

Aus dem  
Veterinärwissenschaftlichen Department  
Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie  
Vorstand Prof. Dr. Dr. Fred Sinowatz

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Priv.-Doz. Dr. Johann Maierl

# „Der Pferdekopf“ - ein interaktives Lernprogramm

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von  
Isabell-Christin Miriam Albert  
aus  
Tuttlingen

München 2010

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Johann Maierl

Korreferentin: Priv.-Doz. Dr. Bettina Wollanke

Tag der Promotion: 24. Juli 2010

Meiner Oma

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht .....</b>	<b>2</b>
2.1	Das e-Learning und seine Varianten .....	2
2.1.1	Computer Based Training (CBT) .....	2
2.1.2	Web Based Training (WBT).....	2
2.1.3	Blended Learning .....	3
2.2	Erstellung eines Lernprogramms .....	3
2.2.1	Planung .....	3
2.2.2	Durchführung.....	4
2.2.2.1	Auswahl der Programmiersprache .....	4
2.2.2.2	Textauswahl und Textgestaltung .....	4
2.2.2.3	Bilder .....	5
2.3	Anatomische Strukturen am Pferdekopf .....	6
2.3.1	Skelettsystem .....	6
2.3.1.1	Allgemeines zum Kopfskelett .....	6
2.3.2	Muskelsystem.....	56
2.3.2.1	Faszien des Kopfes.....	56
2.3.2.2	Hautmuskeln des Kopfes, Musculi cutanei capitis .....	58
2.3.2.3	Muskeln des Kopfes .....	59
2.3.3	Kreislaufsystem .....	83
2.3.3.1	Arterien des Kopfes.....	83
2.3.3.2	Venen des Kopfes .....	93
2.3.4	Nervensystem .....	101
2.3.4.1	N. trigeminus (V) .....	105
2.3.4.2	N. facialis oder intermediofacialis (VII) .....	122
2.3.4.3	N. glossopharyngeus (IX).....	129
2.3.4.4	N. vagus (X) .....	134
2.3.4.5	N. accessorius (XI).....	142
2.3.4.6	N. hypoglossus (XII) .....	144
2.3.5	Atmungsapparat .....	146
2.3.5.1	Obere Atemwege .....	148
2.3.5.2	Untere Atemwege.....	163
2.3.6	Verdauungsapparat .....	184
2.3.6.1	Mundhöhle, Cavum oris.....	185
2.3.6.2	Anhangsdrüsen der Mundhöhle .....	206
2.3.6.3	Schlundkopf, Rachen, Pharynx .....	214
2.3.6.4	Speiseröhre, Esophagus, Oesophagus .....	231
2.3.7	Luftsack, Diverticulum tubae auditivae .....	231

---

<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>242</b>
3.1	Erstellung von anatomischen Präparaten und Bildern von Pferdeköpfen .....	242
3.1.1	Untersuchungsmaterial.....	242
3.1.1.1	Herkunft, Vorbereitung und Lagerung .....	242
3.1.2	Arbeitsschritte.....	242
3.1.2.1	Überlegungen zu den einzelnen Themengebieten .....	242
3.1.2.2	Präparationsschritte .....	244
3.1.2.3	Anfertigung der Bilder.....	247
3.1.2.4	Digitale Nachbearbeitung der Bilder .....	248
3.1.2.5	Bearbeitung der endoskopischen Filme .....	248
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>249</b>
4.1	Lernprogramm „Der Pferdekopf“ .....	249
4.1.1	Navigation .....	249
4.1.2	Knochen- und Muskelkapitel.....	251
4.1.3	Gefäßkapitel .....	252
4.1.4	Nervenkapitel .....	253
4.1.5	Eingeweide.....	254
4.1.6	Quiz .....	254
4.1.7	Pferdekopfpräparate.....	255
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>257</b>
5.1	Traditionelle Lehr- und Lernmethoden: Vor- und Nachteile .....	257
5.2	Computerunterstütztes Lernen: Vor- und Nachteile .....	257
5.3	CUL in der Tiermedizin .....	258
5.4	Das Lernprogramm „Der Pferdekopf“ .....	259
5.5	Plastinate.....	260
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>261</b>
<b>7</b>	<b>Summary</b> .....	<b>262</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>263</b>

Alle anatomischen Termini wurden gemäß der 5. Auflage der Nomina Anatomica Veterinaria verwendet (NAV, 2005).

## **Abkürzungsverzeichnis**

A., Aa.	Arteria, Arteriae
Art.	Articulatio
For.	Foramen
Ggl.	Ganglion
Gl., Gll.	Glandula, Glandulae
Lc.	Lymphocentrum
Lig., Ligg.	Ligamentum, Ligamenta
Ln., Lnn.	Lymphonodus, Lymphonodi
M., Mm.	Musculus, Musculi
N., Nn.	Nervus, Nervi
Proc.	Processus
R., Rr.	Ramus, Rami
V., Vv.	Vena, Venae

---

## 1 Einleitung

Studierende der Tiermedizin müssen sich innerhalb der ersten vier Semester eine Vielzahl von anatomischen Fakten aneignen. Meist geschieht dies zusätzlich zum Besuch der Vorlesungen und der Präparierübungen mit Hilfe von einschlägigen Lehrbüchern und Skripten.

Das e-Learning (und seine Unterformen) bietet eine zeitgemäße Möglichkeit, nicht zuletzt dem Problem der stetig steigenden Anzahl der Studierenden zu begegnen, da der Unterricht mit Hilfe des e-Learnings effektiver gestaltet werden kann (LENOBLE, 2005).

Mit Projekten wie z.B. „Inside DOG: The Head“ Virtuelle Realität in der Veterinäranatomie (BLANCK, 2003), „Bovine Digit“ ein multimediales 3D-Lernprogramm (ZENGERLING, 2004), um nur ein paar einzelne zu nennen, wurden in der Tieranatomie in München schon einige solcher Projekte entwickelt.

Diese Arbeit ist ein Beitrag zum Blended Learning und soll den Studierenden eine zusätzliche Hilfe bei der Vor- und Nachbereitung der klinisch-topographischen Anatomie des Pferdekopfes sein.

Studenten sollen mit Hilfe dieser Arbeit, vor allem dem beigefügten Lernprogramm, den zeitlich knapp behandelten Unterrichtsstoff in ihrem eigenen Lerntempo, unabhängig von Ort und Zeit und einer lehrenden Person ein weiteres Mal bearbeiten können.

Um also weiterhin eine zeitgemäße Ergänzung des anatomischen Unterrichts anbieten zu können, wurde ein weiteres anspruchsvolles Thema – die topographische Anatomie des Pferdekopfes – aufgegriffen und ausgearbeitet.

---

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Das e-Learning und seine Varianten

Der Begriff e-Learning kann nicht so einfach definiert werden, da er uneinheitlich verwendet wird. Im weiteren Sinne fasst man unter dem Begriff e-Learning verschiedene Lehr- und Lernangebote zusammen, die neue Medien und Computer verwenden. Die multimedialen audio-visuellen und textuellen Daten werden hierbei auf einem Speichermedium (z.B. CD-ROM oder DVD) oder über Netzwerke bereitgestellt. Stellt ein System unter Verwendung elektronischer Mittel einen adaptiven und interaktiven Mehrwert für den Lernenden dar (gegenüber konventionellen Lernformen), so kann es auch im engeren Sinne als e-Learning bezeichnet werden (BOEKER und KLAR, 2006). Das Computer Based Training (CBT) und das Web Based Training (WBT) stellen häufig genutzte Formen des computerunterstützten Lernens dar (THIEDE, 2004).

#### 2.1.1 Computer Based Training (CBT)

Bei dieser Form wird das Lehrmaterial ohne Verbindung zum Internet oder einem abgeschlossenen Netzwerk zur Verfügung gestellt. Ausführungsort des CBT ist der lokale Computer. Teilweise muss hierbei allerdings eine Installation der Lernsoftware erfolgen. Erfolgt das CBT mit Hilfe einer selbst startenden CD-ROM oder DVD, so ist keine Installation notwendig. Ein schneller Zugriff auf die Lerninhalte ist auf diese Weise gewährleistet. Fälschlicherweise wird der Begriff Computer Based Training oft nur als textgestütztes Lernen am Computer verstanden. Diese Interpretation ist allerdings falsch, denn das CBT beinhaltet die Verwendung von multimedial aufbereiteten Inhalten wie z.B. Bilder und Videos (THIEDE, 2004).

#### 2.1.2 Web Based Training (WBT)

Hierbei wird der Lerninhalt über das Internet oder über abgeschlossene Netzwerke wie z.B. Netzwerke von Universitäten bereitgestellt. Der Studierende erhält auf diese Weise die Möglichkeit von zu Hause aus auf Lerninhalte zuzugreifen, die sich irgendwo im weltweiten Internet befinden (THIEDE, 2004).

Ein großer Vorteil liegt hierbei darin, dass der Benutzer das Lernpensum in eigenen Zeit- und Geschwindigkeitsvorstellungen abarbeiten kann (THIEDE, 2004).



### **2.1.3 Blended Learning**

Blended Learning kann als eine Kombination aus elektronischen Off- und Onlinehilfen und Präsenzunterricht in klassischer Face-to-Face-Form verstanden werden (LENOBLE, 2005).

## **2.2 Erstellung eines Lernprogramms**

### **2.2.1 Planung**

In der Planungsphase sollte man sich zuerst Gedanken über die Zielgruppe, den Inhalt und das Ziel des zu erstellenden Lernprogramms machen. Danach denkt man über die Gestaltung des Programms nach. Man muss sich überlegen, welche Autorensprache gewählt wird und wie die Bildschirmpräsentation aussehen soll. Wie der Text, die Bilder und die Videos gestaltet werden und welche technischen Mittel für oben genannte Elemente notwendig sind. Die folgenden Fragestellungen erfolgen nach Thiede (THIEDE, 2004):

#### **1. Für welche Zielgruppe ist das Lernprogramm gedacht?**

Zur Zielgruppe zählen vorwiegend Tiermedizinstudenten. Aber auch praktizierenden Tierärzten sollte das Lernprogramm als Nachschlagewerk dienen.

#### **2. Welcher Inhalt soll auf der DVD präsentiert werden bzw. welches Wissen soll vermittelt werden?**

Es soll das Wissen über die klinisch-topographische Anatomie des Pferdekopfes vermittelt werden, welches von den Studierenden des vierten Semesters der Tiermedizin abverlangt wird. Dabei sollen die Themengebiete der DVD die knöchernen Strukturen, die Muskeln, die Gefäße, die Lymphknoten, die Nerven, die Nasenhöhle einschließlich der Nasennebenhöhlen, den Larynx, die Mundhöhle, den Pharynx und den Luftsack abdecken.

#### **3. Welches Ziel verfolgt das Lernprogramm?**

Das Lernprogramm soll den Studierenden bei der Vor- und Nachbereitung des Lernstoffes helfen, da die Stundenanzahl, die dafür angesetzt ist oft knapp bemessen ist. Zudem soll das Lernprogramm auch eine Hilfe bei der Prüfungsvorbereitung sein.

#### **4. Welche Autorensprache soll verwendet werden?**

HTML (Hypertext- Markup- Language)

#### **5. Benötigte technische Mittel?**

Computer, Datenträger, Betriebssystem

Digitalkamera  
Bildbearbeitungsprogramm, Videoschnittprogramm

## **2.2.2 Durchführung**

### **2.2.2.1 Auswahl der Programmiersprache**

Zu Beginn der Erstellung eines Lernprogramms sucht man sich aus der großen Anzahl verschiedener Programmiersprachen die für sein Projekt geeignete aus. Als erstes überlegt man sich, ob man eine Programmiersprache wie z.B. HTML (Hypertext-Markup-Language) erlernen möchte oder ob man sich lieber eines Autorensystems bedient. Das Erlernen von z.B. HTML und die mit ihr durchgeführte Entwicklung von Programmen ist zeitaufwendig, aber es können sehr individuelle Programme erstellt werden. Autorensysteme werden gezielt für eine vereinfachte Entwicklung von Computerprogrammen geschrieben und bieten eine vorprogrammierte Maske in die z.B. Texte, Abbildungen und Videos eingefügt werden können. Über Eingabe des Quellcodes kann ein geübter Programmentwickler diese Maske modifizieren oder neu entwickeln. Sowohl bei HTML als auch bei den Autorensystemen wird ein Quellcode benötigt, der die Ausgestaltung der einzelnen Programmseiten und den Ablauf des Programms bestimmt (EHLERS und FRIKER, 2003).

### **2.2.2.2 Textauswahl und Textgestaltung**

Ein essentieller Bestandteil von Lernmaterialien sind Bilder und Texte. Auch im Rahmen eines e-Learning Angebots spielen sie eine große Rolle, da mit ihrer Hilfe die Lerninhalte vermittelt werden. In Folge dessen sollte beides didaktisch sinnvoll miteinander verknüpft werden (NIEGEMANN et al., 2004b).

Texte sollten eher kurz und prägnant sein, da das Lesen am Monitor anstrengt und die Lesegeschwindigkeit langsamer ist als bei der Lektüre eines Buches. Für die Darstellung längerer Texte ist der Bildschirm also ungeeignet (NIEGEMANN et al., 2004b).

Für die Strukturierung von Texten am Bildschirm werden folgende Ratschläge gegeben (NIEGEMANN et al., 2004b):

1. Die Gliederung des Textes in Abschnitte hat zur Folge, dass ein Text für den Lernenden einfacher zu lesen und besser verständlich wird.
2. Durch die Verwendung von Überschriften wird der Lernende über den Inhalt des nachfolgenden Textes informiert, denn bei Überschriften sollte es sich um knappe einleitende Formulierungen handeln. Zusätzlich unterbrechen Überschriften den Gesamttext und gliedern diesen so in kleinere Informationseinheiten zu bestimmten Unterthemen.
3. Eine Lerner orientierte Wortwahl erleichtert dem Lernenden das Lesen. Die Verwendung von geläufigen Wörtern hat zur Folge, dass der Leser diese Worte

---

schneller aktiviert als ihm ungeläufige Worte. D.h. man orientiert sich am besten am Wortschatz des Lernenden. Zusätzlich sollten verwendete Fachwörter zu Beginn mit für den Lernenden verständlichen Wörtern erklärt werden. Werden viele unbekannte Fachausdrücke verwendet, so sollte man über ein alphabetisch sortiertes Glossar nachdenken, in dem die wichtigsten Begriffe definiert werden.

4. Einfache Satzkonstruktionen erleichtern ebenfalls das Lesen. Auf Komposita ist dabei zu verzichten.
5. Das Setzen von Orientierungsmarken erleichtert dem Lernenden ebenfalls das Lesen.

Unter Orientierungsmarken versteht man das optische Hervorheben wichtiger Informationen. Dies kann z.B. durch eine andere Farbe, eine andere Schriftart oder durch unterstreichen einzelner Worte geschehen. Man sollte aber darauf achten, nicht zu viele Orientierungsmarken auf einer Seite zu setzen, da sonst die Aufmerksamkeit des Lesers für das Besondere verloren geht. Niegemann et al. warnen vor bestimmten Kontrasten beim Unterlegen von Textteilen. Kontraste wie grün – rot oder blau – schwarz sind dabei zu vermeiden. Wählt man eine andere Schriftart oder Schriftfamilie, so darf es keine schwer lesbare Schrift sein und man sollte immer daran denken, dass sich am Bildschirm eine fette Schrift besser lesen lässt als eine kursive. Schriftart, Schriftgröße und Schriftfarbe beeinflussen das Lesen von Texten. Am besten wählt man eine Schriftgröße zwischen 12 bis 14 pt für normale Schriften, da diese Größe am Bildschirm gut zu lesen ist. Schmallaufende Schriften sind eher zu verwenden als andere, da sie schneller gelesen werden können. Es ist darauf zu achten, dass maximal zwei Schriftarten miteinander gemischt werden (NIEGEMANN et al., 2004b).

### 2.2.2.3 Bilder

Als essentiellen Bestandteil eines Lernprogramms sollten Bilder von vorneherein an eine Auflösung von 72 dpi (entspricht Pixel per Inch) angepasst werden, da Computerbildschirme mit dieser Auflösung arbeiten. Unnötige Datenmengen werden so eingespart und die Bilder können schneller geladen werden. Neben der Auflösung spielen auch das Speicherformat und die Größe der Bilder eine wichtige Rolle für eine gute Lauffähigkeit des Programms (EHLERS und FRIKER, 2003).

Die drei gängigsten Bildformate sind **GIF** (Graphics Interchange Format), **JPG/JPEG** (Joint Photographic Experts Group) und **PNG** (Portable Network Graphics).

Das Grafik-Format entscheidet schlussendlich maßgeblich über Qualität und Ladezeit der Bilder. Das **GIF-Format** wurde für den Online-Dienst CompuServer entwickelt. Es wurde nach und nach immer mehr zum Standard. Es eignet sich am Besten für Bilder mit geringen Farbtiefen. Es besteht maximal aus 256 Farben und eignet sich daher nicht für Fotos und Farbverläufe. Es kann aber gut für Navigationselemente eingesetzt werden.

Zudem können auch animierte GIF erstellt werden. Eine GIF Datei kann durch Reduzierung der Farben weiter verkleinert werden. Beim **JPG-Format**, auch JPEG genannt, können bis zu 16,7 Millionen Farben dargestellt werden. Im Gegensatz zum GIF wird beim JPG die Dateigröße nicht durch Farbreduktion sondern durch Datenreduktion verringert. Das JPG wird meist nur bei Bildern mit mehr als 256 Farben verwendet. Eine Farbreduzierung wie beim GIF ist nicht möglich. Beim **PNG** handelt es sich um ein älteres Grafikformat. Es weist sowohl die Vorzüge des GIF als auch die des JPG Formats auf. PNG–Grafiken können mit einer Qualität von 16 Millionen Farben und 256 Transparenzstufen und bis zu 48-Bit–Farben abgespeichert werden. Sie werden dabei trotzdem verlustfrei komprimiert. PNG–Grafiken können von neueren Browsern in vollem Umfang dargestellt werden (DR.WEBTEAM, 2006).

Laut Niegemann et al. können Informationen aus Bildern schneller und einfacher entnommen werden als aus Texten, denn Bilder können mehr ausdrücken als Worte (NIEGEMANN et al., 2004b).

## 2.3 Anatomische Strukturen am Pferdekopf

### 2.3.1 Skelettsystem

#### 2.3.1.1 Allgemeines zum Kopfskelett

Das Kopfskelett bildet die knöcherne Grundlage des Kopfes und umschließt das Gehirn, die höheren Sinnesorgane, Teile des Atmungs- und Verdauungsapparates und deren Hilfsorgane. Den Gesichts- und Kaumuskeln bietet es Ursprung- und Ansatzflächen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Die Gehörknöchelchen des Mittelohres sowie die Knorpel von Nase, äußerem Ohr und Kehlkopf können laut Salomon nur im weiteren Sinne zum Kopfskelett gezählt werden (SALOMON, 2008c).

Nähte, die später verknöchern, verbinden zu Beginn die Knochen des Kopfes. Nach der Verknöcherung sind die Knochen starr zum Oberschädel (Schädel) verbunden. Der Unterkiefer und der Zungenbeinapparat sind beweglich mit dem Schädel verbunden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Die Knochen des Schädels formen kaudal die Hirn- und rostral die Nasenkapsel. Die **Hirnkapsel** beinhaltet die Schädelhöhle mit dem Gehirn und die **Nasenkapsel** die Nasenhöhle. Der Nasenkapselboden bildet gleichzeitig das knöcherne Dach der Mundhöhle. Diese besitzt auch noch eine unvollständige knöcherne Seiten- und Bodenbegrenzung, die vom Unterkiefer und dem Zungenbein geliefert wird (NICKEL et al., 2004b).

Den, die Hirnkapsel formenden Schädelanteil, bezeichnet man als **Hirnschädel** (Cranium oder Neurocranium). Als **Gesichtsschädel** wird die Nasenkapsel, die Mandibula und das Os hyoideum bezeichnet. Synonyma für den Gesichtsschädel sind

Facies, Viscerocranium oder Splanchnocranium (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die Sinnesorgane des Kopfes sind in besonderen Knochenhöhlen untergebracht. So befinden sich das Hör- und Gleichgewichtsorgan im Felsenbein, das Sehorgan in der knöchernen Augenhöhle (Orbita) und das Riechorgan im Nasengrund. Nur das Geschmacksorgan hat keine Knochenhöhle. Es befindet sich an verschiedenen Stellen der Mundhöhle. Die Orbita wird sowohl von Hirnschädelknochen, **Ossa cranii**, als auch von Gesichtsschädelknochen, **Ossa faciei**, gebildet. Unter dem Nasengrund versteht man den kaudalen Abschnitt der Nasenhöhle, der vor allem vom Siebbein gebildet wird (NICKEL et al., 2004b).

Das schon frühzeitig entwickelte Gehirn beeinflusst die Proportionen des Hirnschädels. Beim Pferd ist der Gesichtsschädel wesentlich mächtiger entwickelt als der Hirnschädel, weil der Kauapparat die gesamte Form des Schädels bestimmt. Als Pflanzenfresser benötigt das Pferd große Ansatzflächen für die Kaumuskeln und ausreichend Raum für die Unterbringung der Zähne. Aus diesen Gründen kam es zu einer Verlängerung und somit zu einer Vorlagerung des Gesichtsschädels (NICKEL et al., 2004b).

### ***Aufbau der Knochen des Kopfes***

Es handelt sich dabei zum größten Teil um platte Knochen, die jeweils aus einer kompakten **Lamina interna** und **externa** bestehen. Dazwischen findet man eine spongiöse Mittelschicht, **Diploë**, welche durch Einwachsen von Nasenschleimhautbuchten verdrängt werden kann. Die Folge einer solchen Verdrängung sind Nasennebenhöhlen, **Sinus paranasales** (mit Schleimhaut ausgekleidete pneumatisierte Räume). Ebenfalls durch Schwund der Diploë kann es auch zu einer Verschmelzung der beiden Laminae kommen. Eine kompakte Knochenplatte ist dann die Folge. Knochen, wie z.B. der Felsenteil des Os temporale sind schon in ihrer Anlage diploë-frei (NICKEL et al., 2004b).

#### **2.3.1.1.1 Hirnschädel, Cranium (Neurocranium)**

##### ***Allgemeines***

Das Gehirn, seine Hüllen und die notwendigen Gefäße werden von der Schädelhöhle umschlossen. Die Wände der Schädelhöhle bestehen aus den Knochen des Hirnschädels, **Ossa cranii**. Nach vollständiger Ausbildung der Hirnschädelknochen kann man unpaare und paarige Knochen unterscheiden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b):

paarig	unpaar
Scheitelbein (Os parietale)	Siebbein (Os ethmoidale)
Schläfenbein (Os temporale)	Keilbein (Os sphenoidale)
Stirnbein (Os frontale)	Hinterhauptsbein (Os occipitale)
	Zwischenscheitelbein (Os interparietale)

Das Os pterygoideum und der Vomer werden entweder zum Hirschädel gerechnet (SALOMON, 2008c) oder zum Gesichtsschädel (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Aufbau der Schädelhöhle (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b):

- Dach:** Os interparietale, Os parietale und Os frontale
- Seitenwände:** je ein Os temporale
- Boden:** Os sphenoidale, Pars basilaris ossis occipitalis
- Genickwand:** Squama occipitalis und Partes laterales ossis occipitalis
- Nasenwand:** Os ethmoidale
- Facies dorsalis:** reicht von der quer verlaufenden, kaudal gelegenen Crista nuchae des Hinterhauptsbeins bis zu den Processus rostrales der beiden Nasenbeine und beinhaltet folgende Knochen: das Hinterhauptsbein, das Zwischenscheitelbein, das Stirnbein und das Nasenbein
- Facies lateralis:** wird rostral auf jeder Seite vom Os incisivum und kaudal vom Os occipitale begrenzt und beinhaltet das Zwischenkieferbein, das Oberkieferbein, das Jochbein, das Tränenbein, das Stirnbein, das Nasenbein, das Schläfenbein, das Hinterhauptsbein, das Scheitelbein und das Unterkieferbein
- Zungenbein:** stellt einen separaten Punkt dar

### ***Hinterhauptsbein, Os occipitale (Okziput, Hinterhaupt)***

Dieser Knochen bildet die Nackenwand des Schädels. An ihm kann man eine Schuppe, **Squama occipitalis**, Seitenstücke, **Partes laterales**, und einen Körper (Basis), **Pars basilaris**, unterscheiden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Die rostral konvexe Nackenfläche, **Planum nuchale**, wird nur von der Schuppe und den Seitenstücken gebildet. Die dorsale Begrenzung dieser Fläche erfolgt durch die **Crista nuchae** (WISSDORF und OTTO, 2002).

Die **Schuppe, Squama occipitalis** liegt dorsal des **Foramen magnum** den beiden Gelenkknollen, **Condyli occipitales**, und den beiden Seitenstücken dorsal auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Der quer verlaufende, leistenartige Genickkamm, **Crista nuchae**, ist an ihrer Lamina externa zu finden. Aus diesem Genickkamm zieht nach rostral der

Scheitelkamm, **Crista sagittalis externa**, der sich in der Medianen des Schädels befindet. Er zieht auf dem Os parietale rostral und wird gemeinsam vom Os occipitale und vom Os interparietale geformt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Als Schläfenkamm, **Crista supramastoidea**, bezeichnet man auf beiden Seiten die lateroventrale Fortsetzung der Crista nuchae auf das Os temporale (Pars squamosa) (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Ventral der Crista nuchae findet man den Hinterhauptsstachel, **Protuberantia occipitalis externa**. Dieser dient der Anheftung des Funiculus nuchae als Teil des Nackenbandes, Lig. nuchae (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Das die Schädelhöhle mit dem Wirbelkanal verbindende Hinterhauptsloch, **Foramen magnum**, wird vom Os occipitale umschlossen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die laterale Begrenzung dieses Lochs wird dabei von den Gelenkknorren, **Condyli occipitales**, der Seitenstücke, **Partes laterales**, übernommen (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Die Seitenstücke übernehmen zusätzlich noch die dorsale Begrenzung des Foramen magnum und zwar über einen plattenartigen Abschnitt, der sich beidseits unter die Schuppe schiebt (NICKEL et al., 2004b). Dieser Abschnitt ist oberhalb der Basis der Kondylen, zur **Fossa condylaris dorsalis** vertieft (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Die Pars basilaris und die Partes laterales umschließen das Foramen magnum, welches von der Medulla oblongata passiert wird (SALOMON, 2008c).

Ebenfalls zu den Seitenstücken gehört auf jeder Seite ein kräftiger, unterkieferwärts gerichteter **Processus paracondylaris**, der sich seitlich des Condylus occipitalis befindet. Dieser dient dem M. digastricus zum Ursprung und dem M. rectus capitis lateralis zum Ansatz (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Zwischen dem Condylus occipitalis und dem Processus paracondylaris liegt die **Fossa condylaris ventralis** mit dem weiten Canalis nervi hypoglossi für den Austritt des N. hypoglossus aus der Schädelhöhle (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Das Atlanto-Okzipitalgelenk besteht aus den Condyli occipitales und den kranialen Gelenkgruben des Atlas (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Der **Körper, Pars basilaris**, bildet den hinteren Abschnitt der Schädelbasis und reicht bis zum hinteren Keilbein, mit dem er sich in einer knorpeligen Naht (Synchondrosis sphenoccipitalis) verbindet. An der gewölbten Außenfläche befindet sich auf jeder Seite paramedian ein **Tuberculum musculare** als Ansatzstelle für die Kopfbeugemuskeln (M. longus capitis, M. rectus capitis ventralis). Die Innenfläche des Körpers ist zu der

zweigeteilten hinteren Schädelgrube, **Fossa cranii caudalis**, vertieft (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Mit ihrem kaudalen Bereich beteiligen sich die Seitenränder der Pars basilaris auf jeder Seite an der Begrenzung des **Foramen jugulare** (NICKEL et al., 2004b), welches sich seitlich der Pars basilaris an der Grenze zur Bulla tympanica öffnet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Weiter rostral beteiligen sich diese Seitenränder an der Bildung der **Fissura petrooccipitalis** und des **Foramen lacerum** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Durch das Foramen jugulare treten die Gehirnnerven der Vagusgruppe hindurch (SALOMON, 2008c).

### ***Keilbein, Os sphenoidale***

Dieser Knochen ist wie ein Keil zwischen das Os occipitale und das Os ethmoidale eingeschoben, das den rostralen Teil des Bodens der Schädelbasis bildet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

In jungen Jahren kann man zwischen dem vorderen Keilbein, **Os praesphenoidale**, und dem hinteren Keilbein, **Os basisphenoidale**, unterscheiden. Die peripartal bestehende Knorpelfuge (Synchondrosis intersphenoidalis) bildet innerhalb der ersten Lebensjahre einen einheitlichen Knochen. An jedem Keilbein kann man median einen Körper, **Corpus**, und lateral je einen Flügel, **Ala**, erkennen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### ***Os praesphenoidale***

Rostral- und schädelhöhlenwärts trägt sein Körper, das in die Crista galli des Siebbeins übergehende **Rostrum sphenoidale** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Der Vomer, die Ossa pterygoidei und das Os palatinum bedecken den rostralen Teil des Körpers von ventral (NICKEL et al., 2004b). Sein Körper liegt höher als der des Basisphenoids (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b) und beinhaltet die durch ein Septum getrennten Keilbeinhöhlen, **Sinus sphenoidales**. Diese Scheidewand kann lückenhaft sein. Bei älteren Tieren können sich die Keilbeinhöhlen bis in das Corpus ossis basisphenoidalis erstrecken (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Im hinteren Bereich des Praesphenoids kann man an dessen schädelhöhlenseitiger Fläche die Sehnervenkreuzung, **Sulcus chiasmatis**, erkennen. Diese liegt dorsal der Keilbeinhöhle und wird von der **Crista orbitosphenoidalis** überdacht. Vom Sulcus chiasmatis führt jederseits der Canalis opticus mit dem N. opticus in die Augenhöhle.

Gemeinsam mit den Flügeln, **Alae ossis praesphenoidalis**, bildet das Corpus ossis praesphenoidalis die schädelhöhlenseitig gelegene vordere Schädelgrube, **Fossa cranii rostralis**. Mit ihrer Außenfläche beteiligen sie sich an der Bildung der medialen Wand der Augenhöhle (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die zwischen Stirn- und Gaumenbein rostral vordringenden Flügel des



Praesphenoids ragen nach dorsal in den Keilbeinausschnitt der Orbitalplatte des Stirnbeins (NICKEL et al., 2004b).

Dorsorostral des Canalis opticus findet man das auf der Stirnbein-Keilbeingrenze liegende **Foramen ethmoidale**. Die Augenhöhle, **Fissura orbitalis**, ist ventrokaudal des Canalis opticus zu finden. Ventral und lateral wird sie vom jeweiligen Flügel des Basisphenoids begrenzt. Das runde Loch, **Foramen rotundum**, ist unter der Fissura orbitalis gelegen. Dieses Loch liegt vollständig im Flügel des Praesphenoid und öffnet sich rostral in den Flügelkanal, welcher unmittelbar vor ihm mit dem **Foramen alare rostrale** endet. Die Flügelleiste, **Crista pterygoidea**, die vom Flügelfortsatz kommt, überragt die unteren Löcher der Orbita lateral (NICKEL et al., 2004b).

### **Os basisphenoidale**

Das Corpus ossis basisphenoidalis bildet mit seinen Flügeln, **Alae ossis basisphenoidalis**, die schädelhöhlenseitig gelegene mittlere Schädelgrube, **Fossa cranii media**, die ebenso wie das Corpus, tiefer als der Körper des Praesphenoids liegt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das Corpus ossis basisphenoidalis bildet mit seiner schädelseitigen Fläche auch noch den rostral zur **Fossa hypophysialis** eingedellten Türkensattel, **Sella turcica** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Mit ihrer **Facies cerebralis** grenzen die Flügel an das Gehirn (SALOMON, 2008c). Beim Pferd findet man je zwei Nervenrinnen auf den Flügeln des Os basisphenoidale, die beiderseits der Fossa hypophysialis verlaufen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der mediale **Sulcus nervi ophthalmici** öffnet sich mit der **Fissura orbitalis**, der laterale **Sulcus nervi maxillaris**, über das **Foramen rotundum** in die Orbita (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Lateral dieser Nervenrinnen liegt die **Fossa piriformis** für den Lobus piriformis des Gehirns (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Neben der Facies cerebralis weisen die Flügel des Basisphenoids noch eine **Facies temporalis**, eine **Facies maxillaris** und eine **Facies orbitalis** auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). An der Bildung der Schädelgrube, **Fossa temporalis**, beteiligen sich die Flügel mit ihrer in Richtung Jochbogen zeigenden Außenfläche (SALOMON, 2008c).

Die rostrale Begrenzung des **Foramen lacerum** wird durch den kaudalen Rand eines jeden Flügels dargestellt. An seinem Vorderrand weist das Foramen lacerum drei Einschnitte auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Medial findet man die zweigeteilte **Incisura carotica**, mittig die **Incisura ovalis** und lateral die unscheinbare **Incisura spinosa**. Die A. carotis interna passiert das Foramen lacerum in der Incisura carotica (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Durch die Incisura ovalis tritt der N. mandibularis hindurch, durch die Incisura spinosa die A. meningea media (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c). Rostral der Incisura carotica liegt die **Fossa carotica**, die eine Vertiefung der Ala ossis basisphenoidalis darstellt (NICKEL et al., 2004b).

Rostroventral gerichtet ist der Flügelfortsatz, **Processus pterygoideus**, der Anschluss an die Lamina perpendicularis ossis palatini und an das Os pterygoideum hat. Gemeinsam mit diesen begrenzt er die Choane, die Verbindung zwischen der Nasen- und der Rachenhöhle (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der horizontale Flügelkanal, **Canalis alaris**, ist in der Wurzel dieses Flügelfortsatzes zu finden, er beginnt mit dem **Foramen alare caudale** und endet am **Foramen alare rostrale** in der Nähe des Foramen rotundum (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Der Canalis alaris schließt die A. maxillaris ein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Ein fakultativ vorkommendes **Foramen alare parvum** dient als Ausgangsöffnung des Flügelkanals für einen Nervenzweig und ist hinter dem Flügelfortsatz in Höhe des Canalis opticus zu finden (NICKEL et al., 2004b).

### ***Zwischenscheitelbein, Os interparietale***

Dieser ursprünglich paarig angelegte Knochen verwächst früh zu einem scheidelwärts zugespitzten, unpaaren Knochen, der mit den benachbarten Knochen Os parietale und Os occipitale verknöchert (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

An der Innenfläche dieses Knochens findet man den in die Schädelhöhle vorspringenden Sichelfortsatz, **Processus tentoricus**, der gemeinsam mit dem Sichelfortsatz des Hinterhauptsbein und denen der Scheitelbeine das knöcherne Hirnzelt bildet, **Tentorium cerebelli osseum** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Zwischen der Hinterhauptsschuppe und den Scheitelbeinen erhebt sich die **Crista sagittalis externa**, die teils von der Außenfläche des Interparietale gebildet wird (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### ***Scheitelbein, Os parietale***

Dieser paarige Knochen bildet aufgrund seiner Lage zwischen dem Hinterhauptsbein und den Stirnbeinen das Dach sowie Teile der Seitenfläche des Hirnschädels (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Kaudal findet man den **Margo interparietalis**, in dem die Knochen der beiden Seiten das Interparietale zwischen sich nehmen. Rostral davon vereinigen sie sich in der **Sutura sagittalis**. Zusätzlich lassen sich noch vier Winkel am Scheitelbein erkennen (NICKEL et al., 2004b). An der Außenfläche kann man ein am Dach des Schädels gelegenes **Planum parietale** und ein an der Seite des Schädels gelegenes **Planum temporale** erkennen, das vom M. temporalis bedeckt wird (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die **Crista sagittalis externa** des Os interparietale setzt sie auf das Parietale fort, um sich dort rostral in die beiden **Lineae temporales** zu gabeln (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Des Weiteren findet man an der **Facies interna** einen **Processus tentoricus** der gemeinsam mit dem des Os occipitale und dem des Interparietale das knöcherne **Tentorium cerebelli osseum** bildet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### ***Stirnbein, Os frontale***

Die Stirnbeine liegen zwischen Scheitel und Nase (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Sie bilden die Grundlage des breiten, zwischen den dorsalen Augenhöhlenrändern gelegenen Anteils der Dorsalfläche. In der Medianen sind die beiden Ossa frontalia durch eine Naht verbunden (Sutura interfrontalis) (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002).

Am Stirnbein kann man vier verschiedene Abschnitte erkennen. Die Stirnbeinschuppe, **Squama frontalis**, den Nasenabschnitt, **Pars nasalis**, die Augenhöhlenplatte, **Pars orbitalis** und die Schläfenfläche, **Facies temporalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Die **Stirnbeinschuppe, Squama frontalis**, besteht aus einem Stirnteil und dem bei den Haussäugetieren unbedeutenden Nasenteil. Sie bildet den rostralen Abschnitt des Schädeldachs (NICKEL et al., 2004b). Zudem grenzt sie an das Tränen- und das Nasenbein und ist auf Höhe der Orbitamitte gelegen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Lateral entlässt sie den Jochfortsatz, **Processus zygomaticus**, der an seinem Ursprung das **Foramen supraorbitale** aufweist (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der Ursprung markiert die Stelle, an der das Stirnbein in den Fortsatz übergeht. Genau dort findet man das **Foramen supraorbitale**, welches gelegentlich auch doppelt ausgebildet sein kann (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Mit Hilfe des „**Ein-Fingergriffs**“ kann das Foramen supraorbitale aufgesucht werden. Es liegt beim mittelgroßen Pferd auf einer Parallelen zur Medianen durch den nasalen Augenwinkel und kann an der Schnittstelle mit dem oberen Augenbogen mit dem Zeigefinger getastet werden (WISSDORF et al., 2002c). Der N. frontalis, welcher die Stirnhaut und das obere Augenlid versorgt und die A. supraorbitalis ziehen durch dieses Loch (SALOMON, 2008c).

Der **Processus zygomaticus** beteiligt sich an der Bildung des oberen Augenhöhlenrandes, Margo supraorbitalis, und steht senkrecht auf dem Processus zygomaticus des Schläfenbeins (WISSDORF und OTTO, 2002). An seiner Orbitalfläche ist die Grube für die Tränendrüse, Fossa glandulae lacrimalis, gelegen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Als **Pars nasalis** bezeichnet man den keilförmigen, rostralen Nasenabschnitt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Mit der **Facies temporalis** bzw. der **Pars orbitalis** beteiligen sich die Stirnbeine an der Bildung der Schläfengrube bzw. der knöchernen Augenhöhle (NICKEL et al., 2004b).

Die **Augenhöhlenplatte, Pars orbitalis** bildet die mediale Wand der Orbita (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das **Foramen ethmoidale** befindet sich, wie bereits erwähnt, an der Stirnbein-Keilbein-Grenze dorsal des Canalis opticus (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Das Loch liegt an der medialen Orbitawand und führt in die Schädelhöhle. Der N. ethmoidalis, der die Nasenschleimhaut mit sensiblen Fasern versorgt, passiert dieses Loch (SALOMON, 2008c). Die **Fovea trochlearis** für den Rollknorpel des M. obliquus dorsalis, findet man medial vom Ursprung des Jochfortsatzes in der Pars orbitalis (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die **Schläfenfläche, Facies temporalis**, ist klein und konkav und bildet rostrale Abschnitte der **Fossa temporalis**, die dem M. temporalis zum Ursprung dienen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Die Fossa temporalis, die dorsal und medial des Jochfortsatzes der Schläfenbeinschuppe liegt und mit Muskelgewebe und Fett gefüllt ist, wird vom Os temporale, vom Os parietale und vom Os frontale begrenzt (WISSDORF und OTTO, 2002).

Die Stirnhöhle, Sinus frontalis, jeder Seite ist von der anderen durch das Septum sinuum frontaliū getrennt. Mit dem Sinus conchae dorsalis vereinigt sich der Sinus frontalis zur Stirnmuschelhöhle, **Sinus conchofrontalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Eine oder mehrere Stirnhöhlen, **Sinus frontales**, werden von jedem Stirnbein eingeschlossen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Beim Pferd füllt die Stirnhöhle das gesamte Os frontale aus (NICKEL et al., 2004b).

Das Os ethmoidale wird zwischen Stirn und Nase von den Stirnbeinen umgriffen und hat dadurch engen Kontakt zur Innenplatte des Os frontale. Diese und die Dachplatte des Os ethmoidale verschmelzen miteinander. An der Unterfläche der frontalen Innenplatte kann man die **Incisura ethmoidalis** für das Siebbein erkennen (NICKEL et al., 2004b).

### **Siebbein, Os ethmoidale**

Zwischen den beiden Augenhöhlen findet man im Nasengrund das Siebbein, das die Nasenhöhle gegen die Schädelhöhle abgrenzt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). In die Incisura ethmoidalis des Os frontale schiebt es sich von unten her mit seiner Dachplatte ein (NICKEL et al., 2004b).

Das durch Verschmelzung einheitlich gewordene Siebbein war ursprünglich paarig angelegt (NICKEL et al., 2004b). Die aus der Dachplatte, **Lamina tectoria**, der paarigen

papierdünnen Seitenplatte, **Lamina orbitalis**, und der Bodenplatte, **Lamina basalis**, bestehende Außenwand, **Lamina externa**, verleiht diesem Knochen die Form eines liegenden Rohres. Die quergestellte Siebbeinplatte, **Lamina cribrosa**, grenzt dieses Rohr zur Schädelhöhle hin ab. Der Hohlraum dieses Rohres wird durch eine mediane Scheidewand, **Lamina perpendicularis**, zweigeteilt. Als Folge davon wird der äußerlich einheitliche Zylinder zu einem Doppelrohr (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

In das Innere dieses Hohlrums ragt von der Dachplatte und den Seitenplatten jederseits das Siebbeinlabyrinth, **Labyrinthus ethmoidalis**, hervor. Die Orbitalplatte des Stirnbeins, der Flügel des Os praesphenoidale, das Os lacrimale und ein Teil der senkrechten Platte des Os palatinum überdecken auf jeder Seite die Seitenplatte des Siebbeins. Ventral der Bodenplatte findet man die senkrechte Platte des Os palatinum und den median gelegenen Vomer (NICKEL et al., 2004b).

Die Außenwand, **Lamina externa**, ist nur teilweise isolierbar, da sie mehr oder weniger fest mit den umgebenden Knochen verschmilzt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Dies sind die Pars orbitalis des Stirnbeins, der Flügel des Os praesphenoidale, die Maxilla, das Os lacrimale und das Os palatinum (SALOMON, 2008c). Die umgebenden Knochen verschließen die zahlreichen porösen Stellen vor allem in den Seitenplatten und beteiligen sich so an der Bildung der Außenwand (NICKEL et al., 2004b).

Der dorsal gelegene Nasengrund wird durch die horizontale **Lamina basalis** vom ventral liegenden Nasenrachengang, **Meatus nasopharyngeus**, getrennt. Diese Trennwand ragt beim Pferd allerdings nur geringgradig nach rostral vor (NICKEL et al., 2004b).

Die mediane Scheidewand, **Lamina perpendicularis**, ragt als **Crista galli** (Hahnenkamm) in die Schädelhöhle hinein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). In Richtung Nasenhöhle geht sie auf die knorpelige Nasenscheidewand über (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Durch die quer gestellte Siebbeinplatte, **Lamina cribrosa**, wird die Nasen- von der Schädelhöhle getrennt. Die Riechfäden gelangen durch die zahlreichen Löcher dieser Platte zu den Riechkolben des Gehirns, die von den Siebbeingruben, **Fossae ethmoidales**, aufgenommen werden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die Löcher, die den Fila olfactoria, der A. und V. ethmoidalis interna und dem N. ethmoidalis zum Durchtritt dienen sind in Feldern angeordnet. Diese Felder werden durch locharme, abgerundete Leisten gegeneinander abgegrenzt. Die Siebbeinmuscheln setzen im Bereich der Felder auf der nasenhöhlenseitigen Fläche an. Die Siebbeingänge befinden sich vor den Leisten (NICKEL et al., 2004b).

#### **Labyrinthus ethmoidalis, Siebbeinlabyrinth**

Die von der Dach- und von den Seitenplatten in das Innere des Os ethmoidale vorragenden, aufgerollten Siebbeinmuscheln, **Ethmoturbinalia**, bilden in ihrer

Gesamtheit das Siebbeinlabyrinth. Zwischen sich lassen die Siebbeinmuscheln die Siebbeingänge, **Meatus ethmoidales**, frei, die der durchströmenden Atmungsluft dienen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

An den Außenwänden und kaudal auch an der Siebbeinplatte, befestigt sich jede Siebbeinmuschel mit ihrer **Basallamelle**, die in das Innere vorragt und sich für gewöhnlich einrollt, um so die **Spirallamelle** zu bilden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der Riechwulst wird von einer aufgerollten Spirallamelle gebildet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Falls die Basallamelle gespalten ist rollt sich ihr oberes Blatt meistens nach dorsal ein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Beim Pferd sind die **Ethmoturbinalia** in drei Reihen angeordnet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Als **Endoturbinalia** bezeichnet man die größeren Ethmoturbinalia, die weit nach medial reichen. Als **Ectoturbinalia** bezeichnet man diejenigen Ethmoturbinalia die kleiner sind und deshalb weiter außen verbleiben. Beim Pferd bilden die Ectoturbinalia zwei Reihen, die unterschiedlich große Muscheln aufweisen. Die laterale Reihe weist kleinere, die mediale Reihe größere Muscheln auf. Von dorsal nach ventral werden sowohl die Ethmoturbinalia als auch die Meatus ethmoidales fortlaufend durchgezählt. Das Pferd weist 6 Endoturbinalia und 25 Ectoturbinalia auf jeder Seite auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die Muschelbeine befinden sich im Nasenhöhlengrund. Man unterscheidet das Endoturbinale I, II und das Maxilloturbinale (NICKEL et al., 2004b). Arteigentümlichkeiten kann man am Endoturbinale I und am Os conchae nasalis ventralis feststellen. Diese beiden beteiligen sich auch in unterschiedlicher Weise an der Bildung der Nasennebenhöhlen (NICKEL et al., 2004b).

Erst nach der Entfernung der Endoturbinalien werden die Ectoturbinalia von innen sichtbar, da sie weiter lateral gelegen sind (NICKEL et al., 2004b).

(Muschelbeine siehe auch 2.3.5 Atmungsapparat)

Das **Endoturbinale I** (längstes Ethmoturbinale) entspringt von kaudal nach rostral an der Sieb-, Orbital- und Dachplatte des Os ethmoidale sowie an der Crista ethmoidalis des Os nasale (NICKEL et al., 2004b). Es liegt am weitesten dorsal und reicht über die Röhre des Siebbeins hinweg weit in die Nasenhöhle hinein. Die obere Nasenmuschel, **Concha nasalis dorsalis**, hat diese Siebbeinmuschel als knöcherne Grundlage (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Das **Endoturbinale II** folgt dem Endoturbinale I. Sie dient der mittleren Nasenmuschel, **Concha nasalis media**, als Grundlage. Beim Pferd ist sie nur klein ausgebildet. Die sich anschließenden Endoturbinalien nehmen an Größe ab (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Das **Os conchae nasalis ventralis** (synonym **Maxilloturbinale**) dient der unteren Nasenmuschel, **Concha nasalis ventralis**, als Grundlage. Dieses Muschelbein

entspringt allerdings nicht am Siebbein und wird deshalb als eine eigenständige Bildung aufgefasst. Das Os conchae nasalis ventralis nimmt seinen Ursprung an der Facies nasalis der Maxilla (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die restlichen Siebbeinmuscheln, **Ethmoturbinalia**, beschränken sich auf den Nasengrund und sind mit Riechschleimhaut ausgestattet (NICKEL et al., 2004b). Diese Conchae ethmoidales sind individuell und rassebedingt unterschiedlich geformte kleine Muscheln, die in den kaudalen Bereich der Nasenhöhle hervorragen und die Riechfläche vergrößern (WISSDORF et al., 2002j).

### **Nasengänge, Meatus nasi**

(siehe auch 2.3.5 Atmungsapparat)

Die vorragenden Nasenmuscheln begrenzen in beiden Nasenhöhlen die drei Nasengänge, Meatus nasi dorsalis, medius und ventralis. Der obere Nasengang befindet sich zwischen Nasendach und oberer Nasenmuschel, der mittlere zwischen den beiden Nasenmuscheln und der unterste liegt zwischen der unteren Nasenmuschel und dem Nasenboden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

### **Schläfenbein, Os temporale**

Der untere Abschnitt der Schädelseitenwand wird vom Os temporale gebildet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Beim Neugeborenen kann man die drei Anteile des Schläfenbeins größtenteils noch getrennt voneinander vorfinden, später verschmelzen sie miteinander. Diese drei Anteile sind die Schläfenbeinschuppe, **Pars squamosa**, der Felsenteil, **Pars petrosa**, und der Paukenteil, **Pars tympanica**. Der Felsenteil weist den Warzenfortsatz, **Processus mastoideus**, auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das Innen- und das Mittelohr findet man im Felsen- und im Paukenteil (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Hörtrumpete stellt die Verbindung zwischen dem Paukenteil und dem Nasenrachen her (SALOMON, 2008c).

Mit festen Knochennähten grenzt die Schläfenbeinschuppe, **Squama temporalis (Squamosum)**, an das Os parietale, das Os frontale und das Os sphenoidale (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). An der Bildung der seitlichen Hirnschädelwand (deren basalem Abschnitt) beteiligt sie sich mit ihrer **Facies cerebralis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die gewölbte Außenfläche der Schuppe bezeichnet man als **Facies temporalis**. Sie entlässt nach lateral und rostral den markanten Jochfortsatz, **Processus zygomaticus**, der sich mit dem Schläfenfortsatz des Jochbeins trifft und so den Jochbogen, **Arcus zygomaticus**, bildet. Die beiden Knochen treffen in einer Naht aufeinander (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Ventral an der Wurzel des Jochfortsatzes kann man die Gelenkfläche für das Kiefergelenk, **Articulatio temporomandibularis**, erkennen. Dieses Gelenk, das der gelenkigen Verbindung mit dem Unterkiefer dient, besteht von rostral nach kaudal aus

der quergestellten Gelenkwalze, **Tuberculum articulare**, der Gelenkgrube, **Fossa mandibularis**, und dem **Processus retroarticularis**. Die Fossa mandibularis wird als temporaler Anteil des Kiefergelenks bezeichnet, der das Caput mandibulae aufnimmt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Kaudal geht noch der **Processus occipitalis** aus der Schuppe hervor, ventral der **Processus retrotympanicus** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Er umgreift den äußeren Gehörgang von kaudal und ist laut Nickel et al. an dieser Stelle an der Bildung der **Incisura otica** beteiligt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Mit dem Processus occipitalis schiebt sich die Schuppe kaudodorsal zwischen das Os parietale und das Os occipitale (SALOMON, 2008c). Auf diesem Fortsatz kann man die rostroventrale Fortsetzung der Crista nuchae, die **Crista supramastoidea** erkennen, die als dorsaler Rand des Jochbogens ihre Fortsetzung findet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Das **Foramen retroarticulare**, das einen Zugang zum Schläfengang, **Meatus temporalis**, darstellt findet man hinter dem Processus retroarticularis (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Der Schläfengang nimmt eine Abflussvene des dorsalen Blutleitersystems des Gehirns auf (NICKEL et al., 2004b).

Der **Felsenteil, Pars petrosa (Petrosum)**, als kaudoventraler Anteil des Os temporale, wird gemeinsam mit der Pars tympanica auch als **Felsenbeinpyramide**<sup>1</sup> bezeichnet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Beim Pferd kommt es zu keiner Vereinigung zwischen der Pars petrosa und der Pars squamosa (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Zwischen dem Tympanicum und der Squama temporalis ist das Petrosum in der Tiefe zu finden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Das Innenohr mit der Schnecke, **Cochlea**, dem Vorhof, **Vestibulum**, und den Bogengängen, **Canales semicirculares**, wird von der Pars petrosa eingeschlossen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Bei der **Facies medialis** handelt es sich um die der Schädelhöhle zugewandte Innenfläche der Pars petrosa. Sie umgibt den Eingang, **Porus acusticus internus**, zum inneren Gehörgang, **Meatus acusticus internus** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), durch den die Nn. facialis und vestibulocochlearis eintreten (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Auf dem **Fundus meatus acustici interni** findet man u.a. den Eingang des N. facialis in den Canalis facialis. Diese Stelle, die rostrrodorsale von insgesamt vier Öffnungen, wird als **Area nervi facialis** bezeichnet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die gut erkennbare **Crista partis petrosae** befindet sich zwischen der rostralen und der medialen Fläche des Petrosum (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b;

---

<sup>1</sup> Dies ist wegen der Form der Pars petrosa beim Menschen der Fall 41 Nickel, R., Schummer, A., Wille, K.-H. und Wilkens, H. (2004b): Knochenlehre, Osteologia. In: J. Frewein, K.-H. Wille, H. Wilkens und H. Augsburger, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band I:** S. 15-214..



SALOMON, 2008c). Sie trennt gemeinsam mit dem knöchernen Hirnzelt die kleine Abteilung der Schädelhöhle von der großen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die mediale Wand der Paukenhöhle (Pars tympanica) des Mittelohres wird im unteren Abschnitt von der **Facies ventralis** des Petrosum gebildet (NICKEL et al., 2004b).

Der kaudodorsale Anteil des Petrosum erreicht im oberen Abschnitt die Schädeloberfläche. Laut Nickel et al. wurde dieser Anteil früher als selbstständiger Warzenteil, **Pars mastoidea**, bezeichnet. Aus diesem Anteil des Petrosum geht der ventral gerichtete, knollig verdickte Warzenfortsatz, **Processus mastoideus**, hervor. Dieser pneumatisierte Fortsatz befindet sich beim Pferd hinter dem Processus retrotympanicus (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Für den Ansatz des Zungenbeins findet man am Petrosum den unterhalb des äußeren Gehörgangs rostroventral vorragenden zylindrisch geformten Griffelfortsatz, **Processus styloideus**. Zwischen diesem und dem Processus mastoideus liegt der Zugang zum Canalis facialis, das **Foramen stylomastoideum**. Laut Salomon befindet sich dieser Zugang zwischen dem Processus styloideus bzw. mastoideus und der Pars tympanica (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die **Vagina processus styloidei** umgibt als kaudal offene scheidenartige Leiste den Processus styloideus (NICKEL et al., 2004b).

Den **Paukenteil, Pars tympanica (Tympanicum)**, findet man rostroventral an der Basis des Os temporale (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Dieser ventrale Abschnitt des Schläfenbeins liegt zwischen dem Processus retroarticularis der Pars squamosa und dem Processus paracondylaris des Os occipitale. Charakteristisch für diesen Schläfenbeinanteil ist die Paukenblase, **Bulla tympanica** (SALOMON, 2008c), die sich medial des auffällig gedrungenen Processus styloideus befindet. Die Bulla tympanica begrenzt die Paukenhöhle, **Cavum tympani**, des Mittelohres. Laut Nickel et al. beherbergt sie nur deren unteren Raum (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Der mit dem **Porus acusticus externus** endende äußere Gehörgang, **Meatus acusticus externus**, ist im oberen Abschnitt der Bulla tympanica zu finden. Von dort erhebt er sich nach lateral (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Seine Wand wird zum größten Teil von der Pars tympanica geformt. Beim lebenden Tier endet der äußere Gehörgang am Trommelfell (SALOMON, 2008c).

Nach rostroventral entspringt aus der mediorostralen Paukenblasenwand der **Processus muscularis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), der dem M. tensor und levator veli palatini zum Ursprung dient (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Der Processus muscularis hat beim Pferd die Gestalt eines langen Griffels (NICKEL et al., 2004b) und kann bis zu 2 cm lang sein (SALOMON, 2008c).

Die Fissura petrotympanica gewährt der Chorda tympani des N. facialis Durchtritt und öffnet sich zwischen dem Processus muscularis und dem äußeren Gehörgang. Die Paukensaite selbst kommt aus der Paukenhöhle (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die knöcherne Hörtrumpete, **Pars ossea tubae auditivae**, ist bei den Haussäugetieren rinnenförmig. Man findet sie medial vom Processus muscularis (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Sie verbindet die Paukenhöhle mit dem Nasenrachen und öffnet sich mit dem **Ostium tympanicum tubae auditivae** in die Paukenhöhle (NICKEL et al., 2004b). Laut Liebich und König verläuft die knöcherne Hörtrumpete gemeinsam mit dem **Semicanalis muscoli tensoris veli palatini** im **Canalis musculotubarius**. Zusammen verbinden sie die Paukenhöhle mit dem Nasenraum (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

### 2.3.1.1.2 Gesichtsschädel, Facies (Viscerocranium)

#### **Allgemeines**

Die Knochen des Gesichtsschädels, **Ossa faciei**, auch als **Splanchnocranium** bezeichnet, umgeben die Nasenhöhle kapselartig (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Drei der rostral gelegenen Hirnschädelknochen (das Os frontale, das Os ethmoidale und das Os sphenoidale) greifen auf den Gesichtsschädel über. Gemeinsam bilden Knochen des Hirn- und Gesichtsschädels die knöcherne Augenhöhle, **Orbita** (NICKEL et al., 2004b).

Am Gesichtsschädel unterscheidet man folgende Anteile (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b):

<b>Nasendach, Dorsum nasi:</b>	paariges Os frontale und paariges Os nasale
<b>Seitenwände:</b>	bestehend aus je einem: Os lacrimale, Os zygomaticum, Maxilla und Os incisivum
<b>Gesichtsspitze:</b>	wird laut Nickel et al. durch das Os incisivum geformt
<b>Boden der Nasenkapsel:</b>	stellt gleichzeitig das Dach der Mundhöhle dar und besteht aus folgenden paarigen Knochen: Os palatinum, Maxilla, Os incisivum und dem unpaaren Vomer, der den anderen Knochen nasenhöhlenwärts aufgelagert ist.

Der bewegliche Unterkiefer, **Mandibula**, formt die knöcherne Seiten- und die recht unvollständige Bodenwand der Mundhöhle. Zwischen seinen Ästen findet man das mit dem Schädel beweglich verbundene Zungenbein, **Os hyoideum** (NICKEL et al., 2004b). Gegen die Schädelhöhle wird die Nasenhöhle durch das Os ethmoidale abgegrenzt (siehe oben). Beim Septum nasi handelt es sich um eine mediane Scheidewand, die die Nasenhöhle in eine linke und eine rechte Höhle teilt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Das Dach bzw. die Seitenwand der **Schlundkopfhöhle** besteht aus folgenden paarigen Knochen: dem Os pterygoideum, dem Os palatinum, dem Os sphenoidale und Teilen des unpaaren Vomer. Das Gaumen- und das Keilbein beteiligen sich daran nur teilweise (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

### ***Nasenbein, Os nasale***

Das paarige Os nasale, welches sich rostral des Os frontale befindet, bildet die knöcherne Grundlage des Nasenrückens, **Dorsum nasi**, und somit das Dach der Nasenhöhle. Meistens weist das Os nasale ein gerades Profil auf. Bei einigen Pferderassen kann es allerdings auch eingedellt sein (NICKEL et al., 2004b). Ramsköpfige Pferderassen weisen in Längsrichtung eine leichte Konvexität auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). An ihrem stumpfen, medialen Rand sind die Nasenbeine durch eine Naht verbunden. Diese ist eine **Sutura plana** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002).

Mit den angrenzenden Knochen (Os incisivum, Maxilla und Os lacrimale) ist das Nasenbein durch Schuppennähte verbunden (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Am Os nasale kann man eine gewölbte **Facies externa** und eine dementsprechend ausgehöhlte **Facies interna** erkennen, an der man die **Crista ethmoidalis** findet, die der Anheftung des Endoturbinale I dient (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Rostral verjüngt sich das Os nasale auf jeder Seite zum **Processus rostralis**, der mit einer medialen Spitze endet (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Diese beiden Fortsätze verlaufen dicht paramedian und haben engen Kontakt zum Septum nasi und den Flügelknorpeln, weshalb sie nicht tastbar sind (WISSDORF und OTTO, 2002). Der **Processus septalis**, der vom medialen Rand des Nasenbeins in das Innere hervorspringt, dient der Befestigung der knorpeligen Nasenscheidewand (SALOMON, 2008c).

