

# Diagnostik von Erkrankungen der Backenzähne des Pferdes mittels Magnetresonanztomographie

Kerstin Gerlach<sup>1</sup>, Walter Brehm<sup>1</sup>, Hartmut Gerhards<sup>2</sup> und Eberhard Ludewig<sup>3</sup>

Universität Leipzig, Chirurgische Tierklinik<sup>1</sup>, Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinik für Pferde<sup>2</sup> und Universität Leipzig, Klinik für Kleintierklinik<sup>3</sup>

## Zusammenfassung

In einer klinischen Studie konnten mit der Magnetresonanztomographie (MRT) bei 17 Pferden Erkrankungen der Backenzähne nachgewiesen und differenziert werden. Die Veränderungen wurden mit Befunden verglichen, die bei 47 Pferden ohne Zahnerkrankungen erhoben wurden. Von allen Pferden wurde der Zahnstatus erhoben und es lagen Röntgenuntersuchungen vor. Abweichende und normale Befunde wurden beschrieben und zugeordnet. Zähne und umgebende Strukturen können mit der MRT gut beurteilt werden. Obwohl Zahnhartsubstanzen und Alveolarknochen signallos erscheinen, sind sie eingeschränkt beurteilbar. Folgende Strukturen werden beschrieben: Zähne und ihre Umgebung, Angesichtsdeformationen mit und ohne Fistelbildung, Wurzelspitzengranulome, überzählige Zähne, Zahnkeime sowie Veränderungen des Canalis infraorbitalis. Dabei wird das physiologische und pathologische Bild gegenüber gestellt. Die Beurteilung der Zähne ist trotz der eingeschränkten Hartsubstanzdifferenzierung durch die MRT möglich. Über Pulpen, den Zahnhalteapparat, den umgebenden Knochen oder die Zahnanlagen können wertvolle Zusatzinformationen gewonnen werden.

**Schlüsselwörter:** MRT / Pferd / Kopf / Backenzähne / Zahnerkrankungen

## Diagnostic of equine cheek tooth diseases with magnetic resonance imaging

Equine cheek tooth diseases diagnosed by magnetic resonance imaging (MRI) could be detected and differentiated in a clinical study with 17 diseased horses. These changes were compared with the results which were found in 47 horses without any dental disease. In addition to MRI images, radiographs from all horses were available for evaluation. Normal findings and changes were described and assigned. Judgement of teeth and surrounding tissues was based on MRI images was very good. Although dental hard tooth substance and alveolar bone do not appear with a signal they could be judged with restriction. Changes of the teeth themselves and their surrounding areas like facial deformations caused by proliferation of the bone or soft tissue swelling with or without fistula formation, dental root granuloma, tooth fragmentation, changes of dental roots and / or periodontitis, supernumerous teeth, tooth germs, advanced or terminal healing after removal of teeth as well as the changes of the infraorbital canal had been described in physiological and pathological appearance. It is possible to judge the teeth even though there are restrictions in dental hard tooth substance differentiation in MRI. Further information about the pulps, the soft tissues surrounding and supporting the teeth, the surrounding bones and dental germs are gained.

**Keywords:** MRI / horse / head / cheek teeth / teeth disease

## Einleitung

Zahnerkrankungen beim Pferd sind ein häufiges Problem. In vielen Fällen ist der erkrankte Zahn schwer zu identifizieren, weil die klinischen Zeichen auf eine Sinusitis beschränkt sind. Die röntgenologische Diagnostik ist schwierig und weist nur eine geringe Sensitivität auf (Weller et al. 2001). Lediglich eine Sklerose und die Bildung eines periapikalen Halo sind ein zuverlässiges Zeichen für eine Infektion (Townsend et al. 2011). Erschwerend kommt hinzu, dass die Erscheinungsformen von Zahnerkrankungen sehr stark differenzieren können und nicht jede Zahnerkrankung eine Sinusitis hervorruft. Seit Einführung der Schnittbilddiagnostik stellt die computertomographische (CT) Untersuchung für die Diagnostik von Zahnerkrankungen beim Pferd eine sehr hilfreiche weiterführende Untersuchung dar (Bienert 2002, Henninger et al. 2003, Puchalski 2006, Veraa et al. 2009). Als weitere Schnittbilddiagnostik wird die magnetresonanztomographische (MRT) Untersuchung jedoch noch selten für die Zahndiagnostik des Pferdes eingesetzt (Gerlach et al. 2006). Damit bestehen kaum Erfahrungen über die Erscheinungsformen von Erkrankungen im magnetresonanztomographischen Bild. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Übersicht über MRT-Befunde erkrankter und unveränderter Backenzähne von Pferden zu gestalten.

## Tiere und Methoden

Die Köpfe von 64 Pferden wurden in den Jahren 2001 bis 2008 magnetresonanztomographisch untersucht. Darunter befanden sich 17 Pferde mit Zahnbefunden. 47 Pferde wurden zur Verifizierung physiologischer Befunde einbezogen, bei denen im gleichen Zeitraum eine Untersuchung des Kopfes durchgeführt wurde. Dazu gehörten sowohl Pferde ohne jegliche Erkrankung im Kopfbereich als auch Patienten, die andere Befunde ohne Zahnbeteiligung aufwiesen.

Einschlusskriterien für die 17 Pferde stellten klinische Anzeichen einer Sinusitis, gekennzeichnet durch ein- oder beidseitigen Nasenausfluss (n=15), Schwellungen im Angesichtsbereich (n=10) oder Fisteln (n=4), dar. Einige Pferde waren voroperiert (n=7) und ein oder zwei Zähne bereits entfernt. In diesen Fällen war ein weiterer Zahn betroffen, welcher in die Studie einging.

Erkrankungen im Bereich des Unterkiefers wurden bei zwei Pferden angetroffen, alle anderen betrafen den Oberkiefer (n=15). Bei elf Tieren wurden klinische und röntgenologische Befunde an einem Zahn erhoben. Es handelte sich dabei um 10 Pferde mit Sagittalfrakturen, retinierten Zahnfragmenten nach Operation, Ostitiden des Alveolarkno-

chens und teilweisen schweren Knocheninfektionen sowie einem Tumor mit Destruktion von Zahnanlagen und des umliegenden Gewebes. Die restlichen sechs Pferde wiesen ebenfalls klinisch Sinusitiden auf, bei der Maulhöhlenuntersuchung und röntgenologisch konnten jedoch keine Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Zahnerkrankung gefunden werden. Die Diagnose wurde hier im MRT gestellt und nach Extraktion des verdächtigen Zahnes bestätigt. Die Erkrankung bestand mindestens 3 Wochen.

Warmblutpferde bildeten den Hauptanteil der Studie, weitere Tiere waren: zwei Arabische Vollblutpferde, zwei Englische Vollblüter und ein Traber. Zwei der Pferde waren Hengste, elf Wallache und vier Stuten. Die Altersverteilung rangierte zwischen einem und 18 (Durchschnitt 6,8) Jahren.

