prinzip Stellschraube konzipiert.

Wie oben (S. 193 f) angesprochen, war es gedacht diesem Platzhalter durch die eingebaute Feder eine Spannkraft zu verleihen, die ihn ohne weiteres Zutun in der Zahnücke hält. Die Technik der Madenschraube versprach zudem den Platzhalter speziell auf die Zahnückenlänge einstellen zu können. (Die Schenkel vermochten ohnehin, auch bei V2A-Material, individuell angepasst zu werden).

Selbst wenn dieser Platzhalter technisch realisierbar gewesen wäre, muß nach den Erfahrungen mit den Stellschrauben davon ausgegangen werden, daß die mit der Feder erzielte Spannkraft keineswegs ausgereicht hätte, den Platzhalter sicher und stabil in der Zahnücke zu fixieren.

Beim Einsetzen der Stellschrauben erschien eine Kombination mit dem Feder-Mechanismus wünschenswert, um der Schraube in der Zahnücke bereits vor dem Anziehen einen gewissen Halt zu geben, der es erleichtern würde, den Platzhalter zu aktivieren. Diese Kombination überstieg allerdings ebenfalls die gegebenen technischen Möglichkeiten.

Genauso wie ein weiteres PH-Fixier-Prinzip, nämlich den **Platzhalter über seine Zahnstücke zu befestigen**, diese Möglichkeiten überstieg. Dadurch, daß die beiden Schenkelstücke den Lückennachbarzahn wie in einem Schraubstock einspannen, weil sie mit Schrauben im Basisstück miteinander verbunden werden, findet der Platzhalter Halt. Dieses Prinzip lag in unterschiedlichen Ausführungen den **Modellen 5, 6 a, b, c** und **7** zugrunde.

Man könnte die Methode als Variante einer üblichen Vorgehensweise betrachten, wo einzelne (Nachbar-) Zähne ganz z. B. mit Draht umspannt werden, um Platzhalter aufzuhängen. Da eine derartige Umspannung der Lückennachbarzähne deren enge und nicht ganz ebenen Kontaktflächen (THOME', 1999; KRELING, 2002, S. 27; PENCE, 2002, S. 10) nicht erlaubten, sollte die Einspann-Methode eine Alternative bieten.

Zu beachten wäre, daß die Schrauben beim Einsetzen des Platzhalters zungenwärts zu liegen kommen, weil hier mehr Platz zum Arbeiten besteht (ob dieser Platz ausgereicht hätte die sich hier anbietenden Imbusschrauben anzuziehen, wäre zu testen gewesen); daß entweder, trotz der oben beschriebenen Schwierigkeiten, noch ein geeignetes Auflagematerial gefunden wird, welches die Kontaktflächen der Zahnstücke zum Zahn verbessert, oder, daß die Basisstückschrauben nicht angezogen werden, bis die Schenkelstücke über ihrem Drehpunkt, der ersten Auflagefläche am Zahn (die Seitenflächen der Backenzähne sind gewellt [DIXON,

1999, S. 20 - 23; THOME', 1999]; siehe Abb. 105) gebogen werden und so die Schenkelenden abstehen.



Abb. 105, Aufgrund des Zahnreliefs abstehende Zahnschenkel

Mit der Maßnahme, eine zweite Schraube oder einen zusätzlichen Führstift in das Basisstück einzufügen, wollte letzterer Gefahr vorgebeugt und außerdem erreicht werden, daß das mit nur einer Schraube arretierte Schenkelstück nicht zu unstabil wurde und seine angedachte Position verließ.

Ansonsten unterscheiden sich die Modelle mit der „Einspann-Methode“ wegen verschiedener Zwischenstücke: **Modell 5** (S. 77) mit Feder-Mechanismus und Madenschraube; **Modell 6 a, b und c** (S. 78 f) mit fester Verbindung Basisstück-Zwischenstück, auf einer Seite Schraube, auf der anderen Hohlzylinder mit Innengewinde, die beide soweit ineinandergedreht werden, bis sie bündig in ihre Zahnlücke passen; **Modell 7** (S. 79) ohne feste Verbindung beider Zahnstücke über ein Zwischenstück. Die auf einer Seite verstellbaren und damit am Zahn anziehbaren Zahnstücke sind zur Zahnlücke hin verlängert und sollen mittels eben dieser Verlängerungen den Zahnlückenraum ausfüllen und ein Kippen der Lückennachbarzähne verhindern. Als vorteilhaft wurde es bei dieser Variante es angesehen, die beiden Zahnstücke unabhängig voneinander (die Anbringhöhe musste jedoch gleich sein, im anderen Falle blockieren die verlängerten Schenkelstücke die Zahnlücke nicht) und deshalb einfacher sowie

passgenauer anbringen zu können. Denkbar wäre es auch, lediglich eine Hälfte dieses **Modells 7** mit der Zahnlückenlänge entsprechend **verlängerten Schenkeln**, oder, besser noch, vom Basisstück mittig ausgehendem **Stift** mit dieser Länge, zu verwenden.

Modell 8 (PH 5; PH-Nr. 2, S. 135) konnte als erster Edelstahl-PH am **Patienten (Nr. 59, Tab. 3, P₄ UK li, S. 163)** getestet werden. Abgesehen von den bereits für Modell 3 beschriebenen (S. 193 f) Schwierigkeiten – insbesondere drehten sich die Schenkel beim Aktivieren der Stellschraube mit bis sie sich am Zahn blockierten; der Platzhalter wurde durch ein gleiches Modell 8 mit besser angepassten Schenkeln ersetzt – bewährte sich der **gerändelte** Zylinder. Wohlwissend um die günstige Position der Zahnücke - P₄ UK li – wurde festgestellt, die Finger, teils Fingerspitzen (siehe „Ergebnisse“, S. 149 f) fanden an ihm relativ sicheren Halt, wobei die Größe des Zylinders (10 statt 8 mm Durchmesser) es ebenfalls förderte, ihn gezielt handhaben zu können. Trotzdem blieb aus den bereits geschilderten Gründen (S. 149; besonders die Kollision mit dem Kautisch spielte eine Rolle) der Standarddurchmesser der Hohlzylinder für spätere Platzhalter bei 8 mm. Das Rändeln dagegen bot sich für die folgenden 8-mm-6-Kant-Hohlzylinder an, war aber technisch nicht umsetzbar.

Damit der Modell-8-Zylinder sicher instrumentell angespannt werden konnte, bedurfte es eines Ansatzpunktes **geeigneter Instrumente**. Deswegen erfolgten basisnah im Zylinder **Transversalbohrungen** mit Phasen, über welche ein passender **Stift** eingeführt werden sollte, der wiederum über einen langen Griff zu drehen war. Gleichzeitig eröffnete sich dadurch die Chance, den Zylinder mit diesem Stift ohne Griff lediglich mit einer Hand in der Maulhöhle zu aktivieren. Der Stift wurde dafür, nachdem er einmal in die Bohrung eingeführt war, wie der Griff eines Schraubstocks angezogen bis seine Stellung ungünstig war, in der Bohrung durchgeschoben, wieder gedreht, durchgeschoben, bis die Kraft der Finger an ihr Ende gelangte. Dann war der Moment gekommen, den Stift zu entfernen und den **3-mm-PH-Schraubstift** zu benutzen.

Die in Punkt 4.3.2 „Vorbereitung und Befestigung des Platzhalters“ (S. 144) aufgezeigten **Schwachstellen** des Platzhalters wie die Bohrungen mit dem Stift nicht sicher zu finden, unter Abwehrbewegungen über den Stift den Platzhalter zu verreißen oder bei Stätigkeiten des Patienten den 3-mm-PH-Schraubstift nicht schnell genug vom Platzhalter und damit aus dem Maul zu entfernen, führten dazu diese Methode der Platzhalter-Aktivierung nicht weiter zu verfolgen. Die Technik mit 6-Kant und zugehörigem Schlüssel wurde, auch abschließend, als einfacher und sicherer beurteilt. Gemessen an seiner **Verweildauer** in der Zahnücke von einem Jahr jedoch bewährte sich das Modell 8. Da der Platzhalter bei seinen letzten Kontrollen ca. eine Woche vor Ausfall locker saß und diese Lockerung im Oberkiefer immer zum Ausfallen des Platzhalters führte, wird für den Erfolg vor allem seine Lage im Unterkiefer als grundlegend angesehen.

Modell 9 (S. 135 f) wurde in der Untersuchung am häufigsten erprobt. Das Fundament des Platzhalters besteht aus einem 8-mm-6-Kant-Hohlzylinder, zugehöriger Schraube und den gewohnten adaptierbaren, nicht schraubbaren Zahnstücken.

Das Modell variiert, je nachdem wie die Zahnseiten der Zahnstücke gestaltet sind: Glatt (**Modell 9 a, PH 6**), mit Gewebiband beschichtet (**Modell 9 b, PH 7**), mit Raspelhieb versehen (**Modell 9 c, PH 8, PH-Nr. 3, 4, 5**), mit Hartmetallgranulat ausgestattet (**Modell 9 d, PH 9**), mit sich seitlich statt mittig verjüngenden Schenkeln (**Modell 9 e, PH 10, PH-Nr. 6**) und mit Basisquerbohrungen im Hohlzylinder (**Modell 9 f, PH 11**).

Keines der Modelle überzeugte vollständig.

Am Patienten eingesetzt wurden **Modell 9 c** (S. 150 f; PH 8, Tab. 3, **Patient Nr. 66, 67, 68**) und **Modell 9 e** (PH 10, Tab. 3, **Patient Nr. 69**), das sich in der Beschichtung nicht von **Modell 9 d** unterscheidet. Nach den Erfahrungen der vorangegangenen Platzhalterprüfungen, wo es weder mit noch ohne Zahnstück-Beschichtung glückte die Zahnstücke so zu gestalten, daß sie am Zahn festen Halt fanden, der über das Anpressen durch die aktivierte Stellschraube hinausging, sollte jetzt nach Alternativen gesucht werden. Deshalb kamen für den Zahnlücken-Einsatz nur Zahnstücke mit neuen Beschichtungen in Frage.

Die Gewebiband-Variante (**Modell 9 b, PH 7**) wurde bereits während der Versuche an Schädelpräparat und Schlachttierkopf verworfen. Zu umständlich war es, die Zahnstücke zu präparieren, zu leicht schabten, kratzten die Gewebiband-Auflagen sich schon beim Einführen in die Zahnlücken ab, zu wenig füllte das Material tatsächlich die Lücken zwischen Zahn und Zahnstück aus, zu unsicher war der „Halte“-Effekt und zu unsicher war es vorauszusehen, wie weit dieses Gewebiband in der Maulhöhle hygienisch vertretbar sei.

Modell 9 c (PH 8) wurde bei 3 Patienten (Tab. 3, **Patient Nr. 66, 67, 68**) mit unterschiedlichem Erfolg verwendet (siehe „Ergebnisse“, Abschnitt 4.3.2.2, S. 150f).

Mit der **Raspelhieb**-Ausstattung der Zahnstück-Zahnseiten war die Absicht verbunden, die kleinen, spitzen, widerstandsfähigen Haken des Raspelhiebs würden sich in den Zahnzement einbohren und dem Platzhalter auf diese Art und Weise besseren Halt gewähren; oder, falls ein Einbohren im eigentlichen Sinne des Wortes nicht funktionierte, die Zahnstücke griffiger zu gestalten. Diese Platzhaltermodelle wurden, obwohl sich der Raspelhieb weder am Schädelpräparat noch am Schlachttierkopf in den Zahnzement einbohrte oder merklich besser haftete, beim Patienten eingesetzt. Zum einen wegen jener weiter zu testenden Griffigkeit der Zahnstücke, zum anderen um zu verifizieren, ob der „lebendige“ Zahnzement in der Maulhöhle eines Pferdes nicht doch anders auf die ca. 1 mm hohen V2A-Spitzen der Zahnstücke reagierte, als die Versuche am „toten“ Zahnzement es ergaben. Es schien bei den Raspelhieb-Versuchen, die Zahnstücke griffen besser am Zahn an. Sie verschoben und verdrehten sich nicht mehr so leicht, drehten jedoch, wenn größere Kraft angewendet wurde, ebenfalls mit. Sie bohrten sich nicht in den Zahnzement ein.