Der tastbare Nasenzwischenkieferausschnitt, **Incisura nasoincisiva**, wird vom Os incisivum (von dessen Processus nasalis) und vom Os nasale (dessen Processus rostralis) gebildet. (BUDRAS, 2009e; LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Bei älteren Pferden kann es vorkommen, dass sich der rostrale Teil der Stirnhöhle, **Sinus frontalis**, bis hinein in den kaudalen Abschnitt des Os nasale erstreckt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### ***Tränenbein, Os lacrimale***

Beim Pferd grenzt dieser Knochen in der rostralen Wand der Orbita gelegen an das Os frontale, das Os zygomaticum, die Maxilla und das Os nasale (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Teils liegt dieser kleine Knochen an der Seitenfläche des

Gesichts nahe dem medialen Augenwinkel, teils in der Orbita (LIEBICH und KÖNIG, 2009b), die er rostradorsal begrenzt (WISSDORF und OTTO, 2002).

Seine Außenfläche wird als **Facies lateralis** bezeichnet. An ihr kann man zwei im Margo supra- bzw. infraorbitalis mediorostral ineinander übergehende Flächen unterscheiden. Zum einen ist das die Augenhöhlenfläche, **Facies orbitalis**, und zum anderen die Angesichtsfläche, **Facies facialis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Die Facies orbitalis bildet einen großen Teil der rostralen Wand der Orbita während die Facies facialis sich rostral des Orbitarandes befindet (SALOMON, 2008c). Zusätzlich gibt es noch eine Innenfläche, **Facies nasalis**, die einen Abschnitt des knöchernen Tränenkanals, **Canalis lacrimalis**, beinhaltet. Dieser unterteilt die Fläche ungefähr in der Mitte. Die Facies nasalis zeigt in Richtung Kieferhöhle und beteiligt sich auch an der Begrenzung der Kieferhöhle (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Der **Processus lacrimalis caudalis** erhebt sich auf dem Abschnitt des Margo supraorbitalis, der vom Os lacrimale gebildet wird (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Den **Processus lacrimalis rostralis** findet man auf der Facies facialis (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Diese beiden dicht an der Orbita gelegenen Fortsätze sind tastbar. Der kaudale Fortsatz direkt am Orbitarand dient der ventralen Begrenzung der **Incisura infratrochlearis** (WISSDORF und OTTO, 2002).

Der Tränentrichter, **Fossa sacci lacrimalis**, eine Vertiefung für den Tränensack, befindet sich nahe des rostralen Orbitarandes, auf der Facies orbitalis (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das **Foramen lacrimale**, welches den Zugang zum knöchernen Tränenkanal, **Canalis lacrimalis**, darstellt ist in der Tiefe des Tränentrichters gelegen. Der Tränennasengang, **Ductus nasolacrimalis**, leitet die Tränenflüssigkeit vom Auge in den Nasenvorhof und liegt im knöchernen Tränenkanal (SALOMON, 2008c). Die **Fossa musculi obliqui ventralis** dient dem M. obliquus bulbi ventralis zum Ursprung und befindet sich kaudal des Tränentrichters auf der Facies orbitalis (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der kaudale Abschnitt des **Sinus maxillaris** erstreckt sich beim Pferd auch in das Os lacrimale (SALOMON, 2008c).

### ***Jochbein, Os zygomaticum***

Ventral des Os lacrimale ist das Jochbein gelegen. Es beteiligt sich an der Bildung der knöchernen Augenhöhle, des Margo infraorbitalis, und des Jochbogens (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der obere Augenhöhlenrand wird gemeinsam vom Jochfortsatz des Temporale und dem Jochfortsatz des Frontale gebildet. Im Margo infraorbitalis stoßen die Angesichtsfläche, **Facies lateralis**, und die Augenhöhlenfläche, **Facies orbitalis**, des Os zygomaticum zusammen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

An diesem Knochen kann man den Schläfenfortsatz, **Processus temporalis**, erkennen, der nach kaudal aus dem Körper, **Corpus**, hervorgeht. Der Jochbogen, **Arcus zygomaticus**, wird vom Processus temporalis des Os zygomaticum gebildet, der sich dem Jochfortsatz des Temporale ventral anlegt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die beim Pferd besonders deutliche, längsverlaufende Angesichtsleiste, **Crista facialis**, ist auf der Facies lateralis, nahe deren ventralem Rand, sichtbar. Sie setzt sich auf der Maxilla fort (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Der **Sinus maxillaris** pneumatisiert auch das Jochbein (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### **Oberkieferbein, Maxilla**

Das Oberkieferbein stellt den zentralen Hauptknochen des Angesichts dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), um den sich die übrigen Gesichtsknochen gruppieren. Es ist zugleich auch der größte Knochen des Angesichts. An der Bildung der Nasen- und Mundhöhlenwand beteiligt sich die Maxilla, da sie den größten Teil der Seitenwand des Gesichts und des Gaumendaches liefert (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

An der Maxilla unterscheidet man den Körper, **Corpus maxillae**, und die beiden aus ihm hervorgehenden Fortsätze: den Zahnfachfortsatz, **Processus alveolaris**, und den Gaumenfortsatz, **Processus palatinus** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Zudem gibt es noch den Jochbeinfortsatz, **Processus zygomaticus** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Das Corpus maxillae ist an der Außenseite des Gesichts zu finden. Dort stellt es den hoch stehenden Abschnitt der Maxilla dar. Ventral geht aus dem Körper der leistenartige Zahnfachfortsatz hervor. Der Gaumenfortsatz erstreckt sich nach medial und stellt eine horizontale Platte dar, die mit der der Gegenseite in der medianen **Sutura palatina** vereinigt ist (NICKEL et al., 2004b).

Die Kieferhöhle, **Sinus maxillaris**, befindet sich im Körper der Maxilla, im Os lacrimale und im Körper des Os zygomaticum (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Am **Corpus maxillae** kann man zwischen der Außenfläche, **Facies facialis**, und der Innenfläche, **Facies nasalis**, unterscheiden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Einige Autoren erwähnen zusätzlich noch eine Flügelgaumenfläche, **Facies pterygopalatina**, und eine Augenhöhlenfläche, **Facies orbitalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c). Die Facies orbitalis ist klein und spielt bei der Bildung der Orbitawand eine Rolle (SALOMON, 2008c).

An der Außenfläche, **Facies facialis**, findet man, wie auch schon auf dem Jochbein, die scharf berandete, markante **Crista facialis** (BUDRAS, 2009e; LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), die dem M. masseter zum Ursprung

dient (SALOMON, 2008c). Diese ist durch die Haut sichtbar. Bei einem ausgewachsenen Pferd liegt ihr rostrales Ende an der Grenze von P<sub>4</sub> zu M<sub>1</sub>. Nach kaudal setzt sie sich auf das Os zygomaticum fort. Ungefähr am Übergang des rostralen Drittels in das mittlere kann man bei den meisten Pferden einen deutlichen Grat spüren, der als Orientierungsmarke bei der Blutgewinnung aus dem Sinus v. transversae faciei bzw. aus dem Sinus v. profundae faciei herangezogen werden kann (WISSDORF und OTTO, 2002).

Auf der Außenfläche kann man auch rostradorsal der Crista facialis das **Foramen infraorbitale** erkennen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002), welches beim Pferd dorsal des 3. und 4. Backenzahnes liegt. Es stellt die rostrale Öffnung des **Canalis infraorbitalis** dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002), der kaudal in der **Fossa pterygopalatina** mit dem **Foramen maxillare** beginnt. Die laterale Berandung des Foramen infraorbitale ist tastbar. Der Canalis infraorbitalis entlässt in der Nähe des Foramen infraorbitale als Fortsetzung den **Canalis alveolaris**, der zu den Fächern der Schneidezähne im Os incisivum und zum Fach des Eckzahnes zieht. Dieser Kanal enthält sensible Nervenfasern und Blutgefäße für die genannten Zähne. Am Foramen infraorbitale kann eine Anästhesie des N. infraorbitalis an seiner Austrittsstelle aus dem Canalis infraorbitalis vorgenommen werden. Die A. und V. infraorbitalis passieren ebenfalls den Kanal (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Der so genannte „**Drei-Fingergriff**“ hilft beim Auffinden des Foramen infraorbitale. Dabei wird der Daumen auf das rostrale Ende der Crista facialis gelegt, der Mittelfinger in den Bogen der Incisura nasoincisiva. Der Zeigefinger fällt in der Mitte einer gedachten Verbindungslinie zwischen den beiden Landmarken direkt in den Bereich des Foramen infraorbitale, evtl. liegt es eine Fingerbreite dorsal davon (BUDRAS, 2009e; LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c). Am lebenden Pferd muss man den M. levator labii superioris leicht nach oben schieben, um die Nervenaustrittsöffnung ertasten zu können (BUDRAS, 2009d; WISSDORF et al., 2002c). Auf der linken Seite sollte man für diesen Griff die linke Hand verwenden, rechts die rechte (WISSDORF et al., 2002c).

Das **Tuber maxillae** stellt das kaudale Ende der Facies facialis dar (SALOMON, 2008c). An der Innenfläche, **Facies nasalis**, findet man die **Crista conchalis**, die der knöchernen Grundlage der unteren Nasenmuschel zur Befestigung dient (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Dorsal dieser Leiste findet man das **Foramen lacrimale**, die Öffnung des knöchernen Tränenkanals; **Canalis lacrimalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Nach rostral setzt sich der Canalis lacrimalis in den **Sulcus lacrimalis** fort (SALOMON, 2008c).

Die Zahnfächer, **Alveoli dentales**, für die Backenzähne und das Fach für den jeweiligen Eckzahn an der Grenze zum Incisivum befinden sich im ventral gerichteten Zahnfachfortsatz, **Processus alveolaris** bzw. in dessen freiem Rand, **Margo alveolaris** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der Zahnfachrand, **Margo alveolaris**, schließt sich kaudal an den **Margo interalveolaris** an. Der Margo alveolaris beinhaltet 3-4 Alveolen für die Prämolaren ( $P_{1-4}$ ) und die sich direkt anschließenden drei Alveolen für die Molaren ( $M_{1-3}$ ). Der rostral gelegene Margo interalveolaris, **Distema**, beinhaltet die Alveole für den Eckzahn (WISSDORF und OTTO, 2002). Der zahnfache Abschnitt der Maxilla setzt sich auf den Alveolarfortsatz des Os incisivum fort. Scheidewände, **Septa interalveolaria**, trennen die Alveolen benachbarter Zähne voneinander (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die einzelnen Wurzelfächer werden durch **Septa interradicularia** getrennt, wenn es sich um Alveolen für mehrwurzelige Zähne handelt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). An der Knochenaußenfläche kann man Leisten, **Juga alveolaria**, erkennen, die durch Vorwölbungen der Zahnwurzeln entstehen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die Flügelgaumenfläche, **Facies pterygopalatina**, nimmt die kaudale Fläche des Kiefers bis hin zur Oberkieferbeule, **Tuber maxillae**, ein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Sie begrenzt die Flügelgaumengrube, **Fossa pterygopalatina**, rostromedial des Tuber maxillae (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c). Für die Versorgung der hinteren Backenzähne findet man auf der Facies pterygopalatina noch einige kleine **Foramina alveolaria** für durchtretende Nerven und Blutgefäße (SALOMON, 2008c).

Die ventral der Orbita gelegene Flügelgaumengrube, **Fossa pterygopalatina**, wird lateral vom Tuber maxillae und medial von der Lamina perpendicularis des Os palatinum begrenzt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das Tuber maxillae stellt eine Auftreibung der Maxilla dar, die sich kaudal des Alveolarfortsatzes befindet und flach gewölbt ist. Für den Ansatz von Muskeln ist es angeraut (NICKEL et al., 2004b). In der weiten Fossa pterygopalatina befinden sich drei Löcher. Dies sind das dorsolateral gelegene **Foramen maxillare**, das dorsomedial gelegene **Foramen sphenopalatinum** und das ventral gelegene **Foramen palatinum caudale** (NICKEL et al., 2004b).

Durch das **Foramen maxillare** ziehen der N. infraorbitalis und die gleichnamigen Gefäße in den **Canalis infraorbitalis** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das **Foramen sphenopalatinum** öffnet sich in die Nasenhöhle und wird von der A. und V. sphenopalatina sowie vom N. nasalis caudalis passiert (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das **Foramen palatinum caudale** bildet den Zugang zum Gaumenkanal für die A. und V. palatina major und den N. palatinus major. Der Gaumenkanal öffnet sich rostral am Foramen palatinum majus auf den knöchernen Gaumen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Der Gaumenfortsatz, **Processus palatinus**, geht vom Processus alveolaris aus und stellt eine nach medial ragende, horizontale Platte dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Die Fortsätze beider Seiten vereinigen sich in der **Sutura palatina mediana**. Mit der Horizontalplatte des Os palatinum verschmelzen sie kaudal in der **Sutura palatina transversa** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Rostral begrenzt er gemeinsam mit Teilen des Os incisivum die beidseitige Gaumenspalte, **Fissura palatina** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Mit dem Os incisivum verbindet sich der Fortsatz in der **Sutura maxilloincisiva**. Durch all diese Verbindungen entsteht der knöcherne Gaumen, **Palatum osseum** (SALOMON, 2008c), der gleichzeitig das Dach der Mundhöhle und den Boden der Nasenhöhle bildet. Die **Crista nasalis**, die der Anheftung des Vomers dient, ist an der Nasenfläche dieses Fortsatzes gelegen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der **Sulcus palatinus** ist auf der Mundfläche dieses Fortsatzes zu erkennen. Er beginnt am **Foramen palatinum majus** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) und endet vor dem ersten Backenzahn (WISSDORF und OTTO, 2002). Das Foramen palatinum majus liegt an der Grenze zwischen dem Gaumenfortsatz bzw. dem Margo alveolaris der Maxilla und der Horizontalplatte des Gaumenbeins. Diese Stelle befindet sich etwa in Höhe des M<sub>3</sub> (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002). Der N. palatinus major und die gleichnamigen Blutgefäße ziehen im Sulcus palatinus nach rostral, nachdem sie den **Canalis palatinus major** und das Foramen palatinum majus passiert haben (SALOMON, 2008c).

Auf der Horizontalplatte des Os palatinum öffnen sich zusätzlich unregelmäßige **Foramina palatina minora** (NICKEL et al., 2004b).

Der **Sinus palatinus** pneumatisiert den Processus palatinus (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Laut Salomon ist das nur bei Wiederkäuern der Fall (SALOMON, 2008c).

### **Zwischenkieferbein, Os incisivum**

Die Spitze des Gesichtsschädels wird vom Os incisivum (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b), der Maxilla und dem Os nasale gebildet, mit denen sich das Os incisivum kaudal verbindet (NICKEL et al., 2004b). Das Os incisivum ist der Gesichtsschädelknochen, der am Weitesten nach rostral ragt (SALOMON, 2008c). An der Gestaltung des Naseneingangs und des knöchernen Gaumendachs beteiligt es sich ebenfalls (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Bei den Haussäugetieren ist im Gegensatz zum Menschen das Os incisivum nach der Geburt noch für einige Zeit „eigenständig“, weswegen die **Sutura maxilloincisiva** noch für lange Zeit erkennbar ist (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Am Os incisivum kann man rostral den Körper, **Corpus ossis incisivi**, mit dem Zahnfachfortsatz, **Processus alveolaris**, erkennen. Des Weiteren gibt es noch einen Nasenfortsatz, **Processus nasalis**, und einen Gaumenfortsatz, **Processus palatinus** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).



In der medianen **Sutura interincisiva** treffen sich die Körper der beiden Seiten. In dieser Naht verläuft zwischen beiden Knochen der weite **Canalis interincisivus** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Am Körper unterscheidet man die konvexe Lippenfläche, **Facies labialis**, zur Oberlippe und die ausgehöhlte Gaumenfläche, **Facies palatina** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Als **Processus alveolaris** ragt der freie Rand unterkieferwärts hervor. Daran erkennt man die Zahnfächer für die drei Schneidezähne jeder Seite, die ebenfalls durch **Septa interalveolaria** voneinander getrennt sind (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die kaudale Fortsetzung des Processus alveolaris wird als **Margo interalveolaris** bezeichnet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Er ist beim Pferd lang und geht auf die Maxilla über, die meistens das Fach für den Hakenzahn bildet. In seltenen Fällen kann es aber auch im Os incisivum liegen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Der schräg zum Nasenrücken hochragende Nasenfortsatz, **Processus nasalis**, schiebt sich zwischen das Os nasale und die Maxilla ein. Er beteiligt sich an der Bildung der **Incisura nasoincisiva** und stellt gleichzeitig die seitliche Begrenzung des Naseneingangs dar (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Incisura nasoincisiva ist am lebenden Pferd tastbar und wird gemeinsam vom Os incisivum und vom Os nasale begrenzt (SALOMON, 2008c). In der Incisura nasoincisiva liegt die so genannte „weiche“ Nase des Pferdes (BUDRAS, 2009e; WISSDORF und OTTO, 2002).

Beim Gaumenfortsatz, **Processus palatinus**, handelt es sich um einen kaudal gerichteten, schmalen, dünnen Fortsatz (SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002), der den rostralen Abschnitt des knöchernen Gaumens bildet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Mit dem kaudal folgenden Gaumenfortsatz der Maxilla verbindet er sich (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002). Median vereinigen sich die Gaumenfortsätze der beiden Seiten in einer Naht (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Lateral lässt er die Gaumenspalte, **Fissura palatina**, frei (NICKEL et al., 2004b), die auf beiden Seiten paramedian gelegen ist. Lateral wird sie vom Corpus ossis incisivi und dem Processus palatinus der Maxilla begrenzt (SALOMON, 2008c). Der **Ductus incisivus**, der den rostralen Abschnitt des Nasenhöhle mit der Mundhöhle verbindet, passiert diese Gaumenspalte (SALOMON, 2008c).

Die knorpelige Nasenscheidewand und der Vomer werden durch einen Sulcus aufgenommen, der gemeinsam von den beiden Gaumenfortsätzen auf deren Nasenfläche gebildet wird (NICKEL et al., 2004b).

### **Gaumenbein, Os palatinum**

Das paarig ausgebildete Gaumenbein befindet sich zwischen der Maxilla, dem Keil- und dem Flügelbein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON,

2008c). Die Maxilla liegt rostral des Os palatinum, während die beiden anderen Knochen kaudal des Gaumenbeins liegen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Am Os palatinum kann man zwischen einer Horizontalplatte, **Lamina horizontalis**, und einer Vertikalplatte, **Lamina perpendicularis**, unterscheiden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Seine Horizontalplatte, **Lamina horizontalis**, beteiligt sich als schmale Platte an der Gestaltung des harten Gaumens und stellt mit ihrem freien Rand den kaudalen Abschluss des knöchernen Gaumens dar. Zudem verbindet sie sich rostral mit dem Processus palatinus der Maxilla (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Der kaudale, freie Rand der Lamina horizontalis wird als **Margo liber** bezeichnet und dient dem Gaumensegel zum Ursprung. Er markiert die kaudalen Öffnungen der Nasenhöhlen, die Choanen, **Choanae**, und wird deshalb auch **Choanenrand** genannt. Median findet man den undeutlichen Choanenstachel, **Spina nasalis caudalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die **Crista nasalis** dient dem Vomer zum Ansatz und ist auf der Nasenhöhlenfläche dieser Platte ebenso wie auf dem Gaumenfortsatz der Maxilla und des Os incisivum zu finden. Der niedrige **Torus palatinus** ist median auf der Mundhöhlenfläche zu finden. Der Gaumenkanal beginnt in der Fossa pterygopalatina mit dem Foramen palatinum caudale und endet auf der Mundhöhlenfläche mit dem **Foramen palatinum majus**, das sich im Grenzbereich zwischen der Lamina horizontalis und dem Processus palatinus der Maxilla befindet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). In der Lamina horizontalis sind noch Nebengänge des Gaumenkanals und deren Ausgangsöffnungen, **Foramina palatina minora**, erkennbar (NICKEL et al., 2004b).

Die Vertikalplatte, **Lamina perpendicularis**, steht sagittal und beteiligt sich an der Bildung der Seiten- und der Dachwand des Nasenrachengangs, **Meatus nasopharyngeus**, ebenso wie an der knöchernen Begrenzung des Nasenrachens (der Choane) (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Die Vertikalplatte reicht dorsal bis in die Orbita hinein. Kaudal reicht sie von der Horizontalplatte ausgehend bis an das Os pterygoideum und das Os sphenoidale (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Mit den Knochen die die Orbita bilden vereinigt sie sich dorsal an der Außenfläche (NICKEL et al., 2004b).

Medial verbindet sie sich mit dem Vomer und dem Körper des Os praesphenoidale (SALOMON, 2008c).

Zum **Processus sphenoidalis** ist der untere Abschnitt der Lamina perpendicularis kaudal ausgezogen (NICKEL et al., 2004b). Der Choanenrand wird seitlich durch den freien Rand ergänzt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Die **Facies nasalis** stellt die mediale Fläche der Vertikalplatte dar und beteiligt sich an der Bildung der Seitenwand der Choane. Das Dach der Choane wird durch die Unterfläche der Lamina sphenothmoidalis und die Alae vomeris geformt (NICKEL et al., 2004b).

Als **Facies maxillaris** bezeichnet man die Lateralfäche der Lamina perpendicularis. Sie ist an der Bildung der Fossa pterygopalatina medial beteiligt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die Lamina perpendicularis wird beim Pferd von der Gaumenhöhle, **Sinus palatinus**, pneumatisiert. Diese verbindet sich mit der Keilbeinhöhle zum **Sinus sphenopalatinus** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### ***Flügelbein, Os pterygoideum***

Dieser paarige, platte Knochen fügt sich zwischen das Keil- und das Gaumenbein (seine Lamina perpendicularis) ein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c) und ist damit an der Bildung des Dachs bzw. der Seitenwand des Nasen-Rachen-Raumes beteiligt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Das Besondere am Flügelbein des Pferdes ist, dass es sich um eine geschwungene Knochenplatte handelt, die sowohl einen horizontal gelagerten, als auch einen sagittal ausgerichteten Teil beinhaltet. Ersterer fügt sich der rachenseitigen Fläche des Keilbeins und des Pflugscharbeins an, während sich zweiterer der medialen Fläche der Perpendicularplatte des Gaumenbeins anschließt (NICKEL et al., 2004b). Der **Hamulus pterygoideus** ragt beim Pferd besonders weit über den Choananrand nach ventral hervor (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b) und hat die Form eines Häkchens.

### ***Pflugscharbein, Vomer***

Das Pflugscharbein liegt in der Tiefe des Gesichtsschädels (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Der Name dieses Knochens beruht auf seiner Form beim Menschen. Bei den Haussäugetieren hat er eher die Form einer dorsal geöffneten Hohlsonde, da das Angesicht der Haussäugetiere erheblich länger ist als das der Menschen. (NICKEL et al., 2004b). Bei den Haussäugetieren ragt der unpaar ausgebildete Knochen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) vom Rostralende des Os sphenoidale bis weit in die Nasenhöhle vor. Auf seinem Weg durchzieht er zunächst das Choanengebiet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). In der Nasenhöhle ist er an der Crista nasalis des Nasenbodens befestigt. Diese stellt eine mediane Leiste auf dem Processus palatinus der Maxilla dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Kaudal ist der Vomer nahe dem Choanenrand angeheftet, rostral endet er bereits vor dem Os incisivum. Seine schmale Bodenplatte ist wie bereits erwähnt mit der Crista nasalis des Nasenbodens verbunden, im kaudalen, freien Abschnitt ragt er hingegen als **Crista vomeris** ventral vor (NICKEL et al., 2004b).

Die beiden Seitenplatten, die gemeinsam mit der Bodenplatte den **Sulcus septalis s. vomeris** für die Aufnahme der Nasenscheidewand bilden, ragen laut Nickel et al. von der Bodenplatte ausgehend nach dorsal (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Die sagittal gestellten Seitenplatten sind unter der Bodenplatte des Siebbeins als **Alae vomeris** horizontal umgeklappt. Das Rostrum des Os praesphenoidale wird von den Flügeln bzw. deren kaudaler Inzisur eingerahmt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Seitlich verbinden sich diese Flügel mit dem Os palatinum (SALOMON, 2008c). Kaudal nehmen die Seitenplatten bis an die Alae vomeris an Höhe zu, dann fallen sie steil ab. Die von ihnen seitlich begrenzte Rinne wird dementsprechend tiefer (NICKEL et al., 2004b).

### ***Unterkiefer, Mandibula***

Die beim Pferd meist erst nach dem ersten Lebensjahr verwachsenden Unterkieferhälften sind in der rostralen **Synchondrosis** et **Sutura intermandibularis** median miteinander verbunden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Spätestens nach dem 1. Lebensjahr ist diese Verbindung knöchern (SALOMON, 2008c). Laut WISSDORF und OTTO kommt es schon im 2. oder 3. Lebensmonat zu einer Verknöcherung der knorpelhaften Verbindung. Der genaue Zeitpunkt ist rasseabhängig. Abgeschlossen ist diese Verknöcherung allerdings laut anderen Angaben erst im Alter von 2-3 Jahren (WISSDORF und OTTO, 2002). Die Verbindung erfolgt im Kinnwinkel, **Angulus mentalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b), der durch die beiden verwachsenen Hälften geformt wird (WISSDORF und OTTO, 2002) und die rostrale Begrenzung des Kehlgangs darstellt (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002). Der Kehlgang, **Spatium mandibulae**, wird von den beiden Unterkieferhälften flankiert (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Am Unterkiefer selbst kann man zwei Abschnitte unterscheiden. Zum einen den Körper, **Corpus mandibulae**, der die Zähne beinhaltet und zum anderen den Unterkieferast, **Ramus mandibulae**, der jochbogenwärts dorsal ragt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Bei jüngeren Tieren ist der Winkel, der vom Körper und vom Ast gebildet wird stumpf, bei älteren fast rechtwinkelig (NICKEL et al., 2004b).

Am Unterkieferkörper, **Corpus mandibulae**, der die Alveolen für die unteren Zähne trägt, kann man zwischen dem rostralen Schneidezahnanteil, **Pars incisiva**, und dem kaudalen Backenzahnanteil, **Pars molaris**, unterscheiden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### ***Pars incisiva***

An dieser horizontalen Platte, kann man zwischen einer ventral gelegenen, konvexen Lippenfläche, **Facies labialis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), und einer dorsalen, konkaven Zungenfläche, **Facies lingualis**, unterscheiden. Rostral verbinden sich diese Flächen im **Arcus alveolaris**, der die Fächer für die sechs Schneidezähne beinhaltet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Das Fach für den Eckzahn folgt diesen Schneidezahnfächern kaudal mit

einigem Abstand im **Margo interalveolaris**. Der Eckzahn und seine Alveole können bei der Stute fehlen (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

### **Pars molaris**

An dieser sagittal hochgestellten Platte (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) unterscheidet man eine laterale Backenfläche, **Facies buccalis**, und eine mediale Zungenfläche, **Facies lingualis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), die die parallel zum Margo alveolaris verlaufende undeutliche **Linea mylohyoidea** aufweist, für den Ursprung des M. mylohyoideus. Der beim Pferd in der Seitenansicht fast gerade erscheinende untere Rand der Pars molaris wird als **Margo ventralis** bezeichnet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Zum Gefäßausschnitt, **Incisura vasorum facialium**, ist er an der Grenze zwischen Körper und Ast eingezogen. Dieser Einschnitt wird von der A. und V. facialis und dem Ductus parotidus zum Übertritt auf das Angesicht genutzt. An dieser Stelle kann der Puls gefühlt werden (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b; WISSDORF und OTTO, 2002).

Den **Margo alveolaris** mit den 6-7 Zahnfächer für die Backenzähne findet man kaudal am dorsalen Rand der Pars molaris. Rostral davon findet man den beim Pferd langen, alveolenfreien **Margo interalveolaris** (Diastema), die Lade (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Der auf der Medialfläche des Ramus mandibulae mit dem **Foramen mandibulae** beginnende Unterkieferkanal, **Canalis mandibulae**, durchzieht die Mandibula in Längsrichtung. Auf seinem rostral gerichteten Weg zieht er unterhalb der Backenzahnfächer entlang. Auf der Lateralfläche des Corpus mandibulae öffnet er sich an der Grenze zwischen der Pars incisiva und der Pars molaris, also in Höhe des Margo interalveolaris, mit dem **Foramen mentale**, durch welches der N. mentalis austritt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Der enge **Canalis alveolaris** wird vom Canalis mandibulae zu den Fächern der Schneidezähne und des Eckzahns entlassen. Er stellt die rostrale Fortsetzung des Unterkieferkanals dar. Der sensible N. alveolaris inferior passiert mit den gleichnamigen Blutgefäßen den Canalis mandibulae sowie alveolaris und versorgt mit Rr. alveolares die Zähne und das Zahnfleisch (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

In Höhe des Kinn- bzw. des Lippenwinkels findet man einen Finger breit unter dem Margo interalveolaris auf der Lateralfläche des Corpus mandibulae das tastbare **Foramen mentale** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Zum Auffinden des Lochs sucht man sich die Mitte des Abstandes zwischen dem Eckzahn und P<sub>2</sub> und geht dann einen Fingerbreit ventral (SALOMON, 2008b). Wissdorf et al. empfehlen folgende Methode für das Auffinden des Foramen mentale: das rostrale Ende des Kehlgangs wird durch den Daumen ertastet während der Zeigefinger ca. 2-3 cm dorsal und evtl. geringgradig rostral des Daumens das Foramen mentale fühlt. Hilfreich ist es,

wenn man den M. depressor labii inferioris dabei leicht hoch drückt (WISSDORF et al., 2002c).

Der jochbogenwärts gerichtete Unterkieferast, **Ramus mandibulae**, stellt einen platten Knochen dar, dessen rostraler Rand beim Pferd eher scharf ist. Auf der Lateralfläche des sagittal gestellten Unterkieferastes liegt die **Fossa masseterica** für den M. masseter, auf seiner Medialfläche die **Fossa pterygoidea** für den Ansatz des M. pterygoideus medialis (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Zentral weist die Knochenplatte wegen dieser beiden Gruben nur eine geringe Dicke auf (NICKEL et al., 2004b).

Auf der Medialfläche liegt das **Foramen mandibulae** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), welches dorsal der Fossa pterygoidea gelegen ist. Ventral von diesem Loch findet man den rostroventral ziehenden **Sulcus mylohyoideus** (SALOMON, 2008c). Zum Auffinden des Foramen mandibulae gibt es folgende Möglichkeiten: verlängert man eine von den tastbaren Kanten der maxillaren Backenzähne gebildete horizontale Linie nach kaudal und fällt dann ein Lot vom lateralen Augenwinkel ausgehend, so findet man an deren Schnittpunkt das Foramen mandibulae auf der medialen Fläche des Ramus mandibulae (NICKEL et al., 2004b). Man kann sich auch eine Verbindungslinie zwischen dem Processus condylaris mandibulae und dem rostralen Ende der Incisura vasorum facialium vorstellen, auf deren Mitte man dann das Foramen mandibulae auf der medialen Fläche des Unterkieferastes findet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008b).

Am Übergang des ventralen Randes der Mandibula (Kehlrand des Unterkieferkörpers) in den Kaudalrand des Ramus mandibulae (Halsrand des Ramus mandibulae) befindet sich der beulig verdickte Kieferwinkel, **Angulus mandibulae** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b), der annähernd einen rechten Winkel zwischen dem Körper und dem Ast darstellt (SALOMON, 2008c). Kaudodorsal trägt der Winkel bzw. der Kaudalrand des Ramus mandibulae die **Tuberositas muscoli sternomandibularis** für den Ansatz des M. sternomandibularis (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Am freien Ende des Ramus mandibulae kann man rostral den hohen, geraden, abgeplatteten und breit ausladenden **Processus coronoideus** erkennen. Dieser ragt weit in die Fossa temporalis hinein und ist durch die **Incisura mandibulae**, Unterkiefereinschnitt, vom kaudalen **Processus condylaris** mit seinem Caput mandibulae getrennt. (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Der M. temporalis setzt am Processus coronoideus an (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) während der M. pterygoideus lateralis an der kleinen **Fovea pterygoidea** seinen Ansatz findet. Diese Grube befindet sich auf der medialen Fläche des Processus condylaris unterhalb des Caput mandibulae (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Am Processus condylaris kann man noch einen angedeuteten Hals,

**Collum**, mit einer Gelenkwalze, **Caput mandibulae**, erkennen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Letztere steht quer zu Schädellängsachse und ist dorsal konvex. Mit dem Os temporale bildet sie ein Gelenk (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b) mit dessen Fossa mandibularis (SALOMON, 2008c).

### **Zungenbein, Os hyoideum (Apparatus hyoideus)**

Das aus Teilen des 2. und 3. Kiemenbogens hervorgehende Zungenbein gehört genau wie der Unterkiefer auch zum Viszeralskelett. Die Einzelknorpel der Teile verknöchern frühzeitig. Das Os hyoideum ist zwischen den Unterkieferhälften gelegen und besteht aus mehreren untereinander verbundenen, stabförmigen Elementen, die rostral im Zungengrund zu finden sind (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Schädelwärts ist das Zungenbein dem Os temporale angefügt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b), rostral verbindet es sich mit dem Zungengrund, kaudal mit dem Kehlkopf. Das Hyoid im engeren Sinne besteht aus den Anteilen die zwischen Zunge und Kehlkopf eingeschoben sind (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002) und denen die seitlich der Zunge liegen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Der Aufhängeapparat wird von den Teilen gebildet, die sich schädelwärts befinden (NICKEL et al., 2004b) und die Verbindung zum Os temporale herstellen.

### **Hyoid im engeren Sinne**

Dieser Abschnitt besteht aus drei Teilen: dem Zungenbeinkörper, **Corpus ossis hyoidei** seu **Basihyoideum**, dem paarigen Kehlkopfhorn, **Thyreohyoideum** und dem ebenfalls paarigen Zungenhorn, **Cerathyoideum** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Das **Basihyoideum** liegt im Zungengrund und bildet das Querstück des Zungenbeins. Von ihm ausgehend ragt der mediane, beim Pferd lange und rostral gerichtete Zungenfortsatz, **Processus lingualis**, in die Zunge hinein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der Processus lingualis ist seitlich komprimiert (WISSDORF und OTTO, 2002). Kaudal findet das Basihyoid im Thyreohyoid seine Fortsetzung. Dorsal kann man an seinen beiden Seitenenden jeweils eine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Keratohyoid erkennen (NICKEL et al., 2004b). Im intermandibulären Raum ist der Zungenbeinkörper tastbar (SALOMON, 2008c). Mittig am Übergang des mittleren in das kaudale Drittel des Kehlgangs ist der Processus lingualis zu ertasten (WISSDORF und OTTO, 2002).

Das **Thyreohyoideum (Thyreohyoid)** zieht vom Körper ausgehend nach kaudal zum Schildknorpel, mit dessen Cornu rostrale es sich gelenkig verbindet (BUDRAS, 2009f; LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Mit dem Zungenbeinkörper hingegen verwächst es rostral (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002).

Das **Cerathyoideum (Keratohyoid)** ist spalthaltig mit dem Basihyoideum verbunden (NICKEL et al., 2004b). Es ist auf beiden Seiten des Zungengrundes bzw. des

Basihyoideums dorsal gerichtet und dient der Befestigung des Aufhängeapparates (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002), der sich ihm schädelwärts anschließt. Es verbindet sich auch mit dem kleinen Epihyoid (NICKEL et al., 2004b).

### **Aufhängeapparat**

Der Aufhängeapparat verbindet das Zungenbein mit dem **Processus styloideus** des Os temporale (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Er besteht auf jeder Seite aus einem dreigliedrigen Skelett. Von proximal (Schläfenbein) nach distal (Keratohyoid) sind diese drei Glieder der proximale Zungenbeinast, **Tympanohyoideum**, der mittlere Zungenbeinast, **Stylohyoideum**, und der distale Zungenbeinast, **Epihyoideum** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Das **Tympanohyoideum (Tympanohyoid)** stellt einen kurze Abschnitt dar, der beim Pferd knorpelig ist (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) und sich mit dem **Processus styloideus** des Tympanikums verbindet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Zwischen diesem Fortsatz und dem Tympanohyoid ist das Schläfen-Zungenbeingelenk, **Articulatio temporohyoidea**, ausgebildet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004a; WISSDORF und OTTO, 2002).

Das **Stylohyoideum (Stylohyoid)** wird auch als großer Zungenbeinast bezeichnet. Dieser seitlich abgeplattete Knochen hat die Form eines Stabes (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Es ist durchgehend knöchern und geht dorsal in das Tympanohyoid über (NICKEL et al., 2004b). Dieser Abschnitt kann beim Pferd bis zu 20 cm lang sein und stülpt die Wand des Luftsacks von kaudal ein (SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Am proximalen Ende ist das Stylohyoid zu einem kaudoventral schwach vortretenden Winkel, **Angulus stylohyoideus**, ausgezogen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Das **Epihyoideum (Epihyoid)** stellt einen kurzen Knochen dar und hat beim Pferd die Form einer Erbse. Es verschmilzt frühzeitig mit dem Stylohyoid. Diese Verschmelzung ist bei adulten Tieren vollzogen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Ventral verbindet sich das Epihyoid mit dem Keratohyoid (WISSDORF und OTTO, 2002).

Für den Schluckakt ist die Verbindung der Zunge und des Kehlkopfs, die durch das Zungenbein erfolgt, von Bedeutung (SALOMON, 2008c).

### **2.3.1.1.3 Schädel als Ganzes**

Die bei den einzelnen Schädelknochen beschriebenen Details werden in diesem Abschnitt in einen Zusammenhang mit der Konstruktion des Schädels als Ganzes gebracht (SALOMON, 2008c).



### **Äußere Gestalt des Schädels**

Stellt man sich den Pferdeschädel als eine vierseitige, liegende Pyramide vor, so bildet die Nackenwand die Grundfläche und die Gesichtsspitze die Spitze der Pyramide. Man hat eine Dachfläche, zwei Seitenflächen und eine basale Schädelfläche, die laut Nickel et al. als Bodenwand, Basalwand oder Schädelbasis bezeichnet wird (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Das in der Tiefe des Schädels liegende Siebbein stellt die Grenzlinie zwischen Hirn- und Nasenschädel dar. Diese Grenze funktioniert aber nicht vollständig. Sowohl die oberflächlich liegenden Knochen des Hirnschädels, als auch die Knochen des Nasenschädels überschreiten diese Grenze an bestimmten Stellen (NICKEL et al., 2004b).

Abhängig von Alter, Rasse und Geschlecht ist der Schädel des Pferdes arttypisch ausgebildet. So ist z.B. beim Fohlen das Schädeldach der Gestalt des Gehirns angepasst und der Gesichtsschädel kurz und flach. Die Veränderung zur adulten Schädelform ist extrem vom Wachstum des Gebisses und der Entwicklung der Nebenhöhlen abhängig. Der Ramskopf eines Pferdes entsteht durch eine dorsale Vorwölbung des Gesichts- und Hirnschädels, die durch die Vergrößerung der Stirnhöhle bedingt ist. Der Hechtkopf, als rassespezifisches Merkmal, entwickelt sich durch eine konkave Einziehung des Schädels (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

### **Nackenfläche, *Planum nuchale***

Das **Os occipitale** bildet die alleinige knöcherne Grundlage der Nackenfläche (WISSDORF und OTTO, 2002). Die laut Wissdorf und Otto rostral konvexe Nackenfläche wird von der Squama occipitalis, bzw. deren Lamina externa und den Seitenstücken des Os occipitale gebildet. Laut Nickel et al. bilden sie nur deren zentralen Hauptabschnitt während die Pars petrosa des Os temporale jederseits den schmalen Randbezirk bildet (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002).

Die dorsale Begrenzung der Nackenfläche, die **Crista nuchae** (WISSDORF und OTTO, 2002), stellt die Grenze zwischen der Nacken- und der Dachfläche dar. Laut Liebich und König wird diese Grenze auch noch durch die **Protuberantia occipitalis externa** dargestellt. Der Nackenkamm setzt sich beim Pferd auf beiden Seiten als rostroventral ziehende **Crista supramastoidea**, die laut Liebich und König die Abgrenzung gegen die Seitenflächen darstellt, fort. Laut Nickel et al. bildet sie beim Pferd keine Abgrenzung gegen die Seitenflächen, sondern tritt sofort auf diese über (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Sowohl die Crista nuchae als auch die Protuberantia occipitalis externa stellen Ansatzflächen für die Nacken- und Halsmuskulatur dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Der Hinterhauptsstachel, **Protuberantia occipitalis externa**, dient dem Nackenband zum Ansatz und ist laut Nickel et al. von Gruben und Rauigkeiten umgeben. Man findet

ihn dorsomedian auf der Nackenfläche (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), wo er auf der Hinterhauptsschuppe liegt (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002). Auf einer Verbindungslinie zwischen der Crista nuchae und dem Foramen magnum liegt er median auf halber Länge dieser Linie (BUDRAS, 2009e). Das große Hinterhauptsloch, **Foramen magnum**, welches laut Liebich, König und Nickel et al. dem Durchtritt des verlängerten Markes dient, findet man an der Basis der Nackenfläche, wo es auf jeder Seite von einem Gelenkfortsatz, **Condylus occipitalis**, flankiert wird. Dieses Loch stellt laut Salomon die Verbindung zwischen der Schädelhöhle und dem Wirbelkanal her (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Gelenkknorren, Condylus occipitales, werden von den Seitenstücken der Nackenfläche geformt, die mit diesen Condylus das Foramen magnum begrenzen (WISSDORF und OTTO, 2002). Die Condylus occipitales dienen der Artikulation mit dem Atlas (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Lateral von ihnen kann man den ventral gerichteten **Processus paracondylaris** finden, der laut Salomon dem Ansatz bzw. dem Ursprung von Muskeln dient (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Die Condylus occipitales und das Foramen magnum greifen auf die basale Schädelwand über (NICKEL et al., 2004b).

### ***Dachfläche***

Die Dachfläche befindet sich sowohl auf dem Hirn- als auch auf dem Nasen- bzw. Gesichtsschädel. Infolgedessen unterscheidet man zwischen Hirn- und Nasenschädelabschnitten (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Eine Transversalebene, die den hinteren Rand des Margo supraorbitalis tangiert stellt die Grenze zwischen den beiden Anteilen dar (NICKEL et al., 2004b). Laut Salomon markiert der rostrale Rand des Processus zygomaticus ossis frontalis ungefähr diese Grenze (SALOMON, 2008c). Wie bereits erwähnt stellt die Crista nuchae die Grenze zwischen Dach- und Nackenfläche dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Dachfläche an sich reicht von der Crista nuchae bis zu den Processus rostrales der Ossa nasalia (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002), die jeweils eine Spitze bilden (NICKEL et al., 2004b).

### **Hirnschädelabschnitt der Dachfläche**

Hier erkennt man einen Scheitel- und einen Stirnteil. Der **Scheitelteil** wird durch die Lamina externa des Os occipitale, die Ossa parietalia und das Os interparietale gebildet. Der **Stirnteil** hingegen wird durch die Facies externa der Ossa frontalia gebildet, die sich in der **Sutura coronalis** berühren. Die Ossa frontalia schließen sich den Knochen des Scheitelteils rostral an (NICKEL et al., 2004b).

Liebich, König und Salomon unterscheiden nicht zwischen einem Scheitel- und einem Stirnteil. Sie nennen die gleichen Knochen allgemein unter dem Punkt Dachfläche des Hirnschädelabschnitts. Laut Liebich und König ist das Stirnbein durch eine Knochennaht

von den übrigen Knochen, denen es sich rostral anschließt, getrennt, während die anderen Knochen fest miteinander verwachsen sind (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c). Otto und Wissdorf erwähnen allgemein eine Dorsalfläche, **Facies dorsalis**, die aus dem Os occipitale, dem Os interparietale, dem Os frontale und dem Os nasale besteht (WISSDORF und OTTO, 2002).

Die median gelegene **Crista sagittalis externa** kann man auf dem Scheitelteil erkennen. An der Grenze zwischen dem Os interparietale und dem Os parietale bzw. weiter rostral zwischen den Ossa parietalia gabelt sie sich dann in die zwei **Lineae temporales** (NICKEL et al., 2004b). Salomon sagt, dass sich die Crista sagittalis externa zunächst auf der Squama occipitalis befindet, bevor sie sich dann rostral auf die Ossa parietalia fortsetzt. Er nennt die Grenze zu den Stirnbeinen als Übergang in die divergierenden Lineae temporales (SALOMON, 2008c). Die Lineae temporales ziehen dann im Bogen zum jeweiligen Ursprung des Jochfortsatzes des Os frontale (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) und begrenzen dabei den Augenhöhlenrand (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Zum knöchernen **Margo supraorbitalis** verbindet sich der Processus zygomaticus ossis frontalis mit dem Processus frontalis des Os zygomaticum (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Dort wo das Os frontale den Fortsatz zur Bildung des beim Pferd geschlossenen oberen Augenhöhlenrandes nach lateral entlässt, hat die verhältnismäßig schmale Dachfläche des Hirnschädels ihre breiteste Stelle (NICKEL et al., 2004b). Das laut Nickel et al. tastbare **Foramen supraorbitale** durchbohrt am Ursprung der Jochfortsätze das Os frontale bzw. die Fortsätze selbst (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Mit der Orbita steht das Loch über den **Canalis supraorbitalis** in Verbindung. Dieser Kanal wird von den gleichnamigen Gefäßen und vom N. frontalis passiert (NICKEL et al., 2004b).

#### **Nasenschädel- bzw. Gesichtsschädelabschnitt der Dachfläche**

Dieser Abschnitt wird auch als Nasenrücken (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b) oder Gesichtsschädelabschnitt bezeichnet (SALOMON, 2008c).

Die Stirnbeine schieben sich beim Pferd weniger weit als bei anderen Tieren in diesen Abschnitt vor und beteiligen sich laut Salomon mit ihrem rostralen Teil an der Bildung dieses Abschnittes (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Vor allem die Ossa nasalia bilden die Grundlage des Nasenschädelabschnittes. Laut Liebich und König beteiligen sich lateral auch Anteile der Maxilla und die Processus nasales des Os incisivum. Laut Nickel et al. beteiligen sie sich nur beim Fleischfresser am Nasenschädelabschnitt, während sie beim Pferd an den Seitenflächen verbleiben (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Gegen die Seitenflächen ist der Nasenrücken nicht besonders abgegrenzt (NICKEL et al., 2004b). Der Processus rostralis des paarigen Os nasale stellt das rostrale Ende des Nasenrückens dar und endet beim Pferd mit einer medialen Spitze (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Der Nasenzwischenkieferabschnitt, **Incisura**

**nasoincisiva**, wird gemeinsam von dem rostral frei vorragenden Ende der Ossa nasalia und dem Os incisivum, gebildet. Dieser Einschnitt ist am lebenden Tier tastbar und dient daher als topographischer Orientierungspunkt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### **Seitenfläche**

Eine deutliche Abgrenzung der Seitenflächen gegen die Dachfläche kann man nur entlang der Lineae temporales erkennen (NICKEL et al., 2004b).

Auch an der Seitenfläche kann man zwischen einem Hirn- und einem Nasenschädelabschnitt unterscheiden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Am **Hirnschädelabschnitt** kann man den Jochbogen, **Arcus zygomaticus**, die knöcherne Augenhöhle, **Orbita**, die Flügel-Gaumen-Grube, **Fossa pterygopalatina** und die Schläfengrube, **Fossa temporalis**, erkennen. König und Liebich erwähnen noch den Ohrausschnitt, **Incisura otica**. Salomon, der nicht zwischen Hirn- und Nasenschädelabschnitt an der Seitenfläche unterscheidet nennt zusätzlich auch den Ohrbereich und die Seitenfläche des Gesichtsschädels (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Die reich gegliederten Knochen der Seitenfläche formen die Schläfengrube, die sich in der Scheitel-Schläfengegend befindet, die wiederum im Bereich des Hirnschädels liegt. Zusätzlich beinhalten die Knochen das Hör- und Gleichgewichtsorgan und dienen dem Zungenbein zum Ansatz. Die Seitenflächen des Angesichts werden vom Nasenschädelabschnitt dieser Knochen gebildet (NICKEL et al., 2004b).

### **Jochbogen, Arcus zygomaticus**

Er ist für die gelenkige Verbindung mit dem Unterkiefer zuständig und ragt nach lateral weit aus der Seitenwand des Hirnschädels heraus (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Als leicht geschwungener, auswärts gerichteter Bogen gelangt er rostral zum Gesichtsschädel. Unterwegs überdeckt er lateral basale Anteile der Fossa temporalis und der Orbita (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Der Jochbogen setzt sich kaudal aus dem **Processus zygomaticus des Temporale** und rostral aus dem **Processus temporalis des Zygomaticum** zusammen. Laut Salomon erfolgt diese Verbindung in der **Sutura temporozygomatici** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Von dorsal erhält der Jochbogen des Pferdes ein zusätzliches Widerlager gegen den Kieferdruck und zwar durch den **Processus zygomaticus ossis frontalis**, der den Jochbogen zusätzlich von dorsomedial stützt, da er sich mit dem Jochfortsatz des Os temporale verbindet (NICKEL et al., 2004b). Der Processus zygomaticus ossis frontalis steht senkrecht auf dem Processus zygomaticus der Schläfenbeinschuppe (WISSDORF und OTTO, 2002) und verbindet sich in der **Sutura frontozygomatica** mit dem Jochbogen (SALOMON, 2008c).

An der Unterfläche der Wurzel des Processus zygomaticus ossis temporalis findet man die Gelenkfläche für das Kiefergelenk (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Diese Gelenkfläche ist reich gegliedert. Rostral findet man die quergestellte Gelenkwalze, **Tuberculum articulare**, mittig die Gelenkgrube, **Fossa mandibularis**, mit ihrer **Facies articularis** und kaudal den **Processus retroarticularis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Seine größte Breite weist der Schädel im Bereich des Arcus zygomaticus auf (SALOMON, 2008c).

### ***Schläfengrube, Fossa temporalis***

Im Wesentlichen bilden das Os parietale und das Os temporale bzw. dessen Pars squamosa die knöcherne Grundlage dieser Grube. Nickel et al erwähnen zusätzlich noch die Flügel des Os basisphenoidale. Kaudal ist laut Nickel et al. an ihrer Bildung zusätzlich die Squama occipitalis mit einem schmalen Bezirk beteiligt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die Fossa temporalis befindet sich dorsal und medial des Processus zygomaticus der Schläfenbeinschuppe (WISSDORF und OTTO, 2002), weshalb sie lateral und ventral vom Arcus zygomaticus begrenzt wird. Im kaudalen Bereich erfolgt die ventrale und kaudale Begrenzung der Grube dann durch die Crista supramastoidea, die im Bogen vom scharfen Dorsalrand des Jochbogens zur Crista nuchae zieht (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Insgesamt wird die mit Muskel- und Fettgewebe ausgefüllte Fossa temporalis vom Os temporale, vom Os parietale und vom Os frontale begrenzt (WISSDORF und OTTO, 2002). Der **M. temporalis** hat in dieser Grube seinen Ursprung (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Rostral, unter dem oberen Augenhöhlenrand hinweg, geht die Schläfengrube frei in die Orbita über (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Öffnungen von Nebengängen des Meatus temporalis sind oberhalb der Crista supramastoidea zu finden (NICKEL et al., 2004b). Laut Budras werden diese Mündungen als **Aperturae dorsales** bezeichnet, die sich am Schädeldach in der Schläfengrube befinden (BUDRAS, 2009e).

### ***Ohr, Auris***

Äußere Teile des Ohres sind im kaudalen Bereich der Seitenfläche eingeschlossen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Hinter dem Processus retroarticularis des Os temporale findet man den Ohrbereich der Schädelseitenfläche an dem man die **Pars petrosa**, die **Pars tympanica** und den knöchernen Abschnitt des äußeren Gehörgangs, **Meatus acusticus externus**, unterscheidet (SALOMON, 2008c).

In der Pars petrosa des Os temporale befindet sich das Ohr mit dem Hör- und Gleichgewichtsorgan und der Paukenhöhle nebst ihren Bildungen. Der Meatus acusticus

externus ist diesen Anteilen rohrförmig außen angefügt (NICKEL et al., 2004b). Er befindet sich in der **Incisura otica**, die sich dem Kiefergelenk kaudal anschließt. Laut Nickel et al. wird er dorthin vom Tympanicum entlassen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Die kaudale Berandung der Incisura otica wird durch den **Processus retrotypanicus** dargestellt (NICKEL et al., 2004b).

Die Felsenbeinpyramide, die den **Porus acusticus externus** beinhaltet, schließt sich kaudal an den Processus zygomaticus der Schläfenbeinschuppe an (WISSDORF und OTTO, 2002). Der weite Porus acusticus externus stellt das Ende des äußeren Gehörganges dar. Der knorpelige Gehörgang und die Ohrmuschel schließen sich dem äußeren Gehörgang an (NICKEL et al., 2004b).

Der abgestumpft-zylindrische, **Processus styloideus**, für den Ansatz des Zungenbeins, ist unterhalb des äußeren Gehörgangs am Petrosium zu finden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Mit dem **Foramen stylomastoideum** öffnet sich der das Mittelohr durchziehende **Canalis nervi facialis**, der vom N. facialis passiert wird. Das Foramen stylomastoideum befindet sich laut Nickel et al. kaudal des äußeren Gehörgangs, laut Liebich und König befindet es sich kaudal des Processus styloideus (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Die A. und V. stylomastoidea durchziehen ebenfalls wie der N. facialis das Mittelohr (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Mit dem **Foramen retroarticulare** öffnet sich der **Meatus temporalis** rostral des äußeren Gehörgangs bzw. kaudal des Processus retroarticularis. Hier tritt der venöse Sinus temporalis durch den Meatus temporalis aus der Schädelhöhle aus (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die **Fissura petrotympanica** befindet sich ventral des äußeren Gehörgangs (NICKEL et al., 2004b).

### ***Knöcherne Augenhöhle, Orbita***

In der Orbita (SALOMON, 2008c) befindet sich das Auge mit dem Augapfel und seinen Nebenorganen. Die Knochen des Hirn- und Gesichtsschädels bilden die Orbita (NICKEL et al., 2004b), da sie sich genau an der Grenze zwischen diesen beiden Schädelabschnitten befindet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Orbitaachsen sind nicht identisch mit den Augenachsen. Liebich und König weisen noch darauf hin, dass die Orbita extrem lateral orientiert ist (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Da sie ungefähr 40° nach lateral gerichtet ist resultiert daraus ein relativ weit kaudal reichendes Sehfeld (WISSDORF et al., 2002d).

Temporal und ventral ist die Orbita offen. In der Peripherie wird sie aber rundum knöchern durch den oberen und unteren Augenbogen, **Margo supra-** bzw. **infraorbitalis**, begrenzt. An ihrer äußeren Begrenzung beteiligen sich das rostral liegende Os lacrimale, das sich rostradorsal anschließende Os frontale, das Os zygomaticum und das Os temporale (WISSDORF et al., 2002d). Die drei zuerst genannten Knochen bilden den

rundum knöchern begrenzten Augenhöhlenzugang, **Aditus orbitae** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Ventrolateral wird die Orbita vom Arcus zygomaticus begrenzt. Im Bereich der Orbita bleiben die Knochennähte bis zum Alter von ca. 4 Jahren erhalten (WISSDORF et al., 2002d).

An der Bildung der medialen Orbitawand sind das Os frontale, das Os lacrimale und der Flügel des Praesphenoid beteiligt, laut Wissdorf et al. auch das Os zygomaticum (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF et al., 2002d).

Der scharf begrenzte obere Augenhöhlenrand, Margo supraorbitalis, entlässt rostral den **Processus lacrimalis rostralis** bzw. **caudalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Der Processus lacrimalis caudalis erhebt sich im medialen Abschnitt des oberen Randes (NICKEL et al., 2004b). Der Processus zygomaticus des Os frontale hilft bei der Bildung des oberen Augenbogens. An diesem Fortsatz kann man temporal auf der Unterseite die flache Tränendrüsengrube, **Fossa glandulae lacrimalis**, erkennen (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF et al., 2002d).

Mehrere Löcher verbinden die Orbita mit der Schädelhöhle. Sie dienen Nerven und Gefäßen zum Durchtritt und befinden sich im Bereich des Keilbeins an der medialen Orbitawand (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Von dorsal nach ventral sind dies: das **Foramen ethmoidale**, der **Canalis opticus**, die **Fissura orbitalis** und das **Foramen alare rostrale** bzw. **caudale**. All diese Öffnungen liegen rostral der Flügelleiste, **Crista pterygoidea** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Nickel et al. erwähnen ebenfalls die drei zuerst genannten Öffnungen, dann aber nur noch das **Foramen rotundum**. Laut ihnen werden diese Öffnungen bis zum Canalis opticus lateral von der scharfrandigen Flügelleiste überdacht (NICKEL et al., 2004b).

Das **Foramen ethmoidale** liegt an der Grenze zwischen Stirnbein und Flügel des Praesphenoid (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b) und dient der A. und V. ethmoidalis externa zum Durchtritt. Laut Salomon dient es zusätzlich dem N. ethmoidalis zum Eintritt in die Schädelhöhle (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der **Canalis opticus** dient dem N. opticus und der A. ophthalmica interna zur Passage (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF et al., 2002d). Die **Fissura orbitalis** wird vom N. ophthalmicus und den Augenmuskelnerven (Nn. oculomotorius, trochlearis und abducens) passiert (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF et al., 2002d). Ein eigenes Foramen trochleare kann für den N. trochlearis ausgebildet sein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Der N. trochlearis zieht also nur durch die Fissura orbitalis, wenn kein eigenes Foramen trochleare als Eintrittsöffnung für ihn ausgebildet ist (WISSDORF et al., 2002d).

Das **Foramen rotundum** mündet rostral in den Flügelkanal, **Canalis alaris** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) und dient dem N. maxillaris zum Durchtritt (LIEBICH und

KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF et al., 2002d), d.h. dieser Ast des N. trigeminus tritt erst am Foramen alare rostrale aus der Schädelkapsel aus (SALOMON, 2008c). Mit dem **Foramen alare rostrale** endet der Flügelkanal in der Orbita, laut Nickel et al unmittelbar vor dem Foramen rotundum (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das **Foramen alare caudale** hingegen stellt den Beginn des Flügelkanals dar, der den Ursprung des Flügelfortsatzes, Processus pterygoideus, des Basisphenoidale durchbohrt. Die A. maxillaris gelangt durch dieses Loch in den Flügelkanal (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), von wo sie in die Fossa pterygopalatina weiterzieht (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; WISSDORF et al., 2002d).

Das **Foramen supraorbitale** ist laterodorsal an der Orbita gelegen und dient dem N. frontalis des N. ophthalmicus und der A. und V. supraorbitalis zum Verlassen der Orbita (WISSDORF et al., 2002d).

In der Tiefe des Tränenrichters befindet sich als Zugang zum knöchernen Tränenkanal das **Foramen lacrimale** (SALOMON, 2008c). Der weite und tiefe Tränenrichter, **Fossa sacci lacrimalis**, liegt nahe des nasalen Augenwinkels und führt in den Tränennasengang (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF et al., 2002d). Neben dem Tränenrichter findet man die **Fossa musculi obliqui ventralis** im rostromedialen Augenwinkel der Orbita (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Der M. obliquus ventralis entspringt in der seichten, aber deutlichen Vertiefung kaudal des Tränenrichters (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die **Fovea trochlearis** liegt unter dem Ursprung des Jochbogenfortsatzes (LIEBICH und KÖNIG, 2009b) in der dorsomedialen Wand (NICKEL et al., 2004b).

Die **Incisura infratrochlearis** ist am Orbitalrand, an der Grenze zum Os frontale gelegen (WISSDORF et al., 2002d).

### ***Fossa pterygopalatina; Flügelgaumengrube***

(siehe 2.3.1.1.2 Gesichtsschädel, Facies (Viscerocranium))

### ***Seitenfläche des Gesichts***

An ihrer Bildung sind die Maxilla, das Os incisivum, das Os zygomaticum, das Os lacrimale und auch das Os nasale beteiligt. Die **Crista facialis** verläuft annähernd parallel zum oberen Backenzahnalveolarrand. Kaudal setzt sie sich auf das Jochbein fort und geht kaudal in den Jochbogen über (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Zusätzlich kann man als markantes Merkmal noch das **Foramen infraorbitale** erkennen, welches sich oberhalb des 3. Backenzahnes befindet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Salomon beschreibt die Lage als rostradorsal des vorderen Endes der Crista facialis (SALOMON, 2008c).



