

# Mikroskopische Untersuchung der Pferde Zähne und ihrer Umgebung – Teil 2: Histologie der Backenzähne

Hans Geyer<sup>1</sup>, Eliana Zoller-Schiesser<sup>2</sup>, Anton Fürst<sup>2</sup> und Michelle A. Jackson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Veterinär-Anatomisches Institut, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich, Zürich, Switzerland

<sup>2</sup> Department für Pferde, Klinik für Pferdechirurgie, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich, Zürich, Switzerland

**Zusammenfassung:** Die Bilddokumentation soll eine von der Makroskopie bis zur Histologie reichende Orientierung an den Backenzähnen mit Bezug zu ihrer klinischen Bedeutung ermöglichen. Bei der mikroskopischen Darstellung der Pferde Zähne mit ihrer Umgebung werden im Teil 2 der vorliegenden Arbeit eine Bildauswahl von 3 Pferden im Alter von 5, 2 und 13 Jahren vorgestellt. Die Bilder stammen von unentkalkten Hartschnitten aus in situ fixierten Pferdeköpfen. An den ausgewählten Backenzähnen konnten auf Längs- und Querschnitten besonders die Länge und die Querschnittsformen der Schmelzbecher und der Schmelzfalten gezeigt werden. Alle Zahnteile von apikal bis zur Krone mit der Pulpahöhle und ihren Verzweigungen in meist 5 Pulpaäste waren zusammenhängend darzustellen. Die Hartsubstanzen vom Dentin bis zu Schmelz und Zement konnten ohne Substanzverlust dokumentiert werden. Beim 2-jährigen Pferd waren vor dem Zahnwechsel apikal an den Ersatzzähnen die Bildung der Zahnschmelzsubstanzen und Abbauvorgänge an den verbleibenden Milchzähnen nachzuweisen. Bei den Schmelzbechern der Backenzähne war der Innenteil oft nicht vollständig mit Zement ausgefüllt; die allfälligen Hohlräume sind oft in Verbindung mit der Mundhöhle, deren Flüssigkeiten und Futterreste auch zu Abbauvorgängen an den Hartschmelzbechern der Schmelzbecher führen können. In der Umgebung der Backenzähne werden die angrenzenden Gewebe vom Zahnfleisch, dem Periodontium, den Kieferknochen bis zur Kieferhöhle und die Lage des N. infraorbitalis bzw. des N. alveolaris inferior dargestellt. Das Periodontium ist auch an Backenzähnen um 500 µm dick und enthält, neben gegen apikal gerichteten Fasern, vor allem zirkulär verlaufende Faserbündel. Der angrenzende Kieferknochen besteht vor allem aus dünnen Knochenbälkchen, die oft nur um 200 µm breit sind. Die Masse dieser Knochenbälkchen scheint den Backenzähnen dennoch genügend Halt zu geben. Eine «lamina dura» des Kieferknochens in Umgebung der Backenzähne konnte nicht nachgewiesen werden. Die topographische Histologie der Backenzähne soll, ähnlich wie die Histologie der Schneidezähne und ihrer Umgebung, den in der Zahnheilkunde tätigen Fachpersonen eine vertiefte anatomische Orientierung ermöglichen.

**Schlüsselwörter:** Gebiss des Pferdes, Histologie der Backenzähne, Periodontium, Kiefer

---

## Microscopic examination of the horse teeth and their surrounding tissues. Part II: Histology of the cheek teeth

In the 2<sup>nd</sup> part of the microscopic examination of equine teeth, the histology of the cheek teeth together with their neighbouring tissues is presented. On 3 in situ perfusion fixed horses heads aged 5, 2 and 13 years the cheek teeth P4 and M1, in particular, were examined and resulted in unchanged normal findings. The selection concerned teeth that were frequently diseased. The age groups were the 5-year-old horse after permanent teeth replacement, the 2-year-old horse before replacement and the 13-year-old horse at an age when the longitudinal growth of the teeth is considered complete. In the 2-year-old horse, the wolf tooth (P1) and the subsequent P2 were also examined. In addition, the apical stages of development on the permanent teeth and decay processes on the deciduous teeth could also be recorded. On the cheek teeth embedded in methyl methacrylate (MMA) without decalcification, series of longitudinal sections were taken from one half of the jaw and series of cross-sections from the crown to the apical root were taken from the other half of the jaw and stained with Giemsa. The cross-sections of the molars showed the shape of the enamel folds and the ear-like shape of the enamel cups together with their inner lining by cementum. The longitudinal sections also revealed the depth of the enamel cups and the enamel folds. In the caudal half of the cheek teeth, longitudinal sections showed the division of the pulp cavities into pulp grains and, towards coronal, the storage of secondary dentin. On the cross-sections, the division of the pulp cavity into mostly 5 pulp grains or pulp horns could be demonstrated towards apical. In general, it was possible to show all the hard tissues of the molars from dentin to enamel and cementum without loss of substance in their respective localisation. In the enamel cups of the molars, the inner part was often not completely filled with cementum; the possible cavities are usually in connection with the oral cavity, whose fluids and food residues can also lead to degradation processes of the hard tissues of the enamel cups. In the vicinity of the molars, the gums, the periodontium and the jaw bones could be seen in their natural position. In the upper jaw, the hard palate with the palatal artery, parts of the nasal cavity as well as the maxillary sinus and the infraorbital nerve could also be shown; in the lower jaw, the inferior alveolar nerve of the mandibular nerve was shown in its canal. The periodontium was also predominantly around 500 µm thick on the molars. Apart from the Sharpey's fibres pulling towards the cementum apically, the periodontium contained mainly circularly running fibre bundles. The adjacent jaw bone in the upper jaw as well as in the lower jaw consists mainly of thin bone bellicles, which are only around 200 µm wide. The mass of these bone tufts seems to give the molars enough support to withstand the chewing pressure. A "lamina dura" of the jaw bone in the vicinity of the molars could not be detected. The peripherally located compacta was clearly stronger in the mandible than in the bones of the maxilla. The topographical histology of the molars, similar to the histology of the incisors with their surrounding tissues, is intended to provide dental professionals with a more in-depth anatomical orientation.

**Keywords:** equine dentistry; cheek teeth; histology

---

**Zitation:** Geyer H., Zoller-Schiesser E., Fürst A., Jackson M. A. (2023) Mikroskopische Untersuchung der Pferde Zähne und ihrer Umgebung – Teil 2: Histologie der Backenzähne. *Pferdeheilkunde* 39, 217–230; DOI 10.21836/PEM20230302

**Korrespondenz:** Dr. Michelle Jackson, Winterthurerstrasse 260, 8057 Zurich, Schweiz; mjackson@vetclinics.uzh.ch

**Eingereicht:** 22. Dezember 2022 | **Angenommen:** 20. Januar 2023

## Einleitung

Der zweite Teil der vorliegenden Untersuchungen befasst sich vor allem mit den Backenzähnen des Pferdes, deren Struktur als hohe, hypsodonte Zähne sehr komplex ist. Dabei gilt das Interesse besonders der Form und Struktur der Schmelzbecher und Schmelzfalten und der Pulpahöhle mit ihren Verzweigungen sowie der Topographie der Umgebung der Backenzähne.

## Material und Methoden

Die Fixierung der ganzen Köpfe mit den Zähnen in ihrer natürlichen Umgebung und die Einbettung der großen Zahnpräparate sowie die Herstellung der Hartschnitte ohne Entkalkung wurden in Teil 1 beschrieben. Bei den Backenzähnen wurden die Zähne der linken Seite in Längsschnitte zerlegt; von den Backenzähnen der rechten Seite wurden Querschnitte angefertigt. Dabei wurden jeweils Schnittserien im Abstand von 2 mm erstellt. Wegen der großen Länge der Backenzähne (bis zu 11 cm) wurden die Backenzähne der rechten Seite in der Mitte halbiert und die Querschnitte serienmäßig von der Krone zur Mitte und von der Mitte zur Wurzel angelegt.

Bei den Längsschnitten der linken Seite versuchte man, die Schnittserien möglichst parallel zu ihren rostralen oder kaudalen Kontaktflächen anzulegen. Wegen der starken Krümmung der kaudalen Molaren gelangen die Längsschnitte bei diesen Zähnen nicht immer ideal, so dass z. B. bei einem Längsschnitt durch den M<sub>3</sub> (211) coronal das rostrale Drittel und apikal die kaudalen zwei Drittel getroffen wurden, ein Bild, das nur im Original der Dissertation (Abb. 25) gezeigt ist. Die dicht bei dicht liegenden Kronen der Backenzähne waren der Grund, dass beim Zusägen der Präparate mit der Bandsäge eine exakte Trennung der Zähne entlang der Kontaktflächen nicht möglich war. Daher ist sowohl bei Längs- als auch bei Querschnitten der Backenzähne meist ein kleiner Teil der benachbarten Zähne mit getroffen, da die Sägeschnitte bereits in den benachbarten Zähnen lagen.

In den Abbildungen werden die Längsschnitte in der Regel in Ansicht von vorn (von rostral) gezeigt. Die Querschnitte durch die Zähne des rechten Oberkiefers sind so dargestellt wie sie der Untersucher bei der Betrachtung der Kauflächen sieht. Dabei liegen die von kaudal eingezogene Schmelzfalte sowie die kaudal folgenden Zähne jeweils unten im Bild. Die Querschnitte durch Backenzähne vom rechten Unterkiefer sind ebenso gezeigt wie sie der Betrachter der Kauflächen sieht: die rostralen Teile der Backenzähne des Unterkiefers findet man unten, die kaudalen Teile oben im Bild.

Im Oberkiefer ermöglichten die Längsschnitte durch die Backenzähne und ihre Umgebung auch Einblicke in die Nasenhöhle und zeigen die Lage des N. infraorbitalis. Ab dem 4. Prämolaren gegen kaudal erscheinen auch die Kieferhöhlen.

Bei den Befunden werden zuerst die Verhältnisse beim 5-jährigen Pferd vorgestellt. Nach dem vollendeten Zahnwechsel

sind alle Backenzähne mit ihren Kauflächen in Reibung getreten, aber nur wenig abgenutzt. Somit ist beim 5-jährigen Pferd eine weitgehend unveränderte Struktur der Zähne und ihrer Umgebung zu erwarten. Hier werden Längs- und Querschnitte vom 4. Prämolaren und dem 1. Molaren gezeigt. Die Bildauswahl beschränkt sich vor allem auf die Normalstruktur der Backenzähne P<sub>4</sub> und M<sub>1</sub>, die später besonders häufig erkranken.

Beim 2-jährigen Pferd sind in den apikalen Bereichen der Ersatzzähne die verschiedenen Stufen der Bildung neuer Zahnschubstanz sichtbar. Die Tiefe der Schmelzbecher und der Schmelzfalten lässt sich an den Längsschnitten der Zähne bis weit apikal verfolgen. Dabei sind vor allem die Innenauskleidung der Schmelzbecher mit Zement sowie die Zementhypoplasie oder allfällige Abbauvorgänge am Zement und die Erfassung von Hohlräumen im Innern der Schmelzbecher von Interesse. Die Querschnitte der Backenzähne lassen im Bereich der Zahnkörper die Form der Schmelzbecher mit allfälligen Hinweisen auf Veränderungen sowie die Lage und Form der Schmelzfalten gut erkennen. Im apikalen Teil der Backenzähne zeigen die Querschnitte deutlich die Zahl der späteren Zahnwurzeln mit den dort vorhandenen Zahnschubstanz sowie die Aufzweigungen der Pulpahöhlen.

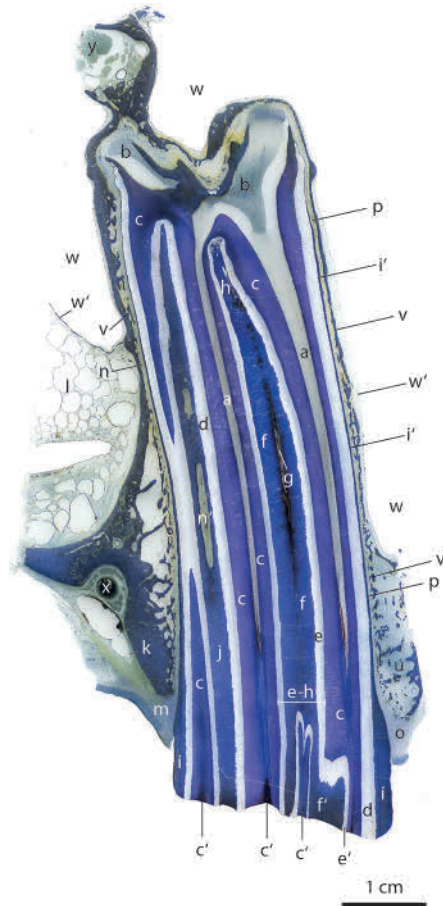
Zuletzt wird am Beispiel des 13-jährigen Pferdes das Bild vom 4. Prämolaren des Oberkiefers, die Länge des Zahnkörpers und die Topographie seiner Umgebung in der Maxilla mit der Kieferhöhle und dem N. infraorbitalis gezeigt. Dieser Längsschnitt bezieht sich auf ein Zeitfenster, in dem das Ende des Längenwachstums der Zähne zu erwarten ist.