Für die Kontrollgruppe betrug die Altersspanne 0,5 bis 22 (Durchschnitt 8,4) Jahre. Sie bestand aus 28 Warmblütern, zwei Vollblütern, vier Arabischen Vollblütern, zwei Norwegern,

**Tab. 1** MRT Muster normaler und abweichender Befunde von Backenzähnen und umgebender und assoziierter Strukturen des Pferdekopfes  
*MRI patterns of normal and abnormal findings evaluating cheek teeth and surrounding and associated structures*

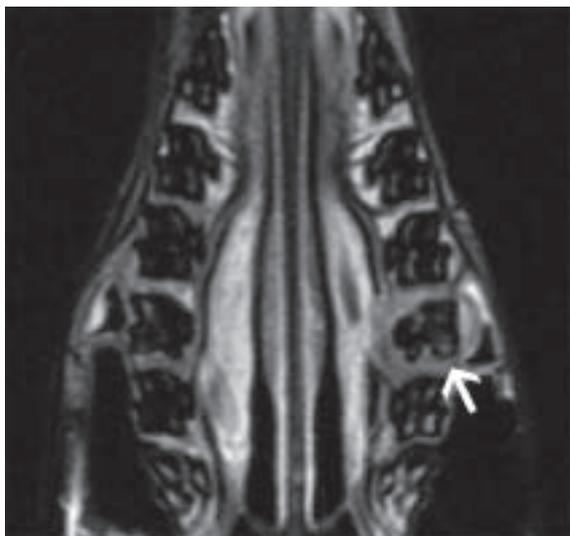
Struktur	Normal	Abnormal
Backenzähne	Drei Prämolare, drei Molare, Schmelz, Zement, Zahnbein erscheinen signallos, damit keine Differenzierung, keine Abgrenzung der klinischen Krone zur Maulhöhle, Infundibula nicht abgrenzbar	Überzählige Zähne, fehlende Zähne, Formveränderungen von Zähnen wie Abrundungen, hypointenser Linien durch Zähne oder verlagertes Zahnteile, vollständig lageveränderte Zähne
Reservekrone und Wurzeln	Im transversalen und sagittalen Schnitt gut abgegrenzt, wenn optimal dargestellt, unscharfe Begrenzung physiologisch wenn Schnittwinkel nicht optimal	Wurzel nicht mehr darstellbar, unscharfe Abgrenzung, kleine signallose Areale im Wurzelbereich kleine runde signalreichere homogene Gebilde auf einer Wurzel (Wurzelspitzengranulom)
Zahnkeime	Je nach Entwicklungszustand hyperintense erst runde, dann länglich ovale Struktur mit altersbedingter Kalzifikation, gut abgegrenzt und in Wachstumsrichtung orientiert	Verlagerungen, Rotation, Unterbrechung der Kontur, unscharfe signalarme Bereiche innerhalb Zahnsäckchens
Milchzähne	Drei Prämolare, am besten und übersichtlichsten auf parasagittalen Aufnahmen; dorsal schwer von permanenten Zähnen zu unterscheiden, besitzen ebenfalls Pulpenhörner, nicht zur Luft in Maulhöhle abgrenzbar	Keine pathologischen Veränderungen bei den untersuchten Pferden festgestellt
Endodontisches System	Gut abgegrenzte Darstellung der 5 (-7) Pulpahörner im dorsalen Schnitt; altersabhängige Größe, transversal und sagittal auch Darstellung der gemeinsamen homogenen Pulpahöhle und einzelner Pulpahörner möglich, bei jungen Pferden mehrere Pulpenhörner teilweise konfluierend; bei älteren Pferden einzelne Pulpen manchmal an mehreren Zähnen nicht mehr darstellbar	Einzelne fehlende Pulpahörner im dorsalen Schnitt bei nur einem Zahn, vergrößerte und verwaschene Pulpahörner
Alveole	Abgrenzung durch eine scharf begrenzte zarte leicht hyperintense (Lamina dura) und ein schmale scharf begrenzte signallose Linie um Zahn Physiologisch unscharf, sowie der Zahn aus der Schnittrichtung heraus verläuft	Signalintensität der schmalen Linie um signallosen Zahn steigt oder sinkt, und/oder wird breiter, Abgrenzung durch verdickte Schleimhaut in der Kieferhöhle hervorragend
Umgebender Knochen	Kortikaler Knochen als scharf begrenzte signallose Linie, spongioser Knochen signalreicher	Unscharfe Begrenzung, Konturunterbrechung als Fraktur, Fistel oder Infektion; Neokortextbildung
Nasennebenhöhlen	Signalloser Bereich, der altersabhängig in der Größe variiert, ganz zarte Auskleidung mit Schleimhaut auf den dünnen Knochenlamellen erkennbar	Auskleidung mit verdickter Schleimhaut, signalreicher homogener oder inhomogener, fester oder liquider Inhalt mit lagerungsabhängiger Spiegelbildung, Vergrößerung der Höhlen und Verdrängung oder Lysis benachbarter Strukturen. Einbruch in Nasenhöhlen, Isohyperintense homogene oder inhomogene Bereiche, Spiegelbildung
Infraorbitalkanal	Am besten in den transversalen Schnitten zu identifizierender Kanal oberhalb der Zahnwurzeln mit dünner signalloser Begrenzung, darüber zarter Schleimhautüberzug als Abgrenzung in Kieferhöhle, innerhalb des Kanales homogenes ovales Gebilde mit teilweise erkennbaren Blutgefäßen im unteren Abschnitt, beide Seiten gleich groß	Einseitig verlagert, vergrößert oder unscharf begrenzt

drei Haflingern, einem Lusitano, zwei Isländern, zwei Quarter Horses, einem Deutschen Reitpony, und zwei Shetlandponies. Hier waren sieben Hengste, 23 Wallache und 17 Stuten vertreten.

Alle Pferde wurden in Allgemeinanästhesie und Seitenlage untersucht, wobei die jeweils erkrankte Seite oben gelagert wurde. Neun Pferde (33 aus der Kontrollgruppe) wurden mit einem Siemens Magnetom Symphony (1,5 Tesla, Erlangen, Deutschland) während einer Inhalationsnarkose, acht Pferde (14 der Kontrollgruppe) mit einem Philipps Gyroscan (0,5 Tesla, Hamburg, Deutschland) untersucht. Die Narkoseaufrechterhaltung erfolgte mittels Triple Drip Infusion (Muir et al. 2000).

Bei allen Pferden wurden Aufnahmen in transversaler, sagittaler und dorsaler Schnittebene in T1-gewichteten (T1w) und T2-gewichteten (T2w) Sequenzen erzeugt. Darüber hinaus wurden in einigen Fällen zusätzlich fettunterdrückte Sequenzen sowie Protonendichte (PD) angefertigt. Die Parameter variierten (Field of View 2-400; Schichtdicke 0,6 -5,0; gap 0,5-1 mm). Die Körperspule wurde bei Untersuchung im 0,5 T und eine Spine- bzw. Wirbelsäulen- und Kniespule im 1,5 T Gerät verwendet.