---

Zusätzlich zum **Processus lacrimalis caudalis** kann man auf dem Os lacrimale den **Processus lacrimalis rostralis** erkennen (NICKEL et al., 2004b).

### ***Basale Schädelfläche***

An der basalen Schädelfläche kann man drei, gleich lange Abschnitte erkennen, die nur eine geringe Höhendifferenz aufweisen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Diese drei Anteile sind die **Schädelbasis**, der **knöcherne Gaumen** und die **Choanen** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). WISSDORF und OTTO nennen nur den rostral gelegenen knöchernen Gaumen und die sich kaudal anschließende Schädelbasis als Bestandteile der Basalfläche (WISSDORF und OTTO, 2002).

Die Schädelbasis (Basis cranii (externa)) (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c) stellt den Anteil des Hirnschädels an der basalen Fläche dar. Der Anteil des Gesichtsschädels stellt die knöcherne Grundlage des Gaumendachs dar (NICKEL et al., 2004b). Die Choanen befinden sich zwischen der Schädelbasis und dem knöchernen Gaumen (SALOMON, 2008c) und werden hier von nach unten offenen Rinnen gebildet. Sie stellen eine Verbindung zwischen der Nasenhöhle und dem Nasenrachen dar (NICKEL et al., 2004b), da sie sich zwischen der Nasenhöhle und dem Rachenraum befinden (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

### ***Schädelbasis, Basis cranii externa***

Sie dehnt sich vom Foramen magnum bis zu den Flügeln des Vomer aus. An ihrer Gestaltung beteiligen sich das Os basisphenoidale inklusive seiner Processus pterygoidei, der Körper des Os praesphenoidale, die Pars basilaris des Os occipitale und basale Anteile der Condylus occipitales (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Kaudal wird die Schädelbasis von den beiden **Condylus occipitales** abgeschlossen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b), die ventral durch die tiefe **Incisura intercondylaris** voneinander getrennt werden. (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Die Gelenkknorpel reichen ebenfalls weit nach rostral in die Schädelbasis vor. Rostrolateral eines jeden Condylus occipitalis ragt ein **Processus paracondylaris** vor. Die Pars basilaris des Os occipitale geht auf jeder Seite eine Verbindung mit der Pars petrosa ein (NICKEL et al., 2004b).

Die Ansatzstellen für die Kopf- und Genickbeuger liegen in der Medianen am **Tuberculum musculare** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b) an der Grenze zwischen der Pars basilaris des Os occipitale und des Basisphenoids (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Dieses paarige Tuberculum an der Ventralfläche der Schädelbasis kann individuell unterschiedlich kräftig ausgebildet sein (WISSDORF und OTTO, 2002).

Durch die zahlreichen Öffnungen treten neben den Nerven auch Blutgefäße und andere Strukturen aus der Schädelhöhle aus. Es handelt sich dabei um den **Canalis nervi hypoglossi**, das **Foramen jugulare**, das **Foramen lacerum**, das **Foramen alare caudale** und den **Canalis musculotubarius** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Durch das Foramen alare caudale treten allerdings keine Strukturen aus der Schädelhöhle aus.

Den **Canalis nervi hypoglossi**, für den N. hypoglossus, kann man kaudal an der Schädelbasis erkennen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), wo er in die Fossa condylaris ventralis mündet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Die Lage des Canalis nervi hypoglossi wird als an der Basis der Incisura intercondylaris (LIEBICH und KÖNIG, 2009b) bzw. als an der medialen Wand der tiefen Fossa condylaris ventralis beschrieben (NICKEL et al., 2004b). Im Inneren der Schädelhöhle öffnet sich der Kanal auf beiden Seiten der Impressio medullaris der hinteren Schädelgrube (SALOMON, 2008c).

Die Fossa condylaris ventralis findet man auf jeder Seite zwischen dem Condylus occipitalis und dem Processus paracondylaris (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002). Die Processus paracondylares sind sagittal abgeplattet und an ihrem distalen Ende hakenförmig nach rostral gebogenen und befinden sich rostrolateral der Gelenkknorren (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

Das **Foramen jugulare** befindet sich zwischen der Pars petrosa des Felsenbeins und der Pars basilaris des Os occipitale, rostral der Mündung des Canalis nervi hypoglossi (SALOMON, 2008c). Es lässt sich das Foramen jugulare auch als kaudaler Teil des Foramen lacerum auffassen. Beide Löcher befinden sich in der laterobasalen Schädelwand. Das Foramen jugulare liegt zwischen der Basis des Os occipitale und der Bulla tympanica, kaudal der **Fissura petrooccipitalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b), über die es mit dem rostral gelegenen, gerissenen Loch, **Foramen lacerum**, verbunden ist (BUDRAS, 2009e; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Fissur befindet sich zwischen dem Felsenteil und der Pars basilaris ossis occipitalis (NICKEL et al., 2004b).

Das Foramen jugulare dient dem N. glossopharyngeus, dem N. vagus und dem N. accessorius, also der Vagusgruppe, zum Austritt aus der Schädelhöhle und befindet sich am weitesten kaudal (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Beim **Foramen lacerum** handelt es sich um eine große, unregelmäßig geformte Öffnung (SALOMON, 2008c), die rostral vom kaudalen Rand des Flügels des Basisphenoids begrenzt wird (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Pars basilaris ossis occipitalis begrenzt das Foramen lacerum medial und kaudal, während es lateral von der Pars tympanica und von der Pars petrosa des Os temporale begrenzt wird. Laut Salomon wird es medial auch noch vom Corpus ossis basisphenoidale begrenzt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und

OTTO, 2002). Zusammengefasst liegt es zwischen dem Os temporale, dem Os occipitale und dem Os sphenoidale (BUDRAS, 2009e).

Das Foramen lacerum befindet sich zudem rostral des Foramen jugulare (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Von medial nach lateral kann man am rostralen Rand des Foramen lacerum drei Einkerbungen erkennen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

(Incisura carotica, ovalis und spinosa: siehe Os sphenoidale

Canalis alaris, Foramen alare rostrale bzw. caudale und Foramen rotundum: siehe knöcherner Augenhöhle, Orbita)

Der **Canalis musculotubarius** stellt den knöchernen Teil der Ohrtrumpete, **Tuba auditiva**, dar und führt in die Paukenhöhle. Er öffnet sich unmittelbar medial des Processus muscularis der Paukenblasenwand und beinhaltet die Ursprungssehne des M. tensor veli palatini (SALOMON, 2008c). Der griffelförmige **Processus muscularis** ragt von der Pars tympanica ossis temporalis rostroventral hervor. Die knöcherner Hörtrumpete, **Pars ossea tubae auditivae**, liegt medial des Processus muscularis (NICKEL et al., 2004b).

### ***Gaumendach, knöcherner Gaumen, Palatum osseum, Palatum durum***

Drei paarige Knochen beteiligen sich an der Bildung des Palatum durum. Dies sind von kaudal nach rostral das Os palatinum, das Os incisivum und die Maxilla (WISSDORF und OTTO, 2002). Die schmalen Horizontalplatten des Os palatinum beteiligen sich dabei nur zu einem geringen Teil. Die Pars horizontalis der Maxilla und das Inzisivum übernehmen den größten Teil (LIEBICH und KÖNIG, 2009b). Die drei Alveolarfortsätze des Os incisivum bilden den rostralen Abschnitt des knöchernen Gaumens (WISSDORF und OTTO, 2002).

In der **Sutura palatina mediana** vereinigen sich die Knochen der beiden Seiten, die an der Bildung des knöchernen Gaumens beteiligt sind (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Naht zwischen den beiden Ossa incisivi nennt man **Sutura interincisiva** (SALOMON, 2008c). Zudem verbindet sich der Processus palatinus ossis incisivi, der kaudal gerichtet, schmal und dünn ist, mit dem breiten Processus palatinus der Maxilla. In Höhe des M<sub>2</sub> ist die Lamina horizontalis des Os palatinum mit dem Processus palatinus der Maxilla verwachsen (WISSDORF und OTTO, 2002).

Der Ursprung des Processus palatinus des Os incisivum bzw. die Sutura interincisiva wird vom **Canalis interincisivus** durchbohrt, der feine Blutgefäße und Nerven beinhaltet (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Der Zwischenzahnrand, **Margo interalveolaris**, und der sich kaudal anschließende **Margo alveolaris** der Maxilla begrenzen den knöchernen Gaumen seitlich (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002).

Der **Processus alveolaris** der **Maxilla** beinhaltet 6-7 Backenzähne. Die Fächer für die Backenzähne entspringen aus den Processus alveolares der Oberkiefer- und

Zwischenkieferbeine. Bis auf den Eckzahn, der im Grenzbereich von Maxilla und Inzisivum steckt, ist der Margo interalveolaris zahnlos. Rostral schließt sich der **Processus alveolaris** der **Zwischenkieferbeine** an, der die drei Schneidezähne trägt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Der knöcherne Gaumen wird also von der Gesamtheit aller Oberkieferzähne, dem oberen Zahnbogen, umrahmt (SALOMON, 2008c).

Die Gaumenspalte, **Fissura palatina**, beim Pferd verhältnismäßig schmal, befindet sich im rostralen Abschnitt des knöchernen Gaumens beiderseits lateral des **Processus palatinus** des **Os incisivum** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Der **Ductus incisivus** verbindet den rostroventralen Abschnitt der Nasenhöhle mit der Mundhöhle und passiert diese Fissur (SALOMON, 2008c), die sich auf jeder Seite zwischen dem schmalen **Processus palatinus ossis incisivi** und dem Margo interalveolaris der Maxilla befindet (WISSDORF und OTTO, 2002). Beim Pferd sind die Ductus incisivi allerdings mundhöhlenseitig geschlossen, weshalb keine Verbindung zwischen der Mund- und der Nasenhöhle vorliegt (KÖNIG et al., 2009c).

Der Gaumenkanal, **Canalis palatinus major**, mündet im kaudalen Abschnitt des Palatum osseum mit dem **Foramen palatinum majus**. Seinen Anfang nimmt er in der Fossa pterygopalatina mit dem Foramen palatinum caudale. Der Kanal beinhaltet die A. und V. palatina major und den N. palatinus major (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c). Mit **Foramina palatina minora** münden unregelmäßige Nebengänge des Gaumenkanals auf der Horizontalplatte des Gaumenbeins (NICKEL et al., 2004b).

Das paarig ausgebildete **Foramen palatinum majus** liegt in Höhe der Nahtstelle zwischen dem schmalen Os palatinum bzw. dessen Lamina horizontalis und der Maxilla bzw. deren Pars alveolaris. Laut Wissdorf und Otto befindet sich diese Stelle in Höhe des M<sub>3</sub> (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002). Eine von diesem Loch ausgehende, rostral ziehende Gefäßrinne, **Sulcus palatinus**, kann man ebenfalls auf dem knöchernen Gaumen erkennen. Diese Rinne befindet sich auf dem **Processus palatinus** der Maxilla, nahe dem Zahnfachfortsatz (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002). Sie reicht bis vor den ersten Backenzahn und beinhaltet die klinisch bedeutsame A. palatina major (WISSDORF und OTTO, 2002).

Am kaudalen Rand der Lamina horizontalis des Os palatinum ragt als mediane Beule der **Choanenstachel** empor (NICKEL et al., 2004b).

### ***Choanen, Choanae***

Der Nasenrachen, **Pars nasalis pharyngis**, wird von einer nach ventral offenen, einheitlichen Rinne beherbergt (NICKEL et al., 2004b). Die Choanen stellen die Verbindung zwischen den Nasenhöhlen und dem Nasenrachen dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Der auf beiden Seiten ausgebildete Nasenrachengang, **Meatus nasopharyngeus**, stellt die Fortsetzung des ventralen Nasengangs dar und mündet von der Nasenhöhle her in die Choanen (NICKEL et al., 2004b). Am Choanenrand geht dieser in den Nasenrachen über. Als Choanenrand bezeichnet man den kaudalen Rand der Lamina horizontalis des Os palatinum (SALOMON, 2008c).

Bei den Haussäugetieren ist die Trennung der Choanen durch den Vomer nur im Dachbereich angedeutet (NICKEL et al., 2004b).

Der freie Rand der Lamina horizontalis des Gaumenbeins markiert die rostrale Grenze der Choane und bildet auf diese Weise gleichzeitig den freien Choanenrand, an dem man den rostromedian gelegenen Choanenstachel, **Spina nasalis caudalis**, erkennen kann. Gelegentlich kann dieser Stachel beim Pferd fehlen. Der **Processus pterygoideus** befindet sich kaudal vom Palatinum an diesem freien Rand (NICKEL et al., 2004b). Das Häkchen, **Hamulus pterygoideus**, ist am freien Rand rostroventral am Os pterygoideum zu finden und dient als Umlenkrolle für den Gaumensegelspanner (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002).

Die Lamina perpendicularis des Os palatinum, das Os pterygoideum und der Processus pterygoideus des Os sphenoidale stellen die seitliche Begrenzung der Choane dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Das Dach der Choanen besteht aus dem Vomer, dem von diesem teilweise bedeckten Rostrum sphenoidale, dem Corpus ossis praesphenoidalis, der Lamina sphenothmoidalis der Perpendicularplatte des Os palatinum und Randteilen des Os pterygoideum (NICKEL et al., 2004b; WISSDORF und OTTO, 2002).

Dorsal kann man im rostralen Bereich der Choanen eine weite Verbindung mit der Nasenhöhle erkennen. Die beiden **Ductus incisivi** der Nasenhöhle werden vom Vomer getrennt (NICKEL et al., 2004b).

### ***Unterkiefer, Mandibula***

siehe oben

### ***Zungenbein, Os hyoideum***

siehe oben

#### 2.3.1.1.4 Höhlen des Kopfes

Am Kopfskelett kann man die Schädelhöhle, **Cavum cranii**, die sich im Hirnschädel befindet und die Nasenhöhle, **Cavum nasi**, die sich im Nasenteil des Gesichtsschädels befindet unterscheiden. (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Zusätzlich findet man in verschiedenen Schädelknochen (Gesichts- und Hirnschädel) von der Nasenhöhle ausgehende Nasennebenhöhlen, **Sinus paranasales** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

#### **Schädelhöhle, Cavum cranii**

Auf die Schädelhöhle wird im Rahmen dieser Arbeit nur kurz eingegangen. Es soll ein grober Überblick vermittelt werden. Auf innere Strukturen wird dabei nicht all zu genau eingegangen.

In der Schädelhöhle findet man das Gehirn mit seinen häutigen Hüllen und Blutgefäßen (NICKEL et al., 2004b). Der äußere Kopfumfang täuscht eine relativ große Schädelkapsel vor, die aber letztendlich viel kleiner ist als vermutet. Die rostrale Ausdehnung der Schädelhöhle reicht nur knapp bis zu einer transversalen Verbindungslinie zwischen den lateralen Orbitaländern (GASSE, 2002).

Man kann zwei Abteilungen an der Schädelhöhle erkennen. Die rostrale, größere Abteilung für das Großhirn und die kleinere, kaudale für das Rautenhirn (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das Cerebellum in der kaudalen Bucht der Schädelhöhle findet man „zwischen den Ohren“, denn es liegt zwischen rechter und linker Pars petrosa des Os temporale (GASSE, 2002).

Knochenvorsprünge oder -leisten nehmen eine unvollständige Abtrennung der beiden Abteilungen vor (SALOMON, 2008c). Dorsal werden die beiden Abteilungen durch das knöcherne Hirnzelt, **Tentorium cerebelli osseum**, voneinander abgegrenzt, lateral durch die **Crista partis petrosae** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die basale Abgrenzung wird durch die unscheinbare Türkensattellehne, **Dorsum sellae turcicae**, gebildet. Das häutige Hirnzelt, **Tentorium cerebelli membranaceum**, ergänzt diese Knochenleisten und -vorsprünge bzw. heftet sich an ihnen an.

Das Schädeldach, **Calvaria**, ist die dorsale Wand der Schädelhöhle (SALOMON, 2008c). Von rostral nach kaudal sind das Os frontale, das Os parietale und die Squama occipitalis daran beteiligt. Zwischen dem Os parietale und der Squama occipitalis sowie zwischen der Schläfenbeinschuppe und der Pars petrosa ossis temporalis zieht der Schläfengang, **Meatus temporalis**, abwärts (NICKEL et al., 2004b), der mit dem **Foramen retroarticulare** endet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Das Ende des Schläfengangs befindet sich in der Tiefe zwischen dem Processus retroarticularis und dem äußeren Gehörgang. Durch einen Gang, der sich an der Spitze des Felsenbeins öffnet, ist jeder Meatus temporalis zusätzlich mit der

Schädelhöhle verbunden. In der Schläfengrube münden zudem Nebengänge des Meatus temporalis (NICKEL et al., 2004b).

Das Siebbein (bzw. dessen Lamina cribrosa) und Anteile der Innenplatte des Os frontale bilden die **nasenseitige Wand der Schädelhöhle**. Die Siebbeingruben, **Fossae ethmoidales**, findet man auf beiden Seiten der Crista galli in der Siebplatte (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

In der **Lamina cribrosa** findet man zahlreiche Löcher, durch die die Nn. olfactorii zum Riechkolben des Gehirns ziehen. Der N. ethmoidalis passiert auf seinem Weg in die Nasenhöhle ebenfalls die Siebplatte (SALOMON, 2008c). Er tritt dabei, genau wie die A. und V. ethmoidalis externa auch, durch eines der **Foramina ethmoidalia** hindurch, die in die Siebbeingruben eingeschlossen sind. Die Fila olfactoria werden ebenfalls von den Fossae ethmoidales aufgenommen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Laut Nickel et al. handelt es sich übrigens um die A. und V. ethmoidalis interna und nicht externa (NICKEL et al., 2004b).

Lateral einer jeden Siebbeingrube befindet sich ein **Foramen ethmoidale**, welches für die Verbindung mit der Orbita sorgt. (NICKEL et al., 2004b).

Das Os occipitale bildet die kaudale, **nackenseitige Wand der Schädelhöhle** (SALOMON, 2008c). Das **Foramen magnum** befindet sich ventral an diesem Knochen und verbindet die Schädelhöhle mit dem Wirbelkanal. Hier geht die Medulla oblongata des Gehirns in das Rückenmark über (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

### **Schädelbasis, Basis cranii interna**

Die Innengestaltung der Schädelbasis wird innerhalb dieser Arbeit nur kurz abgehandelt. Es wird nur auf Punkte eingegangen, die auf weitere Kapitel dieser Arbeit Einfluss haben.

Man kann drei, stufenweise hinterhauptswärts abfallende Schädelgruben, **Fossae cranii**, erkennen (GASSE, 2002; LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c), in deren Umgebung die Schädelwand von zahlreichen Öffnungen und Kanälen übersät ist. Diese Öffnungen und Kanäle dienen unter anderem dem Durchtritt der Gehirnnerven zu ihren peripheren Innervationsgebieten (NICKEL et al., 2004b).

Die vordere Schädelgrube, **Fossa cranii rostralis**, ist für diese Arbeit nicht relevant. Die Strukturen der mittlere Schädelgrube, **Fossa cranii media**, wurden bereits besprochen (Sulcus nervi ophthalmici und Sulcus nervi maxillaris: siehe Keilbein, Os sphenoidale; Fissura orbitalis, Foramen rotundum und Foramen trochleare: siehe Augenhöhle, Orbita)

Die Grundlage der hintere Schädelgrube, **Fossa cranii caudalis**, wird durch die Pars basilaris des Os occipitale gebildet. Seitlich wird sie vom jeweiligen Felsenteil des Os temporale begrenzt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Abhängig von der Tierart reicht die Pars petrosa unterschiedlich weit an die Pars basilaris des Os

occipitale heran. Beim Pferd besteht zwischen den beiden Knochen eine weite Spalte, die **Fissura petrooccipitalis** (NICKEL et al., 2004b).

Die **Crista sphenoccipitalis** und die **Crista partis petrosae** stellen den Beginn dieser Grube dar (SALOMON, 2008c), die ihr Ende am **Foramen magnum** findet (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Die Schädelhöhle weist abhängig von der Tierart Öffnungen auf, die sich im Grenzgebiet der Schädelbasis befinden. Dieses Grenzgebiet setzt sich aus der Pars basilaris des Os occipitale, aus der Pars petrosa des Os temporale und dem Flügel des Os basisphenoidale zusammen. Die Öffnungen kann man auch an der Schädelaußenseite erkennen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

(Foramen jugulare, Foramen lacerum und Canalis nervi hypoglossi: siehe oben)

Die **Seitenwände** der Schädelhöhle werden vom Os parietale, vom Os temporale und von der Pars lateralis ossis occipitalis gebildet. Die weit rostral reichende **Crista partis petrosae** ist auf diesen Knochen zu erkennen. Sie stellt in der mittleren Schädelgrube die seitliche Begrenzung der lateralen Nervenrinne dar (NICKEL et al., 2004b). Dorsal der Pars petrosa kann man die Öffnung des Verbindungsgangs des Seitenkanals des Meatus temporalis erkennen (NICKEL et al., 2004b).

Der in den kurzen inneren Gehörgang, **Meatus acusticus internus**, führende **Porus acusticus internus** befindet sich auf der Pars petrosa des Os temporale, die sich an jeder Seitenwand befindet.

Die **Crista transversa** ist auf dem **Fundus meatus acustici interni** erkennbar. Auf dem knöchernen Grund findet man auch die **Area nervi facialis**, die **Area cochleae** und die **Area vestibularis superior et inferior**. Die Area nervi facialis liegt dorsorostral und stellt den Zugang zum Kanal für den N. intermediofacialis dar (NICKEL et al., 2004b).

(Canalis nervi hypoglossi: siehe Schädelbasis, Basis cranii externa)

### ***Nasenhöhle, Cavum nasi***

(siehe auch 2.3.5 Atmungsapparat und Siebbein, Os ethmoidale)

Die von den Gesichtsknochen umschlossene Nasenhöhle erstreckt sich über den gesamten Gesichtsteil des Schädels. Ihre knöchernen Grundlage reicht von der knöchernen Nasenöffnung, **Apertura nasi ossea**, bis hin zum **Siebbein** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

Das Os incisivum und das Os nasale sind für die Begrenzung des knöchernen Naseneingangs zuständig (NICKEL et al., 2004b). Das Dach der knöchernen Nasenhöhle wird vom Os frontale, bzw. dessen Pars nasalis und vom Os nasale gebildet. Die Seitenwand hingegen besteht aus der Maxilla, dem Os lacrimale, dem Os zygomaticum und dem Os incisivum. Gemeinsam mit dem Os palatinum sind das Os incisivum und die Maxilla auch für den Boden zuständig. Die Innenplatte des Os frontale



und die Lamina cribrosa des Os ethmoidale bilden die kaudale Wand der Nasenhöhle und somit auch deren Abgrenzung gegen die Schädelhöhle (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c).

In eine linke und eine rechte Höhle wird die Nasenhöhle durch eine mediane Scheidewand geteilt, die als **Septum nasi** bezeichnet wird. Das Septum nasi geht im Nasengrund in die knöcherne **Lamina perpendicularis** des Os ethmoidale über. Der Nasengrund, **Fundus nasi**, wird durch den kaudal blind endenden dorsalen Abschnitt der Nasenhöhle dargestellt. Er wird von Siebbeinmuscheln ausgefüllt (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Jede Hälfte der Nasenhöhle steht über die kaudoventral gelegene **Choanenöffnung** mit dem Pharynx in weit offener Verbindung (WISSDORF et al., 2002j).

Der knöcherne Tränenkanal, **Canalis lacrimalis**, mündet auf der Facies nasalis der Maxilla. In Höhe des mittleren Nasengangs zwischen rostralem und mittlerem Drittel der dorsalen Nasenmuschel befindet sich die Mündung dieses Kanals (SALOMON, 2008c).

### ***Nebenhöhlen der Nase, Sinus paranasales***

(siehe auch 2.3.5 Atmungsapparat)

Bei den Nasennebenhöhlen handelt es sich um luftgefüllte Schleimhautaussackungen, die mit der Nasenhöhle in Verbindung stehen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008a; c; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j).

Bei der Entstehung der Nasennebenhöhlen wächst die Nasenschleimhaut in die Schädelknochen ein und verdrängt die poröse Substanz, **Diploe**, die sich zuvor zwischen der **Lamina interna** und der **Lamina externa** befand (WISSDORF et al., 2002j). Bis zum Abschluss des Schädelwachstums schreitet diese Pneumatisation der Schädelknochen voran und lässt altersabhängig deutliche Formunterschiede erkennen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j), insbesondere kommt es zu einer Größenzunahme mit dem Alter. (SALOMON, 2008c). Beispielsweise wird der Raum der späteren Kieferhöhle beim jungen Pferd größtenteils von Teilen der Anlage des bleibenden Prämolaren P<sub>4</sub> und den Wurzeln der drei Prämolaren M<sub>1</sub>-M<sub>3</sub> eingenommen (WISSDORF et al., 2002j).

Der Sinn dieser Höhlenbildung liegt darin, dass einerseits ausreichend Raum für die Unterbringung der Zähne (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004) und genügend große Ansatzflächen für Muskeln geschaffen werden bei gleichzeitiger Minimierung der Schädelmasse (KÖNIG und LIEBICH, 2009; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Die Nasennebenhöhlen sollen auch der Isolation von Augen-, Nasen- und Schädelhöhle dienen (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

Der Verbindungstyp des Pferdes lässt sich dadurch erklären, dass sich beim Foetus zunächst die respiratorische Schleimhaut vom Sinusgang aus durch die zeitlebens erhalten bleibende, zweigeteilte **Apertura nasomaxillaris** als unterteilte Ausbuchtung in

das Os maxillare stülpt. Dadurch entsteht die frühe Anlage des Sinus maxillaris. Von Anfang an sind dieser Zugang und der Sinus maxillaris durch ein knöchernes Septum zweigeteilt. Postnatal kommt es zur enormen Ausweitung der Schleimhautauskleidung am Grund der ursprünglichen Ausstülpung (Sinus maxillaris) in benachbarte, dadurch pneumatisierte Schädelknochen. Im Anschluss an den Sinus maxillaris sind die anschließenden Sinus hintereinander geschaltet und bleiben nur über die zweigeteilte, schlitzförmige enge Apertura nasomaxillaris mit dem Sinusgang der Nasenhöhle in offener Verbindung (BUDRAS, 2009f).

Beim Pferd kommen folgende Nasennebenhöhlen vor: die Kieferhöhle, **Sinus maxillaris**, die Stirnhöhle, **Sinus frontalis**, die Gaumenhöhle, **Sinus palatinus**, und die Keilbeinhöhle, **Sinus sphenoidalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Von diesen vier Nasennebenhöhlen kommt dem Sinus frontalis und dem Sinus maxillaris klinisch die größte Bedeutung zu. Eine Verschmelzung zum **Sinus sphenopalatinus** findet zwischen der Gaumen- und der Keilbeinhöhle statt (SALOMON, 2008a). Die Hohlräume der Nasenmuscheln, die als **Sinus conchae dorsalis, mediae** und **ventralis** bezeichnet werden, können ebenfalls zu den Nasennebenhöhlen gezählt werden (SALOMON, 2008c; WISSDORF et al., 2002j).

#### **Kieferhöhle, Sinus maxillaris**

Sie ist für die Pneumatisation der Maxilla, des Os zygomaticum und des Os lacrimale zuständig (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die Maxilla, das Os lacrimale und das Os palatinum bilden ihre Außenwand, während ihre Innenwand von der Lamina externa des Os ethmoidale gebildet wird (NICKEL et al., 2004b). An anderer Stelle wird anstatt des Os palatinum das Os zygomaticum erwähnt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Bei jungen Tieren findet die Kieferhöhle ihre Begrenzung noch dorsal der Crista facialis und kaudal vom Foramen infraorbitale. Durch den Umbau der Backenzahnalveolen weitet sie sich bei älteren Tieren weiter nach ventral und rostral aus. Kaudal reicht sie dann bis zu einer Querebene in Höhe des lateralen Augenwinkels (WAIBL, 2004). Ihre endgültige Größe erreicht die Kieferhöhle erst mit ca. 20 Jahren (SALOMON, 2008a). Bei einem 15-20 Jahre alten Pferd kann die Kieferhöhle bis in Höhe des Foramen infraorbitale reichen (WISSDORF et al., 2002j). Sie füllt den Kaudalteil der Maxilla aus (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

Verschiedene Begrenzungslinien ermöglichen es, ein Feld, welches der Nebenhöhle gleicht, auf die Schädeloberfläche zu projizieren. Für die Kieferhöhle stellt man sich als dorsale Begrenzung eine Linie vor, die die Incisura nasoincisiva mit dem nasalen Augenwinkel verbindet. Die ventrale Begrenzung wird durch die Crista facialis markiert, allerdings verschiebt sich diese Ventralgrenze bei älteren Pferden weiter in Richtung Margo alveolaris. Für die rostrale Begrenzung zieht man eine Senkrechte auf die Verlängerung der Crista facialis, ca. 20 - 25mm rostral ihres Endes. Kaudal wird die

Begrenzung durch eine Senkrechte zur Crista facialis dargestellt, die sich in Höhe der Mitte des Margo supraorbitalis befindet (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002j).

Der knöcherne Anteil des **Tränennasengangs** verläuft am dorsalen Rand der Kieferhöhle, während der knöcherne **Canalis infraorbitalis**, der den sensiblen N. infraorbitalis und dessen Begleitblutgefäße beinhaltet, in der nasenseitigen Wand der Kieferhöhle gelegen ist. Infektionen der Kieferhöhle können auf den Canalis infraorbitalis übergreifen und den N. infraorbitalis schädigen. Sensibilitätsstörungen im Angesicht und an den Oberkieferzähnen sind die Folge (WISSDORF et al., 2002j).

Der Boden des Sinus maxillaris ist stellenweise nur durch eine dünne Knochenlamelle von den Backenzahnwurzeln getrennt. Die Folge davon ist, dass über den Sinus maxillaris Zahnbehandlungen und –extraktionen vorgenommen werden können (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

### **Stirnhöhle, Sinus frontalis**

Die vorwiegend zwischen den Platten des Stirnbeins liegende Stirnhöhle endet bei Saugfohlen an der Orbita. Bei erwachsenen Pferden reicht sie allerdings kaudal über die Orbita hinweg (WAIBL, 2004). Sie pneumatisiert das Os frontale (KÖNIG und LIEBICH, 2009; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008a). Das Os nasale kann gelegentlich von einer Bucht erreicht werden, die dann in diesen Knochen hineinreicht. Die Nasenhöhle wird kaudal und die Orbita dorsal und medial von der Stirnhöhle umlagert. Zusätzlich umlagert sie auch noch den rostralen Abschnitt der Schädelhöhle (WAIBL, 2004).

Das mehr oder weniger median gelegene **Septum sinuum frontalem** trennt die Höhlen der beiden Schädelhälften (NICKEL et al., 2004b; WAIBL, 2004). Quergestellte Knochenlamellen teilen die Stirnhöhle des Pferdes in eine **rostrale**, eine **mediale** und eine **kaudale Abteilung** (WAIBL, 2004). An anderer Stelle wird eine unvollständige, querstehende Scheidewand mit einer **rostralen** und einer **kaudalen Abteilung** der Stirnhöhle erwähnt. **Lamellae intrasinuales** grenzen gegebenenfalls verschiedene Abteilungen gegeneinander ab und dienen der Stabilisierung (NICKEL et al., 2004b).

Verbindet man den temporalen Augenwinkel mit dem Kiefergelenk und legt dann durch die Mitte dieser Linie eine Transversalebene, so erhält man die kaudale Begrenzung der Stirnhöhle. Kaudal schiebt sich die Stirnhöhle noch über den rostral vorgewölbten Anteil der Schädelhöhle. Die rostrale Begrenzung wird durch eine Transversalebene dargestellt, die durch die nasalen Augenwinkel gelegt wird. Für den **Sinus conchofrontalis** muss diese Linie etwas weiter nach distal verschoben werden. D.h. es handelt sich dann um eine Querebene durch die Mitte der Verbindungslinie vom nasalen Augenwinkel zum rostralen Ende der Crista facialis. Die Linie, die eine Verbindung zwischen der Incisura nasoincisiva und dem Ursprung des Margo supraorbitalis aus dem Os frontale herstellt, ist die laterale Begrenzung. Das Septum zwischen der rechten und der linken Stirnhöhle, welches sich in der Mittellinie befindet, stellt die mediane Begrenzung dar (WISSDORF et al., 2002j).

(Restliche Nasennebenhöhlen: siehe 2.3.5 Atmungsapparat)

### **Verbindungen der Nasennebenhöhlen mit der Nasenhöhle und untereinander**

Auf beiden Seiten stehen im Zentrum die beiden Kieferhöhlen um die herum sich alle restlichen Nasennebenhöhlen gruppieren (NICKEL et al., 2004b). Mit dem **Meatus nasi medius** der Nasenhöhle stehen die beiden Kieferhöhlen über die spaltförmige **Apertura nasomaxillaris** in Verbindung. Die Apertura nasomaxillaris liegt im mittleren Nasengang, in Höhe des 5. Oberkieferbackenzahns (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Dorsal der ventralen Nasenmuschel, etwa auf Höhe des M<sub>3</sub> befindet sich die versteckt liegende, spaltförmige Öffnung der kaudalen Kieferhöhle, die durch den kaudalen Anteil der 2-geteilten Apertura nasomaxillaris dargestellt wird. Die Apertura nasomaxillaris führt in den Sinusgang der Nasenhöhle (WISSDORF et al., 2002j).

Bei der Verbindung der beiden Kieferhöhlen mit der Nasenhöhle handelt es sich um eine direkte Verbindung. Alle anderen Nasennebenhöhlen sind dem Meatus nasi medius nur indirekt angeschlossen. Dabei handelt es sich um die der kaudalen Kieferhöhle nachgeschalteten Nasennebenhöhlen, welche dorsomedial die Stirnmuschelhöhle, Sinus conchofrontalis, und kaudoventral die Gaumenkeilbeinhöhle, Sinus sphenopalatinus, sind. An die rostrale Kieferhöhle ist die untere Muschelhöhle, Sinus conchae ventralis über die Kontur des Canalis infraorbitalis hinweg angeschlossen (über die **Apertura conchomaxillaris**) (NICKEL et al., 2004b).

Durch die Verbindung mit der kaudalen Kieferhöhle hat die Stirnmuschelhöhle über die Apertura nasomaxillaris einen direkten Anschluss an die Nasenhöhle (WISSDORF et al., 2002j). Über die weite Kieferstirnhöhlenöffnung, **Apertura frontomaxillaris**, ist die Stirnmuschelhöhle der kaudalen Kieferhöhle angeschlossen. Laut Liebich und König liegt die Apertura frontomaxillaris in Höhe des Ductus lacrimalis osseus und des entsprechenden Teils der medialen Orbitawand (BUDRAS, 2009f; LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; WISSDORF et al., 2002j). Die Gaumenkeilbeinhöhle ist ihr ebenfalls über einen weiten Zugang angeschlossen. Dieser Zugang reicht über die Kontur des Canalis infraorbitalis hinweg (NICKEL et al., 2004b).

Der Sinus conchae mediae ist über eine schlitzförmige Öffnung in der Seitenplatte des Siebbeins mit der Nasenhöhle verbunden (NICKEL et al., 2004b). Ebenfalls über die Kontur des Canalis infraorbitalis hinweg ist die weite Öffnung, **Apertura conchomaxillaris**, der unteren Muschelhöhle erreichbar (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b).

### ***Kiefergelenk, Articulatio temporomandibularis***

Beim Kiefergelenk handelt es sich um ein inkongruentes Walzengelenk (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004a; WISSDORF und OTTO, 2002). Am Processus zygomaticus der Schläfenbeinschuppe findet man eine aus drei Anteilen bestehende Gelenkvertiefung. Die drei Anteile sind rostral das **Tuberculum articulare**, mittig die **Fossa mandibularis** und kaudal der **Processus retroarticularis**. Als Gelenkerhöhung dient das quer zur Längsachse des Schädels verlaufende **Caput mandibulae** des

**Processus condylaris** des Unterkiefers (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004a; SALOMON, 2008c; WISSDORF und OTTO, 2002).

Ein faserknorpeliger, querovaler **Discus articularis** liegt zwischen den Gelenkflächen (KÖNIG et al., 2009c; NICKEL et al., 2004a; WISSDORF und OTTO, 2002). Er soll die Inkongruenz der Knochenteile des Kiefergelenks ausgleichen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; WISSDORF und OTTO, 2002). Peripher ist der Diskus dicker als zentral, da seine Dorsal- bzw. Ventralfläche in Längsrichtung konkav ist. Er teilt das Gelenk in zwei abgeschlossene Räume. Man benennt den ventral gelegenen Raum als **Articulatio discomandibularis** und den dorsalen, geräumigeren Raum als **Articulatio discotemporalis**. Am Discus articularis und an den Gelenkrändern findet man die kräftige Gelenkkapsel, **Membrana synovialis** (WISSDORF und OTTO, 2002).

Der **Recessus caudocentralis** stellt eine große, kaudolaterale Gelenkaussackung dar, die von der dorsalen Gelenkhöhle gebildet wird und bis in den zentralen Gelenkabschnitt reicht. Der kleinere, rostralaterale **Recessus rostralis** und der kaudale **Recessus caudalis** werden von der ventralen Gelenkhöhle gebildet (WISSDORF und OTTO, 2002).

Am Kiefergelenk findet man zwei Bänder, die beide Verstärkungen der Gelenkkapsel darstellen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004a; WISSDORF und OTTO, 2002). Zwischen dem Tuberculum articulare des Processus zygomaticus der Schläfenbeinschuppe und dem Rostralrand des Processus condylaris mandibulae überbrückt das **Ligamentum laterale** den Gelenkspalt (WISSDORF und OTTO, 2002). Das elastische **Ligamentum caudale** verkehrt zwischen dem Processus retroarticularis und dem kaudalen Anteil des Processus condylaris mandibulae (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004a; WISSDORF und OTTO, 2002).

Die durch das Lig. laterale verstärkte Gelenkkapsel findet man auf der rostralateralen Seite, direkt unter der Haut. Bis an den M. pterygoideus lateralis und den N. massetericus reicht das Gelenk medial. Der M. temporalis inseriert am rostralen Processus coronoideus mandibulae. Kaudolateral bedeckt der Ohrzipfel der Glandula parotis das Kiefergelenk (WISSDORF und OTTO, 2002). Das Kiefergelenk liegt beim Pferd, wie bei allen mahlend kauenden Pflanzenfressern, erheblich über der Kauebene (KÖNIG et al., 2009c).

Es erfolgt eine Scharnierbewegung zwischen dem Discus articularis und der Mandibula. Diese Bewegung wird durch den Diskus ermöglicht. Zwischen der Fossa mandibularis und dem Diskus ist hingegen eine Gleitbewegung möglich (KÖNIG et al., 2009c).

Das Caput mandibulae liegt bei geschlossener Maulspalte unterhalb der Fossa mandibularis. Wird das Maul geöffnet, so verschiebt sich das Caput mandibulae nach rostral in Richtung auf das Tuberculum articulare des Jochfortsatzes der Schläfenbeinschuppe zu. Dabei nimmt es den Discus articularis mit. Durch Rotation des Caput mandibulae um die vertikale Achse kommen die wesentlich geringeren Seitwärtsbewegungsmöglichkeiten zu Stande. Dabei handelt es sich um Lateral- bzw.

Medialbewegungen des Unterkiefers beim Kauen. Bei dieser Art von Bewegung wird der eine Discus articularis rostral, der andere kaudal verschoben. Hierbei findet ein Zusammenspiel des M. masseter mit den kontralateralen Mm. pterygoidei statt (WISSDORF und OTTO, 2002).

Daraus ergeben sich folgende Bewegungsmöglichkeiten (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004a):

- senken und heben der Mandibula (Öffnen und Schließen des Mauls)
- Seitwärtsbewegung für das Mahlen
- Zurück- und in geringem Ausmaß auch Vorschieben des Unterkiefers (das Ausmaß dieser beiden Bewegungen ist abhängig von der Tierart)

Die Lymphe des Kiefergelenks fließt den Lnn. mandibulares zu, die sich oberflächlich im Kehlgang befinden (WISSDORF et al., 2002f).

### 2.3.2 Muskelsystem

Gesichtsmuskulatur	Muskelsystem
Kau- und Kehlgangsmuskulatur	Muskelsystem
Zungenmuskulatur	siehe Verdauungsapparat
Schlundkopfmuskulatur	siehe Verdauungsapparat
Kehlkopfmuskulatur	siehe Atmungsapparat
Intraorbitale Augenmuskulatur	nicht aufgeführt

#### 2.3.2.1 Faszien des Kopfes

Faszien umhüllen unter der Haut die Oberfläche des Kopfes. Sie dienen als straffe, flächenhaft ausgebreitete Bindegewebshäute den Muskeln zum Ursprung und Ansatz. Ebenso tragen sie zur Verschiebbarkeit der Muskeln gegeneinander bei. Gefäße und Nerven sind in sie eingeschlossen. In der Tiefe schließen sie oberflächlich in ihren Spalträumen die quergestreiften Hautmuskeln, **Mm. cutanei**, ein (LIEBICH et al., 2009). Die Hautmuskeln sind also in die oberflächliche Faszie eingelagert, die laut Liebich et al. zusätzlich auch noch Teile der oberflächlichen Ohrmuskulatur einschließt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die oberflächliche Faszie, **Fascia superficialis**, umfasst die oberflächliche Kopf-, Hals-, Rumpf-, Schwanz- und Gliedmaßenfaszie (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### **Oberflächliche Kopffaszie**

Die oberflächliche Kopffaszie, **Fascia capitis superficialis**, liegt der Haut am Nasenrücken und der Stirnhaut eng an und lässt sich laut Seiferle und Frewein nicht

deutlich isolieren (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beim Pferd umhüllt sie fast den ganzen Kopf. Als gut ausgebildete **Fascia parotidomasseterica** überzieht sie die Gl. parotis und den M. masseter bis zur Gesichtsleiste, Crista facialis, und zum Jochbogen, Arcus zygomaticus, an denen sie sich befestigt. Als **Lamina superficialis** der **Fascia temporalis superficialis** erstreckt sie sich über den M. temporalis hinweg, um zur Linea temporalis bzw. zur Crista sagittalis externa zu ziehen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Sie beinhaltet den M. parotidoauricularis im Parotisgebiet und Fasern des M. cutaneus faciei im Bereich des M. masseter und der Lippe (Lippenanteil des M. cutaneus faciei). Sie dient den Schildspannern und den Einwärtsziehern des Ohres in der Schläfengegend zum Ursprung und dehnt sich nach vorne und unten auf die Backe und den Nasenrücken aus (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Rostral strahlen die Backen- und Nasenmuskeln in sie ein (LIEBICH et al., 2009). Sie überzieht die Backenmuskulatur und verschmilzt in der Gegend des Mundwinkels allmählich mit dieser. Als Stirnfaszie zieht sie kaudal, nachdem sie sich am Nasenrücken eng mit dem Periost verbunden hat (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). In der Mitte des Kehlgangs, den sie nach ventral hin abschließt, ist sie laut Seiferle und Frewein am stärksten entwickelt. Nach caudal setzt sie sich in die oberflächliche Halsfaszie fort (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **Tiefe Kopffaszie**

Die tiefe Kopffaszie, **Fascia capitis profunda**, verschmilzt stellenweise mit der oberflächlichen Kopffaszie (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei den Huftieren erfolgt die Verschmelzung in der Backengegend. Als **Fascia buccopharyngea** überzieht sie, außer den Muskelansatzstellen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), weite Anteile der Außenfläche des Unterkiefers (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Sie spaltet sich in zwei Blätter (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), in ein tiefes und ein oberflächlicheres (LIEBICH et al., 2009). Das tiefe Blatt zieht, laut Seiferle und Frewein unter dem M. depressor labii inferioris hindurch, zur Backenschleimhaut mit der es verschmilzt. Das oberflächlichere Blatt tritt unter den M. masseter und zieht, ebenfalls laut Seiferle und Frewein über den M. depressor labii inferioris, der Pars molaris des M. buccinator, die Backendrüse und die Vv. buccalis und profunda faciei hinweg, zur Crista facialis, wo es ansetzt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dieses oberflächliche Blatt schiebt sich vor dem M. masseter teils zwischen die Teile des M. buccinator und teils zieht es nasenwärts weiter (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Es umhüllt dabei einzelne Gesichtsmuskeln, wie z.B. den M. buccinator und den M. caninus (LIEBICH et al., 2009). Danach gelangt es, laut Seiferle und Frewein unter dem M. levator labii superioris hindurch, zum Nasenrücken, wo es in die oberflächliche Faszie einstrahlt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Das tiefe Blatt der Fascia buccopharyngea (bzw. die tiefe Kopffaszie an sich) geht halswärts in die Rachenfaszie, **Fascia pharyngobasilaris**, über. Die Rachenfaszie hat ihren Ursprung am Hamulus des Os pterygoideum und dessen Umgebung und ihren Ansatz kaudal vom letzten Backenzahn, dorsal am Mandibularrand und am Stylo- und Thyreohyoideum (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie überzieht schließlich die Schlundkopfmuskulatur (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Im Bereich des M. temporalis wird die tiefe Kopffaszie **Fascia temporalis** genannt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Fascia temporalis verschmilzt teilweise oberflächlich mit dem M. temporalis und überspringt die Fossa temporalis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie endet am Augen- und Jochbogen (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Während sie die Außenfläche des M. masseter und des M. buccinator überzieht wird sie als tiefe Masseter- und Backenfaszie bezeichnet. Über den ventralen Kiefferrand und den M. digastricus hinweg gelangt sie zum Kehlgang. Dort bildet sie den submentalen Teil der tiefen Kopffaszie. Der Übergang in die tiefe Halsfaszie befindet sich hinter dem M. masseter, wo die tiefe Kopffaszie unter der Ohrspeichel- und Unterzungendrüse hinweg zieht (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die tiefe Kopffaszie ist stets unter den größeren Kopfgefäßen zu finden (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### 2.3.2.2 Hautmuskeln des Kopfes, *Musculi cutanei capitis*

Die Hautmuskeln, **Mm. cutanei**, bestehen aus quer gestreiften Muskelfasern. Meist handelt es sich um dünne breitflächige Platten, die eine enge Verbindung zur Haut haben. Sie bilden dadurch einen Hautbewegungs- und –spannapparat (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Farblich sind sie meist heller als die Skelettmuskeln. Genetisch waren 3 aus dem Halsgebiet einstrahlende Muskelplatten für den Kopf vorhanden. Beim Pferd ist davon nur der **M. cutaneus faciei**, Gesichtshautmuskel, übrig geblieben. Dieser Muskel stellt ursprünglich den ins Kopfgebiet einstrahlenden Gesichtsteil des Platysma dar (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist die orale Fortsetzung des M. cutaneus colli (SALOMON, 2008d) und gehört zur oberflächlichen Gesichtsmuskulatur (oberflächliche Fazialismuskulatur), die vom N. facialis innerviert wird (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. cutaneus faciei wird speziell vom R. colli des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b). Beim Pferd zeigt dieser Muskel als selbstständige Muskelplatte, ohne Verbindung zum Platysma die relativ schwächste Ausbildung. Er besteht aus dünnen, lockeren Faserbündeln, die in die **Fascia parotidomeseterica** eingelagert sind. Diese Fasern kommen aus der Kehlkopfgegend, verdichten sich am unteren Mandibularrand ein wenig und werden am Gefäßausschnitt, Incisura vasorum facialium, etwas kräftiger. Sie ziehen dann als Lippenanteil gegen den Mundwinkel. Der Verlauf dieses Muskels ist über den M. masseter hinweg zum Mundwinkel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er wirkt als



Rückwärtszieher des Mundwinkels und als Spanner und Beweger der Haut in der Lippen-, Backen- und Massetergegend (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Durch die Bewegung der Hautmuskulatur gemeinsam mit der oberflächlichen Faszie und, laut Seiferle und Frewein den subkutanen Schleimbeuteln, kann sich das Pferd ebenso von Schädlingen wie Arthropoden, Haarlingen und Milben als auch von Verunreinigungen befreien (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das Anspannen der Hautmuskeln und der Faszien ermöglichen es dem Pferd seine mimischen Reaktionen zu verstärken. Besonders deutlich wird dies an den Lippen, den Nasenöffnungen und an der Feinabstimmung der Ohrmuschelstellung (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### 2.3.2.3 Muskeln des Kopfes

Die Muskeln des Kopfes können in 6 Gruppen eingeteilt werden. Diese Einteilung erfolgt auf Grund ihrer embryonalen Anlage und ihrer Nervenversorgung. Man kann folgende Gruppen unterscheiden (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004):

<b>Muskelgruppe:</b>	<b>Innervation:</b>
Gesichtsmuskulatur	N. facialis
Kau- und Kehlgangsmuskulatur	N. mandibularis des N. trigeminus
Zungenmuskulatur	N. hypoglossus
Schlundkopfmuskulatur	N. glossopharyngeus und N. vagus
Kehlkopfmuskulatur	N. vagus
Intraorbitale Augenmuskulatur	N. oculomotorius, N. trochlearis, N. abducens

Die Zungen-, die Schlundkopf- und die Kehlkopfmuskulatur bezeichnet man eben so wie die intraorbitale Augenmuskulatur auch als spezifische Organmuskulatur (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### 2.3.2.3.1 Die Gesichtsmuskulatur

Die Gesichts- oder Fazialismuskulatur kann man, laut Seiferle und Frewein aus genetischer Sicht, in eine oberflächliche und eine tiefe Schicht einteilen (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die oberflächliche Schicht wird von verschiedenen Fazialisästen innerviert und ist mit der beweglichen Haut an den Lippen, den Backen, der Nase, den Augenlidern und den Ohrmuscheln verbunden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Deshalb bezeichnet man sie auch als mimische Muskulatur (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Alle oberflächlichen Gesichtsmuskeln lassen sich auf drei aus dem Halsbereich in das Kopfgebiet einstrahlende Hautmuskelpplatten zurückführen. Diese drei Platten sind der M. sphincter

---

colli superficialis, das Platysma und der M. colli profundus. Die retroaurikuläre Muskulatur spaltet sich vom Platysma ab, die übrigen Muskeln der oberflächlichen Schicht stammen vom M. colli profundus ab, der beim Pferd in wohldifferenzierte Muskelindividuen aufgeteilt ist (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die tiefe Schicht der Gesichtsmuskulatur wird von den tiefen Ästen des N. facialis innerviert (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Schicht besitzt typischen Skelettmuskelcharakter, da sie von Anfang an Beziehungen zu den knöchernen Stützelementen des einstigen 2. Kiemenbogens hat. Ihre ursprüngliche Beziehung zu Gesichtsteilen (2. Kiemenbogen) ging sekundär allerdings verloren (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Zur tiefen Schicht gehören der kaudale Bauch des M. digastricus, der vom N. trigeminus innerviert wird, der M. occipitohyoideus und der M. stylohyoideus. Die beiden zu Letzt genannten stellen eine Abspaltung des M. digastricus dar. Der M. stapedius, der ursprünglich ein Muskel des primitiven Kiefergelenks war, und mit der Abspaltung des Steigbügels aus dem Unterkieferbogen später ins Mittelohr verlagert wurde, gehört ebenfalls zu dieser tiefen Schicht. Da der kaudale Bauch des M. digastricus funktionell in enger Beziehung zu seinem rostralen Bauch steht, der vom N. mandibularis des N. trigeminus innerviert wird, wird auch der kaudale Bauch zur oberflächlichen Kehlgangsmuskulatur gezählt. Die Mm. occipitohyoideus und stylohyoideus werden zur Zungenmuskulatur gerechnet und der M. stapedius gilt als Bestandteil des Ohres. Daraus ergibt sich für die tiefe Schicht der Gesichtsmuskulatur nur eine von den tiefen Fazialisästen versorgte Innervationsgruppe, die aber postnatal nicht mehr als funktionelle oder topographische Einheit in Erscheinung tritt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Liebich et al. gehören zur tieferen Schicht Muskeln, die verteilt am Kopf liegen und mit dem Zungenbein verbunden sind, oder als Teil des M. digastricus verstanden werden oder in das Mittelohr (M. stapedius) verlagert sind (LIEBICH et al., 2009).

Nach Lage und Funktion kann man die Gesichtsmuskulatur in vier Gruppen einteilen (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die erste Gruppe umfasst die Muskeln der Lippen und Backen, die zweite die Muskeln der Nase, die dritte die extraorbitalen Muskeln der Augenlider und die vierte die Muskeln der Ohrmuschel (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beim Pferd sind von der Gesichtsmuskulatur vor allem die Lippen-, Nasen-, und Ohrmuskeln gut ausgebildet. Die übrigen mimischen Muskeln sind eher schwach ausgebildet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### ***Muskeln der Lippen und Backen***

Zu den Muskeln der Lippen und Backen gehören der **M. orbicularis oris**, die **Mm. incisivi**, der **M. levator nasolabialis**, der **M. levator labii superioris**, der **M. caninus**, der **M. depressor labii superioris**, der **M. depressor labii inferioris**, der **M. mentalis**, der **M. zygomaticus** und der **M. buccinator** (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). All diese Muskeln lassen sich vom vordersten und mittleren Abschnitt des **M. sphincter colli profundus** ableiten. Sie beteiligen sich an der seitlichen Wand der Mundhöhle und teilweise des Nasenlochs und begrenzen die Mundspalte. Im Großen und Ganzen handelt es sich bei den aufgezählten Muskeln um schwache Muskeln (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### **M. orbicularis oris**

Der M. orbicularis oris ist ein Lippenschließmuskel, der von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert wird. Laut Salomon wird er von den Rr. buccales versorgt. Er stellt einen geschlossenen, laut Seiferle und Frewein innig mit der Haut verwachsenen und oft reichlich von Bindegewebe durchsetzten, Kreismuskel dar

(BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Tastaare sind oft in ihm verankert (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Als Hauptgrundlage der Lippe hilft er die Mundspalte zu begrenzen. Über die Mm. incisivi und die übrigen Backen- und Lippenmuskeln, die in ihn einstrahlen, findet er Anschluss an die knöcherne Grundlage (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), da er selbst keinerlei direkten Kontakt zum Skelett hat (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Die Mm. incisivi vermitteln ihm direkten Kontakt zu den Alveolarrändern des Os incisivum und der Mandibula (SALOMON, 2008d).

Seine Funktion besteht im Schließen der Mundspalte (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Zusätzlich übt er Druck auf die Lippendrüsen aus (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### **Mm. incisivi**

Bei den Mm. incisivi, Schneidezahnmuskeln, (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) handelt es sich um direkt unter der Lippenschleimhaut gelegene (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), schwache Muskelplatten (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), die von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert werden (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Man kann einen kräftigen **M. incisivus inferior** und einen dünnen **M. incisivus superior** unterscheiden. Den M. incisivus superior kann man nur undeutlich vom M. orbicularis oris und vom M. buccinator trennen. Die Mm. incisivi entspringen jeweils am Unter- bzw. Oberkiefer vom Eckzahn bis zum Mittelschneidezahn. Der M. incisivus inferior ist in der Medianen von dem der anderen Seite getrennt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Andere Autoren nennen für den Ursprung den Arcus alveolaris (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d). Ihren Ansatz

finden sie durch das Einstrahlen in den M. orbicularis oris (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. incisivus inferior strahlt auch noch mit medianwärts gerichtetem Faserverlauf unter dem M. orbicularis oris hinweg ins Kinn und den M. mentalis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beide Muskeln drücken gemeinsam die Lippe gegen die Schneidezahnbögen und üben so Druck auf die Lippendrüsen aus (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Alleine erfüllt der M. incisivus superior die Funktion eines Hebers der Oberlippe, während der M. incisivus inferior als Nieder- bzw. Anzieher der Unterlippe fungiert (LIEBICH et al., 2009).

### **M. levator nasolabialis**

Der M. levator nasolabialis ist ein Nasenlippenheber (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und wird vom R. zygomaticus des N. facialis (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002) bzw. vom N. auriculopalpebralis des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Der beim Pferd Hautmuskelcharakter besitzende Muskel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) nimmt seinen Ursprung am Os frontale (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), am Os nasale und an der Stirnfaszie (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Es handelt sich hierbei um einen platten, relativ breiten, zweischenkligen Muskel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), der von der Stirn bzw. rostral der Orbita und vom Nasenrücken zur Oberlippe zieht. Meist gelangt er auch zur lateralen Wand des Nasenflügels (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sein oberflächlicher Schenkel findet seinen Ansatz im M. orbicularis oris und laut Seiferle und Frewein im M. buccinator, während sein tiefer Schenkel an der Oberlippe ansetzt (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002), wo er sich mit dem M. caninus und dem lateralen Nasenflügel verbindet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. caninus verläuft zwischen den beiden Schenkeln des M. levator nasolabialis und wird von dessen tiefem Schenkel unterkreuzt (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Der M. levator nasolabialis erfüllt Aufgaben, wie das Heben der Oberlippe und das Erweitern des Nasenloches (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002).

### **M. levator labii superioris**

Der M. levator labii superioris ist ein Heber und Rückwärtszieher der Oberlippe und wird von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Laut Salomon ist er ein Heber der Oberlippe und ein Erweiterer der Nasenlöcher und wird von den Rr. buccales des N. facialis innerviert (SALOMON, 2008d). Er hat Skelettmuskelcharakter und ist einer der kräftigsten Gesichtsmuskeln (SEIFERLE und

FREWEIN, 2004). Laut Liebich et al. ist er der kräftigste Gesichtsmuskel (LIEBICH et al., 2009).

Seinen Ursprung nimmt dieser Muskel verschieden unterhalb des medialen Augenwinkels am Oberkieferbein (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), genauer gesagt am Os lacrimale bzw. laut Seiferle und Frewein an der Vereinigungsstelle des Tränen-, Oberkiefer- und Jochbeins (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Der mit seinem lang gestreckten Bauch dem Oberkieferbein, zum Teil auch noch dem Tränen- und Jochbein aufliegende Muskel (LIEBICH et al., 2009) wird auf seinem Weg zur Incisura nasoincisiva vom M. levator nasolabialis bedeckt. Laut Aussage einiger Autoren verläuft er auf dieser Strecke über das Foramen infraorbitale (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Auf Höhe der Incisura nasoincisiva geht er dann in seine rundliche Sehne, die von einer Sehnenscheide umgeben wird, über (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Danach zieht die Sehne am Seitenrand des Os nasale zu dessen Spitze (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), wo sie sich mit der anderen Seite vereinigt. Aus dieser Verschmelzung geht eine mediane Sehnenplatte hervor, die in die Oberlippe einstrahlt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Diese bis zu 3 cm breite Sehnenplatte liegt dem M. dilatator naris apicalis auf (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und ermöglicht dem Pferd als so genannte Endplatte das „Flehmen“ (BUDRAS, 2009d; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Der M. levator labii superioris findet demnach seinen Ansatz durch Einstrahlen in die Oberlippe (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), bzw. dorsal an der Nüster und laut Budras auch noch an der Incisura nasoincisiva (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und HUSKAMP, 2002).

### **M. caninus**

Der M. caninus ist der Kiefernasenmuskel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er wird auch Eckzahnmuskel genannt (LIEBICH et al., 2009) und von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Er ist schwächer als der M. levator labii superioris (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und liegt ventral von diesem Muskel (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er entspringt am vorderen Ende der Crista facialis (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002) und zieht dann, laut Seiferle und Frewein sich fächerförmig verbreiternd, zwischen den beiden Ästen des M. levator nasolabialis hindurch (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Seinen Ansatz findet er im M. orbicularis oris (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002) und seitlich am Nasenloch und in dessen Umgebung (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002).

---

Seine Funktion besteht im Zurückziehen der Oberlippe und dem Erweitern des Nasenloches (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002).

#### **M. depressor labii superioris**

Diesen Muskel hat das Pferd nicht.