## Befunde

An den Längsschnitten durch die Backenzähne des Oberkiefers vom 5-jährigen Pferd sieht man die große Länge des ganzen schmelzhaltigen Zahnkörpers, der hier beim 1. Molaren (209) bis in die Gegend der Spitze der Zahnanlage reicht (Abb. 1). Die gemessene Länge dieser Backenzähne P<sub>4</sub> (208) und M<sub>1</sub> (209) betrug 70–80 mm. Der N. infraorbitalis grenzt unmittelbar an die Spitze der Zahnanlage des M<sub>1</sub>. Die rostrale Kieferhöhle ist, den Nerven umgebend, von lateral bis medial getroffen. Auf der medialen Seite grenzt der Zahn an die Schleimhaut des Nasenbodens mit einem Teil des harten Gaumens und der A. palatina major. Gegen ventral folgt das palatinale Zahnfleisch mit dem Periodontium. Lateral am Backenzahn M<sub>1</sub> findet man das aus dem bukkalen Zahnfleisch hervorgehende dünne Periodontium und daneben den bukkalen Kieferknochen mit seinen dünnen Knochenbälkchen (Abb. 1/u). Weiter gegen dorsal folgt die laterale Bucht der Kieferhöhle (1/w).

Am Zahn selbst wurden im Längsschnitt durch den M<sub>1</sub> der linken Seite (Abb. 1) und auf Querschnitten durch den M<sub>1</sub> der rechten Seite (Abb. 2–4) folgende Befunde erhoben: im Längsschnitt ist apikal die Pulpahöhle (1/b), und anschließend sind zwei ihrer Äste oder Hörner (1/a) getroffen. Das an die Pulpa

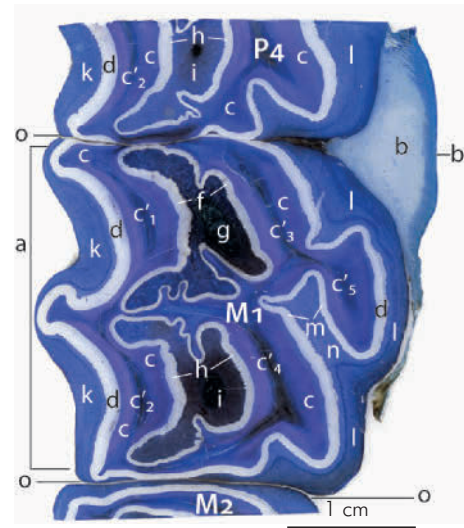
angrenzende Dentin (1/c) ist die große Masse der Hartsubstanzen. In Fortsetzung des Bindegewebes der Pulpa gegen coronal folgen die durch irreguläres Sekundärdentin geschlossenen Pulpahörner (1/c'). Der helle Schmelzüberzug des Zahnes (1/d)



**Abb. 1** Längsschnitt durch die vordere Hälfte des ersten Molaren M<sub>1</sub> (209) vom linken Oberkiefer des 5-jährigen Pferdes. Ansicht von vorn (= rostral). Giemsa-Färbung. **a** Pulpahörner; **b** apikale Pulpa; **c** Dentin, **c'** irreguläres Sekundärdentin; **d** Schmelz (hell); **e-h** Schmelzbecher: **e** Schmelzrand, **f** Zement; **e'** und **f'** Schmelz und Zement des lateralen Endes des Schmelzbeckers; **g** innerer Hohlraum im Zement; **h** apikales Ende des Schmelzbeckers; **i** peripherer Zement, beachte den dünnen Zementüberzug (**i'**) weiter apikal am Zahnkörper; **j** Zement der von kaudal eingezogenen Schmelzfalte; **k** harter Gaumen, Knochen der Maxilla; **l** Gefäßgeflechte am Nasenboden; **m** palatinales Zahnfleisch, **n** Periodontium, **n'** Periodontium vom palatinalen Rand der Schmelzfalte; **o** bukkales Zahnfleisch; **p** bukkales Periodontium; **u** bukkaler Kieferknochen der Maxilla; **v** dünne Knochenlamellen angrenzend an das Periodontium, keine Lamina dura! **w** rostrale Kieferhöhle, **w'** ihre Schleimhaut; **x** Gaumenarterie; **y** N. infraorbitalis in seinem Kanal. (Canalis infraorbitalis). | Longitudinal section of the anterior (= mesial) half of the first molar M<sub>1</sub> (209) of the left maxilla of the five-year old horse. Anterior = rostral view. Giemsa-stain. **a** pulp horns; **b** apical pulp; **c** dentin; **c'** irregular secondary dentin; **d** enamel (bright); **e-h** infundibulum: **e** enamel border, **f** cement; **e'** and **f'** enamel and cement at the lateral border of the infundibulum; **g** inner cavity in cement, **h** apical end of infundibulum; **i** peripheral cement, note the very thin layer of cement (**i'**) in the more apical part of the body of the tooth; **j** cement in the enamel fold, enfolded from caudal. **k** hard palate, bone of the maxilla; **l** vascular network at the nasal floor; **m** palatal gingiva; **n** periodontium, **n'** periodontium from the palatal border of the enamel fold; **o** buccal gingiva; **p** buccal periodontium; **u** buccal bone of the maxilla; **v** thin bone lamellae, adjoining to the periodontium, a lamina dura cannot be seen! **w** rostral maxillary sinus, **w'** its mucosa; **x** palatal artery, **y** N. infraorbitalis in its channel (Canalis infraorbitalis).

reicht in diesem Alter, wie erwähnt, bis an das apikale Ende des Zahnes. Außen angrenzend an den Schmelz erkennt man den coronal kräftigen Zementüberzug (1/i), der jedoch im intraalveolären Teil des Zahns sehr dünn ist (1/i').

Am rostralen Schmelzbecher (Abb. 1/e-h) sowie der von kaudal eingezogenen Schmelzfalte (1/j) sind die hellen Schmelzränder bis weit gegen apikal zu sehen. Am Schmelzbecher erkennt man, dass dieser stellenweise vollständig (1/f), in halber Höhe aber auch nur unvollständig (1/g) mit Zement gefüllt ist. Hohlräume in den Schmelzbechern bieten jeweils auch die Möglichkeit, dass sie in Kontakt mit Flüssigkeiten oder Futterresten aus der Mundhöhle kommen, und hier z. B. Säuren auf die angrenzenden Hartsubstanzen einwirken.

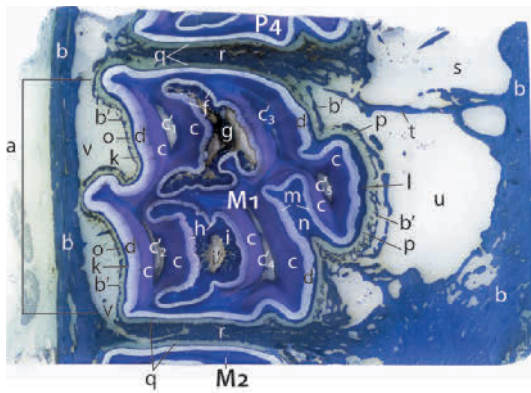


**Abb. 2** Querschnitt durch den 1. Molaren (M<sub>1</sub>, 109) und Anschnitte der benachbarten Zähne des rechten Oberkiefers vom 5-jährigen Pferd. Die Schnittfläche liegt 7 mm unter der Kaufläche. Ansicht von ventral und rostral, ähnlich wie bei der Inspektion der Kauflächen am lebenden Pferd. Giemsa-Färbung. **a** bukkale Fläche mit nach lateral vorragenden Schmelzleisten; **b** Rest der Gaumenschleimhaut; **c** Dentin, **c'** irreguläres Sekundärdentin an den Positionen 1-5; **d** Schmelz (hell); **f-i** Schmelzbecher, Infundibula in Ohrenform, die Ohrspitzen schauen gegen bukkal; **f-g** rostraler Becher: **f** Schmelzrand, **g** Zementfüllung, innen braun verfärbt; **h-i** kaudaler Becher: **h** Schmelzrand, **i** Zementfüllung. **k-l** peripherer Zement: **k** bukkal, **l** palatinal; **m-n** von kaudal kommende Schmelzfalte: **m** ihr Schmelzrand, **n** ihre Zementfüllung; **o** enger Spalt an den Kontaktflächen, an denen teilweise Zahnschubstanz abgerieben ist. **c'**<sub>1-5</sub> Lokalisation der Äste des Sekundärdentins: 1 bukkal mesial, 2 bukkal distal, 3 palatinal mesial, 4 palatinal distal, 5 palatinal Mitte. | Transverse section of the first molar (M<sub>1</sub>, 109) and parts of the adjacent teeth (P<sub>4</sub>, 108 and M<sub>2</sub>, 110) from the right maxilla of the 5-year-old horse. The section lies 7 mm under the occlusal surface. View from ventral and rostral similarly to the inspection of the occlusal surfaces in the life horse. Giemsa-stain. **a** buccal side with lateral protruding vertical enamel ridges; **b** rest of palatal mucosa; **c** dentin, **c'** irregular secondary dentin at the positions 1-5; **d** enamel (bright); **f-i** infundibula in an ear-like shape, the tips of the "ears" show to the buccal side; **f-g** rostral infundibulum: **f** enamel border, **g** cement, in the inner part in brown colour; **h** caudal infundibulum: **h** enamel border, **i** interior cement. **k-l** peripheral cement: **k** buccal, **l** palatal; **m-n** enamel fold, infolded from caudal: **m** enamel border; **n** inner part of the fold, filled with cement; **o** small gap between the contact sides of the teeth, where the calcified substances are partially absent by wear of mastication. **c'**<sub>1-5</sub> localisation of the branches of secondary dentin: 1 buccal mesial, 2 buccal distal, 3 palatal mesial, 4 palatal distal, 5 palatal, middle.

Am Beispiel des rechten 1. Molaren ( $M_1$ , 109) soll an Querschnitten von coronal nach apikal gezeigt werden, welche Bestandteile des Zahns und seiner Umgebung von nahe der Kaufläche bis in Nähe der späteren Wurzel zu finden sind (Abb. 2–4). Beim 1. Schnitt, 7 mm unter der Kaufläche (Abb. 2) sieht man bukkal die weit nach lateral vorragenden Schmelzleisten (2/a). Auf der medialen, palatinalen Seite findet man die von kaudal eingezogene lange Schmelzfalte (2/m-n). Die nahe der Kaufläche dicht aneinandergrenzenden Kronen der angrenzenden Backenzähne  $P_4$  und  $M_2$  sind in Abb. 2–3 ebenfalls noch teilweise getroffen.

Der  $M_1$  zeigt hier im Querschnitt die beiden mit Zement gefüllten Schmelzbecher (Abb. 2/f-i), deren Form ähnlich von Ohren ist, deren Spitzen gegen lateral (=bukkal) gerichtet sind. Im vorliegenden Querschnitt sind auch die stark gefalteten Schmelzränder der Schmelzbecher zu sehen und dass der innere Teil der Zementfüllung der Becher schwarz verfärbt ist.

Der nächste Querschnitt durch den  $M_1$  (109) und seine Umgebung liegt 30 mm unter der Kaufläche (Abb. 3). Hier grenzt