Ähnlich, nur etwas ungünstiger, wurde die **Hartmetallgranulat-Beschichtung** von **Modell 9 d (PH 9)** beurteilt: Das Mitdrehen der Zahnstücke wird etwas erschwert; die Beschichtung dringt nicht in den Zahnzement ein. Außerdem wurde es als kritisch angesehen, daß das Granulat, welches eine Feilenfirma als Zahnstück-Rohling, Granulat auf Edelstahl,

nach dem Vorbild ihrer Pferdezahnraspeln herstellte, nach dreitägigem Einsatz in der Maulhöhle offenbar mit den Sekreten und/oder dem Futterbrei der Maulhöhle reagiert hatte. Es war schwärzlich verfärbt, Futterpartikel lagen zwischen dem Granulat. Den Gründen dieser Veränderungen wurde nicht weiter nachgegangen. Falls das aktive Stellschraubenprinzip mit Basisstück und Schenkeln angewendet werden sollte, erfüllte der Raspelhieb eher die Anforderungen des Platzhalters.

Zu den Patienteneinsätzen im einzelnen:

Bemerkenswerterweise konnte dem 10jährigen Kaltblut-Wallach, **Patient Nr. 66** (Tab. 3), das **Modell 9 c (PH 8, PH-Nr. 3) ohne Sedierung** eingesetzt werden. Mag es an seinem Kaltblut-Naturell, seiner mangelnden schlechten Erfahrung mit Behandlungen (obgleich ihm ein Backenzahn ausgestempelt wurde), der ruhigen, entspannten Atmosphäre des Behandlungsortes (frei auf der Stallgasse eines kleineren Stalles der Klinik; 1 Halter des Pferdes, 1 Behandler), der günstigen Lage der Zahnücke (P₃ UK li) oder einer Kombination der Faktoren gelegen haben, festzuhalten ist, eine Sedierung scheint nicht nur bei der Abdrucknahme der Zahnücke und den PH-Kontrollen, sondern auch beim PH-Einsatz unter Umständen umgänglich.

Der PH 8, Modell 9 c, mit dem 8-mm-6-Kant-Hohlzylinder konnte einfacher und sicherer als der runde, mit Bohrungen versehene Hohlzylinder von Modell 8, PH 5, **instrumentell angezogen** werden. Dennoch **drehten** sich die auch hier wieder (siehe Modell 8) etwas zu weit stehenden **Schenkelstücke** (die Zahnücke wurde noch nach der Knopfsondenmethode vermessen) **mit**, ohne Zahnfleisch zu verletzen. Wie die Kontrolluntersuchungen ergaben, **lockerte** sich der Platzhalter trotz neuerlicher, bei diesen Kontrollen stattfindenden Nachaktivierungen, immer wieder. Daß er trotzdem 1 Jahr in der Zahnücke verblieb, wurde hier wie bei Modell 8 in allererster Linie seiner Lage im Unterkiefer zugesprochen.

Beim **Patienten Nr. 67** (Tab. 3) gelang es auch nach vielzähligen Versuchen nicht, den **PH 8, Modell 9 c (PH-Nr. 4)**, stabil einzusetzen. Die Zahnücke in der Tiefe des Patientenmauls (M₂ OK li) war offensichtlich mit der **Knopfsondenmethode** nicht ausreichend genau befundet worden, um den Platzhalter passend auf diese enge, ungünstig liegende Zahnücke einstellen zu können.

Als positiv stellte sich heraus: die **Zahnstücke vor Ort** mit dem in „Material und Methode“, Abschnitt 3.4.3.2, S. 93 ff, beschriebenen Instrumentarium **lückenspezifisch** zu bearbeiten ist gut möglich.

Negativ war, das gilt für alle in dieser Arbeit beschriebenen aktiven Platzhalter mehr oder weniger, daß bei Patient Nr. 67 mit der Zahnücke M₂ OK li in der **Tiefe des Raums** praktisch **blind** gearbeitet werden musste. Es musste die an dieser Position schnell kompliziert werdende Aufgabe bewältigt werden, eine kurze (knapp 1 cm) Stellschraube manuell so anzuziehen, daß sie erst einmal nicht wieder aus der Zahnücke (nach unten!) fällt, dabei aber auf der optimalen Höhe sitzt (siehe im Folgenden), die Schenkel sich tunlichst nicht derart mitdrehen, daß sie das Zahnfleisch verletzen und zu guter Letzt, den Platzhalter mit dem 8-mm-Maulschraubenschlüssel zu aktivieren und ihn in der Endspannung mit der Kontermutter zu blockieren. Alleine sicher festzustellen, ob die gemeinsame, belastbare Länge von Schraube und Hohlzylinder für die Länge der Zahnücke beim Aktivieren ausreicht

oder nicht, ob die Schraube auf dem Hohlzylinder bereits außerhalb des Gewindes leerdreht und sich das Zwischenstück nur noch aufgrund der Spannung hält, war bei manchen Fällen schwierig bis unmöglich. Besonders bei den kurzen Hohlzylindern irritiert teilweise die Kontermutter. Oder/und, wie im Fall Patient Nr. 67 für den Versuchsabbruch entscheidend, es irritieren die Abwehrbewegungen des Patienten. Gerade die sedierten (Domosedan®, untere Dosierung) Patienten wirkten oft spontan und unberechenbar in ihrem Abwehrverhalten. Diese mangelnde Compliance der Patienten stellte einen maßgebenden Gesichtspunkt für alle weiteren Konzepte.

Ein Mechanismus, der in der Zahnücke einschnappt wie ein Schloß in seinen Riegel und nichtsdestoweniger seine Aufgaben erfüllt, schien wünschenswert.

Derartige könnte über Verbesserungen des Prinzips Stellschraube gefunden worden sein, allerdings in seiner passiven Ausführung (siehe unten, S.207 ff).

Die oben angesprochene **optimale PH-Höhe** stellt einen Kompromiss dar. Der Platzhalter sollte sich so weit wie möglich vom Boden der Zahnücke entfernt befinden, um Zahnfleisch und Alveole nicht unnötig zu irritieren – z. B. weil das Zahnfleisch hier den PH zu überwuchern droht, oder wegen Futtermaterials, welches am Platzhalter hängt - und um den Raum zwischen Zahnückenboden und Platzhalter weit zu lassen, auf daß sich dieser Zwischenraum reinigt. Nach koronal beschrängt ihn die Kauebene, die er zu vermeiden hat, da er anderenfalls direkt den Kaukräften ausgesetzt wäre. Demzufolge wurde die optimale PH-Höhe als knapp unter dem Kautisch liegend definiert. Eine Höhe übrigens, die für Platzhalter mit Schenkelstücken im Unterkiefer manchmal, im Oberkiefer immer in der Studie die einzige war, auf welcher die Schenkel kein Zahnfleisch traumatisierten (entgegen vieler Literaturangaben, siehe S. 12 „Krone – Zahnfleisch Verhältnisse, präsentierten die klinischen Kronen der untersuchten Backenzähne je nach ihrer Lokalisation im OK oder UK und je nach ihrer Ansicht von lingual/paltinal oder bukkal sehr unterschiedliche Längen; die geringste mit meist 2 – 3 mm und weniger palatinal im Oberkiefer). Dem stabilen Sitz des Platzhalters jedoch kam es entgegen, möglichst tief in der Zahnücke zu liegen und sich dadurch einer breiten Auflagefläche zu erfreuen. Tatsächlich lagen alle über Monate in situ verweilenden Platzhalter zumindest teilweise auf dem Zahnückenboden, bzw. stützten sich mit den Zahnstücken auf dem approximalen Zahnfleisch (siehe auch Abb. 106, nächste Seite).



Abb. 106, Schief und distal tief liegender PH
(Tab. 3: Patient Nr. 70, PH-Nr. 8, PH 14, Modell 11).

So ungünstig die Verhältnisse bei Patient Nr. 67 waren, so günstig boten sie sich bei **Patient Nr. 68** (beide Tab. 3) dar, um einen Platzhalter nach Art des **Modells 9 c (PH 8, PH-Nr. 5)** anzubringen (P₄M₁ UK li). Trotz des stabilen PH-Einsatzes bleibt festzuhalten, auch hier bohrt sich eine Schenkelspitze, weil sie sich beim Aktivieren der Stellschraube mitdreht, ins Zahnfleisch. Ob die Verletzung mit noch besser, noch enger am Zahn anliegenden Schenkelstücken, gebogen nach den Maßen des Silikonabdrucks, der hier noch nicht praktikabel war, zu vermeiden gewesen wäre, sei dahingestellt. Auf jeden Fall wurde aufgrund, wider aller Bemühungen, neuerlicher Zahnfleischverletzung beim nächsten Patienten (Tab. 3, Nr. 69) nach neuen Wegen gesucht, um das Schenkelproblem zu bewältigen.

Patient Nr. 69 mit der (für Metall-PH) ersten Oberkiefer-Zahnlücke stellte den vorgesehen Platzhalter **Modell 9 d (PH 9, PH-Nr. 6)** vor das Problem, palatinal wenig Platz für die gängigen Schenkelstücke vorzufinden. Wie beschrieben, verletzten selbst die modifizierten, randständig schmalen und kurzen Schenkel (**Modell 9 e, PH 10**) das Zahnfleisch, der Platzhalter wurde nach 2 Tagen entfernt, und es begann die Suche nach **alternativen Zahnstücken**.

Modell 9 f (PH 11) wurde zeitlich auf Modell 8 (PH 5; nicht abgeflachter Zylinder mit Basisbohrungen) folgend konstruiert. Aus den für jenes Modell 8 besagten Gründen (S. 200 f) kam dieser Platzhalter nicht zum Einsatz.

Modell 10 a (PH 12, S. 137) verzichtet auf Schenkelstücke. Das Basisstück besteht aus einer **Scheibe mit randständigen Zacken**, die sich am, besser noch im Zahnzement festhaken sollten. Da die Scheiben nach den Probevorläufen an Schädelpräparat und Schlachttierkopf zu voluminös, zu groß im Durchmesser erschienen und über die Okklusionsebene des Quadranten ragten, sind sie nicht am Patienten verwendet worden. Man hätte den Platzhalter entweder zu weit in die Zahnlücke hinein versetzen müssen, um Kontakt zur Okklusionsebene zu vermeiden, oder die Scheibe entsprechend kleiner gestalten.

Ein Vorteil der scheibenförmigen Zahnstücke war es, daß nicht darauf geachtet werden musste, in welcher Stellung die Zahnstücke an den Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne hafteten.

Bei **Modell 10 b (PH 13. PH-Nr. 7)** dagegen spielte es eine tragende Rolle, wie die hier, als einzigem Unterschied zu Modell 10 a, **rechteckigen Zahnstücke** mit einer Zacke an jeder Ecke in Kontakt zu den Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne traten. Vorgesehen war es, die rechteckigen Zahnstücke quer zur Zahn längsrichtung, knapp unter die mastikatorische Ebene zu setzen. Es drehten sich aber die Zahnstücke beim ersten Einsatz an **Patient Nr. 71 (Tab. 3)** solange mit, bis 2 Eckhaken sich in Rillen der Kaufläche des Nachbarzahns verkeilten. Der Platzhalter konnte stabil aktiviert und mit der Kontermutter blockiert werden, weswegen das Risiko durch die dem Kauvorgang ausgesetzten Haken gelockert zu werden, eingegangen wurde.

Wie die Häkchen des Raspelhiebs oder die Zacken der Zahnstück-Scheiben bohrten sich die Spitzen dieses Modells 10 b nicht in den Zahnzement ein. Bestenfalls konnte von einer verbesserten Rutschfestigkeit der Zahnstücke auf den Approximalflächen gesprochen werden. Nach etwas mehr als einem Tag fiel der Platzhalter, wegen, wie anzunehmen ist, der beiden in die Kauebene verschobenen Haken, wieder heraus. Da das Modell über keine Schenkel verfügte, welche zusätzlichen Halt in der Frontalebene bieten, wäre dieser Platzhalter, einmal gelockert, wohl auch aus einer UK-Zahnlücke gefallen.

Der **zweite Versuch** an dieser Zahnlücke **P₃ OK re** des **Patienten Nr. 71** mit **Modell 10 b** ergab erneut einen in die Kauebene versetzten Haken und erneut, obgleich dieses Mal zusätzlich die Zahnstückflächen zwischen den 4 Häkchen mit einem Akrylkleber (Technovit®) bestrichen wurden, fiel der Platzhalter nach 1,5 Tagen aus der Zahnlücke.

