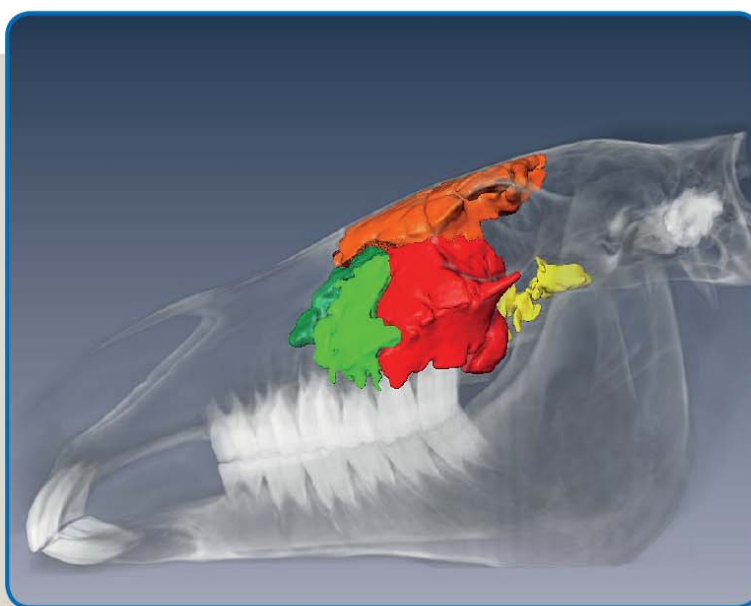
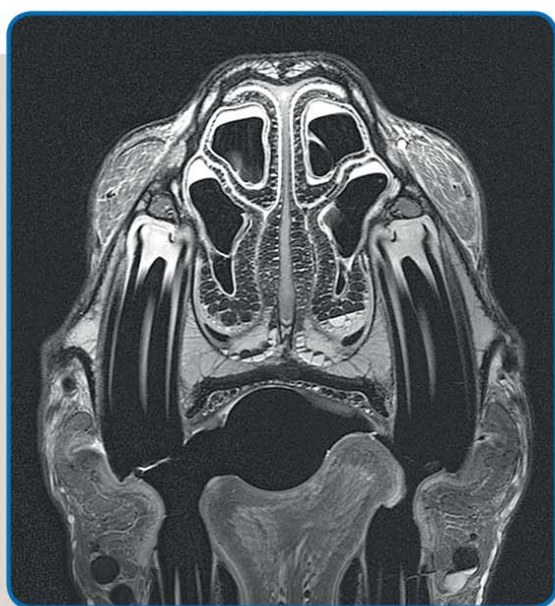


Astrid Bienert-Zeit

Das equine Nasennebenhöhlensystem:

**Untersuchungen zur Anatomie, Diagnostik und
Therapie bei gesunden und erkrankten Pferden**





Das equine Nasennebenhöhlensystem:
Untersuchungen zur Anatomie, Diagnostik und Therapie
bei gesunden und erkrankten Pferden

Dr. med. vet. Astrid Bienert-Zeit



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

1. Aufl. - Göttingen: Cuvillier, 2018

Zugl.: Hannover (TiHo), Univ., Diss., 2018

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2018

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2018

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9923-7

eISBN 978-3-7369-8923-8



Aus der Klinik für Pferde
der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

**Das equine Nasennebenhöhlensystem:
Untersuchungen zur Anatomie, Diagnostik und Therapie
bei gesunden und erkrankten Pferden**

Habilitationsschrift

zur Erlangung der *Venia legendi*
an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

vorgelegt von
Dr. med. vet. Astrid Bienert-Zeit

Hannover 2018



Tag der nichtöffentlichen wissenschaftlichen Aussprache: 23.10.2018

Diese Arbeit wurde durch das Ursula-Weigt-Programm
(Habitationsabschluss-Programm für Wissenschaftlerinnen) unterstützt.



Für Stephan





INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	8
Verzeichnis der Publikationen und Manuskripte, die Bestandteil der Habilitationsschrift sind (thematisch geordnet).....	10
1 Einleitung.....	13
2 Wissenschaftlicher Hintergrund	15
2.A Funktionelle Anatomie der Atemwege des Pferdes	15
2.A.1 Klinische Anatomie der Nasenhöhle.....	15
2.A.2 Klinische Anatomie der Nasennebenhöhlen und Nasenmuscheln.....	15
2.A.3 Kommunikation zwischen den Nasennebenhöhlen und der Nasenhöhle	19
2.A.4 Räumliche Beziehung der Nasennebenhöhlen zu Zähnen und Infraorbitalkanal	20
2.B Erkrankungen der Nasennebenhöhlen des Pferdes und ihre Diagnostik.....	22
2.B.1 Erkrankungen der Nasennebenhöhlen des Pferdes	22
2.B.1.1 Sinusitiden.....	22
2.B.1.1.1 Ätiopathogenese von Sinusitiden	22
2.B.1.1.2 Primäre Sinusitiden	23
2.B.1.1.3 Sekundäre Sinusitiden.....	23
2.B.1.1.4 Symptome bei Erkrankungen der equinen Nasennebenhöhlen	24
2.B.2 Diagnostische Möglichkeiten im Bereich der equinen Nasennebenhöhlen.....	24
2.B.2.1 Spezielle klinische Untersuchung des Kopfes	24
2.B.2.2 Untersuchung der Maulhöhle.....	25
2.B.2.3 Endoskopie	25
2.B.2.4 Sinuskopie	25
2.B.2.5 Sinuzentese	26
2.B.2.6 Bildgebende Verfahren	26
2.B.2.6.1 Röntgen	26
2.B.2.6.2 Computertomographie	27



2.B.2.6.3 Magnetresonanztomographie	28
2.B.2.7 Mikrobiologische Untersuchung von Sekret aus den Nasennebenhöhlen	29
2.B.2.8 Histopathologische Untersuchung.....	29
2.C Therapeutische Ansätze bei Erkrankungen der equinen Nasennebenhöhlen	29
2.C.1 Medikamentöse Therapie	30
2.C.2 Chirurgische Therapie	30
3 Zielsetzungen und Fragestellungen	33
3.A Anatomie.....	33
3.B Diagnostik.....	33
3.C Therapie	34
4 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse.....	35
4.A Anatomie.....	35
4.B Diagnostik.....	38
4.B.1 Bildgebung.....	38
4.B.2 Sekretuntersuchung	43
4.C Therapie	45
4.C.1 Therapie medikamentös	45
4.C.2 Therapie chirurgisch.....	46
5 Übergreifende Diskussion	51
5.A Anatomie.....	51
5.A.1 Anatomie der Nasennebenhöhlen und deren Rekonstruktion	51
5.A.2 Spezielle anatomische Strukturen in den Nasennebenhöhlen.....	53
5.A.2.1 <i>Septum sinuum maxillarium</i>	53
5.A.2.2 Lageverhältnisse von Zähnen und Sinus zueinander.....	54
5.A.2.3 <i>Apertura nasomaxillaris</i> und das sinunasale Kommunikationssystem	54
5.A.2.4 Schleimhaut in Nasengängen und Nasennebenhöhlen.....	58
5.A.2.5 <i>Canalis</i> und <i>Nervus infraorbitalis</i>	59