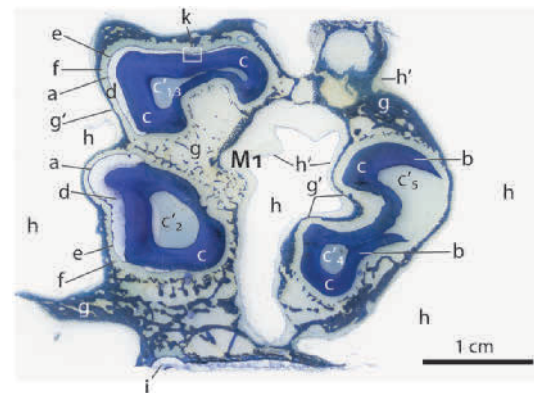


**Abb. 3** Querschnitt durch den 1. Molaren ( $M_1$ , 109) und Anschnitte der benachbarten Zähne des rechten Oberkiefers samt umgebendem Knochen, 30 mm unter der Kaufläche. Ansicht von ventral und rostral. Giemsa-Färbung. **a** bukkale Zahnfläche mit nach lateral vorragenden Schmelzleisten; **b** umgebender Knochen der Maxilla mit feinen Knochenbälkchen (**b'**), die an das Periodontium angrenzen; **c** Dentin, **c'** Pulpahöhlen der Hörner (1-2, 4-5) oder irreguläres Sekundärdentin bei **c'<sub>3</sub>** (palatinal, mesial); **d** Schmelz; **f-g** rostraler Schmelzbecher: **f** Schmelzrand, **g** Zement oder Hohlräume im Innern; **h-i** kaudaler Schmelzbecher: **h** Schmelzrand, **i** Zement, **i'** zentraler Hohlraum. **k-l** dünner peripherer Zement: **k** bukkal, **l** palatinal; **m-n** von kaudal kommende Schmelzfalte: **m** ihr Schmelzrand, **n** ihre Zementfüllung; **o-q** Periodontium: **o** bukkal, **p** palatinal, **q** an den Kontaktflächen; **r** Knochen zwischen den Backenzähnen; **s-v** Kieferhöhle: **s** rostraler Teil, **t** Septum, **u** kaudaler Teil der Kieferhöhle; **v** bukkales Knochenmark, gefüllt mit Fettzellen und Gefäßen. | *Transversal section of the first molar ( $M_1$ , 109) and small parts of the adjacent teeth ( $P_4$ , 108 and  $M_2$ , 110) of the right maxilla, 30 mm under the occlusal surface. Section of the same tooth as Fig. 2, from the 5-year-old horse. View from ventral and rostral. Giemsa-stain. **a** buccal side with laterally protruding enamel ridges; **b** surrounding bone of the maxilla with fine lamellae (**b'**) adjoining the periodontium; **c** dentin, **c'** pulp cavities, dental papillae (1-2, 4-5), or branch with secondary dentin (**c'<sub>3</sub>**, palatal mesial); **d** enamel; **f-g** rostral infundibulum: **f** enamel border; **g** cement or hollow spaces inside the infundibulum; **h-l** caudal infundibulum: **h** enamel border, **i** cement, **i'** central hollow space. **k-l** thin peripheral cement: **k** buccal, **l** palatal; **m-n** enamel fold, infolded from caudal: **m** enamel border, **n** cement as filling compound; **o-q** periodontium: **o** buccal, **p** palatal, **q** at the contact surfaces; **r** bone between the cheek teeth; **s-v** maxillary sinus; **s** its rostral part; **t** septum between the two parts; **u** caudal maxillary sinus; **v** bone marrow containing fat cells and blood vessels.*

die palatinal Fläche des Zahnes jeweils an die ventral reichenden Ausbuchtungen der rostralen (3/s) bzw. kaudalen (3/u) Kieferhöhle samt dem Septum (3/t) zwischen den beiden Höhlen. Auf der lateralen, bukkalen Seite findet man neben dem kompakten Teil der Maxilla auch den Hohlraum der Spongiosa, und, ähnlich wie auf der medialen Seite, angrenzend an das Periodontium die dünnen Knochenbälkchen (3/b'). An den Kontaktflächen der Zähne sieht man in diesem Schnitt Septen von verdickter Knochensubstanz (3/r).

Am Backenzahn  $M_1$  selbst sind auf diesem Querschnitt die Pulpaäste in 4 von 5 Hörnern bereits eröffnet. Nur das palatinal und mesiale Horn ist gefüllt mit Sekundärdentin (Abb. 3/c'<sub>3</sub>). In den Schmelzbechern erkennt man, innen angrenzend an den Schmelzrand, unveränderten, blau gefärbten Zement, aber im Innern der Becher bereits schwarz verfärbte Zementreste oder Hohlräume (3/g, i').

Der Querschnitt durch die apikale Hälfte desselben Backenzahns  $M_1$  (109) zeigt, dass um 65 mm unter der Kaufläche die hier getroffenen 5 Zahnteile jeweils noch schmelzbildend sind (Abb. 4 A/d). Der Schmelz ist außen noch von wenig Zement umgeben. In den Hörnern der Pulpahöhlen ist vor allem lockeres Bindegewebe vorhanden. Bukkal, zentral und palatinal zwischen den Zahnteilen findet man die Ausbuch-



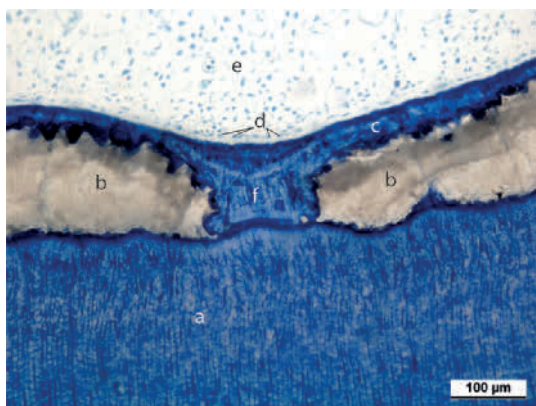
**Abb. 4 A** Querschnitt durch den apikalen Teil des 1. Molaren ( $M_1$ , 109) des rechten Oberkiefers vom 5-jährigen Pferd, um 65 mm unter der Kaufläche. Die Pulpahöhle ist hier am apikalen Teil des Zahnkörpers schon unterteilt in mehrere Äste oder Hörner. Es kommt noch Schmelzbildung vor. Ansicht von ventral und rostral. Giemsa-Färbung. **a** bukkale Zahnteile; **b** palatinal Zahnteile; **c** Dentin, **c'** Äste der Pulpahöhle 1-5; **d** Schmelz (hell); **e** dünner peripherer Zement; **f** Periodontium. **g** Kieferknochen der Maxilla, beachte die häufig an das Periodontium angrenzenden dünnen Knochenbälkchen (**g'**); **h** Kieferhöhle mit bukkaler, zentraler und palatinaler Bucht, stellenweise mit sichtbarer Auskleidung durch Atmungsepithel (**h'**); **i** Schmelz des kaudal angrenzenden  $M_2$ ; **k** Ausschnitt von Abb. 4 B mit Schmelz- und Zementbildung. | *Transverse section through the apical part of the first molar ( $M_1$ , 109) of the right maxilla, 65 mm under the occlusal surface. The section is of the same tooth as Fig. 2-4 B from the 5-year-old horse. The pulp cavity is divided in the apical part of the body of the tooth in several branches or horns. Production of enamel can be seen in this area. View from ventral and rostral. Giemsa-stain. **a** buccal side, **b** palatal side of the tooth; **c** dentin, **c'** branches of the pulp cavities 1-5; **d** enamel (bright); **e** thin peripheral cement; **f** periodontium. **g** maxillary bone, note the very thin bone lamellae (**g'**) adjoining the periodontium; **h** maxillary sinus with recesses buccal, central and palatal; the respiratory epithelium can be seen at several locations (**h'**); **i** enamel of the caudal adjacent tooth ( $M_2$ , 110); **k** section of Fig. 4 B*

tungen der Kieferhöhlen (4 A/h) mit stellenweise sichtbarem Atmungsepithel.

Abb. 4 B ist ein Ausschnitt aus dem bukkalen und mesialen Anteil von Abb. 4 A/k. Er zeigt den neu gebildeten Schmelz und seinen Zementüberzug sowie das zugehörige Dentin im Detail. Man erkennt das Dentin (4 B/a) mit seinen Fasern sowie den außen angrenzenden Schmelz (b) und den neu gebildeten Zement (c) mit den außen liegenden Osteoblasten = Zementoblasten (d). In der Mitte des Präparates grenzt eine Nase des Zementes (4 B/f) an das Dentin, was bedeutet, dass man sich an dieser Stelle bereits am Übergang des Zahnkörpers in die eigentliche Wurzel befindet, deren Wand nur noch aus Dentin und Zement besteht.

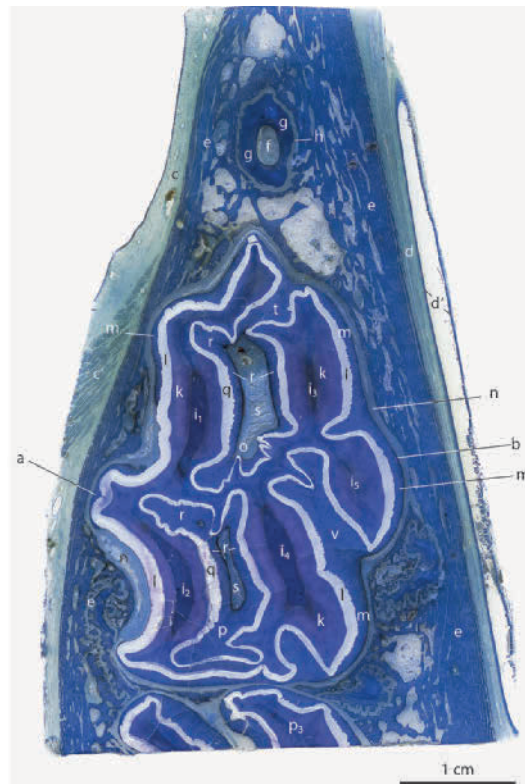
Die Abbildungen 5–11 sollen beim 2-jährigen Pferd die Strukturen sowie die Bildung der Ersatzzähne und die Morphologie der noch vorhandenen Milchzähne der Backenzähne darstellen. In Abb. 5 wird in einem Querschnitt 30 mm unter der Kaufläche die Form des gegen rostral spitz zulaufenden Ersatzzahn des 2. Prämolaren (106) mit seinen Falten und Schmelzbechern gezeigt. Dazu kommt ein Querschnitt durch die Wurzel des davor liegenden Wolfszahns P<sub>1</sub> (105, Abb. 5/f-h), der hier im recht dichten Knochen der Maxilla relativ fest verankert ist. Die Schmelzbecher des P<sub>2</sub> sind in ihrem Innern mit Bindegewebe des Zentralraums gefüllt (5/s). Der rostrale Schmelzbecher hat an diesem Schnitt eine deutliche Verbindung zur mesialen Kontaktfläche (5/t), ein Hinweis darauf, dass die Schmelzbecher auch durch Einfaltung von der Seite entstehen können.

Am Längsschnitt durch den Wolfszahn (P<sub>1</sub>, 205) und den rostralen Teil des Ersatzzahn des P<sub>2</sub> (206, Abb. 6) von der linken Seite sieht man zunächst die ganze Länge des ca. 3 cm langen Wolfszahns (Abb. 6/f, p-q). Seine Wurzelspitze befin-



**Abb. 4 B** Neu gebildeter Schmelz und Zementbildung im apikalen Teil des M<sub>1</sub> des 5-jährigen Pferdes. Ausschnitt aus dem Querschnitt von Abb. 4 A/k. Giemsa-Färbung. **a** Dentin mit gut sichtbaren Fasern der Dentinröhrchen; **b** mineralisierter Schmelz (hell); **c** neu gebildeter Zement, dem Schmelz außen angelagert; **d** Zementbildner des Periodontiums; **e** Periodontium; **f** Nase des Zements, direkt angrenzend an das Dentin am Übergang des Zahnkörpers in die Wurzel. | *New formed enamel and cement in the apical part of M<sub>1</sub> of the 5-year-old horse. Detail of the location of Fig. 4 A/k. Giemsa-stain. a dentin with visible fibres of the tubules; b enamel, mineralized (bright); c new formed cement, adjacent outside of the enamel; d cementoblasts of periodontium; e periodontium; f nose of cement, directly adjoining to dentin at the transition of the body to the true root of the tooth.*

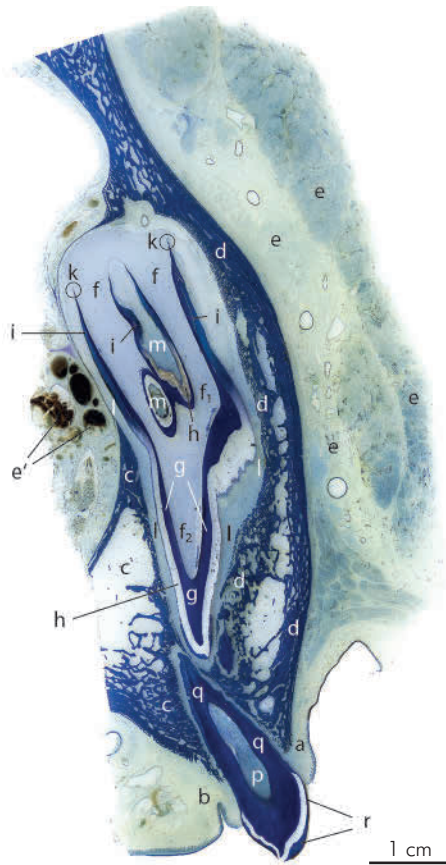
det sich nahe der späteren Krone des Ersatzzahn vom P<sub>2</sub>. Gegen apikal erkennt man beim P<sub>2</sub> auch die noch unvollständig verkalkten Vorstufen des Schmelzes (6/k). In der Umgebung beider Zähne sind auf dem Längsschnitt neben dem Knochen der Maxilla auf der medialen Seite der vordere Teil der Nasenhöhle mit dem harten Gaumen und seinem Venen-