Als Gründe dafür werden, zum einen wiederum der verschobene Haken, und zum anderen, die mangelnde Klebwirkung des Akrylklebers angesehen.

Der Gedanke des **Klebens** an sich schien nicht mit den Vorstellungen von einem einfachen und praktikablen PH-Einsatz vereinbar. Zuerst einmal fehlte es offenbar an einem geeigneten Klebstoff. Die „Kleber“ aus der Human-Zahnmedizin, z. B. Composit, verlangten um erfolgreich angewendet zu werden, den Schmelz (!, wie die Verbindungsstoffe mit Pferde

-Zahnzement reagieren, war ungeklärt) mittels Säurepräparaten aufzuschließen oder zumindest ein absolut trockenes Arbeitsfeld, das letztlich nur mit aktiver Lufttrocknung erreicht worden wäre.

Doch auch abgesehen von diesen technischen Problemen in der Anwendung, wurde das Einkleben der Platzhalter lediglich als Notlösung angesehen, falls ein Platzhalter nicht stabil einzusetzen wäre. Denn, abgesehen vom erwähnten Aufwand des Klebens, sollte der Platzhalter wenigstens zu Beginn der Untersuchungen flexibel einsetzbar sein. Das heißt, die Möglichkeit auf Schwierigkeiten zu reagieren, indem der Platzhalter versetzt oder vorübergehend entfernt wird, sollte offenbleiben. Die Möglichkeit, der Okklusionsfläche wegen des Zahnabriebs zu nahe gekommene Platzhalter unkompliziert zu versetzen, sollte bestehen bleiben. Die Chance, gekippte Lückennachbarzähne per Platzhalter zurückzuschieben und den sich dabei verändernden Winkeln zwischen Platzhalter und Zähnen gerecht zu werden, sollte bewahrt bleiben. Auch die probatorische Herausnahme eines Platzhalters um festzustellen, ob die Lückennachbarzähne noch kippen, sollte unkompliziert zu bewerkstelligen sein. Außerdem wäre der Platzhalter nach seiner Entfernung meistens wiederverwendbar gewesen. Dagegen musste man davon ausgehen, daß diese Vorstellungen im einzelnen unterschiedlich umständlich bis unmöglich geworden wären, weil unklar war, wie fest der Klebstoff wirkte und wie schwierig es dadurch werden würde, einen geklebten Platzhalter herauszunehmen, womöglich ohne ihn zu beschädigen – und womöglich ohne den Patienten zu sedieren.

Patient Nr. 70 (Tab. 3, S. 163) wies eine abgeheilte Zahnlücke (**P₃ OK li**) auf. **Modell 11 (PH 14, PH-Nr. 8)** konnte daher so weit wie es das Zahnfleisch der Approximalflächen der direkten Lückennachbarzähne erlaubte, auf dem Boden der Zahnlücke mit einem Urethan-Kleber (Superfast®) eingeklebt werden. Der Platzhalter wurde lediglich manuell aktiviert. Die Hauptlast einer festen Verankerung trug der Kleber. Nach einem halben Jahr lag der Platzhalter noch stabil in situ. Ein Grund für diesen Kleber-Erfolg dürfte die Annahme sein, auf dem Alveolenboden der Zahnlücke liegend, bietet der Platzhalter kaum Angriffsfläche für die Manipulationen der Zunge, auch im Zusammenspiel mit Futterresten, und der Backe; während des Kauvorgangs erscheint der Platzhalter in dieser Lage geschützter gegen den Druck der Futtermassen – trotzdem wird vermutet, eine frische Mohrrübe oder gar ein sich verirrt habender Ast oder Stein auf dem Platzhalter während des Kauens würde den Platzhalter lockern können. Ohne Schenkelstücke bedeutete diese Lockerung, der Platzhalter würde bald verloren gehen.

Vielleicht spielte es auch eine Rolle, daß die Zahnstücke des Modells 11 zu Modell 10 b leicht verändert wurde und dadurch dem Klebstoff eine bessere Haftfläche boten. Wie dem auch sei, es war kompliziert, den kleberpräparierten Platzhalter ohne den Kleber unterwegs abzustreifen in die hoffentlich ausreichend trocken geriebene Zahnlücke zu manövrieren. Nicht zuletzt, weil schon beim nächsten Patienten (**Nr. 74, Tab. 3; P₄ OK li, PH-Nr. 9**) das gleiche Modell 11 nur 1, 2 Tage hielt, sollte mit diesem Versuch das Aktive Prinzip zunächst einmal hintangestellt werden.

Dies umso mehr, als gerade die tief in der Zahnlücke – ein beobachteter Schlüssel zum Erfolg für ein Passives Prinzip – gewählte Lage des Platzhalters nach 10 Monaten die Komplikation

ergab, oder eventuell erst provozierte, daß der scheinbar verheilte Alveolenboden den PH mit Granulationsgewebe umgab, was es erschwerte die Stellschraube zu lockern. Zusätzlich zeigte sich in dieser schwierigen Situation das geringe Spiel der eingesetzten Stellschraube als verhänglich – der offenbar verkeilte PH vermochte nicht weit genug deaktiviert zu werden, um am stehenden Pferd entfernt zu werden. Eine kurze Allgemeinanästhesie wurde nötig, den PH mit einem stabilen, breiten Haken zu lösen.

Unter dem **Passivem Prinzip** der PH-Aufhängung wird in der vorliegenden Untersuchung verstanden, der Platzhalter wird nicht gesichert, weil er Druck ausübend sich gegen die Lückennachbarzähne stemmt, sondern weil die Lückennachbarzähne Druck auf ihn ausüben. Um diesem Druck nicht nachzugeben und aus der Zahnlücke gedrängt zu werden, war es nötig, Halt zu finden. Das Modell der Schenkel zeigte sich allgemein als zu verletzungsträchtig und unsicher. Da die Backenzähne im Kauprozess dynamisch ihre Position minimal verändern und folglich jedesmal der Platzhalter unterschiedlichem Druck ausgesetzt ist, mal locker, mal fest, mal nach links, mal nach rechts, mal nach unten, mal nach oben gedrückt wird, ergab offenbar die Summe dieser Einwirkungen die Lockerung und, vor allem im Oberkiefer den Ausfall des Platzhalters. Trotz des Vorhandenseins von Schenkelstücken.

Modell 12, das technisch nicht umsetzbar war, zeigt bereits das **passive PH-Fixierprinzip**, mit welchem die 3 letzten Modelle dieser Arbeit versuchten, einen Platzhalter stabil in einer Zahnlücke zu verankern. Federgespannte Nippel sollten in vorgebohrte Löcher der Zahnlücke schnellen, womit der Platzhalter in der Zahnlücke aufgehängt wäre und entsprechend der Art seines Zwischenstücks nach Bedarf aktiviert werden könnte.

Die Idee des Modells 12 allerdings, mit integrierter plus festsitzender Feder (siehe S. 86, Abb. 46), überstieg die vorhandenen technischen Möglichkeiten. Außerdem forderte das Zwischenstück mit Spannschraube, 2 federbewaffneten Hohlzylindern mit gegenläufigen Außengewinden und 2 in den Hohlzylindern an der Feder laufenden Stiften mit Nippel (der sich in der Zahnbohrung versenken sollte) einen gewissen Raum, der unter Umständen limitierend für einen Einsatz des Modells 12 geworden wäre.

Deshalb präsentiert sich **Modell 13 a (PH 15, PH-Nr. 10, S. 139)** mit abgewandeltem Zwischenstück, im Fixiermechanismus prinzipiell jedoch gleich wie Modell 12 (S. 86 f). Wieder, wie bei allen anderen Modellen „Typ 2“, ist das Zwischenstück eine Stellschraube (mit Kontermutter), nur daß hier bei Modell 13 a neben dem Hohlzylinder auch die Schraube hohl gearbeitet wird und folglich in diese Röhre aus Hohlzylinder und Hohlschraube eine Feder gelegt (Kugelschrauberfedern passten genau im Durchmesser) und auf die geeignete Länge gekürzt werden kann. Zudem bietet Modell 13 a den technischen Vorteil, die Nippelstifte nicht mit der Feder fest verbinden zu müssen. Aufgrund der Probleme beim Anbohren des direkten mesialen Lückennachbarzahns (siehe weiter) wurde die Hohlschraube

an ihrer Stiftseite abgeflacht und passte nun in eine entsprechende Lochplatte, welche approximal am mesialen Lückennachbarzahn kleben sollte.

Der Einsatz-Versuch am **Patienten** (Tab. 3, Nr. 70, P₃ OK re) scheiterte, weil es nicht gelang die Lochplatte stabil einzukleben. Obwohl der Patient in Allgemeinnarkose lag, freier Zugang zur Zahnlücke bestand, um die mesiale Approximalfläche mit Zellstoff zu trocknen, anzurauen und die Lochplatte ohne Abwehrbewegungen anzubringen, obwohl die Lochplatte nach dem gleichen Vorgehen beim Schädelpräparat selbst unter größten Anstrengungen manuell nicht zu entfernen war und obwohl die Super Fast™-beschichtete Lochplatte im zeitlich günstigsten Moment, nämlich als der Kleber soeben begann anzuziehen, ohne die Strukturen der Maulhöhle vorher zu berühren an ihren Ort der Bestimmung verbracht werden konnte, fasste der Kleber weder im ersten noch dem sogleich folgenden zweiten Versuch.

Vom technischen Ablauf her lief der Eingriff identisch dem Einsatz des Modells 13 a am Schädelpräparat. Folglich wären die Ursachen des mißlungenen Versuchs mit besagtem Urethan-Kleber „Super Fast™“ eine Messing-Lochplatte approximal in der Zahnlücke anzubringen in den neuen Bedingungen der vitalen Maulhöhle zu suchen. Diese Hypothese würde die Tatsache unterstreichen, daß jener Urethan-Kleber als Platzhalter, als Zahnlücken-Plombe verwendet keine derart feste Verbindung mit den Lückennachbarzähnen einging, die nicht manuell wieder zu lösen gewesen wäre. Der Verdacht drängt sich auf, die Umgebungsfeuchtigkeit und/oder die Feuchtigkeit der Zahnklebefläche, wenn nicht der Feuchtigkeitsgehalt des lebenden Zahns an sich, verbunden mit seiner Oberflächenbeschaffenheit, hindern den Kleber daran, sich stabil mit dem Zahnzement zu verbinden.

Insofern konnte also lediglich die Situation für Modell 13 a am **Schädelpräparat** beurteilt werden. Wie in den Punkten 3.4.3.2 (S. 93) und 4.3.2.2 (S. 145) geschildert, verlief der Einsatz problemlos. Deutlich wurden allerdings einige beachtenswerte Faktoren: Je genauer sich die beiden Bohrungen für die Federnippel gegenüberliegen, desto besser saß der Platzhalter. Es hängt von der Länge der Federnippel ab, wie schräg der Platzhalter stehen darf, ohne labil zu werden. Ab einer gewissen Schräge allerdings greifen weder die Nippel gut in den zur Approximalfläche senkrecht verlaufenden Bohrungen, noch ist gewährleistet, ob die Lückennachbarzähne am Kippen gehindert werden können oder, was zu erwarten wäre, schräg versetzt zueinander kippen (siehe Abb. 107).



Abb. 107, Der wegen versetzter Bohrungen schief sitzende PH inseriert zylinderseitig (der voluminöse Hohlzylinder kontaktet vor dem Stift) nicht mehr im Zahn (OK).

Die **Lochplatte mit Rinne** wurde demzufolge nur außerhalb einer Zahnücke und, zudem, lediglich mit den Hand fixiert in einer Zahnücke getestet. Mithin erschien deutlich, auch um eine Lochplatte mit Rinne erfolgreich zu benutzen, müssen sich die Bohrungen möglichst gegenüberliegen. Andererseits droht der Federnippel im Loch am Ende der Rinne nicht einzuschnappen. Die Platte wurde nicht mittig sondern etwas zur Seite versetzt angebohrt. So konnten der gebogene Verlauf der Zahnreihe berücksichtigt werden und die Bohrungen sich gegenüberliegen.