5.A.2.6 Pulpen	61
5.B Diagnostik.....	62
5.B.1 Bildgebung.....	62
5.B.1.1 Computertomographie	62
5.B.1.2 Magnetresonanztomographie	63
5.B.1.3 Vergleichende Untersuchung lebender, toter sowie eingefrorener und wieder aufgetauter Schädel	64
5.B.2 Sekretuntersuchung	65
5.B.2.1 Diagnostische Probengewinnung aus den Nasennebenhöhlen	65
5.B.2.2 Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung von Sekreten aus den Nasennebenhöhlen	67
5.C Therapie	69
5.C.1 Therapeutische Ansätze – Medikamentöse Therapie	69
5.C.1.1 Mikrodialyse im Bereich der Nasennebenhöhlen.....	69
5.C.1.2 Medikamentöse Therapie: Sulfadimidin	72
5.C.2 Therapeutische Ansätze – Chirurgische Zugänge zum Sinussystem.....	73
5.C.2.1 Lebensbedrohliche Komplikationen nach Sinusitis	76
6 Ausblick	79
6.A Anatomie.....	79
6.B Diagnostik.....	80
6.C Therapie	80
7 Zusammenfassung	83
8 Summary.....	87
9 Literaturverzeichnis	91
10 Darstellung des eigenen Anteils an den wissenschaftlichen Arbeiten	115
11 Eigene Publikationen	121
Danksagung	275



ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

2D	two-dimensional (zweidimensional)
3D	three-dimensional (dreidimensional)
A. n.	<i>Apertura nasomaxillaris</i>
AUC	area under the curve (Fläche unter der Kurve)
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Can.	Canalis (Kanal)
CT	Computertomographie oder Computertomograph
EMA	European Agency for the Evaluation of Medicinal Products
FDA	Food and Drug Administration
For.	Foramen (Loch)
HPLC	high-performance liquid chromatography (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie)
HU	Hounsfield Unit (Hounsfield-Einheit)
Inc.	Incisura (Einschnitt)
IS	internal standard (interner Standard)
ISF	interstitial fluid (interstitielle Flüssigkeit)
y	years (Jahre)
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
kV	Kilovolt
Ln.	Lymphonodus (Lymphknoten)
M1 – M3	<i>Dentes molares</i> (molare Backenzähne)
mAs	Milliamperesekunden
MD	microdialysis (Mikrodialyse)
Med.	Median
MHK	minimale Hemmkonzentration
MIC	minimal inhibitory concentration (minimale Hemmkonzentration)
MPR	multiplanare Rekonstruktion
MRT	Magnetresonanztomographie oder Magnetresonanztomograph
n	Anzahl
NAV	Nomina Anatomica Veterinaria
NNH	Nasennebenhöhle(n)
NSAID	non-steroidal anti-inflammatory drug (nicht steroidales Antiphlogistikum)
P1 – P4	<i>Dentes premolares</i> (prämolare Backenzähne)



PD	pharmacodynamic (Pharmakodynamik)
PDL	periodontales Ligament
PEH	progressives Siebbeinhämatom
PK	pharmacokinetic (Pharmakokinetik)
RL	relative loss (relativer Verlust)
RR	relative recovery (relative Wiederfindung)
S.	Sinus
SCD	<i>Sinus conchae dorsalis</i>
SCM	<i>Sinus conchae mediae</i>
SCV	<i>Sinus conchae ventralis</i>
SD	standard deviation (Standardabweichung)
SDM	sulfadimidine (Sulfadimidin)
SD	sulfadiazine (Sulfadiazin)
SE	Spin-Echo-Sequenz
SF	<i>Sinus frontalis</i>
SMC	<i>Sinus maxillaris caudalis</i>
SMR	<i>Sinus maxillaris rostralis</i>
ssp.	<i>subspecies</i> (Unterart)
SSP	<i>Sinus sphenopalatinus</i>
T	Tesla
TÄHAV	Verordnung über tierärztliche Hausapotheken
TE	echo time (Echozeit)
TMP	Trimethoprim
TMS	trimethoprim-sulfonamide (Trimethoprim-Sulfonamid)
TR	time to repetition (Repetitionszeit)
VR	Volume Rendering
WL	window level (Fensterlage)
WW	window width (Fensterweite)



VERZEICHNIS DER PUBLIKATIONEN UND MANUSKRIPTE, DIE BESTANDTEIL DER HABILITATIONSSCHRIFT SIND (THEMATISCH GEORDNET)

- Publikation 1** Brinkschulte M*, **Bienert-Zeit A***, Lüpke M, Hellige M, Staszky C and Ohnesorge B (2013):
Using semi-automated segmentation of computed tomography datasets for three-dimensional visualization and volume measurements of equine paranasal sinuses.
Vet Radiol Ultrasound 54 (6) 582–590.
* Autoren haben gleichwertigen Anteil an der Arbeit
- Publikation 2** Brinkschulte M*, **Bienert-Zeit A***, Lüpke M, Hellige M, Ohnesorge B and Staszky C (2014):
The sinonasal communication in the horse: examinations using computerized three-dimensional reformatted renderings of computed-tomography datasets.
BMC Vet Res 10, 72.
* Autoren haben gleichwertigen Anteil an der Arbeit
- Publikation 3** **Bienert-Zeit A** und Bartmann CP (2013):
Diagnostisches Vorgehen bei einseitigem Nasenausfluss des Pferdes.
Prakt Tierarzt 94 (6) 522–528.
- Publikation 4** Kaminsky J*, **Bienert-Zeit A***, Hellige M, Rohn K and Ohnesorge B (2016):
Comparison of image quality and in vivo appearance of the normal equine nasal cavities and paranasal sinuses in computed tomography and high field (3.0 T) magnetic resonance imaging.
BMC Vet Res 12, 13.
* Autoren haben gleichwertigen Anteil an der Arbeit
- Publikation 5** Kaminsky J* and **Bienert-Zeit A***, Hellige M and Ohnesorge B (2014):
3-Tesla magnetic resonance imaging of the equine nasal cavities, paranasal sinuses and adjacent anatomical structures in 13 healthy horses.
Pferdeheilkunde 30 (4) 413–431.
* Autoren haben gleichwertigen Anteil an der Arbeit
- Publikation 6** Schoppe C, Hellige M, Rohn K, Ohnesorge B and **Bienert-Zeit A** (2017):
Comparison of computed tomography and high-field (3.0 T) magnetic resonance imaging of age-related variances in selected equine maxillary cheek teeth and adjacent tissues.
BMC Vet Res 13, DOI 10.1186/s12917-017-1200-7.



- Publikation 7** Röttiger C, Hellige M, Ohnesorge B and **Bienert-Zeit A** (2018):
MR- and CT-imaging of equine cheek teeth and adjacent structures: comparison of image quality in horses alive, postmortem and frozen-thawed. Manuskript in Vorbereitung für Vet Rad Ultrasound
- Publikation 8** Gergeleit H*, **Bienert-Zeit A*** and Ohnesorge B (2018):
Cytological and microbiological examination of secretions from the paranasal sinuses in horses and other species.
J Equine Vet Sci 61, 22–31.
* Autoren haben gleichwertigen Anteil an der Arbeit
- Publikation 9** Gergeleit H, Verspohl J, Rohde J, Ohnesorge B and **Bienert-Zeit A** (2018):
Microbiological examination of secretions from the paranasal sinuses in horses in health and disease.
Acta Scand Vet 60:43
- Publikation 10** **Bienert-Zeit A**, Verwilghen D und Feige K (2017):
Antibiotische Therapie bei Zahn- und Sinuserkrankungen des Pferdes.
Prakt Tierarzt 98 (10) 1048–1057.
- Publikation 11** **Bienert-Zeit A**, Gietz C, Staszky C, Kietzmann M, Stahl J and Ohnesorge B (2015):
Application of in vivo microdialysis for investigation of unbound drug concentrations of intravenously administered sulfadimidine in the paranasal sinus mucosa of horses.
Am J Vet Res 76 (4) 318–327.
- Publikation 12** Bach FS, Bodo G, Kuemmerle JM, **Bienert-Zeit A**, Hainisch EK and Simhofer H (2014):
Bacterial meningitis after sinus surgery in five adult horses.
Vet Surg 43 (6) 697–703.
- Publikation 13** Fenner MF, Verwilghen D, Townsend N, Simhofer H, Schwarzer J, Zani DD and **Bienert-Zeit A** (2018):
Paranasal sinus cysts in the horse – Complications related to their presence and surgical treatment in 37 cases.
Equine Vet J (0) 1–7.