Diagnosen wurden klinisch, radiologisch oder chirurgisch gestellt oder abgesichert. Differentialdiagnostisch mussten in einigen Fällen Tumoren oder tumorähnliche Veränderungen differenziert werden. Die Diagnosestellung erfolgte in diesen Fällen histologisch oder mikrobiologisch mittels Biopsien, Exzisionen, pathologischen Untersuchungen oder Tupfern.



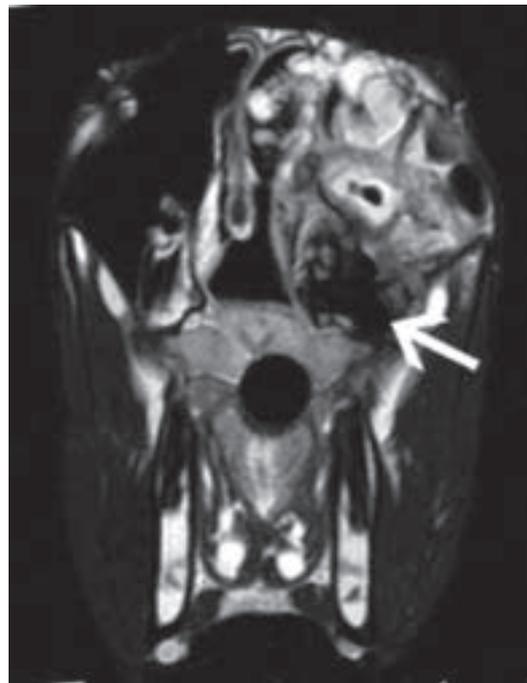
**Abb. 1** Dorsale T2w (TR 2250 msec, TE 100 msec), 1,5 T, eines 6-jährigen Warmblut Wallachs. – Links ist rechts. Diagnose Sagittalfaktur 209 mit Pulpitis und Otitis des Alveolarknochens. Die Alveole fällt durch eine deutliche iso-hyperintense Verbreiterung auf (Pfeil), die Pulpen wirken verwaschen und vergrößert. Lateral erscheint die Schleimhaut der rostralen Kieferhöhle verdickt, lingual ist der Prozess in den ventralen Nasengang eingebrochen. Ähnliche Befunde der Pulpen und Kieferhöhle liegen am 109 vor.

*Dorsal T2w (TR 2250 msec, TE 100 msec), 1,5 T, of a 6 years old warmblood gelding. – Left is right. Diagnosis is a sagittal fracture of 209 with pulpitis and periodontitis. Arrow denotes the highly iso-hyperintense broadened alveolus, the pulps are blurred and enlarged. Lateral of the rostral maxillary sinus the mucosa is thickened, lingual the process penetrates the ventral conchal sinus. Similar pulp and sinus changes are seen in 109.*

Die Auswertung der Bilder wurde durch einen Fachtierarzt für Radiologie durchgeführt und mehrfach wiederholt. Die Nummerierung der Zähne erfolgte hierfür nach dem modifizierten Triadan System und die der Pulpen nach Dacre (2007).

## Ergebnisse

Eine Übersicht der physiologischen und pathologischen Befunde ist in Tab. 1 zusammengestellt. Dorsal T2-gewichtete Aufnahmen eigneten sich am besten als Suchsequenz für Backenzahnveränderungen. Weitere Ebenen und Wichtungen



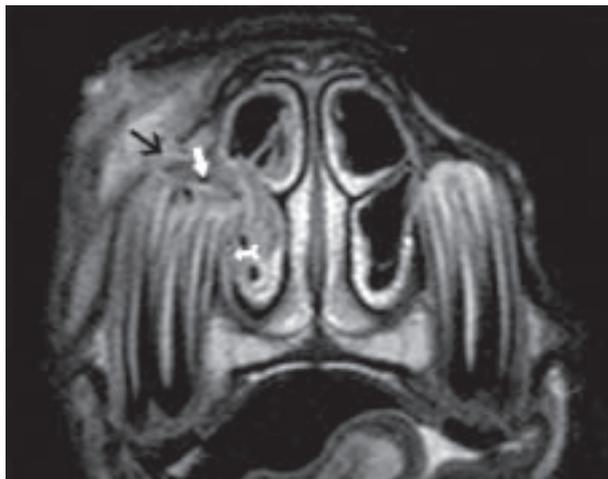
**Abb. 2** Transversale T2w (TR 2250 msec, TE 100 msec) 0,5 T, eines 8-jährigen Warmblut Wallachs, Diagnose schwere Otitis des Alveolarknochens von 211, Sinusitis. – Links ist rechts. Der erkrankte Zahn ist lageverändert und deformiert (Pfeil). In diesem Teil des Zahnes sind keine Pulpen erkennbar. Der vollständige kaudale Kieferhöhlenbereich wird von inhomogenem soliden Gewebe ausgefüllt und wirkt verdrängend.

*Transversal T2w (TR 2250 msec, TE 100 msec) 0,5 T, of a 8 years old warmblood gelding, Diagnosis is severe periodontitis of 211, sinusitis. – Left is right. The diseased tooth is rotated and deformed (arrow). In these part of the tooth no pulps are visible. The caudal maxillary sinus is filled with inhomogenous solid mass. This process appears to be displacing.*

dienten dazu, Veränderungen differenziert zu beschreiben. Backenzähne waren nicht immer gleich gut abgebildet, da sich die Zähne in einem unterschiedlichen Winkel zur Schnittebene befanden. Das betraf hauptsächlich die kaudalen Backenzähne. Überzählige oder fehlende Zähne konnten gut ermittelt werden. Zahnfrakturen wurden bei zwei Pferden festgestellt, sieben Oberkiefer-Backenzähne bei zwei, fehlende Zähne bei sechs (chirurgisch entfernt), und vier Zähne mit in der Alveole verbleibenden Knochen- oder Zahnteilen.

Erkrankungen des Zahnhalteapparates (Parodontitis) konnten bei sechs Pferden mit deutlichen Veränderungen bildlich nachgewiesen werden (Abb.1). Bei allen anderen Zähnen waren die Veränderungen weiter fortgeschritten, die Alveole

teilweise nicht mehr identifizierbar, der Zahn verlagert und abgerundet. Die Pferde litten an einer massiven sekundären Sinusitis (Abb. 2).



**Abb. 3** Transversale T2w (TE 100, TR 2250), 0,5 T, eines 2-jährigen Arabischen Vollbluthengstes, Diagnose Zahninfektion von 108. Links ist rechts. Milchzähne sind beidseits vorhanden. Der Zahn ist schlecht abgegrenzt, kleine signallose Gebilde innerhalb einer diffusen isointensen Masse fallen auf (weißer Pfeil). Ventrale Nasenmuschel und Kieferhöhle sind massiv involviert, die dorsale Nasenmuschelhöhle geringgradig. Der Zahn scheint direkt durch die Knochenlamelle in die ventrale Muschel eingedrungen zu sein (geflügelter Pfeil). Die Knochenkontur ist als schmale signallose Linie normal vorhanden, neben dem Pfeil ist eine Konturunterbrechung als Fistel zu erkennen (schwarzer Pfeil). Die Angesichtsschwellung ist durch einen verbreiterten Weichteilbereich bedingt.