#### **M. depressor labii inferioris**

Der M. depressor labii inferioris wird auch von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert und ist ein Nieder- und Rückwärtszieher, laut Liebich et al. nur ein Niederzieher, der Unterlippe (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Laut Salomon wird auch er von den Rr. buccales des N. facialis versorgt (SALOMON, 2008d). Er wird vom M. masseter bedeckt (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009) und verläuft unter der flächenhaften Ausdehnung des M. cutaneus faciei rostral (LIEBICH et al., 2009). Der M. depressor labii inferioris kommt gemeinsam, und zu Beginn sogar mit dem M. buccinator verwachsen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) vom Processus coronoideus der Mandibula (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002) und vom Tuber maxillae. Laut Liebich et al. auch noch zusätzlich aus dem M. buccinator (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Rostral vom M. masseter, am vorderen Backenzahn, isoliert er sich vom M. buccinator. Als spindelförmiger Muskel läuft er an der Außenfläche des Unterkiefers zum Kinn (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Auf seinem Weg bedeckt er das For. mentale (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Nachdem er am Foramen mentale in eine rundliche Sehne übergegangen ist (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), verzweigt er sich im M. orbicularis oris (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002) und im fettreichen Bindegewebspolster des Kinns. Mit den entsprechenden Ästen der Nachbarseite verbindet er sich netzförmig (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Man kann auch sagen, dass er seinen Ansatz an der Unterlippe hat (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d).

#### **M. mentalis**

Der M. mentalis ist der Kinnmuskel und wird von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Man fasst ihn als (unvollständige) Abspaltung des M. buccinator auf, laut Salomon als Abspaltung der ventralen Portion des M. buccinator (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das bindegewebig-muskulöse Kinnpolster bzw. das beim Pferd deutlich hervorspringende Kinn an sich wird von diesem Muskel, der an beiden Seiten vom Kinnwinkel am Schneidezahnteil, also seitlich an der Pars incisiva mandibulae entspringt geformt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Salomon entspringt er in Höhe des Eckzahns auf beiden Seiten vom Alveolarrand des Corpus mandibulae (SALOMON, 2008d). Seine Faserzüge, die stark von fettreichem Bindegewebe durchsetzt sind ziehen von beiden Seiten gemeinsam in die Haut des Kinns und den M. orbicularis oris (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Fasern der

beiden Seiten treffen sich in der Unterlippe, die sie durch Kontraktion versteifen können (SALOMON, 2008d). Demnach ist er ein Kinnbeweger (LIEBICH et al., 2009), ein Falter und Spanner der Kinnhaut (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **M. zygomaticus**

Der M. zygomaticus, Jochmuskel, wird vom R. zygomaticus (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) bzw. N. auriculopalpebralis des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Hierbei handelt es sich um ein blasses, dünnes Muskelband, welches von der Gegend des Jochbogens schief über die seitliche Gesichtshälfte hinweg zum Mundwinkel zieht (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er entspringt beim Pferd unterhalb der Crista facialis (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002) aus der Fascia parotidomasseterica (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und setzt im M. orbicularis oris an. Er ist ein Rückwärtszieher des Mundwinkels (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Budras erwähnt noch, dass er beim Pferd keine Faserabscherung zum Kehlgang aufweist (BUDRAS, 2009b). Manchmal wird er auch als Teil des M. sphincter colli profundus aufgefasst (SALOMON, 2008d).

### **M. buccinator**

Der als M. buccinator bezeichnete Backenmuskel, der von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert wird, besteht beim Pferd aus zwei gut trennbaren Anteilen. Aus einer oberflächlichen **Pars buccalis** und einer tiefen **Pars molaris** (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Diese Trennung ist vor allem an seinem kaudalen Abschnitt besonders deutlich (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), der vom M. masseter bedeckt wird (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Laut Liebich et al. befindet sich die Pars buccalis rostral und die Pars molaris kaudal (LIEBICH et al., 2009). Ein Lippenteil fehlt ihm (BUDRAS, 2009b).

Er bildet die muskulöse Grundlage der Backe (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und stellt gewissermaßen vom Mundwinkel an die kaudale Fortsetzung des M. orbicularis oris dar, als dessen Abspaltung er laut Seiferle und Frewein aufgefasst wird (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Mundhöhle schließt dieser platte, breite Muskel seitlich ab, da er zwischen den Alveolarfortsätzen des Ober- und Unterkiefers verkehrt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002). Laut Budras verkehrt er zwischen dem Processus coronoideus mandibulae und dem Mundwinkel (BUDRAS, 2009b).

An der gefiederten **Pars buccalis**, die einen vorwiegend senkrechten Faserverlauf aufweist, kann man eine dorsale und eine ventrale Portion unterscheiden. Diese beiden Abschnitte sind durch einen sehnigen Längsstreifen verbunden. Laut Liebich et al. ist die

dorsale Portion kräftiger als die ventrale (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beide Portionen gehen am Mundwinkel in den M. orbicularis oris über, nachdem die dorsale Portion dorsal vom Margo interalveolaris und am Processus alveolaris für die Oberkieferprämolaren entsprungen ist und die ventrale Portion am zahnlosen Rand des Unterkiefers und auf der Pars molaris. Die dorsale Portion weist einen kaudoventralen Faserverlauf auf. Die ventrale Portion ist viel dünner als die dorsale und ihre Fasern verlaufen nahe dem Mundwinkel vertikal. Erst weiter kaudal stellen sie sich schief in kaudodorsaler Richtung ein (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Salomon befestigen sich die Fasern der Pars buccalis allgemein an den Alveolarfortsätzen des Ober- und Unterkiefers (SALOMON, 2008d).

Da die **Pars molaris** rostral größtenteils von der Pars buccalis und kaudal vollständig vom M. masseter bedeckt wird, tritt sie oberflächlich kaum in Erscheinung. Sie weist eine stärkere kaudale und eine schwächere rostrale Portion auf. Die kaudale Portion hat ihren Ursprung gemeinsam mit dem M. depressor labii inferioris sehnig am Proc. coronoideus des Unterkiefers und fleischig am Zahnfachrand entlang der Molaren des Ober- und des Unterkiefers. Sie findet ebenfalls im M. orbicularis oris ihren Ansatz. Vom Zwischenzahnrand des Unterkiefers kommt die rostrale Portion. Sie bildet eine Sehne und zieht kaudodorsal zur kaudalen Portion. Dort verbindet sie sich mit der kaudalen Portion und dem Sehnenstreifen des M. buccinator (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Salomon reichen die longitudinal orientierten Fasern der Pars molaris bis zum Ramus mandibulae (SALOMON, 2008d). Laut Liebich et al. entspringt die in den M. orbicularis oris einstrahlende Pars molaris am Rand der Zahnalveolen kaudal bis zum Processus coronoideus des Unterkiefers (LIEBICH et al., 2009).

Dem M. buccinator können hauptsächlich zwei Funktionen zugesprochen werden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004): zum einen transportiert er das Futter aus dem seitlichen Vestibulum oris wieder zurück zwischen die Zähne bzw. ins Cavum oris proprium (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002), was ihn zum Gegenspieler der Zunge macht (SALOMON, 2008d) und zum anderen übt er Druck auf die Backendrüsen aus (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er verengt demnach durch Kontraktion das Vestibulum oris (LIEBICH et al., 2009).

Die Backendrüsen findet man auf, in und unter den beiden Teilen des M. buccinator (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zur Mundhöhle hin liegen diesem Muskel die Backendrüsen und die Backenschleimhaut an (LIEBICH et al., 2009).

### ***Muskeln der Nase (Musculi nasi)***

Beim Pferd finden sich neben dem **M. levator nasolabialis** und dem **M. caninus**, die Lippenmuskeln darstellen und Beziehungen zum lateralen Nasenflügel aufweisen, auch noch besondere Muskeln der Nase (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zu diesen Nasenmuskeln gehören der **M. dilatator naris apicalis** und der **M. lateralis nasi** (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Liebich et al. gehört beim



Pferd auch noch der *M. dilatator naris medialis* dazu, den laut Seiferle und Frewein nur der Wiederkäuer besitzt (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Funktion der Muskeln der Nase liegt im Erweitern des Nasenlochs (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie führen beim Pferd zum so genannten Blähen der Nüstern (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der *R. buccalis dorsalis* des *N. facialis* versorgt sämtliche Nasenmuskeln (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Salomon werden der *M. dilatator naris apicalis* und der *M. lateralis nasi* von den *Rr. buccales* des *N. facialis* innerviert (SALOMON, 2008d).

### **M. dilatator naris apicalis**

Durch den *M. dilatator naris apicalis* werden die Flügelknorpel der beiden Seiten miteinander verbunden. Die gemeinsame Sehnenplatte der *Mm. levatores labii superioris* verdeckt ihn. An ihm kann man eine oberflächliche und eine tiefe Schicht unterscheiden. Die oberflächliche springt von einer Platte des Flügelknorpels zur anderen über und deckt diese dabei fast vollständig zu. Die tiefe Schicht, die zwischen den beiden Hörnern des Flügelknorpels ausgespannt ist, hat Verbindung mit dem apikalen Ende der Nasenscheidewand und dem Zwischenkiefer. Während die oberflächliche Schicht ohne scharfe Grenze mit der tiefen verschmilzt, wird sie lippenwärts dünner und strahlt von oben her in den *M. orbicularis oris* ein (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **M. lateralis nasi**

Der *M. lateralis nasi* setzt sich aus blassroten, dünnen Muskelplatten, die den Rändern der *Incisura nasoincisiva* aufsitzen zusammen. Diese Platten strahlen in die Haut der Nasentrompete und des Nasenlochbodens ein. Zusätzlich finden sie einen Ansatz in der knorpeligen Unterlage der geraden und der S-förmigen Falte. Man kann eine **Pars dorsalis**, eine **Pars ventralis**, eine **Pars rostralis** und eine **Pars caudalis** erkennen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **Pars dorsalis** ist sehr schwach und hat ihren Ursprung am freien Rand des Nasenbeins und des Seitenwandknorpels. Sie strahlt in die Wand der Nasentrompete ein. Bevor die **Pars caudalis** von hinten her ebenfalls in die Nasentrompete einstrahlt geht am aboralen Winkel der *Incisura nasoincisiva* die **Pars dorsalis** in die schmale Zacke der **Pars caudalis** über. An der **Pars ventralis** kann man zwei Teile unterscheiden. Erstens, den dünnen Heber der geraden Falte und zweitens den Heber der Flügelfalte. Der Heber der geraden Falte entspringt kaudal am *Processus nasalis* des *Os incisivum* und setzt im vorderen Ende der dorsalen Nasenmuschel (gerade Falte) mit einer langen Sehne an. Der Heber der Flügelfalte stellt die orale Fortsetzung des Hebers der geraden Falte dar und hat seinen Ursprung am Oberkiefer und seinen Ansatz an der Flügelfalte. In seinem Verlauf zieht er direkt unter der Schleimhaut des apikalen Endes der ventralen Nasenmuschel zur Flügelfalte. Die **Pars rostralis** stellt die schwächste Portion dar. Sie entspringt am konkaven Rand und am Ende des

Flügelknorpelhorns. Ihren Ansatz findet sie durch Einstrahlen nach medial in den Boden des Nasenlochs (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **Muskeln der Augenlider, *Mm. palpebrae***

Zu den extraorbitalen Muskeln der Augenlider gehören der **M. orbicularis oculi**, der **M. levator anguli oculi medialis** und der **M. malaris** (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). WISSDORF et al. beschreiben unter dem Punkt „Augenlidmuskeln, *Mm. palpebrae*“ zusätzlich zu den oben genannten Muskeln noch den **M. levator palpebrae superioris**, den **M. orbitalis** – Müller-Muskel, den **M. tarsalis superior** und den **M. tarsalis inferior** (WISSDORF et al., 2002d).

### **Extraorbitale Muskeln der Augenlider bzw. Augenlidmuskeln allgemein**

Die extraorbitalen Muskeln der Augenlider sind aus vergleichend-anatomischer Sicht teilweise als Abkömmlinge des orbitofrontoaurikulären Muskelkomplexes zu verstehen und teilweise gehören sie dem Lidabschnitt des *M. sphincter colli profundus* an. Aus dem orbitofrontoaurikulären Muskelkomplex gehen folgende Muskeln hervor: präaurikuläre Ohrmuskeln, *Mm. frontalis*, *orbicularis oculi*, *retractor anguli oculi lateralis*, *levator anguli oculi medialis* und *levator nasolabialis*. Aus dem Lidabschnitt des *M. sphincter colli profundus* geht der *M. malaris* hervor (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **M. orbicularis oculi**

Der *M. orbicularis oculi* ist der Schließmuskel der Lidspalte. Er kann diese verengen und schließen (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d) und wird vom *R. zygomaticus* (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d) des *N. auriculopalpebralis*, oder von diesem selbst innerviert (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei diesem Muskel handelt es sich um einen mehr oder weniger geschlossenen Kreismuskel, an dem man eine **Pars orbitalis** und eine **Pars palpebralis** unterscheiden kann. Die **Pars orbitalis** liegt dem Orbitalrand direkt auf und ist das tiefere und kräftigere der beiden Paare (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie veranlasst das „Zukneifen“ der Augen (LIEBICH et al., 2009). Die oberflächliche und schwächere **Pars palpebralis** strahlt in die Augenlider ein (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und dient dem Lidschluss (LIEBICH et al., 2009). Beim Pferd steht die *Pars palpebralis* in engem Kontakt mit dem *M. levator anguli oculi medialis* und der *Pars temporalis* der Skutularmuskulatur (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Salomon unterscheidet keine zwei Anteile. Er sagt, dass dieser geschlossenen Kreismuskel, der die Lidspalte umgibt am lateralen und medialen Augenwinkel verankert ist und deshalb durch Kontraktion die Lidspalte zu einem horizontalen Schlitz verengt (SALOMON, 2008d).

Die zirkulär verlaufenden und zum Teil eng mit der Haut verbundenen Fasern dieses quergestreiften Schließmuskels der Lidspalte sind in die bindegewebige Mittelschicht

beider Augenlider eingelagert (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Am oberen Augenlid ist er stärker ausgebildet, als am unteren (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002).

#### **M. levator anguli oculi medialis**

Der M. levator anguli oculi medialis, Heber des Oberlides, wird vom R. zygomaticus (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d) des N. auriculopalpebralis bzw. von diesem selbst innerviert (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein kleiner Muskel, der als schmales, aber ziemlich kräftiges Muskelband (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) aus der Stirnfaszie (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) an der Basis des Processus zygomaticus ossis frontalis entspringt (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d) und in die mediale Partie des oberen Augenlides einstrahlt (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Laut Liebich et al. handelt es sich bei diesem Muskel um eine schwache Muskelplatte (LIEBICH et al., 2009).

Früher wurde er auch als M. corrugator supercilii (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) oder M. superciliaris bezeichnet (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein Heber des medialen Anteils des Oberlides und richtet laut Seiferle und Frewein die hier sitzenden Tasthaare wieder auf (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d).

#### **M. malaris**

Der M. malaris wird von den Rr. buccolabiales des N. facialis innerviert (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d). Laut Budras wird er vom N. auriculopalpebralis des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b) und laut Salomon von den Rr. buccales des N. facialis (SALOMON, 2008d). Dieser, laut Aussagen einiger Autoren sehr schwache, blasse Wangenmuskel wird als Lidabschnitt des M. sphincter colli profundus aufgefasst (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist individuell sehr variabel und wird beim Pferd als dünne Muskelplatte (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), die oberhalb der Crista facialis (aus der Gesichtsfaszie) entspringt sichtbar (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d). Seinen Ansatz findet er, indem er von unten her, in das Unterlid (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und HUSKAMP, 2002) bzw. in den Unterlidteil des M. orbicularis oculi einstrahlt (LIEBICH et al., 2009). Seine Funktion besteht im Niederziehen des unteren Augenlides (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF et al., 2002d) und im Öffnen der Lidspalte (WISSDORF et al., 2002d).

#### **M. retractor anguli oculi lateralis**

Ist beim Pferd nicht ausgebildet.

**M. levator palpebrae superioris**

Der M. levator palpebrae superioris wird vom N. oculomotorius innerviert (BÖHME und SEIFERLE, 2004c; BUDRAS, 2009a; LIEBICH und KÖNIG, 2009a; WISSDORF et al., 2002d). Er ist ein Heber des Oberlides (BÖHME und SEIFERLE, 2004c; WISSDORF et al., 2002d) und hat seinen Ursprung dorsal vom Foramen ethmoidale (BÖHME und SEIFERLE, 2004c; LIEBICH und KÖNIG, 2009a; WISSDORF et al., 2002d). Seinen Ansatz hat er am oberen Augenlid, in das er laut Aussage einiger Autoren flächenhaft einstrahlt (BÖHME und SEIFERLE, 2004c; BUDRAS, 2009a; LIEBICH und KÖNIG, 2009a; SIMOENS, 2008; WISSDORF et al., 2002d). Innerhalb der Periorbita verläuft er dorsal vom M. rectus dorsalis (BÖHME und SEIFERLE, 2004c; SIMOENS, 2008). Seine Fasern sind quergestreift (SIMOENS, 2008).

**M. orbitalis**

An der Crista pterygoidea entspringt der M. orbitalis, Müller- Muskel, der ebenfalls am oberen Augenlid ansetzt und eventuell vom Sympathikus innerviert wird. Er unterstützt den Heber des oberen Augenlids (WISSDORF et al., 2002d). Beim M. orbitalis handelt es sich um zirkuläre, glatte Muskelfasern, die sich zwischen den Bindegewebsfasern der Periorbita befinden und insgesamt als M. orbitalis bezeichnet werden. Das normalerweise leicht hervorspringende Auge wird durch den Tonus dieser sympathisch innervierten Muskelfasern an seiner Stelle gehalten (SIMOENS, 2008).

**Mm. tarsalis inferior und superior**

Die Mm. tarsalis inferior und superior werden beide vom Sympathikus innerviert (SIMOENS, 2008; WISSDORF et al., 2002d) und sind für das Weitstellen der Lidspalte zuständig. Der M. tarsalis superior erledigt dies durch Anheben des Oberlides. Ihren Ursprung nehmen beide Muskeln an der Periorbita. Ihren Ansatz finden sie am Tarsus des Ober- bzw. Unterlides (WISSDORF et al., 2002d). Ihr Verlauf kann als an der Innenfläche entlang zur Lidspalte ziehend beschrieben werden (BÖHME und SEIFERLE, 2004c).

Beim M. tarsalis handelt es sich um eine Abspaltung des M. levator palpebrae superioris im oberen Augenlid und um eine Abspaltung des M. rectus ventralis im unteren Augenlid (BÖHME und SEIFERLE, 2004c). Die Faserqualität dieses Muskels ist glatt (BÖHME und SEIFERLE, 2004c; SIMOENS, 2008). Quergestreifte Muskelfaserzüge des M. orbicularis oculi verbinden sich mit dem laut Liebich und König am Oberlid meist glatten M. tarsalis (LIEBICH und KÖNIG, 2009a).

***Muskeln der Ohrmuschel, Mm. auriculares***

Die Ohren der Tiere sind wesentlich beweglicher als die der Menschen. Pferde können ihre Ohren aufstellen, anlegen oder zur Seite drehen.

Die Ohren dienen als Schallauffangtrichter und sind am Ohrmuschelgrund wie mit einem „Kugelgelenk“ verankert. Dies ermöglicht die Bewegung in alle Richtungen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dieser Beweglichkeit kommt eine große Bedeutung bei der

Kommunikation der Individuen einer Spezies untereinander sowie zwischen Angehörigen unterschiedlicher Spezies zu (SALOMON, 2008d).

Die Ohrmuschelmuskeln können allgemein gesagt an zwei verschiedene Stellen entspringen. Entweder entspringen sie direkt am Schädel, oder an einer unregelmäßigen drei- oder viereckigen Knorpelplatte, dem Skutulum. Dieses Skutulum, „Schildchen“, (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) liegt nasomedial der Muschel auf dem M. temporalis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zum Ansatz der Muskeln ist allgemein zu sagen, dass sie in radiärer Anordnung aus allen Richtungen an der Ohrmuschel ansetzen (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), was dazu führt, dass sie die Ohrmuschel in alle Richtungen verlagern und rotieren können (SALOMON, 2008d).

Aus vergleichend-anatomischer und genetischer Sicht, kann man die Ohrmuschelmuskeln in drei Gruppen einteilen. Als Abkömmlinge der Pars intermedia bezeichnet man die präaurikuläre Gruppe. Die ventroaurikuläre Gruppe stellt die Pars auricularis des M. sphincter colli profundus dar und die retroaurikuläre Gruppe ist ein Derivat der tiefen Portion des Platysma (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Nach topographisch-und funktionellen Gesichtspunkten, kann man folgende Muskeln bzw. Gruppen unterscheiden (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004):

Schildspanner	M. scutularis
Niederzieher	M. parotidoauricularis
Auswärtszieher	zwei Mm. auriculares caudales
Heber	drei Musculi auriculares dorsales
Einwärtszieher	vier Mm. auriculares rostrales
Dreher	zwei Mm. auriculares profundi
Gehörgangsmuskel	M. styloauricularis
kleine, an der Ohrmuschel selbst gelegene Muskeln	

Salomon nimmt aus funktioneller Sicht die Einteilung in Niederzieher, Auswärtszieher, Heber, Einwärtszieher, Dreher und Bewegter des Cartilago scutiformis vor. Aus topographischer Sicht unterscheidet er zwischen Mm. auriculares rostrales, dorsales, caudales und ventrales (SALOMON, 2008d). König unterscheidet bei den mimischen Muskeln des Ohres Niederzieher, Auswärtszieher, Heber und Stirnwärtszieher. Laut ihm sind nur die Heber von klinischer Bedeutung, da sie vom N. auricularis caudalis des N. facialis innerviert werden und dieser bei zentraler Facialislähmung ausfällt. Dementsprechend erwähnt er nur den M. cervicoauricularis superficialis, den M. parietoauricularis, den M. scutoauricularis superficialis accessorius und den M. cervicoscutularis (KÖNIG, 2002).

### **M. scutularis**

Der **M. scutularis**, Schildspanner, ist eine dünne, direkt unter der Haut liegende Muskelplatte (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er stabilisiert das von einem beweglichen Fettpolster unterlagerte Skutulum das als Aktionsbasis für verschiedene kleinere Ohrmuskeln dient, die daran entspringen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zusätzlich kann er die Stellung des Skutulums verändern (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und ist für dessen Anheftung am Schädel verantwortlich (LIEBICH et al., 2009). Beim Pferd sind die drei Anteile dieses Muskels deutlich erkennbar (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Man unterteilt ihn in einen **M. frontoscutularis**, in einen **M. interscutularis** und einen **M. cervicoscutularis** (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Einteilung erfolgt aufgrund ihrer Lage (LIEBICH et al., 2009). Der **M. frontoscutularis** kann noch mal in eine **Pars frontalis** und eine **Pars temporalis** unterteilt werden. Die **Pars frontalis** entspringt an der Linea temporalis und setzt am Vorderwinkel des Schildchens an. Die **Pars temporalis** hat ihren Ursprung am Jochbogen und zieht dann zum lateralen Rand des Skutulums. Laut Seiferle und Frewein wird der **M. frontoscutularis** von den Rr. auriculares rostrales des N. facialis innerviert. Laut Budras wird nur die Pars frontalis von den Rr. auriculares rostrales innerviert, während die Pars temporalis vom N. auriculopalpebralis versorgt wird. Alle genannten Nerven entstammen dem N. facialis (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **M. interscutularis** wird ebenfalls von den Rr. auriculares rostrales des N. facialis innerviert. Laut Budras wird auch er zusätzlich noch vom N. auriculopalpebralis des N. facialis innerviert. Er verbindet die Schildchen der beiden Seiten miteinander und setzt zusätzlich an der Crista sagittalis externa und der Linea temporalis an (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er und der **M. frontoscutularis** erfüllen die Funktion eines Schildspanners (BUDRAS, 2009b).

Der **M. cervicoscutularis** wird vom N. auricularis caudalis des N. facialis innerviert und verläuft von der Crista nuchae zum medialen und hinteren Rand des Skutulums (BUDRAS, 2009b; KÖNIG, 2002; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Nach vorne geht er in den **M. interscutularis** über, nach hinten grenzt er an den langen Heber (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er fungiert als Heber der Ohrmuschel und als Schildchenspanner (BUDRAS, 2009b; KÖNIG, 2002).

Als Ganzes verändert der **M. scutularis** die Stellung des Schildchens (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), oder fixiert es in seiner Lage (Schildspanner!) (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **M. parotidoauricularis**

Der **M. parotidoauricularis** ist der einzige Niederzieher der Ohrmuschel (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Früher wurde er auch als **M. auricularis ventralis** bezeichnet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er stellt ein langes Muskelband dar (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d;

SEIFERLE und FREWEIN, 2004), welches vom R. colli des N. facialis innerviert wird (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). In der vorderen Hals- und Parotisgegend (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) geht er im unteren Bereich der Ohrspeicheldrüse, der er aufliegt, aus deren Faszie (Kopffaszie) hervor (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Ventrolateral am Ohrgrund findet er seinen Ansatz (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### **Mm. auriculares caudales**

Der **M. cervicoauricularis profundus** und der **M. cervicoauricularis medius** sind die Auswärtszieher der Ohrmuschel (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie werden vom N. auricularis caudalis des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und kommen aus der Hinterhaupts- und vorderen Nackengegend. Budras nennt für ihren Ursprung den Nackenstrang und das Os occipitale (kaudal) (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Teilweise werden sie dabei vom langen Heber, dem **M. cervicoauricularis superficialis**, bedeckt (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie setzen lateral am Ohrmuschelgrund an (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und umfassen dabei den Ohrmuschelgrund von caudal (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **M. cervicoauricularis medius** stellt den langen Auswärtszieher dar (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), der direkt caudal vom Hinterhauptsbein, teilweise vom langen Heber bedeckt, entspringt und dorsal über dem Griffelfortsatz an der lateralen Fläche der Ohrmuschel inseriert. Er ist der stärkere der beiden Muskeln (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der kurze Auswärtszieher ist der **M. cervicoauricularis profundus** (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er wird vom langen Auswärtszieher bedeckt. Mit diesem kommt er gemeinsam vom Nackenstrang und setzt proximal vom Horn des Griffelfortsatzes an. Er liegt dem Fettpolster des Muschelgesäßes auf (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beide sind für das Nachaußenstellen der Muschelspalte zuständig. Sie beteiligen sich auch am Zurücklegen bzw. Zurückziehen der Ohrmuschel (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### **Mm. auriculares dorsales**

Als Mm. auriculares dorsales werden die drei Heber der Ohrmuschel zusammengefasst (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Man unterscheidet einen langen Heber, **M. cervicoauricularis superficialis** (BUDRAS, 2009b; KÖNIG, 2002; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), einen mittleren Heber, **M. parietoauricularis**, und einen kurzen Heber, **M. scutuloauricularis superficialis accessorius** (KÖNIG, 2002; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), die alle drei vom N. auricularis caudalis des N. facialis innerviert werden. Der lange Heber liegt am weitesten caudal, der mittlere ist der kräftigste, während der kurze am weitesten nasal liegt und am schwächsten ist

(SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Aussagen anderer Autoren, liegt beim *M. cervicoauricularis superficialis* eine Doppelinnervation vor. Er wird vom *N. auricularis caudalis* des *N. facialis* und vom *N. auricularis magnus* innerviert (BUDRAS, 2009b; KÖNIG, 2002). Der *M. scutuloauricularis superficialis accessorius* kann als klinisch unbedeutend eingestuft werden (KÖNIG, 2002).

Der ***M. cervicoauricularis superficialis*** hat seinen Ursprung in der Nackenregion (Nackenstrang und *Protuberantia occipitalis externa*) (BUDRAS, 2009b; KÖNIG, 2002; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Von dort zieht er nach rostro-lateral (KÖNIG, 2002; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und setzt, laut Seiferle und Frewein direkt hinter dem kurzen Heber, an der gewölbten Dorsalfläche der Ohrmuschel an (BUDRAS, 2009b; KÖNIG, 2002; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der ***M. parietoauricularis***, welcher zum größten Teil von den *Mm. inter- und cervicoscutularis* und dem langen Heber verdeckt wird, entspringt als relativ breites Muskelband an der *Crista sagittalis externa* (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Nach kaudolateralem Verlauf setzt er, laut Seiferle und Frewein unter dem langen Heber, am Ohrmuschelrücken an (KÖNIG, 2002; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dieser Muskel ist der einzige Ohrmuschelmuskel, der sich am lebenden Pferd sicher palpieren lässt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der ***M. scutuloauricularis superficialis accessorius*** hat seinen Ursprung am Skutulum (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dieser kleine Muskel zieht, von der Dorsalfläche des Skutulum kommend, in kaudolateraler Richtung zwischen dem oberen und dem mittleren Einwärtszieher hindurch zum Ohrmuschelrücken. Dort setzt er mit einer langen Sehne vor dem langen Heber an (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Allgemein können die drei eben genannten Muskeln als Heber der Ohrmuschel bezeichnet werden (KÖNIG, 2002; LIEBICH et al., 2009), die die Ohrmuschel auch nach rückwärts oder vorwärts ziehen können (LIEBICH et al., 2009). Der lange Heber zieht die Ohrmuschel eher nach rückwärts, während die beiden anderen sie mehr nach vorwärts ziehen. Alle drei richten die Ohrmuschel auf und ermöglichen ihre Drehbewegung (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **Mm. auriculares rostrales**

Als Einwärtszieher der Ohrmuschel, *Mm. auriculares rostrales*, bezeichnet man die folgenden vier kleinen Muskeln: als oberen Einwärtszieher den ***M. scutuloauricularis superficialis dorsalis***, als mittleren den ***M. scutuloauricularis superficialis medius***, als unteren den ***M. scutuloauricularis superficialis ventralis*** und als äußeren den ***M. zygomaticoauricularis***. Sie kommen von rostral und ziehen an den nasomedialen Rand der Ohrmuschel (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Budras erwähnt nur einen *M. scutuloauricularis superficialis*, der am Skutulum entspringt und rostromedial an der Ohrmuschel ansetzt. Dieser Muskel besteht laut ihm aus einem oberen, einem mittleren und einem unteren Abschnitt und wird von den *Rr. auriculares*



rostrales und dem N. auriculopalpebralis des N. facialis innerviert. Als Funktion nennt er das Einwärtsziehen und Aufrichten der Ohrmuschel. (BUDRAS, 2009b).

Der **M. scutuauricularis superficialis dorsalis** geht nahe dem kaudomedialen Winkel des Skutulum aus dem M. interscutularis hervor. Nachdem er den kurzen Heber überkreuzt hat endigt er, von allen Einwärtsziehern am weitesten dorsal, an der nasomedialen Fläche der Ohrmuschel. Seine gesamte Lage wird auch als am weitesten dorsal von allen bezeichnet. Er wird von den Rr. auriculares rostrales des N. facialis innerviert. Der **M. scutuloauricularis superficialis medius** ist kurz und schwach. Er wird vom N. auricularis caudalis des N. facialis innerviert. Sein Ursprung ist an der Unterseite des kaudomedialen Winkels des Skutulum, sein Ansatz am vorderen Muschelrand. Teilweise wird er vom oberen Einwärtszieher bedeckt. Der **M. scutuloauricularis superficialis ventralis** kann auch mal fehlen. Beim Pferd ist er meistens schwach, kann aber gut isoliert werden. Er entspringt an der Schildchenoberfläche und setzt gemeinsam mit dem äußeren Einwärtszieher unterhalb des Tütenwinkels an. Innerviert wird er von den Rr. auriculares rostrales des N. facialis. Der äußere Einwärtszieher, der **M. zygomaticoauricularis** genannt wird entspringt in der Nähe des Kiefergelenks am Jochbogen und laut Seiferle und Frewein aus der Fascia parotidea. Sein Ende findet er ventromedial an der Ohrmuschel, laut Seiferle und Frewein neben dem Niederzieher. Auch er wird von den Rr. auriculares rostrales des N. facialis (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und dem N. auriculopalpebralis versorgt (BUDRAS, 2009b).

An der Aufrichtung der Ohrmuschel sind der obere, der mittlere und der untere Einwärtszieher und der M. interscutularis beteiligt, mit dem sie sich teilweise verbinden. Sie stellen auch gleichzeitig die Muschelspalte nach vorwärts ein (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Liebich et al. sind alle Einwärtszieher an der Aufrichtung beteiligt. Der Muschelgrund wird durch den äußeren Einwärtszieher nach vorne gedreht (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Außer dem mittleren wären sie aus vergleichend-anatomischer Sicht der präaurikulären Ohrmuskulatur zuzurechnen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### **Mm. auriculares profundi (Mm. rotatores)**

Es gibt zwei Dreher der Ohrmuschel, die als Mm. auriculares profundi zusammengefasst werden (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der eine ist der lange Dreher, **M. scutuloauricularis profundus major**, und der andere ist der kurze Dreher, **M. scutuloauricularis profundus minor** (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Wegen ihrer tiefen Lage sind die beiden Muskeln oberflächlich nicht zu sehen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der lange Dreher, der von den Rr. auriculares rostrales des N. facialis innerviert wird, entspringt am nasalen Winkel der Schildchenunterseite. Danach verläuft er nahezu sagittal und horizontal zum Ohrmuschelgrund, den er medial umfasst. Auf diesem Weg kreuzt er den kurzen Dreher, der vom N. auricularis caudalis des N. facialis innerviert

wird. Dieser Muskel entspringt an der Unterfläche des kaudomedialen Winkels am Skutulum und setzt an der hinteren Kante des Ohrmuschelgesäßes an. Auf seinem Weg kreuzt er natürlich auch den langen Dreher. Beide Muskeln liegen im Fettpolster des Ohrmuschelgesäßes und beteiligen sich an der Drehbewegung der Ohrmuschel. Sie sind die Antagonisten der Einwärtszieher und stellen daher die Muschelspalte nach aus- und rückwärts (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

### **M. styloauricularis**

Als Gehörgangsmuskel bezeichnet man den M. styloauricularis (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) der vom N. auricularis caudalis des N. facialis innerviert wird (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Es handelt sich hierbei um ein schmales Muskelband (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), welches sich dem äußeren Gehörgang anschmiegt und am Meatus acusticus externus entspringt (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Seinen Ansatz findet es am medialen Muschelrand bzw. ventromedial am Ohrgrund (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Seine Funktion ist das Verkürzen des Gehörgangs (LIEBICH et al., 2009).

### **Kleine an der Ohrmuschel selbst gelegene Muskeln**

Die kleinen an der Ohrmuschel selbst gelegenen Muskeln haben kaum praktische Bedeutung. Sie werden nur der Vollständigkeit halber und aus vergleichend-anatomischen Gründen genannt. Man kann hier folgende Muskeln unterscheiden: den **M. tragicus seu tragohelicinus**, den **M. antitragicus**, den **M. caudoantitragicus**, den **M. helicis**, den **M. meatus cartilaginei** und die **Mm. transversi et obliqui auriculae** (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Liebich et al. sprechen allgemein nur von kleinen Faserzügen, die der Ohrmuschel direkt anliegen (LIEBICH et al., 2009). Vor allem im Gebiet des ventralen Tütenwinkels und des Muschelgrundes (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) können sie das Knorpelgerüst der Ohrmuschel bzw. Einzelteile davon gegeneinander verschieben und so den Eingang zum knorpeligen Gehörgang verengen oder erweitern (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

## **2.3.2.3.2 Kau- und oberflächliche Kehlgangsmuskulatur**

### ***Kau- und oberflächliche Kehlgangsmuskulatur***

Sowohl die Kau- als auch die oberflächliche Kehlgangsmuskulatur gehören zum Bereich des Unterkiefers (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Muskelgruppe dient der Bewegung des Unterkiefers gegenüber dem Oberschädel bzw. ist für den ventralen Abschluss des Kehlgangs und der unteren Zungenmuskulatur zuständig (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Kau- und oberflächliche Kehlgangsmuskulatur bezeichnet man auch als Mandibularismuskulatur, da sie vom N. mandibularis, dem 3. Hauptast des N. trigeminus innerviert werden (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Verallgemeinernd gesagt bewirken diese Muskeln ein Hochziehen, Anpressen, Seitwärtsziehen und Mahlen der

---

Mandibula gegenüber dem Oberkiefer. Sie sind die wichtigsten Bewegungen des Unterkiefers (LIEBICH et al., 2009).

### ***Kaumuskulatur***

Bei den Kaumuskeln handelt es sich, wie der Name schon sagt, um Muskeln, die beim Kauen aktiv werden. Beteiligt sind vor allem die Schließer der Mundhöhle, die gleichzeitig auch Heber der Mandibula sind. Gemeint sind damit der **M. masseter**, die **Mm. pterygoidei** und der **M. temporalis**. Ebenso sind Teile des M. digastricus (Oberflächliche Kehlgangsmuskulatur), bei denen es sich um Öffner der Mundspalte und somit gleichzeitig um Niederzieher der Mandibula handelt, am Kauakt beteiligt. Die Backenmuskeln und die Zunge arbeiten auch mit. Durch das Niederziehen der Mandibula wird die Nahrung mit Hilfe der Backen und der Zunge auf die Kaufläche der Mahlzähne gebracht. Nachfolgend pressen dann die Heber der Mandibula diese an den Oberkiefer (KÖNIG et al., 2009c).

Die Kaumuskeln (M. masseter, Mm. pterygoidei, M. temporalis) (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002) sind im Vergleich zu den vorher genannten Gesichtsmuskeln sehr kräftig und stark sehnig durchsetzt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie stellen also grundsätzlich kräftige Muskelpartien dar (LIEBICH et al., 2009). Man kann zwischen äußeren und inneren Kaumuskeln unterscheiden. Budras nennt den M. masseter und den M. temporalis bei den äußeren und die Mm. pterygoidei bei den inneren (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

#### **M. masseter**

Der M. masseter ist der äußere Kaumuskel. Laut Seiferle und Frewein wird dieser Muskel beim Pferd als Ganasche bezeichnet. Hierbei handelt es sich um einen breiten, stark gefiederten Muskel, dessen oberflächliche Schichten, die Budras als **Pars superficialis** bezeichnet, an der gesamten Länge der Crista facialis entspringen und danach mit kaudoventral gerichteten, divergierenden Fasern zum kaudalen bzw. kaudolateralen Unterkieferrand ziehen. Dort setzen sie von der Incisura vasorum facialis bis unterhalb des Kiefergelenks an. Die tiefen Schichten, die als **Pars profunda** bezeichnet werden, haben ihren Ursprung am Arcus zygomaticus (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Gleich nach dem Ursprung ziehen die Fasern der tiefen Schichten fast vertikal in Richtung Kehlrand, den sie aber nicht erreichen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), da sie vorher, vermischt mit Fasern der oberflächlichen Schicht, an der Außenfläche des Unterkieferastes ansetzen (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Budras weist die Pars profunda den gleichen Ansatz auf wie die Pars superficialis (BUDRAS, 2009b).

Eine deutliche und sichtbare Schichtung in oberflächliche und tiefe Schichten mit unterschiedlichem Faserverlauf kann man allerdings nur in der Nähe des Kiefergelenks

erkennen. Ebenso kann man auch nur dort die zwischen die einzelnen Schichten eintretenden Blutgefäße (A. und V. transversa faciei) erkennen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Insgesamt kann dieser Muskel aus bis zu 15 Sehnenblättern bestehen, die verschieden stark sind und sagittal verlaufen (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Sehnenblätter sind als Ursprungs- und Ansatzsehnenpiegel zu verstehen, zwischen denen die Muskelfasern in den einzelnen Schichten in unterschiedlicher Richtung eingebaut sind. Durch diese Vielfiedrigkeit erzeugt der M. masseter einen sehr hohen Kaudruck. Präparatorisch können diese einzelnen Muskelfaserschichten zwischen den Sehnenpiegeln dargestellt werden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Innerviert wird der M. masseter vom N. masticatorius des N. mandibularis oder laut Aussagen einiger Autoren von dessen N. massetericus (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002).

Durch beidseitige Kontraktion bewirkt er ein, laut Seiferle und Frewein sagittales Hochziehen und Anpressen des Unterkiefers gegen den Oberkiefer. Durch einseitige Kontraktion kommt eine Seitwärtsbewegung des Unterkiefers zustande, die beim Pferd als Mahlen bezeichnet wird (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese typisch lateral ausladende Kaubewegung wird durch die erhebliche Bewegungsfreiheit des Kiefergelenks begünstigt (BUDRAS, 2009c). Der stärkste Kaumuskel ist demnach ein Heber und Andrücker des Unterkiefers an den Oberkiefer und damit ein Schließer der Maulspalte (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und OTTO, 2002). Salomon bezeichnet das vertikale Anheben des Unterkiefers als zentrale Okklusion. Die seitliche Verschiebung des Unterkiefers vor dem Kieferschluss, die er als seitliche Okklusion bezeichnet, sieht er als Voraussetzung für das Zermahlen von Nahrung durch die rotierenden Kieferbewegungen. Durch seinen Faserverlauf wird der Mandibula zusätzlich eine gewisse Rostral- und Kaudalbewegung ermöglicht (SALOMON, 2008d).

### **Mm. pterygoidei**

Die Mm. pterygoidei, innere Kaumuskeln, sind etwas schwächer als der M. masseter (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), den sie unterstützen (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie werden auch als Flügelmuskeln bezeichnet (LIEBICH et al., 2009). Innerviert werden sie von den Nn. pterygoidei des N. mandibularis (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Ihren Ursprung haben sie am Gaumen-, Keil- und Flügelbein. Ihren Ansatz breitflächig innen am Unterkieferast (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Man kann einen kleineren, dickeren (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), rein fleischigen **M. pterygoideus lateralis** (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), der dorsal liegt, und einen

wesentlich größeren, kräftigeren und stark sehnig durchsetzten **M. pterygoideus medialis**, der rostromedial liegt unterscheiden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **M. pterygoideus medialis** entspringt sehnig am freien Rand, aber auch medial und lateral (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) an einer vom Flügelbein, vom Gaumenbein (dessen Lamina perpendicularis) und vom Keilbein (dessen Flügelfortsatz) gebildeten vertikalen Knochenplatte (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Andere Autoren nennen für den Ursprung nur das Flügelbein, oder das Flügelbein und seine Umgebung (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und OTTO, 2002). Seinen breitflächigen Ansatz hat er an der medialen Fläche des Ramus mandibulae, laut Seiferle und Frewein vor allem an dessen medial wulstig vorspringenden Rand (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die anderen Autoren nennen für seinen Ansatz die Fossa pterygoidea medial am Ramus mandibulae (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; WISSDORF und OTTO, 2002).

Medial kann man deutlich eine kleinere kaudolaterale und eine größere rostromediale Portion erkennen, deren Fasern sich proximal zum Teil kreuzen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert wird der M. pterygoideus medialis vom N. pterygoideus medialis des N. mandibularis (LIEBICH et al., 2009).

Der **M. pterygoideus lateralis**, der vom M. pterygoideus medialis überdeckt wird (LIEBICH et al., 2009), entspringt lateral von diesem Muskel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) am Processus pterygoideus des Keilbeins (LIEBICH et al., 2009) und zieht kaudodorsal zum Processus condylaris mandibulae (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002), an dessen rostraler Fläche er endet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zudem setzt er auch noch an der Medialfläche des Unterkiefers an (LIEBICH et al., 2009). Laut Aussage einiger Autoren entspringt auch dieser Muskel nur am Flügelbein bzw. dort und in dessen Umgebung (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und OTTO, 2002). Salomon nennt für den Ursprung die Crista pterygoidea des Keilbeins und für den Ansatz die Fovea pterygoidea des Processus condylaris der Mandibula. Zusätzlich ziehen auch noch einige Fasern zum Discus articularis (SALOMON, 2008d). Innerviert wird er vom N. pterygoideus lateralis des N. mandibularis (LIEBICH et al., 2009).

Zwischen den beiden Mm. pterygoidei tritt der N. mandibularis hindurch (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Laut Salomon zieht der N. alveolaris inferior zwischen den Mm. pterygoidei lateralis und medialis zum For. mandibulae (SALOMON, 2008d).

An der seitlichen Begrenzung des Rachenraums sind der linke und der rechte M. pterygoideus medialis beteiligt (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beide Mm. pterygoidei sind für das Schließen der Mauspalte verantwortlich (LIEBICH et al., 2009; WISSDORF und OTTO, 2002). Jeder dieser beiden Muskeln ist ein Synergist des M. masseters (BUDRAS, 2009b) und fungiert bei einseitiger Kontraktion als Seitwärtszieher des Unterkiefers (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und OTTO, 2002).

Dadurch kommen die typisch lateral ausladenden Kaubewegungen zustande, die durch die erhebliche Bewegungsfreiheit des Kiefergelenkes begünstigt werden (BUDRAS, 2009c). Seiferle und Frewein erwähnen nur, dass der *M. pterygoideus medialis* die Funktion eines Synergisten des *M. masseter* erfüllt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Salomon wirken die *Mm. pterygoidei* und der kontralaterale *M. masseter* als Synergisten, wenn eine Lateralverschiebung des Unterkiefers erfolgt, wie es bei Pflanzenfressern möglich ist (SALOMON, 2008d).

Die Funktion des *M. pterygoideus lateralis* besteht vor allem im Vorziehen des Unterkiefers (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), besonders bei der weiten Öffnung der Mundspalte (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Durch das Nachvorneziehen der Mandibula wird die Lage des Discus sofort an die Verschiebung der Kiefergelenkflächen angeglichen (SALOMON, 2008d).

### **M. temporalis**

Der Schläfenmuskel, *M. temporalis*, zeichnet sich als deutlich tast- und sichtbares Muskelpaket unter der Haut ab (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert wird er vom N. masticatorius des N. mandibularis bzw. laut Aussagen einiger Autoren von dessen N. temporalis profundus bzw. Nn. temporales profundi. Er entspringt in der Fossa temporalis (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002), an der Linea temporalis, an der Crista sagittalis externa, an der Crista nuchae, an der Crista pterygoidea (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und medial am Arcus zygomaticus (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und OTTO, 2002). Zusätzlich auch noch an der ihn überziehenden Fascia temporalis (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er füllt die gesamte Fossa temporalis aus (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und an seiner Insertionsstelle umfasst er den Processus coronoideus der Mandibula von allen Seiten (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Zum Teil verschmilzt er dort auch mit dem *M. masseter* (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Größtenteils wird er von den Ohrmuskeln (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und vom Skutulum verdeckt, welche ihm außerhalb der Fascia temporalis verschieblich aufgelagert sind (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Im direkten Vergleich mit den anderen Kaumuskeln ist der *M. temporalis* beim Pferd relativ schwach ausgebildet (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist für das Hochziehen bzw. Heben (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002) und Andrücken der Mandibula an den Oberkiefer zuständig (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). So schließt er die Maulspalte (BUDRAS, 2009b; WISSDORF und OTTO, 2002).

### ***Oberflächliche Kehlgangsmuskulatur***

Zur oberflächlichen Kehlgangsmuskulatur zählen der **M. digastricus** und der **M. mylohyoideus** (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Muskeln sind der Eigen- und Hilfsmuskulatur der Zunge bzw. der tiefen Zungenmuskulatur oberflächlich aufgelagert und befinden sich gemeinsam mit dieser im Kehlgang (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie unterstützen die Kaumuskulatur (LIEBICH et al., 2009).

#### **M. digastricus**

Der M. digastricus ist ein zweibäuchiger Muskel, der aus einem rostralen Bauch, der vom N. mylohyoideus des N. mandibularis innerviert wird und aus einem kaudalen Bauch besteht, der vom R. digastricus des N. facialis innerviert wird. Beide Bäuche werden beim Pferd durch eine Zwischensehne verbunden. Er zieht vom Processus paracondylaris des Os occipitale zur Innenfläche bzw. dem Ventralrand des Corpus mandibulae. Beim Pferd spaltet sich vom kaudalen Bauch, gleich nach dessen muskulösem Ursprung am Processus paracondylaris die **Pars occipitomandibularis** ab (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dieser, von einigen Autoren als Lateralast bezeichnete Muskel, zieht an den Unterkieferwinkel, Angulus mandibulae (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; WISSDORF und OTTO, 2002). Die Pars occipitomandibularis wird ebenfalls vom R. digastricus des N. facialis innerviert (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; WISSDORF und OTTO, 2002). Der mediale Ast ist zunächst platt-spindelförmig. Während seines rostromedialen Verlaufs geht er etwa auf Höhe der Mitte des M. pterygoideus medialis, dem er sich eng anschmiegt, in eine rundliche Sehne über (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), die die Sehne des M. stylohyoideus durchbohrt (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beide genannten Sehnen liegen in einer gemeinsamen Sehnenscheide (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Nachdem die Digastricussehne die laterale Kante des Basihyoids von unten passiert hat geht sie in den kräftigen rostralen Bauch über. Dieser rostrale Bauch reicht von der Incisura vasorum facialis bis zum Kinnwinkel (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und endet medial an der Innenseite bzw. dem unteren Rand der Mandibula (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Budras setzt der rostrale Bauch in Höhe des letzten Backenzahns medial am Unterkiefer an (BUDRAS, 2009c).

Der M. digastricus als Ganzes ist ein Öffner der Maulspalte (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er zieht den Unterkiefer nieder- und rückwärts (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beim Pferd ist er zusätzlich am Heben des Zungenbeins beteiligt (BUDRAS, 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dies geschieht durch Anspannen der Sehne, die den rostralen und den kaudalen Bauch verbindet (SEIFERLE und

FREWEIN, 2004). Die Pars occipitomandibularis dient als Öffner der Mundspalte (LIEBICH et al., 2009; WISSDORF und OTTO, 2002), da sie den Unterkieferast kaudodorsal zieht. Wissdorf und Otto nennen neben dem M. occipitomandibularis noch den M. sternomandibularis als Öffner der Maulspalte (WISSDORF und OTTO, 2002).

### **M. mylohyoideus**

Der M. mylohyoideus wird als Kieferzungenbeinmuskel bezeichnet (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und vom N. mylohyoideus des N. mandibularis innerviert (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Funktionell wird er der Zungenhilfsmuskulatur bzw. der Zungenbeinmuskulatur zugerechnet (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Aus genetischen und innervatorischen Gründen, wird er aber an dieser Stelle besprochen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Aufgrund seiner Innervation kann man ihn auch als Hilfskaumuskel bezeichnen (LIEBICH et al., 2009), der die oberflächliche Muskeldecke des Kehlgangs darstellt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Man spricht auch von einer dünnen, laut Liebich et al. zwischen beiden Innenflächen der Unterkieferkörper aufgehängten, hängemattenartig Muskelplatte (LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) mit transversalem Faserverlauf (SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie reicht vom Kinnwinkel bis zum Zungenbeinkörper (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und ihre Fasern entspringen an der Innenfläche des Corpus mandibulae und an der Linea mylohyoidea. Nach ventralem und medialem Verlauf treffen sie sich mit den Fasern der anderen Seite in der Mitte, um eine bindegewebige Raphe zu bilden (LIEBICH et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). In dieser Hängematte befinden sich die Kehlgangsorgane (SALOMON, 2008d). Zusätzlich zur eben genannten Raphe setzen die Muskelfasern kaudal auch noch am Zungenbeinkörper an (SALOMON, 2008d).

Undeutlich kann man einen vorderen und einen hinteren Teil erkennen. Der vordere Teil hat seinen Ursprung vom Kinnwinkel bis zum 3. (4.) Backenzahn. Dieser Teil entspringt ein wenig tiefer als der hintere Teil, der seinen Ursprung an der Linea mylohyoidea, vom vordersten, bis kaudal des hintersten Backenzahns findet. Der vordere Teil stellt einen querverlaufenden Gurt dar, der ohne eine Raphe zu bilden, den vorderen Rand des hinteren Teiles verdeckt. Der hintere Teil setzt mit ebenfalls vorwiegend transversalem Faserverlauf am medianen Sehnenstreifen, am Processus lingualis und am Körper des Zungenbeins an (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Budras nennt sowohl für den rostralen als auch für den kaudalen Anteil die Linea mylohyoidea als Ursprungsort. Für den Ansatz der beiden Anteile nennt er den Processus lingualis und den Zungenbeinkörper. Für den kaudalen Teil erwähnt er noch zusätzlich die mediane Muskelraphe (BUDRAS, 2009b).

Bei Kontraktion dieses Muskels wird die Zunge, die in dieser Muskeldecke liegt gegen das Gaumendach gedrückt. Er trägt und hebt die Zunge. Laut Salomon ist er daher sehr



---

wichtig für die Einleitung des Schluckaktes (BUDRAS, 2009b; LIEBICH et al., 2009; SALOMON, 2008d; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er hebt auch den Mundbodens an (BUDRAS, 2009b).

### ***Zusammenspiel und Gruppenwirkung der Kau- und oberflächlichen Kehlgangsmuskulatur***

Bei den Kaumuskeln handelt es sich um die wichtigsten Bewegler des Unterkiefers. Sie sorgen für das Öffnen und Schließen der Maulspalte. Bis zu einem gewissen Maße können sie die Mandibula auch seitwärts, nach vorne und nach hinten bewegen. Durch diese Funktionen ermöglichen sie das Zubeißen und Festhalten. Mit Hilfe des Gebisses sind sie für die mechanische Zerkleinerung der Nahrung zuständig. Beim Pferd haben die Backenzähne ein gleichmäßiges Niveau. Die Backenzähne sind zu aufgerauhten Quetsch- und Mahlflächen verbreitert. Das beim Pferd sehr inkongruente Kiefergelenk gestattet eine große Bewegungsfreiheit. Sogar Seitwärtsbewegungen sind möglich. Man spricht auch von kreisenden Mahlbewegungen. Für die Seitwärtsbewegung und das Verschieben nach vorne sind vor allem die kräftigen äußeren und die inneren Kaumuskeln zuständig. Der M. temporalis ist für das Zurückführen des Unterkiefers zuständig. Er übt nur teilweise den Kaudruck aus. Durch die abwechslungsweise erfolgenden Kontraktionen des M. pterygoideus lateralis entstehen die Seitwärtsverschiebungen. Beim Pferd setzt der M. pterygoideus lateralis am inneren Rand des quergestellten Processus condylaris an. Er zieht den Processus condylaris nach vorne gegen das Tuberculum articulare. Als Folge davon verschiebt er z.B. bei linksseitiger Kontraktion den gesamten Unterkiefer nach rechts. Der gleichseitige M. pterygoideus medialis und der M. masseter der anderen Seite unterstützen ihn dabei. Durch kräftigen Druck der gleichseitigen Kaumuskeln schleifen die Kauflächen der Unterkieferbackenzähne von innen nach außen an denen des Oberkiefers vorbei. Sie sind also für das eigentliche Kaugeschäft zuständig. Beim Pferd bzw. beim Pflanzenfresser allgemein sind deshalb die inneren und äußeren Kaumuskeln besonders gut entwickelt. Da die Kaumuskeln an den Unterkieferästen ansetzen sind diese im Verhältnis zum Processus coronoideus relativ lang und breit. Die Unterkieferäste dienen als Hebelarm der Kraft. Der M. mylohyoideus ist am Schluckakt beteiligt. Er hebt den Zungengrund an (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

## **2.3.3 Kreislaufsystem**

### **2.3.3.1 Arterien des Kopfes**

#### ***A. carotis communis und ihre Äste***

Bei der A. carotis communis handelt es sich um die paarige Halsschlagader (GILLE, 2008a; KÖNIG et al., 2009b). Sie ist der wichtigste Stamm des Kopfes (GILLE, 2008a)

und versorgt neben dem Kopf auch noch den Hals. Unterstützt wird sie dabei von der A. vertebralis. Gefäße für die Halsorgane, wie z.B. für die Schilddrüse, den Kehlkopf oder den Pharynx gehen aus der A. carotis communis direkt, oder aus einem ihrer Zweige hervor (WAIBL et al., 2005a).

In Höhe des 7. Halswirbels gehen die Aa. carotides communes ventral der Trachea (WAIBL et al., 2005a), aus dem Truncus bicaroticus hervor, der aus dem Truncus brachiocephalicus entlassen wird (KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a).

Auf ihrem kopfwärts gerichteten Weg wird jede A. carotis communis ventral vom N. laryngeus recurrens und vom Truncus trachealis begleitet (WAIBL et al., 2005a), während dorsal von ihnen der Truncus vagosympathicus zu finden ist (GILLE, 2008a; KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a). Dieser verläuft gemeinsam mit der A. carotis communis und der V. jugularis interna in einer bindegewebsumhüllten „Gefäß-Nervenstraße“, die dorsolateral entlang der Trachea zu finden ist (BUDA und BUDRAS, 2009a). Die V. jugularis interna fehlt allerdings bei den meisten Pferden (WAIBL et al., 2005b).

Die Carotiden entsenden mehrere dorsal bzw. ventral gerichtete Versorgungsäste an die anliegenden Muskeln, an die Trachea, linkerseits auch an den Oesophagus und laut Waibl et al. auch an die Nll. cervicales profundi craniales und medii (KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a).

In eine **A. carotis interna** für den Hirnschädel und eine kräftige **A. carotis externa** teilt sich die A. carotis communis am Halsansatz, dorsal des Kehlkopfs, auf Höhe des Atlasflügels (BUDA und BUDRAS, 2009a; GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). In der Nähe dieser Gefäßaufzweigung befindet sich das **Glomus caroticum**, welches den Blutdruck und die Blutzusammensetzung kontrolliert (KÖNIG et al., 2009b).

#### **A. thyreoidea caudalis**

An ihrem kranialen Ende gibt die Halsschlagader die A. thyreoidea caudalis und die A. thyreoidea cranialis ab (KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a). Die A. thyreoidea caudalis geht ventral des 3. Halswirbels, in Höhe des kaudalen Pols der Schilddrüse hervor (WAIBL et al., 2005a). Laut Gille geht sie meist kaudal der Schilddrüse hervor (GILLE, 2008a). Es ist möglich, dass diese Arterie, die schwächer als die A. thyreoidea cranialis ist auf einer oder sogar auf beiden Seiten fehlt. Der kaudale Pol der Schilddrüse, in den sie oder ihre Endäste eindringen, wird erreicht oder sie anastomosieren mit Ästen der A. thyreoidea cranialis (WAIBL et al., 2005a).

#### **A. thyreoidea cranialis und ihre Äste**

Die **A. thyreoidea cranialis** entspringt auf Höhe der Schilddrüse (kranialer Pol/Höhe des 2. Halswirbels) aus der A. carotis communis um diese Drüse zu versorgen (BUDA und BUDRAS, 2009a; GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a).

Folgende Äste werden von ihr abgegeben: der **R. pharyngeus**, der **R. cricothyreoideus** und der **R. laryngeus caudalis**. Anschließend entlässt sie noch die **A. pharyngea ascendens** und die **A. laryngea cranialis**, die für die Versorgung des Pharynx und des

Larynx sorgen (BUDA und BUDRAS, 2009a; KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a). Der kranial gerichtete R. pharyngeus versorgt die Pharynxwand im Bereich der kaudalen Schnürer während der R. cricothyreoideus den gleichnamigen Muskel erreicht. Der R. laryngeus caudalis zieht gemeinsam mit dem N. laryngeus caudalis dorsolateral in den Kehlkopf. Die **A. pharyngea ascendens** versorgt mit ihren **Rr. pharyngei** die dorsale und laterale Pharynxwand im Bereich der mittleren Schnürer. Zusätzlich entlässt sie auch noch **Rr. palatini**. Die **A. laryngea cranialis** gibt auch einen **R. pharyngeus** ab. Anschließend findet sie als **R. laryngeus** ihre Fortsetzung bis hin in den Kehlkopf. Nach seinem ventrolateralen Durchtritt durch den M. cricothyreoideus gelangt der R. laryngeus an die mediale Fläche der Lamina thyreoidea, wo er sich in Höhe des M. vocalis, am Ventriculus laryngis, in einen dorsalen und einen ventralen Zweig splittet (WAIBL et al., 2005a).