Der eigene Anteil an den Publikationen ist in Kapitel 10 dargestellt.



1 EINLEITUNG

Die Nasennebenhöhlen sind luftgefüllte, mit respiratorischer Schleimhaut ausgekleidete Hohlräume, die einen Großteil des Pferdeschädels einnehmen (NICKEL et al. 2004). Für die Gesundheit des Pferdes haben sie eine erhebliche Bedeutung. Diese liegt vor allem in der Pneumatisierung des Schädels und der damit verbundenen Gewichtsreduktion sowie der Produktion von Sekret zum funktionellen Erhalt des mukoziliären Selbstreinigungsapparates der oberen Atemwege (COHEN 2006). Die Sinus des Pferdes sind auch von besonderem klinischen Interesse, da sie anfällig für aufsteigende Infektionen aus dem Bereich der Nasenhöhle und den übrigen Atemwegen sind, sowie für Infektionen ausgehend von den distalen Oberkieferbackenzähnen (NICKELS 2012).

Schon hieraus wird deutlich, dass die Nasennebenhöhlen nicht als isolierte anatomische Gebilde betrachtet werden dürfen. Sie bilden eine enge „Gemeinschaft“ mit diversen, sie umgebenden Strukturen, zum Beispiel mit den Oberkieferbackenzähnen, dem *Canalis infraorbitalis*, dem *Cavum nasi* und dem *Ductus nasolacimalis*. Zudem unterliegen die Nasennebenhöhlen immensen alterungsbedingten Veränderungen und weisen bezüglich Größe und Form erhebliche interindividuelle Unterschiede auf.

Die genannten Punkte verdeutlichen die Schwierigkeit, bereits im gesunden Zustand die komplexen Zusammenhänge des Nasennebenhöhlensystems und seiner benachbarten anatomischen Strukturen zu erfassen. Im erkrankten Zustand wird dies aufgrund sich verändernder anatomischer Formationen und Größenverhältnisse erheblich erschwert. Des Weiteren ist bis heute unklar, auf welche Weise und über welchen Weg die Sekrete aus den Nasennebenhöhlen des Pferdes genau abfließen. Die Literatur macht über die anatomische Beschaffenheit der Verbindung zwischen Nasenhöhle und Nasennebenhöhlen divergierende Angaben.

Erkrankungen im Bereich der Nasennebenhöhlen treten verglichen mit anderen Krankheiten des Pferdes insgesamt relativ selten auf (BOULTON 1985). Das Leitsymptom „einseitiger Nasenausfluss“ können Patientenbesitzer und Tierarzt in der Regel leicht erkennen, die Differenzierung zwischen primärer und sekundärer Sinusitis fällt hingegen bedeutend schwerer. Die komplexen anatomischen Strukturen und die schwierige Zugänglichkeit zu den Nasennebenhöhlen sowie der meist chronische Krankheitszustand stellen den Tierarzt in Diagnostik und Behandlung daher vor besondere Herausforderungen (TREMAINE und DIXON 2001a). Außerdem erhöht die räumliche Nähe der Nasennebenhöhlen zum Gehirn, zu den Augen

und zu großen Nervenbahnen im Falle einer progredient verlaufenden Erkrankung das Risiko lebensbedrohlicher Komplikationen.

Equine Sinusitiden werden trotz regelmäßig beschriebener, unzureichender Therapieerfolge vielfach mit Antibiotika behandelt (TREMAINE und DIXON 2001b, DIXON und O'LEARY 2012). Vor der aktuellen Diskussion über den Einsatz antibiotisch wirksamer Substanzen und deren angestrebter Minimierung in der gesamten Veterinärmedizin, ist dieses Vorgehen äußerst kritisch zu beurteilen. Dieser Sachverhalt verdeutlicht die Notwendigkeit der Evaluierung medikamentöser Therapieansätze.

In den letzten Jahren ist das Wissen über die equinen Nasennebenhöhlen, ihre Diagnostik und Therapie stark gewachsen. Es bleiben jedoch noch viele Fragen bezüglich anatomischer Details, verbesserter diagnostischer Möglichkeiten sowie therapeutischer Langzeiterfolge offen. Die in der vorliegenden Habilitationsschrift zusammengefassten Studien leisten einen Beitrag zur Klärung dieser Fragen. Besondere Beachtung fand die detaillierte und anwenderfreundliche Beschreibung anatomischer Details, wie zum Beispiel der *Apertura nasomaxillaris*.

Die Vorteile der Computertomographie und der modernen 3-Tesla-MRT wurden genutzt, um qualitativ hochwertige Schnittbilder der Nasennebenhöhlen sowie umliegender Strukturen von gesunden Pferden zu erstellen. Ihr physiologisches Erscheinungsbild wird im jeweiligen schnittbildgebenden Verfahren beschrieben. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen weiterführenden Studien als Grundlage und sind essentiell für die Optimierung von Diagnostik und Therapie erkrankter Pferde.

Als weiterer, bisher noch vollständig fehlender Baustein zur Verfeinerung der Diagnostik bei Sinuserkrankungen wurden erste Untersuchungen des Nasennebenhöhlensekrets gesunder und erkrankter Pferde durchgeführt, um dieses dann mikrobiologisch und zytologisch auszuwerten. Darüber hinaus bestand Bedarf an einer Untersuchung zur Wirkung antibiotischer Substanzen in den Nasennebenhöhlen. Die Etablierung eines derartigen Versuchsaufbaus war Teil der vorliegenden Habilitationsschrift.

Die vorliegende Arbeit verfolgte auch das Ziel, Risiken und Komplikationen von bestimmten Sinuserkrankungen sowie deren Therapieerfolge bzw. -misserfolge zu dokumentieren, um zukünftig bessere prognostische Aussagen zum Heilungsverlauf machen zu können.

2 WISSENSCHAFTLICHER HINTERGRUND

2.A Funktionelle Anatomie der Atemwege des Pferdes

Die oberen Atemwege umfassen die Nase inklusive der Nasennebenhöhlen und den Nasenrachen, die tiefen Atemwege den Kehlkopf, die Luftröhre und die Lunge (SALOMON 2008a). Die Funktion der Atmungsorgane liegt in der Sicherung des Luftzustroms sowie dem Gasaustausch zwischen Atemluft und Blut (WAIBL 2004). Weitere Aufgaben bestehen in der Reinigung, Erwärmung und Befeuchtung der eingeatmeten Luft, sowie der Orientierung in der Umwelt durch Nutzung des im Nasengrunds befindlichen olfaktorischen Organs. Die Resonanzräume in den Nasennebenhöhlen ermöglichen Lautäußerungen, die Stimmerzeugung erfolgt im Bereich des Kehlkopfes (DYCE et al. 1991; SALOMON 2008a).

2.A.1 Klinische Anatomie der Nasenhöhle

Der Innenraum der Nasenhöhle wird in vier **Nasengänge** (*Meatus nasi*) unterteilt (DYCE et al. 1991; SALOMON 2008a, WISSDORF et al. 2010). Es handelt sich dabei um Luftwege unterschiedlicher Weite, begrenzt durch bestimmte Kopfknochen, die Nasenmuscheln und die Nasenscheidewand (WAIBL 2004; WISSDORF et al. 2010). Von besonderer Bedeutung in Bezug auf die Nasennebenhöhlen ist der mittlere Nasengang (*Meatus nasi medius*), der einen engen Durchmesser besitzt und zum Nasengrund führt. Er liegt zwischen der dorsalen und ventralen Nasenmuschel (WAIBL 2004; SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010). Über diesen mittleren Nasengang finden die Nasennebenhöhlen Anschluss an die Nasenhöhle, daher heißt dieser Gang auch Sinusgang (WAIBL 2004; SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010; KÖNIG u. LIEBICH 2012).