*Transversal T2w (TE 100, TR 2250), 0,5 T, of a 2 years old Arabian stallion. Diagnosis is tooth infection of 108. Left is right. Deciduous teeth are visible. The diseased tooth is badly defined. Small round hypointense areas appear in a diffuse isointense mass (white arrow). The ventral turbinate and maxillary sinus are distorted and filled by a large mass, the dorsal turbinate slightly. The tooth destroyed directly the bone of the ventral turbinate (winged arrow). The bony contour of the head seems to be normal, the black arrow denotes a fistula. The deforming of the head is caused by a soft tissue swelling.*

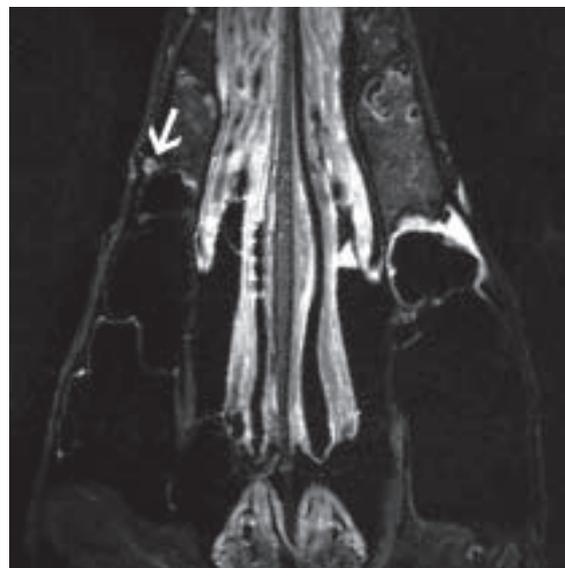
Bei weiteren zwei Pferden trat die Infektion nur im Bereich der Wurzel auf. Eine Fistel in Form eines unregelmäßigen signallosen Kanals war im Knochen gut abgrenzbar. Bei diesen beiden Pferden war die Begrenzung des Zahnes unscharf. Der alveoläre Knochen erschien unscharf verwaschen, apikal waren signallose kleine rundliche Gebilde diffus verteilt (Abb. 3).

Zwei Pferde fielen mit Wurzelspitzengranulomen auf (Abb. 4). Sie stellten sich in T1w isointens zur Muskulatur, in T2w und fettunterdrückte signalreich dar. Bei diesen Veränderungen konnte die Diagnose nicht histologisch untermauert werden, da diese Bereiche nicht am lebenden Pferd entnommen werden konnten.

Erkrankungen des umgebenden Knochens traten als Schwellungen des Angesichtes bei zehn Pferden auf, bei vier Pferden wurde eine Fistel vorgefunden (Abb. 3). Dabei handelte es sich bei einem Patienten um eine massive Knochenumbildung am Unterkiefer als Neokortextbildung, bei einem weiteren um eine minimale Knochenumbildung am Oberkiefer (Abb. 4). Bei allen anderen Patienten lagen reine Weichteilveränderungen als Ursache der Schwellung vor (Abb. 3). Die Knochenlinie verlief wie die der Gegenseite, das darüber liegende Gewebe war deutlich breiter als das der Gegenseite. Fisteln als signallose unregelmäßig begrenzte tubuläre Gebilde konnten über mehrere Schnitte verfolgt werden.

Veränderungen der Reservekrone, Zahnwurzeln, der Alveole und des umliegenden Knochens gingen in den meisten Fällen ineinander über und involvierten auch Nasennebenhöhlen (Tab. 2).

Bei geringgradiger Sinusitis konnte eine Schleimhautverdickung im Bereich des Sinus maxillaris festgestellt werden

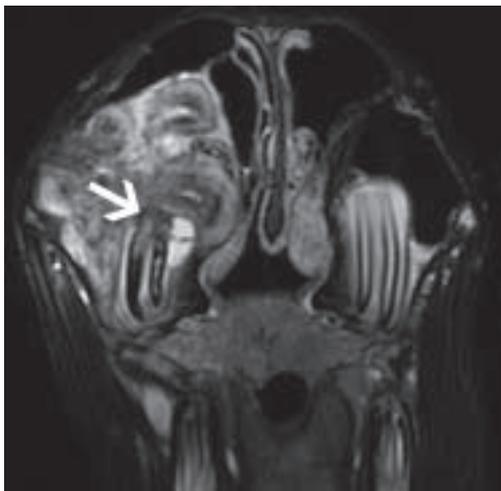


**Abb. 4** Dorsale Fettunterdrückte Aufnahme (TE 70, TR 6620), 1,5 T, einer 6-jährigen Warmblut Stute, 1,5T. Links ist rechts. Direkt über einer teilweise nicht abbildbaren Pulpa Nr. 1 von 108 konnte apikal ein kleines Wurzelspitzengranulom festgestellt werden (Pfeil). Es grenzt sich gegenüber dem unterdrückten Signal des fetthaltigen spongiösen Knochens gut ab. Eine minimale Verschiebung der kortikalen Knochenlinie nach lateral, ohne Verdickung derselben, fällt auf. Dies weist auf einen chronischen nicht aggressiven Prozess hin. *Dorsal fett suppressed T2 stir (TE 70, TR 6620), 1,5 T, of a 6 years old warmblood mare, 1,5T. Left is right. Direct above pulp 1 of 108, which is not visible in parts in the other images, a apical dental root granuloma can be seen (arrow). The hyperintense small area is well defined because of the fat suppressed spongy bone. The cortical bone line is a tiny bit displaced in accordance to a chronic nonaggressive process.*

**Tab. 2** Häufigkeit der Beteiligung einiger Nasennebenhöhlen im MRT Bild im Zusammenhang mit Backenzahnerkrankungen des Oberkiefers bei 15 Pferden / Frequency of involvement of sinuses with diseased maxillary cheek teeth of 15 horses

Triadan Nummer des Zahnes	08 (P4)	09 (M1)	10 (M2)	11 (M3)
Anzahl der Zähne mit Veränderung	4	8	2	2
Beteiligung des Sinus maxillaris	++++	+++++	+	++
Beteiligung des Sinus conchae ventralis	+++	+++++		++
Beteiligung des Sinus conchae dorsalis	++	++++	+	+

(Abb. 6) anlag. Eine oder mehrere Höhlen waren mit flüssigem Exkret gefüllt (Abb. 6). Bei dickrahmigem Exkret war der Spiegel nicht vorhanden. Bildeten sich Abszesse, war diese Flüssigkeit darin gefangen und bildete einen Spiegel. Kapseln waren besser in T1w zu erkennen und abzugrenzen (Abb. 7).



**Abb. 5** Transversale T2w (TE 15, TR 6390), 1.5 T, eines 1-jährigen Warmblut Wallachs mit Erkrankung einer Zahnanlage infolge aggressivem Tumorwachstums. Links ist rechtst. Der Zahn erscheint rotiert und im Wurzelbereich sowohl in Kontur als auch Struktur erheblich verändert. Umliegendes isointenses Gewebe dringt ein. Das Pulpagewebe ist deutlich verändert, unterbrochen bzw. nicht darstellbar.