### **A. carotis interna**

Als schwächerer Teilungsast geht die A. carotis interna in Höhe des Kehlkopfes (WAIBL et al., 2005a) aus der A. carotis communis hervor. Sie läuft zur Schädelbasis, wo sie laut König et al. eine charakteristische S-förmige Schleife bildet (GILLE, 2008a; KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a). Auf ihrem Weg liegt sie dem Luftsack kaudal und dorsal an (WAIBL et al., 2005a). Da sie sich von kaudomedial her in den Luftsack einsenkt (GILLE, 2008a) entsteht an der medialen Luftsackbucht eine Falte, in der sie gemeinsam mit dem N. vagus, dem Truncus sympathicus und dem Ganglion cervicale craniale verläuft (KÖNIG et al., 2009b). Diese relativ schwache Arterie gelangt, laut Waibl et al. nach dem Einschluss in den Sinus petrosus ventralis, durch die Incisura carotica in die Schädelhöhle (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Beim Fetus stellt sie das Hauptgefäß des Gehirns dar. Beim Pferd beteiligt sie sich auch postnatal an der Versorgung des Gehirns und zwar ergießt sie sich in den Circulus arteriosus cerebri (WILLIS) (GILLE, 2008a). Sie versorgt das Gehirn und ihr Endstück, ist an der Schädelbasis mit dem venösen Sinus cavernosus gekoppelt, wodurch sie sich am Rückfluss des venösen Blutes aus der Schädelhöhle beteiligt (KÖNIG et al., 2009b).

### **A. carotis externa und ihre Äste**

#### **A. carotis externa**

Der, laut Waibl et al. stärkere Teilungsast der A. carotis communis, zieht zunächst von der Parotis lateral bedeckt kraniodorsal (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Nachdem sie dann die Fossa retromandibularis erreicht hat, überquert sie lateral das Stylohyoideum, ebenso die laterale Bucht des Luftsacks. Im Anschluss daran biegt sie rostral um und findet in der A. maxillaris ihre tiefe Fortsetzung entlang der Schädelbasis (WAIBL et al., 2005a).

Gleich nach ihrem Ursprung gibt die A. carotis externa die **A. occipitalis** ab (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Der **Truncus linguofacialis**, der beim Pferd das

gemeinsame Ursprungsgefäß für die **A. lingualis** und die **A. facialis** darstellt, wird im Kehlgang von der A. carotis externa abgegeben. Die **A. palatina ascendens** zweigt ebenfalls aus diesem Truncus ab (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Neben den eben genannten Gefäßen geht auch noch der **R. massetericus** aus der A. carotis externa hervor, laut Buda und Budras am Übergang vom horizontalen zum aufsteigenden Verlauf (BUDA und BUDRAS, 2009a; GILLE, 2008a). Dieser Ast zieht in den M. masseter. Anschließend geht die **A. auricularis caudalis** aus der Kaudalwand des dorsal gerichteten Abschnitts der A. carotis externa hervor. Die **A. temporalis superficialis** geht zuletzt, dorsal aus dem Bereich der rostralen Abbiegung der A. carotis externa ab (WAIBL et al., 2005a).

Die A. carotis externa und ihre spätere Fortsetzung, die A. maxillaris, sind für die Versorgung sämtlicher Organe, Muskeln und Knochen am Kopf zuständig. Das Gehirn gehört nicht zu ihrem Versorgungsgebiet (KÖNIG et al., 2009b).

### **A. occipitalis**

Bei der A. occipitalis handelt es sich um ein schwächeres Gefäß für den Hinterhauptsbereich (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a), welches laut Waibl et al. und Gille aus dem Ursprungsgebiet der A. carotis externa hervor geht. Laut König et al. teilt sich die A. carotis communis in die A. occipitalis, die A. carotis interna und die A. carotis externa, die ihren weiterführenden Ast darstellt (GILLE, 2008a; KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a).

Die **A. occipitalis** nimmt an der Gabelungsstelle der A. carotis communis in die A. carotis interna und externa Verbindung zur A. vertebralis auf, indem sie sich mit deren R. anastomoticus cum a. occipitali verbindet (WAIBL et al., 2005a). Neben dieser eben genannten Anastomose anastomosiert sie auch noch mit der A. spinalis mediana. Sie versorgt die Nackenmuskulatur und die kaudalen Bereiche der Hirnhäute. Aus den Anastomosen kann man schließen, dass sie sich auch an der Versorgung des ZNS beteiligt (KÖNIG et al., 2009b).

Aus ihrem sich in der Muskulatur der Hinterhauptsgegend verzweigenden **R. occipitalis** geht die **A. meningea caudalis** hervor, die Muskeläste abgibt und durch den Schläfenkanal an die Hirnhäute zieht (WAIBL et al., 2005a). Laut Gille zieht sie durch das Foramen stylomastoideum in die Schädelhöhle und somit an die Meningen (GILLE, 2008a).

Die zur Fossa condylaris ventralis ziehende **A. condylaris** wird ebenfalls von der A. occipitalis abgegeben (WAIBL et al., 2005a). Sie gelangt durch den Canalis nervi hypoglossi in die Schädelhöhle (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a).

### **A. lingualis**

Aus dem Truncus linguofacialis wird medial des M. pterygoideus medialis die A. lingualis entlassen, die zunächst das Stylohyoideum ventral begleitet und dann medial des M. hyoglossus in die Zunge gelangt. Sie ist für die Versorgung der Zunge und des Mundhöhlenbodens zuständig (WAIBL et al., 2005a).

Zunächst gibt die A. lingualis rostral und/oder kaudal vom Basihyoideum **Rr. perihyoidei** ab. Diese Gefäße vereinigen sich bogenförmig und entsenden Zweige an den Kehldeckel und den Zungengrund (WAIBL et al., 2005a). In der Zunge setzt sie sich dann als **A. profunda linguae** fort, die laut Waibl et al. zwischen dem M. hyoglossus und dem M. genioglossus mehr oder weniger geschlängelt verläuft. Gille sagt nur, dass sie lateral am M. genioglossus verläuft (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Auf ihrem Weg zur Zungenspitze entlässt die A. profunda linguae in kurzen Abständen **Rr. dorsales linguae**. Diese Äste verzweigen sich baumartig zum Dorsum linguae (WAIBL et al., 2005a).

#### **A. facialis**

Diese Arterie geht ebenfalls aus dem Truncus linguofacialis hervor (KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a). Gemeinsam mit ihren Verzweigungen stellt sie die Hauptarterie des Angesichts dar (GILLE, 2008a; WISSDORF et al., 2002f). Vor ihrem Übertritt über die Incisura vasorum facialium, findet man diese rostroventral ziehende Arterie medial des M. pterygoideus medialis. Ihr distaler Abschnitt anastomosiert mit der A. infraorbitalis (GILLE, 2008a). Für den Pharynx, den M. digastricus, den M. pterygoideus und den M. masseter entlässt sie noch im Kehlgang Äste (WAIBL et al., 2005a). Ebenfalls noch medial gibt sie die **A. sublingualis** ab, die laut Gille in den Mundhöhlenboden zieht (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a).

Anschließend verläuft die A. facialis an der Innenfläche des Unterkieferastes zur Incisura vasorum facialium, um sich dort auf die Angesichtsfläche zu schlagen (BUDA und BUDRAS, 2009a; GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a; WISSDORF et al., 2002f). Dabei wird sie von der V. facialis und dem Ductus parotideus begleitet. Wissdorf et al. weisen noch darauf hin, dass die A. facialis auf dem Angesicht immer rostral der V. facialis zu finden ist, während ihre Aufteilungsäste dorsal oder ventral der Venenäste liegen (BUDA und BUDRAS, 2009a; GILLE, 2008a; WISSDORF et al., 2002f). Auf dem Angesicht läuft die A. facialis dann am kranialen Rand des M. masseter (rostro-)dorsal (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a) bis in den Bereich kaudal des Foramen infraorbitale (WAIBL et al., 2005a). Auf der Angesichtsfläche angekommen, gibt sie folgende Gefäße ab: die **A. labialis inferior**, die **A. labialis superior**, die **A. lateralis nasi**, die **A. dorsalis nasi** und die **A. angularis oculi**, die laut Wissdorf et al. den kaudodorsalen Endast der A. facialis darstellt (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a; WISSDORF et al., 2002f).

#### **A. sublingualis**

Zunächst verläuft die A. sublingualis rostroventral zwischen der Mandibula und dem M. mylohyoideus, durch den sie wenig später hindurch tritt um am Dorsalrand des M. geniohyoideus zum Kinnwinkel zu ziehen. Am sublingualen Mundhöhlenboden endet sie in oberflächlicher Lage, um das Frenulum linguae zu versorgen. Zuvor hat sie an die benachbarten Muskeln und an die Glandula sublingualis Zweige entlassen. Die zum Kinn ziehende **A. submentalis** geht ebenfalls aus diesem Gefäß hervor (WAIBL et al., 2005a).

**A. labialis inferior**

Sie wird von der A. facialis auf der Angesichtsfläche als erstes Gefäß nach rostral entlassen und ist für die Versorgung der Unterlippe verantwortlich (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a; WISSDORF et al., 2002f). Sie entlässt die **A. angularis oris**, die sich am Mundwinkel verzweigt (WAIBL et al., 2005a).

**A. labialis superior**

Als nächstes geht, laut Waibl et al. am Alveolarrand des Os maxillare, die A. labialis superior nach rostral aus der A. facialis ab. Dieses Gefäß verzweigt sich in der Oberlippe, für deren Versorgung sie verantwortlich ist (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a; WISSDORF et al., 2002f).

**A. lateralis nasi**

Dieses rostral aus der A. facialis abzweigende Gefäß (GILLE, 2008a; WISSDORF et al., 2002f) kann laut Waibl et al. entweder aus der A. facialis nach Abgabe der A. labialis superior abgehen, oder direkt aus dieser Arterie. Ihr Versorgungsgebiet besteht aus der Seitenwand der Nase bis an den Bereich der Oberlippenarterie (WAIBL et al., 2005a). Sie ist demnach für die Versorgung der Nüstern zuständig (WISSDORF et al., 2002f).

**A. dorsalis nasi**

Sie geht rostr dorsale gerichtet aus der A. facialis hervor und zieht laut Wissdorf et al. zum Nasenrücken (GILLE, 2008a; WISSDORF et al., 2002f). Ihr Ursprung befindet sich kaudodorsal des Foramen infraorbitale, von wo aus sie dann auf dem Os nasale rostral zieht. Sie zieht über das rostrale Ende des Nasenbeins hinweg. Ihr Versorgungsgebiet beschränkt sich auf den Nasenrücken und das Diverticulum nasi (WAIBL et al., 2005a).

**A. angularis oculi**

Der Endast der A. facialis heißt A. angularis oculi und zieht in kaudodorsalem Bogen in Richtung medialem Augenwinkel (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a; WISSDORF et al., 2002f).

**A. palatina ascendens**

Sie geht ebenfalls aus dem Truncus linguofacialis hervor (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Medial vom Stylohyoideum zieht sie über die seitliche Pharynxwand zum Gaumensegel und dessen Muskeln (WAIBL et al., 2005a).

**A. auricularis caudalis**

Sie ist nach dem Truncus linguofacialis das nächste Gefäß das aus der A. carotis externa hervorgeht. Sie geht aus der Kaudalwand der dorsale gerichteten Arterie hervor (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Die zwischen dem Ohrgrund und dem M. temporalis im Bogen um den Ohrgrund verlaufende Arterie gibt Gefäße für die Ohrmuschel ab (WAIBL et al., 2005a). Die, laut Waibl et al. entlang des N. facialis ziehende, **A. stylomastoidea**, wird als erstes aus der A. auricularis caudalis entlassen. Sie gelangt durch das Foramen stylomastoideum, laut Gille dann über den Fazialiskanal, in das Mittelohr (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Eine feine **A. tympanica caudalis** kann zusätzlich beim Pferd gefunden werden. Des Weiteren gehen **Rr. parotidei** für die

Gl. parotis, **Rr. auricularis lateralis, intermedius** und **medialis** für das Ohr und ein **R. occipitalis** aus der A. auricularis caudalis hervor. Der R. occipitalis wird in den Hinterhaupts- und Schläfenbereich abgegeben. Seine Äste erreichen den Knochen. Weitere Äste der A. auricularis caudalis sind für die Versorgung der Ohrmuskeln und des M. temporalis zuständig (WAIBL et al., 2005a). Laut Gille teilt sich die A. auricularis caudalis am äußeren Ohr in vier Äste. Dies sind drei **Rr. auriculares**, die auf dem Ohrücken zu finden sind und eine **A. auricularis profunda**, die in der Scapha in Richtung Ohrspitze zieht (GILLE, 2008a).

In den meisten Fällen weist die A. auricularis caudalis Anastomosen zu Ästen der A. auricularis rostralis bzw. der A. temporalis superficialis auf (WAIBL et al., 2005a).

### **R. massetericus**

Er stammt aus der A. carotis externa und ist für die Versorgung des M. masseter zuständig. Laut Gille entspringt er vor der A. auricularis caudalis aus der A. carotis externa (GILLE, 2008a; KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a; WISSDORF et al., 2002f). Sein Ursprungsgebiet liegt etwa auf halber Höhe des Ramus mandibulae. Er wendet sich rostralateral und tritt am kaudalen Rand des M. masseter auf dessen Lateralfäche. Dort ist er rostral der V. masseterica ventralis zu finden. Anschließend zieht dieser Ast dann rostroventral (WISSDORF et al., 2002f).

### **A. temporalis superficialis**

Dieses, nach der Abgabe der hinteren Ohrarterie, aus der A. carotis externa hervorgehende Gefäß (GILLE, 2008a), ist dorsal gerichtet. Es verlässt die A. carotis externa am Kaudalrand des Unterkieferastes, vor deren Übergang in die A. maxillaris. Für die Versorgung des oberflächlichen Schläfenbereichs mit Ohrmuschel und Augenlider ist sie zuständig. Rostral vom Meatus acusticus externus, zwischen Ohr und Kiefergelenk, zieht sie, von der Glandula parotis bedeckte oder in sie eingebettete, lateral über den Arcus zygomaticus in den Schläfenbereich (WAIBL et al., 2005a).

Dorsal vom N. facialis entlässt sie bald nach ihrem Ursprung die **A. transversa faciei**, die die Lateralfäche des M. masseter erreicht. Danach sendet sie den **R. articularis temporomandibularis** an das Kiefergelenk. Im Anschluss an diesen Ast, entlässt sie die **A. auricularis rostralis**. Ihr Endäste verzweigen sich oberflächlich im Bereich des M. temporalis (WAIBL et al., 2005a).

### **A. transversa faciei**

Die kranial ziehende Arterie entspringt, laut Waibl et al. ventral des Processus condylaris mandibulae, aus der A. temporalis superficialis (GILLE, 2008a; KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a). Laut Wissdorf et al. handelt es sich bei ihr um einen klinisch bedeutsamen Ast der A. carotis externa, der sich dorsal des N. facialis und ventral des Kiefergelenks und der V. transversa faciei befindet (WISSDORF et al., 2002f). Laut Waibl et al. wird sie zusätzlich zur gleichnamigen Venen auch noch von Äste des N. auriculopalpebralis und des N. auriculotemporalis begleitet (WAIBL et al., 2005a). Gille erwähnt als Begleitung nur Äste des N. auriculotemporalis (GILLE, 2008a). Ventral

des Jochbogens (WAIBL et al., 2005a) dringt die rostral ziehende A. transversa faciei, laut Waibl et al. mit der gleichnamigen Vene, oberflächlich in den M. masseter ein (WAIBL et al., 2005a; WISSDORF et al., 2002f).

Während ihre Endverzweigung kaum über den M. masseter hinaus reicht gibt sie an die Haut, die benachbarte Angesichtsmuskulatur und den M. masseter Äste ab (WAIBL et al., 2005a). Laut Gille verzweigen sich ihre Endäste im M. masseter (GILLE, 2008a).

#### **A. auricularis rostralis**

Der fortlaufenden Stamm der A. temporalis superficialis gibt die **A. auricularis rostralis** zum äußeren Ohr ab (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Die Ohrbasis erreicht die A. auricularis rostralis rostral vom äußeren Gehörgang. Im Spaltwinkelbereich der Ohrtüte und in den benachbarten Muskeln bis hin zum Scutulum verzweigt sie sich. Mit der A. auricularis caudalis anastomosiert sie oder ein Zweig der A. temporalis superficialis (WAIBL et al., 2005a).

#### **A. maxillaris und ihre Äste**

##### **A. maxillaris**

Nach dem Abgang der A. temporalis superficialis setzt die **A. maxillaris** den Verlauf der A. carotis externa entlang der Schädelbasis fort (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a).

Mit Ästen des N. maxillaris (GILLE, 2008a) passiert die A. maxillaris den Canalis alaris und erreicht die Fossa pterygoidea (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a).

Zum Versorgungsgebiet der A. maxillaris und ihrer Äste gehören folgende Gebiete: der Unterkiefer, die Tiefe der Schläfe, das Auge und seine Hilfseinrichtungen. Der Oberkiefer und die Nasenhöhle werden durch ihre Endaufteilung in der Fossa pterygopalatina versorgt. Abschnitte der äußeren Nase werden durch den Canalis infraorbitalis versorgt (WAIBL et al., 2005a).

##### **A. alveolaris inferior**

Die rostrolateral gerichtete **A. alveolaris inferior** entspringt aus dem Anfangsabschnitt der A. maxillaris. Laut Gille ist die Stelle noch vor dem Eintritt der A. maxillaris in den Canalis alaris zu finden (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a).

Durch das Foramen mandibulae tritt die A. alveolaris inferior in den Canalis mandibulae ein, wo sie dann einen geschlängelten Verlauf aufweist und **Rr. dentales** an die Dentes molares und praemolares entlässt. Die Dentes incisivi und der Dens caninus werden von diesen Ästen durch den Canalis alveolaris erreicht (WAIBL et al., 2005a). Laut Gille wird sie im Canalis mandibulae vom gleichnamigen Nerv begleitet und versorgt den gesamten Unterkiefer einschließlich der Zähne (GILLE, 2008a). Am Foramen mentale tritt die A. alveolaris inferior dann schließlich als **A. mentalis** aus um das Kinn zu versorgen (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Mit ihren Ästen verzweigt sie sich im Bereich des Margo interalveolaris, in der Gingiva der Schneidezähne und in der Unterlippe (WAIBL et al., 2005a).



### **A. meningea media**

Vor Eintritt in den Canalis alaris, entlässt die A. maxillaris auch noch die **A. meningea media**, die durch die Incisura ovalis in die Schädelhöhle gelangt und sich in der Dura mater verzweigt (WAIBL et al., 2005a). Gille erwähnt als Abgänge der A. maxillaris neben der an die Meningen tretenden A. meningea media auch noch eine **A. tympanica rostralis** für das Mittelohr und Äste für die vier Kaumuskeln (GILLE, 2008a).

### **Aa. temporales profundae**

Die A. maxillaris entlässt die **A. temporalis profunda caudalis**, die vorwiegend für die Versorgung des Schläfengebietes, besonders für die Versorgung des M. temporalis zuständig ist, die **A. temporalis profunda rostralis** und die **Aa. temporales profundae**. Die dorsal gerichteten Aa. temporales profundae treten rostral der Basis des Processus zygomaticus ossis temporalis in den M. temporalis ein, indem sie dann mit Ästen der A. temporalis superficialis anastomosieren (WAIBL et al., 2005a).

### **A. ophthalmica externa**

Die **A. ophthalmica externa** entspringt, laut Waibl et al. im Canalis alaris, aus der A. maxillaris (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). Sie zieht zur Spitze der Augenmuskelpyramide, die von der Periorbita umschlossen ist. Dort angekommen durchbohrt sie die Periorbita und verläuft entlang der Innenfläche der Periorbita dorsal über die Augenmuskeln bis an die mediale Seite der Augenmuskelpyramide. Auf diesem Weg beschreibt sie einen rostral konvexen Bogen. Sie stellt die Hauptarterie für die Versorgung des Bulbus oculi und seiner Nebenorgane dar. Sie gibt die **A. ethmoidalis externa** und die **A. meningea rostralis** ab, die beide in die Schädelhöhle ziehen (WAIBL et al., 2005a).

Die A. ophthalmica externa gibt folgende Gefäße ab:

Der **R. anastomoticus cum a. ophthalmica interna**, der sich mit der A. ophthalmica interna verbindet, geht aus der A. ophthalmica hervor. Der eben genannten Gefäßverbindung entstammen die A. centralis retinae (zieht zur Papilla optica) und die Aa. ciliares posteriores longae (ziehen zum Corpus ciliare und zur Iris). Die Aa. ciliares posteriores longae geben Aa. ciliares posteriores breves (zweigen sich in der Choroidea auf) und Aa. episclerales (versorgen die Sklera von außen) ab. Des Weiteren gibt die A. ophthalmica externa **Rr. musculares** für den Bulbus oculi ab, aus denen weitere Aa. ciliares anteriores (vereinigen sich mit den Aa. ciliares posteriores und versorgen dann gemeinsam den Corpus ciliare und die Iris) sowie Aa. episclerales (versorgen die Sklera von außen) hervorgehen. Zusätzlich werden beim Pferd dann noch die **Aa. conjunctivales posteriores** von der A. ophthalmica externa entlassen. Die durch den Canalis supraorbitalis aus der Orbita ziehende **A. supraorbitalis** geht ebenfalls aus der A. ophthalmica externa hervor. Während sie die Periorbita durchbohrt, gibt sie Äste an diese, an das Periost der Orbita und an die Stirnhöhle ab. In der Stirngegend angekommen, teilt sie sich stirn-, scheidel-, und nasenrückenwärts auf. Die starke **A. lacrimalis** (für die Tränendrüse) geht ebenfalls aus der A. ophthalmica externa

hervor. Sie gibt die A. palpebralis superior lateralis und die A. palpebralis inferior lateralis ab, die vom lateralen Augenwinkel ausgehend das obere bzw. untere Augenlid versorgen. Die **A. ethmoidalis externa** ist ein weiteres starkes Gefäß der A. ophthalmica externa. Sie verlässt die Periorbita wieder und zieht zum Foramen ethmoidale, durch das sie in die Fossa ethmoidalis gelangt, wo sie dann die A. meningea rostralis abgibt. Die **A. palpebrae tertiae** wird beim Pferd ebenfalls von der A. ophthalmica externa abgegeben (WAIBL et al., 2005a).

Zu beachten ist bei den eben genannten Gefäßen, dass sie sowohl tierartlich als auch individuell mannigfaltige Unterschiede in der Reihenfolge ihres Abgangs aufweisen (WAIBL et al., 2005a).

### **A. buccalis**

Mit rostroventral gerichtetem Verlauf, verlässt die **A. buccalis** die A. maxillaris (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a) in der Fossa pterygopalatina (GILLE, 2008a). Die A. buccalis versorgt die Drüsen der Backen und die Kaumuskeln (WAIBL et al., 2005a).

### **A. infraorbitalis**

Einer der Endäste der A. maxillaris wird durch die **A. infraorbitalis** dargestellt, die durch das Foramen maxillare in den Canalis infraorbitalis eintritt (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a). In diesem Kanal verläuft sie mit dem gleichnamigen Nerv. Nachdem sie den Kanal durch das Foramen infraorbitale wieder verlassen hat, beteiligt sie sich an der Versorgung des Gesichts (GILLE, 2008a). Die **A. malaris** zweigt ventral der Orbita aus der A. infraorbitalis ab und gelangt medial vom Processus temporalis ossis zygomatici und über die Ventralfläche der Orbita zum medialen Augenwinkel. Dort gibt sie die **A. palpebralis inferior medialis** an das Unterlid und die **A. palpebralis superior medialis** an das Oberlid ab. Im Anschluss an die A. malaris gibt die A. infraorbitalis **Rr. dentales** an die Backenzähne ab. Die **Rr. dentales**, die durch den Canalis alveolaris zu den vorderen Dentes praemolares, zum Dens caninus und zu den Dentes incisivi ziehen, verlassen die A. infraorbitalis noch bevor sie aus dem Foramen infraorbitale austritt (WAIBL et al., 2005a).

### **A. palatina descendens**

Die **A. palatina descendens** stellt den rostroventral gerichteten Endast der A. maxillaris dar. Sie teilt sich, laut Waibl et al. in der Fossa pterygopalatina, in eine **A. palatina major**, eine **A. palatina minor** (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a) und in eine **A. sphenopalatina**, die als letztes aus der A. palatina descendens hervorgeht. Die A. palatina minor zieht lateral am Processus pterygoideus zum Velum palatinum, während die A. palatina major durch den Canalis palatinus major in den Sulcus palatinus gelangt (WAIBL et al., 2005a). Laut Gille gelangt die A. palatina minor über das gleichnamige Loch zum Gaumen. Für die A. palatina major nennt er auch den Kanal (GILLE, 2008a). Im Sulcus palatinus entlässt die A. palatina major Äste zur Versorgung des harten Gaumens. Äste für die Schleimhaut rostral am Boden des ventralen Nasengangs gibt sie durch die Fissura palatina ab. Im Bereich der Fissura palatina

verbindet sie sich bogenartig mit der Arterie der anderen Seite und mit Ästen der A. sphenopalatina (WAIBL et al., 2005a). Die durch das Foramen sphenopalatinum kaudal in die Nasenhöhle gelangende A. sphenopalatina, verzweigt sich laut Waibl mit ihren **Aa. nasales caudales, laterales und septales** in der Schleimhaut des ventralen Nasengangs, des kaudalen Teiles der ventralen Nasenmuschel und des Septum nasi. Laut Gille, versorgt die A. sphenopalatina den ventralen Nasengang (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005a).

### 2.3.3.2 Venen des Kopfes

Die Venen des Kopfes findet man sowohl innerhalb der Schädelhöhle als auch außerhalb. Innerhalb der Schädelhöhle gibt es klappenlose Venen (KÖNIG et al., 2009b), die unter anderem große, ebenfalls klappenlose Sinus durae matris bilden (GILLE, 2008a). Im Großen und Ganzen verlaufen die Venen die außerhalb der Schädelhöhle zu finden sind mit den Arterien (KÖNIG et al., 2009b). Laut Gille zeigen die Venen des Kopfes einige Abweichungen zu den Arterien (GILLE, 2008a).

#### ***V. jugularis externa und ihre Äste***

##### **V. jugularis externa**

Gemeinsam mit der Vene der anderen Seite stellt die **V. jugularis externa** die Endaufteilung der V. cava cranialis dar. Bei der V. jugularis externa handelt es sich um die stärkste Vene für den Hals- und Kopfbereich (WAIBL et al., 2005b). Diese so genannte Drosselvene entsteht aus der Vereinigung der **V. maxillaris** und der **V. linguofacialis** (GILLE, 2008a; KÖNIG et al., 2009b). Man findet die kopfwärts ziehende V. jugularis externa oberflächlich, subkutan in der Drosselrinne, Sulcus jugularis. Die Drosselrinne ist laut König et al. zwischen dem M. sternocephalicus und dem M. brachiocephalicus gelegen. Laut Waibl et al. erreicht sie diese Rinne ohne arterielle Begleitung (KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005b). Mit ihrem rostral offenen Teilungswinkel schließt die V. jugularis externa in der Tiefe die Gl. mandibularis, die unter dem Ventralabschnitt der Gl. parotis liegt, ein (BUDRAS, 2009d).

Bis zu der Abzweigung der V. jugularis interna kann der Anfangsabschnitt der V. jugularis externa auch als V. jugularis communis bezeichnet werden (WAIBL et al., 2005b).

Kaudal vom Unterkieferwinkel, ventral des Atlasflügels, teilt sich die V. jugularis externa in die **V. linguofacialis** und die **V. maxillaris**. Die V. linguofacialis zieht in den Kehlgang, während sich die V. maxillaris medial der Parotis an die Schädelbasis wendet. Die V. maxillaris gibt die **V. emissaria foraminis jugularis** ab (WAIBL et al., 2005b). Die Vv. linguofacialis und sublingualis werden von der ventrorostral abzweigenden V. linguofacialis abgegeben, bevor sie in die V. facialis übergeht (BUDRAS, 2009d).

Die Venen, die aus weiteren Teilungen der V. jugularis externa hervor gehen begleiten die zugehörigen Arterien. Tierarttypische Plexus oder Sinus werden von der V. maxillaris

sowie ihren Venen, die sie an die Mm. pterygoidei und in der Orbita abgibt, gebildet. Diese Plexus oder Sinus stehen mit den klappenlosen Sinus in der Schädelhöhle in Verbindung. Die V. facialis bildet weitlumige Anastomosen mit Ästen der V. maxillaris. Verbindungen in der Orbita und der Schläfengegend sind zu beachten (WAIBL et al., 2005b).

### **V. cervicalis superficialis**

Die V. jugularis externa entlässt in Höhe des Brusteingangs die dorsal gerichtete V. cervicalis superficialis aus der oberhalb des Schultergelenks der kopfwärts ziehende **R. ascendens** abzweigt. Dieser Ast befindet sich medial des M. cleidocephalicus und gibt beim Pferd die Lymphknotenäste ab (WAIBL et al., 2005b).

### **V. cephalica**

Die V. cephalica wird mit ihren Abgängen (V. cephalica accessoria und V. mediana cubiti) als oberflächliches Gefäß an die Schultergliedmaße entlassen (WAIBL et al., 2005b). Sie wird hier nur erwähnt, da sie aus der V. jugularis externa stammt.

### **V. jugularis interna**

Falls vorhanden, zweigt die dem Pferd meist fehlende V. jugularis interna gesondert aus dem Anfangsabschnitt der V. jugularis externa ab. Bis hierhin kann der Anfangsabschnitt der V. jugularis externa dann auch als V. jugularis communis bezeichnet werden. Die V. jugularis interna läuft als schwächeres, tieferes Gefäß ventral der A. carotis communis kopfwärts. Gemeinsam mit der **V. vertebralis** entsorgt sie tiefe Halsorgane. In das Foramen jugulare gibt sie eine **V. emissaria** ab (WAIBL et al., 2005b).

Der Venenwinkel des Pferdes wird auf Grund des häufigen Fehlens einer V. jugularis interna durch die Mündungsstelle der V. subclavia dargestellt (KÖNIG et al., 2009b).

### **V. linguofacialis**

Sie geht in oberflächlicher Lage, ventral des Atlasflügels, aus der V. jugularis externa hervor und verläuft ohne arterielle Begleitung in Richtung Angulus mandibulae. Sie kreuzt die Sehne des M. sternomandibularis lateral und teilt sich dann in die **V. lingualis**, die zum Kehlgang zieht und die **V. facialis**, die auf das Angesicht übertritt. Die **Vv. glandulares**, die vor allem Äste an die Glandula mandibularis abgeben werden ebenfalls von der V. linguofacialis abgegeben (WAIBL et al., 2005b).

Kurz vor der Vereinigung mit der V. maxillaris bildet die V. linguofacialis den ventralen Schenkel des Viborg- Dreiecks, welches die Stelle für den chirurgischen Zugang zum Luftsack markiert (KÖNIG et al., 2009b).

### **V. lingualis**

Im Kehlgang, im Bereich der Lnn. mandibulares, kaudal der Incisura vasorum facialium, geht die V. lingualis aus der V. linguofacialis hervor. Kaudal im Kehlgang gelangt sie aus ihrer oberflächlichen Lage an die mediale Fläche des M. mylohyoideus. Im Anschluss daran gelangt sie medial abbiegend an die gleichnamige Arterie, mit der sie dann gemeinsam in die Zunge eintritt. In der Zunge setzt sie sich dann als **V. profunda linguae**, die zungenspitzenwärts zieht, fort (WAIBL et al., 2005b).

Die *V. profunda linguae* weist auf ihrem Weg eine unterschiedlich starke Schlingelung auf. **Vv. dorsales linguae** gehen während des gesamten Verlaufs aus ihr hervor. Die *Vv. dorsales linguae* zweigen sich zum Zungenrücken hin büschelartig auf und bilden so ein dichtes Geflecht (WAIBL et al., 2005b).

### **V. facialis**

Sie stellt den Ast der *V. linguofacialis* dar, der über die *Incisura vasorum facialium* aus dem Kehlgang auf die Angesichtsfläche wechselt (BUDRAS, 2009d; WAIBL et al., 2005b). Bei diesem Übertritt befindet sie sich kaudal der *A. facialis*. Nachdem sie auf der Angesichtsfläche angekommen ist verläuft sie am kranialen Rand des *M. masseter dorsal*. Auf diesem Weg entlässt sie folgende Gefäße: die **V. labialis inferior**, die **V. angularis oris** und die **V. labialis superior**, die sich alle drei wie die entsprechenden Arterien verzweigen. Die beiden zu Letzt genannten Gefäße sind meistens zu Beginn mit der *V. labialis* vereinigt. Die am rostralen Rand des *M. masseter* hervortretende **V. buccalis** wird auf selber Höhe von der *V. facialis* aufgenommen. Die kaudomedial gerichtete **V. profunda faciei** wird ventral der *Crista facialis* am Rostralrand des *M. masseter* von der *V. facialis* entlassen. Die rostral gerichtete **V. lateralis nasi** zieht zur Seitenwand der Nase, während die **V. dorsalis nasi** zum Nasenrücken gelangt. Um den medialen Augenwinkel herum stirnwärts ziehend, stellt die **V. angularis oculi** den Endast der *V. facialis* dar. Die vom medialen Augenwinkel aus das obere Augenlid versorgende **V. palpebralis superior medialis** entstammt ebenso wie die **V. palpebralis inferior medialis**, die vom medialen Augenwinkel aus in das untere Augenlid zieht, aus der *V. angularis oculi* (WAIBL et al., 2005b).

### **V. sublingualis**

Beim Pferd geht dieses Gefäß meist selbstständig aus der *V. facialis* hervor. Die *V. sublingualis* erreicht die Dorsalfläche des *M. mylohyoideus* und verzweigt sich anschließend im sublingualen Mundhöhlenboden. Sie gibt die an der Ventralfläche des *M. mylohyoidus* im Kehlgang kinnwärts ziehende *V. submentalis* ab, die sich am Kinn mit den benachbarten Venen verbindet. Es entsteht ein Geflecht (WAIBL et al., 2005b).

### **V. profunda faciei**

Die am Rostralrand des *M. masseter*, laut Budras in Höhe der oberen Backenzähne, aus der *V. facialis* hervor gehende **V. profunda faciei** zieht laut Waibl et al. über das *Tuber maxillare* zur *Fossa pterygopalatina*. Dabei wird sie vom *M. masseter lateral* bedeckt. Das laut Budras später zu *Orbita* ziehende Gefäß erweitert sich unter dem *M. masseter* zum **Sinus v. profundae faciei** (BUDRAS, 2009d; WAIBL et al., 2005b). Die *V. profunda faciei* bildet beim Pferd die Hauptvene für den *Plexus ophthalmicus* und geht in die **V. ophthalmica externa ventralis** über. Zu *Masseter*ästen der *V. maxillaris* bzw. *V. transversa faciei* bildet die *V. profunda faciei* kräftige Anastomosen aus. Die **V. infraorbitalis** und die **V. palatina descendens** gehen in der *Fossa pterygopalatina* aus ihr hervor (WAIBL et al., 2005b).

### **Plexus ophthalmicus**

Die **V. ophthalmica externa dorsalis** und die **V. ophthalmica externa ventralis** und deren zahlreichen Verbindungen untereinander werden zum **Plexus ophthalmicus** zusammengefasst. Am und laut Waibl et al. zum Teil auch im Augenmuskelkegel findet man dorsal die *V. ophthalmica externa dorsalis* und ventral die *V. ophthalmica externa ventralis*. Beide sind von der Periorbita umgeben (GILLE, 2008a; WAIBL et al., 2005b). Diese beiden Venen vereinigen sich gegen die Spitze der Periorbita (WAIBL et al., 2005b).

Das Verzweigungsgebiet der *A. ophthalmica externa* ist das gleiche wie das der beiden *Vv. ophthalmicae externae* zusammen. Neben der Verbindung zum intrakraniellen Sinussystem liegen weitere, die Periorbita durchbohrende Verbindungen zu orbitanahen Kopfvenen vor. Beim Pferd gehört die *V. profunda faciei*, die nach Abgabe ihrer Äste in der Fossa pterygopalatina mit der *V. ophthalmica externa ventralis* anastomosiert dazu. Sie stellt beim Pferd die Hauptverbindung dar (WAIBL et al., 2005b).

Neben Zweigen für die Augenmuskeln gehen auch noch die **Vv. vorticosae**, die **Vv. ciliares**, die **Vv. conjunctivales**, die **V. lacrimalis**, die **V. ethmoidalis externa** und die **V. malaris** für den Bulbus oculi und seine Hilfsorgane aus dem Plexus ophthalmicus hervor. Die *V. lacrimalis* zieht dorsal gerichtet an die Tränendrüse während die *V. malaris* die Periorbita perforiert um sich dann um den Margo infraorbitalis zu wenden und sich im Bereich des unteren Augenlids zu verzweigen. Die Periorbita wird ebenfalls von der **V. ethmoidalis externa** durchbohrt, die gemeinsam mit der Arterie in die Schädelhöhle eintritt. Dabei passiert sie das Foramen ethmoidale. Weitere Verbindungen des Plexus zu Venen außerhalb der Orbita werden durch diese Venen hergestellt (WAIBL et al., 2005b).

Die ebenfalls aus dem Plexus ophthalmicus stammende **V. supraorbitalis** durchbohrt auch die Periorbita. Sie zweigt sich ähnlich wie die gleichnamige Arterie im Bereich von Stirn- und Nasenrücken auf. Zuvor tritt sie allerdings durch das Foramen supraorbitale (WAIBL et al., 2005b).

### **V. infraorbitalis**

Die als ein Endast aus der *V. profunda faciei* abzweigende **V. infraorbitalis** verhält sich nicht wie ihre gleichnamige Arterie, da diese aus der *A. maxillaris* abzweigt. Zur Angesichtsfläche gelangt die *V. infraorbitalis* durch den Canalis infraorbitalis, indem sie gemeinsam mit der *A. infraorbitalis* verläuft. Die *V. infraorbitalis* ist an der Versorgung der Nase und der Oberlippe beteiligt. **Rr. dentales** entlässt sie an die Zähne des oberen Zahnbogens (WAIBL et al., 2005b).

### **V. palatina descendens**

Sie verkörpert den zweiten Endast der *V. profunda faciei* und teilt sich in der Fossa pterygopalatina in drei Venen auf. Diese drei Venen sind die **V. palatina minor**, die **V. palatina major** und die **V. sphenopalatina**. Während die *V. palatina minor* zum Gaumensegel gelangt, zieht der Hauptanteil der *V. palatina major* über den

Kaudoventralrand der Fossa pterygopalatina in den Sulcus palatinus. Zusätzlich kann ein schwacher, arterienparalleler Begleitast der V. palatina major ausgebildet sein. Der **Plexus palatinus**, der ein starkes Venengeflecht darstellt, wird gemeinsam von Ästen der V. palatina major und den Ästen der anderen Gaumenvenen in der Schleimhaut des harten Gaumens gebildet. Im Bereich der Fissura palatina geht der Plexus palatinus Anastomosen mit den Venengeflechten in der Nasenhöhle ein. Die Äste der durch das Foramen sphenopalatinum kaudal in die Nasenhöhle eintretenden V. sphenopalatina bilden ebenfalls ausgedehnte Venengeflechte in der Schleimhaut der Nasenmuscheln und der des Nasenseptums (WAIBL et al., 2005b).

### ***V. maxillaris und ihre Äste***

Die den zweiten Endast der V. jugularis externa darstellende V. maxillaris entspringt kaudoventral der Gl. parotis neben der V. linguofacialis aus der V. jugularis externa (WAIBL et al., 2005b). Sie zweigt dorsorostral gerichtet aus diesem Gefäß ab (BUDRAS, 2009d; WAIBL et al., 2005b) und zieht sogleich in Richtung Fossa retromandibularis, wobei sie medial den M. digastricus überquert. Bevor die V. maxillaris die Gl. parotis am Kaudalrand des Unterkieferastes durchbohrt, begleitet sie zunächst den Kaudalrand der Drüse und senkt sich in deren laterale Fläche ein. Nachdem die V. maxillaris die Fossa retromandibularis erreicht hat gelangt sie von dort aus an die Schädelbasis. Den **Plexus pterygoideus** bildet sie dabei lateral des M. pterygoideus medialis. Die A. maxillaris wird nur von den der Schädelbasis anliegenden Anteilen des Geflechts begleitet. Beim Pferd kann ein schwacher Venenast mit durch den Canalis alaris gelangen. In ein Venenbündel, das die Arterien begleitet, und eine starke Vene, die mehr ventrolateral verlaufend den Rostralrand des Unterkieferastes erreicht, teilt sich der Plexus pterygoideus auf. Die starke Vene geht in die **V. buccalis** über. Zahlreiche Querverbindungen sind zwischen den beiden Geflechtanteilen zu erkennen (WAIBL et al., 2005b).

### ***V. thyreoidea cranialis***

Die V. thyreoidea cranialis geht kurz nach dem Ursprung der V. maxillaris aus dieser hervor. Sie kann allerdings auch aus der V. linguofacialis abzweigen. Äste dieser Vene treten vom kranialen Pol der Schilddrüse ausgehend in das Organ ein. Gelegentlich kommt beim Pferd eine **V. thyreoidea media** vor, die aus der V. thyreoidea cranialis hervor geht. Sie zieht, wenn vorhanden, zum kaudalen Pol der Schilddrüse. Die **V. pharyngea ascendens** geht ebenfalls aus der V. thyreoidea cranialis hervor. Sie ist rostral gerichtet und zieht zum Schlundkopf. An der Bildung des Plexus pharyngeus beteiligt sich dieses Gefäß, welches zudem Anastomosen zu Nachbarvenen ausbildet. Die **V. cricothyreoidea** und der **R. laryngeus caudalis** werden ebenfalls von der V. thyreoidea cranialis abgegeben. Die V. cricothyreoidea dringt in den M. cricothyreoideus ein, während der R. laryngeus caudalis gemeinsam mit dem N. laryngeus caudalis in den Kehlkopf gelangt (WAIBL et al., 2005b).

### **V. occipitalis**

Die sich mit dem R. anastomoticus cum v. occipitali der V. vertebralis verbindende V. occipitalis geht noch am Kaudalrand der Gl. parotis, ventral des Atlasflügels, aus der V. maxillaris hervor. Sie entlässt folgende Gefäße die **V. stylomastoidea** und die **V. emissaria occipitalis**. Die **V. emissaria foraminis jugularis** zeigt beim Pferd auch Anschluss an die V. occipitalis (WAIBL et al., 2005b).

**V. auricularis caudalis**  
Kurz nach der V. occipitalis oder manchmal mit dieser im Ursprung vereinigt geht die V. auricularis caudalis aus der V. maxillaris hervor. Dieses Gefäß verläuft oberflächlich, lateral in der Gl. parotis und zieht nach ihrem Ursprung in kaudodorsaler Richtung an den Grund der Ohrmuschel. Später zieht sie kaudal des Ohrgrundes dorsal (WAIBL et al., 2005b). Bei der V. auricularis caudalis handelt es sich also um ein oberflächlich ziehendes Gefäß, während es sich bei der V. occipitalis um ein tief ziehendes handelt (BUDRAS, 2009d).

Vom Grund der Ohrmuschel ausgehend verläuft sie ventral der Ohrmuskeln im Bogen medial um das Gesäß der Ohrmuschel herum. Auf diesem Weg entlässt sie Äste an den M. temporalis und nimmt Verbindung zur V. auricularis rostralis bzw. V. temporalis superficialis auf. Eine zweite Ursprungsvene der V. auricularis caudalis aus der V. maxillaris kommt häufig vor. **Rr. parotidei** an die Ohrspeicheldrüse werden von der V. auricularis caudalis kaudoventral des Ohrgrundes entlassen. Als nächstes gehen die **V. auricularis lateralis** und die **V. auricularis intermedia** aus ihr hervor. Diese Gefäße verlaufen an der Außenfläche der Ohrmuschel, entlang deren Lateralrand bzw. auf deren mittlerem Bereich, spitzwärts. Die entlang dem medialen Muschelrand spitzwärts verlaufende **V. auricularis medialis** geht beim Pferd ebenfalls aus der V. auricularis caudalis hervor (WAIBL et al., 2005b).

### **V. masseterica ventralis**

Diese Vene, die im M. masseter am Kaudalrand des Unterkiefers entlang rostral verläuft, zweigt am Kaudalrand des Unterkiefers aus der V. maxillaris ab (WAIBL et al., 2005b). Ihre Ursprungsstelle lässt sich genauer als ventral der Insertion des M. sternomandibularis beschreiben. Bevor sie in den M. masseter eindringt verläuft sie zunächst kaudoparallel zu ihm (BUDRAS, 2009d). Äste der V. masseterica ventralis anastomosieren im M. masseter mit Nachbarvenenästen. Ein besonders starker Ast ist meistens zur V. buccalis ausgebildet (WAIBL et al., 2005b).

### **V. temporalis superficialis**

Die starke V. temporalis superficialis wird dorsal von der V. maxillaris entlassen, bevor diese den Unterkieferast unterkreuzt (BUDRAS, 2009d). Dieses kaudoventral des Kiefergelenks aus der V. maxillaris hervor gehende Gefäß zieht, rostral des Ohrgrundes, lateral über die Basis des Proc. zygomaticus des Os temporale hinweg dorsal. Auf diese Weise gelangt sie lateral auf den M. temporalis. Im Anschluss gelangt sie dann in einem Bogen zum Processus zygomaticus des Os frontale. An die Gl. parotis entlässt sie Äste und in Abhängigkeit der Tierart geht unterschiedlich weit ventral des Jochbogens die



**V. transversa faciei** aus ihr hervor. (WAIBL et al., 2005b). Beim Pferd befindet sich diese Stelle ventral am Kiefergelenk (BUDRAS, 2009d). Mit zahlreichen Muskelästen verzweigt sich die V. temporalis superficialis zu guter Letzt im M. temporalis (WAIBL et al., 2005b).

#### **V. transversa faciei**

Die V. transversa faciei verläuft gemeinsam mit der A. transversa faciei. Beim Pferd ist dieses Gefäß in den M. masseter eingesenkt. Oft erweitert sie sich zum Sinus transversus faciei. Nachdem sie sich mit der Arterie verzweigt hat, verbindet sich am Rostralrand des M. masseter mit der V. facialis (WAIBL et al., 2005b). Den Sinus v. transversae faciei dieser ventroparallel zum Jochbogen ziehende Venen findet man in Höhe der Orbita. Die Verbindungsstelle zur V. facialis befindet sich kaudal vom Mundwinkel. Ursprungsnah gibt sie noch die **V. masseterica dorsalis** ab. Die **Vv. palpebralis superior lateralis und inferior lateralis** gehen ebenfalls aus der V. transversa faciei hervor (BUDRAS, 2009d).

#### **V. auricularis rostralis**

Sie geht nach der V. transversa faciei aus der V. temporalis superficialis hervor und gibt die **V. auricularis profunda** ab, die sich an der Innenfläche der Ohrmuschel und des äußeren Gehörgangs verzweigt. Die V. auricularis profunda stellt beim Pferd den einzigen Endast der V. auricularis rostralis dar (WAIBL et al., 2005b).

#### **Plexus pterygoideus**

Folgende Venen gehen zunächst aus dem **Plexus pterygoideus** hervor: die **Vv. pharyngea**, die an die dorsale und die seitliche Pharynxwand ziehen, die **Vv. palatinae**, die mit rostral gerichtetem Verlauf in den Plexus palatinus über gehen und die **V. alveolaris inferior**, die in den Canalis mandibulae eintritt. Ihr Aufzweigungsmuster ist identisch zu dem der gleichnamigen Arterie. Die **V. mentalis**, die mit den Venen im Kinnbereich Verbindung aufnimmt wird von der V. alveolaris inferior abgegeben (WAIBL et al., 2005b).

Des Weiteren geht noch der **R. sublingualis** aus dem Plexus pterygoideus hervor. Er begleitet den N. lingualis und erreicht lateral über den M. stylohyoideus und den M. styloglossus hinweg den Zungengrund. Dort verbindet er sich mit der V. sublingualis. Die **Vv. temporales profundae** stammen auch aus diesem Plexus. Es handelt sich dabei um eine kraniale und eine kaudale Vene bzw. um eine im Ursprungsbereich einheitliche Vene. Sie versorgen ebenso wie die gleichnamigen Arterien die Tiefe der Schläfengrube. Durch das Schädeldach gibt es Verbindungen zu Diploevenen (Vv. diploicae temporales und parietales) und weiter zum Sinussystem der Dura mater encephali. Die **Vv. articulares temporomandibulares**, die das Kiefergelenk versorgen und die **Vv. pterygoideae** für die Mm. pterygoidei lateralis und medialis gehen ebenso wie die **V. buccalis** aus dem Plexus pterygoideus hervor (WAIBL et al., 2005b).

Die starke, ventrolaterale Venen des Plexus pterygoideus (siehe V. maxillaris und ihre Abzweigungen) geht in die V. buccalis über. Zum **Sinus venae buccalis** erweitert sie

sich dort, wo sie sich um den Rostralrand des Unterkieferastes herum gebogen hat. Im Anschluss an die Erweiterung verjüngt sie sich wieder und läuft, lateral vom M. masseter bedeckt, am Ventralrand des M. buccinator, Pars molaris, rostral. In die V. facialis mündet sie auf Höhe des Abgangs der V. labialis inferior. Den bereits erwähnten Verbindungsast aus der V. masseterica ventralis nimmt sie noch im Bereich ihres Sinus auf. Anschließend geht der ventral ziehende starke **R. labialis** aus ihr hervor. Dieser Ramus kreuzt medial die V. und A. facialis und verbindet sich mit der V. labialis inferior (WAIBL et al., 2005b). Laut Budras geht die V. buccalis in Höhe der Backenzähne, auf der Lateralfäche, aus der V. facialis hervor. Unter dem M. masseter erweitert sie sich dann zum Sinus v. buccalis und anastomosiert dann anschließend mit der V. maxillaris (BUDRAS, 2009d).

Waibl et al. erwähnen auch noch die **V. masseterica** und die **Vv. emissariae** beim Plexus pterygoideus. Bei der V. masseterica handelt es sich um eine Vene, die sich im M. masseter aufzweigt und der gleichnamigen Arterie entspricht (WAIBL et al., 2005b). Zudem mündet die V. masseterica aufsteigend in die V. maxillaris und befindet sich ventral des R. massetericus der A. carotis externa (WISSDORF et al., 2002f). Die **Vv. emissariae** gelangen in die Schädelhöhle. Man unterscheidet die **V. emissaria foraminis retroarticularis**, die **V. emissaria canalis carotici**, die **V. emissaria foraminis ovalis**, die **V. emissaria foraminis laceri** und die **V. emissaria foraminis rotundi**. Diese Venen stellen durch die entsprechenden Foramina die Verbindung mit den Sinus durae matris her (WAIBL et al., 2005b).

### ***Venöse Besonderheiten beim Pferd***

Die **V. facialis**, die **V. transversa faciei**, die **V. profunda faciei** und die **V. buccalis** zählen zu den klinisch bedeutsamen Venen im Kopfbereich. Die V. facialis steht kaudal mit den drei zu letzt genannten, unter dem M. masseter liegenden Kopfvenen, die je einen Sinus ausbilden, in Verbindung (WISSDORF et al., 2002f). Diese drei Venen stellen die Verbindung zwischen der V. facialis und der V. maxillaris her (GILLE, 2008a). Die **V. transversa faciei**, die sich später zu einem **Sinus v. transversae faciei** erweitert, wird zunächst vom hier nicht sehr kräftigen M. masseter bedeckt. Ihr Sinus befindet sich dicht ventral der Crista facialis und des deutlich aus der Schädelwand hervortretenden Jochbogens. Die V. transversa faciei findet kaudal des Kiefergelenks in der V. temporalis superficialis ihre Fortsetzung. Zwischen der V. ophthalmica externa und der V. facialis befindet sich die **V. profunda faciei**. Ihr **Sinus v. profundae faciei** wird vom M. masseter bedeckt und befindet sich in direkter Nachbarschaft zum Sinus v. transversa faciei, dicht dorsal des Alveolarrandes des Oberkiefers. Den **Sinus v. buccalis** findet man im Bereich des Unterkiefers, dicht ventral des Alveolarrandes. Er stellt unter dem M. masseter die mächtige Erweiterung der **V. buccalis** dar, die zwischen dem Plexus pterygoideus und der V. facialis verkehrt (WISSDORF et al., 2002f).

Diese drei Venensinus üben eine Pumpfunktion aus. Bei gesenktem Kopf eines fressenden Pferdes wird durch Druck des M. masseter auf diese Sinus das Blut sowohl über die V. facialis als auch über die V. maxillaris in die mit Venenklappen bestückte V. jugularis externa abtransportiert (WISSDORF et al., 2002f). Gille sagt ebenfalls, dass der M. masseter beim Kauen wie eine Pumpe auf diese drei in oder unter ihm verlaufenden Gefäße wirkt. Laut ihm wird durch diesen Vorgang erreicht, dass bei gesenktem Kopf das Blut in die V. facialis gepumpt wird. Entsprechend der Schwerkraft wird das Blut bei gehobenem Kopf in die V. maxillaris abgeleitet. So können die langen Fresszeiten der Pflanzenfresser, in denen das Blut gegen die Schwerkraft transportiert werden muss, kompensiert werden (GILLE, 2008a).

Die drei eben genannten Venen fördern so bei gesenktem Kopf und Kaubewegungen den herzwärts gerichteten Blutfluss (KÖNIG et al., 2009b).

### 2.3.4 Nervensystem

#### **Allgemeines zu den Gehirnnerven, Nn. craniales**

Es gibt 12 paarig vorkommende Gehirnnerven, **Nn. craniales**, die mit römischen Ziffern bezeichnet werden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; GASSE, 2002; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Unter Berücksichtigung besonderer funktioneller, morphologischer oder topographischer Beziehungen kann jedem Nerv auch noch eine individuelle Bezeichnung zugeteilt werden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Bei den Gehirnnerven handelt es sich um die am weitesten rostral gelegenen Nervenpaare (SALOMON, 2008b).

Man unterscheidet folgende Gehirnnerven:

I	Nn. olfactorii (N. olfactorius)	VII	N. facialis (intermediofacialis)
II	N. opticus	VIII	N. vestibulocochlearis
III	N. oculomotorius	IX	N. glossopharyngeus
IV	N. trochlearis	X	N. vagus
V	N. trigeminus	XI	N. accessorius
VI	N. abducens	XII	N. hypoglossus

Am N. trigeminus kann man noch den N. ophthalmicus ( $V_1$ ), den N. maxillaris ( $V_2$ ) und den N. mandibularis ( $V_3$ ) unterscheiden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; GASSE, 2002; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Im Folgenden wird immer von den Nn. olfactorii gesprochen (entspricht dem N. olfactorius).

Die Nerven I, II, III, IV, VI und VIII sind nicht Bestandteil dieser Arbeit und werden daher im folgenden Text nur kurz abgehandelt.

### ***Einteilung der Gehirnnerven in Gruppen***

Der Gruppe der reinen Sinnensnerven gehören die Nn. olfactorii, der N. opticus und der N. vestibulochochlearis an. Der N. oculomotorius, der N. trochlearis und der N. abducens gehören zu den Augenmuskelnerven und die Nerven V, VII, IX, X und XI bilden die Gruppe der Kiemenbogennerven (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Als Kiemenbogennerven werden diese Nerven bezeichnet, da sie Organe und Körperteile innervieren, die sich aus dem Kiemenapparat entwickelt haben (KÖNIG et al., 2009a).

Der N. trigeminus wird als 1. Kiemenbogennerv bezeichnet, der N. facialis als 2., der N. glossopharyngeus als 3. und der N. vagus und laut König et al. auch der N. accessorius als 4. (BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a). Beim letzten Gehirnnerv, dem N. hypoglossus, handelt es sich entwicklungs geschichtlich um den Rest eines Halsnerven (KÖNIG et al., 2009a). Der N. accessorius ist ebenfalls zu einem großen Teil ein Halsnerv (BÖHME und SEIFERLE, 2004b), da er auch Ursprungsfasern aus dem Rückenmark erhält (R. externus nervi accessorius) (GASSE, 2002).

### ***Vergleich Gehirnnerv-Gehirnnerv und Vergleich Spinalnerv-Gehirnnerv***

Die 12 Gehirnnerven weisen im Vergleich untereinander und im Vergleich zu den Rückenmarksnerven erhebliche Unterschiede auf. Nach Genese und Aufbau stellen die beiden ersten Gehirnnerven z.B. keine eigentlichen peripheren Nerven dar (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Bei ihnen handelt es sich eher um Leitungsbahnen des Gehirns (KÖNIG et al., 2009a).

Die Nerven III-XII werden als eigentliche Gehirnnerven bezeichnet. Sie haben im Gegensatz zu den Rückenmarksnerven einen uneinheitlichen Fasergehalt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die einzelnen Hirnnerven können entweder rein motorisch oder rein sensorisch sein, manche sind auch gemischt. Die sensorischen und motorischen Nervenwurzeln werden bei den Hirnnerven, im Gegensatz zu den Rückenmarksnerven, nicht immer zu einem gemeinsamen Nerv zusammengefasst. Parasympathische Fasern, die sie von ihren Nuclei parasympathici bekommen, können zusätzlich in manchen motorischen bzw. sensorisch-motorisch gemischten Nerven vorkommen (GASSE, 2002). Im Gegensatz zu den Spinalnerven haben die Gehirnnerven auch keine segmentale Anlage und kein metameres Gliederungsprinzip (KÖNIG et al., 2009a). Ebenso haben sie an ihrem Ursprung keine voneinander getrennten sensiblen (dorsale) und motorischen (ventrale) Wurzeln (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Sie zeigen auch keine Aufteilung in einen dorsalen und einen ventralen Ast, so wie das die einzelnen Trunci n. spinalis tun. Es gibt daher auch kein metameres Gliederungsprinzip ihrer peripheren Innervationsgebiete. Die Gehirnnerven neigen auch nicht dazu größere Plexus zu bilden. Im Allgemeinen gelangen sie unabhängig vom Verlauf der Blutgefäße in die Peripherie (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Salomon geht etwas genauer auf den Vergleich der funktionellen Komponenten der Spinalnerven und der Gehirnnerven ein: die Nerven III-XII weisen den gleichen Aufbau wie andere periphere Nerven auf, unterscheiden sich von diesen aber in ihren Faserqualitäten oder funktionellen Komponenten. Die Spinalnerven zeigen 4 funktionelle Komponenten:

- allgemeine somatische Efferenzen (**ASE**) = somatomotorisch
- allgemeine viszerale Efferenzen (**AVE**) = sympathisch / parasympathisch
- allgemeine somatische Afferenzen (**ASA**)
- allgemeine viszerale Afferenzen (**AVA**)

Drei spezialisierte funktionelle Komponenten kommen bei den Hirnnerven noch dazu:

- spezielle viszerale Efferenzen (**SVE**) = branchiomotorisch
- spezielle somatische Afferenzen (**SSA**) = Gesichts-, Gehör-, Gleichgewichtssinn
- spezielle viszerale Afferenzen (**SVA**) = Geruchs- und Geschmackssinn

Der Begriff „sensibel“, der früher verwendet wurde, kann für die funktionellen Komponenten ASA und AVA verwendet werden. Heute wird er teilweise noch in der deutschen Literatur gebraucht. Ebenso kann der Begriff „sensorisch“ für die Komponenten SSA und SVA verwendet werden. Im angloamerikanischen Schrifttum wird für alle 4 afferenten funktionellen Komponenten der Begriff „sensorisch“ verwendet und deshalb können alle efferenten Komponenten als motorisch bezeichnet werden (SALOMON, 2008b).

### ***Faserqualität der einzelnen Gehirnnerven***

Der N. trochlearis, der N. abducens, der N. accessorius und der N. hypoglossus führen nur efferente, motorische Fasern. Der N. vestibulocochlearis führt als reiner Sinnesnerv, ebenso wie die Nn. olfactorii und der N. opticus nur afferente, sensorische Fasern. Sowohl sensible und/oder sensorische als auch motorische Fasern gehören zum Aufbau des N. trigeminus, des N. facialis, des N. glossopharyngeus und des N. vagus. Allerdings ist nicht der gesamte N. trigeminus ein visceromotorischer Nerv (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b). Der N. oculomotorius führt ebenso wie der N. facialis, der N. glossopharyngeus und der N. vagus parasympathische Fasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; GASSE, 2002).

Dem N. trigeminus werden die parasympathischen Fasern nicht aus eigenen parasympathischen Nuclei zugeführt. Sie kommen von anderen Gehirnnerven und treten erst außerhalb des Gehirns auf ihn über. In den die Drüsen des Kopfes (Tränen-, Speichel-, Lippen-, Backendrüsen, Drüsen der Nasen- und Backenschleimhaut) innervierenden Trigeminae kommen diese Fasern vor (GASSE, 2002).