2.A.2 Klinische Anatomie der Nasennebenhöhlen und Nasenmuscheln

Bei den Nasennebenhöhlen (***Sinus paranasales***) handelt es sich um luftgefüllte, schleimhautausgekleidete Hohlräume, die sich unter Verdrängung der Diploe in bestimmten Schädelknochen entwickeln (NICKEL et al. 2004; SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010). Sie liegen zwischen der *Lamina interna* und *externa* dieser Knochen (NICKEL et al. 2004; BUDRAS u. RÖCK 2009). Erst im Verlaufe des Erwachsenenlebens erreichen die Nasennebenhöhlen ihre endgültige Ausdehnung (SCHNORR u. KRESSIN 2001; WAIBL 2004; SALOMON 2008b; WISSDORF et al. 2010). Die Kieferhöhlen erlangen ihre vollständige Größe zum Beispiel in einem Alter von ca. 15 Jahren, wenn Wachstum und Auszug der Oberkieferbackenzähne größtenteils abgeschlossen sind (NICKELS 2012). Dieser altersbedingte Entwicklungsprozess unterwirft den Kopf erheblichen Umformungen (WAIBL 2004; WISSDORF et al. 2010). Die

fortschreitende Pneumatisierung der Kopfknochen eröffnet Raum für einen Teil der Oberkieferbackenzähne, gleichzeitig schafft sie neben der Reduktion des spezifischen Gewichts große Ansatzflächen für die Kaumuskulatur (DYCE et al. 1991; WAIBL 2004; SALOMON 2008a; KÖNIG u. LIEBICH 2012).

Die Kommunikation der einzelnen Nasennebenhöhlen untereinander und mit dem mittleren Nasengang ist tierartlich unterschiedlich ausgebildet. Es werden zwei Verbindungssysteme beschrieben, wobei das Pferd laut WAIBL (2004) ausschließlich Höhlen besitzt, die in Kommunikation mit dem *Meatus nasi medius* stehen. Den beiden voneinander getrennten Kieferhöhlen (*Sinus maxillares*) sind alle weiteren Nasennebenhöhlen nachgeschaltet (NICKEL et al. 2004). Dadurch entstehen aus funktioneller Sicht zwei Nasennebenhöhlensysteme, die nicht im direkten Kontakt miteinander stehen (COOK 1966a; BARAKZAI 2004; O'LEARY u. DIXON 2011). Je nach Autor und damit verbundener Zusammenfassung der einzelnen Nasennebenhöhlen zu einem gemeinsamen Kompartiment macht die Literatur unterschiedliche Angaben hinsichtlich der Zahl der Nasennebenhöhlen des Pferdes. Die Anzahl variiert zwischen vier und acht Nasennebenhöhlen (HILLMANN 1975; PERKINS 2002; BARAKZAI 2004; WAIBL 2004; SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010; O'LEARY u. DIXON 2011; LIEBICH u. KÖNIG 2012).

Die Kieferhöhle (*Sinus maxillaris*) des Pferdes befindet sich in der Maxilla, dem *Os lacrimale* und dem *Os zygomaticum* (ACKERKNECHT 1943; NICKEL et al. 2004; SALOMON 2008b; LIEBICH u. KÖNIG 2012). Sie bildet in ihrer Gesamtheit die geräumigste Nasennebenhöhle des Pferdes (WAIBL 2004; SALOMON 2008a). Bei jungen Tieren findet die Kieferhöhle zunächst ihre Begrenzung dorsal der *Crista facialis* und kaudal des *Foramen infraorbitale* (WAIBL 2004). Beim erwachsenen Pferd wird die dorsale Grenze durch eine Linie beschrieben, die vom nasalen Augenwinkel bis zur *Incisura nasoincisiva* (SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010) bzw. bis zur Mitte des Nasenrückens (ACKERKNECHT 1943) reicht. Die rostrale Begrenzung befindet sich ca. 2 – 2,5 cm rostral des Vorderendes der *Crista facialis* (SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010). Differenzierter erfolgte die Betrachtung durch ACKERKNECHT (1943). So sei bei ca. 75% der erwachsenen Pferde die vordere Grenze bis zu 5 cm rostral des Vorderendes der Angesichtsleiste, bei der Mehrheit der verbleibenden Pferde genau auf Höhe des Vorderendes der *Crista facialis* und nur in äußerst seltenen Fällen kaudal davon lokalisiert (ACKERKNECHT 1943). Kaudal erstreckt sich die Kieferhöhle des Pferdes bis auf eine Querebene durch die temporalen Augenwinkel beider Augen (ACKERKNECHT 1943; WAIBL 2004) bzw. bis zu einer Senkrechten auf der *Crista facialis* die durch die Mitte des *Margo supraorbitalis* verläuft (SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010). Ventral begrenzt

der Alveolarknochen die Kieferhöhle (ACKERKNECHT 1943; SALOMON 2008a; WISSDORF et al. 2010).

Im Gegensatz zu anderen Haussäugetieren ist die Kieferhöhle des Pferdes in zwei Kompartimente unterteilt, den *Sinus maxillaris rostralis* und caudalis (WAIBL 2004). Die in der Lage variable, querverlaufende Scheidewand, das **Septum sinuum maxillarium**, gliedert den Raum in eine kleine rostrale und eine große kaudale Kieferhöhle (ACKERKNECHT 1943; NICKEL et al. 2004; WISSDORF et al. 2010). Schleimhaut überzieht beidseits diese knöcherne Scheidewand. Sie verschließt natürlich vorkommende knöcherne Defekte im mittleren bzw. dorsalen Abschnitt und somit besteht eine vollständige Trennung zwischen beiden Kieferhöhlen (ACKERKNECHT 1943; NICKEL u. WILKENS 1958). Bei ca. 54% der erwachsenen Pferde befindet sich die Scheidewand 5 – 6,5 cm kaudal des rostralen Endes der *Crista facialis*, bei den restlichen Tieren rostral davon. Die Scheidewand verläuft entweder von ventral schräg nach kaudodorsal oder ist geknickt (ACKERKNECHT 1943). Es besteht ein Kontakt zum *Os lacrimale* und zur Maxilla bis auf Höhe des *Ductus nasolacimalis*. Ventral stößt sie an die Alveolen der Backenzähne und setzt medial an der Knochenplatte an, die im oberen freien Rand den *Canalis infraorbitalis* enthält. Dorsal steht die Scheidewand in Kontakt mit Anteilen der Spirallamelle der *Concha nasalis ventralis*, die sich individuell unterschiedlich nach kaudal in den *Sinus maxillaris caudalis* vorwölbt (NICKEL u. WILKENS 1958).

Der ***Sinus maxillaris rostralis*** liegt vollständig in der Maxilla (WAIBL 2004; LIEBICH u. KÖNIG 2012). Medial, über den *Canalis infraorbitalis* hinweg, steht er über die dorsal gebogene, relativ enge ***Apertura conchomaxillaris*** in Verbindung mit der ventralen Muschelhöhle (***Sinus conchae ventralis***) (ACKERKNECHT 1943; NICKEL u. WILKENS 1958; NICKEL et al. 2004; WAIBL 2004; NAV 2005; SALOMON 2008b; BUDRAS u. RÖCK 2009; WISSDORF et al. 2010; LIEBICH u. KÖNIG 2012). In einer computertomographischen Studie wies diese sagittal orientierte Öffnung eine Länge von 3 – 5 cm und eine Weite von 0,1 – 0,8 cm auf und lag auf Höhe des rostralen Endes des zweiten molaren Backenzahns (M2) bis mittig des dritten Molaren (M3) (PROBST et al. 2005). Die ventrale Muschelhöhle ist die kaudale Abteilung der ventralen Nasenmuschel und wird von deren rostraler Abteilung durch das *Septum conchae ventralis* getrennt. Die ventrale Nasenmuschel ist im Vergleich zur dorsalen Nasenmuschel kürzer und reicht vom M3 nach rostral bis auf Höhe des zweiten prämolaren Backenzahns (P2) (WISSDORF et al. 2010).