*Transversal T2w (TE 15, TR 6390), 1.5 T, of a 1 year old warmblood gelding with a diseased tooth germ because of an aggressive tumor. Left is right. The tooth appears distorted and contour and structure are severe changed. Surrounding isointense tissue invades. The pulp structures are destroyed and discontinued*

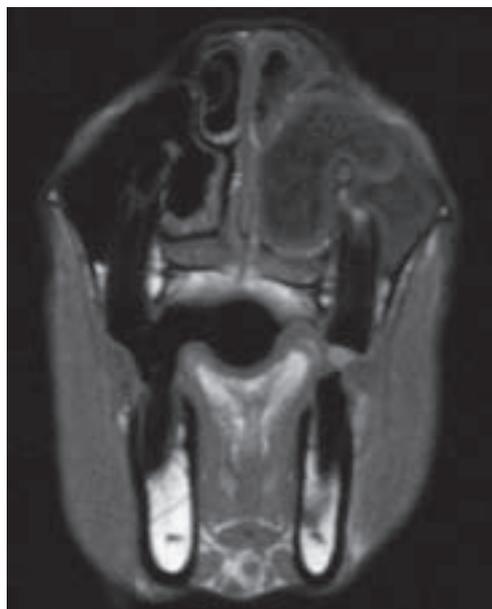


**Abb. 6** Transversale T2w (TE 100, TR 2250), 0.5 T, eines 2-jährigen Arabischen Vollblutwallachs mit pathologischer Schleimhautschwellung der kaudalen Kieferhöhle der rechten Seite. Links ist rechts. Damit stellt sich die sonst sehr dünne und fast nicht sichtbare signalreiche Schleimhautlinie besser dar und das Alveolendach des abgebildeten Zahnes wird gut sichtbar. Auf der gleichen Seite befindet sich dorsal eine Flüssigkeitslinie innerhalb der Höhle des auf der linken Seite liegenden Pferdes (geflügelter Pfeil).

*Transversal T2w (TE 100, TR 2250), 0.5T, of a 2 years old Arabian gelding with pathological mucosal swelling of the right caudal maxillary sinus. Left is right. In this case the thin hyperintense mucosal line (arrow) and the alveolar bone is much better visible. A fluid line is dorsally visible in the lateral recumbent position (winged arrow).*

Bei einigen Pferden erschienen diese Veränderungen sehr aggressiv. Zuerst waren die zarten Knochenlamellen der Knochenschalen nicht mehr darstellbar, die jeweils betroffenen Höhlen dehnten sich aus. Benachbarte Strukturen, wie das Septum, Nasenmuscheln, Canalis infraorbitalis (Abb. 8) oder Zahnkeime wurden involviert. Dabei trat eine vollständige Auflösung der Knochen auf oder – in langsam fortschreitenden Fällen – der Knochen wurde remodelliert und Neokortex gebildet.

Überzählige Zähne waren am besten auf dorsalen und parasagittalen Abbildungen zu erkennen. Anhand von Form und Lage konnten sie gut abgezählt werden. Sie wurden bei zwei Pferden am Oberkiefer beidseits festgestellt, ohne weitere pathologische Befunde. Bei zwei Pferden wurden Verände-



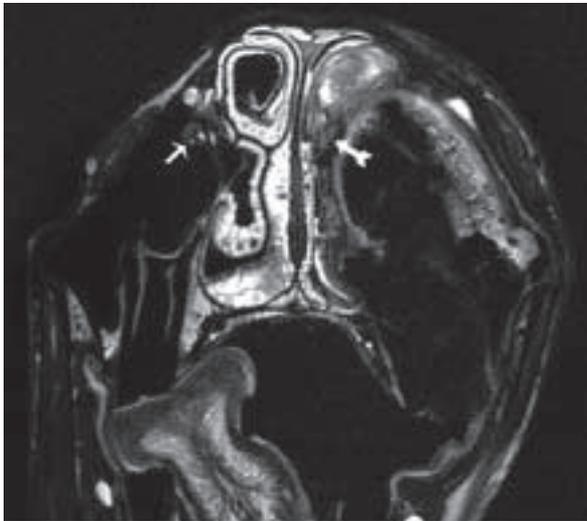
**Abb. 7** Transversale T1w (TE 10 msec, TR 550 msec), 0.5 T, eines 5-jährigen Warmblut Wallachs. Links ist rechts. In T1w lässt sich dieser Abszess besser erkennen als in T2w. Er erscheint leicht hypointens mit feingranuliertem inhomogenen Inhalt. Eine isointense Kapsel ist dargestellt. Der Abszess erscheint zweigeteilt und befindet sich hauptsächlich von der Kieferhöhle in die ventrale Nasenmuschel ziehend. Dorsal bricht er in die dorsale Nasenmuschelhöhle ein. Außer der ventralen Nasenmuschel sind noch keine Strukturen verdrängt.

*Transversal T1w (TE 10 msec, TR 550 msec), 0.5 T, of a 5 years old warmblood gelding. Left is right. This abscess is better visualised in T1w than in T2w. It appears slightly hypointense, subtle granulated and inhomogeneous with an isointense capsule. The abscess seems to be divided in two sections: in the ventral turbinate and the maxillary sinus. This involves dorsally the dorsal turbinate. Except the ventral turbinate no other structure is dislocated.*

rungen der Zahnkeime gefunden. Physiologisch erschienen sie als gut abgegrenzte, in T1w iso-hyperintens und in T2w besonders signalreiche Gebilde. Zuerst waren sie rostro-lingual des entsprohenden Milchzahnes abgebildet. In den verschiedenen Kalzifizierungsstadien konnten sie bis zum Durchbruch gut verfolgt werden. Zwei der Patienten wiesen pathologische Veränderungen in Form von Lageveränderungen und Konturunterbrechung mit Signalveränderungen innerhalb der Zahnanlage auf (Abb. 5).

Milchzähne konnten auf den parasagittalen und transversalen Schnitten des Pferdekopfes identifiziert werden, wenn sie

gegen etwas kontrastgebendes, wie Zunge oder Tubus, in der Maulhöhle abgegrenzt waren. Sie besaßen ebenfalls Pulpen und waren durch unterschiedlich dickes Gewebe und Knochen vom darunterliegenden permanenten Zahn abgegrenzt. Bei keinem der untersuchten Pferde in dem entsprechenden Alter wurde ein pathologischer Befund in diesem Bereich erhoben.



**Abb. 8** Transversale T2w (TE 15 msec, TR 9310 msec), 1.5 T, eines 11-jährigen Arabischen Vollblut Wallachs. Links ist rechts. Rechts ist der physiologische Canalis infraorbitalis abgebildet (Pfeil). Links liegt eine sekundäre Sinusitis aufgrund einer Zahnfraktur vor. Alle Nasenanteile sind verdrängt bzw. zerstört. Der C. infraorbitalis ist bis fast an die Nasenscheidewand verlagert, deutlich oval vergrößert und etwas signalreicher als der der Gegenseite. Die knöchernen Begrenzung erscheint ebenfalls vergrößert und unscharf (gefingelter Pfeil).