Als solche wurde die Lochplatte notwendig, weil es mit dem Dremelbohrer und seinen Zusatzgeräten nicht gelang das Instrument in der Art auszurichten, daß an der mesialen Approximalfläche gebohrt werden konnte – weshalb hier ein „Loch“ angeklebt wurde. Zusätzlich sorgt die Rinne der Lochplatte dafür, daß der 6-Kant-Hohlzylinder gegen die in der Rinne blockierte Hohlschraube gedreht werden konnte.

Desweiteren müsste für Modell 13 a wie für alle anderen Modelle, die **Zahnbohrungen** an den Approximalflächen knapp einen Zentimeter unter der Kaufläche erfordern, genauer abgeklärt werden, in welcher Art und Weise diese Bohrungen die Pulpahöhlen der direkten Lückennachbarzähne gefährden. Bei Probebohrungen an Zahnpräparaten wurde gelegentlich

ein Pulpaast des Zahns eröffnet (Abb. 108), obgleich immer an vergleichbaren Stellen der Approximalfläche gebohrt wurde. JOEST et al. (1922) sowie GASSE et al. (2004) beschreiben, daß sich die Pulpaäste alters-, backenzahn- und Okklusionsflächen-abhängig ausdehnen.



Abb. 108, Teilweise (li) eröffnete Pulpaäste an einem OK-Backenzahn

Zusammengefasst stehen den Vorteilen der Lochplatte – ersetzt mesiale Bohrung; führt Federnippel zur Bohrung; stabilisiert PH; ermöglicht Aktivieren – gewichtige Nachteile gegenüber: Klebezwang; zusätzlicher Platzbedarf; PH-Schrägstellungen weitgehend limitiert. Ansonsten, abgesehen von der Problematik der Lochplatte, schien Modell 13 a eine Lösung der diskutierten Probleme aktiver Platzhalter anzubieten.

Um diese Beurteilung des Modells 13 a zu überprüfen, sollte nun ein prinzipiell ähnlicher Platzhalter konstruiert werden, der auf eine Lochplatte verzichtet, die Frage nach dem sich Mitdrehen der Hohlschraube wie folgt beantwortet und die Frage nach der Bohrung mesio-

approximal am direkten Lückennachbarzahn schon deshalb als grundsätzlich lösbar ansieht, weil geeignete Bohrinstrumente für Pferde Zähne existieren (BAKER, 1999c, S. 250-258), im vorliegenden Falle aber nicht verfügbar waren.

Die Rede ist von **Modell 13 b**. Das Modell setzt 2 Zahnbohrungen für die Federnippel voraus. Die Bohrung für den Stift der Hohlschraube allerdings wird flächig-waagerecht angesetzt, wodurch ein rechteckiger Schnitt passend zur Spitze des Federnippels (Stift) entstehen soll. Da auch dieser Stift kantig aus der Hohlschraube herausläuft (Skizze **Abb. 109**) sind der in die Zahnbohrung inserierte Federnippel und darüber die Hohlschraube drehblockiert und der 6-Kant-Hohlzylinder (mit runder Zahnbohrung, rundem Stift → drehbar) kann gegen die Schraube angedreht werden.



Abb. 109, Prinzip des rechtwinkligen Stiftendes

Modell 13 b zu realisieren stellte sich als ein Unterfangen heraus, welches wegen des zu beschaffenden Bohrers für die mesiale Approximalfläche die Mittel der vorliegenden Untersuchung überschritten hätte.

5.3.5 Urethanbrücken

Der **2-Komponenten-Kleber Super Fast™** sollte ursprünglich als Zahnbrücke (siehe Überschrift) modelliert werden. Dies gelang nicht, der Kleber verband sich nicht ausreichend mit den direkten Lückennachbarzähnen (Feuchtigkeit!), gleichzeitig war die Kleber-Konsistenz zu flüssig und die Masse zu klebrig um gezielt geformt werden zu können.

Also wurde der Urethan-Kleber über den Trepanationsgang in die Zahnlücke eingebracht und füllte diese danach komplett aus, wodurch die „Zahnlückenplombe“ zumindest für einige Wochen stabil verankert werden konnte.

Als permanente Lösung, das Kippen der Lückennachbarzähne solange zu verhindern bis sich deren Alveolen gefestigt haben (S. 188), wurde die „Kleber-Methode“ nicht weiter verfolgt, weil zu ungewiss war, wie sich der Klebstoff-Kontakt auf das abheilende Zahnfleisch auswirken würde, wie stabil die „Plombe“ sitzen bliebe, wie stark die toxischen Inhaltsstoffe der gehärteten Masse sich in der Maulhöhle bemerkbar machten, inwieweit die Plombe das Kippen tatsächlich verhindern könnte, wie sich der Schub eines nicht genügend gekürzten Antagonisten oder harten Futtermaterials auf die Plombe und somit auf die Zahnlücke und besonders deren Boden bemerkbar machen würde, wie sehr sich Futterbrei zwischen Plombe und Zahnlücke einnisten sollte und wie das Problem gelöst werden könnte, den Urethankleber am abgelegten Pferd über einen Trepanationsgang mit Beihilfe einer koronalen Schiene applizieren zu müssen.

5.4 Welcher Zahnersatz eignet sich?

Zusammenfassend müsste ein Platzhalter im Backenbereich des Pferdes, die Prämissen der vorliegenden Arbeit (möglichst vielen unerwünschten Folgen des Backenzahnverlustes entgegenwirkend, praktikabel, einfach, schonend anwendbar, wirtschaftlich) einschließend, mindestens versichern,

(→ der Pfeil verweist auf die die jeweilige Voraussetzung erfüllenden Modelle, das Pferde Zahn-Präparat und/oder die Urethan-Masse)

- das **Kippen** der Lückennachbarzähne zu verhindern,
→ **Pferdezahn-Präparat, Modelle 1 – 13, Urethan-Plomben (?)**;
- klinisch relevante **Verletzungen** der Maulstrukturen zu vermeiden
(solange, z. B., die Zahnpulpa beim Anbohren der direkten Lückennachbarzähne nicht eröffnet wird, ist es vertretbar, die Zahnhartsubstanzen an dieser Stelle zu schädigen;

dies umso mehr, da die Bohrung tendentiell nach koronal heraus“wächst“; nicht vertretbar, z. B., sind PH, welche Zahnfleischirritationen durch eingekeiltes Futtermaterial vorprogrammieren),

→ **Modelle 10 – 13;**

- mind. 1 Jahr **stabil** in der Zahnlücke zu sitzen
(Zeitraum, nachdem die Lückennachbarzähne kippsicher verankert sein könnten),
→ **Modell 13 b** wird diese Fähigkeit zugesprochen, obwohl es daraufhin nicht mehr getestet wurde. Die Untersuchungsergebnisse des Modells 13 a lassen diese Eigenschaft für Modell 13 b vermuten. Die anderen Modelle gewährleisteten diese Stabilität des Sitzes bestenfalls im Unterkiefer; das Pferde Zahn-Präparat müsste umfangreicher geprüft werden, um dahingehend Aussagen zu treffen, was auch für die Urethan-Plomben gilt;
- am **stehenden Patienten** einsetzbar,
→ **Modelle 1 – 13;**
- **einfach, ohne umfangreiches Instrumentarium** und ebensolche **Kenntnisse** wie **Übung** im Umgang mit demselben anwendbar sowie entfernbar
(im vorliegenden Fall wird unter „einfach“ z. B. am stehenden Pferd mit 1 – 2 Hilfspersonen innerhalb 1 Stunde anwendbar und werden die aufgeführten Instrumente sowie deren Anwendung nicht als „umfangreich“ verstanden)
→ **soweit sie geprüft wurden, alle nicht individuellen Modelle mit Schenkeln im Unterkiefer rostral sowie alle passiven Platzhalter im rostralen Gebissbereich, also Modelle 8, 9 a, 9 c, 9 e, 9 f, 13 a (und 13 b ohne Prüfung analog zu 13 a);**
- **medizinisch unbedenklich**
(alle Metall-Modelle könnten aus den gängigen maultauglichen Legierungen oder Keramiken – außer den Federn - gefertigt werden; die Klebstoffe für Pferde Zahn-Präparat und Urethan-Plomben wären eingehender zu untersuchen; verletzungsträchtige PH – Punkt 2 - scheiden aus),
→ **Modelle 10 – 13;**
- **korrektiv** verwendbar
(d. h. gekippte Lückennachbarzähne können zurückversetzt werden; bei allen Vorteilen, welche ein derartiger Platzhalter bietet, erscheint diese Eigenschaft als die am wenigsten dringliche, denn rechtzeitig in die Zahnlücke eingesetzt bedarf es keiner korrektiven Maßnahmen betreffs eines Zahnkippens)
→ **Modelle 1 – 3**, bei Modell 4 und 5 käme es darauf an, ob die Schubkraft der Feder oder der kippenden Zähne größer wäre, **Modelle 8 – 13;**
- und **wirtschaftlich** zu sein.
(weil sie beispielsweise keiner Allgemeinanästhesie des Patienten bedürfen),
→ **Modelle 1 – 13.**

Wie und warum die aufgeführten Modelle diese erforderlichen Voraussetzungen erfüllen wurde bei der Bewertung der Platzhalter-Modelle im vorausgehenden Kapitel (5.3, S. 190) dargelegt.

Unter den vorgestellten Modellen, scheint allein **Modell 13 b** alle Eigenschaften eines geeigneten Platzhalters zu besitzen. Diese Schlußfolgerung, welche sich aus den Erfahrungen mit den anderen Modellen, insbesondere Modell 13 a, ergibt, müsste in der praktischen Anwendung am Präparat (vor allem, was eine eventuelle Eröffnungen der Pulpahöhlen betreffe) und am Patienten überprüft werden.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Dynamik im Pferdegebiss nach Backenzahntfernung im Hinblick auf die Indikation eines Zahnersatzes untersucht. Dieser Zahnersatz sollte im weiteren Verlauf der Arbeit derart konzipiert werden, dass er möglichst vielen Folgen des Backenzahnverlustes entgegenwirkt, praktikabel, einfach und schonend anwendbar sowie wirtschaftlich vertretbar ist. Der dritte und letzte Teil der Arbeit sah vor, die Entwürfe bis hin zum Einsatz am Patienten unter Praxisbedingungen zu testen.

Die Literaturdarstellung ist umfangreich, da sie versucht, den vielen Einzelteilen der Arbeit als Basis zu dienen, wie zum Beispiel betreffs der Herangehensweise an den stehenden Patienten, bei dem für längere Zeit in der Maulhöhle manipuliert wird. Auffallenderweise wurden kaum Angaben zum Zahnersatz im Backenbereich gefunden. Einfache Lösungen der pathologischen Folgen einer Backenzahnlücke am stehenden Pferd schienen zu fehlen. Gleichsam erschienen die wenigen im Schrifttum vorhandenen Hinweise auf die Langzeitfolgen im Gebiss nach Backenzahntfernung als nebensächlich, unvollständig und mündeten nicht in die Diskussion eines Zahnersatzes.

An 4 (Pferde-)Schädelpräparaten, 70 Patienten (42 davon im Rahmen dieser Arbeit untersucht) und deren röntgenologischer Gebissaufnahmen wurde eine Vorstellung darüber gewonnen, ob und inwiefern sich Backenzähne nach einer Backenzahntfernung unphysiologisch bewegen. Dabei wurde im Detail untersucht, welche Zähne sich bewegen, wohin und wie schnell sie sich bewegen, welchen Einfluss unterschiedliche Begleitumstände auf die Zahnbewegung haben und welche Pathologien sich daraus ergeben. Insbesondere die Geodreieck-Messungen an den Schädelpräparaten und Röntgen-Aufnahmen sowie die klinischen Untersuchungen einschließlich der Zahnlücken-Abdrucknahmen verdeutlichten: Bei allen untersuchten inneren Backenzahnlücken (P_2 , P_3 , M_1 , M_2 ; $n = 66$) kippen die Lückennachbarzähne, erst schneller, dann langsamer, provozieren dabei durchgehend pathologische Gebissformen und beenden den Kippvorgang offenbar ($n = 6!$) erst nach Jahren, indem sie sich berühren.