Der ***Sinus maxillaris caudalis*** begrenzt die Orbitawand kraniomedial (WAIBL 2004). Der kaudale Abschnitt des *Canalis infraorbitalis* und die ihn stützende Knochenleiste unterteilen diese Höhle in eine große ventrolaterale und eine kleine dorsomediale Abteilung (NICKEL u.

WILKENS 1958; WAIBL 2004). Der *Sinus maxillaris caudalis* steht mit der Stirnhöhle (*Sinus frontalis*) und dem kaudalen Abschnitt der dorsalen Nasenmuschel (*Sinus conchae dorsalis*) über die *Apertura frontomaxillaris* in weit offener Verbindung (ACKERKNECHT 1943; NICKEL u. WILKENS 1958; WAIBL 2004; NICKEL et al. 2004; NAV 2005; SALOMON 2008b; BUDRAS u. RÖCK 2009; WISSDORF et al. 2010; LIEBICH u. KÖNIG 2012). Gemeinsam bilden Sie den *Sinus conchofrontalis*. Die dorsale Nasenmuschel ist die am längsten ausgebildete und reicht von der *Lamina cribrosa ossis ethmoidalis* nach rostral bis auf Höhe des P2 (WISSDORF et al. 2010). Nach NICKEL (2004) wird die Öffnung zwischen dem *Sinus maxillaris caudalis* und dem *Sinus sphenopalatinus* als *Apertura palatomaxillaris* bezeichnet. Sie liegt kaudovernal in der dorsomedialen Abteilung des *Sinus maxillaris caudalis* und führt in den *Sinus palatinus* (NICKEL u. WILKENS 1958).

Die Gaumen-Keilbeinhöhle (*Sinus sphenopalatinus*) liegt im Gegensatz zu den übrigen Nasennebenhöhlen, die sich in den paarig angelegten Kopfknochen befinden, im unpaaren Keilbein (*Os sphenoidale*) (NICKEL u. WILKENS 1958). Die Bezeichnung Gaumen-Keilbeinhöhle ist pferdespezifisch und darin begründet, dass die equine Keilbeinhöhle (*Sinus sphenoidalis*) zumeist Anschluss an die Gaumenhöhle (*Sinus palatinus*) findet (NICKEL et al. 2004; WAIBL 2004; NAV 2005; SALOMON 2008b; BUDRAS u. RÖCK 2009; LIEBICH u. KÖNIG 2012).

Die mittlere Nasenmuschelhöhle (*Sinus conchae mediae*) ist klein und reicht beim Pferd im Gegensatz zu anderen Haussäugetieren rostral nicht über den Nasengrund hinaus (BUDRAS u. RÖCK 2009). Über die Kommunikation des *Sinus conchae mediae* mit den benachbarten Nasennebenhöhlen und der Nasenhöhle existieren in der Literatur unterschiedliche Angaben. Einige Autoren beschreiben einen Anschluss des *Sinus conchae mediae* an den *Sinus maxillaris caudalis* (NICKEL u. WILKENS 1958; WISSDORF et al. 2010). Laut NICKEL und WILKENS (1958) führt von der medialen Abteilung der großen Kieferhöhle ein schmaler, mäßig rostroventral geneigter Schlitz in der *Lamina externa* des Siebbeins in den *Sinus conchae mediae*. Andere Autoren beschreiben einen eigenen, schlitzförmigen Zugang dieser Nasennebenhöhle zur Nasenhöhle (BUDRAS u. RÖCK 2009; NÖLLER u. BUDRAS 2009). In keiner der Beschreibungen erhielt diese Öffnung einen Eigennamen.

Auch die weitläufige Öffnung zwischen dem *Sinus conchae dorsalis* und dem *Sinus frontalis* sowie die Öffnung zwischen dem *Sinus palatinus* und dem *Sinus sphenoidalis* bleiben ohne Eigennamen.

2.A.3 Kommunikation zwischen den Nasennebenhöhlen und der Nasenhöhle

Wie bereits beschrieben schließt sich der mittlere Nasengang der jeweiligen Kopfseite direkt oder indirekt den Nasennebenhöhlen des Pferdes an (NICKEL u. WILKENS 1958; NICKEL et al. 2001; WAIBL 2004). Die *Apertura nasomaxillaris* gilt als sinunasale Verbindung (BARAKZAI 2004). Sie bietet dem rostralen und dem kaudalen *Sinus maxillaris* einen gemeinsamen Zugang zu den Nasengängen (PERKINS 2002; WAIBL 2004; SALOMON 2008a; BUDRAS u. RÖCK 2009; TATARNIUK et al. 2009; WISSDORF et al. 2010; LIEBICH u. KÖNIG 2012). Im Gegensatz dazu beschreibt COOK (1966a) anhand von Ausgusspräparaten einerseits einen *Ductus nasomaxillaris*, der eine Verbindung des *Sinus maxillaris caudalis* mit dem mittleren Nasengang darstellt, sowie ein eigenständiges Ostium zur Belüftung des *Sinus maxillaris rostralis*.

Bei der *Apertura nasomaxillaris* handelt es sich um eine dorsoventral abgeplattete Öffnung mit einem sich anschließenden, spaltförmigen Kanal, der zwischen der dorsalen und ventralen Nasenmuschel auf Höhe des fünften bis sechsten Backenzahnes (M2 – M3) liegt (ACKERKNECHT 1943; NICKEL u. WILKENS 1958; PROBST et al. 2005). Die Längenausdehnung der *Apertura nasomaxillaris* variiert je nach Autor zwischen 1,5 – 6,1 cm und die Höhenangaben zwischen 0,1 – 0,25 cm (ACKERKNECHT 1943; PROBST et al. 2005; TATARNIUK et al. 2009). Die *Apertura nasomaxillaris* beginnt an der mesialen Kontaktfläche des vierten prämolaren Backenzahns (P4) und endet an der distalen Kontaktfläche des ersten Molaren (M1). Im kontralateralen Seitenvergleich konnten keine Variationen hinsichtlich dieser Lage festgestellt werden (TATARNIUK et al. 2009). Ausgehend von der *Apertura nasomaxillaris* entwickeln sich ein lateraler und ein kaudaler Anteil. Während der laterale Schenkel auf Höhe des fünften Backenzahns (M2) den Zugang zum *Sinus maxillaris rostralis* schafft, führt der kaudale Schenkel auf Höhe des letzten Backenzahns (M3) in den *Sinus maxillaris caudalis* (NICKEL u. WILKENS 1958). Die dorsale Anheftung der kaudal gerichteten Ausbuchtung des *Sinus conchae ventralis* an die Maxilla sorgt für diese Bifurkation der *Apertura nasomaxillaris* und damit zur Entstehung zweier eigenständiger Zugänge in die maxillären Sinus (TATARNIUK et al. 2009).