*Transversal T2w (TE 15 msec, TR 9310 msec), 1.5 T, of a 11 years old Arabian gelding. Left is right. The normal infraorbital canal is visible on the right side (arrow). On the left side is a secondary sinusitis, which caused by a fractured tooth, visible. All nasal structure are destroyed or displaced. The infraorbital canal is dislocated and close to the nasal septum, high grade oval enlarged and more hyperintense compared to the right nerve. The bony canal is also enlarged and diffuse (winged arrow).*

## Diskussion

Für die erste Übersicht der Backenzähne und einen Seitenvergleich ist nach unserer Auffassung die dorsale Schnittebene in T2w am besten geeignet. In dieser Ebene werden die Zähne jeweils transversal dargestellt, Pulpahöhlen, Zahnbegrenzung und umgebender Knochen können so für ein erstes Screening genutzt werden.

Schmelz, Dentin, Zement, kortikaler Knochen, intraorale und in den Kopfhöhlen vorhandene Luft erscheinen in allen Sequenzen hypointens. Im Gegensatz dazu sind Knochenmark und Pulpa gut beurteilbar (Taylor 1991, Gray 1998, Gahleitner et al. 1999). Die Zahnhartsubstanzen Zement, Schmelz und Zahnbein erscheinen aufgrund des Mangels an ungebundenen Protonen schwarz (Taylor 1991, Gray 1998). Dentin setzt sich zu ca. 70% aus Mineralien und zu 30% aus organischen Komponenten zusammen, Zement besteht aus 65% anorganischem Material und 35% organischem und Wasser, der Zahnschmelz hat einen hohen Mineralgehalt von 96-98% (Dixon 2003). Eine Unterscheidung von Sekundär-, Primär- oder Tertiärdentin war magnetresonanztomogra-

phisch nicht möglich. In der Computertomographie (CT) bestehen leichte Unterschiede in der Darstellung von Zement und Dentin, damit ist eine Abgrenzung des Infundibulums möglich (Henninger et al. 2003, Puchalski 2006) und sogar in der Kariesdiagnostik hilfreich (Veraa et al. 2009). Abgrenzungen des Infundibulums erfolgten in keinem Fall im MRT. Tymofiyeva (2010) weist deshalb auf zukünftige Studien mittels Festkörper-Nuklear-Magnetresonanztomographie hin. Dass die Darstellung der Zahnhartsubstanzen im MRT möglich ist, wurde im 9,4 T Magnetfeld bereits beim Pferdezahn getestet (Zwick et al. 2011).

Die kortikale Begrenzung stellt sich als eine schwarze Zone dar, welche von einem moderaten Signal des Weichteilgewebes und einem hohen Signal des internen Knochenmarkes umgeben wird (Gray et al. 1998, Tutton and Goddard 2002). Knochenkortikalis weist aufgrund des geringen Wassergehaltes und der festen Einbindung der Protonen in die Apatitkristalle eine extrem kurze T2-Relaxationszeit auf. Solche Gewebe, die eine Transversalmagnetisierung nur kurz aufrechterhalten können, stellen sich in T2-gewichteten Bildern dunkel dar. Die Spongiosa des Oberkiefers ist fetthaltig und erscheint deshalb signalreich in T1w, etwas signalreicher als Muskulatur in T2w, und isointens zur Muskulatur in fettunterdrückten Sequenzen.

Radiologisch stellt sich der Alveolarknochen als eine deutliche, dem Umriss des Zahnes folgende weiße Linie dar. Der aufgehellte Zwischenraum zwischen dem Alveolarknochen und dem Zahn repräsentiert hier das Ligamentum periodontale (PDL). Dieses PDL wird im MRT durch einen zarten Saum repräsentiert, welcher in T1w isointens und in T2w etwas signalreicher erscheint. Das PDL ist stark vaskularisiert (Berkovitz 1990). Nicht immer kann eine noch dünnere signallose Abgrenzung zum spongiosen Knochen dargestellt werden, welche dem Alveolarknochen entspricht. Dieser Alveolarknochen, die Lamina dura, ist zwischen den Zähnen nur erkennbar, wenn ausreichend Abstand besteht. Oft sind sie so eng angeordnet, dass er nicht erkennbar ist. Weiterhin ist er nicht immer im Bereich des Alveolendaches darstellbar. Nur bei optimaler Schnittführung, was nie bei jedem Zahn gleichmäßig erfolgt, ist dieser Alveolarknochen erkennbar. Verbessert wird die Darstellung, wenn die Schleimhaut in den angrenzenden Höhlen verdickt ist.

Röntgenzeichen für pathologische Veränderungen stellen lokal schlecht abgegrenzte Bereiche erhöhter Strahlendichte um die betroffenen Zähne und eine grobkörnige Struktur der darüberliegenden Knochen dar. Diese Veränderungen sind Anzeichen für proliferative Veränderungen im Zusammenhang mit einer Otitis (Gibbs 2007). Ein zuverlässiger röntgenologischer Befund für eine Wurzelkrankung ist ein Bereich erhöhter Strahlendurchlässigkeit um die betroffene Wurzelspitze, der als Halo bezeichnet wird. Weiterhin kann es zum Verlust der Lamina dura des Zahnes im Röntgenbild kommen. In vielen Fällen einer Zahnerkrankung ist die Wurzel beschädigt. Sie kann teilweise zerstört, verdreht, verdichtet oder verklumpt erscheinen. Diese Röntgenzeichen können in weiterem Sinne auch für die Beurteilung des Zahnes im MRT herangezogen werden. Schwieriger erweist sich die Beurteilung der extraalveolären oder klinischen Zahnkrone in der Maulhöhle im MRT, da diese von ebenfalls signalloser Luft umgeben ist. Deshalb kann meist nur die intraalveoläre Zahnkrone oder „Reservekrone“

beurteilt werden. Liegt die Zunge allerdings dicht an, sammelt sich Speichel oder ist die Maulhöhle sehr klein, können die klinischen Kronen oder Milchzähne als Füllungsdefekt vollständig dargestellt werden. In der Humanmedizin wird dieser Effekt durch Wasser in der Mundhöhle künstlich herbeigeführt (Olt und Jakob 2004) und kann durch gallertige gadoliniumbasierte orale Kontrastmittel verbessert werden (Tymofiyeva 2010).

Unregelmäßigkeiten in der Alveole wurden als Parodontitis bezeichnet. Das Parodontium umfasst den Alveolarknochen, den Zement, die Gingiva und das Ligamentum periodontale (Staszuk 2011). Damit wurden folgende Befunde erfasst: Verbreiterung des Saumes mit einem isointensen bis hyperintensen Signal entweder streckenweise oder vollständig um den Zahn herum, ähnlich dem Verlust der Lamina dura im Röntgenbild. Diese Verbreiterung wird auf entzündliche Vorgänge zurückgeführt.