Den Vorgaben entsprechend wurden Platzhalter aus Pferdeezähnen, Urethan-Plomben und vor allem aus Metall konstruiert und an Schädelpräparaten, Schlachttierköpfen und Patienten erprobt. Während dieses Prozesses erweiterten und präzisierten sich die vorgegebenen Platzhalter-Anforderungen von therapeutisch möglichst wirksam, praktikabel, einfach und schonend anwendbar sowie wirtschaftlich auf zusätzlich auch korrektiv einsetzbar, stabil verankerbar, am stehenden Patienten verwendbar und medizinisch unbedenklich. Desgleichen erweiterte und wandelte sich im Laufe der Arbeit der instrumentelle Einsatz von Ankleben der Pferdeezahn-Präparate (Scheiben) über spezielle Stahlstifte zum Zwecke der intraoralen Aktivierung der Platzhalter, über ebenfalls speziell angefertigte Maulschraubschlüssel mit Führgriff für eine Arbeitshand bis zur Nutzung eines Dremels als Ersatzzahnbohrer, der die erforderlichen Zahnbohrungen für die Federnippel der letzten Platzhalter-Modelle schaffen

sollte. Die Vorstellung von einem schnell und komplikationslos verwendbaren Plastik-Platzhalter, der in die Zahnlücke gedrückt wird, musste aufgegeben werden.

In der Praxis zeigte sich, dass eine stabile Insertion des Platzhalters im Oberkiefer ohne eine Verletzung von Weichteilgewebe bei den meisten im Verlauf der Arbeit entwickelten Modellen Schwierigkeiten bereitet. Obgleich alle Ergebnisse darauf hinweisen, daß Modell 13 b (Stellschraube ohne Zahnstücke, d. h. ohne Basisstück und Schenkelstücke; passive Fixierung über Federnippel, die in die Zahnbohrungen einschnappen) als „passives“ Modell allen Anforderungen genügt, konnte dieses Modell aufgrund eines fehlenden Zahnbohrgerätes bisher nicht getestet werden.

7 Summary

On the problem of tooth gap in the cheek tooth region of the horse

The task of this study was to examine post exodontia dynamics that lead to the use of an equine dental spacer on cheek teeth. Research involved the conceptualization of a spacer, which should negate a variety of undesirable consequences resulting from tooth removal. The application of the spacer should be non traumatic and easy for the practitioner to handle as well as economically feasible for the owner. Additionally, the newly designed spacers were to be tested on the patient.

The cited literature is extensive and provided detailed information, for example, on how to approach the sedated standing patient, which can be manipulated in the mouth for a longer period of time. Information on cheek tooth replacement was limited and almost no practical solutions for the treatment of pathological consequences of a cheek tooth gap without general anaesthesia were found. Moreover, indications of long term effects in the dentition after cheek tooth removal appeared to be incomplete and the potential of specific tooth replacement was not discussed.

Dentition radiographs of 70 patients (42 were studied clinically within this paper) and 4 skulls served to examine whether teeth move after exodontia, which teeth move, where teeth move, reason for movement, the rate of speed at which teeth move, and lastly the width of movement. Additionally, the factors influencing movement and the pathologies created by these movements were investigated. Radial calculations on the skulls, the radiographs and the clinical examinations which included dental gap impressions revealed that in all cases studied (P₂, P₃, M₁, M₂; n = 66) the teeth adjacent to the gap tipped quickly in the first few months, while later the rate of tipping declined. The tipping process terminated when teeth met and led to pathological conditions in all patients of the study.

According to the requirements, dental spacers were constructed from horse teeth, urethane plugs and from metal. The spacers were tested on skulls, slaughter heads, and patients. While initially spacers had to be therapeutically effective, practicable, easy and gently to use as well as cost effective, demands on the spacer evolved to be additionally applicable for tipping correction, stable to anchor, usable on the standing patient and medically unobjectionable. Moreover the evolution of the final spacer design necessitated the use of a Dremel tool for application, whereas the prior designs were applied with adhesive, intraoral steel pins, and activated with a custom made long handled wrench. The use of the Dremel tool as a drill in the last design was to bore holes in the adjacent teeth to apply the spacer. The spacer was inserted into the holes by spring-loaded nipples and then activated by adjusting a threaded

mechanism to the correct gap width. Thereby, the idea of a fast and easy adaptable plastic spacer which can be pressed in the tooth gap had to be renounced.

With most models it was difficult to insert the spacer into the maxilla without causing trauma to the soft tissues. Although model 13 b (adjusting screw without tooth pieces, base piece and side piece; passive fixation through spring-loaded nipples, which snap into tooth borings) could not be tested due to the lack of an appropriate dental drill, preliminary results indicated that only this model may meet all criteria for a dental spacer.

8 Literaturverzeichnis

Anon. (1941):
Caries in animals.

Journal AVMA **98**, 520-522

Anon. (1944):

The symptomatology of equine toothache.

Journal AVMA **105**, 28-29

Anon. (1986):

Series client information. Equine dentition and dental problems.

Equine Practice **8** (10), 27-30

Baker, G. J. (1970):

Some aspects of equine dental disease.

Equine Veterinary Journal **2** (3), 105-110

Baker, G. J. (1971):

Some aspects of equine dental radiology.

Equine Vet J **3** (1), 46-51

Baker, G. J. (1972 a):

Surgical procedures: Surgery of the head and neck.

In: Catcott EJ, Smithcors JF (eds): Equine Medicine and Surgery. (2. Aufl.).

Santa Barbara: Verlag American Veterinary Publications, S. 752-779

Baker, G. J. (1972 b):

The radiology of equine dental diseases.

Acta Radiologica **319**, 67-69

Baker, G. J. (1974):

Some aspects of equine dental decay.

Equine Veterinary Journal **6** (3), 127-130

Baker, G. J. (1982 a):

Diseases of the teeth and paranasales sinuses.

In: Mansmann RA, McAllister ES (eds): Equine Medicine and Surgery. (3. Aufl.).

Santa Barbara: Verlag American Veterinary Publications, S. 437-458

Baker, G. J. (1982 b):

Dental disorders in the horse.

Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian **4** (12), 507-515

Baker, G. J. (1983 a):

Zahnkrankheiten des Pferdes.

Praktische Tierarzt **64** (2), 124-130

Baker, G. J. (1983 b):

Dental disorders in the horse.

Veterinary Annual **23**, 143-149

- Baker, G. J. (1985 a):
Oral diseases of the horse: Oral anatomy of the horse.
In: Harvey CE (ed): Veterinary Dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 203-216
- Baker, G. J. (1985 b):
Oral diseases of the horse: Oral examination and diagnosis: Management of oral diseases.
In: Harvey CE (ed): Veterinary Dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 217-228
- Baker, G. J. (1985 c):
Oral diseases of the horse: Oral surgical techniques.
In: Harvey CE (ed): Veterinary Dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 229-234
- Baker, G. J. (1991 a):
Dental morphology, function, and pathology.
Proceedings of the Thirty Seventh Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners. San Francisco, California
- Baker, G. J. (1991 b):
Past, present and future of equine dentistry.
American Association of Equine Practitioners; Proceedings **37**, 147-150
- Baker, G. J. (1998):
Dental physical examination.
Vet Clin North Am Equine Pract **14** (2), 247-257
- Baker, G. J. (1999 a):
Dental physiology.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 30-34
- Baker, G. J. (1999 b):
Abnormalities of wear and periodontal disease.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 70-78
- Baker, G. J. (1999 c):
Endodontic therapy.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 250-258
- Balun, J. u. A. Sevcik (1988):
Use of Domosedan (detomidin) for sedation and analgesia of horses.
Veterinarstvi **38** (5), 224-225
- Barben, K. (1952):
Über die Erkrankung von Ersatzpraemolaren beim Fohlen.
Bern, Bern - Universität, Diss.
- Becker, E. (1938):
Neuzeitliche Zahnbehandlung beim Pferd. (1. Aufl.)
Hannover: Verlag Schaper, S. 72, 74, 79-84, 25-26, 26, 26-28, 59-84

- Becker, E. (1939):
Die Behandlung des Zahnleidens des Pferdes, eine Forderung des Tierschutzes und der wirtschaftlichen Futtermittelverwertung.
Deutsches Tierärzteblatt **6**, 29-31
- Becker, E. (1945):
Das Ergebnis von 30000 Zahnuntersuchungen bei Truppenpferden.
Zeitschrift für Veterinärkunde **57** (1), 32-36
- Becker, E. (1951):
Die häufigsten Zahnleiden des Pferdes und ihre neuzeitliche Behandlung mit den Instrumenten der fahrbaren Pferde Zahnklinik.
Berlin, FU Berlin, Habil.
- Becker, E. (1970):
Zähne.
In: Joest E (ed): Handbuch der Speziellen Pathologischen Anatomie der Haustiere. (3. Aufl.).
Berlin: Verlag Schoetz, S. 121, 95, 120-121, 127, 215, 144-147, 133-137
- Berg, R. (1995):
Angewandte und topographische Anatomie der Haustiere. (4. Aufl.)
Jena: Verlag Fischer, S. 106-109
- Berger, J. (1956):
Mikroskopische Untersuchungen an retinierten Pferde-Canini und deren Nachbarn.
Wien, Veterinärmed. Fak., Diss.
- Bienert, A. (2002):
Digitalradiographische, computertomographische und mikrobielle Untersuchungen bei Backenzahnerkrankungen des Pferdes.
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Bieniek, H. J. u. K. W. Bieniek (1993):
Zahnheilkunde für die Kleintierpraxis. (1. Aufl.)
Stuttgart: Verlag Enke, S. 145-147, 150-157
- Bieniek, K. W. u. H. Küpper (1988):
Zur Ätiologie und Therapie der Parodontopathien beim Kleintier - unter besonderer Berücksichtigung von parodontalen Implantaten.
Praktische Tierarzt **69** (11), 11-14
- Bolz, W. u. H. Schleiter (1975):
Zahnkrankheiten.
In: Bolz W, Dietz O, Schleiter H, Teuscher R (eds): Lehrbuch der Speziellen Veterinär-Chirurgie. (2. Aufl.).
Stuttgart: Verlag Fischer, S. 193-237
- Boswell, J. C., M. C. Schramme, L. C. Livesey u. R. J. Butson (1999):
Use of scintigraphy in the diagnosis of dental disease in four horses.
Equine Veterinary Education **11** (6), 294-298
- Boswell, J. C., R. Weller, R. K. Smith, J. Schumacher u. M. C. Schramme (1998):
A preliminary study to evaluate the use of scintigraphy in the diagnosis of dental problems in the horse.
Veterinary Surgery **27**, 299

- Brass, W. (1976):
Zur Korrektur von Zahnstellungs- und Kieferanomalien des Hundes mit Dehnungsplatten und durch kieferchirurgische Maßnahmen.
Kleintierpraxis **21** (3), 79-82
- Braun, A. (2001):
Computertomographische Untersuchung von Erkrankungen der Kopforgane und Nackenregion des Pferdes.
München, München Univ., Diss.
- Brigham, E. J. u. G. R. Duncanson (2000 a):
An equine postmortem dental study: 50 cases.
Equine Veterinary Education **12** (2), 59-62
- Brigham, E. J. u. G. R. Duncanson (2000 b):
Case study of 100 horses presented to an equine dental technician in the UK.
Equine Veterinary Education **12** (2), 63-67
- Brunson, D. B., M. A. Collier, E. A. Scott u. L. J. Majors (1987):
Dental dolorimetry for the evaluation of an analgesic agent in the horse.
American Journal of Veterinary Research **48** (7), 1082-1086
- Budras, K.-D. (2000):
Atlas der Anatomie des Pferdes. (4. Aufl.)
Hannover: Verlag Schlütersche, S. 28-31
- Butler, J. A., C. M. Colles, S. J. Dyson, S. E. Kold u. P. W. Poulos (1993):
Clinical radiology of the horse. (1. Aufl.)
Oxford, London: Blackwell Scientific Publication, S. 316-319
- Colyer, F. (1931):
Abnormal conditions of the teeth of animals in their relationship to similar conditions in man.
The dental board of the United Kingdom **1931**, 38-43
- Crabill, M. R. u. J. Schumacher (1998):
Pathophysiology of acquired dental diseases of the horse.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 291-307
- Dart, A. J., M. T. Ethell, D. R. Hodgson u. R. R. Rose (2000):
Diseases of the teeth.
In: Hodgson DR, Rose RR (eds): Manual of equine practice. (2. Aufl.).
Philadelphia, London: Verlag Saunders, S. 304-305
- Daunt, D. A. u. E. P. Steffey (2002):
Alpha-2 adrenergic agonists as analgetics in horses.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **18** (1), 39-47
- Dik, J. u. I. Gunsser (1997):
Atlas der Röntgendiagnostik beim Pferd. (1. Aufl.)
Hannover: Verlag Schlütersche, S. 18-39
- Dixon, P. M. (1993):
Equine dental disease: A neglected field of study.
Equine Veterinary Education **5** (6), 285-286