Der Zugang in den *Sinus maxillaris rostralis* liegt zwischen der Spirallamelle des *Os conchae ventralis* und der Maxilla. Beide Strukturen verwachsen partiell miteinander. An anderer Stelle verbleibt ein Spalt, sodass ein Zugang zum *Sinus maxillaris rostralis* möglich ist (ZIETZSCHMANN 1943; NICKEL u. WILKENS 1958; PERKINS 2002). Der Anschluss des *Sinus maxillaris rostralis* an den Kanal liegt medial auf Höhe des *Ductus nasolacrimalis* (ZIETZSCHMANN 1943; PERKINS 2002; TATARNIUK et al. 2009). NICKEL und WILKENS (1958) sowie ZIETZSCHMANN (1943) geben als Längenangabe für den Zugang 1,5 – 2,5 cm an. PER-

KINS (2002) nennt als maximale Weite der *Apertura nasomaxillaris* im Bereich des Zugangs in den *Sinus maxillaris rostralis* Werte von 0,5 – 2,2 cm (Median 1,2 cm). NICKEL und WILKENS (1958), PERKINS (2002) sowie TATARNIUK et al. (2009) finden stets einen Zugang zum *Sinus maxillaris rostralis*. Im Gegensatz dazu führt laut ACKERKNECHT (1943) meist ein enger Spalt in den *Sinus maxillaris rostralis* und zwar dann, wenn sich die ventrale Muschelhöhle in den *Sinus maxillaris rostralis* vorwölbt. Ohne eine solche Vorwölbung ist das Muschelbein eventuell mit der Maxilla verschmolzen und der Spalt fehlt (ACKERKNECHT 1943). Die computer-tomographische Studie von PROBST et al. (2005) bezeichnet die *Apertura nasomaxillaris* als Verbindung zwischen dem *Sinus maxillaris caudalis* und dem mittleren Nasengang. Eine Verbindung zum *Sinus maxillaris rostralis* erwähnt diese Studie nicht.

Der Boden des *Sinus conchae dorsalis* begrenzt dorsal und das Dach des *Sinus conchae ventralis* ventral den Zugang in den *Sinus maxillaris caudalis* (NICKEL u. WILKENS 1958; PERKINS 2002; TATARNIUK et al. 2009). Laut NICKEL und WILKENS (1958) erfolgt medial und lateral eine Begrenzung durch kleine Schleimhautfalten. TATARNIUK et al. (2009) beschreiben als laterale Grenze die Maxilla und als mediale Begrenzung die mediale Wand des *Sinus conchae ventralis*. Je nach Ausbildung der ventralen Muschelhöhle lassen sich gewisse Variationen hinsichtlich der Lage des Zugangs innerhalb der Nasennebenhöhlen feststellen. Erfolgt eine weite, kaudale Vorwölbung der Muschelhöhle, trifft die Mündung auf den rostralen Rand der *Apertura frontomaxillaris* und verbindet somit den mittleren Nasengang direkt mit dem *Sinus conchofrontalis*. Findet hingegen keine oder nur eine geringe Einwölbung der ventralen Muschelhöhle in den *Sinus maxillaris caudalis* statt, so liegt die Öffnung rostral der *Apertura frontomaxillaris* (ACKERKNECHT 1943; NICKEL u. WILKENS 1958).

2.A.4 Räumliche Beziehung der Nasennebenhöhlen zu Zähnen und Infraorbitalkanal

Die enge räumliche Beziehung zwischen den Nasennebenhöhlen und den Oberkieferbackenzähnen ist klinisch von außerordentlicher Bedeutung, da sich Erkrankungen der Zähne über die knöcherne Alveole und die feine Sinusschleimhaut in den Nasennebenhöhlen ausbreiten können (KENNEDY et al. 2016). Die Literatur beschreibt verschiedenste Positionen der Oberkieferbackenzähne im Verhältnis zu den Nasennebenhöhlen. Viele Autoren verorten die letzten vier Backenzähne unterhalb der maxillären Sinus (TAYLOR 1955; PERKINS 2002; BARAKZAI 2004; BAKER u. EASLEY 2007; ROBINSON u. FURLOW 2007; SALOMON 2008a; BUDRAS u. RÖCK 2009; WISSDORF et al. 2010), wobei P4 und M1 unterhalb des *Sinus maxillaris rostralis* und M2 und M3 unterhalb des *Sinus maxillaris caudalis* liegen (BARAKZAI 2004; BAKER u. EASLEY 2007; ROBINSON u. FURLOW 2007). BAKER und EASLEY (2007) wei-

sen auf zahlreiche Variationen und Normvarianten hin. So kann die vordere Begrenzung des *Sinus maxillaris rostralis* mittig über dem dritten Prämolaren (P3), aber auch mittig über dem M1 liegen. Auch BUDRAS und RÖCK (2009) zeigen auf, dass die Zuordnung der Zahnwurzeln zu den Kieferhöhlen individuell variiert und sowohl die letzten beiden (M2 und M3), als auch die letzten drei Backenzähne (M1 – M3) mit ihren Alveolen in den *Sinus maxillaris caudalis* hineinragen können. Laut HILLMANN (1975) projizieren sich ausschließlich die letzten drei Backenzähne in die maxillären Sinus. Detaillierter beschrieben WISSDORF et al. (2010) und SALOMON (2008a) den Kontakt der Alveolarwände von P4, M1 und M2 mit dem *Sinus maxillaris rostralis* sowie das Angrenzen der Alveolarwände von M2 und M3 an den *Sinus maxillaris caudalis*. Der individuelle Verlauf des *Septum sinuum maxillarium* sorgt dafür, dass die Alveole des M2 sowohl im Bereich des rostralen wie auch des kaudalen maxillären Sinus liegen kann, wobei der Großteil dieses Zahnes im Kontakt zum *Sinus maxillaris caudalis* steht (WISSDORF et al. 2010). Des Weiteren ist zu beachten, dass die Zähne durch einen alterstypischen Drift mit der Zeit nach rostral wandern und sich die Proportionen des Kopfes verändern, sodass der Schädel wie auch die Nasennebenhöhlen mit zunehmendem Alter länger erscheinen (BAKER u. EASLEY 2007). In Übereinstimmung mit BAKER und EASLEY (2007) weisen auch DYCE et al. (1991) auf eine mesiale Wanderung der Backenzähne hin. Beim neugeborenen Fohlen besteht zunächst ein Kontakt des Nasennebenhöhlenbodens zum letzten Prämolaren (P4) und dem ersten, noch nicht vollständig entwickelten Molaren (M1). Altersabhängig existiert im weiteren Verlauf Kontakt zu den letzten vier Zähnen (P4 – M1), wobei sich dieser im hohen Alter auf die letzten drei Backenzähne beschränkt (DYCE et al. 1991).

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass durch die Entwicklung der Backenzähne auch der Boden der Kieferhöhle deutliche Veränderungen erfährt. Bei sehr jungen Pferden erreichen die Backenzähne den Boden der Nasennebenhöhlen nicht. Sie sind durch spongiösen Knochen voneinander getrennt, und der Boden erscheint zu diesem Zeitpunkt fast eben (ACKERKNECHT 1943). Der ***Canalis infraorbitalis*** liegt diesem flach auf und bildet einen rundlichen Wulst (ACKERKNECHT 1943; NICKEL u. WILKENS 1958). In einem Alter von vier bis fünf Monaten beginnen die Alveolen in das Lumen der Kieferhöhlen hineinzuragen. Der *Canalis infraorbitalis* verbindet die zylinderartigen Vorstülpungen an der dorsomedialen Seite miteinander. Beim einjährigen Pferd verschmelzen diese Kuppen zu einem längsverlaufenden Alveolarwulst. Später findet eine Muldenbildung auf den Kuppen statt, die mit der Ausformung der Zahnwurzeln in Zusammenhang steht (ACKERKNECHT 1943). Der *Canalis infraorbitalis* hebt sich in der weiteren Entwicklung von den Alveolen ab, steht mit diesen aber noch durch einen dünnen Knochensteg in Verbindung (ACKERKNECHT 1943; NICKEL u. WILKENS 1958). Bis zu einem Alter von etwa drei Jahren engen die im Bereich der Kieferhöh-

len befindlichen Backenzähne das Lumen durch zunehmendes Längenwachstum ein. Später stellt sich durch die Verkürzung der Zähne ein entgegengesetzter Effekt ein (ACKERKNECHT 1943).