Das Ganglion cervicale craniale ist die einzige Struktur, die den Gehirnnerven sympathische Fasern zuführt. Die sympathischen Fasern müssen auf ihrem Weg zu den Nerven oft komplizierte Umwege gehen und erreichen die Nerven daher meist erst ein Stück weit von ihrem eigenen Ursprung entfernt. Meist ist dies dann auch schon

außerhalb der Schädelhöhle. In der Ausbildung von Ganglien ist entsprechend ihrer besonderen Verhältnisse hinsichtlich ihres Ursprungs und ihrer Faserqualität keine Regelmäßigkeit zu erkennen. Im Verlauf des V., VII., VIII., IX. und X. Gehirnnerv kann man sensible (sensorische) Ganglien erkennen. Parasympathische Ganglien findet man im Verlauf des III., VII., IX. und X. Gehirnnerv. Sympathische Ganglien kommen hier überhaupt nicht vor (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### ***Funktionen der Gehirnnerven im Überblick***

Zusammen mit den größtenteils direkt an sie angeschlossenen Sinnesorganen dienen die Gehirnnerven immer irgendwelchen Funktionen des Gesamtorganismus. Dabei handelt es sich z.B. um die Orientierung im Raum, die Nahrungsaufnahme, die Nahrungsverarbeitung und –weiterbeförderung, die Atmung, den Kreislauf und das Ausdrucksvermögen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### ***Die Gehirnnerven V, VII und IX-XII***

Die als „Kiemenbogennerven“ bezeichneten Nerven (V, VII, IX, X und XI) heißen so, weil sie Muskeln innervieren, die embryonal den Kiemenbögen entstammen. Es handelt sich dabei um viszerale Muskulatur (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). All diese Gehirnnerven weisen einen motorischen und einen sensiblen Anteil sowie ein sensibles Ganglion auf (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Außer dem XI. Gehirnnerv sind sie allerdings vorwiegend sensibel, weshalb sie den Dorsalwurzeln der Spinalnerven entsprechen. Das sensible Ganglion der Gehirnnerven liegt, wie bei den Spinalnerven auch, außerhalb des Gehirns (SALOMON, 2008b). Der Ursprung der Nerven XI und XII liegt im Zervikalmark und nicht im Gehirn. Sie sind daher teilweise oder sogar ganz Halsnerven. Teilweise können die Nerven auch noch einen parasympathischen Anteil enthalten. Ihre makroskopisch einheitliche Wurzel ist dann gemischtfaserig (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### **Daraus ergibt sich folgende Charakterisierung für die Nerven V, VII und IX-XII:**

#### **N. trigeminus (V):**

Er enthält einen im 1. Pharyngealbogen entstehenden motorischen Anteil, den N. mandibularis, der die aus dem 1. Pharyngealbogen abgeleitete viszerale Muskulatur (Kaumuskulatur) versorgt. Das **Ganglion trigeminale** (sive semilunare GASSERI) ist in den sensiblen Anteil eingeschaltet während im Mittelhirn ein zweites sensibles Ganglion verblieben ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **N. facialis (VII):**

Der die mimische Muskulatur innervierende Nerv stammt vom 2. Pharyngealbogen ab. Das Ganglion geniculi ist im peripheren sensiblen Anteil lokalisiert. Der N. intermedius beinhaltet eine parasympathische Komponente und Geschmacksfasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

**N. glossopharyngeus (IX):**

Der die Pharynxmuskulatur versorgende Nerv entsteht im 3. Pharyngealbogen. Neben den parasympathischen Fasern machen die Perikaryen der sensiblen Afferenzen, die im Ganglion distale enthalten sind einen wesentlichen Teil des Nerven aus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

**N. vagus (X):**

Dieser Nerv weist nur eine geringe motorische Komponente auf (N. laryngeus cranialis) und wird als Nerv des 4. Pharyngealbogen aufgefasst. Seine parasympathischen Fasern ziehen bis in die Bauchhöhle und in seinem sensiblen Anteil findet man das Ganglion distale. Der N. laryngeus recurrens stellt einen weiteren motorischen Anteil dar, der in seinem Wurzelgebiet dem N. accessorius zugeschlagen wird (Radix cranialis) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

**N. accessorius (XI):**

Dieser Nerv, der seinen Ursprung im Halsmark (bis C7) hat, gehört zu den Kiemenbognerven, weil sich seine craniale Wurzel dem Vagus anschließt und sie den Kehlkopf motorisch innerviert. Gerechtfertigt wird diese Zuordnung aber wohl eher dadurch, dass er die aus dem 5. Pharyngealbogen abgeleiteten Mm. trapezius und sternocephalicus innerviert (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

**N. hypoglossus (XII):**

Der Ursprung dieses Halsnervs wurde in die Medulla oblongata einbezogen. Er weist so gut wie keinen sensiblen Anteil (Ganglien) mehr auf. Viszerale Muskeln, die nicht aus den Kiemenbögen hervor gehen, zählen zu seinem Innervationsgebiet (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

**2.3.4.1 N. trigeminus (V)**

Bei diesem Nerv handelt es sich um den mächtigsten Gehirnnerv (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Er ist der umfangreichste sensible Nerv des Kopfes (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b) und zugleich ein gemischter Nerv mit großer Komplexität (KÖNIG et al., 2009a).

In der Tiefe unter dem Locus caeruleus der Rautengrube findet sich im metencephalen Teil des Gehirnstammes sein motorischer Kern, der **Nucleus motorius n. trigemini** (KÖNIG et al., 2009a). Die Lage dieses Kerns kann auch einfach als in der Pons gelegen beschrieben werden (SALOMON, 2008b).

Mit einer **Radix sensoria** und einer **Radix motoria** tritt der N. trigeminus lateral bzw. kaudolateral an den Brückenarmen (Pons) an die Gehirnoberfläche (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; GASSE, 2002; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Nach kurzem Verlauf durchbohren die beiden eng miteinander verbundenen Wurzeln, die nach rostral ziehen, die Dura mater (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Das in einer Vertiefung des Felsenbeins (der Felsenbeinpyramide) gelegene **Ganglion trigeminale** (GASSERI) ist in der Radix sensoria zu finden.

Während die sensiblen Fasern (ASA) aus dem Ganglion trigeminale stammen, kommen die viszeroefferenten Fasern (SVE) für die branchiogenen Muskeln des 1. Kiemenbogens von der **Radix motoria** (SALOMON, 2008b). Alle pseudounipolaren Nervenzellen der afferenten, sensiblen Trigeminafasern sind in dem großen, grau-rötlichen Ganglion trigeminale enthalten. Die proprioceptiven Fasern, die mit der Radix motoria zunächst ins Rautenhirn ziehen bilden hierbei jedoch eine Ausnahme. Ihre Zellkörper liegen im **Nucleus tractus mesencephali n. trigemini** des Mittelhirns (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). In den sensiblen Trigeminafasern (**Nucleus sensibilis pontinus n. trigemini, Nucleus tractus spinalis n. trigemini**) enden die zentralen Fortsätze dieser pseudounipolaren Zellen. Aus pseudounipolaren Nervenzellen, deren Fasern ohne Unterbrechung durch das Ganglion trigeminale hindurchziehen besteht hingegen der **Nucleus tractus mesencephali n. trigemini**. Das Besondere daran ist, dass dies die einzigen sensiblen Fasern sind, deren Ursprungszellen in einem Nucleus des Gehirnstammes liegen und nicht in einem Ganglion außerhalb des ZNS. Dementsprechend stellt der Nucleus tractus mesencephali n. trigemini ein im Gehirn verbliebenes, sensibles Ganglion dar (KÖNIG et al., 2009a), dessen periphere Fasern von den Muskelspindeln in den Kaumuskeln kommen. Salomon bezeichnet die drei eben genannten Kerne zudem als afferente Kerne, zu denen die zentralen Fortsätze der Ganglienzellen ziehen. Entsprechend seines Namens befindet sich der Nucleus sensibilis pontinus in der Pons, der Nucleus tractus spinalis in der Medulla oblongata und der Nucleus tractus mesencephali im Mesencephalon. Die Impulse von den Rezeptoren für epikritische Qualitäten werden zum Nucleus sensibilis pontinus geleitet und die für protopathische Qualitäten zum Nucleus tractus spinalis (SALOMON, 2008b).

Die Größe des Ganglion trigeminale wird verständlich, wenn man sich verinnerlicht, dass der N. trigeminus der Kopfnerv mit dem größten sensiblen Innervationsfeld ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Die Trigeminaäste weisen auch sympathische Fasern auf. Diese stammen aus dem Plexus caroticus internus, der durch zarte Fäden mit dem Ganglion trigeminale in Verbindung steht (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### ***Versorgungsgebiet des N. trigeminus***

Der N. trigeminus ist für die sensible Innervation des Kopfes verantwortlich (WISSDORF et al., 2002c). Er versorgt den größten Teil der Kopfhaut sowie sämtliche Schleimhäute des Kopfes mit sensiblen Fasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Die Schleimhäute des Schlund- und des Kehlkopfes bilden dabei eine Ausnahme. Sie werden nicht vom N. trigeminus versorgt. Die Wurzeln der Zähne im Ober- und Unterkiefer bekommen ihre sensiblen Fasern auch über den N. trigeminus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Neben dem Kopf werden auch die Hornhaut, die Nüstern und große Teile der Zunge über den N. trigeminus mit sensiblen Fasern versorgt. Es kann daher



z.B. zu Hornhauterkrankungen durch fehlende Schutzreflexe am Auge kommen, wenn der N. trigeminus beeinträchtigt ist (GLITZ et al., 2002).

Mit seinen motorischen Fasern versorgt er vor allem die Kaumuskeln (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a), aber auch den M. mylohyoideus, den rostralen Teil des M. digastricus und wahrscheinlich auch den M. tensor veli palatini und den M. tensor tympani (KÖNIG et al., 2009a).

Parasympathische Fasern gesellen sich nur zu einigen Trigeminasästen (auf sie wird an entsprechender Stelle hingewiesen) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### **Äste des N. trigeminus**

Der **N. ophthalmicus (V<sub>1</sub>)**, der **N. maxillaris (V<sub>2</sub>)** und der **N. mandibularis (V<sub>3</sub>)** stellen die drei Hauptäste des N. trigeminus dar (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c). Sie zweigen alle vom Ganglion trigeminale ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Jeder dieser drei Nerven gibt zunächst **Rr. meningei** an die Dura mater ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Beim N. mandibularis handelt es sich um einen gemischten Nerv, da er aus der Vereinigung der Radix motoria mit einem Ast der Radix sensoria hervorgeht. Diese Vereinigung findet rostral des Ganglion trigeminale statt. Vor dieser Vereinigung kreuzt die Radix motoria, die auch afferente, propriozeptive Fasern enthält das Ganglion trigeminale medial. Die anderen beiden Nerven, der N. ophthalmicus und der N. maxillaris sind rein sensibel (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### **N. ophthalmicus (V1)**

Der N. ophthalmicus verläuft gemeinsam mit dem N. maxillaris, mit dem er zunächst eng verbunden ist, und den Nn. oculomotorius, abducens und trochlearis in einer gemeinsamen Durascheide (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Der N. trochlearis muss nicht immer in dieser Durascheide verlaufen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Zum Sinus cavernosus haben der N. ophthalmicus und seine Begleitnerven engen Kontakt (KÖNIG et al., 2009a).

Auf seinem weiteren Weg zieht der N. ophthalmicus seitlich an der Hypophyse vorbei (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a) in Richtung Fissura orbitalis, durch die er dann die Schädelhöhle verlässt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002c). Der kleinste Ast des N. trigeminus tritt gemeinsam mit den Augenmuskelnerven durch diese Fissur hindurch (SALOMON, 2008b), um dann in die Orbita zu gelangen (KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002d).

Vor dem Verlassen der Schädelhöhle oder kurz danach in der Orbita teilt er sich in drei Äste (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002c) und empfängt propriozeptive Fasern aus den Augenmuskeln (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die drei

Äste sind der **N. frontalis**, der **N. lacrimalis** und der **N. nasociliaris** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c). Das Versorgungsgebiet des sensiblen N. ophthalmicus umfasst den Nasenrücken, das Siebbein, die Tränendrüse und das obere Augenlid (BUDA und BUDRAS, 2009b).

### **N. frontalis**

Der sensible (BUDA und BUDRAS, 2009b) N. frontalis zieht zum dorsalen Rand der Orbita. Auf seinem Weg dorthin verläuft er unter der Periorbita über die dorsomediale Fläche der Augenmuskelpyramide (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Nachdem er die Periorbita durchdrungen hat, gelangt er durch das Foramen supraorbitale auf die Stirnfläche. Es kann auch vorkommen, dass er direkt über den Orbitarand auf die Stirnfläche tritt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c). Nachdem der N. frontalis das Foramen supraorbitale passiert hat bezeichnet man ihn als **N. supraorbitalis**, der die Stirn- und Schläfengegend innerviert. Wissdorf et al. nennt auch noch den mittleren Bereich des oberen Augenlides als Innervationsgebiet (BUDRAS, 2009a; WISSDORF et al., 2002c). Auf der Stirnfläche angekommen bildet der N. frontalis (bzw. der N. supraorbitalis) zusammen mit dem N. lacrimalis und Zweigen des N. auriculopalpebralis den **Plexus auricularis rostralis** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Er versorgt die Haut des nasalen Augenwinkels, ebenso dessen Bindehaut und die des oberen Augenlids (KÖNIG et al., 2009a). Die Haut des oberen Augenlids und der Stirn versorgt er auch. Einen Ast an den Sinus frontalis, dessen Schleimhaut er innerviert, gibt er ebenfalls ab (BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a). Die Schleimhautversorgung des Sinus frontalis erfolgt über den **N. sinuum frontium**. Der Nerv bzw. seine Zweige gelangen durch ein oder mehrere Löcher in die Stirnhöhle (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Die beiden Endaufzweigungen des N. frontalis sind folgende: die Stirnhaut wird vom **N. supraorbitalis** versorgt, die Haut des oberen Augenlides und dessen Bindehaut (ASA) vom **N. supratrochlearis** (SALOMON, 2008b).

### **N. lacrimalis**

Der N. lacrimalis ist beim Pferd meist doppelt angelegt und weist sensible, parasymphatische und sympathische Faserqualitäten auf (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDRAS, 2009a). Auf seinem Weg zur Glandula lacrimalis und zum temporalen Augenwinkel bzw. zum oberen Augenlid ist der N. lacrimalis, der von der derben Periorbita bedeckt wird, lateral der Augenmuskelpyramide zu finden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die Mm. rectus dorsalis und levator palpebrae superioris begleiten den N. lacrimalis unter der Periorbita auf seinem Weg zum oberen Augenlid (WISSDORF et al., 2002d).

Die Haut und Bindehaut im Bereich des temporalen Augenwinkels gehören ebenso wie die Tränendrüse zu seinem Innervationsgebiet (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA

und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002d). Diese erhält sowohl postganglionäre parasymphatische (sekretorische) Fasern als auch sympathische Fasern über den N. lacrimalis. Die postganglionären parasymphatischen Fasern aus dem Ganglion pterygopalatinum werden dem N. lacrimalis über den Ramus communicans cum n. lacrimali des N. zygomaticus zugeführt (SALOMON, 2008b). Diese parasymphatischen Fasern stammen ursprünglich vom N. canalis pterygoidei (VIDIscher Nerv) und vom Ganglion pterygopalatinum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Gemeinsam mit den Rr. orbitales des Ganglion pterygopalatinum versorgen die eben genannten parasymphatischen Fasern dann die Tränendrüse und die MEIBOMSche Drüse des oberen Augenlides mit sekretorischen Fasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Laut König et al. kommen die sekretorischen Fasern für die Tränendrüse ursprünglich aus dem N. facialis. Im Ganglion pterygopalatinum bilden sie Synapsen, anschließend verlaufen sie mit dem N. maxillaris und dessen N. zygomaticus, um dann auf den N. lacrimalis überzutreten (KÖNIG et al., 2009a).

Die sympathischen Fasern erhält der N. lacrimalis vom Plexus caroticus internus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b).

### **N. nasociliaris**

Dieser Nerv weist sensible Faserqualität auf (BUDA und BUDRAS, 2009b). Er liegt zunächst lateral des N. opticus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a) und stellt den stärksten (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b) und umfangreichsten Ast des N. ophthalmicus dar. Später zieht er über den N. opticus hinweg um zwischen den Bündeln des M. retractor bulbi hindurch, zur medialen Orbitawand zu gelangen. Dabei teilt er sich in den **N. ethmoidalis** und den **N. infratrochlearis** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Laut Salomon, Buda und Budras teilt er sich in einen **N. ethmoidalis**, einen **N. infratrochlearis** und in **Nn. ciliares longi** (BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b). Laut König et al. gibt der N. nasociliaris an seiner Aufzweigungsstelle feine Äste ab, die das Ganglion ciliare durchziehen (KÖNIG et al., 2009a). Als Nn. ciliares breves treten diese Äste gemeinsam mit den Nn. ciliares longi in den Bulbus oculi ein, und zwar neben dem N. opticus (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die Nn. ciliares longi sind auf ihrem Weg zum Augapfel eng mit dem N. opticus verbunden und ihre Verbindungen zu den Nn. ciliares breves und zum Ganglion ciliare sind variabel (SALOMON, 2008b).

Zunächst ziehen nur die Nn. ciliares longi, die der N. nasociliaris vor seiner Aufteilung abgibt, mit dem N. oculomotorius und dem N. opticus zur Hinterfläche des Augapfels. Es handelt sich dabei um einen oder mehrere zarte Nn. ciliares longi. In der Nähe des Sehnervenaustritts durchbohren sie dann gemeinsam mit den Nn. ciliares breves die Sclera (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Zwischen Choroidea und Sclera, oft unter Netzbildung bis zum Irisrand bzw. bis zur Iris, kann man die Fasern der **Nn. ciliares** finden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Sie verzweigen sich (mit

zartesten Fäden) in der Iris, dem M. ciliaris und der Cornea (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a). Die Choroidea, der Ziliarkörper, die Iris, die Cornea und die bulbäre Konjunktiva werden sensibel von ihnen versorgt, während dem M. dilatator pupillae postganglionäre sympathische Fasern, die gemeinsam mit den Nn. ciliares longi laufen, zugeführt werden (SALOMON, 2008b).

Die **Radix sensibilis** des **Ganglion ciliare** bzw. der **Ramus communicans cum ganglio ciliari** zweigt ebenfalls noch vor der Aufteilung des N. nasociliaris von diesem ab. Dieser Ast bringt dem parasymphatischen Ganglion des Oculomotorius sensible Fasern. Diese Fasern durchlaufen das Ganglion aber nur, um dann als sensible Anteile der Nn. ciliares breves dem Sehnerv entlang zum Augapfel zu gelangen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **N. ethmoidalis**

Er biegt als direkte Fortsetzung des N. nasociliaris nach medial ab. Zwischen den Faserbündeln des M. retractor bulbi zieht er auf seinem Weg zum Foramen ethmoidale hindurch (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Durch dieses Loch gelangt er in die Schädelhöhle. Anschließend verläuft er epidural bis zum medialen Rand der Siebbeinplatte. Diese passiert er, um so in die Nasenhöhle zu gelangen. Die Riechschleimhaut (Nasenschleimhaut) wird von ihm mit sensiblen Fasern versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). An die Stirnhöhle und an die Haut des Nasenhöhlendaches bis zur Nasenspitze gibt er noch Äste ab (KÖNIG et al., 2009a).

Bei den Ästen in die er sich teilt handelt es sich um einen **R. nasalis lateralis** und einen **R. nasalis medialis**. In der Schleimhaut des dorsalen Nasengangs und der dorsalen Nasenmuschel verzweigt sich der R. nasalis lateralis, der **Rr. sinus frontalis** an die Stirnhöhle abgibt. Die Schleimhaut in der oberen Hälfte der Nasenscheidewand sowie die des Nasenhöhlendaches wird vom R. nasalis medialis versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **N. infratrochlearis**

Ihn bezeichnet man als schwächeren Ast des N. nasociliaris (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Er zieht zum nasalen Augenwinkel und verläuft auf seinem Weg dorthin entlang der medialen Orbitawand (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Er wendet sich unter dem M. rectus dorsalis medial (WISSDORF et al., 2002d) um die Bindehaut, die Tränenkarunkel, das 3. Augenlid (die Nickhaut) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002d) und dessen Tränendrüse (Nickhautdrüse) zu versorgen. Des Weiteren versorgt er noch den Tränensack, die Tränenröhrchen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002d) und die

Haut des medialen Augenwinkels (siehe unten). Es handelt sich demnach um einen sensiblen Nerv (BUDA und BUDRAS, 2009b).

Die Orbita verlässt der N. infratrochlearis dicht oberhalb des medialen Augenwinkels durch die Incisura infratrochlearis, bei der es sich laut Wissdorf et al. um einen kleinen, tastbaren Knocheneinschnitt handelt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002d).

Im Anschluss an diesen Einschnitt versorgt er die Haut der beiden Augenlider im Bereich des nasalen Lidwinkels (WISSDORF et al., 2002d). Er verzweigt sich in der Haut nahe dem medialen Augenwinkel und am Nasenrücken. Nach dem Verlassen der Orbita gibt er, in der Nähe des Zugangs zum knöchernen Tränenkanal, zarte Fäden an das Stirnbein ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Diese werden als **Rr. sinus frontalis** bezeichnet und versorgen die Schleimhaut (an der lateralen Wand) des vorderen Stirnhöhlenabschnittes (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). **Rr. palpebrales** für das obere Augenlid gehen ebenfalls noch vom N. infratrochlearis ab (SALOMON, 2008b).

Als einen weiteren Ast des N. ophthalmicus muss noch der **R. zygomaticotemporalis** genannt werden, der sowohl sensible als auch parasymphatische Faserqualitäten aufweist. Seine parasymphatischen Fasern kommen vom Ganglion pterygopalatinum und sein Versorgungsgebiet schließt die Schläfenhaut und die Tränendrüse ein (BUDA und BUDRAS, 2009b).

Die anderen Autoren erwähnen den R. zygomaticotemporalis beim N. zygomaticus.

### ***N. maxillaris (V2)***

Er ist wesentlich stärker als der N. ophthalmicus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002d), mit dem er zu Beginn verbunden ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Er verlässt die Schädelhöhle durch das For. rotundum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Letzteres mündet beim Pferd in den Canalis alaris, so dass der N. maxillaris die Orbita mit dem Austritt aus dem Foramen alare rostrale erreicht (SALOMON, 2008b).

Ventral der Augenhöhle zieht der N. maxillaris zur Fossa pterygopalatina, wo er sich in drei Nerven teilt. Dies sind der **N. zygomaticus**, der **N. pterygopalatinus** und der **N. infraorbitalis**. Der stärkste Anteil ist der N. infraorbitalis. Er wird daher auch als direkte Fortsetzung des N. maxillaris aufgefasst (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c). Einen **R. meningeus** an die Dura mater gibt der N. maxillaris auf seinem intrakranialen Weg ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Symphatische Fasern empfängt der N. maxillaris vom **Plexus caroticus internus** im Bereich des Sinus cavernosus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Das parasymphatische

**Ganglion pterygopalatinum**, welches mit dem N. maxillaris verbunden ist, kann man auf seiner medialen Seite erkennen. Sekretorisch-parasympathische Fasern vom Ganglion pterygopalatinum verlaufen mit den Ästen des N. maxillaris zur Tränendrüse und zu Drüsen der Nase und des Gaumens (KÖNIG et al., 2009a). Die parasympathischen Fasern, die über das Ganglion pterygopalatinum zugeführt werden, stammen vom N. facialis (BUDRAS, 2009c).

### **N. zygomaticus**

Noch vor dem Eintritt in die Fossa pterygopalatina zweigt dieser Nerv vom N. maxillaris ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Er verläuft an der Lateralwand der Orbita (KÖNIG et al., 2009a) und durchbohrt als relativ schwacher Nerv die Periorbita. Über den **R. communicans cum n. lacrimali** nimmt er Kontakt zum N. lacrimalis auf, der auf diese Weise postganglionäre parasympathische (sekretorische) Fasern aus dem Ganglion pterygopalatinum zur Versorgung der Tränendrüse erhält (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b).

Ebenfalls über den R. communicans cum n. lacrimali gelangen sensible Fasern des N. zygomaticus zum N. lacrimalis. Diese sensiblen Fasern trennen sich aber schon bald wieder vom N. lacrimalis, um in kaudodorsaler Richtung unter dem Processus zygomaticus des Frontale hinweg zu ziehen. Als **R. zygomaticotemporalis** gelangen sie zur Schläfengrube, wo sie als Ast des N. zygomaticus gemeinsam mit Zweigen des N. frontalis und des N. auriculopalpebralis den **Plexus auricularis rostralis** bilden. Auf diesem Wege beteiligt sich der Ast des N. zygomaticus zusammen mit dem N. lacrimalis, dem N. frontalis und dem N. auriculopalpebralis an der Versorgung der Haut der Schläfen- und Scheitelgegend (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

In der Orbita kann man ventrolateral der Augenmuskeln den N. zygomaticus erkennen, der zum temporalen Lidwinkel zieht. Es handelt sich dabei um den dünnen, fortlaufenden Ast des N. zygomaticus. Nachdem er sich über den unteren Orbitalrand, nach außen gewendet hat, bezeichnet man ihn als **R. zygomaticofacialis**. Er versorgt die Haut der temporalen 2/3 des unteren Augenlides, der Tarsaldrüse, die Tränendrüse und einen kleinen Hautbezirk ventral vom unteren Augenlid (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDRAS, 2009a; WISSDORF et al., 2002d).

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich der N. zygomaticus in den R. zygomaticotemporalis, der sich in der Haut der Schläfenregion und lateral im oberen Augenlid verzweigt und den R. zygomaticofacialis, der das untere Augenlid und die Haut im Bereich des Arcus zygomaticus innerviert, teilt (SALOMON, 2008b).

### **N. pterygopalatinus**

Dorsal ist dem kräftigen N. pterygopalatinus ein zartes Nervengeflecht angelagert, welches als **Plexus palatinus** bezeichnet wird und beim Pferd 4-5 kleine Ganglien (**Ganglion pterygopalatinum**) beinhaltet. Wie bereits beim N. maxillaris erwähnt, befindet sich der Plexus pterygopalatinus bzw. das Ganglion medial des N. maxillaris. Mit diesem Nerv und dem N. pterygopalatinus ist es durch feine Fäden verbunden.

Parasympathische Fasern vom Ganglion geniculi des N. facialis erhalten diese Ganglien über den N. petrosus major. Über den N. petrosus profundus erhalten sie sympathische Fasern vom Plexus caroticus internus. Im N. canalis pterygoidei (VIDIscher Nerv) vereinigen sich dann die beiden Faserzüge. Dieser Nerv leitet die Faserzüge an das Ganglion pterygopalatinum weiter. Mit den Ästen des N. pterygopalatinus gelangen diese sekretorischen Fasern dann zu den Drüsen der Nasen- und der Gaumenschleimhaut. Zur Tränendrüse gelangen sie über den R. orbitalis und den R. communicans cum n. lacrimali des N. zygomaticus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Der N. pterygopalatinus, der aus dem unteren Rand des N. maxillaris hervor geht (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b), zieht am Flügelfortsatz des Keilbeins und an der Lamina sagittalis des Gaumenbeins entlang (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Auf diesem rostral gerichteten Weg teilt er sich in den **N. nasalis caudalis**, den **N. palatinus major** und den **N. palatinus minor** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

#### **N. nasalis caudalis**

Durch das Foramen sphenopalatinum tritt dieser Nerv in die Nasenhöhle ein (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die Lamina perpendicularis des Gaumenbeins wird von abgegebenen Zweigen durchbohrt, die der Innervation der Schleimhaut in der Gaumen- und Kieferhöhle dienen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). In einen lateralen und einen medialen Ast teilt sich der N. nasalis caudalis in der Nasenhöhle (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Den medialen Ast findet man submukös, rostral entlang des Vomers ziehend. Er versorgt die ventrale Hälfte der Nasenscheidewand mit Ausnahme ihres vordersten Abschnittes und gibt einen Zweig an das JACOBSONSche Organ ab. Als **N. nasopalatinus** bezeichnet man seinen Endast, der durch den harten Gaumen in die Mundhöhle gelangt und einen kleinen Schleimhautbezirk hinter den oberen Schneidezähnen versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002a).

Der laterale Ast innerviert die Schleimhaut der ventralen Nasenmuschel, außer ihrem rostralen Ende, sowie die Schleimhaut des mittleren und des ventralen Nasenganges, außer des Nasenbodens (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Neben der sensiblen Versorgung des ventralen Bereichs der Nasenscheidewand, der ventralen Nasenmuschel und des mittleren und des ventralen Nasenganges werden mit postganglionären parasympathischen (sekretorischen) Fasern auch die Nasendrüsen innerviert (BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

#### **N. palatinus major**

Er tritt als mittlerer Ast des N. pterygopalatinus in das Foramen palatinum caudale ein, durchzieht den Gaumenkanal, tritt am Foramen palatinum majus wieder aus und innerviert die Schleimhaut des harten Gaumens mit Ausnahme des vordersten

Abschnittes, dieser Teil wird vom R. medialis des N. nasalis caudalis versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002a). Im Gaumenkanal verläuft der Nerv gemeinsam mit der A. palatina major. Mit seinen parasymphatischen Fasern bedient er die Drüsen der Schleimhaut (BUDA und BUDRAS, 2009b). Der kaudale Bereich des harten Gaumens wird vom **N. palatinus accessorius** versorgt, der einen Abzweig des N. palatinus major darstellt (SALOMON, 2008b).

Die A. palatina major wird von einem Geflecht umspinnen, welches vom N. palatinus major gebildet wird. Dieses Geflecht verbindet sich mit dem der anderen Seite und gibt Äste ab, die mit Arterienzweigen, das knöcherne Gaumendach durchstoßen und sich in der Schleimhaut des Nasenhöhlenbodens und der angrenzenden Teile der lateralen Wand des ventralen Nasengangs verzweigen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### **N. palatinus minor**

Bei ihm handelt es sich um einen dünnen Nerv (KÖNIG et al., 2009a), der für die sensible Innervation des Gaumensegels zuständig ist (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Gemeinsam mit der A. palatina minor zieht der, meist aus mehreren dünnen Ästchen bestehende Nerv, mit rostroventralem Verlauf zum Gaumensegel. Da er neben sensiblen Fasern auch noch parasymphatische Fasern mit sich führt, versorgt er sowohl das Gaumensegel beidseitig als auch die Drüsen des weichen Gaumens (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b). Geschmacksfasern (SVA), deren Zellkörper im Ganglion geniculi des N. facialis zu finden sind, kommen ebenfalls in diesem Nerven vor (SALOMON, 2008b).

### **N. infraorbitalis**

Er stellt die rostrale Fortsetzung des N. maxillaris dar (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c) und tritt über das Foramen maxillare in den Canalis infraorbitalis ein. Durch das Foramen infraorbitale verlässt er schließlich die Schädelhöhle (BUDA und BUDRAS, 2009b). Im Anschluss an das Foramen infraorbitale teilt sich der sehr kräftige Nerv auf der Angesichtsfläche büschelartig in seine Endäste auf (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c).

Innerhalb des Canalis infraorbitalis werden sensible **Rr. alveolares superiores** an sämtliche Zähne des Oberkiefers abgegeben (BUDA und BUDRAS, 2009b; BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002c).

Bei den Rr. alveolares superiores kann man zwischen **Rr. alveolares superiores caudales**, **medii** und **rostrales** unterscheiden. Schon in der Fossa pterygopalatina entlässt der Stamm des N. infraorbitalis die Rr. alveolares superiores caudales, die durch mehrere feine Löcher (Foramina alveolaria) am Kaudalende der Maxilla in den Oberkieferknochen eindringen. Sie sind für die Versorgung der kaudalen Backenzähne verantwortlich. Sie gelangen von der Kieferhöhle aus zu den Wurzeln der hinteren Backenzähne. Innerhalb des Canalis infraorbitalis zweigen dann die Rr. alveolares



superiores medii vom N. infraorbitalis ab, um die Wand des Alveolarkanals zu durchstoßen. Sie versorgen die restlichen Backenzähne. Dabei handelt es sich um die vorderen Molaren und die hinteren Prämolaren (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Die Schleimhaut der großen und der kleinen Kieferhöhle wird ebenfalls von diesen Zweigen versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Rr. alveolares superiores rostrales zweigen vom N. infraorbitalis ab, kurz bevor dieser durch das Foramen infraorbitale tritt. Sie versorgen den Eckzahn und die Schneidezähne, nachdem sie durch den inzisivomaxillären Kanal nach rostral gezogen sind (SALOMON, 2008b). Die Rr. alveolare superiores rostrales versorgen zunächst die vorderen Prämolaren, ziehen dann durch den engen Canalis alveolaris, der unmittelbar vor dem Foramen infraorbitale vom Canalis infraorbitalis abzweigt, zu den Alveolen des Caninus und der Incisivi (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Der **Plexus dentalis** wird im Knochen, über den Zahnwurzeln, von den Alveolarästen des N. infraorbitalis gebildet. **Rr. dentales** an die Zahnwurzeln und **Rr. gingivales** ans Zahnfleisch werden von diesem Plexus abgegeben (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

In **Rr. nasales externi**, **Rr. nasales interni** und **Rr. labiales superiores** teilt sich der N. infraorbitalis auf, nachdem er das Foramen infraorbitale verlassen hat. Diese Äste sind für die Versorgung der Nasenregion und des Nasenvorhofs sowie für die Versorgung der Haut und der Schleimhaut der Oberlippe zuständig (SALOMON, 2008b). Die büschelartige Endaufzweigung des N. infraorbitalis wird bei ihrem Austritt aus dem Foramen infraorbitale zum größten Teil von der Gesichtsmuskulatur verdeckt. Die Haut des Nasenrückens und der Nasentrompete wird von den **Rr. nasales externi** versorgt, die zum Teil stirnwärts abbiegen. Die **Rr. nasales interni** verzweigen sich in der Schleimhaut des Nasenvorhofs und des rostralen Endes der ventralen Nasenmuschel, nachdem sie zur Wand des Nasenlochs und zur Oberlippe gezogen sind und mit mehreren Zweigen in die Nasenhöhle eingebogen sind. Die kräftigen, meist reich verzweigten **Rr. labiales superiores** breiten sich hingegen in der Haut der Oberlippe bis zum Mundwinkel hin aus, nachdem sie die Lippenmuskulatur durchdrungen haben. Sie geben zudem feinste Nervenfasern an die Tasthaare ab und gehen Verbindungen mit dem Rr. buccolabialis dorsalis des N. facialis ein (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Das Innervationsgebiet des N. infraorbitalis umfasst also die Haut am Nasenrücken, die Nasentrompete, die Haut und Schleimhaut des Nasenlochs und der Oberlippe, die Sinneshaare der Oberlippe sowie die Schleimhaut des Sinus maxillaris (WISSDORF et al., 2002c), während die Rr. buccolabiales des N. facialis die motorische Innervation der Ober- und der Unterlippe übernehmen (BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002a).

### ***N. mandibularis (V3)***

Der N. mandibularis ist der Hauptnerv der Unterkieferregion (SALOMON, 2008b). Er ist mindestens ebenso stark wie der N. maxillaris (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG

et al., 2009a) und verlässt als 3. Hauptast des N. trigeminus die Schädelhöhle durch die Incisura ovalis des Foramen lacerum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Noch in der Schädelhöhle gibt er einen **R. meningeus** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a) an die Dura mater ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Dieser Ast versorgt die Hirnhäute und die Gefäße im Bereich der mittleren Schädelgrube, nachdem er durch die Incisura spinosa in die Schädelhöhle eingetreten ist (SALOMON, 2008b).

Der N. mandibularis enthält im Gegensatz zum N. ophthalmicus und zum N. maxillaris auch motorische Fasern, die jedoch nicht in all seinen Ästen enthalten sind (siehe einzelne Äste) (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009a). Zum Innervationsgebiet des N. mandibularis zählt die Haut und die Mundschleimhaut (BUDRAS, 2009c), denn neben motorischen Fasern enthält er zahlreiche sensible Fasern (BUDA und BUDRAS, 2009b). Unmittelbar medial des Kiefergelenks teilt er sich in seine Äste (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **N. masticatorius**

Dieser motorische Nerv zweigt gleich nach dem Durchtritt des N. mandibularis durch die Incisura ovalis von dessen Vorderrand ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Nach kurzem Verlauf spaltet er sich in den **N. massetericus** und die **Nn. temporales profundi**, die die entsprechenden Kaumuskeln versorgen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Der N. massetericus zieht zwischen dem Processus coronoideus und dem Caput mandibulae nach lateral (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a). Die dünnen Nn. temporales profundi biegen dorsomedial gegen die Schläfengrube ab, um zum M. temporalis zu gelangen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **Nn. pterygoideus medialis und lateralis**

Die gleichnamigen Muskeln werden von diesen Nervenästen versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Der N. pterygoideus lateralis kann beim Pferd vom N. buccalis abgehen (SALOMON, 2008b).

Die Nn. pterygoideus lateralis und medialis geben den zarten, rückläufigen N. tensoris tympani ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Einige andere Autoren sagen, dass er selbstständig aus dem N. mandibularis abgeht (siehe unten).

#### **Ganglion oticum**

Unterhalb des N. tensoris tympani, an der Wurzel des N. pterygoideus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b), findet man das parasymphatische **Ganglion oticum**, welches beim Pferd etwa hirsekorngroß ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b). König et al. geben für die Lage des Ganglion oticum eine Stelle am N. mandibularis an, die sich nahe des Ursprungs der Kaumuskelnerven befindet (KÖNIG

et al., 2009a). Buda und Budras sagen, dass es an der Abzweigungsstelle des N. pterygoideus medialis liegt (BUDA und BUDRAS, 2009b).

Das Ganglion oticum kann plexusartig gestaltet sein. Durch feine Fäden ist es mit den Nn. pterygoidei, buccalis und auriculotemporalis verbunden. Präganglionäre, parasymphatische Fasern des N. glossopharyngeus (IX) werden dem Ganglion oticum über den N. tympanicus und dessen Fortsetzung, den N. petrosus minor, zugeführt. Vom Plexus caroticus internus erhält das Ganglion oticum sympathische Fasern, die als N. petrosus profundus minor bezeichnet werden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### **N. tensoris tympani**

Der motorische **N. tensoris tympani** geht selbstständig aus dem N. mandibularis hervor, zieht neben der Hörtrumpete in die Paukenhöhle und ist für die Versorgung des M. tensor tympani zuständig (BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b). Dieser Nerv kann auch aus den Nn. pterygoidei hervorgehen (siehe oben) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Der N. mandibularis innerviert den M. tensor tympani, da er aus Material des 1. Kiemenbogens stammt. Der M. stapedius hingegen kommt vom 2. Kiemenbogennerv und bekommt deshalb seine motorische Versorgung vom N. facialis (SALOMON, 2008b).

### **N. tensoris veli palatini**

Der den M. tensor veli palatini versorgende Nerv geht selbstständig aus dem N. mandibularis hervor und führt motorische Fasern (BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b). Kontrahiert sich dieser im weichen Gaumen liegende Muskel gemeinsam mit dem M. levator veli palatini, so tragen sie zum Öffnen des Ostium tubae auditivae bei. Der M. levator veli palatini wird vom N. facialis innerviert (SALOMON, 2008b). Laut Böhme und Seiferle zweigt der N. tensoris veli palatini vom N. tensoris tympani ab. Sie vermuten aber, dass er keine motorischen Fasern führt, da bei Trigemiuslähmungen keine Gaumensegellähmung zu erkennen ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### **N. buccalis**

Dieser kräftige Nerv, verläuft zwischen dem M. pterygoideus lateralis und dem M. temporalis nach rostral (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Zwischen dem Tuber maxillae und dem Muskelfortsatz der Mandibula gelangt er in die Backengegend. Am unteren Rand des M. depressor labii inferior tritt er in die Backenschleimhaut ein (BÖHME und SEIFERLE, 2004b), die er mit sensiblen Fasern versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009a). Vom **Ganglion oticum** erhält er vegetative (sekretorische) Fasern, mit denen er die Backendrüsen versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009a). Die parasymphatischen Fasern, die ihm über das Ganglion oticum zugeführt werden kommen vom N. glossopharyngeus (BUDRAS, 2009c). Zusätzlich zur Haut und

Schleimhaut der Backengegend versorgt er auch noch das angrenzende Zahnfleisch sensibel (SALOMON, 2008b).

### **N. auriculotemporalis**

Der den N. mandibularis an seinem Kaudalrand verlassende N. auriculotemporalis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a) wurde bislang bei den Huftieren als N. temporalis superficialis bezeichnet. Diese Bezeichnung erhielt der überwiegend sensible Nerv, da beim Pferd der aurikuläre Anteil, im Gegensatz zu den Fleischfressern, nur schwach ausgebildet ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Er versorgt das Ohr, die Schläfenhaut und die Ohrspeicheldrüse mit sensiblen und parasymphatischen Fasern. Die parasymphatischen Fasern stammen vom N. glossopharyngeus und werden ihm über das Ganglion oticum zugeführt (BUDRAS, 2009c). Zusätzlich zu den beiden bereits genannten Faserqualitäten hat er auch noch sympathische Fasern (BUDA und BUDRAS, 2009b).

Sechs Aufzweigungen kann man am N. auriculotemporalis erkennen. Die Haut des Gehörgangs bis zum Trommelfell wird vom **N. meatus acusticus externi** versorgt, während das Trommelfell vom **R. membranae tympani** innerviert wird (SALOMON, 2008b). Die Zweige für den äußeren Gehörgang und das Trommelfell stammen von den **Nn. auriculares rostrales**, die die Haut zwischen Kiefergelenk und Ohrmuschel versorgen und am halsseitigen Rand des Unterkieferastes vom N. auriculotemporalis abgegeben werden (siehe unten) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). **Rr. parotidei** gibt der N. auriculotemporalis bei der Passage der Glandula parotis ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b). Diese Äste enthalten neben parasymphatischen Fasern für die Ohrspeicheldrüse auch noch sensible Fasern (BUDA und BUDRAS, 2009b) und gehen eine Anastomose mit dem N. facialis ein, um der Ohrspeicheldrüse postganglionäre, parasymphatische Fasern zukommen zu lassen, die vom Ganglion oticum stammen. Zum Innervationsgebiet der **Nn. auriculares rostrales** gehört die Haut über dem Tragus, einem kleinen Abschnitt der rostrokaudalen Innenfläche des Ohres, dem rostralen Rand der Ohrmuschel sowie über dem Ventralabschnitt des M. temporalis und über dem Jochbogen (siehe oben) (SALOMON, 2008b).

Der sich um den Kaudalrand des Gelenkfortsatzes der Mandibula herumschlagende Hauptstamm des N. auriculotemporalis teilt sich noch unterhalb der Ohrspeicheldrüse in einen schwächeren dorsalen Ast, der als **R. transversus faciei** bezeichnet wird und einen stärkeren ventralen Ast, den **R. communicans cum n. faciali** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Hautregion dorsal und ventral des Jochbogens, inklusive der Pili tactiles zygomatici, wird vom R. transversus faciei versorgt, der parallel zu den gleichnamigen Gefäßen zu finden ist (SALOMON, 2008b). Auf dem Weg zur Crista facialis verläuft er mit der A. transversa faciei ventral des Kiefergelenks (BÖHME und SEIFERLE, 2004b), an das er Zweige abgibt. Die Haut in bzw. über der Kiefergelenksgegend und die Haut der (dorsalen) Massetergegend wird ebenfalls von

diesem Nerven versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b). Der R. communicans cum n. faciali nimmt zum R. buccalis dorsalis und/oder zum R. buccalis ventralis des N. facialis Kontakt auf. Diese Verbindung kann in unterschiedlicher Weise stattfinden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Die Verbindung findet beim Pferd meist schon unter dem Vorderrand der Glandula parotis statt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die motorischen Fazialisnerven, erhalten auf diese Weise sensible Trigeminafasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b) zur Versorgung des Hautgebietes über dem M. masseter, das sich vom Kiefergelenk bis zum Mundwinkel erstreckt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b).

König et al. vertreten eine ganz andere Meinung zur Aufteilung des N. auriculotemporalis. Laut ihnen teilt sich der zu Anfang von der Glandula parotis bedeckte Nerv in einen **R. auricularis** und einen **R. temporalis**. Der am Vorderrand des äußeren Gehörganges zur Ohrmuschel ziehende R. auricularis versorgt gemeinsam mit dem N. auricularis rostralis des N. facialis die Haut an der Muschelbasis und an ihrer rostralen Innenfläche während der R. temporalis Äste an den äußeren Gehörgang, die Glandula parotis und die Haut in der Backengegend abgibt (KÖNIG et al., 2009a).

Zwischen den Mm. pterygoideus lateralis und medialis zieht der fortlaufende Stamm des N. mandibularis mundhöhlenwärts. Auf diesem Weg kreuzt er die A. maxillaris lateral (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der Stamm teilt sich anschließend in den **N. alveolaris inferior** und den **N. lingualis** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

### **N. lingualis**

Dieser Nerv enthält sensible Fasern (BUDA und BUDRAS, 2009b) und bekommt über die Chorda tympani, mit der er sich an seinem Ursprung vereinigt, auch noch parasymphatische und sensorische Fasern (siehe unten) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a). Die dünne, saitenartige Chorda tympani (der Intermediusanteil des N. facialis) schließt sich gleich nach dem Abgang des N. alveolaris inferior an den N. lingualis an. Zuvor tritt sie durch die Fissura petrotympanica des Felsenbeins aus, um dann medial der A. maxillaris rostroventral zum N. lingualis zu ziehen. Durch diese Verbindung erhält der N. lingualis parasymphatische und sensorische Fasern über das Ganglion geniculi des N. facialis. Die Geschmacksknospen der Zungenschleimhaut rostral der Papillae vallatae werden durch die sensorischen Fasern versorgt, die auch der Geschmacksleitung dienen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b).

Die präganglionären parasymphatischen Fasern stammen vom Nucleus parasympathicus n. intermedii. Nach dem Ganglion geniculi gelangen sie (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). über die Chorda tympani und den N. lingualis zum **Ganglion mandibulare** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b), welches makroskopisch meist nicht sichtbar ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). In diesem

Ganglion, das dem N. lingualis anliegt, werden die parasymphatischen Fasern auf postganglionäre Neurone umgeschaltet (KÖNIG et al., 2009a). Anschließend innervieren sie die Unterzungen- und Unterkieferdrüse (SALOMON, 2008b).

Vom Plexus caroticus externus bzw. internus werden dem Ganglion mandibulare über seine Radix sympathica oder über die Chorda tympani sympathische Fasern zugeführt. Die Glandulae sublinguales (Pferd: nur Gld. sublingualis polystomatica) und die Glandula mandibularis werden ebenso wie die Gefäße der Zunge und die Schleimhaut des Mundhöhlenbodens durch die vegetativen Fasern des Ganglion mandibulare versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Unterzungen- und die Unterkieferspeicheldrüse werden demnach über die Radix parasymphatica des N. lingualis versorgt (BUDRAS, 2009c).

In erster Linie ist der N. lingualis der wichtigste sensible Innervator der Zunge, der Schleimhaut des Mundhöhlenbodens und der des Isthmus faucium (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Er innerviert sensibel und zum Teil sensorisch etwa die vorderen 2/3 der Zunge (Zungenspitze und Zungenkörper) und den Mundhöhlenboden (BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002k). Dabei leitet der N. lingualis Berührungs-, Schmerz-, Temperatur- (ASA) und Geschmacksreize (SVA) (SALOMON, 2008b).

Als erstes gibt der N. lingualis zarte **Rr. isthmi faucium** an die Schleimhaut der seitlichen Partien des Gaumensegels und des Arcus palatoglossus ab. Laut Salomon innervieren diese Äste die gesamte Rachenschleimhaut (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Die Rr. isthmi faucium verbinden sich zudem mit Aufzweigungen der Rr. linguales n. glossopharyngei (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Zweige an die Backenschleimhaut entlässt der N. lingualis ebenfalls (SALOMON, 2008b).

Der zunächst lateral vom Stylohyoid gelegene N. lingualis teilt sich an der medialen Seite des M. mylohyoideus auf dem Weg zur Zunge in den **N. sublingualis** und die **Rr. linguales** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### **N. sublingualis**

Zwischen der Schleimhaut der Zungenseitenfläche und dem M. styloglossus findet man den N. sublingualis. Auf seinem Weg zum präfrenulären Mundhöhlenboden wird er vom Ductus mandibularis begleitet. Die Glandula sublingualis polystomatica, an die er Äste abgibt, passiert er dabei medial (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). In der Schleimhaut des präfrenulären Mundhöhlenbodens verbreitet er sich (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b) bis zu den Schneidezähnen. In der Schleimhaut der Zungenseitenfläche und des Recessus sublingualis lateralis verbreitet er sich ebenfalls (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b).

### **Rr. linguales**

Um den unteren Rand des M. styloglossus schlägt sich der stärkere und tiefere Ast des N. lingualis herum, um dann zwischen diesem Muskel und dem M. genioglossus in die Tiefe der Zungenmuskulatur zu gelangen. Dort angekommen gibt er die Rr. linguales an die Schleimhaut des Zungenkörpers und der Zungenspitze ab.

**Rr. communicantes cum n. hypoglosso** findet man im vorderen Bereich der Zunge (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Salomon sagt noch, dass die Rr. linguales von der Unterseite her in die Zunge eindringen. Laut ihm geht die Verbindung zum N. hypoglossus vor der Aufteilung in die Rr. linguales ab (SALOMON, 2008b).

### **N. alveolaris inferior**

Bis zur Abgabe des N. mylohyoideus handelt es sich beim N. alveolaris inferior um einen gemischten Nerv, danach um einen sensiblen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Zwischen dem M. pterygoideus lateralis und dem M. pterygoideus medialis (KÖNIG et al., 2009a) zieht der N. alveolaris inferior zum Foramen mandibulae, durch welches er in den Unterkieferkanal eintritt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c).

### **N. mylohyoideus**

Er geht kurz vor dem Eintritt des N. alveolaris inferior in den Unterkieferkanal aus diesem Nerv hervor. Der N. mylohyoideus stellt den letzten motorischen Ast des N. alveolaris inferior dar (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a), der medial des Ramus mandibulae nach ventral gegen den Kehlgang zieht (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b).

Zum Versorgungsgebiet des N. mylohyoideus gehören der M. mylohyoideus und der rostrale Bauch des M. digastricus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die Haut im vorderen Bereich des Kehlgangs wird ebenfalls vom N. mylohyoideus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b) bzw. seinen sensiblen **Rr. submentales** versorgt (BUDA und BUDRAS, 2009b). Salomon nennt die Haut im kaudalen Abschnitt der Regio intermandibularis (SALOMON, 2008b).

### **Rr. alveolares**

Rr. alveolares für die Zähne des Unterkiefers gehen im Canalis mandibulae vom N. alveolaris inferior ab (KÖNIG et al., 2009a). Man unterscheidet hier zwischen **Rr. alveolares inferiores caudales, medii und rostrales** für die Backenzähne und weiteren Ästen für die Eck- und Schneidezähne, die die Zähne durch den Canalis alveolaris erreichen. Der **Plexus dentalis inferior** wird unter den Zahnfächern von diesen Alveolarästen gebildet. Die **Rr. gingivales inferiores** für das Zahnfleisch des Unterkiefers gehen aus diesem Plexus hervor (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Rr. alveolares inferiores caudales und medii sind für die Versorgung der molaren und prämolaren Backenzähne zuständig, während ein intraosseär weiter rostral ziehender

R. alveolaris inferior rostralis für die Innervation des Eckzahnes und der Schneidezähne verantwortlich ist. Die Rr. gingivales inferiores zweigen laut Salomon vom N. alveolaris inferior ab (SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c).

#### **N. mentalis**

Durch das Foramen mentale verlässt der Endast des N. alveolaris inferior den Unterkieferkanal. Als **N. mentalis** innerviert er nun die Haut und die Schleimhaut der Unterlippe und des Kinns. Die Äste des N. mentalis werden als **Rr. mentales** und **Rr. labiales inferiores** bezeichnet (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c).

#### **2.3.4.2 N. facialis bzw. intermediofacialis (VII)**

Der aus zwei funktionell unterschiedlichen Komponenten bestehende N. facialis setzt sich aus dem eigentlichen **N. facialis** und dem **N. intermedius** (Intermedius Anteil) zusammen, weshalb man ihn auch als **N. intermediofacialis** bezeichnen kann (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c). Der N. facialis stellt den größeren, motorischen Anteil dar, während der N. intermedius den sensorischen (sensibel-sensorischen) und parasympathischen Anteil verkörpert (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c).

Die sensorischen Fasern des N. intermedius versorgen Teile der Zunge, während seine sekretorischen parasympathischen Fasern die Tränendrüse und außer der Ohrspeicheldrüse alle Kopfspeicheldrüsen versorgen. Die Angesichtsmuskeln werden über den motorischen Anteil des N. facialis versorgt (WISSDORF et al., 2002c). Wegen der motorischen Versorgung der Lippen und Backen ist der N. facialis wichtig für das Saugen und das Ergreifen von festem Futter (GASSE, 2002).

Aus zwei Kernen in der Medulla oblongata bezieht der N. facialis seine Fasern. Am Übergang der Pons zur Medulla oblongata ist der motorische Kern gelegen, während der parasympathische Kern kaudal des Nucleus motorius n. abducentis zu finden ist (KÖNIG et al., 2009a). Laut Gasse ist der motorische Kern des N. facialis kaudoventral des motorischen Kerns des N. abducens gelegen, welcher sich in den Brückenarmen befindet (GASSE, 2002). Der Nucleus motorius n. facialis liegt im pontinen Tegmentum unter dem Boden der Rautengrube und ist in verschiedene Reflexbögen einbezogen (SALOMON, 2008b). Die Fasern des motorischen Kerns verlaufen zunächst im Gehirnstamm dorsal (KÖNIG et al., 2009a), bilden dabei das „innere Fazialisknie“ um den Kern des N. abducens (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a) und ziehen wieder ventral (KÖNIG et al., 2009a). Im Anschluss daran gelangen sie an die Oberfläche des verlängerten Markes (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Fasern des parasympathischen Kerns erreichen die Fazialiswurzel auf direktem Wege (KÖNIG et al., 2009a). Diese Austrittsstelle befindet sich kaudal der Brücke im Myelencephalon (GASSE, 2002).



### **Ganglion geniculi**

Das dem Spinalganglion eines Rückenmarksnerven entsprechende Ganglion ist im Canalis facialis gelegen (SALOMON, 2008b).

In diesem Ganglion kann man die Wurzelzellen der sensibel-sensorischen Fasern erkennen (KÖNIG et al., 2009a). In diesem Ganglion sind die Perikaryen der pseudounipolaren afferenten Neurone enthalten, die die Geschmacksknospen der vorderen 2/3 der Zunge versorgen. Bevor die Fasern den N. facialis über die Chorda tympani erreichen, verlaufen sie im N. lingualis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Der überwiegende Anteil des N. intermedius besteht aus afferenten Fasern. Diese finden in der Medulla oblongata Anschluss an den Tractus solitarius. Im Nucleus tractus solitarii endet das erste Neuron (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Als einheitlicher Stamm entspringen der N. facialis und der N. intermedius am hinteren Rand der Brücke aus dem Corpus trapezoideum an der Medulla oblongata (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; GASSE, 2002; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

In enger topographischer Lage zum N. vestibulocochlearis zieht der N. intermediofacialis zum Meatus acusticus internus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a). Dort tritt er in den Canalis facialis des Felsenbeins ein (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002c).

Das „periphere Fazialisknie“, **Geniculum n. facialis**, ist in diesem gebogenen Kanal zu finden. Es entsteht dadurch, dass sich der N. facialis in dem Kanal fast senkrecht nach kaudal wendet. Am Scheitel des peripheren Fazialisknies kann man als Verdickung das **Ganglion geniculi** finden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Der Fazialiskanal verläuft dorsal am Epitympanicum und weist im Felsenbein streckenweise eine schlitzförmige Öffnung zum Cavum tympani auf, so dass der Nerv dann nur durch Paukenhöhlenschleimhaut vom Mittelohr getrennt wird (KÖNIG, 2002; KÖNIG et al., 2009a).

Durch das Foramen stylomastoideum verlässt nur der N. facialis das Felsenbein und somit auch die Schädelhöhle (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002c), da die Intermediusanteile im Fazialiskanal abgezweigt sind (SALOMON, 2008b).

Im Canalis facialis gehen folgende Nerven ab: der N. petrosus major, der N. stapedius und die Chorda tympani. Böhme und Seiferle erwähnen zusätzlich noch einen Ast zur Fenestra vestibuli und einen R. communicans zum N. petrosus minor (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Laut Salomon gibt der N. intermedius im Fazialiskanal den N. petrosus major, die Chorda tympani und einen R. auricularis internus ab (SALOMON, 2008b).

### **N. petrosus major**

Dieser Nerv führt efferente, parasympathische Fasern (Intermediusanteil) aus dem Nucleus parasympathicus n. intermedii und geht am Fazialisknie aus dem Ganglion geniculi hervor (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Anschließend verläuft er durch den

Canalis petrosus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b), indem er einen Verbindungszweig zum N. tympanicus entsendet. Auf dem Weg zum Flügelkanal zieht er dann zwischen der Tuba auditiva und dem Keilbein nach rostral. Nachdem er die sympathischen Fasern des N. petrosus profundus vom N. caroticus internus aufgenommen hat, tritt er als **N. canalis pterygoidei (VIDischer Nerv)** in den Flügelkanal ein (BÖHME und SEIFERLE, 2004b) und führt dem Ganglion pterygopalatinum die nunmehr vegetativ gemischten Fasern zu (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Die präganglionären parasympathischen Fasern des N. petrosus major gehen am **Ganglion pterygopalatinum** Synapsen ein, und versorgen dann als postganglionäre Neurone folgende Strukturen: die Tränendrüse, die Drüsen der Nase bzw. deren Schleimhaut und die Drüsen des Gaumens (BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

### **N. stapedius**

Dieser Nerv zweigt im Fazialiskanal vom N. facialis ab und versorgt den M. stapedius. Dieser stellt den kleinsten quergestreiften Muskel des Körpers dar (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG, 2002; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

### **Chorda tympani oder Paukensaite**

Man ist nicht sicher, ob sie auch proprioceptive (aus der Facialismuskulatur) und andere somatoviszzerale Afferenzen (Haut, Schleimhaut) enthält. Es wurden allerdings aberrante Nervenzellen, die im Dienste der Hautsensibilität stehen sollen, im N. facialis nachgewiesen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Die Chorda tympani geht im Fazialiskanal vom N. intermedius ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Bei ihr handelt es sich um einen dünnen Nervenstrang (WISSDORF et al., 2002i), der durch den engen Canaliculus chordae tympani zieht, der den Canalis facialis mit der Paukenhöhle verbindet (SALOMON, 2008b). In der Paukenhöhle findet man sie dann zwischen Hammerstiel und langem Ambossschenkel (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Durch die Fissura petrotympanica verlässt sie das Felsenbein, um dann entlang des Sinus lateralis des Luftsacks zum N. lingualis zu ziehen, mit dem sie sich verbindet (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002i). Der N. lingualis erhält auf diese Weise sensorische und parasympathische Fasern. Die Geschmacksfasern sind für die rostralen zwei Drittel der Zunge und die parasympathische Fasern sind für die Unterzungen- und die Unterkieferdrüse (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009a). Die parasympathischen Fasern stammen vom parasympathischen Intermediuskern in der Medulla oblongata und erreichen via Ganglion geniculi, Chorda tympani und N. lingualis das Ganglion mandibulare. Postganglionäre Fasern gelangen von dort aus zur Glandula mandibularis und zur Glandula sublingualis und lösen die Speichelproduktion aus (SALOMON, 2008b).

Die Chorda tympani führt die präganglionären, parasymphatischen Fasern zum Ganglion mandibulare, die afferenten Geschmacksfasern zum Ganglion geniculi (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b).

Ihre sensorischen Fasern leiten epikritische und protopathische Wahrnehmungen sowie Geschmacksempfindungen. Die vorderen 2/3 der Zunge werden über die Chorda tympani versorgt. Da die Geschmacksempfindungen vom hinteren Zungendrittel über den IX. und X. Gehirnnerv geleitet werden, ergibt sich eine Verteilung der Geschmacksbahnen auf 3 Gehirnnerven, so dass ein kompletter Ausfall des Geschmacksvermögens nur sehr selten vorkommt (SALOMON, 2008b).