- Dixon, P. M. (1997 a):
Dental extraction in horses: Indications and preoperative evaluation.
Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian **18** (23), 366-375
- Dixon, P. M. (1997 b):
Dental extraction and endodontic techniques in horses.
Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian **19** (5), 628-637
- Dixon, P. M. (1997 c):
How do periapical infections develop in the horse?
The Fifth World Veterinary Dental Congress. Birmingham
- Dixon, P. M. (1999):
Dental anatomy.
In: Baker GJ, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 20-22, 23, 20, 23, 20-23, 22, 23, 22, 10-13, 16-18, 13-15, 23, 20-24, 14
- Dixon, P. M. (2000):
Removal of equine dental overgrowths.
Equine Veterinary Education **12** (2), 68-81
- Dixon, P. M. (2001):
Dental extraction in horses.
Pratique Veterinaire Equine **33** (131), 59-64
- Dixon, P. M. u. S. Brammer (1997):
Oro-maxillary fistel - is the bone-cement the solution?
The Fifth World Veterinary Dental Congress. Birmingham
- Dixon, P. M. u. I. Dacre (2005):
A review of equine dental disorders.
The Veterinary Journal **169**, 165-187
- Dixon, P. M., W. H. Tremaine, K. Pickles, L. Kuhns, C. Hawe, J. McCann, B. C. McGorum, D. I. Railton u. S. Brammer (1999):
Equine dental disease Part 2: A long-term study of 400 cases: Disorders of development and eruption and variations in position of the cheek teeth.
Equine Veterinary Journal **31** (6), 519-528
- Dyce, K. M., W. O. Sack u. C. J. G. Wensing (2002):
Textbook of veterinary anatomy. (3. Aufl.)
Philadelphia, London: Verlag Saunders, S. 490-495
- Easley, J. (1991):
Recognition and management of the diseased equine tooth.
Proc American Ass Equine Pract **37**, 129-139
- Easley, J. (1996):
Equine dental development and anatomy.
AAEP Proc **42**, 1-10
- Easley, J. (1997 a):
Equine oral examination.
The Fifth World Veterinary Dental Congress. Birmingham

- Easley, J. (1997 b):
Cheek tooth extraction: An old technique revisited.
Large Animal Practice **18** (1), 22-24
- Easley, J. (1998 a):
Dental care and instrumentation.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 309-332
- Easley, J. (1998 b):
Dental corrective procedures.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 411-432
- Easley, J. (1999 a):
Dental and oral examination.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 111, 112, 110, 112, 111, 112-113
- Easley, J. (1999 b):
Basic equine orthodontics.
In: Easley J, Baker G (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 206-219, 213, 213-215,
- Easley, J. (1999 c):
Equine tooth removal (exodontia).
In: Easley J, Baker G (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 210-211, 220-249
- Ebelt, A. (2000):
Erfahrungen mit der Operationsmethode der lateralen Buccotomie zur Entfernung der Prämolaren und Molaren beim Pferd.
München, München, Univ., Diss.
- Eisenmenger, E. (1989):
Neuere Aspekte von Zahn- und Kiefererkrankungen des Pferdes.
Collegium Veterinarium **20**, 9-11
- Eisenmenger, E. u. K. Zetner (1982):
Veterinary dentistry. (1. Aufl.)
Berlin: Verlag Parey, S. 17, 19, 7, 141-143, 30, 143, 109-113, 67-75
- Emily, P. (1996):
Persönliche Mitteilung vom Jahr 1996,
zit. nach: Greene SK (2001): Equine dental advances.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice, **17**, 319-334,
- Fahrenkrug, P. (1987 a):
Die Abdrucknahme im Hunde-/Katzengebiss.
Praktische Tierarzt **5**, 80-87
- Fahrenkrug, P. (1987 b):
Kieferorthopädische Behandlungsmöglichkeiten im Hundegebiss.
Praktische Tierarzt **5**, 31-42
- Fahrenkrug, P. (1988):
Handbuch der Zahnbehandlung in der Kleintierpraxis. (4. Aufl.)
Aulendorf: Verlag Albrecht, S. 31-32, 100-108

- Fahrenkrug, P. (1991):
Les protheses dentaires.
Recueil de Med Vet Special Dentisterie **1991** (Okt.-Nov.), 1079-1089
- Fawcett, D. W. (1987):
A textbook of histology. (12. Aufl.)
Philadelphia, London: Verlag Saunders
- Foitzik, C. u. H.-A. Merten (1998):
Restitutio ad integrum. Vom Knochenersatz zum Knochenaufbau. (1. Aufl.)
Balingen: Spitta Verlag GmbH
- Foreest, v., A. W. (1995):
Dentistry in wildlife-casualties and exotic animals.
In: Crossley DA, Penman S (eds): Manual of small animal dentistry. (2. Aufl.).
Shurdington, Celtenham: British small animal veterinary association, S. 209-218
- Freeman, S. L. u. G. C. W. England (1999):
Comparison of sedative effects of romifidine following intravenous, intramuscular and sublingual administration to horses.
American Journal of Veterinary Research **60** (8), 954-959
- Freeman, S. L. u. G. C. W. England (2000):
Investigation of romifidine and detomidine for the clinical sedation of horses.
Veterinary Record **147** (18), 507-511
- Fuhrmann, R. A., A. Bucker u. P. R. Diedrich (1995):
Assessment of alveolar bone loss with high resolution computed tomography.
J Periodontal Res **30** (4), 258-263
- Fuhrmann, R. A., A. Bucker u. P. R. Diedrich (1997):
Furcation involvement: Comparison of dental radiography and HR-CT-slices.
Journal of Peridontal Research **32** (5), 409-418
- Gasse, H., E. Westenberger u. C. Staszky (2004):
The endodontic system of equine cheek teeth: a reexamination of pulp horns and root canals in view of age related physiological differences.
Pferdeheilkunde **20** (1), 13-18
- Gaughan, E. M. (1998):
Dental surgery in horses.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 381-397
- Gayle, J. M., W. R. Redding, J. R. Vacek u. K. F. Bowman (1999):
Diagnosis and surgical treatment of periapical infection of the third mandibular molar in five horses.
Journal of the American Veterinary Medical Association **215** (6), 829-832
- Geres, V. (1962):
Beitrag zur Pathologie und Diagnostik der Zahnerkrankungen der Pferde.
Veterinarsky Arch **32** (9-10), 258-260
- Gibbs, C. (1999):
Dental imaging.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 139-169

- Gibbs, C. u. J. G. Lane (1987):
Radiographic examination of the facial, nasal and paranasal sinus regions of the horse. Part II:
Radiological findings.
Equine Veterinary Journal **19** (5), 474-482
- Gnädinger, F. (1947):
Erhebung über die Häufigkeit von Zahnfehlern beim Pferd.
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Göbel, F. u. K. Duffner (1954):
Vergleichend-Statistische Erhebungen über Zahnerkrankungen bei Mensch und Pferd.
Berl und Münch Tierärztliche Wochenschrift **67** (11), 165-170
- Golden, A. L. (1990):
Impression Materials.
Problems in Veterinary Medicine **2** (1), 18-21
- Gorn, K. (1992):
Backenzahnerkrankungen und Oberkieferhöhlenempyeme des Pferdes; eine Erhebung der stationären
Patienten der Klinik für Pferde in dem Zeitraum von 1960 bis 1990.
Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.
- Gorrel, C. (1997):
Equine dentistry: Evolution and structure.
Equine Veterinary Journal **29** (3), 169-170
- Gray, C. F., T. W. Redpath u. F. W. Smith (1996):
Pre-surgical dental implant assessment by magnetic resonance imaging.
J Oral Implantol **22** (2), 147-153
- Greene, S. K. (2001):
Equine dental advances.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **17** (2), 319-334
- Greet, T. R. C. (1999):
Oral and dental trauma.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 60-69
- Griss, R. (2001):
Endoskopische Untersuchung der Maulhöhle beim Pferd.
Wien, Veterinärmed. Univ., Diss.
- Günther, R. Kraemer u. J. Schneider (1967):
Ein Beitrag zur Festlegung von Trepanationspunkten für die operative Entfernung der Backenzähne bei
Pferden.
Monatshefte für Vetmed **22**, 891-895
- Haack, D., F. Korbner u. B. Hertsch (1987):
Zahnkaries und Zahnfrakturen der Oberkieferbackenzähne beim Pferd.
Praktische Tierarzt **68** (5), 59-60
- Hahn, K. u. L. Köhler (2002):
Removal of upper cheek teeth of the horse using bone flap technique, muscle transposition and alveolar
closure.
Tierärztliche Praxis Ausgabe Grosstiere Nutztiere **30** (1), 50-56

Harvey, C. E. u. P. Emily (1993):

Veterinary dentistry. (1. Aufl.)

St. Louis, Baltimore: Mosby, S. 282-284, 259-262, 263, 284-293, 293-294

Hawemann, K. (2003):

Untersuchungen zum Vorkommen von Zahnschmelz an den Backenzähnen von Warmblutpferden mit Hilfe der Intraoralkamera Viola II Dental.

Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

Hennet, P. (1995):

Orthodontics in small carnivores.

In: Crossley DA, Penman S (eds): Manual of small animal dentistry. (1. Aufl.).

Shurdington, Cotenham: British small animal veterinary association, S. 186-189

Hertsch, B. (2003):

Persönliche Mitteilung vom Dezember 2003

Hertsch, B. u. D. Schacht (1998):

Kauflächenbefunde an den Backenzähnen des Pferdes.

Schweizer Archiv für Tierheilkunde **140**, 461-462

Herzog, K. (1937):

Statistische Erhebungen über Zahnerkrankungen beim Pferde.

Leipzig, Univ. Leipzig, Diss.

Hoffmann-Axthelm, W. (1983):

Lexikon der Zahnmedizin. (3. Aufl.)

Berlin, Chicago: Verlag Quintessenz

Hofmeyr, C. F. B. (1988):

The digestive system.

In: Oehme FW (ed): Textbook of large animal surgery. (2. Aufl.).

Baltimore: Verlag Williams and Wilkins, S. 364-449

Hogeboom, W. R., H. J. Hoekstra, E. L. Mooyaart, N. J. Freling, R. P. Veth, A. Postma u. H. Schraffordt

Kopps (1992):

MRI or CT in the preoperative diagnosis of bone tumours.

Eur J Surg Oncol **18** (1), 67-72

Holmstrom, S. E., P. Frost u. R. L. Gammon (1998):

Veterinary dental techniques. (2. Aufl.)

Philadelphia, London: Verlag Saunders, S. 404-411, 440-445

Höppner, S. u. B. Hertsch (1999):

Die postoperative Entwicklung nach Backenzahnextraktion.

BPT-Kongress, 18 - 21 Nov 1999, 182 - 184. Nürnberg

Hoskinson, J. J. (2001):

Equine nuclear scintigraphy. Indications, uses, and techniques.

Vet Clin North Am Equine Pract **17** (1), 63-74

Howarth, S. (1995):

Equine dental surgery.