2.B Erkrankungen der Nasennebenhöhlen des Pferdes und ihre Diagnostik

2.B.1 Erkrankungen der Nasennebenhöhlen des Pferdes

Neben sekundären, meist dentogen bedingten Sinusitiden finden auch viele andere Erkrankungen ihren direkten Ursprung im Bereich der Nasennebenhöhlen bzw. deren Schleimhaut. Primäre Sinusitiden, Schleimhautzysten und progressive ethmoidale Hämatome gehören ebenso wie neoplastische Entartungen zu den häufiger vorkommenden Krankheitsbildern (DIXON et al. 2011; WAGUESPACK u. TAINTOR 2011).

Eine gesicherte Diagnose und insbesondere die Differenzierung zwischen einer primären und einer sekundären Nasennebenhöhlenerkrankung sind essenziell, um anschließend eine zielgerichtete Therapie durchführen zu können. In vielen Fällen bedarf es dazu einer umfangreichen klinischen und bildgebenden Diagnostik (EASLEY u. FREEMAN 2013, BARAKZAI u. DIXON 2014).

2.B.1.1 Sinusitiden

Der Begriff Sinusitis beschreibt die entzündliche Erkrankung der Nasennebenhöhlenschleimhaut. BOULTON (1985) beziffert die Inzidenz derartiger Erkrankungen des Pferdes auf 1,06% aller Patienten. Sinusitiden treten beim Pferd in der Regel einseitig auf, können aber in seltenen Fällen auch bilateral vorkommen (TREMAINE u. FREEMAN 2006; O'LEARY u. DIXON 2011). Die Mehrzahl der Pferde mit Entzündungen der Nasennebenhöhlen befindet sich bei Vorstellung bereits in einem chronischen Krankheitsstadium, und die Erkrankung ist antibiotisch vorbehandelt (BOULTON 1985; TREMAINE u. DIXON 2001a; DIXON et al. 2011). Es sind weder Alters-, Rasse- noch Geschlechtsprädispositionen für bestimmte Formen der Sinusitis bekannt (TREMAINE u. FREEMAN 2006).

2.B.1.1.1 Ätiopathogenese von Sinusitiden

Ohne erkennbare Prädisposition oder Vorerkrankung können Sinusitiden zum einen primär auftreten, ausgelöst durch Bakterien, Viren oder Pilze. Zum anderen folgen sie sekundär Erkrankungen der Zähne oder nichtentzündlichen Erkrankungen der Nasennebenhöhlen (O'LEARY u. DIXON 2011), wie Mykosen, Sinuszysten, progressiven Siebbeinhämatomen, Neoplasien, Conchennekrosen oder Traumata. Beim Pferd entstehen Entzündungen der Nasennebenhöhlen meist sekundär, wobei ungefähr die Hälfte dieser Erkrankungen auf einen

dentogenen Ursprung zurückzuführen ist (MASON 1975; FEIGE et al. 2000; STOIAN et al. 2006).

Es gibt drei Schlüsselemente, die die physiologische Funktion der Nasennebenhöhlen maßgeblich beeinflussen können (REIMER et al. 1978):

- 1.) die Durchgängigkeit der natürlichen Drainagewege,
- 2.) die Funktion der mukoziliären Clearance sowie
- 3.) die Qualität und Menge des Exsudats.

Diese Faktoren beeinflussen einander direkt, sodass sich die Störung eines Faktors nachteilig auf das gesamte System auswirken kann. Das Einwirken eines entzündungsinduzierenden Reizes auf die Schleimhaut führt zu einer erhöhten Exsudatproduktion. Zudem obstruiert die ohnehin englumige *Apertura nasomaxillaris* durch Hyperplasie und Hypertrophie der Schleimhaut (SIMHOFFER u. ZETNER 2003; TREMAINE u. FREEMAN 2006; DIXON u. O'LEARY 2012). Dieses Ungleichgewicht bewirkt eine Ansammlung von Sekret und entzündlichem Exsudat in den Nasennebenhöhlen. Vorhandene Bakterien finden dadurch günstige Wachstumsbedingungen (O'LEARY u. DIXON 2011). Eine granulozytäre Einwanderung und Phagozytose führen schließlich zur Ausbildung eines Empyems (SIMHOFFER u. ZETNER 2003). Im weiteren Verlauf kann eingetrockneter Eiter weitere Entzündungserscheinungen hervorrufen und die Voraussetzungen für eine chronische Manifestation der Sinusitis schaffen (PERKINS u. BARAKZAI 2005; DIXON u. O'LEARY 2011).

2.B.1.1.2 Primäre Sinusitiden

Bakterielle, virale oder mykotische Infektionen der oberen Atemwege schädigen das mukoziliäre Clearancesystem der paranasalen Schleimhaut und führen zu einer Stagnation von Sekret in den betroffenen Sinuskompartimenten mit den oben genannten Konsequenzen (RUSH u. MAIR 2004). Bei primären Sinusitiden werden kulturell als bakterielle Erreger typischerweise β -hämolysierende Streptokokken nachgewiesen (BEARD u. HARDY 2001). Seltener werden auch *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacteroides* ssp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus* ssp., *Peptostreptococcus* ssp. und *Corynebacterium* ssp. gefunden (RUGGLES et al. 1993), wobei die ätiologische Bedeutung der Erreger häufig unklar bleibt (TREMAINE u. FREEMAN 2006).

2.B.1.1.3 Sekundäre Sinusitiden

Bei sekundären Sinusitiden können Bakterien einerseits durch eine Primärerkrankung in die Sinus gelangen und zu den oben beschriebenen entzündlichen Veränderungen führen. Andererseits können raumfordernde Prozesse in den Nasennebenhöhlen eine Obstruktion der

Apertura nasomaxillaris hervorrufen und so den Abfluss der Sekrete aus den Sinus verhindern (O'LEARY u. DIXON 2011). Deren Ansammlung stellt einen optimalen Nährboden für Bakterien und Pilze dar.

2.B.1.1.4 Symptome bei Erkrankungen der equinen Nasennebenhöhlen

Als erstes äußerlich sichtbares Anzeichen einer Sinusitis zeigt sich in den meisten Fällen einseitig auftretender, mukopurulenter bis purulenter Nasenausfluss (DIXON et al. 2011; NICKELS et al. 2012). Eine dentogene Sinusitis begleitet fast immer ein ausgeprägt übler Geruch (FEIGE et al. 2000; BARTMANN et al. 2002; TREMAINE u. FREEMAN 2006; DIXON et al. 2012). Transluzenter, honigfarben schillernder, geruchloser Nasenausfluss kann auf das Vorliegen einer paranasalen Sinuszyste hinweisen. Mit Fortschreiten der Erkrankung und eintretender sekundärer Entzündung der Nasennebenhöhlenschleimhaut wird auch dieser Ausfluss purulent (BEARD u. HARDY 2001; TREMAINE u. DIXON 2001a). Blutiger Nasenausfluss kann bei traumatisch bedingten Sinuserkrankungen auftreten und ist typisch für progressive Siebbeinhämatome (BEARD u. HARDY 2001; TREMAINE u. DIXON 2001a). Dieser Ausfluss riecht für gewöhnlich nicht übel. Bei einer vollständigen Obstruktion der *Apertura nasomaxillaris* oder der Nasengänge kann der charakteristische Nasenausfluss vollständig fehlen (TREMAINE et al. 2001). Schwellungen im Angesicht treten vermehrt bei Sinuszysten, sinunasalen Neoplasien sowie Traumata auf, und somit vor allem bei Erkrankungen, die mit raumfordernden Prozessen einhergehen (TREMAINE u. DIXON 2001a). Auch die benachbarten Strukturen der Sinus, wie die Nasenmuscheln, das Nasenseptum, die knöcherne Orbita und der *Ductus nasolacimalis* können von diesen Prozessen betroffen sein. In der Folge kann es zur Verlegung der Nasengänge mit begleitender Dyspnoe und Stridor, Epiphora und Exophthalmus kommen (BERTONE et al. 1993; FREEMAN 2003). Weiterhin lassen sich regelmäßig Vergrößerungen der ipsilateralen, mandibulären Lymphknoten feststellen. Fistelbildungen im Angesicht hingegen werden seltener beobachtet, zumeist begleiten sie dentogene Sinusitiden und sinunasale Traumata (TREMAINE u. DIXON 2001a).