Die im Canalis facialis vom N. facialis abzweigenden Nerven versorgen demnach die vorderen zwei Drittel der Zunge mit sensorischen Geschmacksfasern und alle Drüsen des Kopfes, außer der Glandula parotis, mit sekretorischen, parasymphatischen Fasern. Zudem repräsentieren all diese abzweigenden Nerven den N. intermedius. Präganglionäre Fasern, die dem Ganglion pterygopalatinum über den N. petrosus major und dem Ganglion mandibulare über die Chorda tympani zugeführt werden, werden durch die sekretorischen Parasymphathikusanteile verkörpert (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Nach Abgabe des N. petrosus major und der Chorda tympani wird der N. intermediofacialis im weiteren Verlauf als N. facialis bezeichnet (KÖNIG et al., 2009a). Der eigentliche N. facialis führt nach dem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum im Wesentlichen nur noch motorische Fasern. Im Anschluss an den Fazialiskanal innerviert er die gesamte mimische Muskulatur des Kopfes, den kaudalen Bauch des M. digastricus, inkl. der Pars occipitomandibularis, und teilweise die Hautmuskeln der Halsregion. Der zur tiefen Fazialismuskulatur gehörende M. stylohyoideus wird ebenfalls von ihm innerviert (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

### **R. auricularis internus**

Der kaudal um den äußeren Gehörgang herum zur Ohrmuschel ziehende **R. auricularis internus** geht kurz nach dem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum vom N. facialis ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Nachdem er die kleinen Muskeln am Muschelrücken versorgt hat (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a) gelangt er durch ein Loch, das im Muschelknorpel unter dem langen Drehermuskel gelegen ist, in das Innere der Ohrmuschel (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b).

Der sensible R. auricularis internus beinhaltet Fasern des N. facialis, die sich kurz vor dem Austritt aus dem Facialiskanal mit Fasern des **R. auricularis n. vagi** verbunden haben. Die Fasern des R. auricularis n. vagi stammen aus dem **Ganglion proximale** des N. vagus und gelangen durch den Canalis mastoideus in den Canalis facialis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der R. auricularis internus, der die Haut an der

Innenfläche der Ohrmuschel und im Bereich des Muschelgesäßes mit somatoafferenten Fasern (ASA) versorgt, besteht also aus Facialis- und Vagusfasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b).

#### **N. auricularis caudalis**

Der N. facialis wendet sich nach seinem Austritt aus dem Canalis facialis rostral und entsendet den **N. auricularis caudalis** (BUDRAS, 2009d; WISSDORF et al., 2002c) an die Ohrmuschelmuskeln bzw. einen Teil der Ohrmuskeln, wie z.B. Auswärtszieher und Heber (BUDA und BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002c).

Der vom hinteren Rand des N. facialis kommenden N. auricularis caudalis zieht mit kaudodorsalem Verlauf, von der Parotis bedeckt, zur Genickgegend (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Mit den Dorsalästen der ersten zwei Halsnerven verbindet er sich (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b) dort zum **Plexus auricularis caudalis**. Das Innervationsgebiet dieses Plexus schließt den M. cervicoscutularis, die Auswärtszieher und Heber, den mittleren Einwärtszieher und den kleinen Dreher der Ohrmuschel ebenso wie den M. styloauricularis ein. Die Haut des Ohrmuschelrückens wird von den sensiblen Fasern des 1. und 2. Halsnerven innerviert (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **R. digastricus**

Er geht als dünner Ast am unteren Rand aus dem Fazialisstamm hervor. An dieser Stelle wird der N. facialis noch von der Gl. parotis bedeckt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der R. digastricus bildet beim Pferd die so genannte **Digastricusschleife**, da er sich um die A. auricularis caudalis herum schlägt um sich dann wieder mit dem Stamm des Fazialis zu verbinden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b).

Er versorgt neben dem kaudalen Bauch des M. digastricus auch die Pars occipitomandibularis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDRAS, 2009d; SALOMON, 2008b). Den **R. stylohyoideus** gibt er an den M. stylohyoideus und an den M. occipitohyoideus ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b).

#### **Plexus parotideus**

Er wird von **Rr. parotidei**, die ebenfalls ventral aus dem N. facialis hervorgehenden, und entsprechenden Ästen des N. auriculotemporalis gebildet (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **N. auriculopalpebralis**

Dieser relativ kräftige motorische Nerv (BUDA und BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002c) zweigt in Höhe der Ohrmuschelbasis vom dorsalen Rand des N. facialis ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002c).

Nach Abgang dieses Nervs schlägt sich der N. facialis um den Unterkieferrand herum (WISSDORF et al., 2002c). Der N. auriculopalpebralis ist zunächst noch von der Parotis bedeckt und zieht dann in rostradorsaler Richtung um den Muschelgrund herum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002c).

Anschließend verläuft er dann über den Jochbogen hinweg (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a), um zwischen dem M. temporalis und der Ohrmuskulatur zu Scheitelgegend zu ziehen und sich in einen **R. auricularis rostralis** und einen **R. zygomaticus** zu spalten (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der R. auricularis rostralis zieht am rostromedialen Rand des Muschelknorpels scheidelwärts (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002c), während der R. zygomaticus über den Jochbogen hinweg zum Tuber frontale und zu den Augenlidern gelangt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Er stellt die direkte Fortsetzung des N. auriculopalpebralis dar, während der R. auricularis rostralis vom N. auriculopalpebralis entlassen wird (WISSDORF et al., 2002c). Der R. zygomaticus innerviert mit **Rr. palpebrales** den M. orbicularis oculi, den M. levator anguli oculi medialis und den M. malaris. Der oder die Rr. auriculares rostrales innervieren die rostralen Ohrmuschelmuskeln und versorgen den Heber des Ohres (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c).

Der dorsal zur Ohrmuschel und zum Augenlid ziehende N. auriculopalpebralis (BUDRAS, 2009d) versorgt laut Buda und Budras die Ohrmuschelmuskeln, den M. orbicularis oculi, den M. interscutularis, den M. zygomaticus und den M. levator nasolabialis. Sie sagen auch noch, dass er sich mit Ästen des N. auriculotemporalis des N. mandibularis verbindet (BUDA und BUDRAS, 2009b).

#### **Plexus auricularis rostralis**

Er besteht aus den Rr. auriculares rostrales und Zweigen des R. zygomaticus, die sich jeweils mit dem N. auriculotemporalis des N. trigeminus verbinden. Die Haut der Schläfengegend wird von den Trigeminafasern innerviert. Der M. interscutularis, der obere, der untere und der äußere Einwärtszieher, der große Dreher und die kleinen an der Ohrmuschel selbst gelegenen Muskeln werden von den Rr. auriculares rostrales des N. facialis innerviert (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Laut König et al. wird der Plexus auricularis rostralis dadurch gebildet, dass sich die Äste des N. auriculopalpebralis mit dem N. auriculotemporalis, dem N. lacrimalis und dem N. frontalis, die alle drei zum N. trigeminus gehören, verbinden. Sie sagen auch noch, dass motorische Fasern zu den Augenlidern gelangen (KÖNIG et al., 2009a). Böhme und Seiferle erwähnen später auch noch, dass sich der R. zygomaticus in der Gegend des Augenbogens zusätzlich mit Ästen des N. frontalis verbindet. An den M. frontoscutularis und die Mm. orbicularis oculi und levator anguli oculi medialis gibt er Äste ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Äste, die in die Ohrspeicheldrüse, zum M. parotidoauricularis und zum M. cutaneus colli ziehen werden anschließen vom N. facialis abgegeben (KÖNIG et al., 2009a).

#### **R. colli**

Er geht aus dem Ventralrand des N. facialis hervor (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a), gleich gegenüber der Abgangsstelle des N. auriculopalpebralis. Mit Zweigen der Ventraläste des 2. und oft auch noch weiterer Halsnerven verbindet er sich, nachdem er durch die Glandula parotis hindurch gezogen ist und nach

kaudoventralem Verlauf die Drosselrinne erreicht hat. In der Parotis- und Kehlgangsgegend verzweigt er sich. Er versorgt den M. parotidoauricularis und wahrscheinlich zusammen mit den Halsnerven die Gesichts- und Halshautmuskulatur (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a).

Endoskopisch sichtbar ist der N. facialis nachdem er den N. auriculopalpebralis abgegeben hat und über den Sinus lateralis des Luftsacks läuft (WISSDORF et al., 2002c). Hier zeichnet er sich kaudodorsal und lateral mit der Chorda tympani durch die Luftsackwand ab (WISSDORF et al., 2002i). Er liegt gemeinsam mit der A. und V. maxillaris und der A. carotis externa der Dorsokaudalwand der lateralen Bucht an (BUDA und BUDRAS, 2009c). Aus der Tiefe kommend tritt der N. facialis unterhalb des Kiefergelenks, von der Ohrspeicheldrüse bedeckt, um den Hinterrand des Unterkieferastes auf die Lateralfäche des M. masseter (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002c), wo man ihn oft durch die Haut sehen kann (WISSDORF et al., 2002c). Man kann ihn dort auch palpieren und aufgrund seiner oberflächlichen Lage ist er leicht zu verletzen (Periphere Fazialislähmung) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Vor seiner endgültigen Aufzweigung kommuniziert er noch kaudal am Unterkiefer mit dem R. transversus faciei des N. mandibularis (BUDRAS, 2009d).

### **Rr. buccales**

Auf der Außenfläche des M. masseter teilt sich der N. facialis in die **Rr. buccales** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Diese Äste versorgen die Muskeln der Backen, der Lippen und der Nase bzw. der Nasenöffnung. Es handelt sich bei diesen Ästen um motorische Fasern aus dem Plexus buccalis (siehe unten) (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Man unterscheidet einen **R. buccalis dorsalis** und einen **R. buccalis ventralis**. Parallel zur Gesichtsleiste zieht der R. buccalis dorsalis zur Backengegend. Durch individuell stark variierende **Rr. communicantes** (es kann auch nur einer sein) steht der dorsale Ast mit dem ventralen in Verbindung. Der R. buccalis dorsalis gabelt sich im Backenbereich noch einmal in einen stärkeren dorsalen Ast und einen schwächeren ventralen. Der dorsale Ast zieht mit der A. labialis superior zu den Muskeln der Oberlippe und der Nase sowie zum M. levator labii superiores, wobei er sich mit Ästen des N. infraorbitalis verbindet, während der ventrale Zweig die Backen- und Lippenmuskeln innerviert. Etwas mehr unterkieferwärts findet man den R. buccalis ventralis, der über die Massetergegend zieht. Es kann vorkommen, dass er im Backenbereich mit dem ventralen Zweig des R. buccalis dorsalis eine Schlinge bildet. Häufiger verzweigt er sich aber einfach in den Muskeln der Backe und der Unterlippe. Am M. depressor labii inferioris verbindet er sich dabei mit Zweigen des N. buccalis n. mandibularis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). König et al. finden die Benennung **Plexus buccalis** für die

Rr. buccales zweckmäßiger, da die Rr. buccales sowohl tierartlich, als auch individuell verschieden miteinander kommunizieren (KÖNIG et al., 2009a).

Der N. facialis teilt sich auf der Außenfläche des M. masseters individuell unterschiedlich weit rostral (WISSDORF et al., 2002c) in einen **R. buccolabialis dorsalis** und einen **R. buccolabialis ventralis** (BUDA und BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002c), die beide die mimische Muskulatur versorgen (WISSDORF et al., 2002c). Diese beiden Äste laufen in zweifingerbreitem Abstand Richtung Mundwinkel und liegen dorsal des Ductus parotideus (BUDRAS, 2009d). Der motorische R. buccolabialis dorsalis versorgt die Muskeln der Oberlippe und der Nase, während der ventrale die Muskeln der Backe und der Unterlippe versorgt (BUDA und BUDRAS, 2009b).

Durch den **R. communicans cum n. faciali** des N. auriculotemporalis werden dem N. facialis, in der Regel seinem R. buccalis ventralis, meist schon hinter dem halsseitigen Rand der Mandibula sensible Trigeminafasern zugeführt. Es kann aber auch vorkommen, dass sie an den R. buccalis dorsalis abgegeben werden, oder dass Verbindungen zwischen ihm und dem R. transversus faciei bestehen. In seinen Endästen führt der ursprünglich rein motorische N. facialis daher auch sensible Fasern für das in deren Bereich gelegene Hautgebiet, die ihm wie eben erwähnt hauptsächlich über den R. communicans cum n. faciali des N. auriculotemporalis zugeführt werden. An sonst rein sensible Trigeminaäste, wie den N. infraorbitalis, gibt er motorische Fasern ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die sensiblen Fasern des N. facialis im Gesichtsbereich stammen aus dem N. auriculotemporalis ( $V_3$ ) und dem N. infraorbitalis ( $V_2$ ) (KÖNIG et al., 2009a).

#### 2.3.4.3 N. glossopharyngeus (IX)

Zur so genannten **Vagusgruppe** gehören der N. glossopharyngeus, der N. vagus und der N. accessorius. Laut Salomon gehört der N. intermedius ebenfalls zu diesem vagalen System (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Der Grund für die Bezeichnung Vagusgruppe rührt daher, dass der N. glossopharyngeus auf verschiedene Weise mit dem N. vagus und somit auch mit dem N. accessorius in enger Verbindung steht (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Salomon erwähnt auch hier wieder zusätzlich die enge Beziehung zum N. intermedius (SALOMON, 2008b). Der N. accessorius trägt zur Bildung der Vagusgruppe bei, da er dem N. vagus, kurz nach dessen Austritt aus dem verlängerten Mark, den größten Teil der motorischen Fasern zuführt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Im gleichen Bereich der Medulla oblongata findet man die Ursprungs- und Endkerne des N. glossopharyngeus und des N. vagus. Durch verschiedene Geflechtbildungen, wie z.B. dem **Plexus pharyngeus**, stehen der IX. und X. Gehirnnerv auch peripher in engem Kontakt. So kann es auch dazu kommen, dass in ihren Innervationsgebieten zum Teil Doppelinnervationen vorhanden sind (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Der gemischte N. glossopharyngeus beinhaltet sensible, sensorische (Geschmacksfasern), motorische und parasympathische Fasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b).

Im **Ganglion distale n. glossopharyngei** findet man die afferenten, somatosensiblen oder sensorischen Wurzelzellen. Durch zarte Fasern steht dieses Ganglion mit dem Ganglion proximale n. vagi in Verbindung. Das kleinere, intrakranial gelegene **Ganglion proximale n. glossopharyngei** ist beim Pferd meistens nicht vom Ganglion distale n. glossopharyngei getrennt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). König et al. erwähnen nur das Ganglion distale (= petrosum), welches sensible Wurzelzellen beinhaltet und laut ihnen einen proximalen Teil, der noch intrakranial gelegen ist, und einen distalen Abschnitt erkennen lässt (KÖNIG et al., 2009a).

Die Perikarya der afferenten Fasern für Berührungs-, Schmerz- und Temperaturempfindungen vom hinteren Zungendrittel und der Pharynxschleimhaut sind im proximalen Ganglion zu finden. Im undeutlich davon getrennten Ganglion distale findet man hingegen die Perikarya der Geschmacksfasern des hinteren Zungendrittels (SALOMON, 2008b). Der **Tractus solitarius** wird gemeinsam durch die in die Medulla oblongata eintretenden Fortsätze der Ganglien und durch afferenten Fasern des N. facialis (Geschmacksfasern) gebildet. Ihr Ende finden die eben genannten Fortsätze mit einem kürzeren auf- und einem längeren absteigenden Ast im **Nucleus tractus solitarii**, teilweise allerdings auch im **Nucleus tractus spinalis n. trigemini**. Die sekundären Neurone, die aus den sensiblen Endkernen hervor gehen, zeigen im Prinzip das gleiche Verhalten wie die zentralen Trigeminusbahnen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Die motorischen Fasern dieses maximal gemischten Nervs haben ihre Wurzelzellen im rostralen Abschnitt des **Nucleus ambiguus** in der Medulla oblongata. Der Nucleus ambiguus ist somit ein gemeinsamer Kern für den IX. und X. Gehirnnerv. Die Axone dieser motorischen Wurzelzellen bilden vor ihrem Austritt, wie die motorischen Wurzelfasern aller so genannten Kiemenbogenerven, ein inneres Knie (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Die aus dem **Nucleus parasympathicus n. glossopharyngei** kommenden parasympathischen Fasern werden in teilweise mikroskopisch kleinen, peripheren Ganglien umgeschaltet. Diese Ganglien sind in den N. glossopharyngeus bzw. seine Äste eingestreut (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Laut König et al. kommen sie besonders häufig im R. lingualis vor. Demnach kann man den Nucleus parasympathicus n. glossopharyngei auch **Nucleus salivatorius caudalis** nennen. Er dient den vegetativ-parasympathischen Fasern zum Ursprung (KÖNIG et al., 2009a).

Während die Organganglien in den Brust- und Baueingeweiden charakteristisch für den N. vagus sind, weist auch der N. glossopharyngeus disseminierte Ganglien auf. Vor allem in der Zunge sind diese disseminierten Ganglien besonders auffällig. Beim **Ganglion lateropharyngeum**, welches bei Rind, Schaf und Katze auf jeden Fall, bei



den übrigen Hausäugetieren vermutlich vorkommt, handelt es sich um ein besonders großes Ganglion des R. lingualis. Durch präparatorische Darstellung ist es nicht möglich die mikroskopisch kleinen Ganglien einem bestimmten Nerv zuzuordnen. Durch Markierungstechniken (retrograder HRP-Transport) konnte allerdings heraus gefunden werden, dass die „Ganglia lingualia“ parasymphatische Neurone sind, die sich der Chorda tympani bzw. dem N. glossopharyngeus anschließen. Sie enden in den entsprechenden Kernen der Medulla oblongata (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Mit einzelnen Faserbündeln, die sich von den sich kaudal unmittelbar anschließenden Wurzelfasern des N. vagus nicht eindeutig isolieren lassen, geht der **N. glossopharyngeus** hinter dem N. vestibulocochlearis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b) lateral bzw. ventrolateral, aus dem verlängerten Mark hervor. Laut Salomon liegt diese Stelle gleich hinter dem Corpus trapezoideum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; GASSE, 2002; SALOMON, 2008b). Die Wurzeln der Nerven X und XI folgen dicht auf die des N. glossopharyngeus. Die drei bilden eine Reihe (GASSE, 2002).

Die Dura mater wird durchbohrt, nachdem sich die Bündel vereinigt haben (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Durch das Foramen jugulare verlässt der N. glossopharyngeus gemeinsam mit den Nerven X und XI, die Schädelhöhle (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002i). Buda und Budras bezeichnen das Loch als Foramen lacerum aborale s. jugulare (BUDA und BUDRAS, 2009b).

Das kleine, meist schlecht zu isolierende Ganglion distale ist an dieser Austrittsstelle zu finden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b), in unmittelbarer Nachbarschaft zum Ganglion proximale (SALOMON, 2008b).

#### **Der N. glossopharyngeus zweigt sich in folgende Äste auf:**

##### **N. tympanicus**

Der dünne **N. tympanicus** geht auf Höhe des Ganglion distale n. glossopharyngei aus dem N. glossopharyngeus bzw. aus dem Ganglion selbst hervor (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Durch einen engen Spalt, den Canaliculus tympanicus, gelangt er in die Paukenhöhle. Dort angekommen gibt er dünne, sensible Fasern an deren Schleimhaut ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Er versorgt zusätzlich noch die Schleimhaut der Tuba auditiva sensibel (SALOMON, 2008b).

Feine Zweige des N. facialis und des N. petrosus major treten mit ihm in Verbindung. Gemeinsam mit den sympathischen Nn. caroticotympanici, die aus dem Plexus caroticus internus stammen und in die Paukenhöhle gelangen, helfen die Zweige des N. facialis und des N. petrosus major den **Plexus tympanicus** zu bilden. An die Schleimhaut des Ductus pharyngotympanicus wird aus diesem Plexus ein **R. tubarius** abgegeben. Anschließend geht daraus der **N. petrosus minor** hervor, der die Wand der Paukenhöhle durchbohrt und zum Ganglion oticum zieht (BÖHME und SEIFERLE, 2004b), in dem er endet (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die Glandula parotis

und die Backendrüsen werden anschließend sekretorisch von postganglionären parasympathischen Fasern versorgt (KÖNIG et al., 2009a). Über den N. auriculotemporalis gelangen die postganglionären Fasern dann zur Glandula parotis (SALOMON, 2008b). Weitere Fasern aus diesem Plexus gehen an die Tuba auditiva (KÖNIG et al., 2009a).

### **JACOBSONsche Schlinge**

Sie stellt eine direkte Verbindung zwischen dem Ganglion distale n. glossopharyngei und dem Ganglion oticum her und setzt sich aus dem N. tympanicus und dem N. petrosus minor zusammen. Dem Ganglion oticum werden auf diese Weise parasympathische Glossopharyngeusfasern zugeführt. Eventuell ist es auch möglich, dass über diese Schleife afferente Geschmacksfasern zum verlängerten Mark gelangen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Seine maximale Fasermischung erhält der N. glossopharyngeus dadurch, dass ihm gleich distal vom Ganglion distale durch den dünnen, grauen Nervenzweig des N. jugularis auch noch postganglionäre sympathische Fasern des Ganglion cervicale craniale zugeführt werden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Der fortlaufende Stamm des **N. glossopharyngeus** ist zunächst kaudoventral vom großen Zungenbeinast durch lockeres Bindegewebe eng mit dem N. vagus, dem N. hypoglossus und dem großen Ganglion cervicale craniale verbunden. In dieser Verbindung stellt der Stamm des N. glossopharyngeus einen relativ dünnen Nerv dar (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Beim Pferd ist er in einer Falte der Kaudalwand der medialen Luftsackbucht eingebettet. Er verläuft anschließend nach rostral bzw. rostroventral (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a). Gemeinsam mit dem N. vagus und dem N. hypoglossus liegt er der Luftsackschleimhaut des Sinus medialis kaudal von außen an. Mit dem N. hypoglossus zieht er dann rostral, weshalb er im endoskopischen Bild kaudodorsal im Recessus medialis erscheint. Dabei befindet er sich medial der gelenkigen Verbindung des Zungenbeins mit der Pars tympanica des Os temporale. Gemeinsam mit der A. carotis interna und dem N. hypoglossus zieht er dann in einer Schleimhautfalte, die sich im kaudalen Bereich zwischen dem Recessus lateralis und dem Recessus medialis des Luftsacks befindet und in das Lumen des Sinus medialis hineinragt. Diese Schleimhautfalte, in deren Basis man den N. vagus und den N. accessorius findet, wird als **Plica neurovasculosa** bezeichnet (WISSDORF et al., 2002i).

Der Stamm des N. glossopharyngeus teilt sich in einen **R. pharyngeus** und einen **R. lingualis**, nachdem er mit dem vorderen Halsganglion und dem N. vagus Fasern ausgetauscht hat und die Aufzweigung der A. carotis externa medial überkreuzt hat (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Vor seiner Aufzweigung in die eben genannten Äste entlässt der N. glossopharyngeus einen **R. sinus carotici** an den

Sinus caroticus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b) und das Glomus caroticum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b). Der R. sinus carotici zieht zum Plexus caroticus, der sich im Bereich der pressorrezeptorischen Zone des Sinus caroticus der A. carotis interna befindet. Das Glomus caroticum bezeichnen sie als chemoreceptorisches Paraganglion intercaroticum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Es handelt sich dabei um ein nicht chromaffines Paraganglion, welches an der Teilungsstelle der A. carotis communis zu finden ist (SALOMON, 2008b). Der R. sinus carotici weist nur sensible Faserqualitäten auf (BUDA und BUDRAS, 2009b). Wenn bei erhöhter Wandspannung infolge Blutdrucksteigerung bzw. bei Änderung des Blutchemismus Erregungen entstehen, so werden diese über die afferenten Fasern des R. sinus carotici zu den Vasomotorenzentren des verlängerten Markes geleitet (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Vom Hirnstamm aus wird der Herzschlag reflektorisch verlangsamt und damit der Blutdruck gesenkt. Mit seinen Chemorezeptoren registriert das Glomus caroticum die O<sub>2</sub>-Spannung im Blut und ändert bei Abnahme des O<sub>2</sub> Gehaltes reflektorisch die Atmungsfrequenz und -tiefe (SALOMON, 2008b).

#### **R. pharyngeus bzw. Rr. pharyngei**

Ein oder mehrere Äste zweigen etwa auf halber Länge des großen Zungenbeinastes vom N. glossopharyngeus ab. Medial vom Stylohyoid verlaufen sie dann zur hinteren Rachenwand und geben Zweige an den Plexus pharyngeus ab. Ebenso bestehen auch Verbindungen zum Plexus parotideus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der R. pharyngeus (die Rr. pharyngei) verzweigt sich gemeinsam mit dem R. pharyngeus des N. vagus im submukös gelegenen Plexus pharyngeus (KÖNIG et al., 2009a). Zusätzlich stoßen postganglionäre sympathische Fasern aus den Ganglion cervicale craniale zu diesem Plexus, der die Muskeln des Pharynx motorisch und die Rachenschleimhaut sensibel versorgt (SALOMON, 2008b).

Diese Versorgung der Pharynxmuskeln mit motorischen Fasern (SVE) geschieht laut Salomon gemeinsam mit Fasern des N. vagus (SALOMON, 2008b). Das motorische Versorgungsgebiet des N. glossopharyngeus kann allerdings nicht eindeutig abgeklärt werden, da am Plexus pharyngeus sowohl Glossopharyngeus- als auch Vagusfasern beteiligt sind. Als wichtigsten Versorger der Pharynxmuskulatur sieht man meist den N. vagus an (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### **R. m. stylopharyngei caudalis**

Er zieht zum gleichnamigen Muskel der Rachenwand, der als Schlundkopferweiterer wirkt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b).

#### **R. lingualis**

Zwischen dem Stylohyoid und dem Truncus linguofacialis bzw. der A. lingualis zieht der stärkere **R. lingualis** zungenwärts. Dabei wird er größtenteils vom Stylohyoid bedeckt. Bevor er sich im Winkel zwischen Stylo- und Epihyoid in einen dorsalen und einen ventralen Ast aufteilt, gibt er Zweige an den Schlundkopf und das Gaumensegel ab. Das

Ganglion lateropharyngeum ist, wenn vorhanden, vor dieser Aufteilung zu finden (siehe oben). Die Schleimhaut des Gaumensegels wird vom dorsalen Ast versorgt. Motorisch versorgt er wahrscheinlich auch noch die Mm. levator und tensor veli palatini. Der lateral an der Zunge auch mit dem N. lingualis in Verbindung stehende ventrale Ast zieht zur Schleimhaut der Zungenwurzel. Er gibt die **Rr. tonsillares** sowie Zweige an die Papillae vallatae und foliatae ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Rr. tonsillares versorgen die Tonsillen und die Schleimhaut der Schlundenge (SALOMON, 2008b). Der R. lingualis versorgt die Schleimhaut des kaudalen Drittels der Zunge sensibel, sensorisch und parasymphatisch (KÖNIG et al., 2009a). Parasympathische Fasern aus dem N. vagus und postganglionäre sympathische Fasern aus dem N. jugularis des Sympathikus erhält er für die Versorgung u.a. der Blutgefäße (WISSDORF et al., 2002k).

Laut Aussagen einiger Autoren gibt es mehrere **Rr. linguales** (BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b), die Berührungs-, Temperatur- und Schmerzfasern vom hinteren Zungendrittel und Geschmackfasern von den Papillae vallatae und foliatae führen (SALOMON, 2008b). Die Schleimhaut der Zungenwurzel und des Rachens gehören ebenso wie die Geschmackspapillen und das Gaumensegel zum Innervationsgebiet der sensiblen und sensorischen Rr. linguales (BUDA und BUDRAS, 2009b).

Geschmacksempfindungen können über den N. vagus auch zentral geleitet werden, da es zahlreiche Verbindungen zwischen dem N. glossopharyngeus und dem N. vagus gibt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### 2.3.4.4 N. vagus (X)

Der **N. vagus** besitzt unter den Gehirnnerven das ausgedehnteste Versorgungsgebiet. Es erstreckt sich von Bezirken im Kopfbereich bis zu den Eingeweiden des Thorakal- und Abdominalraums. In diesen Eingeweiden zweigt er sich dann plexusartig auf (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Sein Name rührt von diesem ausgedehnten Versorgungsgebiet her, denn „Nervus vagus“ bedeutet „der umherschweifende Nerv“ (BÖHME und SEIFERLE, 2004b) und leitet sich vom lateinischen Wort vagari (umherschweifen) ab (SALOMON, 2008b).

Zu Beginn stellt der N. vagus einen maximal gemischten Nerv dar (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Die allgemeinen viszerale afferenten Fasern (AVA) von Pharynx, Larynx, Trachea, Oesophagus, Brust- und Baueingeweiden stellen den Hauptfaseranteil (ca. 80%) des N. vagus dar. Sie sind weniger an der Nozizeption als an der Regulierung von Verdauungs-, respiratorischen und kardiovaskulären Funktionen beteiligt. Für die glatte Muskulatur und die Drüsen des Verdauungs- und Respirationstraktes beinhaltet er präganglionäre parasympathische Fasern (AVE). Branchiomotorische Fasern (SVE) für

die Pharynx- und Larynxmuskulatur und die quergestreifte Muskulatur des Oesophagus findet man ebenfalls im N. vagus. Von der Epiglottis kommt noch eine kleine Anzahl von Geschmacksfasern (SVA) und von der Haut des äußeren Gehörgangs und von der Dura mater kommen noch sensible Fasern (SALOMON, 2008b).

Auch der X. Gehirnnerv hat zwei Ganglien. Zum einen das **Ganglion proximale**, welches früher die Bezeichnung Ganglion jugulare trug und zum anderen das **Ganglion distale**, welches früher Ganglion nodosum hieß. Das Ganglion proximale ist am Foramen jugulare gelegen, durch das der N. vagus gemeinsam mit seinen Begleitnerven (IX und XI) aus der Schädelhöhle austritt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die Zellkörper der allgemeinen viszeralen Afferenzen (AVA) der Eingeweide findet man im Ganglion distale. Die Perikarya der Geschmacksfasern der Geschmacksrezeptoren der Epiglottis sind ebenfalls in diesem Ganglion gelegen. Im Ganglion proximale befinden sich die Zellkörper der allgemeinen somatischen Afferenzen (ASA), die Berührungs- und Temperaturempfindungen vom äußeren Gehörgang und von der Dura mater leiten (SALOMON, 2008b). Die sensiblen Wurzelzellen des N. vagus kommen vor allem in dem baulich und funktionell einem Spinalganglion gleichenden sensiblen Ganglion proximale vor. Teilweise liegen die sensiblen Wurzelzellen aber auch im Ganglion distale, welches vereinzelt multipolare Nervenzellen beinhaltet, die vom benachbarten Sympathikusganglion (Ganglion cervicale craniale) stammen. Diese Nervenzellen spielen allerdings für die Funktion des sensiblen Ganglion distale keine Rolle (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Laut König et al. findet man die pseudounipolaren, sensiblen Nervenzellen im Ganglion proximale während man die Synapsen für die parasymphatisch vom N. vagus versorgten Kopfgebiete im Ganglion distale findet, welches sich in Höhe des Abgangs des N. laryngeus cranialis befindet. Die afferenten Fasern der sensiblen Wurzelzellen werden an sensible Kerne in der Medulla oblongata gesendet (siehe oben) (KÖNIG et al., 2009a). Der **Nucleus ambiguus** in der Medulla oblongata (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b) stellt das motorische Kerngebiet des N. vagus dar. Von diesem Kern kommen auch die motorischen Fasern des N. glossopharyngeus (SALOMON, 2008b). Die motorischen Wurzelfasern des N. vagus stammen aus dem hinteren Teil des Nucleus ambiguus. Vor ihrem Austritt aus der Medulla oblongata bilden sie ein inneres Knie. Der N. vagus übernimmt einen wesentlichen Teil seines motorischen Anteils von den Radices craniales n. accessorii bzw. vom N. accessorius. Die Radices craniales n. accessorii werden deshalb auch als N. accessorius vagi zusammengefasst (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Nach ihrem Eintritt in das verlängerte Mark teilen sich die afferenten Wurzelfasern in auf- und absteigende Äste, die im Nucleus tractus solitarii und im Nucleus spinalis n. trigemini enden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Im Nucleus tractus solitarii enden die Geschmacksfasern vom N. facialis und vom N. glossopharyngeus ebenso wie sensible Fasern des N. glossopharyngeus und des N. vagus. Dieser Nucleus tractus solitarii

sendet dann Afferenzen an den Nucleus ambiguus. Im Nucleus tractus spinalis n. trigemini enden Fasern für die Leitung von Schmerz- und Temperaturempfindungen. Von diesem Kern erhält der Nucleus ambiguus ebenfalls Afferenzen (SALOMON, 2008b). Die sekundären Neurone, die aus diesen sensiblen Kernen (Nucleus tractus solitarii und Nucleus spinalis n. trigemini) hervorgehen verhalten sich wie die übrigen so genannten Kiemenbogennerven (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Der **Nucleus parasympathicus n. vagi** liegt in der Medulla oblongata. Er stellt das parasympathische Kerngebiet des N. vagus dar und liegt unmittelbar kaudal des Kerns des N. glossopharyngeus (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Er wird als **Nucleus parasympathicus n. glossopharyngei et n. vagi** bezeichnet. Als präganglionäre parasympathische Fasern endigen die Axone der parasympathischen Wurzelzellen in den intramuralen, oder prävertebralen Eingeweideganglien der Brust- und Bauchhöhle. Für gewöhnlich weisen diese Axone deshalb eine besondere Länge auf (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Sie ziehen an den Herzmuskel und die glatte Muskulatur und die Drüsen der Eingeweide im Brust- und Bauchraum. Bis zur Flexura coli sinistra reicht das Versorgungsgebiet des N. vagus am Darm. Der sakrale Parasympathicus versorgt das Colon descendens und das Rectum (SALOMON, 2008b).

Der N. vagus als Hauptvertreter des parasympathischen Nervensystems (BÖHME und SEIFERLE, 2004b) führt auch sympathische Fasern, die ihm vom Ganglion cervicale craniale über den N. jugularis oder andere Verbindungsäste zugeführt werden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Am N. vagus unterscheidet man wegen seines ausgedehnten Verbreitungsgebiet einen Kopf-, einen Hals-, einen Brust- und einen Bauchteil (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Es handelt sich bei dieser Einteilung um eine topographische Gliederung, die anatomisch nicht ganz eindeutig definiert ist (SALOMON, 2008b).

Im Folgenden wird nur auf den Kopfteil und den N. laryngeus caudalis seu recurrens genauer eingegangen.

### **Kopfteil, Pars cranialis**

Hierunter versteht man den Abschnitt des N. vagus, der von den Wurzelbündeln bis zur Abgangsstelle des N. laryngeus cranialis reicht. Dieser Abschnitt ist tierartlich unterschiedlich lang, beim Pferd verlässt der N. laryngeus cranialis den Vagusstamm z.B. erst in Höhe der Aufteilung der A. carotis communis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Der N. vagus entspringt lateral bzw. ventrolateral vom Pedunculus cerebellaris caudalis mit mehreren Faserbündeln an der Medulla oblongata. Dabei befindet er sich zwischen

den Gehirnnerven IX und XI (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; GASSE, 2002; KÖNIG et al., 2009a). Von den Wurzelfasern des N. glossopharyngeus kann er nicht scharf getrennt werden, da er unmittelbar anschließend an diese entspringt. Der Ramus internus (Radices craniales) n. accessorii gesellt sich ebenfalls zu dem aus den Wurzeln hervorgehenden Stamm des N. vagus. Er kann deshalb auch dem N. vagus zugerechnet werden und als N. vagus accessorius bezeichnet werden. Es ist auch dieser Accessoriusast, der sich später als N. laryngeus recurrens fortsetzt. Der N. vagus und der R. internus n. accessorii durchbohren zunächst gemeinsam die Dura mater (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Anschließend ziehen die Nerven IX, X und XI durch das Foramen jugulare aus der Schädelhöhle hinaus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002i). Das kleine, sensible **Ganglion proximale** ist lateral in den Stamm des N. vagus eingelagert und befindet sich innerhalb des Foramen jugulare. Der rückläufige, feine **R. meningeus** für die Dura mater und der **R. auricularis** gehen zunächst aus ihm hervor (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

#### **R. meningeus**

Er zieht durch das Foramen jugulare zurück in die Schädelkapsel (SALOMON, 2008b).

#### **R. auricularis**

Er dringt durch den Canaliculus mastoideus, in den Facialiskanal ein und verbindet sich mit dem N. facialis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Diese Verbindung findet unmittelbar vor dem Austritt des N. facialis aus dem Foramen stylomastoideum statt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der R. auricularis versorgt gemeinsam mit einem Ast des N. facialis bzw. laut Salomon alleine die Haut an der Innenfläche der Ohrmuschel. Somit ist der R. auricularis laut König et al. der einzige Vagusast, der ein Hautgebiet innerviert (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

An den N. glossopharyngeus und das Ganglion distale n. glossopharyngei (**R. communicans cum n. glossopharyngeo**) werden zarte Faserbündel abgegeben. Ein Zweig des N. jugularis mit postganglionären Sympathicusfasern wird übernommen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Anfänglich findet man den fortlaufenden Vagusstamm des Pferdes zwischen dem N. glossopharyngeus und dem N. accessorius. Anschließend kreuzt er den N. hypoglossus medial und drückt sich eng an das Ganglion cervicale craniale, welches der A. carotis interna caudal anliegt. Auf Höhe dieses Ganglions gibt der N. vagus den **R. pharyngeus** ab, der die A. carotis interna lateral überkreuzt. Anschließend schmiegt sich der N. vagus eng an das kraniale Ende des Grenzstranges, mit dem er die A. occipitalis medial kreuzt. Der **N. laryngeus cranialis** geht auf Höhe der Aufteilung der A. carotis communis vom N. vagus ab. Das **Ganglion distale** findet man immer vor der Abgangsstelle des N. laryngeus cranialis im Nervenstamm des N. vagus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Beim Pferd besteht dieses Ganglion aus diffus eingestreuten

Nervenzellen und tritt makroskopisch kaum in Erscheinung. Laut König et al. sind die Nervenzellen nur histologisch nachweisbar (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Mit dem N. sympathicus vereinigt sich der N. vagus zum **Truncus vagosympathicus**. Eingebettet in einer Falte der hinteren Luftsackwand findet man diese ganze Gruppe von Gefäßen und Nerven (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). (siehe auch 2.3.7 Luftsack, Diverticulum tubae auditivae)

### **Rr. pharyngei**

Wissdorf et al. erwähnen nur einen **R. pharyngeus**, der rostroventral aus der Plica neurovasculosa heraus zieht, um dann von dorsal in die Pharynxmuskulatur einzutreten (WISSDORF et al., 2002i). Dieser enthält motorische und sensible Faserqualitäten. Er versorgt außer dem M. stylopharyngeus caudalis die Pharynxmuskulatur und die Rachenschleimhaut. Ihm wird auch eine kaudale Beteiligung am Plexus pharyngeus zugesprochen (BUDA und BUDRAS, 2009b). Böhme und Seiferle erwähnen mehrere **Rr. pharyngei**, die mit rostroventralem Verlauf gegen die hintere und seitliche Rachen- und Schlundkopfwand ziehen. Dabei gehen sie mit dem N. hypoglossus Verbindungen ein (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Mm. constrictores pharyngis werden von den Rr. pharyngei bzw. dem R. pharyngeus mit motorischen Fasern versorgt. Die Rachenschleimhaut, auch die Schlundkopfschleimhaut, wird mit sensiblen Fasern versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b).

Das Schlundkopfgeflecht, **Plexus pharyngeus**, entsteht dadurch, dass sich die Rr. pharyngei mit Zweigen des N. glossopharyngeus, des N. accessorius (Vagusanteil), der Nn. hypoglossus, laryngeus cranialis und sympathicus sowie des 1. Halsnerven vereinigen. Beim Pferd weitet sich dieses Schlundkopfgeflecht auch auf die Schleimhaut des Luftsackes aus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Beim N. vagus handelt es sich um den wichtigsten Nerven für den Schluckvorgang (SALOMON, 2008b). Die Schleimhaut der Trachea, der Epiglottis und des Oesophagus wird von den Vagusfasern sensibel versorgt (KÖNIG et al., 2009a).

Ein **R. oesophageus** an das Vestibulum oesophagei geht vom Schlundkopfgeflecht ab. Die Mm. crico- und thyreopharyngeus sowie die vorderen zwei Drittel oder die ganze Halsportion des Oesophagus werden von diesem Ast versorgt. Beim Pferd kann man ihn bis zum Brusteingang verfolgen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Laut Salomon gelangt der R. oesophageus, der laut ihnen vom N. vagus abgeht, in die quergestreifte Muskulatur der Speiseröhre (SALOMON, 2008b).

Mit den in die Schlundkopfwand zwischen die Muskelschichten und in die Submucosa eingebauten intramuralen Ganglien (Plexus myentericus und Plexus submucosus) steht der Plexus pharyngeus in Verbindung. Die Schlundkopf- und die Rachenwand werden demnach vom N. glossopharyngeus und vom N. vagus sensibel und zum Teil auch motorisch innerviert (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).



### **N. laryngeus cranialis**

Bei diesem Nerv handelt es sich um einen motorisch, sensorisch und parasympathisch gemischten Nerv, der in Höhe der Aufteilungsstelle der A. carotis communis in die A. carotis interna und externa aus dem N. vagus hervorgeht (WISSDORF et al., 2002b). Diese Stelle befindet sich in etwa auf Höhe des Atlasflügels (WISSDORF et al., 2002g), an der Kopf-Halsgrenze (BUDA et al., 2009). Man kann ihn entweder noch zum Kopfteil des N. vagus zählen (KÖNIG et al., 2009a) oder schon zum Halsteil (BÖHME und SEIFERLE, 2004b), da dieser an seiner Abgangsstelle beginnt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Er geht aus dem **Ganglion distale n. vagi** hervor oder zweigt kurz distal davon vom N. vagus ab (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

Die A. carotis communis wird medial vom N. laryngeus cranialis gekreuzt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002b), der vom Ganglion cervicale craniale des Sympathicus Fasern erhält (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die zu seinem Innervationsgebiet gehörenden kaudal gelegenen Schlundkopfschnürer versorgt er mit kleinen Ästchen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Auf diesen Muskeln verläuft der Nerv rostral (WISSDORF et al., 2002b).

Auf Höhe des Kehlkopfs teilt er sich in einen **R. internus** und einen **R. externus** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Der R. internus stellt die Fortsetzung des N. laryngeus cranialis dar, während der R. externus entweder aus dem N. laryngeus cranialis oder nach der Gefäßaufteilung der A. carotis communis aus dem N. vagus hervorgeht (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002b).

#### **R. externus**

Er verläuft zunächst kaudoventral über die kaudalen Schlundkopfschnürer und versorgt dann den M. cricothyreoideus und endet in der Gegend der Schilddrüse bzw. genauer gesagt rostral von dieser (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b).

#### **R. internus**

Er zieht in kranioventraler Richtung, zum Vorderrand des Schildknorpels, um dort durch die Fissura thyreoidea bzw. das Foramen thyreoideum ins Kehlkopfinnere zu gelangen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002b). Dort verzweigt er sich in der Kehlkopfschleimhaut um diese sensibel zu innervieren. Laut den meisten Autoren versorgt er nur die Schleimhaut kranial der Stimmritze (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002b). Dort verbindet er sich mit dem N. laryngeus caudalis des N. laryngeus recurrens (BUDA et al., 2009). Für die Gegend des Kehldeckels und die Plicae aryepiglotticae führt der R. internus Geschmacksfasern

und für die Kehlkopfdrüsen (mukösen Drüsen der Kehlkopfschleimhaut) parasympathische Fasern (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; WISSDORF et al., 2002b). Der afferente Schenkel bei der Auslösung des Hustenreflex wird durch den R. internus bzw. allgemein durch den N. laryngeus cranialis verkörpert (BUDA et al., 2009; SALOMON, 2008b). Dieser Reflex wird ausgelöst, wenn Fremdkörper die Kehlkopf- oder Trachealschleimhaut reizen. Zusätzlich hat der N. laryngeus cranialis Bedeutung für das reflektorische Schließen der Glottis bei Kontakt mit Flüssigkeit (SALOMON, 2008b).

Der **N. depressor** geht ebenfalls vom N. laryngeus cranialis bzw. vom N. vagus ab. Auf ihn wird aber im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen.

### **N. laryngeus caudalis seu recurrens**

Obwohl dieser Nerv zum Brustteil des N. vagus gehört soll er in dieser Arbeit erwähnt werden, da er beim Pferd für das so genannte „Kehlkopfpfeifen“ verantwortlich ist.

In der Brusthöhle zweigt auf jeder Seite ein N. laryngeus recurrens aus dem N. vagus ab. Diese geschieht rechts auf einer anderen Höhe als links (WISSDORF et al., 2002g).

#### **Linker N. laryngeus recurrens**

Auf Höhe der Herzbasis geht der linke N. laryngeus recurrens aus dem linken N. vagus hervor. Er schlägt sich kaudal um den Arcus aortae (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA et al., 2009; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002g). Auf seinem Weg zurück zum Kopf verläuft der linke N. laryngeus recurrens, dessen Axone zu den längsten des Körpers gehören, zunächst rechterseits des Truncus brachiocephalicus, später dorsal des Truncus bicaroticus und schließlich am Hals ventral bzw. ventrolateral der Trachea (WISSDORF et al., 2002g). Weiter halswärts findet man ihn dann an der ventrolateralen bzw. ventralen Fläche der A. carotis communis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002g). Zwischen diesem Gefäß und der Trachea steigt er dann weiter am Hals auf. Kurz bevor er am Kehlkopf zum N. laryngeus caudalis wird kann man ihn dorsal der Schilddrüse finden (WISSDORF et al., 2002g).

#### **Rechter N. laryngeus recurrens**

Der rechte N. laryngeus recurrens geht in Höhe des Brusteingangs ab (BUDA et al., 2009). Er geht direkt kaudal bzw. auf Höhe des Truncus costocervicalis aus dem rechten N. vagus ab (KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002g). Somit wird er dicht kaudal der Ansa subclavia vom Vagusstamm entlassen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Auf seinem Weg nach medial schlägt er sich kaudal um den Truncus costocervicalis herum (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002g). Im Anschluss daran weist er den gleichen Weg wie der N. laryngeus recurrens der linken Seite auf (WISSDORF et al., 2002g). Allerdings findet man den rechten Nerv auf seinem Weg zum Kopf an der ventrolateralen Fläche des Truncus

bicaroticus und der Trachea und schließlich ventral der A. carotis communis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Auf ihrem Weg zurück zum Kopf geben die beiden Nn. laryngei recurrentes verschiedene Zweige ab, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

Den Kehlkopf erreichen die beiden rückläufigen Nerven lateral entlang der Trachea. Sie befinden sich dabei medial der A. carotis communis (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Die kraniale Fortsetzung des N. laryngeus recurrens wird auf jeder Seite durch den **N. laryngeus caudalis** verkörpert. Der N. laryngeus recurrens und der N. laryngeus caudalis werden im Klinikbereich gemeinsam als **Recurrens** bezeichnet. Ventral des Cornu caudale des Schildknorpels tritt jeder N. laryngeus caudalis in den Kehlkopf ein (WISSDORF et al., 2002b). Außer dem M. cricothyroideus, der vom R. externus des N. laryngeus cranialis innerviert wird, versorgt der N. laryngeus caudalis alle Kehlkopfmuskeln mit motorischen Fasern. Mit sensiblen und auch vegetativen Fasern innerviert er die Kehlkopfschleimhaut kaudal der Stimmfalten (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA et al., 2009; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002b).

### ***Kehlkopfpeifen***

Der linke N. laryngeus recurrens ist ca. 2 cm länger als der rechte, da er weiter kaudal entspringt. Bei den beiden Nerven handelt es sich um die längsten peripheren Nerven des Pferdes. Überwiegend auf der linken Seite kommt es zu idiopathischen Schädigungen des N. laryngeus recurrens. Diese Schädigungen sind histopathologisch durch die Abnahme markhaltiger Fasern im distalen, d. h. peripheren kehlkopfnahen Bereich zu erkennen. Diese Erkrankung beruht auf einer genetischen Grundlage, zumindest besteht kein begründeter Zweifel daran. Früher zog man verschiedene Punkte in Betracht, die als Ursache für diese Nervenschädigung in Frage kamen (WISSDORF et al., 2002g). Unter anderem hielt man eine Stoffwechselstörung aufgrund der enormen Länge des Nervs für möglich oder eine mechanische (Über-)Dehnung bei extremer Halsbewegung. Ebenso dachte man über eine Kompression des Nervs infolge der Pulsationswellen der Aorta im Brustbereich oder laut Wissdorf et al. der A. carotis communis im Halsbereich nach. Laut Salomon gelten diese Überlegungen immer noch, da es über die Ursache der vorwiegend auf der linken Seite vorkommenden Krankheit noch keine genauen Kenntnisse gibt. Im Brustbereich könnte der Druck auf den Nerven durch die nach Atemwegserkrankungen vergrößerten Lnn. tracheobronchales (bifurcationes) sinistri unterstützt werden, denn der Nerv verläuft zwischen diesen Lymphknoten und der Aorta (SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002g). Durch die distale Axonopathie, eine spezielle Form der Nervenschädigung, kommt es zu einer gleichseitigen Funktionsstörung der Kehlkopfmuskeln. Bei ca. 90% aller Kehlkopfpeifer tritt der Ausfall des M. cricoarytenoideus dorsalis links auf. Der entsprechende Stellknorpel wird nur noch verzögert oder sogar weniger oder gar nicht mehr bewegt. In

Folge dessen hängt die Stimmfalte dieser Seite, mehr oder weniger weit, locker in das Kehlkopflumen hinein. Man spricht dann von einer halbseitigen Kehlkopflähmung, Hemiplegia laryngis. Diese Innervationsstörung kann z.B. auch nach Halstraumata einschließlich chirurgischer Eingriffe wie z.B. der Kopperoperation vorkommen (WISSDORF et al., 2002g).

Wurde der N. laryngeus recurrens als Ursprungsnerv des N. laryngeus caudalis einseitig geschädigt, und kommt es zur halbseitigen Kehlkopflähmung, so zeigt sich unter Belastung das Kehlkopfpfeifen (WISSDORF et al., 2002b). Im endoskopischen Bild ist eine Asymmetrie der Rima glottidis zu erkennen. Das charakteristische Geräusch, der so genannte „Ton“, der bei der Inspiration unter Belastung zu hören ist, wird dadurch verursacht, dass der stark angestiegene Luftstrom die, laut Wissdorf et al. meist linkerseits, geschädigte Stimmfalte (Stimmrippe) ins Flattern versetzt (SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002b). Zur Atemnot bei starker Belastung kommt es durch den dynamischen Kollaps, d.h. durch das einseitige Hineinziehen der Stimmfalte und des Aryknorpels in das Kehlkopflumen (WISSDORF et al., 2002b). Infolge der Atemnot nimmt die Leistung des Pferdes ab. Forensisch zählt das Kehlkopfpfeifen zu den Hauptmängeln beim Pferd (SALOMON, 2008b).

#### 2.3.4.5 N. accessorius (XI)

Dieser aus motorischen bzw. hauptsächlich motorischen Fasern bestehende Nerv (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b) ist nur an seinem Ursprung rein motorisch. Später erhält der zur Vagusgruppe gehörende Nerv vom Ganglion cervicale craniale sympathische Zuflüsse. Laut Böhme und Seiferle erhält er diese Fasern unmittelbar nach dem Verlassen der Schädelhöhle (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Der zur Gruppe der so genannten Kiemenbogennerven gehörende N. accessorius versorgt Muskeln, die dem primitiven Pharynx entstammen (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Es handelt sich dabei um den M. trapezius, den M. sternocephalicus und den M. cleidocephalicus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a).

Es ist auch dieser Nerv, der den motorischen Hauptanteil des N. vagus liefert. Bei seinem Ursprung muss man zwei Wurzelgebiete erwähnen. Zum einen entspringt er in unmittelbarem Anschluss an den N. vagus im kaudalen Abschnitt des Nucleus ambiguus (Vagusanteil) und zum anderen entspringt er in einer lang gestreckten Zellsäule, die in der Medulla oblongata beginnt und zwischen Dorsal- und Ventralhorn gelegen, bis zum 6.-7. Halssegment des Rückenmarks reicht (spinaler Accessorius, **Nucleus spinalis n. accessorii**). Man unterscheidet demnach **Radices craniales** und **Radices spinales** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Zwischen Dorsal- und Ventralwurzel treten die Fasern aus der Seitenfläche des Zervikalmarks aus und bilden gemeinsam einen Strang, der als **Radix spinalis** neben dem Rückenmark durch das Foramen magnum in die

Schädelhöhle gelangt. Als **Radix cranialis** bezeichnete Faserbündel schließen sich dieser Wurzel an (KÖNIG et al., 2009a).

Laut Aussage anderer Autoren treten die Faserbündel der Radices spinales dorsal vom Lig. denticulatum und zwischen Radix dorsalis und Radix ventralis der ersten 5 Halsnerven seitlich aus dem Rückenmark aus und vereinigen sich zum **R. externus**. Dieser Strang wird kopfwärts immer stärker. Laut Salomon verläuft er durch das Cavum subarachnoideale. Durch das Foramen magnum tritt er dann in die Schädelhöhle ein. Dort angekommen vereinigt er sich mit den Radices craniales zum N. accessorius (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Nach der eben genannten Vereinigung separieren sich die Fasern der Radices craniales gleich wieder (SALOMON, 2008b), um sich zum **R. internus** zusammenzuschließen, der sich mit dem N. vagus vereinigt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b). Bevor sich die Fasern zum R. internus vereinigen bilden sie in der Medulla oblongata das innere Knie und treten im Anschluss an die Wurzelbündel des N. vagus aus dem verlängerten Mark aus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der R. externus stellt in der deskriptiven Anatomie den eigentlichen N. accessorius dar (SALOMON, 2008b).

Der N. accessorius schmiegt sich am Ganglion proximale n. vagi eng an den N. vagus an (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Er verlässt gemeinsam mit den Nerven IX und X die Schädelhöhle durch das Foramen jugulare (BUDA und BUDRAS, 2009b; GASSE, 2002; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Dabei befindet er sich in einer gemeinsamen Durascheide mit dem N. vagus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Nach dem Austritt erhält der N. accessorius die bereits erwähnten sympathischen Zuflüsse vom Ganglion cervicale craniale (siehe oben) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Der **R. internus** schließt sich erst jetzt endgültig dem N. vagus an (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b). Dies geschieht zunächst in Form einer losen Verbindung, die schon wenig später untrennbar wird. Der R. internus liefert auf diese Weise die motorischen Fasern für die Pharynx- und die Larynxmuskulatur (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Die Fasern des R. internus als Bestandteil des N. vagus versorgen die quergestreifte Oesophagusmuskulatur. Via N. laryngeus recurrens versorgen sie die Kehlkopfmuskeln (SALOMON, 2008b).

Der **R. externus**, der Verbindungen zum N. hypoglossus und zu Halsnerven hat, verlässt die Nervengemeinschaft an derselben Stelle wie der R. internus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Dieser Ast, der laut Salomon seitlich am Hals nach kaudal verläuft, teilt sich, laut den anderen Autoren ventral des Atlasflügels bzw. in dessen Flügelgrube, in einen **R. dorsalis** und einen **R. ventralis** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die beiden Rami sind oft durch eine Nervenschlinge miteinander verbunden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Zwischen dem M. brachiocephalicus (KÖNIG et al., 2009a) bzw. dem M. cleidocephalicus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b) und dem M. splenius (capitis) zieht der **R. dorsalis** kaudodorsal zum M. trapezius (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA

und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b). Der in kaudoventraler Richtung brustwärts ziehende, **R. ventralis** innerviert den M. sternocephalicus und den M. cleidocephalicus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Laut Salomon wird der M. cleidocephalicus vom R. dorsalis versorgt (SALOMON, 2008b). Der R. ventralis dringt mit bis zu 8 Einzelästen von medial in den M. sternocephalicus (M. sternomandibularis) ein (SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002g). In Höhe der Vereinigung der V. maxillaris und der V. linguofacialis zur V. jugularis externa findet man diese Nerveneintrittsstelle. Sie liegt am Übergang des Muskelbauchs in seine Ansatzsehne (WISSDORF et al., 2002g).

Von den Halsnerven C1-C5 erhalten beide Endäste des N. accessorius Verbindungszweige. Aus welchen Segmenten sie kommen hängt von der Tierart ab. Die proprioceptiven Afferenzen des Versorgungsgebietes des R. externus n. accessorii werden dem Rückenmark über die Halsnerven (C2-C5) zugeführt. Aberrante Nervenzellen, die die gleiche Funktion haben, können ebenfalls im N. accessorius vorkommen. Aus dem M. trapezius stammende proprioceptive Fasern gelangen auch in thorakale Spinalganglien. Unmyelinisierte Fasern, die im N. accessorius nachgewiesen wurden sind für Vasomotoren bestimmt und /oder sensible Fasern für die Pia mater (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

#### 2.3.4.6 N. hypoglossus (XII)

Da der N. hypoglossus eigentlich ein etwas modifizierter Rückenmarksnerv ist (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b), der in den Schädelraum einbezogen und damit an das hintere Ende des verlängerten Marks angeschlossen ist, nimmt er unter den Gehirnnerven eine Sonderstellung ein. Bei den Fischen und Amphibien zeigt dieser Nerv noch durchaus den Charakter eines Spinalnervs. Entwicklungsgeschichtlich ist die Zungenmuskulatur als ein Teil der ventralen Rumpfmuskulatur aufzufassen. Da diese frühembryonal in die Mundhöhle einwanderte und die Sklerotome der 3-4 ersten Segmente dem Cranium zugerechnet werden, ist der dieses Gebiet ursprünglich versorgende vorderste Halsnerv sekundär zum hintersten Gehirnnerv geworden. Vor allem durch die Rückbildung seiner sensiblen Anteile und damit durch seinen im Wesentlichen rein motorischen Charakter unterscheidet sich der N. hypoglossus von einem echten Spinalnerven (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b). Durch die **Ansa cervicalis** ist der N. hypoglossus mit dem 1.(-3.) Halsnerven verbunden, was seine Übergangsstellung zwischen Gehirn- und Halsnerven noch einmal unterstreicht. Durch diese Verbindung beteiligt er sich auch an der Bildung des **Plexus cervicalis ventralis** (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008b).

Die langen und kurzen Zungenbeinmuskeln werden über die Ansa cervicalis vom Ventralast des 1. Halsnerven bzw. vom 1. Halsnerven selbst versorgt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; SALOMON, 2008b), während die eigentlichen Zungenmuskeln vom

N. hypoglossus versorgt werden. Bei diesen Muskeln handelt es sich um den M. lingualis proprius (Binnenmuskel) und die Mm. genio-, stylo- und hyoglossus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). WISSDORF et al. weisen noch darauf hin, dass der N. hypoglossus alleine für die Motorik der Zunge verantwortlich ist, während 5 weitere Nerven (N. lingualis des V3, N. intermedius, R. lingualis des IX, X und N. jugularis des Sympathicus) für die Geschmacks-, Tast-, Schmerz- und Temperaturempfindung verantwortlich sind (WISSDORF et al., 2002k).