**Abb. 5** Querschnitt durch den apikalen Teil des Wolfszahnes (P<sub>1</sub>, 105) und des Ersatzzahn des P<sub>2</sub> (106) sowie Abschnitt des P<sub>3</sub> (107) ca. 30 mm unter der Kaufläche des Milchzahnes. Der Schnitt stammt vom rechten Oberkiefer eines zweijährigen Pferdes in Ansicht von ventral und rostral. Giemsa-Färbung. **a** bukkale Fläche, **b** palatinale Fläche des P<sub>2</sub> (106); **c** Zahnfleisch bukkal, **c'** Muskulatur; **d** Zahnfleisch palatinal, Bindegewebe mit längs getroffener Arterie (**d'**); **e** Knochen der Maxilla; **f-h** Wurzel des Wolfszahnes: **f** Pulpahöhle, **g** Wand aus Dentin und Zement, **h** Periodontium. **i**<sub>1</sub>-**i**<sub>5</sub> Pulpaäste des P<sub>2</sub> mit dichtem Bindegewebe; **k** Dentin; **l** Schmelz (hell); **m** peripherer Zement; **n** Periodontium; **o-p** Schmelzbecher, Kunden: beachte die ohrenähnliche Form mit nach bukkal zeigenden Enden; **o** rostraler, **p** kaudaler Schmelzbecher; **q-s** Wand und Innenraum der Schmelzbecher: **q** Schmelz, **r** Zement; **s** Bindegewebe des Zentralraums; **t** von rostral kommende Schmelzfalte mit Verbindung zur Kunde; **v** kaudale Schmelzfalte, von kaudal und palatinal eingestülpt, mit Zement im Innern. | *Transverse section through the apical part of the wolf tooth (P<sub>1</sub>, 105) and through the permanent tooth P<sub>2</sub> (106, together with a section of P<sub>3</sub> (107), about 30 mm under the occlusal surface of the deciduous P<sub>2</sub>. The section comes from the right maxilla of a two-year-old horse. View from ventral and rostral, Giemsa-stain. a buccal side, b palatal side of P<sub>2</sub> (106); c gingiva buccal, c' muscles; d gingiva palatal, connective tissue with an artery, longitudinally sectioned (d'); e maxillar bone; f-h root of the wolf tooth: f pulp cavity, g wall of dentin and cement, h periodontium. i<sub>1</sub>-i<sub>5</sub> pulp branches of P<sub>2</sub> (106) with dense connective tissue; k dentin; l enamel (bright); m peripheral cement; n periodontium; o-p infundibula: look at their form like ears, of which the tips look to the buccal side; o rostral, p caudal infundibulum; q-s wall and interior part of the infundibula: q enamel, r cement, s connective tissue in the centrum; t enamel fold, from rostrally enfolded with connection to the infundibulum; v caudal enamel fold, enfolded from caudal with cement in its centrum.*

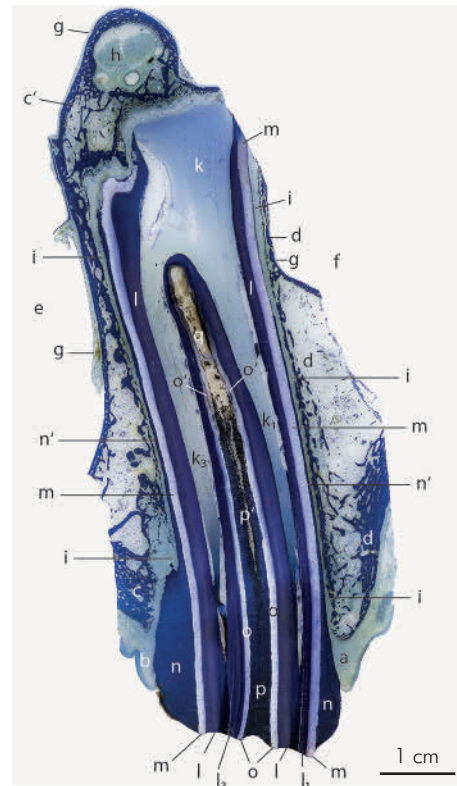
geflecht (6/e') und auf der lateralen Seite über dem Zahnfleisch die Backe mit ihrer Muskulatur (6/e) zu sehen.

Der durchgebrochene und hochgewachsene erste Molar M1 (209) der linken Seite zeigt gut verkalkten Schmelz (Abb. 7/m) schon bis in seine apikalen Teile. Der N. infraorbitalis (7/h) grenzt in seinem Kanal nahe an das apikale Zahnende. Dorsal vom Zahnfleisch der medialen und lateralen Seite (7/a-b)



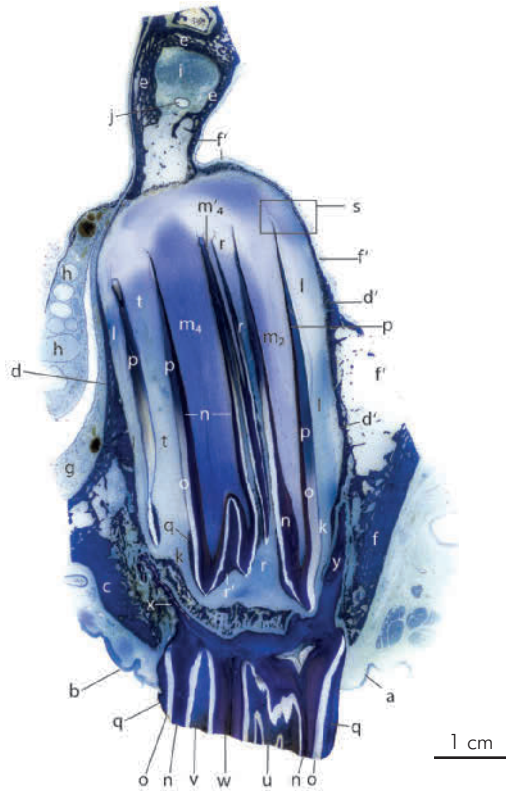
**Abb. 6** Längsschnitt durch den Wolfszahn (P<sub>1</sub>, 205) und den rostralen = mesialen Teil des Ersatzzahns vom P<sub>2</sub> (206) des linken Oberkiefers des zweijährigen Pferdes. Ansicht von rostral. Giemsa-Färbung. **a** Zahnfleisch bukkal; **b** Zahnfleisch palatinal; **c-d** Knochen der Maxilla: **c** am harten Gaumen, **d** bukkal – beachte die stellenweise dünnen, an das Periodontium angrenzenden Knochenbälkchen; **e** Weichteil der Backe: Bindegewebe und Muskulatur, **e'** Venengeflecht im Gaumen; **f** Bindegewebe der Pulpahöhlen und ihrer Äste. **g** Dentin (blau); **h** Schmelz (hell); **i** Vorstufen des Schmelzes, apikal; **k** apikales Ende der Zahnglocke; **l** Periodontium; **m** Teil des Schmelzbechers vom Ersatzzahn, Bindegewebe im Innern; **p-r** Wolfszahn: **p** Pulpahöhle, **q** Wand der Wurzel aus Dentin und Zement, **r** Krone mit von Zement bedecktem Schmelz; **f<sub>1</sub>-f<sub>2</sub>** Pulpaäste: 1 = buccal mesial, 2 = buccal distal. | *Longitudinal section of the wolf tooth P<sub>1</sub> (205) and the rostral = mesial part of the permanent premolar P<sub>2</sub> (206) of the left maxilla of the two-years-old horse. Rostral view. Giemsa-stain. a gingiva buccal, b gingiva palatal; c-d maxillary bone: c at the hard palate, d at the buccal side: note the partially very thin bone lamella, adjoining the periodontium; e soft cheek tissue: connective tissue and muscles, e' vein plexus palatal; f connective tissue of the pulp cavity and their branches. g dentin (blue); h enamel (bright); i developing enamel apical; k apical end of the dental bell; l periodontium; m part of the infundibulum, connective tissue inside; p-r wolf tooth: p pulp cavity; q true root of dentin and cement; r crown with enamel and the peripheral cement. f<sub>1</sub>-f<sub>2</sub> pulp branches 1 = buccal mesial, 2 = buccal distal.*

sieht man den Knochen der Maxilla (7/c-d), dessen innerste Lamellen, angrenzend an das Periodontium wieder sehr dünn sind (7/n'). Die rostrale Kieferhöhle mit ihrer Atmungsschleimhaut umgibt medial (7/e-g) den Zahnkörper und den dorsal liegenden N. infraorbitalis.



**Abb. 7** Längsschnitt durch den ersten Molaren (M<sub>1</sub>, 209) vom linken Oberkiefer des 2-jährigen Pferdes. Der Schnitt liegt in der rostralen Hälfte des Backenzahns, ca. 10 mm hinter seiner mesialen Fläche. Ansicht von rostral. Giemsa-Färbung. **a** Zahnfleisch bukkal; **b** Zahnfleisch palatinal; **c-d** Knochen der Maxilla: **c** am harten Gaumen, **c'** palatinal dorsal, **d** bukkal; **e-g** rostrale Kieferhöhle: **e** palatinale Bucht, **f** bukkale Bucht, **g** Schleimhaut (hell); **h** N. infraorbitalis; **i** Periodontium (hell), beachte auch die anliegenden oft sehr dünnen Knochenlamellen (dunkel). **k** gemeinsame Pulpahöhle und ihre Äste: **k** apikaler Teil, weit, **k<sub>1</sub>** bukkaler mesialer Ast, **k<sub>3</sub>** palatinaler mesialer Ast; **l** Dentin (dunkelblau), **l<sub>1</sub>** Ersatzdentin bukkal mesial, **l<sub>3</sub>** Ersatzdentin palatinal mesial; **m** Schmelz (hell); **n** peripherer Zement, koronal, **n'** dünner peripherer Zement gegen apikal; **o-q** Schmelzbecher: **o** Schmelzrand, **o'** Schmelz apikal, noch wenig verkalkt; **p-p'** Innenraum des Schmelzbechers: **p** ganz mit Zement gefüllt, **p'** teilweise mit Zement gefüllt; **q** apikaler Innenraum des Schmelzbechers, weitgehend hohl mit wenig Bindegewebe. | *Longitudinal section of the first molar (M<sub>1</sub>, 209) from the left maxilla of the 2-years-old horse. The section is located in the mesial half of the cheek-tooth, 10mm behind its mesial surface. Rostral view. Giemsa-stain. a gingiva buccal; b gingiva palatal; c-d maxillary bone: c at the hard palate; d at the buccal side; e-g: rostral maxillary sinus: e palatal recessus, f buccal recessus, g mucosa (bright); h N. infraorbitalis; i periodontium, note the adjacent thin bone lamellae. k common pulp cavity and its branches: k apical part, k<sub>1</sub> buccal mesial branch, k<sub>3</sub> palatal mesial branch; l dentin, l<sub>1</sub> secondary dentin buccal mesial, l<sub>3</sub> secondary dentin palatal mesial; m enamel (bright); n peripheral cement, coronal, n' thin cement apical. o-q infundibulum: o enamel border, o' enamel apical less calcified; p-p' interior part of the infundibulum: p completely filled with cement, p' partially filled with cement; q apical interior part of the infundibulum with little connective tissue and extensive hollow spaces.*

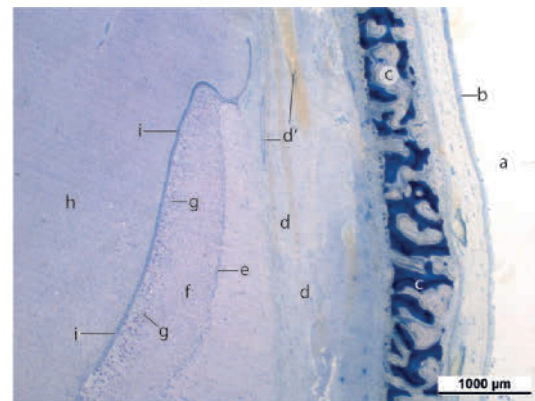
Im Backenzahn  $M_1$  selbst ist das Bindegewebe der Pulpahöhle apikal noch ungeteilt (7/k): danach folgen im Längsschnitt durch die rostrale Hälfte des Molaren die beiden Pulpaäste  $k_1$  und  $k_3$ , die gegen coronal durch Ersatzdentin (7/l<sub>1</sub> und l<sub>3</sub>)