In Practice **17** (4)

- Jahn, W. (1966):
Die röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen im Bereich der maxillaren Backenzähne des Pferdes in den verschiedenen Altersstufen.
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Joest, E. (1915):
Odontologische Notizen, Teil I und II.
Berl Münch tierärztl Wochenschr **31** (6,7), 61-66; 73-76
- Joest, E., A. Chorin, H. Finger u. O. Westman (1922):
Studien über das Backzahngeweb des Pferdes. (1. Aufl.)
Berlin: Verlagsbuchhandlung Schoetz, S. 6, 9, 116, 13-35, 34-35, 34-35, 117-118, 115
- Jones, S. J. (1990):
The pulp-dentine complex.
In: Elderton RJ (ed): The dentition and dental care. (1. Aufl.).
Oxford: Verlag Oxford Heinemann Medical Books, S. 1-18
- Judd, R. C. (2002):
Equine dental prophylaxis using a pneumatic system.
Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian **24** (1), 62-70
- Junqueira, L. C. u. J. Carneiro (1991):
Histologie. (3. Aufl.)
Berlin, Heidelberg: Verlag Springer, S. 478-479
- Keller, G. (2003):
Persönliche Mitteilung vom Mai 2003
- Keller, H. (1997):
Sedatives and premedication in the horse.
Praktische Tierarzt **78**, 30-33
- Keller, H. u. M. Genzow (1994):
Clinical experience with the new sedative romifidine in horses.
Pferdeheilkunde **10** (4), 253-254
- Kertesz, P. (1993):
Colour atlas of veterinary dentistry & oral surgery. (1. Aufl.)
London: Verlag Wolfe, S. 66
- Kilic, S., P. M. Dixon u. S. A. Kempson (1997):
A light microscopic and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses:
1. The occlusal surface and enamel thickness
2. Ultrastructural enamel findings
3. Dentine
4. Cement and the amelocemental junction.
Equine Veterinary Journal **29** (3), 190-197, 198-205, 206-212, 213-219
- Kimberly, S. H. (1996):
Why do horses need dental care?
The Horse **1996**, 49-50
- Kirkland, K. D., G. J. Baker, S. M. Marretta, J. A. C. Eurell u. J. M. Losonsky (1996):
Effects of aging on the endodontic system, reserve crown, and roots of equine mandibular cheek teeth.
American Journal of Veterinary Research **57** (1), 31-38

- Kitchell, R. L. (1980):
Endogenous opiates, endorphines, endocrine function and the physiology of pain.
Am Coll Vet Int Med: Sci Proc Am Coll Vet Int Med Washington, DC
- Knottenbelt, D. C. (1999):
The systemic effects of dental disease.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 127-138
- Knottenbelt, D. C. (2005):
Equine Dentistry - The state of the art and the state of the science.
The Veterinary Journal **169**, 159-161
- Kreling, K. (1999):
Zahnbehandlung in der Pferdemedizin.
VETimpulse **8** (17), 9-12
- Kreling, K. (2002):
Zahnprobleme bei Pferden. (1. Aufl.)
Lüneburg: Verlag Cadmos, S. 27, 26, 27,27, 27, 46-47, 17, 52-53, 98-99, 99-101, 101-103, 109, 112, 110-111, 112
- Lane, J. G. (1993):
Equine dental surgery.
In: Kertesz P (ed): Colour atlas of veterinary dentistry & oral surgery. (1. Aufl.).
London: Verlag Wolfe, S. 199-214
- Lane, J. G. (1994):
A review of dental disorders in the horse, their treatment and possible approaches to management.
Equine Veterinary Education **6** (1), 13-21
- Lane, J. G. (1997):
Equine dental extraction - Repulsion vs. Buccotomy: Techniques and results.
The Fifth World Veterinary Dental Congress. Birmingham
- Leue, G. (1941):
Beziehungen zwischen Zahnanomalien und Verdauungsstörungen beim Pferd unter Heranziehung von Kaubildern.
Hannover, Tierärztl. Hochsch, Hannover, Diss.
- Liebich, H. G. (1999):
Funktionelle Histologie der Haussäugetiere. (3. Aufl.)
Stuttgart, New York: Schattauer, S. 182-185
- Lillich, J. D. (1998):
Complications of dental surgery.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 399-410
- Löscher, W., F. Ungemach u. R. Kroker (2003):
Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren. (6. Aufl.)
Berlin: Verlag Parey, S. 91-92
- Lowder, M. Q. (1999 a):
Diseases of the teeth.
In: Colahan PT, Merritt AM, Moore JN, Mayhew IG (eds): Equine Medicine and Surgery. (5. Aufl.).
St. Louis, Baltimore: Mosby, S. 660-675

- Lowder, M. Q. (1999 b):
How to perform oral extraction of equine cheek teeth.
Proceedings of the 45th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners.
Albuquerque, New Mexico
- Lowder, M. Q. (1999 c):
Oral extraction of equine teeth.
Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian **21** (12), 1150-1157
- Lowder, M. Q. u. P. O. E. Mueller (1998 a):
Dental embryology, anatomy, development, and aging.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 227-245
- Lowder, M. Q. u. P. O. E. Mueller (1998 b):
Dental disease in geriatric horses.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 365-380
- Lowder, M. Q. u. P. O. E. Mueller (1999):
Periradicular dental disease in horses.
Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian **21** (9), 874-876
- Martin, S., L. Farr u. E. Murray (1995):
Clinical use of detomidine hydrochloride.
Equine Practice **17** (9), 21-26
- Marxkors, R. (2000):
Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. (3. Aufl.)
Köln, München: Verlag Deutscher Zahnärzte, S. 281-291
- Matteson, S. R., S. T. Deahl, M. E. Alder u. P. V. Nummikoski (1996):
Advanced imaging methods.
Crit Rev Oral Biol Med **7** (4), 346-95
- McIllwraith, C. W. (1984):
The digestive system.
In: Jennings PB (ed): The practice of large animal surgery. (1. Aufl.).
Philadelphia: Verlag Saunders, S. 554-580
- McLean, J. W. (1997):
Restorative materials for the 21st century.
The Fifth World Veterinary Dental Congress. Birmingham
- Mendenhall, A. L. u. H. D. Cantwell (1988):
Equine radiographic procedures. (1. Aufl.)
Philadelphia: Verlag Lea und Febiger, S. 142-145
- Metcalf, M. R., L. P. Tate u. L. C. Sellett (1989):
Clinical use of ^{99m}Tc-MDP scintigraphy in the equine mandible and maxilla.
Veterinary Radiology **30** (2), 80-87
- Morgan, J. P., J. Neves u. T. Baker (1991):
Equine radiography. (1. Aufl.)
Iowa, Ames: Verlag Iowa State Univ. Press
- Mueller, E. P. O. (1991):
Equine dental disorders: Cause, diagnosis, and treatment.
Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian **13** (9), 1451-1461

- O' Brien, R. T. (1996):
Intraoral dental radiography: Experimental study and clinical use in two horses and a llama.
Veterinary Radiology and Ultrasound **37** (6), 412-416
- O' Brien, R. T. u. D. S. Biller (1998):
Dental imaging.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **14** (2), 259-271
- Ostertag, v. (1910):
Die Krankheiten der Zähne.
In: Bayer, Fröhner (eds): *Handbuch der Tierärztlichen Chirurgie*. (1. Aufl.).
Wien, Leipzig:
- Park, R. D. (1993):
Radiographic examination of the equine head.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **9** (1), 49-74
- Pavlica, Z., J. Butinar u. V. Cestnik (1990):
Reimplantation eines vollständig luxierten Eckzahnes (Caninus-204).
Kleintierpraxis **35**, 245-249
- Pence, P. (2002):
Equine dentistry: A practical guide. (1. Aufl.)
Philadelphia, Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, S. 10, 10-11, 8, 10, 21-23, 231, 231-240, 150-152, 119-120, 150-161, 153-156, 56, 291-207, 204-207, 207, 207-208, 236-240
- Pirilä, H. (1933):
Untersuchungen an 16 Pferdeschädeln über die Formveränderungen der Zähne und ihre Lage im Kiefer in den verschiedenen Altersstadien.
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Prichard, M. A., R. P. Hackett u. H. N. Erb (1992):
Long-term outcome of tooth repulsion in horses: a retrospective study of 61 cases.
Veterinary Surgery **21** (2), 145-149
- Proffit, W. R. (1992):
Contemporary orthodontics. (2. Aufl.)
St. Louis: Mosby Year Books
- Quick, C. B. u. V. T. Rendano (1979):
Radiographic interpretation. The equine teeth.
Modern Veterinary Practice **60** (7), 561-567
- Ralston, S. L., D. L. Foster, T. Divers u. H. F. Hintz (2001):
Effect of dental correction on feed digestibility in horses.
Equine Veterinary Journal **33** (4), 390-393
- Ramzan, P. H. L. (2002):
The need for chemical restraint while performing routine dental procedures using a full-mouth speculum: A retrospective study of 581 examinations.
Equine Veterinary Education **14** (1), 30-32
- Reiber, T. (1995):
Prothetische Therapiemittel.
In: Freesmeyer WB (ed): *Klinische Prothetik*. (1. Aufl.).
Heidelberg: Hüthig, S. 10-25

- Revenaugh, A. F. (2000):
Computed tomography and magnetic resonance imaging in veterinary dentistry and oral surgery diagnostics.
In: DeForge DH, Colmery BH (eds): An Atlas of Veterinary Dental Radiology. (1. Aufl.).
Iowa, Ames: Iowa State Univ. Press, S. 261-263
- Riegel, R. J. u. S. E. Hakola (2002):
Bild-Text-Atlas zur Anatomie und Klinik des Pferdes. (1. Aufl.)
Hannover: Schlütersche, S. 171
- Ritter, G. (1953):
Kaukraft und Kaudruck des Pferdes.
Berlin, Berlin-FU, Diss.
- Roberts, E. W. (1994):
Bone physiology, metabolism and biomechanics in orthodontic practice.
In: Graber TM, Vanarsdall RL (eds): Orthodontic practice, current principles and techniques. (2. Aufl.).
St. Louis: Mosby, S. 193-234
- Roberts, G. D. u. J. P. Graham (2001):
Computed radiography.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **17** (1), 47-61
- Rupprecht, K. (1936):
Statistische Erhebungen über die Häufigkeit von Gebissanomalien beim Pferde.
Leipzig, Leipzig Univ., Diss.
- Sager, M. (1993):
A contribution to the quantification of pain in animals.
Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift **106** (9), 289-293
- Sanroman, F., F. Garcia, M. P. Llorens u. J. Camon (1989):
Comparison of two orthodontical techniques for the correction of lingual deviation of upper incisors in the dog.
Journal of Veterinary Medicine Series A **36** (9), 712-718
- Schacht, D. (1999):
Tiefe Blicke.
St Georg **1999** (4), 72-74
- Schatzmann, U. (1995):
Sedation und Anästhesie des Pferdes. (1. Aufl.)
Berlin, Wien: Verlag Blackwell, S. 6-12, 6-10, 75-79
- Schebitz, H. u. H. J. Wintzer (1955):
Zu den Zahnerkrankungen des Pferdes.
Berl und Münch Tierärztliche Wochenschrift **19**, 340-342
- Schröder, H. E. (2000):
Orale Strukturbiologie. (5. Aufl.)
New York: Verlag Thieme
- Schumacher, J. u. C. M. Honnas (1993):
Dental surgery.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **9** (1), 133-152

- Scoggins, R. D. (1979):
Equine dentistry.
Equine Practice **1** (5), 19-21
- Scoggins, R. D. (1991):
Restraint and the dental exam.
Proceedings of the Thirty Seventh Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, San Francisco, California, December, 95-97
- Scoggins, R. D. (1998):
A practitioner's viewpoint: dentistry for the equine patient.
Equine Practice **20** (5), 10-12
- Scoggins, R. D., J. Easley u. W. L. Scrutchfield (1999):
AAEP Forum: Equine dental care is more than just floating.
www.thehorse.com/9910/forum.html
- Scott, E. A., K. Gallagher, C. L. Boles, R. D. Beasley u. S. M. Reed (1977):
Dental disease in the horse: 5 case reports.
Journal of Equine Medicine and Surgery **1** (9), 301-309
- Scrutchfield, W. L. (1999 a):
Equine dental instrumentation.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 174, 173-174, 175
- Scrutchfield, W. L. (1999 b):
Equine dental prophylaxis.
In: Baker G, Easley J (eds): Equine dentistry. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 185, 189-190
- Scrutchfield, W. L. u. J. Schumacher (1993):
Examination of the oral cavity and routine dental care.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **9** (1), 123-131
- Scrutchfield, W. L., J. Schumacher u. M. T. Martin (1996):
Correction of abnormalities of the cheek teeth.
AAEP Proc **42**, 11-21
- Scrutchfield, W. L., J. Schumacher u. M. T. Martin (1997):
Equine dentistry - Cheek teeth procedures.
The Fifth World Veterinary Dental Congress. Birmingham
- Selhorst, F. (1964):
Orthodontische und kieferorthopädische Behandlungen und Versuche an Hunden.
München, München, Univ., Diss.
- Shipp, A. D. u. P. Fahrenkrug (1992):
Practitioners' guide to veterinary dentistry. (1. Aufl.)
Beverly Hills: Verlag Dr. Shipp's Laboratories, S. 124-125, 188-189, 136-142
- Shuttleworth, A. C. (1948):
Dental diseases of the horse.
Veterinary Record **60** (45), 563-567

Staeble, E. (1932):

Die Beleuchtungsfrage in der Zahnheilkunde.
Heidelberg, Diss.