2.B.2 Diagnostische Möglichkeiten im Bereich der equinen Nasennebenhöhlen

Eine Übersicht der diagnostischen Möglichkeiten bei einseitigem Nasenausfluss des Pferdes, insbesondere bei Sinusitiden, gibt **Publikation 3** (siehe Kapitel 11). Der folgende Text ist dieser Publikation in Teilen entnommen.

2.B.2.1 Spezielle klinische Untersuchung des Kopfes

Neben einer ausführlichen anamnestischen Befragung der Pferdebesitzer (McGORUM u. DIXON 2007) und der klinischen Allgemeinuntersuchung (GLITZ u. DEEGEN 2010) steht bei

Pferden mit dem Verdacht einer Erkrankungen der Nasennebenhöhlen die gezielte Untersuchung des Angesichts im Vordergrund. Wie bereits in Abschnitt 2.B.1.1.4 beschrieben, lassen sich typische Befunde erheben. Nasenausfluss, ein abgeschwächter oder seitenvergleichend ungleichmäßiger Luftstrom aus den Nüstern, abnorme Atemgeräusche (BEARD u. HARDY 2001), Schwellungen im Angesicht mit möglicher asymmetrischer Ausprägung, Exophthalmus und Epiphora können auf Erkrankungen der Sinus hindeuten. Die Untersuchung mittels Perkussion beschränkt sich auf die Stirn- und Kieferhöhlen. Ein dumpfer Schall kann das Vorhandensein von Flüssigkeit oder pathologischen Gewebsmassen in den Sinus anzeigen. Diese Technik gilt jedoch als wenig zuverlässig (BERTONE et al. 1993; FREEMAN 2003).

2.B.2.2 Untersuchung der Maulhöhle

Die Untersuchung der Maulhöhle erfolgt am sedierten Pferd mit einem Vollgatter (**Publikation 3**). Sie kann wichtige Hinweise auf mögliche dentogene Ursachen einer Sinusitis liefern. Frakturierte Backenzähne im Bereich des Oberkiefers sowie eröffnete Pulpenpositionen, Fissuren und Diastemata oder andere tiefreichende periodontale Erkrankungen können sekundäre Sinusitiden verursachen (O'LEARY u. DIXON 2011). Gelegentlich existieren Ausführungsgänge in der Gingiva, die auf orosinuidale oder alveolokutane Fisteln hindeuten (BEARD u. HARDY 2001).

2.B.2.3 Endoskopie

Die transnasale Endoskopie ermöglicht die nicht-invasive Untersuchung der Nasenhöhle und dient bei Verdacht einer Sinusitis vor allem dem Ausschluss anderer, differentialdiagnostisch denkbarer Erkrankungen der oberen und tiefen Atemwege (BEARD u. HARDY 2001; FREEMAN 2003). Die Nasengänge werden auf vorhandenes Sekret bzw. Exsudat, mykotische Auflagerungen, Traumata und sinunasale Fisteln untersucht (O'LEARY u. DIXON 2011). Der Abfluss entzündlichen Exsudats oder hervorragendes Gewebe aus der *Apertura nasomaxillaris* weisen eindeutig auf pathologische Veränderungen in den Sinus hin. Bei intermittierendem Nasenausfluss fehlt zum Zeitpunkt der Untersuchung bisweilen der Abfluss von pathologischer Flüssigkeit aus der *Apertura nasomaxillaris* (BEARD u. HARDY 2001).

2.B.2.4 Sinuskopie

Die Sinuskopie lässt die Untersuchung der meisten anatomischen Strukturen innerhalb der Nasennebenhöhlen und die gleichzeitige Entnahme einer Biopsie unter direkter Sichtkontrolle zu (BEARD u. HARDY 2001; BARAKZAI u. PERKINS 2005; O'LEARY u. DIXON 2011).

Sie gelingt mit einem dünnen Endoskop in chronischen Krankheitsfällen oder nach vorangegangenen operativen Eingriffen transnasal über den physiologischen Weg der *Apertura nasomaxillaris* (BEARD u. HARDY 2001; NOWAK u. SCHULTE-BAHRENBURG 2011; DIXON u. O'LEARY 2012) oder nach Trepanation der Stirn- oder Kieferhöhlen (TREMAINE 2007). Bei Pferden unter fünf (BARAKZAI u. PERKINS 2005) bzw. sechs Jahren (PERKINS et al. 2009) sollte die Trepanation des *Sinus maxillaris rostralis* unterbleiben, da es zu einer apikalen Schädigung der Backenzähne kommen kann. TREMAINE (2007) empfiehlt die Sinuskopie des rostralen maxillären Sinus mittels einer Trepanation erst ab einem Alter von zehn Jahren.

2.B.2.5 Sinuzentese

Die Sinuzentese erlaubt den Zugang zu den Nasennebenhöhlen unter minimalinvasiven Bedingungen. Diese Technik ermöglicht die Gewinnung von Flüssigkeit für zytologische oder bakteriologische Untersuchungen bzw. von Gewebebiopsien für die histologische Aufarbeitung (BERTONE et al. 1993), wenn der natürliche Weg über die *Apertura nasomaxillaris* versperrt ist. Die Zentese kann am stehenden, sedierten Pferd nach aseptischer Vorbereitung und Lokalanästhesie mit einem Steinman-Pin oder einer Kanüle erfolgen (FREEMAN 2003). Die Lokalisationen für eine Zentese der entsprechenden Kieferhöhlen beschreiben mehrere Veröffentlichungen ausführlich (RUGGLES et al. 1991; BERTONE et al. 1993; PERKINS et al. 2009).

2.B.2.6 Bildgebende Verfahren

Die röntgenologische Untersuchung des Kopfes ist eine Standarduntersuchung beim Verdacht einer Erkrankung der Nasennebenhöhlen. Moderne bildgebende Verfahren wie die Computertomographie (CT) (HENNINGER et al. 2003), die Magnetresonanztomographie (MRT) (ARENCIBIA et al. 2000) und die Szintigraphie (BARAKZAI et al. 2006) ergänzen vor allem röntgenologische Befunde.

2.B.2.6.1 Röntgen

Sinusitiden verursachen durch eine hypertrophe Schleimhaut oder die Ansammlung von purulentem Material diffuse röntgenologische Verschattungen im Bereich der betroffenen Sinus (O'LEARY u. DIXON 2011). Häufige röntgenologische Befunde bei Sinusitiden sind zudem Flüssigkeitsansammlungen in den Nasennebenhöhlen, die sich auf laterolateralen Aufnahmen in Form von horizontalen Linien zeigen. Die Bereiche unterhalb der Linien weisen eine höhere Dichte auf als die oberhalb (FEIGE et al. 2000; BARAKZAI u. McALLISTER 2006). Im Gegensatz dazu konnte im Rahmen einer aktuelleren Studie, in der 200 an Sinusitiden erkrankte Pferde untersucht wurden, nur bei 48% ein Flüssigkeitsspiegel röntgenologisch dar-