Bei Zahninfektionen war der gesamte Bereich der Reservekrone verändert. Dabei handelt es sich um ein 2-jähriges Pferd mit einer Erkrankung eines noch nicht eruptierten in der Entwicklung befindlichen Zahnes, welcher noch keine richtigen Wurzeln ausgebildet hat. Der Zahn weist keine Abgrenzung mehr auf und ist in entzündliches Gewebe eingebettet. Darin befinden sich kleine abgegrenzte signallose Areale, die wie im CT (Henninger et al. 2003) als Gasbläschen angesprochen werden können. Eine Fistel im diesem Bereich deckt sich mit den Untersuchungen von Dixon et al. (2000), die häufiger Fisteln im Zusammenhang mit Erkrankungen der drei rostralen Backenzähne festgestellt haben.

Über das Auftreten von Wurzelspitzengranulomen gibt es beim Pferd in der Literatur keine Hinweise. Es wurden zwei gut abgegrenzte rundliche Weichteilveränderungen damit bezeichnet, die über einer Wurzelspitze mit veränderter Pulpa lokalisiert waren. Definiert werden diese Wurzelspitzengranulome als apikal lokalisierte knötchenartige Veränderungen im Kieferknochen, die histologisch eine Ansammlung von aktivierten Makrophagen als Zeichen einer spezifischen Entzündung enthalten (Bargholz et al. 2006).

Bei zwei Pferden wurden überzählige Zähne im Oberkiefer beidseits vorgefunden. Dabei traten keinerlei pathologische Veränderungen auf, die Zähne wurden nur durch abzählen ermittelt. Wie auch Easley (2006) angibt, konnte der dabei doppelt angelegte Zahn nicht definiert werden.

Der sich entwickelnde Zahn wird radiologisch zuerst als Aufhellungszone vorgefunden, welcher bei jungen Pferden tief im Knochen sitzt. Diese Zyste ist rund, glatt begrenzt, homogen und sehr signalreich. Die hohe Signalintensität kann mit dem Zell- und Faserreichtum (Schroeder 2000) begründet werden (Abb. 6).

Einzelne verlagerte Zahnfragmente, oder auch vollständig verlagerte oder fehlangelegte Zähne lassen sich gut identifizieren (Abb. 2). Diese signallosen scharf abgegrenzten unterschiedlich geformten Bereiche in Höhe einer Alveole nach Entfernung eines Zahnes sind meist in T2w in signalreiche Areale entzündlichen Ursprunges eingebettet. Die signallosen Areale können unterschiedlicher Herkunft sein. Neben Zahnfragmenten kann es sich um Knochenstücke oder Sequester

handeln. Es wird auch von Zementikeln oder Dentikeln berichtet, die im Wurzelbereich von Zähnen gefunden wurden (Ros 2011). Hilfreich und pathognomonisch für die Identifizierung von Zahnteilen sind in solchen Fällen vorhandene Pulpformationen innerhalb dieser Bereiche.

Bei den Sinusitiden war neben dem Sinus maxillaris vorwiegend die ventrale Nasenmuschelhöhle betroffen, etwas seltener die dorsale. Durch die Nähe und die Öffnung der ventralen zum jeweiligen Zahn scheint die ventrale häufiger mit betroffen zu sein als die dorsale Nasenmuschelhöhle. Bei einigen Pferden war ein direkter Einbruch vom Zahn in diese Höhle erkennbar, bei anderen eine sekundäre Beteiligung über die Kieferhöhle. Die Öffnung zur Kieferhöhle erschien bei jungen Pferden sehr klein. Diese Information ist für die chirurgische Intervention wichtig, kann aber mit jedem Schnittbildverfahren erlangt werden.

Bei der Beurteilung der angrenzenden Knochen konnten nützliche Befunde gewonnen werden. Fistelkanäle und deren Verlauf konnten über mehrere Schnitte verfolgt werden. Im Unterkiefer eines Pferdes konnte ein Kanal einem Zahn sicher zugeordnet werden, was röntgenologisch nicht gelang. Die bei Henninger et al. (2003) beschriebenen Veränderungen der Crista facialis als endostale Sklerose, Verdickung und periostale Reaktion konnten so im MRT jedoch nicht nachvollzogen werden. Da der Knochen hier wesentlich schwerer zu beschreiben ist, sind solche Veränderungen weniger sicher reproduzierbar. Bei zwei Pferden konnte jedoch eine osteale Neokortextbildung festgestellt werden. Das betraf zum einen den Oberkiefer minimal (Abb. 4) und weitaus deutlicher eine länger andauernde, voroperierte Unterkiefererkrankung. Diese sind meist durch eine geringe Aggressivität mit mehr oder weniger Verformungen charakterisiert (Parker and Harnsberger 1991). Knochenödeme konnten bei keinem Pferd nachgewiesen werden. In der Humanmedizin werden sie als ausgedehnte hyperintense Areale im Knochenmark des entsprechenden Molarenbereichs bei Pulpitis von Zähnen beschrieben (Gahleitner et al. 1998). Als benachbarte Struktur veränderte sich der Canalis infraorbitalis mit dem Nervus infraorbitalis bei schweren Sinusitiden deutlich. Bei keinem der untersuchten Pferde waren klinisch-neurologische Anzeichen einer Erkrankung des Nervus infraorbitalis festgestellt worden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Differenzierung der sekundären Veränderungen im Bereich der Nasennebenhöhlen bzw. der umgebenden Strukturen der untersuchten Pferde möglich war. Auch beim Menschen wird die MRT zur Differentialdiagnostik bei lageverändernden Prozessen der Zähne empfohlen (Hisatomi et al. 2003). Für das Pferd wurde die kernspintomographische Untersuchung von Massen am Pferdekopf als ein wichtiges Mittel zur Differenzierung verschiedener Erkrankungen benannt, die vor allem im Frühstadium der Erkrankung aussagekräftig ist (Tucker und Farrell 2001, Gerlach and Gerhards 2008).

Reine magnetresonanztomographische Untersuchungen der Zähne werden auch in der humanmedizinischen Literatur selten beschrieben (Gahleitner et al. 1998 und 1999, Tutton and Goddard 2004). Beim Pferd werden in der Regel Untersuchungen der Köpfe angefertigt, innerhalb derer die Zähne speziell beurteilt werden. Backenzähne sind in den meisten

Fällen auf den Schnitten des Kopfes beim Pferd abgebildet. Routinesequenzen in den üblichen Schnitten reichen für wichtige Zusatzinformationen aus. Zähne und deren Entwicklungsstadien, die Umgebung einschließlich des angrenzenden Knochens, Nebenhöhlen und der Canalis infraorbitalis können beurteilt und wichtige Zusatzinformationen gewonnen werden. Die MRT Untersuchungen von Zähnen bietet neue erweiterte Möglichkeiten der Diagnostik. Dazu ist zukünftig eine enge Zusammenarbeit der Radiologen, die selten auf Zähne spezialisiert sind, der auf Zähne spezialisierten Tierärzte und Chirurgen auf diesem Gebiet notwendig.