Stanley, H. R., C. L. White u. L. McCray (1966):

The rate of tertiary (reparative) dentine formation in the human tooth.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol **21** (2), 180-189

Stelzer, P. (1998):

Neue Instrumente für die moderne Pferde Zahnbehandlung.
Fachpraxis **1998** (34), 26-29

Stelzer, P. (1999):

Die Behandlung pathologisch verlängerter Backenzähne des Pferdes.
Fachpraxis **1999** (35), 13-14

Stelzer, P. (2004):

Persönliche Mitteilung vom April 2004

Stickle, R. L. u. J. T. Hathcock (1993):

Interpretation of computed tomographic images.
Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice **23** (2), 417-435

Taylor, F. G. R. u. M. H. Hillyer (2001):

Klinische Diagnostik in der Pferdepraxis. (1. Aufl.)
Hannover: Verlag Schlütersche, S. 39

Taylor, P. M., P. J. Pascoe u. K. R. Mama (2002):

Diagnosing and treating pain in the horse: Where are we today?
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **18** (1), 1-19

TenCate, A. R. (1994):

Development of the tooth and its supporting tissues; hard tissue formation and its destruction; dentinogenesis.

In: TenCate AR (ed): Oral Histology. (4. Aufl.).
St. Louis: Mosby, S. 58-80, 111-119, 147-168

Thome´, H. (1999):

Mundhöhle und Schlundkopf.

In: Nickel R, Schummer A, Seiferle E (eds): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. (8. Aufl.).
Berlin: Verlag Parey, S. 98-102

Tietje, S. (1996):

Zur Bedeutung der CT beim Pferd (243 Fälle). Part 1: Erkrankungen an Kopf und Hals.
Praktische Tierarzt **77** (12), 1090-1098

Tremaine, H. (1997 a):

Oral extraction of equine cheek teeth; a victorian technique revisited.
The Fifth World Veterinary Dental Congress. Birmingham

Tremaine, H. (1997 b):

Dental care in horses.
In Practice **19** (4)

Tucker, R. L. u. E. Farrell (2001):

Computed tomography and magnetic resonance imaging of the equine head.
Veterinary Clinics of North America, Equine Practice **17** (1), 131-144

- Van de Felde, W. (2000):
Persönliche Mitteilung vom Jahr 2000,
zit. nach: Griss R (2001): Endoskopische Untersuchung der Maulhöhle beim Pferd.
Wien, Veterinärmed. Univ., Diss.,
- Virapongse, C., A. Mancuso u. J. Fitzsimmons (1986):
Value of magnetic resonance imaging in assessing bone destruction in head and neck lesions.
Laryngoscope **96** (3), 284-291
- Vlaminck, L. u. M. Steenhaut (2001):
Extraction of cheek teeth in the horse.
Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift **70** (5), 337-343
- Voss, J. L. (1937):
Die Zahnfachentzündung des Pferdes.
Stuttgart: Verlag Enke
- Wagner, A. E., W. W. Muir u. K. W. Hinchcliff (1991):
Cardiovascular effects of xylazine and detomidine in horses.
American Journal of Veterinary Research **52** (5), 651-657
- Weigel, J. P. u. A. S. Dorn (1985):
Diseases of the jaws and abnormal occlusion.
In: Harvey CE (ed): *Veterinary Dentistry*. (1. Aufl.).
London, Edinburgh: Verlag Saunders, S. 106-122
- Weller, R., L. Livesey, J. Maierl, K. Nuss, I. M. Bowen, E. R. J. Cauvin, M. Weaver, J. Schumacher u. S. A. May (2001):
Comparison of radiography and scintigraphy in the diagnosis of dental disorders in the horse.
Equine Veterinary Journal **33** (1), 49-58
- Wiggs, R. B. u. H. B. Lobprise (1997):
Clinical veterinary dentistry: Principles and practice. (1. Aufl.)
Philadelphia: Verlag Lippincott-Raven, S. 39-42, 410-413, 431-432
- Wilewsky, K. A., T. Basile, P. P. Greene u. P. Pence (2002):
Basic dental techniques.
In: Pence P (ed): *Equine Dentistry: A Practical Guide*. (1. Aufl.).
Philadelphia, Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, S. 79-114
- Willmann, M. (2001):
CT-Diagnostik bei Backenzahn- und Sinuserkrankungen des Pferdes.
Wien, Wien, Veterinärmed. Univ., Diss.
- Wintzer, H. J. u. W. Kraft (1999):
Krankheiten der Zähne.
In: Wintzer HJ (ed): *Krankheiten des Pferdes*. (3. Aufl.).
Berlin: Verlag Parey, S. 161-162
- Wissdorf, H., H. Gerhards, C. P. Bartmann u. B. Otto (2002):
Zähne.
In: Wissdorf H, Gerhards H, Huskamp B (eds): *Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes*.
(2. Aufl.).
Hannover: Verlag Schaper, S. 163, 173, 167, 163, 173, 173, 162, 172, 173

Wyn Jones, G. (1985):

Interpreting radiographs 6: the head [horse]

Interpreting radiographs 6: radiology of the equine head 2.

Equine Veterinary Journal **17** (4; 6), 274-278; 417-425

Zaluski, P. (2000):

Persönliche Mitteilung vom September 2000

Zechmeister, R. (1998):

Die computertomographische Darstellung der Kopforgane des Pferdes unter besonderer Berücksichtigung der Nasennebenhöhlen und Zähne.

München, München Univ., Diss.

Zetner, K. (1999):

Erkrankungen der Maulhöhle, Zähne, Zunge und der Kiefer des Pferdes.

In: Dietz O, Huskamp B (eds): Handbuch Pferdepraxis. (2. Aufl.).

Stuttgart: Verlag Enke, S. 363-390

Zetner, K., H. Strassl u. J. Plenk (1979):

Tierzahnheilkunde: Vergleichende Untersuchung der Histokompatibilität verschiedener Implantatwerkstoffe.

Tierärztliche Praxis **7** (1), 117-124

9 Glossar

Speziell in der vorliegenden Arbeit verwendete Begriffe:

äußere Backenzähne

Backenzähne, außer dem Wolfszahn (P_1), welche im Quadranten am weitesten mesial oder distal stehen; physiologischerweise P_2 und M_3 .

äußere Backenzahnlücke

Fehlender P_2 oder M_3 .

äußerer Lückennachbarzahn

Der Lückennachbarzahn, welcher der anatomischen Mitte im Backenzahnquadranten entfernter ist als der zweite die Zahnlücke begrenzende Backenzahn.

Anatomische Mitte (des Backenzahnquadranten)

Bereich zwischen P_4 und M_1 des Backenzahnquadranten. Angenommenes Zentrum der Preßrichtung aller Backenzähne.

Basisstück

An der Approximalfläche des direkten Lückennachbarzahns anliegender Teil des Zahnstücks; verbindet die PH-Schenkel.

direkte Lückennachbarzähne, LNZd

Backenzähne, welche direkt eine Zahnlücke flankieren.

Exsuperantia dentium

ist das an jeder Lokalisation der Zahnreihe mögliche, durch Antagonistenmangel und Fehlschluß bedingte übermäßige Wachstum aller Zahnsubstanzen des gesamten oder bestimmter koronaler Abschnitte(s) des Zahnes (nach HAWEMANN, 2003).

indirekte Lückennachbarzähne, LNZind

Alle Backenzähne, welche den direkten Lückennachbarzähnen im Quadranten nachstehen.

innere Backenzähne

Backenzähne, welche im Quadranten distal des am weitesten mesial und mesial des am weitesten distal stehenden Backenzahns platziert sind, also diejenigen Backenzähne, welche von den äußeren Backenzähnen eingeschlossen werden; physiologischerweise P_3 , P_4 , M_1 und M_2 .

innere Backenzahnlücke

Fehlender P₃, P₄, M₁ oder M₂.

innerer Lückennachbarzahn

Der Lückennachbarzahn, welcher der anatomischen Mitte im Backenzahnquadranten näher ist als der zweite die Zahnlücke begrenzende Backenzahn.

Lückennachbarzähne, LNZ

Direkte Lückennachbarzähne (LNZd) und indirekte Lückennachbarzähne (LNZind), also die restlichen Backenzähne im Quadranten mit der Backenzahnlücke.

mittlere Backenzähne

P₃, M₂

Schenkelstücke

Teile des Zahnstücks, die bukkal und palatinal/lingual an den direkten Lückennachbarzähnen liegen; verbunden durch das Basisstück.

Zahnhaken

Eine abrupte, hakenförmige Erhöhung besonders am mesialen oder distalen Ende der molaren Zahnreihe unter Beteiligung der Okklusionsfläche des Zahns.

Zahnspitzen

sind diejenigen, hauptsächlich maxillar-bukkal und mandibular-lingual, im wesentlichen schmelzhaltigen Zahnbestandteile des bukkalen oder lingualen, koronalen Zahnrandes, die sich aus dem Zusammenspiel von Zahnwachstum und ungenügendem Zahnabrieb aufgrund von ungenügenden Kauausschlägen ergeben und zu Verletzungen der Maulschleimhaut führen können (HAWEMANN, 2003).

Zahnstück

Teil des Platzhalters, welcher die direkten Lückennachbarzähne umgibt (meist Basisstück und Schenkelstücke).

zentrale Backenzähne

P₄, M₁.

Zwischenstück

Teil des Platzhalters zwischen den Zahnstücken.

10 Anhang

Danksagung

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Hertsch, möchte ich herzlich für die Überlassung der Arbeit und seine Geduld dabei danken.

Ebenso groß war die Geduld meiner Familie. Daß Ihr, Ute, Marlin, Nis und Siri, es mir ermöglicht habt, die Doktorarbeit zu schreiben, dafür kann ich mich hoffentlich eines Tages revanchieren.

Meinen Eltern und Schwiegereltern gebührt an dieser Stelle ebenfalls Dank für Ihre Unterstützung, insbesondere Uli für seine tatkräftige Hilfe.

Micha war technisch und moralisch unersetzlich. Thomas plus Johannes ebenfalls. Claudi war dies sprachlich. Jenny ebenso.

Camillo und Gerd danke ich für Ihre kontinuierliche und kompetente Hilfsbereitschaft. Herrn Dr. Kulemeyer für die immer offene Tür.

Alex und Norbert von der Werkstatt für Feinmechanik, Physiologie-Institut, sind mit Gold nicht aufzuwiegen. Sie drehten, schraubten, bohrten, feilten und schliffen – und waren um technische Lösungen selten verlegen.

Für gute Tipps und offene Ohren möchte ich Yvonne, Gerald, Angela, Martin, Elmar, Ludmilla, Steffi, Britta, Karin, Tibor, Herrn Prof. Grabner, Herrn Prof. Martens und Herrn Prof. Schmidt danken.

Ohne Kirsten, Tommy, Dani und Salvatore wäre die Arbeit nicht fertiggestellt worden. 1000 Dank!

Auch ohne die Kompetenz und großzügige Hilfsbereitschaft des Fachbereichs Medizin, Zahnmedizin, namentlich von Guido Bader, Max Nagel, Herrn Hetzelberger und Herrn Prof. Freesmeyer wäre das Projekt in dieser Form nicht möglich gewesen. Herrn Harald Prehn von KKM Zahnmedizin gilt zusätzlich mein Dank.

Herrn Dr. Peter Stelzer, Herrn Dr. Kai Kreling, Herrn Prof. Zetner, Herrn Dr. Dr. Peter Fahrenkrug, sowie Mrs. Cynthia Hinkle und Mrs. Nicole McIntyre danke ich vielmals für ihre Anregungen und für die Verfügbarkeit diverser Abbildungen.

Nicht zu vergessen der aufrichtige Dank an die H. Wilhelm Schaumann Stiftung, insbesondere an Herrn Prof. Gravers, für das einjährige Stipendium. Es freut mich, mit der Stiftung unkompliziert und effektiv zusammengearbeitet haben zu können.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, daß ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 01.07.05

Stephan Plank