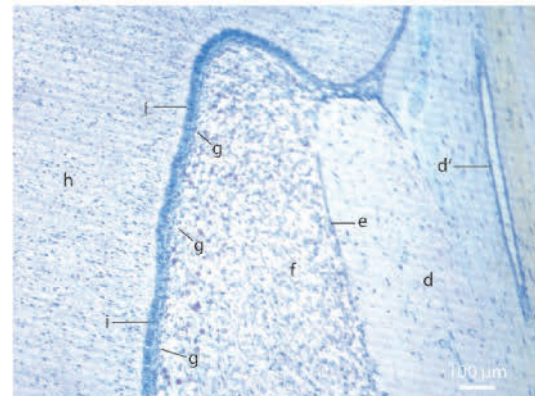
**Abb. 8** Längsschnitt durch die kaudale Hälfte des Milchzahns  $P_{d4}$  (608) und des darunter liegenden Ersatzzahnes  $P_4$  (208) vom linken Oberkiefer des 2-jährigen Pferdes. Der Schnitt liegt ca. 20 mm hinter der rostralen = mesialen Fläche des Zahnes. Ansicht von rostral. Giemsa-Färbung. **a** Zahnfleisch bukkal; **b** Zahnfleisch palatinal; **c-e** Knochen der Maxilla: **c** am harten Gaumen, **d** palatinal, **d'** bukkal das Zahnfach begrenzend, **e** den Canalis infraorbitalis umgebend; **f** Wand und rostrale Bucht der Kieferhöhle (**f'**), ausgekleidet mit Atmungsschleimhaut; **g** ventrale Nasenschleimhaut; **h** Schleimhaut der ventralen Nasenmuschel mit weiten Venen; **i** N. infraorbitalis, begleitet von A. infraorbitalis (**j**). **k-l** Periodontium: **k** koronal, **l** apikal = Teil des Zahnsäckchens; **m** Bindegewebe der Pulpaäste  $m_2, m_4$  mit zusätzlichem Ast  $m'_4$ ; **n** Dentin (dunkel); **o** Schmelz (hell); **p** Vorstufen des Schmelzes (blau); **q** peripherer Zement; **r** kaudaler Schmelzbecher, **r'** seine mediale Falte; **s** Ausschnitt von Abb. 9 A-B; **t** kaudale Schmelzfalte. **u-y** Details vom Milchzahn: **u** kaudaler Schmelzbecher; **v** kaudale Schmelzfalte; **w** Ersatzdentin; **x** medialer Wurzelrest, nachgezeichnet; **y** lateraler Wurzelrest. | *Longitudinal section through the distal half of the deciduous premolar ( $P_{d4}$ , 608) and the underlying permanent tooth ( $P_4$ , 208) from the left maxilla of the 2-years-old horse. The section is located 20 mm behind the rostral = mesial surface of the teeth. Rostral view. Giemsa-stain. **a** gingiva rostral; **b** gingiva palatal; **c-e** maxillary bone: **c** at the hard palate, **d** palatal, **d'** buccal as borders of the alveolus; **e** bone surrounding the canalis infraorbitalis; **f** wall and rostral recessus (**f'**) of the rostral maxillary sinus, with its respiratory mucosa; **g** ventral nasal mucosa; **h** mucosa of the ventral concha with wide veins; **i** N. infraorbitalis, accompanied of the infraorbital artery (**j**). **k-l** periodontium: **k** coronal, **l** apical, which is part of the dental sac; **m** connective tissue of the pulp branches  $m_2, m_4$  with its supplemental branch ( $m'_4$ ); **n** dentin (dark); **o** enamel (bright); **p** precursors of enamel (blue); **q** peripheral cement; **r** caudal infundibulum, **r'** its medial fold; **s** area of fig. 9 A-B; **t** caudal enamel fold. **u-y** details of the deciduous tooth: **u** caudal infundibulum, **v** caudal enamel fold, **w** secondary dentin; **x** medial rest, **y** lateral rest of the true root.*

geschlossen sind. Der helle Schmelz des Zahnkörpers ist an der Krone, wie üblich, mit reichlich Zement (7/n), im Zahnfach aber nur mit wenig Zement (7/n') bedeckt. Der weit in die Tiefe reichende rostrale Schmelzbecher (7/o-q) ist coronal ganz mit Zement gefüllt (7/p). Gegen die Mitte des Zahnes ist der Schmelzbecher innen nur noch teilweise mit Zement gefüllt (7/p') und enthält schon einen Hohlraum. Der apikale Innenteil des Schmelzbeckers ist dagegen noch weitgehend hohl (7/q) und enthält nur wenig Bindegewebe.

Der Längsschnitt durch den 4. Prämolaren (Abb. 8), der erst mit ca. 3 Jahren wechselt, zeigt im Unterschied zum 1. Molaren in der rostralen Hälfte beim 2-jährigen Pferd die Kappe des Milchzahns ( $P_{d4}$ , 608, Abb. 8/u-y) und darunter den Ersatzzahn  $P_4$  (208). Am Ersatzzahn (Abb. 8/k-r) sind in der Tiefe apikal die verschiedenen Stadien der Neubildung der Hartsubstanzen zu sehen, die dann als Ausschnitt aus Abb. 8/s in den Abb. 9 A-B im Detail gezeigt sind. Am Ersatzzahn und dem dorsal



**Abb. 9 A** Zahnlocke und Zahnsäckchen vom apikalen und bukkalen Teil des Ersatzzahns  $P_4$ . Ausschnitt aus Abb. 8/s. Giemsa-Färbung. | *Dental bell and dental sac in the apical and buccal part of the permanent tooth  $P_4$ . Section at the area (s) of Fig. 8. Giemsa-stain.*



**Abb. 9 B** Detail der Zahnlocke als Ausschnitt von Abb. 9 A. **a-b** rostrale Kieferhöhle, **b** Epithel der Atmungsschleimhaut; **c** Knochen der Maxilla, hier äußerer Teil des Zahnsäckchens; **d** innerer Teil des Zahnsäckchens mit großem Blutgefäßen (**d'**); **e-i** apikaler Teil der Zahnlocke, **e-g**: Schmelzepithel: **e** äußeres, **f** Schmelzpulpa; **g** inneres Schmelzepithel; **h-i** Zahnpapille: **h** Bindegewebe der Pulpahöhle, **i** Odontoblasten. | *Detail of the dental bell as part of Fig. 9 A. **a-b** rostral maxillary sinus: **a** lumen, **b** Epithelium of the respiratory mucosa; **c** bone of the maxilla: here external part of the dental sac; **d** inner part of dental sac with big blood vessels (**d'**); **e-l** apical part of the dental bell: **e-g** enamel epithelium: **e** external enamel epithelium, **f** enamel pulp, **g** inner enamel epithelium; **h-i** dental papilla: **h** connective tissue, **i** odontoblasts.*

benachbarten N. infraorbitalis befindet sich lateral die rostrale Bucht der Kieferhöhle während medial die ventrale Nasenmuschel und die mediale Nasenschleimhaut angrenzen. Im Bereich des noch 1–3 cm langen Milchzahns sind medial und lateral vor allem das Zahnfleisch und die ventralen Partien der Maxilla zu sehen. Vom Milchzahn selbst ist vor allem die Krone samt Resten von Schmelzbecher und Schmelzfalte vorhanden; von den Wurzeln des Milchzahns sind medial und lateral jeweils dünne Reste der Wurzeln sichtbar.

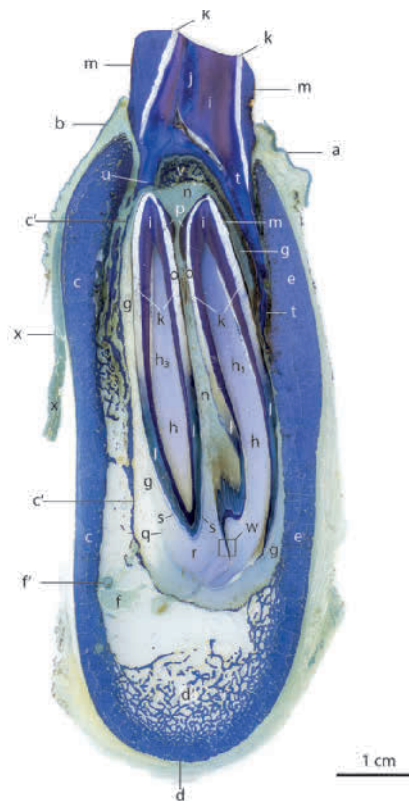
Am Ersatzzahn des P<sub>4</sub> (208) sieht man vor allem in der coronalen Hälfte den schon weitgehend mineralisierten, hellen Schmelz (Abb. 8/o), während in der Tiefe nur Vorstufen des Schmelzes (8/p) aber auch von Zement und Dentin zu erwarten sind. Die apikal noch ungeteilte Pulpa zeigt die mit Bindegewebe gefüllten Pulpahörner (8/m<sub>2</sub> und m<sub>4</sub>). Gegen medial erscheint im Innern das Bindegewebe der von kaudal eingezogenen Schmelzfalte (8/t). Der kaudale Schmelzbecher (8/r) ist bis weit in die Tiefe getroffen, seine mediale Falte (r') ist nur coronal zu sehen.

Die Bildung der Zahnschubstanzen im apikalen Teil der Zahnglocke bis zum seitlich angrenzenden Bindegewebe des Zahnsäckchens ist in Abb. 9 A bei mittlerer und in Abb. 9 B bei starker Vergrößerung dargestellt. Es sind Ausschnitte aus Abb. 8/s. Lateral im Bild erkennt man die bukkale Bucht der rostralen Kieferhöhle mit ihrem Atmungsepithel (9 A/a-b). Darunter folgt der aus dem Zahnsäckchen gebildete Kieferknochen (c) sowie das weiter innen liegende Bindegewebe des Zahnsäckchens (d), das später zum Periodontium wird, und den Zement bildet. An der Zahnglocke ist das äußere Schmelzepithel (9 A-B/e), die Schmelzpulpa (f) und das innere Schmelzepithel (g) zu sehen. Die Zellen des inneren Schmelzepithels werden zu Enameloblasten. Innen, dem Epithel der Zahnglocke anliegend, findet man das Bindegewebe der Zahnpulpa (9 A-B/h) mit den das Dentin bildenden Odontoblasten (i). Diese bilden das Dentin in Richtung der außen angrenzenden Enameloblasten.

Der Längsschnitt vom 4. Prämolaren des Unterkiefers zeigt den Milchzahn und den Ersatzzahn (P<sub>4</sub>, 308) vom 2-jährigen Pferd in einem Schnitt durch die rostrale Hälfte des Zahns vom linken Unterkiefer in Ansicht von rostral (Abb. 10 A). An einem Ausschnitt aus dem apikalen Teil des Ersatzzahnes ist in einem Detailbild (Abb. 10 B) die Bildung der Zahnschubstanzen mit beginnender Verkalkung dargestellt.

Im Übersichtsbild (Abb. 10 A) ist der Milchzahn, dessen Krone mit viel Zement bedeckt ist (10 A/m), noch umgeben vom Zahnfleisch (10 A/a-b) und dem recht dichten Knochen am Alveolarrand der Mandibula. An den ungleich langen Wurzelspitzen des Milchzahns (10 A/t-u) sind schon Abbauvorgänge sichtbar. Apikal und lateral vom Ersatzzahn verläuft der N. alveolaris inferior des N. mandibularis (10 A/f) begleitet von der A. alveolaris inferior. Außer dem peripher dichten Knochen der Mandibula (10 A/d) fallen die reichliche Spongiosa (d') sowie stellenweise die dem Periodontium anliegenden dünnen Knochenlamellen (c') auf.

Der Ersatzzahn des P<sub>4</sub> (308) zeigt vor allem in der coronalen Hälfte den schon stark verkalkten hellen Schmelz (10 A/k) der außen dem Dentin (i) anliegt. Die apikal noch einheitliche



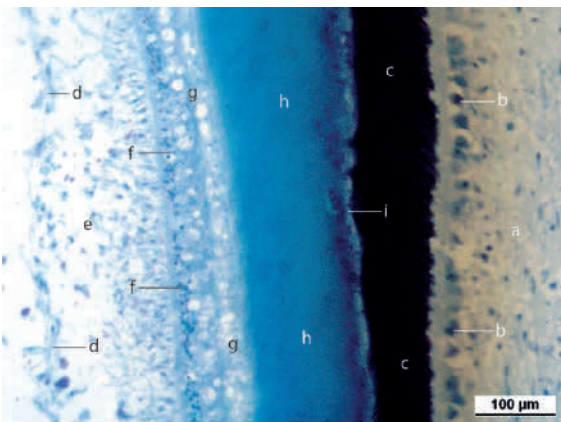
**Abb. 10 A** Längsschnitt durch die rostrale Hälfte vom Milchzahn und Ersatzzahn des 4. Prämolaren (P<sub>4</sub>, 308) aus dem linken Unterkiefer des 2-jährigen Pferdes. Ansicht von rostral. Der Schnitt befindet sich um 10 mm kaudal der rostralen = mesialen Fläche des Zahns. Ansicht von rostral. Giemsa-Färbung. **a** bukkales Zahnfleisch; **b** linguales Zahnfleisch; **c-e** Knochen der Mandibula: **c** linguale Seite, **c'** dünne Knochenbälkchen angrenzend an das Periodontium; **d** ventraler Rand mit innen liegender Spongiosa (**d'**), **e** laterale Seite; **f** N. alveolaris inferior mit begleitender Arterie (**f'**); **g** Periodontium. **h** Bindegewebe der Pulpahöhle: **h**<sub>1</sub> bukkal mesial, **h**<sub>3</sub> lingual mesial; **i** Dentin (dunkel); **k** Schmelz (hell); **l** Vorstufen des Schmelzes (blau); **m** peripherer Zement; **n-p** rostrale Schmelzfalte mit zentralem Bindegewebe (**n**) apikal bis koronal, ihrem Schmelzrand (**o**) und koronaler Zementbildung (**p**); **q-s** apikale Teile der Zahnglocke: **q** äußeres Schmelzepithel, **r** Schmelzpulpa, **s** inneres Schmelzepithel. **t-u** apikale Teile des Milchzahns: **t** bukkale Wurzel mit langem Ende, nachgezeichnet; **u** linguale Wurzel, über der Spitze des Ersatzzahns sind Osteoklasten vorhanden, nur stärker vergrößert sichtbar; **v** Knochenbälkchen des Zahnfachs, den Ersatzzahn bedeckend; **w** Ausschnitt Abb. 10 B; **x** Muskulatur lingual. | *Longitudinal section through the mesial half of the deciduous and the permanent premolar P<sub>4</sub> (308) from the left mandibula of the 2-year-old horse. The position of the section is 10 mm caudal of the rostral = mesial surface of the tooth. Rostral view. Giemsa-stain. a gingiva buccal; b gingiva lingual; c-e mandibular bone: c lingual side, c' thin lamellae adjacent to the periodontium; d ventral border, with inside spongiosa (d'); e lateral side; f N. alveolaris inferior (dotted outline) with the accompanying artery (f'); g periodontium. h connective tissue of the pulp cavity: h<sub>1</sub> buccal mesial, h<sub>3</sub> lingual mesial; i dentin (dark); k enamel (bright); l precursors of enamel (blue); m peripheral cement; n-p rostral enamel fold with central connective tissue (n), o enamel and p cement; q-s apical parts of the dental bell: q external enamel epithelium, r enamel pulp = stellate reticulum, s internal enamel epithelium. t-u apical parts of the deciduous tooth: t buccal root with a long end (underlined); u lingual root: over the tip of the permanent tooth osteoclasts were seen; v bone lamellae of the dental alveole, covering the permanent tooth; w area of fig. 10 B; x muscle tissue at the lingual side.*



Pulpahöhle (r) ist gegen coronal geteilt in 2 mit Bindegewebe gefüllte Pulpahörner (h<sub>1</sub> und h<sub>3</sub>). Bindegewebe befindet sich auch im Innern der rostralen Schmelzfalte (n).