## Literatur

- Bargholz C., Hör D. und Zirkel C. (2006) Praxisleitfaden Endodontie. Urban und Fischer Verlag München
- Berkovitz B. K. B. (1990) The structure of the periodontal ligament: an update. *Eur. J. Orthod.* 12, 51-76
- Biernert A. (2002) Digitalradiographische, computertomographische und mikrobiologische Untersuchungen bei Backenzahnerkrankungen des Pferdes. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover
- Butler J., Colles C. M., Dyson S. J., Kold S. E. und Poulos P. W. (2008) *Clinical Radiology of the horse*. 3. Ed., Wiley-Blackwell, UK, 413-503
- Dacre I. T. (2007) Pathologie. In: Baker, G. J., Easley J. Zahnheilkunde in der Pferdepraxis. 2. Auflage, Urban und Fischer, München und Jena, 97-117
- Dixon P. M., Tremaine, W. H., Pickles K., Kuhns L., Hawe C., McCann J., McGorum B. C., Railton D. I. und Brammer S. (2000) Equine dental disease. Part 4: A long-term study of 400 cases: apical infections of cheek teeth. *Equine Vet. J.* 32, 182-194
- Dixon P. M. (2003) Anatomie der Zähne. In: Baker G. J., Easley J. Zahnheilkunde in der Pferdepraxis. Schlütersche Hannover, 1. Auflage, 3-25
- Easley J. (2006) Equine Dental Developmental Abnormalities. Proc. AAEP, Indianapolis, USA
- Gahleitner A., Solar P., Nasel C., Homolka P., Youssefzadeh S., Ertl L. und Schick S. (1998) Magnetic resonance tomography in dental radiology (dental MRI). *Radiologe* 39, 1044-1050
- Gahleitner A., Solar P., Nasel C., Homolka P., Youssefzadeh S., Ertl L. und Schick S. (1999) Die Magnetresonanztomographie in der Dentalradiologie (Dental-MRT). *Radiologe* 39, 1044-1050
- Gerlach K., Scharner D., Ludewig E. und Reese S. (2006) Die Untersuchung von Zähnen des Pferdes im MRT: informativ oder überflüssig? 19. Arbeitstagung der FG „Pferdekrankheiten“ der DVG, 10.-11.02.2006, Hannover, ISBN 3-938026-67-7, ISSN 0936-8221, 231-234
- Gerlach K. und Gerhards H. (2008) Magnetresonanztomographische Merkmale von Zubildungen im Bereich der Nase, Nasennebenhöhlen und der angrenzenden Knochen: retrospektive Analyse von 33 Pferden. *Pferdeheilkunde* 24, 565-576
- Gibbs C. (2007) Bildgebende Diagnostik. In: Baker G. J., Easley H. Zahnheilkunde in der Pferdepraxis. 2. Auflage, Urban & Fischer Verlag bei Elsevier, 133-161
- Gray C. F., Redpath T. W. und Smith F. W. (1998) Low-field magnetic resonance imaging for implant dentistry. *Dentomaxillofacial Radiology* 27, 225-229
- Hisatomi M., Asaumi J., Konouchi H., Yanagi Y., Matsuzaki H. und Kishi K. (2003): Comparison of radiographic and MRI features of a root-diverging odontogenic myxoma, with discussion of the differential diagnosis of lesions likely to move roots. *Oral Diseases* 9, 152-157
- Henninger, W. Mairi Frame E., Willmann M., Simhofer H., Malleczek D., Kneissl S. M. und Mayrhofer E. (2003) CT features of alveolitis and sinusitis in horses. *Vet. Radiol. Ultras.* 44, 269-276
- Muir W. W., Lerche P., Robertson J. T., Hubbell J. A., Beard W., Miller T., Badgley B. und Bothwell V. (2000) Comparison of four drug combinations for total intravenous anesthesia of horses undergoing surgical removal of an abdominal testis. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 15, 869-873
- Olt S. und Jakob P. M. (2004) Contrast-enhanced dental MRI for visualization of the teeth and jaw. *Magn. Reson. Med.* 52, 174-176
- Parker G. D. und Harnsberger H. R. (1991) Clinical-radiological issues in perineural tumor spread of malignant diseases of the extracranial head and neck. *Radiographics* 11, 383-399
- Pascoe J. R. (1991) Dental Radiography/Radiology. Proc. 37th Ann. Conv. Am. Ass. Equine Pract., 99-111
- Puchalski S. M. (2006) Computed Tomographic and Ultrasonographic Examination of Equine Dental Structures: Normal and Abnormal Findings. American Association of Equine Practitioners - AAEP - Focus Meeting, 2006 - Indianapolis, IN, USA, www.ivis.org/proceedings/voorjaarsdagen/2008/equine/297.pdf
- Ros K. (2011) Röntgentechnik und -befunde. In: Vogt, C.: Lehrbuch der Zahnheilkunde beim Pferd. Schattauer Stuttgart, Deutschland, 65-98.
- Schroeder H. E. (2000) Orale Strukturbiologie. 5. Auflage, Thieme, Stuttgart
- Staszyc C. (2011). Anatomie. In: Vogt, C.: Lehrbuch der Zahnheilkunde beim Pferd. Schattauer Stuttgart, Deutschland, 1-29
- Taylor T. D. (1991) Fixed implant rehabilitation for the edentulous maxilla. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants* 6, 329-337
- Townsend N. B., Hawkes C. S., Rex R., Boden L. A. und Barakzai S. Z. (2011) Investigation of the sensitivity and specificity of radiological signs for diagnosis of periapical infection of equine cheek teeth. *Equine Vet. J.* 43, 170-178.
- Tucker R. L. and Farrell E. (2001) Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging of the Equine Head. In: Modern Diagnostic Imaging. *Vet. Clin. North Am. Equine Practice* 17, 131-143
- Tutton L. M. und Goddard P. R. (2002) MRI of the teeth. *British J. Radiol.* 75, 552-562
- Tymofiyeva O. (2010) Magnetic Resonance Imaging in dental medicine. Diss. Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Sierke Verlag, Göttingen
- Veraa S., Voorhout G. und Klein W. R. (2009) Computed tomography of the upper cheek teeth in horses with infundibular changes and apical infection. *Equine Vet. J.* 41, 872-876
- Weller R., Livesey L., Maierl J., Nuss K., Bowen I. M., Cauvin E. R., Weaver M., Schumacher J. und May S. A. (2001) Comparison of radiography and scintigraphy in the diagnosis of dental disorders in the horse. *Equine Vet. J.* 33, 49-58
- Zwick S., Hövener J. B., Leupold J., Schellenberger F. und v. Elverfeldt D. (2011) Towards dental MRI: Zero TE imaging of compromised horse teeth. Poster, accepted, International Society for Magnetic Resonance in Medicine, 7.-13-05.2011, Montreal, Kanada

Dr. Kerstin Gerlach  
Chirurgische Tierklinik der Universität Leipzig  
An den Tierkliniken 21  
04103 Leipzig  
gerlach@vetmed.uni-leipzig.de