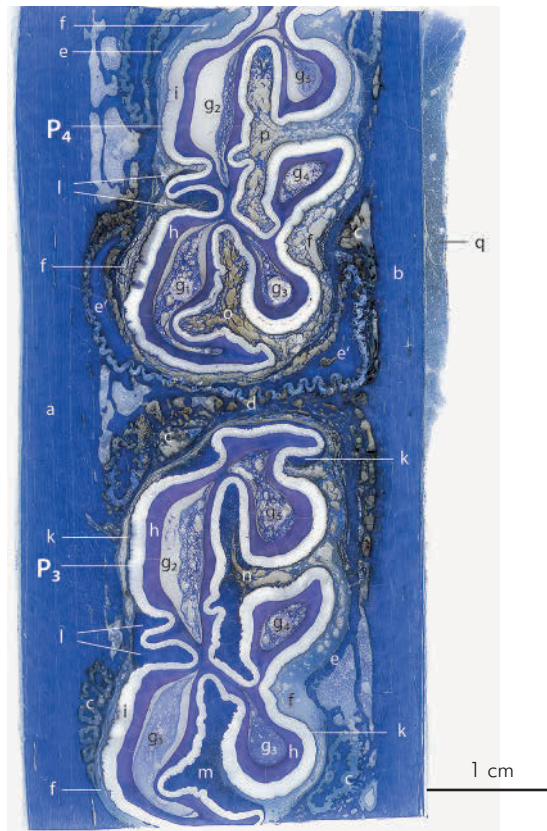
Das Bild von Abb. 10 B zur Entstehung der Hartsubstanzen ist ein Ausschnitt aus Abb. 10 A/w bei starker Vergrößerung. In diesem Längsschnitt erkennt man von rechts nach links folgende Strukturen: zuerst das Bindegewebe der lingualen Pulpa (10 B/a), anschließend die Odontoblasten (b) mit dem von ihnen gebildeten, dunkel erscheinenden Dentin (c). Auf der linken Seite sieht man die Epithelien der Zahnglocke: gegen außen das äußere Schmelzepithel (d), dann die Schmelzpulpa (e) und das innere Schmelzepithel (f), das zu Enameloblasten wird. Diese bilden zunächst eine noch unverkalkte Vorstufe des Schmelzes (g). In Richtung Dentin erscheint dann die blau angefärbte Vorstufe des Schmelzes mit beginnender Verkalkung (h), die nahe einer Grenzlinie (i) mit dem Dentin verbunden ist. Das Bild von Abb. 10 B ist ein sichtbarer Beleg zur Entstehung der Hartsubstanzen Dentin und Schmelz im apikalen Teil des Ersatzzahnes. Die beginnende Verkalkung der in der Giemsa-Färbung blau erscheinenden Vorstufe des Schmelzes konnte mit der Färbung nach van Kossa an anderen Schnitten bestätigt werden.

Die nur schmelzfaltigen Ersatzzähne des Unterkiefers sind beim 2-jährigen Pferd in Abb. 11, an einem Querschnitt durch die Prämolaren 3 und 4 (407 und 408) mit ihren Falten, den Pulpästen und der Umgebung dokumentiert. Der Schnitt liegt 40 mm unter der Kaufläche der Milchzähne und 15 mm über der Mitte der Ersatzzähne. Der umgebende Knochen der Mandibula ist, lateral wie medial, entfernter von den Zähnen sehr kompakt, während der Knochen in unmittelbarer Nähe der Zähne oft eine spongiöse Struktur aufweist.



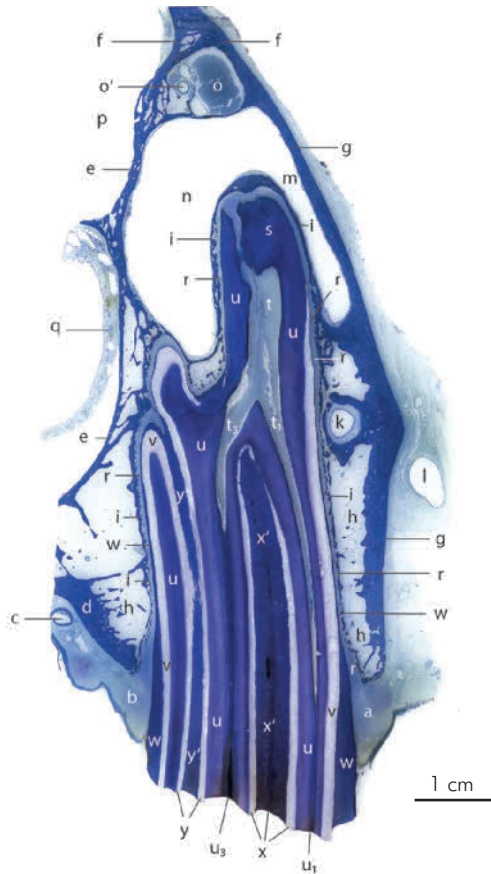
**Abb. 10 B** Dentin- und Schmelzbildung im apikalen Teil der rostralen Schmelzfalte des Ersatzzahns vom P<sub>4</sub> vom linken Unterkiefer des zweijährigen Pferdes. Ausschnitt aus Abb. 10 A/w Giemsa-Färbung. **a** Bindegewebe der Zahnpapille; **b** Odontoblasten; **c** Dentin; **d** äußeres Schmelz-epithel, Rest; **e** Schmelzpulpa; **f** inneres Schmelz-epithel, Enameloblasten, **g** unverkalkte Vorstufe des Schmelzes; **h** verkalkte Vorstufe des Schmelzes; **i** Grenzlinie zwischen Dentin und der Vorstufe des Schmelzes. | *Development of dentin and enamel in the apical part of the rostral enamel fold of the permanent premolar P<sub>4</sub> (308). Detail of fig. 10 A/w from the left mandible of the 2-year-old horse. Giemsa-stain. a connective tissue of the dental papilla, b odontoblasts; c dentin (dark); d external enamel epithelium; e enamel pulp = stellate reticulum; f internal enamel epithelium = ameloblasts; g preliminary precursors of enamel, not calcified; h calcified precursors of enamel (blue); i borderline between dentin and the precursor of enamel.*

Die bukkale Seite der beiden Prämolaren hat in ihrer Mitte jeweils wenig tiefe Doppelfalten (Ann. 11/l). Auf der lingualen Seite findet man zwei tief eingesenkte Schmelzfalten: eine rostrale Falte (11/m, o), die zungenförmig ins Innere des Zahnes vorragt und eine kaudale Falte (11/n, p), die in der Form eines T tief ins Innere des Zahnes eingezogen ist. Die Schmelzränder in der Peripherie des Zahnes sowie am Rand der Schmelzfalten sind schon gut verkalkt, was aus der hellen Farbe des Schmelzes (11/i) zu ersehen ist. Dagegen ist die Innenauskleidung der Falten mit Zement am P<sub>3</sub> (11m-n) wei-



**Abb. 11** Querschnitt durch die Ersatzzähne des 3. und 4. Prämolaren (P<sub>3</sub> und P<sub>4</sub>, 407 und 408) vom rechten Unterkiefer des 2-jährigen Pferdes. Der Schnitt befindet sich ca. 40 mm unter der Kaufläche des Milchzahns und 15 mm über der Mitte des Ersatzzahnes. Ansicht von dorsal. Giemsa-Färbung. **a-e** Knochen der Mandibula: **a** bukkale Seite, **b** linguale Seite, **c** Spongiosa, **d** Spongiosa an Kontaktfläche; **e** Knochen der Alveolarwand, **e'** beginnende Verknöcherung an Alveolarwand; **f** Periodontium; **g** Bindegewebe der Pulpahöhlen **g<sub>1</sub>-g<sub>5</sub>**. **h** Dentin; **i** Schmelz (hell); **k** peripherer Zement; **l** bukkale Schmelzfalten, gefüllt mit Zement; **m-n** linguale Schmelzfalten an P<sub>3</sub>, gefüllt mit Zement: **m** rostrale Falte, **n** kaudale, T-förmige Falte; **o-p** linguale Schmelzfalten an P<sub>4</sub>: **o** rostrale aus Bindegewebe mit dünnem Zementrand, **p** kaudale mit Bindegewebe im Innern; **q** Muskulatur innen an der Mandibula. | *Transverse section through the permanent teeth of the premolars P<sub>3</sub> and P<sub>4</sub> (407 and 408) from the right mandible of the 2-year-old horse. The section is located about 40 mm under the occlusal surface of the deciduous teeth and 15 mm higher than the middle of the permanent teeth. Dorsal view. Giemsa-stain. a-e mandibular bone: a buccal side, b lingual side, c Spongiosa, d Spongiosa at the contact surface, e bone of the alveolar wall, e' begin of ossification at the alveolar wall; f periodontium; g connective tissue of the pulp cavities g<sub>1</sub>-g<sub>5</sub>. h dentin; i enamel (bright); k peripheral cement; l buccal enamel folds, filled with cement; m-n lingual enamel folds of P<sub>3</sub>, filled with cement: m rostral fold, n caudal fold with its T-form; o-p lingual enamel fold of P<sub>4</sub>: o rostral fold with connective tissue and thin border of cement; p caudal fold with connective tissue inside; q muscle tissue inside of the mandibula.*

ter fortgeschritten als im  $P_4$  (11/o-p). An diesem befindet sich innen am Schmelzrand nur ein dünner Zementüberzug, und zuinnerst in der Falte ist noch reichlich Bindegewebe vorhanden. Das Dentin (11/h) begrenzt in beiden Prämolaren die auf



**Abb. 12** Längsschnitt durch die rostrale Hälfte des 4. Prämolaren ( $P_4$ , 208) vom linken Oberkiefer eines 13-jährigen Pferdes. Der Schnitt liegt um 10 mm hinter der rostralen = mesialen Fläche des Zahns. Ansicht von rostral. Giemsa-Färbung. **a** Zahnfleisch bukkal; **b** Zahnfleisch palatinal; **c** Gaumenarterie; **d-i** Knochen der Maxilla: **d** palatinal, **e** palatinal, die Nasenhöhle begrenzend, **f** dorsal, **g** lateral = bukkal, **h** ihre Spongiosa, **i** dünne Knochenbälkchen, dem Periodontium anliegend; **k** Tränennasengang; **l** Ast der V. facialis; **m-n** rostrale Kieferhöhle ausgekleidet mit Atmungsschleimhaut: **m** laterale Bucht, **n** mediale Bucht; **o** N. infraorbitalis, begleitet von A. infraorbitalis (**o'**); **p** dorsaler Teil der Nasenhöhle; **q** Schleimhaut der ventralen Nasenmuschel; **r** Periodontium. am Zahn selbst: **s** Wurzelteil; **t** Bindegewebe der Pulpahöhle: **t<sub>1</sub>** ihr lateraler Ast, **t<sub>3</sub>** ihr medialer Ast; **u** Dentin, **u<sub>1</sub>** und **u<sub>3</sub>** Äste von Ersatzdentin; **v** Schmelz (hell); **w** peripherer Zement; **x** rostraler Schmelzbecher, **x'** seine Zementfüllung; **y** rostrale Schmelzfalte, **y'** ihre Zementfüllung. | Longitudinal section through the rostral half of premolar 4 ( $P_4$ , 208) from the left maxilla of a 13-year-old horse. The section is located 10 mm behind the rostral = mesial contact surface of the tooth. Rostral view. Giemsa-stain. **a** gingiva buccal; **b** gingiva palatal; **c** palatal artery, A. palatina major; **d-i** maxillar bone: **d** palatal, **e** palatal adjoining the nasal cavity, **f** dorsal, **g** lateral = buccal, **h** Spongiosa, **i** thin bone lamellae, adjacent to the periodontium; **k** nasolacrimal duct, Ductus nasolacrimalis; **l** branch of V. facialis; **m-n** rostral maxillary sinus, coated with respiratory mucosa: **m** lateral recess, **n** medial recess; **o** N. infraorbitalis, together with A. infraorbitalis (**o'**); **p** dorsal part of the nasal cavity; **q** mucosa of the ventral nasal concha; **r** periodontium. note at the tooth itself: **s** true root; **t** connective tissue of the pulp cavity: **t<sub>1</sub>** its lateral branch, **t<sub>3</sub>** its medial branch; **u** dentin, **u<sub>1</sub>** and **u<sub>3</sub>** branches of secondary dentin; **v** enamel (bright); **w** peripheral cement; **x** rostral infundibulum, inside filled with cement (**x'**); **y** rostral enamel fold, **y'** cement inside of the fold.

diesem Schnitt noch weit offenen 5 Hörner der Pulpahöhlen, die weitgehend mit Bindegewebe gefüllt sind (11/g<sub>1</sub>-g<sub>5</sub>).

Zu den Backenzähnen vom 13-jährigen Pferd wird nur ein Längsschnitt durch den 4. Prämolaren (208) vom linken Oberkiefer gezeigt (Abb. 12). In diesem Alter kann das Längswachstum der Zähne als abgeschlossen gelten. Im Längsschnitt durch die rostrale Hälfte dieses Backenzahns sieht man dorsal von dem noch langen schmelztragenden Zahnkörper noch einen Anteil einer echten Wurzel, die nur aus Dentin und Zement besteht, wobei im Bild nur das Dentin und die Pulpahöhle getroffen sind (12/s-u). Der N. infraorbitalis befindet sich in seinem Kanal ca. 1,5 cm höher als die Zahnwurzel. Zwischen der Zahnwurzel und dem Nervenkanal liegt die rostrale Kieferhöhle mit ihrer lateralen und ihrer medialen Bucht (12/m-n). Auf der medialen Seite sieht man noch von der Nasenhöhle (12/p) die ventrale Nasenmuschel mit ihrer Atmungsschleimhaut (12/q). Ventral davon erkennt man den harten Gaumen mit der Gaumenarterie, A. palatina major (12/c-d) und darunter das palatinale Zahnfleisch (b). Auf der lateralen Seite findet man dorsal vom Zahnfleisch (12/a) den Knochen der Maxilla (g) und über der halben Höhe des Zahnes einen Querschnitt durch den Tränennasengang (12/k) der in einem Kanal der Maxilla verläuft.

Das Periodontium ist auch bei den untersuchten Backenzähnen des 13-jährigen Pferdes allgemein um 500 µm dick und außen angrenzend findet man meist auch nur dünne Knochenbälkchen. Im Periodontium des  $M_1$  von diesem Pferd konnten auch unter dem Zahnfleisch besonders deutlich die schräg von außen coronal nach innen apikal ziehenden Sharpey'schen Fasern nachgewiesen werden (Abb. 61–62 der Original-Dissertation) ein ähnliches Bild wie an den Schneidezähnen (Abb. 7, Teil 1). Der überwiegende Teil der Fasern im Periodontium der Backenzähne verlief auch bei diesem Pferd wie in beiden anderen Tieren von 2 und 5 Jahren zirkulär um den intraalveolären Teil des Zahnes.

Am Zahn selbst des  $P_4$  (208) sind die Pulpahöhle (12/t) mit ihren beiden rostralen Hörnern (12/t<sub>1</sub> und t<sub>3</sub>) und dem angrenzenden Dentin (12/u) zu sehen. Der coronale Teil der Pulpahörner ist mit Ersatzdentin (12/u<sub>1</sub> und u<sub>3</sub>) ausgefüllt. Die Schmelzränder (v) des rostralen Schmelzbeckers (x) sowie der rostralen Schmelzfalte (y) reichen weit gegen apikal. Die Schmelzfalte ist mit zentralem Zement vollständig ausgefüllt. Das Innere des Schmelzbeckers ist in diesem Schnitt auch noch weitgehend mit Zement gefüllt (12/x'), der nur in der coronalen Hälfte dunkel verfärbt ist. Der periphere Zementüberzug des Zahnes (12/w) ist, wie üblich im Bereich der Krone noch sehr kräftig, im intraalveolären Teil des Zahnes aber noch sehr dünn. Insgesamt befindet sich dieser Backenzahn  $P_4$  des 13-jährigen Pferdes in einem morphologisch unveränderten «Normalzustand». In den in der Kurzfassung nicht gezeigten Querschnitten durch den rechten  $M_1$  sind im rostralen Schmelzbecher deutliche Hohlräume und stellenweise nur Reste von Zement und sogar nur ein unvollständiger Schmelzrad zu sehen.

## Diskussion

Die vorliegende Bildauswahl zur Histologie der Backenzähne und ihrer Umgebung will, ähnlich wie im Teil 1 für die Schneidezähne, die Normalstrukturen dieser Zähne und ihrer Um-

gebung beschreiben und Hinweise auf allfällige Schwachstellen mit möglichen Veränderungen geben. In Umgebung der Backenzähne konnte auch in dieser Arbeit in der Regel keine Verdichtung des umgebenden Knochens, die radiologisch als «Lamina dura» bezeichnet wird, nachgewiesen werden. Die hier dargestellten Befunde sind, wegen des großen Aufwandes zur Herstellung der Schnitte, jeweils nur eine Auswahl aus dem Gebiss von drei Pferden verschiedener Altersstufen.

Die Hartschnitttechnik erlaubte es, an in situ fixierten Präparaten, auch die Backenzähne oft in ihrer ganzen Länge samt ihrer unmittelbaren Umgebung darzustellen. Die Querschnitte an definierten Stellen ermöglichten es, die Einfaltungen der Schmelzfalten und die Form und Füllung der Schmelzbecher zu erfassen und zu beurteilen. Da die Kronen der Backenzähne an den Kontaktflächen dicht aneinandergrenzen war es nötig, durch Trennung der Präparate mit der Bandsäge neben der Kontaktfläche der benachbarten Zähne die Kontaktflächen der zu untersuchenden Zähne vollständig zu erhalten. Querschnitte durch die apikale Hälfte der Zähne gaben auch Einblick in die apikale Unterteilung der Zähne sowie ihre Wurzelbildung.

Um die Zähne in Schnittserien möglichst vollständig darzustellen und somit eine passende Auswahl zur Beurteilung und zur Bilddokumentation zur Verfügung zu haben, entschied man sich, nur ausgewählte Backenzähne zu bearbeiten. Dabei wählte man vor allem Zähne aus, deren Normalbefunde als Grundlage für die Klinik wichtig sind. Das sind Zähne, die oftmals auch erkranken wie die 4. Prämolaren und die 1. Molaren.

Bei der Anfertigung von Schnittserien ist zu beachten, dass Längsschnitte durch die Backenzähne eine Länge von 6–11 cm aufweisen, und die Backenzähne des Oberkiefers beim Warmblutpferd einen Querschnitt von um  $3,0 \times 3,0$  cm haben, während die Backenzähne des Unterkiefers im Querschnitt längs um 3,0 cm und quer um 2,0–2,5 cm messen.

Die Bearbeitung der Sägeschnitte der Backenzähne mit der Mikrotomfräse inklusive der Färbung liegt bei den langen Backenzähnen im Bereich von Stunden. Um den Arbeitsaufwand daher in Grenzen zu halten, wurden von den vollständigen Serien der Sägeschnitte oft nur bestimmte Schnitte gefräst und gefärbt. Bei vollständigen Schnittserien ist es auch möglich, nur daraus ausgewählte Sägeschnitte zu fräsen und zu färben. Dazwischen können auch ungefärbte Sägeschnitte zumindest mit dem Stereomikroskop beurteilt werden, um eine weitgehend vollständige Bildfolge der zerlegten Zähne zu erhalten, und den Arbeitsaufwand zu begrenzen.

Weiter wurde beim 2-jährigen Pferd die vordersten beiden Prämolaren des Oberkiefers in Quer- und Längsschnitten bearbeitet, um die besondere Form des  $P_2$  darzustellen und den Wolfszahn  $P_1$  in seiner Form und mit seiner Wurzel zu erfassen. Denn besonders oft sind die kleinen Wolfszähne mit dünnen Wurzeln wegen ihrer Beweglichkeit die störenden, die dann entfernt werden sollten. Die Wolfszähne erscheinen meist im Alter von 5–9 Monaten; sie sind viel häufiger im Oberkiefer und seltener im Unterkiefer vorhanden (Habermehl 1975, Wissdorf et al. 2010).

Die Auswahl der Gebisse von 3 Pferden verschiedener Altersgruppen entsprachen der Vorstellungen der Autoren: beim

5-jährigen Pferd nach dem Zahnwechsel zeigten sich weitgehend unveränderte Zähne mit einem Zahnkörper der Backenzähne, der noch die ganze Länge des Zahnes umfasste mit der Möglichkeit zur Zubildung von Hartschubstanzen im apikalen Teil der Zähne. Im Gebiss des 2-jährigen Pferdes bot sich besonders die Gelegenheit, im apikalen Teil der Ersatzzähne bzw. der Molaren die Bildung der Zahnschubstanzen an Hand der apikalen Teile der Zahnglocke und des angrenzenden Zahnsäckchens im Bereich des Periodontiums und des umgebenden Kieferknochens zu studieren. Weiter konnten an den Ersatz-Prämolaren bzw. der Molaren Bilder zur Entstehung der Schmelzfalten und Schmelzbecher erfasst werden. An den Milchzähnen waren die Kappen der Prämolaren mit Zeichen des Abbaus der Wurzelbereiche zu sehen. Vom 13-jährigen Pferd wurde hier in der Kurzfassung nur ein Molar des Oberkiefers gezeigt am Ende des apikalen Wachstums der Zähne.

Zur Darstellung der Backenzähne mit ihren Hartschubstanzen inklusive ihrer Umgebung eignete sich die Färbung nach Giemsa (Romeis 1989) besonders gut. Man erkennt einestheils die Zellen der Pulpa und alle übrigen Bindegewebsanteile blau angefärbt, auch im Periodontium oder im Zahnfleisch. Das Dentin der Zähne mit seinen Fasern ist dunkelblau gefärbt, der verkalkte Schmelz erscheint hell, die unvollständig verkalkten Vorstufen des Schmelzes sind blau gefärbt. Die Knochensubstanz mit ihren Zellen im Zement und im Alveolar-knochen sind ebenfalls blau gefärbt und gut zu sehen. Es ist von Vorteil, dass in den unentkalkten Präparaten der Schmelz vollständig erhalten blieb. Durch den hellen Schmelzüberzug war es gut möglich, die Formen und Kanten der Backenzähne mit ihren Schmelzfalten und Schmelzbechern zu erfassen. Besonders die weit apikal gehenden Schmelzbecher mit ihren ohrenähnlichen Querschnittsformen und ihrer unterschiedlichen Füllung konnten an Hand ihrer Schmelzränder bis in die Tiefen verfolgt werden. Bei den histologischen Untersuchungen der meisten Autoren wurde bisher meist eine schonende Entkalkung eingesetzt (Baker und Easley 2005, Kilic et al. 1997 a-c, Staszuk 2011, Albers et al. 2022), die aber auch mehrere Wochen dauerte.

Die Pulpahöhlen und ihre Aufzweigungen konnten in den Querschnitten vollständig, in den Längsschnitten der Backenzähne nur teilweise gezeigt werden je nach dem, welche Hälfte der Backenzähne getroffen wurde. Die Bezeichnungen der meist 5 vorhandenen Pulpäste oder Pulpahörner und ihrer gegen coronal mit Ersatzdentin ausgefüllten dünnen Räume richtete sich nach den Bezeichnungen von Dixon (2007) und Staszuk (2010). Die Aufteilung der apikalen Pulpa und die engen Pulpahörner machen es verständlich, dass Versuche zu endodontischen Behandlungen oft schwierig und nicht immer erfolgreich sind (Simhofer et al. 2008, Windley et al. 2009 a-b). Am Dentin selbst konnten in der vorliegenden Arbeit keine Veränderungen festgestellt werden.

Der periphere Zement ist an den Backenzähnen regelmäßig viel stärker im Bereich der Kronen und sehr dünn im intra-alveolären Teil der Zähne. Im Kronenteil ist der Zement wohl durch pflanzliche Farbstoffe braun oder dunkel gefärbt. Die Schmelzprismen und die Zellen des Zementes sind normalerweise fest verbunden. Bei den gelegentlich sowohl im Schmelz als im Zement sichtbaren Mikrorissen kann nicht sicher gesagt werden, ob sie Artefakte sind, die bei der starken Dehydrati-

sierung der Präparate entstanden, oder ob diese schon vorher vorhanden waren. Starke punktuelle Belastungen können zu Rissen oder Frakturen führen, wie sie immer auch bei Klinikpatienten beobachtet werden (Dixon, 2007). Für echte Risse in diesen Hartsubstanzen spricht in der Histologie von Serienschnitten, wenn diese Mikrorisse oder auch größere Risse an mehreren Schnitten an derselben Stelle vorhanden sind.

Die Schmelzbecher der Backenzähne des Oberkiefers waren in dieser Arbeit auch unterschiedlich intensiv mit Zement gefüllt. Bei den Ersatzzähnen des 2-jährigen Pferdes sah man den apikalen Bereich der Schmelzbecher mit Bindegewebe gefüllt.

Die Zementfüllung kann bis coronal vollständig sein, oder es bleiben auch bei den älteren Pferden kleinere Hohlräume im Inneren des Zements bestehen. Bei vorhandenen Hohlräumen fragt man sich jeweils, ob es sich um eine Zementhypoplasie handelt (Baker und Easley 2007, Suske et al. 2016 a-b), oder ob durch kleine Hohlräume im Zement durch eindringende Flüssigkeiten aus der Mundhöhle auch Abbauvorgänge an der Wand der Schmelzbecher ausgelöst werden.

Die in Abb. 3 sichtbaren Hohlräume im Zement des 5-jährigen Pferdes sind 30 mm unter der Kaufläche auch ein Hinweis darauf, dass nebst der Zementhypoplasie auch mit Abbauvorgängen am Zement zu rechnen ist, die weiter auch zu Abbau des Schmelzes und zu Karies führen können.

Die Tiefe der Schmelzbecher wird allgemein als Einstülpung der Becher von der späteren Kaufläche angesehen (Easley et al. 2011, Suske et al. 2016 a-b). Beim Betrachten des Schmelzbechers im Ersatzzahn des P<sub>2</sub> von Abb. 5 muss aber doch daran gedacht werden, ob die Schmelzbecher nicht auch durch Einfaltung von der Seite her, ähnlich wie die Schmelzfalten, entstehen können, und dass durch Verschmelzen der Faltenränder dann aus einer Falte ein Schmelzbecher wird (vgl. Abb. 11). Im Unterschied zu den Schmelzbechern waren die Schmelzfalten bei den Backenzähnen dieser 3 untersuchten Pferde am Ende der Entwicklungsphase jeweils vollständig mit Zement gefüllt.

In der Umgebung der Backenzähne zeigte das Periodontium in der vorliegenden Arbeit überwiegend nur eine Dicke bei 500 µm. Die vom Alveolarknochen schräg durch das Periodontium bis zum Zahnzement ziehenden Fasern waren vor allem coronal unmittelbar unter dem Zahnfleisch zu sehen. Der überwiegende Anteil der bindegewebigen Faserbündel des Periodontiums verlief an den hier untersuchten Backenzähnen zirkulär um die Zähne, was sicher auch einen guten Halt der Zähne ermöglicht. Im Unterschied zu dieser Übersicht von den Backenzähnen bis zum äußeren Rand des Kieferknochens, befassen sich die Arbeiten von Wulff (2005) und vor allem von Staszuk et al. (2005 a-b, 2006, 2015), sowie Masset et al. (2006 a-b) sehr im Detail mit dem Periodontium der Pferde Zähne bis zu dessen Gefäßversorgung und seinen Lymphgefäßen.

Der an das Periodontium angrenzende Kieferknochen ist gekennzeichnet vor allem durch dünne, oft nur um 200 µm starke Knochenlamellen. Nur in der Peripherie der Kieferknochen zeigen diese im Unterkiefer eine dicke Compacta; im Ober-

kiefer ist die periphere Compacta auch relativ dünn oder nur mäßig dick. Beim Betrachten der dünnen Knochenbälkchen, angrenzend an das Periodontium, ist man erstaunt, dass die Verbindung von diesen dünnen Bälkchen bis zum Zahn dem Zahn genügend Halt gibt. Es ist wohl die Vielzahl der dünnen Knochenlamellen und von diesen zum Zahn ziehenden Fasern, die eine feste Verbindung zwischen Kieferknochen und Zahn ausmachen, damit die Zähne in ihrer Position dem Kau- druck genügend standhalten.

Eine «Lamina dura» als verdichtete, radiologisch sichtbare Knochensubstanz, angrenzend an das Periodontium der Backenzähne, konnte in dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden. Baker und Easley (2007) definierten die Lamina dura als «radiologische Bezeichnung» für die Knochenstruktur, die dem Zahn benachbart ist, und den dichten Alveolarknochen, der die Reservekronen und die Wurzeln umgibt. Bei der starken Krümmung der Backenzähne zwischen den Seitenflächen und den Kontaktflächen ist es möglich, dass sich mehrere der dünnen, den Zahn umgebenden Knochenbälkchen übereinander projizieren und so radiologisch eine Knochenverdichtung oder Lamina dura vortäuschen. So kann bei konventioneller Radiologie oder bei größeren Abständen z. B. von 3 mm im Computertomografen eine «Lamina dura» erscheinen. Nach Ohlerth (2020) ist bei heutigen Abständen von 1,5 mm im Computertomografen eine Lamina dura in der Regel auch nicht sichtbar.

Die histologische Untersuchung der Backenzähne und ihrer Umgebung wollten im Oberkiefer mit den Backenzähnen auch die Maxilla, mit Gaumen, Nasenhöhle, Kieferhöhle und der Lage des N. infraorbitalis erfassen. In beiden Kieferräumen sollte jeweils auch das Zahnfleisch dargestellt werden und im Unterkiefer, nebst den intensiven Falten in seinen Zähnen, sollte auch der peripher kräftige Knochen sowie die Lage des N. alveolaris inferior gezeigt werden. Beim 2-jährigen Pferd konnten vor allem auch Stadien der Zahnentwicklung an den Ersatzzähnen mit Bildern belegt werden.

Die Bildauswahl zur Histologie der Backenzähne und ihrer Umgebung möchte ähnlich dem Teil 1 zur Histologie der Schneidezähne den in der Zahnheilkunde tätigen Fachpersonen eine vertiefte anatomische Orientierung ermöglichen. Diese könnte für die Diagnostik und die Therapie in der anspruchsvollen Tätigkeit der Zahnheilkunde vom Pferd von Nutzen sein.

Kurzfassung der Dissertation von E. Zoller-Schiesser, Zürich 2020

## Danksagung

Diesem Beitrag liegt die Dissertation von Elinana Zoller-Schiesser zugrunde. Die Autoren danken sehr für die allzeit perfekte Unterstützung dieser Arbeit: Frau Aymone Lenisa, Frau Elisabeth Högger und Frau Katharina Kämpff für ihre erfolgreichen Tätigkeiten beim Einbetten und in der histologischen Technik der Hartschnitte zur Untersuchung der Pferde zähne. Frau Jeanne Peter und Frau Michelle Oesch für die instruktiven Abbildungen als Zeichnung oder Fotos sowie Herrn Pascal Glatzfelder bei der Beschriftung der Bilder.

## Literatur

- Albers L., Bienert-Zeit A., Staszyc C. (2022) Equine Incisor lesions: Histologic confirmation of radiographic, macroscopic and micro-computed tomographic findings. *Vet. Sci.* 9, 348–364; DOI 10.3390/vetsci9070348
- Baker G. J., Easley J. (2005) *Equine dentistry*. 2. Auflage, Verlag Elsevier Saunders, Philadelphia; DOI 10.1016/B0-7020-2724-3/X5001-4
- Baker G. J., Easley J. (2007) *Zahnheilkunde in der Pferdepraxis*. 2. Auflage, Verlag Elsevier, Urban und Fischer, München.
- Dixon P. M. (2007) Kapitel Zahnanatomie. In: Baker, G. J., und Easley, J.: *Zahnheilkunde in der Pferdepraxis*. 2. Auflage, 27–52, Verlag Elsevier, Urban und Fischer, München
- Easley J., Dixon P. M., Schumacher J. (2011) *Equine dentistry*. 3. Auflage, Verlag Saunders Ltd., Philadelphia
- Habermehl K. H. (1975) *Altersbestimmung der Haus- und Labortiere*. 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg
- Kilic S., Dixon P. M., Kempson S. A. (1997 a) A light microscopic and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 1. The occlusal surface and enamel thickness. *Equine Vet. J.* 29, 190–197; DOI 10.1111/j.2042-3306.1997.tb01668.x
- Kilic S., Dixon P. M., Kempson S. A. (1997 b) A light microscopic and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 2. Ultrastructural enamel findings. *Equine Vet. J.* 29, 198–205; DOI 10.1111/j.2042-3306.1997.tb01669.x
- Kilic S., Dixon P. M., Kempson S. A. (1997 c) A light microscopic and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 3. Dentine. *Equine Vet. J.* 29, 206–212; DOI 10.1111/j.2042-3306.1997.tb01670.x
- Kilic S., Dixon P. M., Kempson S. A. (1997 d) A light microscopic and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 4. Cement and the amelocemental junction. *Equine Vet. J.* 29, 213–219; DOI 10.1111/j.2042-3306.1997.tb01671.x
- Masset A., Staszyc C., Gasse H. (2006 a) The blood vessel system in the periodontal ligament of the equine cheek teeth – Part I: The spatial arrangement in layers. *Ann. Anatomy* 188, 529–533; DOI 10.1016/j.aanat.2006.06.010
- Masset A., Staszyc C., Gasse H. (2006 b) The blood vessel system in the periodontal ligament of the equine cheek teeth – Part II: The micro-architecture and its functional implications in a constantly remodeling system. *Ann. Anatomy* 188, 535–539; DOI 10.1016/j.aanat.2006.06.007
- Ohlerth S. (2020) persönliche Mitteilung.
- Romeis B. (1989) *Mikroskopische Technik*. Verlag Urban und Schwarzenberg, München, Wien
- Simhofer H., Griss R., Zetner K. (2008 a) The use of oral endoscopy for detection of cheek teeth abnormalities in 300 horses. *Vet. J.* 178, 396–404; DOI 10.1016/j.tvjl.2008.09.029
- Simhofer H., Stoian C., Zetner K. (2008 b) A long-term study of apicoectomy and endodontic treatment of apically infected cheek teeth in 12 horses. *Vet. J.* 178, 411–418; DOI 10.1016/j.tvjl.2008.09.016
- Staszyc C., Duesterdieck K. F., Gasse H. (2005 a) Immunohistochemical Identification of Lymphatic Vessels in the Periodontium of Equine Cheek Teeth. *Vet. Dentistry* 22, 227–232; DOI 10.1177/089875640502200402
- Staszyc C., Gasse H. (2005 b) Distinct Fibro-Vascular Arrangements in the Periodontal Ligament of the Horse. *Arch. Oral Biol.* 50, 439–447; DOI 10.1016/j.archoralbio.2004.10.001
- Staszyc C., Wulff W., Jacob H. G., Gasse H. (2006) Collagen Fiber Architecture of Periodontal Ligament in Equine Cheek Teeth. *J. Vet. Dent.* 23, 143–147; DOI 10.1177/089875640602300303
- Staszyc C. (2011) Kapitel: Anatomie. In: Vogt, C.: *Lehrbuch der Zahnheilkunde beim Pferd*. 1–30, Verlag Schattauer, Stuttgart
- Staszyc C., Suske A., Pöschke A. (2015) Equine dental and periodontal anatomy: A tutorial review. *Equine Vet. Educ.* 27, 474–481; DOI 10.1111/eve.12317
- Suske A., Pöschke A., Schrock P., Kirschner S., Brockmann M., Staszyc C. (2016 a) Infundibula of equine maxillary cheek teeth. Part 1: Development, blood supply and infundibular cementogenesis. *Vet. J.* 209, 57–65; DOI 10.1016/j.tvjl.2015.07.029
- Suske A., Pöschke A., Müller P., Wöber S., Staszyc C. (2016 b) Infundibula of equine maxillary cheek teeth. Part 2: Morphological variations and pathological changes. *Vet. J.* 209, 66–73; DOI 10.1016/j.tvjl.2015.11.023
- Windley Z., Weller R., Tremaine W. H., Perkins J. D. (2009 a) Two- and three-dimensional computed tomographic anatomy of the enamel, infundibulae and pulp of 126 equine cheek teeth. Part 1: Findings in teeth without macroscopic occlusal or computed tomographic lesions. *Equine Vet. J.* 41, 433–440; DOI 10.2746/042516409x390214
- Windley Z., Weller R., Tremaine W. H., Perkins J. D. (2009 b) Two- and three-dimensional computed tomographic anatomy of the enamel, infundibulae and pulp of 126 equine cheek teeth. Part 2: Findings in teeth with macroscopic occlusal or computed tomographic lesions. *Equine Vet. J.* 41, 441–447; DOI 10.2746/042516409x391033
- Wissdorf H., Bartmann C. P., Staszyc C., Otto B., Gerhards H. (2010) Zähne und ihr Halteapparat. In: *Wissdorf, H., Gerhards, H., Huskamp, H., Deegen, E.: Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes*. 3. Auflage, Verlag M. & H. Schaber, Hannover, 156–189,
- Wulff W. (2005) *Histologische Untersuchungen am Ligamentum periodontale des Pferdebackenzahns*. Diss. Med. Vet., Hannover. urn:nbn:de:gbv:95-90869