Der **Nucleus motorius n. hypoglossi** wird von den Wurzelzellen des N. hypoglossus gebildet. Der langgestreckte Kern befindet sich kaudal in der Medulla oblongata unter dem Trigonum n. hypoglossi der Rautengrube (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Die Wurzelzellen des N. hypoglossi stehen mit Kollateralen des Tractus solitarius und des Tractus spinalis n. trigemini in Verbindung. Über diese können reflektorische Zungenbewegungen durch Rezeptoren in der Mund- und der Zungenschleimhaut ausgelöst werden (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Lateral der Pyramide treten die Wurzelfasern des N. hypoglossus in mehreren Bündeln aus dem verlängerten Mark aus (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b). Vom Pedunculus cerebellaris caudalis kommen zarte Fäden und gesellen sich währenddessen zu ihnen. In diese Fäden kann ein kleines Ganglion oder Ganglienzellgruppen eingelagert sein (einstiger Spinalnerv!) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b). Nachdem die Faserbündel der Hypoglossuswurzel die Dura mater durchstoßen haben vereinigen sie sich zu einem kräftigen Nervenstamm (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a), der die Schädelhöhle durch den Canalis n. hypoglossi verlässt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; BUDA und BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008b; WISSDORF et al., 2002i). Auf seinem rostroventral gerichteten Weg zieht er zwischen dem N. vagus und dem N. accessorius hindurch und kreuzt diese beiden Nerven (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Den N. accessorius kreuzt er dabei medial und den N. vagus und den N. glossopharyngeus lateral (BUDA und BUDRAS, 2009a). Dabei geht er Verbindungen mit dem R. pharyngeus n. vagi (BÖHME und SEIFERLE, 2004b) und dem Ganglion cervicale craniale ein, von dem er sympathische Fasern bekommt (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a; WISSDORF et al., 2002i). Die **Ansa cervicalis** gibt er als Verbindungsast an den Ventralast des 1. Halsnerven ab (siehe oben) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Gemeinsam mit dem N. glossopharyngeus und der A. carotis interna kann man den Unterzungennerv in der Plica neurovaculosa der medialen Luftsackbucht erkennen (KÖNIG et al., 2009a). In ihrer Basis findet man noch den N. vagus und den N. accessorius (WISSDORF et al., 2002i). (siehe auch 2.3.7 Luftsack, Diverticulum tubae auditivae)

---

Die A. carotis externa wird lateral vom fortlaufenden Stamm des N. hypoglossus gekreuzt. Im Anschluss daran zieht er am ventralen Rand des Truncus linguofacialis, und der A. lingualis, zur Zungenwurzel (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a). Unter Aufteilung in einen oberflächlichen und einen tiefen Ast (BÖHME und SEIFERLE, 2004b; KÖNIG et al., 2009a) (**Rr. linguales**) tritt er am unteren Rand des M. styloglossus in die Zungenmuskulatur ein. Der tiefe Ast verläuft medial vom N. lingualis und geht nahe der Zungenspitze eine schlingenförmige Verbindung mit dem N. lingualis ein (R. communicans cum n. hypoglosso des N. lingualis) (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

Das Fehlen der sensiblen Dorsalwurzel des N. hypoglossus wird mit der Charakterisierung dieses Nervs als Halsnerv einerseits und als rein motorischer Nerv andererseits ausgedrückt. Allerdings ist erwiesen, dass sehr wohl dorsale Wurzelfasern des N. hypoglossus vorkommen können. Sie können auch kleine Ganglien enthalten. Sie sind abhängig von der Tierart ausgebildet und nicht konstant. Beim Pferd z.B. soll sehr selten eine dorsale Wurzel ausgebildet sein (BÖHME und SEIFERLE, 2004b).

### 2.3.5 Atmungsapparat

Am Atmungsapparat kann man luftleitende und luftaustauschende Organabschnitte unterscheiden. Zu den luftleitenden Atmungsorganen gehören: die Nase, die Nasenhöhle, die Nasennebenhöhlen, der Kehlkopf, die Luftröhre, die Bronchien und die Lungen. Die Bronchioli respiratorii, die Ductus alveolares, die Sacculi alveolares, und die Lungenbläschen, Alveolen, befinden sich innerhalb der Lunge und gehören zu den respiratorischen, luftaustauschenden Atmungsorganen (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

Die rostral von der Nasenspitze, **Apex nasi**, über den Nasenrücken, **Dorsum nasi**, bis zur Nasenwurzel, **Radix nasi**, reichende äußere Nase, **Nasus externus**, stellt den Beginn des Atmungsapparates dar (WAIBL, 2004). Beim Pferd ist die Haut um den Naseneingang herum fein behaart (NÖLLER und BUDRAS, 2009; WAIBL, 2004). Dort findet man genauso wie an der Oberlippe Sinushaare. An der Oberlippe können diese mit „Schnurrbarthaaren“ vergesellschaftet sein. Die Nasenlöcher bezeichnet man als **Nares**. Die Nasenöffnungen werden flexibel durch tierartspezifische äußere Nasenknorpel, **Cartilagine nasales externi**, gestützt. Über den kurzen, von kutaner Schleimhaut ausgekleideten Nasenvorhof, **Vestibulum nasi**, führen die Nasenöffnungen in die Nasenhöhle, **Cavum nasi**. Mehrere unterschiedlich große Nasenmuscheln, **Conchae nasales**, findet man in der paarig ausgebildeten Nasenhöhle. Die Nasengänge, **Meatus nasi**, werden von den Nasenmuscheln mit ihrer respiratorischen Schleimhautbedeckung geformt und reichen über die gesamte Länge der Nasenhöhle.



Die Nasengänge gehen im Nasengrund, **Fundus nasi**, in die Siebbeingänge, **Meatus ethmoidales**, über. Im Nasengrund findet man auch das Riechfeld, **Regio olfactoria**, welches tierartlich und individuell spezifisch groß ist und mit seiner Schleimhaut noch in die Nasenhöhle reichen kann. Der lufthaltige Raum im Schädel wird durch die Nasennebenhöhlen, **Sinus paranasales**, vergrößert. Sie sind tierartlich unterschiedlich ausgebildet und abhängig vom Alter unterschiedlich stark ausgeprägt. Vor allem zwischen den inneren und äußeren Platten der Stirn- und Kieferknochen, im Gaumen- und Keilbein sowie in den kaudalen Abschnitten der Nasenmuscheln kommen sie als große Buchten der Nasenschleimhaut vor. Der Übergang der Nasenhöhle in den Nasenrachen, **Pars nasalis pharyngis**, wird durch den **Meatus nasopharyngeus** gestaltet. Der Luftweg kreuzt den Verdauungskanal über das **Ostium intrapharyngeum** und gelangt so zum Kehlkopf, **Larynx**. Nun ist man bei den unteren Luftwegen angelangt (WAIBL, 2004).

Die „weiche“ **Nase** des Pferdes, die sensibel durch den N. infraorbitalis des N. trigeminus innerviert wird, stellt ein bedeutendes Tastorgan dar. Ihre sensible Innervation weist auch klinische Bedeutung auf (WAIBL, 2004).

### ***Aufgaben/Funktionen des Atmungsapparates***

Auf die Funktion der Lunge wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

In den zuführenden Atemwegen wird die Luft gereinigt und erwärmt sowie ihr Volumen reguliert. Das Atemvolumen für die ruhige oder forcierte Atmung wird durch die Aktivität der Atmungsmuskulatur gesteuert (WAIBL, 2004). An der Zustromregulierung sind die Nasenlöcher, der Kehlkopf und die Atemmuskeln beteiligt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Die Schleimhaut der Atemwege besitzt an ihrer Oberfläche ein von Becherzellen durchsetztes, mehrreihiges hochprismatisches Epithel mit Flimmerbesatz, welches der Reinigung der Luft von Schwebeteilchen dient (WAIBL, 2004). Dieses respiratorische Epithel findet man in der Nasenhöhle und den unteren Luftwegen (SALOMON, 2008a). Feinste Fremdkörper können durch den Flimmerstrom aus den Luftwegen heraus befördert werden, nachdem sie durch den Schleim der Becherzellen abgefangen wurden. Sie gelangen entweder über die Nasenlöcher nach außen oder kaudal in die Rachenhöhle, wo sich Verdauungs- und Atemweg kreuzen. Dort werden die zu eliminierenden Teilchen über die Speiseröhre abgeschluckt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Die Aufgabe, die Atemluft auf Körpertemperatur zu erwärmen und mit Wasserdampf zu sättigen, obliegt den oberen Atemwegen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Durch ein reich verzweigtes sowie stark erweiterungs- und drosselungsfähiges Blutgefäßnetz in der Schleimhaut der Nasenhöhle erfolgt die Erwärmung der Atemluft. Die Luftfeuchte in der Nasenhöhle wird durch die Blutwärme erhöht, was für den

Riechakt von Bedeutung ist (WAIBL, 2004). Laut Salomon ist es ein dichter, submuköser Venenplexus der für die Erwärmung zuständig ist. In der Schleimhaut der Nasenhöhle findet man zahlreiche Drüsen und Becherzellen, die ebenfalls der Befeuchtung der Atemluft dienen (SALOMON, 2008a). Es handelt sich dabei um seromuköse Drüsen (WAIBL, 2004).

Das Geruchsorgan, welches am Grund der Nasenhöhle zu finden ist, ist für die olfaktorische Kontrolle der Atemluft zuständig (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Zusätzlich hilft es auch noch bei der Orientierung in der Umwelt und schützt gemeinsam mit der sensiblen Innervation der Schleimhaut vor äußeren Noxen (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Sind schädliche Beimengungen in der Atemluft vorhanden, so bewirkt es den reflektorischen Verschluss des Luftwegs im Kehlkopf (WAIBL, 2004).

An der Lautbildung ist der Kehlkopf gemeinsam mit anderen Kopforgane, wie z. B. der Zunge, beteiligt (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Als Resonanzräume dienen die Mund- und die Nasenhöhle ebenso wie die Nasennebenhöhlen (SALOMON, 2008a).

### 2.3.5.1 Obere Atemwege

Zu den oberen Atemwegen gehören die Nase und der Nasenrachen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Die Mundhöhle wird aus klinischer Sicht oft ebenfalls zu den oberen Luftwegen gezählt (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

#### 2.3.5.1.1 Nase (Rhin, Nasus)

Unter dem Begriff Nase werden sowohl die **äußere Nase** als auch die **Nasenhöhle** und die **Nasennebenhöhlen** zusammengefasst (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Die Begrenzung der Nase erfolgt dorsal durch die Nasenbeine, lateral durch die Oberkieferbeine, ventral durch die Gaumenfortsätze der Zwischenkiefer-, der Oberkiefer- und der Gaumenbeine und kaudal durch die Lamina cribrosa des Siebbeins. Die ventrale Fortsetzung der Nase wird durch den Atmungsrachen dargestellt (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

#### **Äußere Nase, *Nasus externus***

Die den rostr dorsalen und seitlichen Abschnitt des Gesichtsschädels bildende **äußere Nase** ist bei den Haussäugetieren in das Angesicht einbezogen (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). An der Nase kann man folgende Teile erkennen: die Nasenspitze, **Apex nasi**, mit den beiden Nasenlöchern, **Nares**, die Nasenflügel, **Alae nasi**, den **Nasentrücken, Dorsum nasi**, die Nasenwurzel, **Radix nasi**, und laut Waibl jederseits die **Regio lateralis nasi** (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Die äußere Haut bildet gemeinsam mit einer Mittelschicht, die als knöcherne, rostral als knorpelige Stütze dient,

und einer Schleimhaut, die innen liegt, die Wand der Nase. Vor allem im rostralen Bereich findet man unter der äußeren Haut Muskeln, die die Weite der Nasenlöcher regulieren. Dies ist besonders bei angestrenzter Atmung und beim Wittern erkennbar (WAIBL, 2004). Die sichelförmigen Nüstern, die sich bei angestrenzter Atmung lateral entfalten und dann abgerundet bzw. kreisrund sind, stellen den Eingang in die Nasenhöhle, **Cava nasi**, dar (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Die Nasenspitze ist in die Kontur der Oberlippe integriert (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

### **Nasenlöcher, Nares**

Zwischen ihnen und in ihrer Umgebung fällt beim Pferd ein behaartes Hautfeld auf (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004), in das Sinushaare eingestreut sind. Der Nasenspiegel, **Planum nasale**, weist hingegen keinerlei Haare auf (WAIBL, 2004). Laut Nöller und Budras ist zwischen den Nasenlöchern und der Oberlippe äußerlich kein Planum nasale ausgebildet, da die äußere Haut an dieser Stelle beim Pferd durchgängig fein behaart ist (NÖLLER und BUDRAS, 2009). Mit fein behaarter, in der Regel pigmentierter äußerer Haut ist der Naseneingang ausgekleidet (WISSDORF et al., 2002j). Die mediane Lippenrinne, **Philtrum**, die beim Pferd nur angedeutet ist, beschränkt sich laut Waibl auf die Oberlippe (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Die Nasenflügel, **Ala nasi lateralis bzw. medialis** begrenzen seitlich die Nasenlöcher (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Der mediale Nasenflügel wird von einem Knorpel gestützt, während der laterale ohne knorpelige Stütze ist und dieser Bereich deshalb als weiche Nase, **Nasus cutaneus**, bezeichnet wird (NÖLLER und BUDRAS, 2009). Im ventralen bzw. im dorsalen Nasenwinkel gehen die Nasenflügel ineinander über. In den dorsalen Winkel des Nasenlochs ragt der mediale Nasenflügel hervor. Beim Blähen der Nüstern stellen sich die medialen Nasenflügel rostral auf und lateral, wo ihnen eine Knorpelstütze fehlt, werden die Nasenlöcher rund. Die Nasenlöcher und der folgende Vorhof werden durch das Zusammenwirken der Lippenmuskeln und der Nasenmuskeln erweitert. Bei verstärkter Atmung sind diese Muskeln für das Blähen der Nüstern verantwortlich (WAIBL, 2004). Es handelt sich dabei vor allem um den M. levator nasolabialis und den M. caninus (SALOMON, 2008a).

Das ventrale, in den ventralen Nasengang der Nasenhöhle führende „**wahre Nasenloch**“ wird durch die Flügelfalte vom dorsalen, so genannten „**falschen Nasenloch**“ abgegrenzt, welches in die Nasentrompete, **Diverticulum nasi**, einen blind endenden Hautsack führt (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j), der an der Incisura nasoincisiva endet (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002j). Beim Einführen der Nasenschlundsonde ist darauf zu achten, dass der ventrale Teil der Nüster, der in die Nasenhöhle führt, getroffen wird (BERG und BUDRAS, 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002j).

### **Nasenknorpel, Cartilagine nasii externi**

Der rostrale Abschnitt der Nase wird durch die Nasenknorpel, **Cartilagine nasii externi**, gestützt, die laut Waibl durch kurze Bänder an den umgebenden Knochenrändern befestigt sind (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Beim Pferd zeichnet sich das Knorpelgerüst des Naseneingangs dadurch aus, dass der Rostralrand des Septum nasi nicht das Vorderende der äußeren Nase erreicht (WAIBL, 2004). Beim Pferd findet man daher nur eine sehr kurze **Pars mobilis septi nasi**, die sich kaudomedial der Flügelknorpel, also im Bereich der Nasenlöcher befindet (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Die Seitenwandknorpel, **Cartilagine nasii laterales dorsales bzw. ventrales**, stellen jeweils dorsal bzw. ventral die laterale Verbreiterung des Septum nasi bzw. der Pars mobilis septi nasi dar (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Indem sie eine unvollständige Knorpelröhre formen, stützen sie den rostralen Abschnitt der lateralen Seitenwand (SALOMON, 2008a). Diese, dorsal und ventral am Rostralende der Nasenscheidewand befestigten Knorpel, sind für die Form der Nasenöffnung zuständig (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Der ventrale Knorpel ist beim Pferd eher unbedeutend oder fehlt. Ist er vorhanden, so bedeckt er lediglich die Sutura palatina mediana, während der dorsale Knorpel schmal ausgebildet ist und ein wenig in die Seitenwand herein ragt (WAIBL, 2004).

Die Ansatzknorpel, **Cartilagine nasales accessoria mediales bzw. laterales**, werden an den Seitenwandknorpeln beschrieben (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Der kräftige, S-förmige **Cartilago nasalis accessoria medialis** dient der Flügel falte, **Plica alaris**, als Stütze (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Diese Falte zieht von der ventralen Nasenmuschel aus rostral. Basal verbindet sich dieser Knorpel mit der ventralen Nasenmuschel (WAIBL, 2004). Die knorpelige Stütze am lateralen Naseneingang (also ein lateraler Ansatzknorpel) fehlt dem Pferd, weshalb diese häutig-muskulöse Seitenpartie der Nase auch als „weiche Nase“ bezeichnet wird (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Demnach ist die Nase lateral wegen der Lage des Flügelknorpels und der tiefen Incisura nasoincisiva ohne stützende Anteile, was ein Blähen der Nüstern ermöglicht. Die Nüster kann zusätzlich durch Heben der Platte des Flügelknorpels (durch Muskeleinwirkung) noch weiter geöffnet werden (WISSDORF et al., 2002j).

Der Flügelknorpel, **Cartilago alaris**, prägt die Kommaform der Nüstern und stellt eine Besonderheit des Pferdes dar (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Er befindet sich am rostralen Ende der Nasenscheidewand, mit der er auch verbunden ist (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Diese Verbindung ist bindegewebig, manchmal auch gelenkig. Er sitzt dem rostralen Teil der Nasenscheidewand regelrecht auf (WAIBL, 2004). An diesem elastischen Knorpel unterscheidet man dorsal eine Platte, **Lamina** und ventral ein Horn, **Cornu** (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Die Nasenlöcher werden sowohl dorsal als auch medial und

ventral, jedoch nicht lateral, von diesem Knorpel gestützt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j).

### **Nasenhöhle, Cavum nasi**

(siehe auch 2.3.1.1.4 Höhlen des Kopfes)

Wesentlich kleiner und enger als es der äußere Kopfumfang vermuten lässt, findet man den freien Raum der Nasenhöhle vor. In dem die Nasenhöhle außen begrenzenden Oberkieferbein fordern die kräftigen Backenzahnwurzeln und die Nasennebenhöhlen viel Platz, die mit Schleimhaut bedeckten Nasenmuscheln schränken den Raum der Nasenhöhle zusätzlich ein (WISSDORF et al., 2002j).

Der teils mit pigmentierter fein behaarter äußerer Haut und teils mit kutaner Schleimhaut ausgekleidete Nasenvorhof, **Vestibulum nasi**, ist der Beginn der Nasenhöhle (NÖLLER und BUDRAS, 2009; WAIBL, 2004). Salomon bezeichnet die Auskleidung des Nasenvorhofs als mehrschichtiges, unverhorntes Plattenepithel (SALOMON, 2008a). Kaudal wird die Nasenhöhle von der querstehenden Lamina cribrosa des Siebbeins begrenzt, die somit gleichzeitig die Grenze zur Schädelhöhle darstellt (WISSDORF et al., 2002j). Jede Nasenhöhlenhälfte steht über die kaudoventral gelegene Choananöffnung mit dem Pharynx in weit offener Verbindung. Die Choane kann als inneres Nasenloch bezeichnet werden (KÖNIG und LIEBICH, 2009; WISSDORF et al., 2002j).

Das **Septum nasi** stellt die aus überwiegend hyalinem Knorpel bestehende mediane Nasenscheidewand der Nasenhöhle dar, die kaudal im Fundus nasi am Siebbein endet. Im Alter kann es im kaudalen Teil zur Verknöcherung dieser Scheidewand kommen, die die Fortsetzung der Crista galli des Siebbeins darstellt (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Der Vomer hilft der medianen Scheidewand bei der Abgrenzung (WISSDORF et al., 2002j). Am Septum nasi kann man allgemein drei Teile unterscheiden: die **Pars membranacea**, die **Pars cartilaginea** und die **Pars ossea** (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002j). Dorsal ist die knorpelige Nasenscheidewand mit dem Os nasale bzw. dessen **Processus septalis** verbunden und ventral wird sie durch den vom Vomer gebildeten **Sulcus septalis** gestützt. Salomon bezeichnet diese Rinne als **Sulcus vomeris** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Die kurze, bindegewebige und bewegliche Pars membranacea ist zwischen den Nasenlöchern gelegen (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002j). Der aus hyalinem Knorpel bestehende Hauptanteil der Nasenscheidewand, **Pars cartilaginea**, schließt sich nahtlos an. Die kurze Pars ossea, die sich in die Lamina perpendicularis des Os ethmoidale fortsetzt, bildet den Abschluss der Nasenscheidewand (WISSDORF et al., 2002j). Salomon bezeichnet den rostralen Abschnitt des Cartilago septi nasi als **Pars mobilis septi nasi** (SALOMON, 2008a). Laut Nickel et al. stellt die knorpelige Pars mobilis septi nasi die rostrale Fortsetzung des Septum nasi dar (NICKEL et al., 2004b). Kaudal schiebt sich der Knorpel als **Processus caudalis** in den Winkel zwischen Vomer und Lamina

perpendicularis des Os ethmoidale. Der knöcherne Anteil besteht aus der Lamina perpendicularis und dem Vomer (SALOMON, 2008a).

Mächtige Venenpolster findet man auf ganzer Länge der Nase unter der Schleimhaut des Septum nasi (WISSDORF et al., 2002j).

Die Nasenmuscheln, **Conchae nasales**, ragen von lateral in den Hauptteil der Nasenhöhle hinein (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004) und die Fläche der respiratorischen Schleimhaut wird durch sie vergrößert. Unter der Schleimhaut der Nasenmuscheln findet man Gefäßplexus, in denen viele arteriovenöse Anastomosen auftreten (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Diese in der Submukosa gelegenen venösen Schwellkörper können als **Plexus cavernosi nasales** bezeichnet werden (SALOMON, 2008a).

Die Siebbeinmuscheln, **Conchae ethmoidales**, findet man im kaudodorsal gelegenen Nasengrund, der von ihnen ausgefüllt wird (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Der Nasenrachengang, **Meatus nasopharyngeus**, führt aus der beim Pferd sehr langen Nasenhöhle kaudoventral in den Nasenrachen, **Pars nasalis pharyngis**. Beim Pferd sind die Meatus nasopharyngei nur kurz und nicht unterteilt (WAIBL, 2004).

Die mit Atmungsschleimhaut ausgekleidete, eigentliche Nasenhöhle, **Cavum nasi proprium**, ist gut vaskularisiert (NÖLLER und BUDRAS, 2009).

Als **Regio respiratoria** bezeichnet man den Hauptteil der Nasenhöhle, der mit Atmungsschleimhaut ausgekleidet ist. Das Septum nasi (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004) gehört ebenfalls wie die Nasengänge und die Nasenmuscheln auch zu diesem Abschnitt (SALOMON, 2008a). Hier findet man ein von Becherzellen durchsetztes mehrreihiges, flimmertragendes, hochprismatisches Epithel, welches vorwiegend seröse Drüsen aufweist (WAIBL, 2004). Als **Regio olfactoria** bezeichnet man den mit Riechschleimhaut bedeckten Bereich im Nasengrund (NÖLLER und BUDRAS, 2009; WAIBL, 2004). Der an die Siebbeinmuscheln angrenzende Teil des Septum nasi ist ebenso wie der kaudale Teil der Siebbeinmuscheln von Riechschleimhaut bedeckt (SALOMON, 2008a).

In der **Regio respiratoria** findet man die **GII. nasales**, die in der Lamina propria liegen und tubuloalveoläre Drüsen mit gemischten Endstücken (muköse überwiegen) darstellen. Die laterale Nasendrüse, **GI. nasalis lateralis**, stellt eine seröse Drüse dar, die in der Apertura nasomaxillaris liegt. Gemeinsam mit den Becherzellen sind die Nasendrüsen für die Bildung des Schleimfilms (auf der Epitheloberfläche) zuständig. Dieser Schleimfilm dient der Anfeuchtung der Atemluft und der Bindung von Partikeln (SALOMON, 2008a).

In der **Regio olfactoria** findet man die **GII. olfactoriae** (BOWMAN). Bei diesen Drüsen handelt es sich um tubulöse Drüsen, die in der Lamina propria liegen. Ihr seröses Sekret ist dafür zuständig, dass Riechstoffe in Lösung gebracht werden. Des Weiteren spült dieses Sekret auch die Bindungsorte für neue Riechstoffe frei (SALOMON, 2008a).

### **Nasenmuscheln, Conchae nasales und Nasengänge, Meatus nasi**

Die Ausbildung der Nasenmuscheln und der Nasennebenhöhlen sind sowohl tierartlich als auch altersabhängig unterschiedlich (WAIBL, 2004). Die Muschelbeine stellen die knöcherne Grundlage der Nasenmuscheln dar (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Die im Nasengrund gelegenen Siebbeinmuskeln, **Conchae ethmoidales**, haben ebenfalls die Muschelbeine als knöcherne Grundlage (WAIBL, 2004).

Bei den Muschelbeinen handelt es sich um zart aufgerollte Knochenlamellen, die mit einer Basallamelle innen an den Schädelknochen befestigt sind. Die Basallamellen der dorsalen und ventralen Nasenmuschel ragen laut Waibl von lateral nach medial in die Nasenhöhle hinein. Ein oder zwei, selten mehr Spirallamellen rollen sich, von der Basallamelle ausgehend, wulstförmig auf (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Die Spirallamellen rollen sich dorsal und/oder ventral ein (WAIBL, 2004). Durch dieses Aufrollen kommt es zur Bildung von Buchten, **Recessus**, die in weit offener Verbindung mit der Nasenhöhle stehen. In der dorsalen und ventralen Nasenmuschel bilden sich an den freien Rändern der Spirallamellen Blasen, **Bullae conchalis dorsalis** und **ventralis**. Durch transversale Septen können diese Blasen noch in Zellen, **Cellulae**, unterteilt sein. Höhlen, **Sinus conchae**, die den Nasennebenhöhlen zuzurechnen sind, entstehen, wenn die freien Ränder der Spirallamellen mit ihrer Basallamelle oder mit benachbarten Schädelknochen verwachsen (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

### **Nasenmuscheln, Conchae nasales**

Man findet drei Nasenmuscheln vor, von denen die beiden größeren, **Conchae nasalis dorsalis** und **ventralis**, im mittleren und rostralen Drittel der Nasenhöhle dominieren. Die wesentlich kleinere **Concha nasalis media** schiebt sich im kaudalen Drittel der Nasenhöhle zwischen die beiden eben genannten (SALOMON, 2008a).

Die lange, dorsale Nasenmuschel, **Concha nasalis dorsalis**, reicht vom Siebbein bis in Höhe des P<sub>2</sub> bzw. in die Gegend des Nasenvorhofs (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Sie stellt die längste Nasenmuschel dar (WAIBL, 2004) und ist in ihrem mittleren Drittel durch einen Längsschlitz andeutungsweise zweigeteilt (NÖLLER und BUDRAS, 2009). Ihre knöcherne Grundlage wird durch das weit in die Nasenhöhle rostral vorragende und im Nasenbereich an der **Crista ethmoidalis** des **Os nasale** befestigte **Endoturbinale I** dargestellt (KÖNIG und LIEBICH, 2009; WAIBL, 2004). Das Endoturbinale I (bzw. dessen Spirallamelle) besteht aus zwei Abschnitten, einem rostralen und einem kaudalen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; NÖLLER und BUDRAS, 2009). Die beiden Abteilungen dieser Nasenmuschel werden durch ein quer verlaufendes Septum, welches von den meisten Autoren als **Septum conchae dorsalis** bezeichnet wird, voneinander getrennt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j).

Die rostrale Abteilung ist zum mittleren Nasengang hin eingerollt und umschließt den **Recessus conchae dorsalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; NÖLLER und BUDRAS, 2009). Diese durch Buchten, **Recessus**, gekennzeichnete

Abteilung ist zur Nase hin offen (WISSDORF et al., 2002j). Durch Cellulae wird diese als typische **Bulla conchalis** ausgebildete rostrale Abteilung weiter untergliedert (BUDRAS, 2009f; WAIBL, 2004). Vom Recessus conchae dorsalis ausgehend ist die Bulla conchalis dorsalis erreichbar (WAIBL, 2004).

In der kaudalen Abteilung findet man den rundum geschlossenen **Sinus conchae dorsalis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008c; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Er ist tütenförmig (NICKEL et al., 2004b) und steht kaudolateral mit der Stirnhöhle, **Sinus frontalis**, in weit offener Verbindung (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Diese beiden Höhlen können wegen ihrer Verbindung als Stirnmuschelhöhle, **Sinus conchofrontalis**, zusammengefasst werden. Die Stirnmuschelhöhle kommuniziert mit der kaudalen Kieferhöhle (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; WAIBL, 2004).

Zur Nasenöffnung hin geht die dorsale Nasenmuschel in die gerade verlaufende Schleimhautfalte, **Plica recta**, über (NÖLLER und BUDRAS, 2009; WISSDORF et al., 2002j). Die Falte verläuft zwischen dem Nasenloch und der dorsalen Nasenmuschel (SALOMON, 2008a) und lässt an ihrem kaudalen, also muschelwärtigen Ursprung, beim Pferd einen dorsalen und einen ventralen Schenkel erkennen (WAIBL, 2004).

Die ebenfalls lange, ventrale Nasenmuschel, **Concha nasalis ventralis**, dehnt sich von Höhe des M<sub>3</sub> bis auf Höhe des P<sub>2</sub> aus (WISSDORF et al., 2002j). Sie ist in Richtung mittlerer Nasengang hin eingerollt (WAIBL, 2004). Nur der rostrale Abschnitt des Maxilloturbinale rollt sich zum mittleren Nasengang hin ein (NICKEL et al., 2004b). Die Spirallamelle des Maxilloturbinale ist beim Pferd nur nach dorsal aufgerollt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Das nicht zum Siebbein gehörende Os conchae nasalis ventralis entspringt als knöcherne Grundlage der ventralen Nasenmuschel an der Crista conchalis der Maxilla (WAIBL, 2004). Die ventrale Nasenmuschel steht also in keinerlei Zusammenhang mit dem Siebbein, sondern ist eine Bildung der Maxilla (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Die ventrale Nasenmuschel wird durch das **Septum conchae ventralis**, ebenfalls in eine rostrale und eine kaudale Abteilung geteilt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

In der rostralen Abteilung findet man den **Recessus conchae ventralis** (WAIBL, 2004) und die in Zellen unterteilte Bulla (BUDRAS, 2009f; WAIBL, 2004). Die kaudale Abteilung umgibt die ventrale Muschelhöhle, **Sinus conchae ventralis** (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008c; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j), die ebenfalls wie der dorsale Sinus auch tütenförmig ist. Der Sinus conchae ventralis verjüngt sich nach rostral und ist rundherum gegen die Nasenhöhle abgegrenzt. Die Entstehung des Sinus conchae ventralis lässt sich dadurch erklären, dass der ursprüngliche freie Rand der ihn begrenzenden Spirallamelle mit der Basallamelle verwächst (NICKEL et al., 2004b). Über den Knochensteg des Canalis infraorbitalis hinweg (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j) steht die ventrale Muschelhöhle mit der kleinen, rostralen Kieferhöhle in Verbindung. Laut Wissdorf et al. wird diese Verbindung durch die **Apertura**



**conchomaxillaris** verkörpert (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j).

Der kaudale Abschnitt der Concha nasalis ventralis ist ebenso wie der der Concha nasalis dorsalis frei von Bullae und Cellulae (NÖLLER und BUDRAS, 2009).

Dorsal geht die Flügelfalte, **Plica alaris**, kontinuierlich aus der ventralen Nasenmuschel hervor, ventral die Bodenfalte, **Plica basalis**, (NÖLLER und BUDRAS, 2009; WAIBL, 2004). Die Flügelfalte wendet sich von der zur Nase hin offenen, rostralen Abteilung schräg dorsomedial zum medialen Ansatzknorpel (WISSDORF et al., 2002j), von dem sie ebenso wie von der Platte des Flügelknorpels gestützt wird (WAIBL, 2004). Die Flügelfalte ragt von medial in den dorsalen Winkel Nasenlochs (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004), während die Bodenfalte ventral, parallel zum Processus nasalis des Os incisivum apikal zieht (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Der Ductus nasolacrimalis ist in der Plica basalis enthalten (SALOMON, 2008a).

Die mittlere Nasenmuschel, **Concha nasalis media**, entspringt weit dorsal aus dem Siebbein. Sie ist extrem kurz und reicht nur bis in Höhe des letzten Backenzahns, M<sub>3</sub> (WISSDORF et al., 2002j). Sie reicht demnach rostral nicht über den Nasenhöhlengrund hinaus (KÖNIG und LIEBICH, 2009; NÖLLER und BUDRAS, 2009). Ihre knöcherne Stütze stellt das Endoturbinale II dar (KÖNIG und LIEBICH, 2009; WAIBL, 2004). Im Nasengrund dieser besonders kleinen Muschel liegt der **Sinus conchae mediae** (NÖLLER und BUDRAS, 2009; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j), der Anschluss an den Sinus maxillaris caudalis hat (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Laut Nöller und Budras weist der Sinus conchae mediae einen eigenen Zugang zur Nasenhöhle auf (NÖLLER und BUDRAS, 2009). Dieser eigene, schlitzförmige Zugang, der zum Sinus conchae mediae führt, ist im Nasengrund gelegen (BUDRAS, 2009f).

Waibl weist zu guter Letzt noch einmal darauf hin, dass alle drei Muschelhöhlen des Pferdes über die **Apertura nasomaxillaris** mit der Nasenhöhle in Verbindung stehen (WAIBL, 2004).

Als individuell und rassebedingt unterschiedlich geformte kleine Muscheln ragen zahlreiche Siebbeinmuscheln, **Conchae ethmoidales**, in den kaudalen Bereich der Nasenhöhle vor. Sie vergrößern die Riechfläche (WISSDORF et al., 2002j).

Das Lumen der Nasenhöhle wird durch die Conchae zu Nasengängen, **Meatus nasi**, reduziert (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004), die die Zwischenräume zwischen den Nasenmuscheln darstellen (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Begrenzt werden diese Gänge in jeder Nasenhöhle von den Kopfknochen, den Nasenmuscheln und der Nasenscheidewand (WISSDORF et al., 2002j). Diese Nasengänge stellen Luftwege von unterschiedlicher Weite dar. Man unterscheidet einen, zwischen Nasendach und dorsaler Muschel (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004) zur Riechschleimhaut im kaudalen

Nasengrund führenden engen, dorsalen Nasengang, **Meatus nasi dorsalis**, der auch als Riechgang bezeichnet wird (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Einen zwischen dorsaler und ventraler Nasenmuschel liegenden (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004) engen mittleren Nasengang, **Meatus nasi medius**, und einen weiten, ventralen Nasengang, **Meatus nasi ventralis**. Der mittlere Nasengang wird auch als Sinusgang bezeichnet, da ihm die Nasennebenhöhlen, **Sinus paranasales**, angeschlossen sind (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Der geräumigste Gang ist der ventrale, der zwischen der ventralen Nasenmuschel und dem Nasenhöhlenboden zu finden ist und kaudal über den Meatus nasopharyngeus in den Nasenrachen übergeht (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Wegen seiner Geräumigkeit eignet er sich zum Einführen von Sonden. Man bezeichnet ihn auch als Atmungsgang, da die Hauptmenge der Atmungsluft durch ihn hindurch zieht (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Sowohl am Boden dieses ventralen Nasengangs als auch am Septum nasi findet man kräftige Venenpolster, die von der V. sphenopalatina stammen (WISSDORF et al., 2002j).

Ein vom Nasendach bis zum Nasenboden durchgehender, paramedianer Spaltraum, der sich zwischen der Nasenscheidewand und den Nasenmuscheln befindet, wird als gemeinsamer Nasengang, **Meatus nasi communis**, bezeichnet. Medial werden die drei eben aufgeführten Nasengänge von ihm verbunden (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j).

Zwischen den Conchae ethmoidales, die ein Labyrinth im Nasengrund bilden, findet man die engen Meatus ethmoidales (SALOMON, 2008a).

### **Besondere Einrichtungen der Nasenhöhle**

Der Nasen-Gaumenkanal, **Ductus incisivus**, ist beidseitig ausgebildet und verbindet eigentlich den rostralen Teil der Nasenhöhle mit der Mundhöhle. Diese Verbindung erfolgt über die Fissura palatina (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Rostral im Nasenhöhlenboden findet man diesen schräg rostroventral gerichteten Kanal. Verborgenen im ventralen Nasengang findet man in Höhe des Eckzahns seine dorsale Öffnung. In der Mundhöhle mündet er auf der Papilla incisiva (WAIBL, 2004). Die beiden mundhöhlenseitigen Öffnungen befinden sich neben der Papilla incisiva im harten Gaumen (SALOMON, 2008a). Beim Pferd ist es allerdings anders, denn da endet der Kanal schon vor Erreichen der Papille blind (WAIBL, 2004). Die Folge davon, dass der Kanal beim Pferd die Mundhöhle nicht erreicht ist, dass das Nasenbodenorgan nur mit der Nasenhöhle kommuniziert (SALOMON, 2008a).

Das Nasenbodenorgan, **Organum vomeronasale (Jakobsonsches Organ)**, ist bei den großen Haussäugetieren etwa gänsefederkielstark und 150-200 mm lang. Das Nasenbodenorgan kommt auf jeder Seite des Nasenseptums im Nasenhöhlenboden vor

(SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Das Organum vomeronasale liegt in der Pars cartilaginea des Nasenseptums auf dem Palatum durum (NÖLLER und BUDRAS, 2009). Es dient den Tieren als Witterungsorgan (WAIBL, 2004) und nimmt Pheromone wahr, womit es eine wichtige Rolle beim Sexualverhalten spielt (SALOMON, 2008a). Dieses Organ stellt ein mit Sinnesepithel ausgestattetes Schleimhautrohr dar, welches laut Salomon als epitheliale Röhre, **Ductus vomeronasalis**, bezeichnet wird. Dieses Rohr wird von einem dünnwandigen, unvollständigen Knorpelrohr, dem Nasenbodenknorpel, **Cartilago vomeronasalis**, gestützt. Waibl erwähnt noch, dass diese Stütze anstatt des Knorpelrohrs auch durch eine dem Vomer zugehörige knöcherne Hülle dargestellt werden kann. In Höhe des Eckzahns findet man die Mündung dieses kaudal blind endenden Organs in den Ductus incisivus (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Das kaudale Ende dieses Organs reicht bis in Höhe des 2.-4. Backenzahnes (WAIBL, 2004). Innerviert wird das Vomeronasalorgan vom N. terminalis (BÖHME und SEIFERLE, 2004a).

Den nur wenige Millimeter großen Körper der laterale Nasendrüse, **Glandula nasalis lateralis**, findet man am Zugang zur Kieferhöhle (an der Apertura nasomaxillaris). Im Nasenvorhof, in der Umgebung bzw. am Ende der geraden Falte, mündet ihr Ausführungsgang, der zuvor in der Wand des mittleren Nasengangs verläuft. Beim Pferd liegt die Öffnung in einer Querebene zwischen dem 1. und 2. Backenzahn, also weiter kaudal als bei den anderen Haussäugetieren. Die Inspirationsluft wird durch das Sekret dieser Drüse befeuchtet, was ebenfalls eine wichtige Rolle für die Funktion des Nasenbodenorgans spielt (WAIBL, 2004).

Die Mündung des Tränennasengangs, **Ostium nasolacrimale**, ist im Nasenvorhof gelegen. Laut Waibl im ventralen Winkel des Nasenlochs (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Es kann vorkommen, dass diese Öffnung doppelt ausgebildet ist (NÖLLER und BUDRAS, 2009). Beim Pferd kann man sie schon durch leichtes Spreizen der Nasenflügel sichtbar machen (WAIBL, 2004). Diese linsengroße, schlitzförmige Öffnung liegt in der Nähe einer Grenzlinie, **Limn nasi** (SALOMON, 2008a). Diese Grenzlinie stellt eine scharfe Grenze am Übergang der äußeren Haut des Nasenvorhofs in das respiratorische Epithel, welches den größten Teil der eigentlichen Nasenhöhle auskleidet, dar. Die meisten Autoren weisen darauf hin, dass sich die Öffnung noch im Bereich der äußeren Haut befindet (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

### ***Nebenhöhlen der Nase, Sinus paranasales***

(siehe auch 2.3.1.1.4 Höhlen des Kopfes)

Beim Pferd kommen folgende Nasennebenhöhlen vor: die Kieferhöhle, **Sinus maxillaris**, die Stirnhöhle, **Sinus frontalis**, die Gaumenhöhle, **Sinus palatinus** und die Keilbeinhöhle, **Sinus sphenoidalis** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Von diesen vier Nasennebenhöhlen kommt dem Sinus frontalis und dem Sinus maxillaris

klinisch die größte Bedeutung zu. Eine Verschmelzung zum **Sinus sphenopalatinus** findet zwischen der Gaumen- und der Keilbeinhöhle statt (SALOMON, 2008a). Die Hohlräume der Nasenmuscheln, die als **Sinus conchae dorsalis, mediae** und **ventralis** bezeichnet werden, können ebenfalls zu den Nasennebenhöhlen gezählt werden (SALOMON, 2008c; WISSDORF et al., 2002j).

Bei den Nasennebenhöhlen handelt es sich um luftgefüllte Schleimhautaussackungen, die mit der Nasenhöhle in Verbindung stehen (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008a; c; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Sie werden von einer äußerst dünnen, respiratorischen Schleimhaut ausgekleidet (KÖNIG und LIEBICH, 2009; WISSDORF et al., 2002j), die eine spärliche Gefäßversorgung aufweist (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a).

### **Verbindungssystem der Nasennebenhöhlen untereinander und mit der Nasenhöhle**

Da die Verbindungen der Nebenhöhlen mit der Nasenhöhle und untereinander tierartig differenziert ausgebildet sind, gibt es zwei verschiedene Verbindungssysteme der Nasennebenhöhlen. Man unterscheidet den **Typ A**, bei dem die Höhlen mit nur einem engen Zugang, dem mittleren Nasengang der Nasenhöhle hinter geschaltet sind und den **Typ B**, bei dem die Höhlen, jede mit einem eigenen Zugang, dem Meatus ethmoidales, im Nasengrund angeschlossen sind. Diese Höhlen sind also nebeneinander und nicht hintereinander geschaltet. Beim Pferd liegt der Typ A vor. In der **Apertura nasomaxillaris** besitzen die rostrale, kleine und die kaudale, große Kieferhöhle einen gemeinsamen Zugang (WAIBL, 2004). Die Stirn- Muschelhöhle, Sinus conchofrontalis, ist der kaudalen Kieferhöhle dorsal hintergeschaltet, während ihr kaudovertral die Gaumen- Keilbeinhöhle hintergeschaltet ist. Medial ist ihr noch die mittlere Muschelhöhle hintergeschaltet. Die rostrale Kieferhöhle steht medial mit der ventralen Muschelhöhle in Verbindung (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Auf diese Weise sind also alle Nasennebenhöhlen über die Apertura nasomaxillaris, dem mittleren Nasengang der Nasenhöhle angeschlossen (WAIBL, 2004).

### **Kieferhöhle, Sinus maxillaris**

Die Kieferhöhle stellt beim Pferd die geräumigste Nebenhöhle der Nase dar (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004) und wird durch das individuell unterschiedlich gewellte, knöcherne **Septum sinuum maxillarium** in einen kleineren **Sinus maxillaris rostralis** und einen größeren **Sinus maxillaris caudalis** geteilt (BUDRAS, 2009f; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Das Septum ist in seiner Lage variabel. Laut Aussage einiger Autoren befindet es sich meist 40-60 mm kaudal des rostralen Endes der Crista facialis. Laut WISSDORF et al. kann es beim Pferd auch mal unvollständig sein (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b; WISSDORF et al., 2002j). Das an seinem dorsalen Septumanteil zarte Septum, zieht variabel von den letzten Backenzähnen schräg nach dorsal. Es teilt auch die Apertura nasomaxillaris in zwei Teile (BUDRAS, 2009f).

Über die spaltförmige **Apertura nasomaxillaris**, die sich auf Höhe des  $M_2$ , zwischen dorsaler und ventraler Nasenmuschel befindet, hat die Kieferhöhle Anschluss an den Sinusgang der Nasenhöhle (SALOMON, 2008c). Die rostrale und die kaudale Kieferhöhle besitzen also in der Apertura nasomaxillaris einen gemeinsamen Zugang zum mittleren Nasengang der Nasenhöhle (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Zwei separate Gänge führen von dieser einheitlichen Öffnung in die jeweilige Kieferhöhle (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Der Zugang stellt einen flachen Spalt zwischen dorsaler und ventraler Nasenmuschel dar, über dessen rostralateralen Spaltwinkel man in die rostrale Kieferhöhle gelangt und über den kaudomedialen in die kaudale (WAIBL, 2004).

### **Sinus maxillaris rostralis**

Der Sinus maxillaris rostralis befindet sich im Oberkieferbein. Laut Liebich und König befindet er sich nur in dessen rostralem Abschnitt (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; WAIBL, 2004). Er grenzt an die Alveolarwände von  $P_4$  bis  $M_2$  (SALOMON, 2008a). Laut Wissdorf et al. werden beim adulten Pferd die Alveolarwände von  $M_1$  und  $M_2$  sowie ein Teil der Alveolenwände von  $P_4$  in Abhängigkeit vom Verlauf des Septum sinuum maxillarium von der rostralen Kieferhöhle mit gebildet. Die Alveole des  $M_2$  kann durch den unterschiedlichen Verlauf des Septums gelegentlich sowohl im Bereich der rostralen als auch der kaudalen Abteilung der Kieferhöhle liegen. Meistens liegt sie aber nur im Bereich der kaudalen Kieferhöhle (WISSDORF et al., 2002j). Budras sagt, dass mit überlagerndem Grund der Zahnfächer von ventral her die Wurzeln der Backenzähne  $P_4$  und  $M_1$  in die rostrale Kieferhöhle hinein ragen. Individuell variabel gestaltet sich allerdings die Zuordnung der Zahnwurzeln zu den Kieferhöhlen (BUDRAS, 2009f).

Allgemein ist zu den Zahnfächern und der Kieferhöhle folgendes zu sagen:

Die Zahnfächer der drei letzten Backenzähne bilden am Grunde der Kieferhöhlen Buchten (NICKEL et al., 2004b). Liebich und König beschreiben es als Vorragen der Alveolarfortsätze der letzten drei Backenzähne am Boden der beiden Kieferhöhlen (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

In Höhe des  $M_2$  führt eine Abflussöffnung aus der rostralen Kieferhöhle in den rostralen Anteil der spaltförmigen zweigeteilten Apertura nasomaxillaris, die in Höhe des  $M_2$  in den Sinusgang mündet (WISSDORF et al., 2002j).

Die ventrale Muschelhöhle steht über den Knochensteg des Canalis infraorbitalis hinweg mit der rostralen Kieferhöhle (der sie hintergeschaltet ist) in Verbindung (BUDRAS, 2009f; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Diese Verbindung erfolgt über die **Apertura conchomaxillaris** (BUDRAS, 2009f; SALOMON, 2008a), die sich über dem freien Ende der vertikalen Knochenlamelle, die den Canalis infraorbitalis beinhaltet, befindet. Der Sinus conchae ventralis liegt medial der eben genannten Knochenlamelle (BUDRAS, 2009f).

### **Sinus maxillaris caudalis**

Er umfasst den kaudalen Teil der Maxilla, das Os zygomaticum und das Os lacrimale (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; NICKEL et al., 2004b). Kaudodorsal beteiligen sich das Os lacrimale, das Os zygomaticum und das Os ethmoidale an der Begrenzung der kaudalen Kieferhöhle, während ihre Wand die Orbita kraniomedial begrenzt (WAIBL, 2004).

Durch eine von ventral hochragende Knochenleiste, die an ihrem freien, abgerundeten Rand den Canalis infraorbitalis beherbergt, wird die kaudale Kieferhöhle in zwei Abteilungen unterteilt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Zum einen kann man eine größere ventrolaterale Abteilung erkennen und zum anderen eine kleinere dorsomediale. Salomon weist noch darauf hin, dass sich der Canalis infraorbitalis, der den sensiblen N. infraorbitalis beherbergt, nach Passage des Septum sinuum maxillarium in der rostralen Kieferhöhle fortsetzt und schließlich am Foramen infraorbitale endet (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Laut Liebich und König teilt diese, etwas weiter medial als die Alveolarfortsätze der letzten drei Backenzähne gelegene Knochenplatte, die in ihrem freien Rand den Canalis infraorbitalis einschließt, sowohl die kaudale als auch die rostrale Kieferhöhle in eine laterale und eine mediale Bucht (LIEBICH und KÖNIG, 2009b).

Beim erwachsenen Pferd wird, wieder in Abhängigkeit vom Verlauf des Septum sinuum maxillarium, der laterale Teil der Alveolenwand des M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub> durch die innere Wand der kaudalen Kieferhöhle gebildet (WISSDORF et al., 2002j). Laut Budras ragen die letzten zwei oder drei Backenzähne mit ihrem Alveolenüberzug von ventral her in die kaudale Kieferhöhle hinein. Individuell variabel gestaltet sich auch hier wieder die Zuordnung der Zahnwurzeln zu den Kieferhöhlen (BUDRAS, 2009f).

Ebenfalls über die Apertura nasomaxillaris hat auch die kaudale Kieferhöhle Anschluss an den Sinusgang (SALOMON, 2008c). Dorsal der ventralen Nasenmuschel, etwa auf Höhe des M<sub>3</sub>, ist die versteckt liegende Öffnung, der kaudale Anteil der Apertura nasomaxillaris, zu finden (WISSDORF et al., 2002j).

Über die **Apertura frontomaxillaris** steht die kaudale Kieferhöhle dorsalmedial mit der ihr angeschlossenen Stirn-Muschelhöhle in weiter Verbindung (BUDRAS, 2009f; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Kaudomedial steht sie mit der Gaumenhöhle, der wiederum die Keilbeinhöhle angeschlossen ist, in Verbindung (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

### **Stirnmuschelhöhle, Sinus conchofrontalis**

In weiter Verbindung stehen alle Abteilungen der Stirnhöhle miteinander und mit der dorsalen Muschelhöhle (WAIBL, 2004). Die Stirnhöhle verbindet sich rostromedial weitlumig mit der dorsalen Muschelhöhle, weshalb man sie auch als Stirnmuschelhöhle, **Sinus conchofrontalis**, zusammenfassen kann (BUDRAS, 2009f; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). In der Stirnmuschelhöhle findet man rostral bzw. rostrodorsal die dorsale Muschelhöhle und

kaudal bzw. kaudolateral die Stirnhöhle (BUDRAS, 2009f; NICKEL et al., 2004b). Am Grenzgebiet dieser beiden Teile erhebt sich am Boden der Stirnmuschelhöhle das Siebbeinlabyrinth (NICKEL et al., 2004b). Über die **Apertura frontomaxillaris** besteht die Verbindung der Stirn- Muschelhöhle mit der kaudalen Kieferhöhle (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j). Durch die Verbindung mit der kaudalen Kieferhöhle hat die Stirnmuschelhöhle einen direkten Anschluss an die Nasenhöhle und zwar über die enge Apertura nasomaxillaris, die auf Höhe des M<sub>2</sub> in den mittleren Nasengang mündet (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002j).

### **Gaumenhöhle, Sinus palatinus**

Den größten Teil der Gaumenhöhle findet man in der Lamina perpendicularis des Os palatinum. Im Os ethmoidale und im Vomer findet man kleinere Abschnitte. Diese beiden Knochen beteiligen sich eher dorsal an der Begrenzung dieser Höhle. Über die **Apertura maxillopalatina** ist die Gaumenhöhle der kaudalen Kieferhöhle hintergeschaltet. Nerven und Gefäße, die zur Nasenhöhle, zum harten Gaumen oder durch den Canalis infraorbitalis zu den Zähnen und zum Angesicht ziehen, können bei Erkrankungen der Gaumenhöhle betroffen sein (WAIBL, 2004). Meistens ist die Keilbeinhöhle der Gaumenhöhle kaudal weitlumig angeschlossen, weshalb man sie auch als Gaumen-Keilbeinhöhle, **Sinus sphenopalatinus**, zusammenfassen kann (LIEBICH und KÖNIG, 2009b; SALOMON, 2008c; WAIBL, 2004). In einigen seltenen Ausnahmefällen kann es dazu kommen, dass die Gaumen- und die Keilbeinhöhle nicht vereinigt sind. Dann hat die Keilbeinhöhle über einen Siebbeingang eine eigene Verbindung mit der Nasenhöhle (NICKEL et al., 2004b). In den Sinus sphenopalatinus, der laut Budras ventromedial der Orbita, das Gaumen- und das Keilbein pneumatisiert (BUDRAS, 2009f; KÖNIG und LIEBICH, 2009), gelangt man über die runde Apertura maxillopalatina, die kaudoventral der **Apertura frontomaxillaris** liegt (BUDRAS, 2009f).

Der Sinus sphenopalatinus ist ebenso wie der Sinus conchae mediae von untergeordneter klinischer Bedeutung (WISSDORF et al., 2002j).

### **Keilbeinhöhle, Sinus sphenoidalis**

Sie pneumatisiert das Os praesphenoidale (dessen Körper). Das Os basisphenoidale bzw. dessen Körper wird nur bei älteren Tieren durch diese Höhle pneumatisiert (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Eine enge Lagebeziehung ist zu dem im Canalis opticus gelegenen N. opticus, der in der Dorsalwand des Os praesphenoidale zu finden ist (bzw. an der Sehnervenkreuzung), ausgebildet. Erblindung bzw. Sehstörungen allgemein können deshalb Folge einer Erkrankung der Keilbeinhöhle sein (KÖNIG und LIEBICH, 2009; WAIBL, 2004). Durch ein Septum wird der Sinus sphenoidalis unsymmetrisch in eine rechte und eine linke Hälfte unterteilt. Nickel et al. bezeichnen das Septum als **Septum sinuum sphenoidalium** (NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2008c). Es kann auch vorkommen, dass die Keilbeinhöhle beim Pferd fehlt (WAIBL, 2004).

### **Obere Muschelhöhle, Sinus conchae dorsalis**

Der Sinus conchae dorsalis ist beim Pferd nur im kaudalen Abschnitt der dorsalen Nasenmuschel zu finden. Mit der Stirnhöhle zusammen wird er als Stirnmuschelhöhle bezeichnet (BUDRAS, 2009f; NICKEL et al., 2004b).

Legt man eine Transversalebene durch die Mitte einer Verbindungslinie, die sich zwischen nasalem Augenwinkel und rostralem Ende der Crista facialis befindet, so erhält man die rostrale Begrenzung der dorsalen Muschelhöhle (WISSDORF et al., 2002j).

### **Untere Muschelhöhle, Sinus conchae ventralis**

Diese, als Sinus conchae ventralis bezeichnete Muschelhöhle, tritt laut Nickel et al. nach lateral mit der kleinen Kieferhöhle in Verbindung. Man findet sie im kaudalen Abschnitt des Os conchae ventralis bzw. der ventralen Nasenmuschel (NICKEL et al., 2004b; NÖLLER und BUDRAS, 2009; WISSDORF et al., 2002j).

### **Mittlere Muschelhöhle, Sinus conchae mediae**

Diese, ebenfalls der kaudalen Kieferhöhle angeschlossene Höhle, ist von untergeordneter klinischer Bedeutung (WISSDORF et al., 2002j). Der Sinus conchae mediae, der sich in der mittleren Nasenmuschel befindet, hat einen eigenen Zugang zur Nasenhöhle (NÖLLER und BUDRAS, 2009).

### **Lymphsystem von Nasenhöhle und Nasennebenhöhle und sensibel Innervation der Nasennebenhöhlenschleimhaut**

Über zwei Zentren wird die Lymphe aus dem Bereich der Nasenhöhle und der Nasennebenhöhlen drainiert. Zum einen über das Lc. mandibulare mit den Lnn. mandibulares und zum anderen über das Lc. retropharyngeum mit den Lnn. retropharyngei mediales und laterales. Der N. sinuum frontium des N. frontalis versorgt die Schleimhaut der Stirn- und der Keilbeinhöhle. Die Schleimhaut der Kieferhöhle wird über die Rr. alveolares superiores des N. infraorbitalis innerviert (WISSDORF et al., 2002j).

### **Nasenrachen, Pars nasalis pharyngis**

Über den **Meatus nasopharyngeus**, der die kaudale Fortsetzung des ventralen Nasengangs darstellt, führt der Luftweg aus der Nasenhöhle durch die Choanen in den Nasenrachen (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Die dorsale Etage des Schlundkopfes wird durch den Nasenrachen, **Pars nasalis pharyngis**, verkörpert. Durch das Gaumensegel wird diese Etage von der ventralen Etage, dem Schlingrachen, **Pars oralis pharyngis** getrennt. Durch das **Ostium intrapharyngeum**, welches im Dach der **Pars laryngea pharyngis** zu finden ist und jederseits vom Arcus palatopharyngeus begrenzt wird, besteht während der Nasenatmung eine weite Verbindung zwischen den beiden Etagen (WAIBL, 2004). Unter dem Ostium intrapharyngeum versteht man eine „Schließmuskel- bewehrte Öffnung für die Kehlkopfkrone. Es sorgt für einen direkten Atmungsweg: Nasenhöhle→ Atmungs- rachen→ Kehlkopfkrone→ Trachea (BERG und BUDRAS, 2009).



Über die Ohrtrompete, **Tuba auditiva (Eustachische Röhre)**, steht der Nasenrachen mit dem Mittelohr in Verbindung (WAIBL, 2004). Das **Ostium pharyngeum tubae auditivae** liegt in der lateralen Nasenrachenwand und stellt den schlitzförmigen Zugang zur knorpelig gestützten Ohrtrompete bzw. zum Luftsack dar. An dieser Stelle findet man eine Falte, die an ihrem freien, oroventralen Rand eine elastische Knorpelstütze aufweist. Dadurch, dass diese Klappe der Pharynxwand fest anliegt, ist die Ohrtrompete geschlossen (BERG und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Zum Druckausgleich zwischen Mittelohrröhle und Außenwelt öffnet sich diese Klappe während des Schluckaktes (BERG und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008a) in mediodorsaler Richtung (WAIBL, 2004). Der Druckausgleich ist für das freie Schwingen des Trommelfells von großer Bedeutung (SALOMON, 2008a). Der tiefe **Recessus pharyngeus** des Pferdes liegt median. Die Tubenschleimhaut enthält anstelle einer Tonsilla tubaria beim Pferd nur unregelmäßig verteiltes, lymphoretikuläres Gewebe (WAIBL, 2004). Bei allen Equiden gibt es noch eine Besonderheit an der Tuba auditiva und zwar eine kaudoventrale Schleimhautausbuchtung, die als Luftsack, **Diverticulum tubae auditivae**, bezeichnet wird (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).  
(siehe auch 2.3.7 Luftsack, Diverticulum tubae auditivae)

### 2.3.5.2 Untere Atemwege

Zu den unteren Luftwegen zählen der Kehlkopf, die Luftröhre und die Lungen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Auf die Luftröhre wird nachfolgend kurz eingegangen, auf die Lungen wird gar nicht eingegangen.

#### 2.3.5.2.1 Kehlkopf, Larynx

Der eine knorpelgestützte und schleimhautausgekleidete Röhre darstellende Kehlkopf ist bilateral symmetrisch angelegt. (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Ventral an der Kopf-Hals-Grenze findet man ihn im Kehlgang gelegenen (BUDA et al., 2009; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b), einer Palpation von ventral her zugänglich. Laut Salomon ragt er nur etwa zur Hälfte in den Kehlgang hinein (SALOMON, 2008a).

Zum Schutz des nachfolgenden Atmungsweges ist die Eingangsöffnung beim Schluckakt durch den Kehldeckel verschließbar. Laut König und Liebich ist der Verschluss dieser pharynxseitigen Öffnung nur unvollständig (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; WAIBL, 2004). Der sich kaudal weitleumig in die Luftröhre öffnende Kehlkopf beinhaltet den Stimmapparat (WAIBL, 2004) und stellt die Verbindung zwischen dem Rachen und der Luftröhre bzw. dem Tracheobronchialbaum her (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a).

Durch Gelenke und Bänder, laut König und Liebich durch Bänder und Muskeln, sind die einzelnen Kehlkopfknorpel untereinander sowie mit dem Zungenbein und der Trachea

verbunden (KÖNIG und LIEBICH, 2009; WAIBL, 2004). Über das Zungenbein ist der Kehlkopf mit der Schädelbasis verbunden. Beim Schlucken wird die Position des Kehlkopfes verändert, weil er mit dem Zungenbeinapparat verbunden ist (SALOMON, 2008a). Laut Buda et al. ist der Kehlkopf mit dem Thyreoehyoidum verbunden (BUDA et al., 2009).

Die Knorpel können insgesamt und einzeln zueinander bewegt werden. Dies geschieht mit Hilfe von benachbarten und kehlkopfeigenen Muskeln. Kaudal des relativ langen Vorhofs wird die Kehlkopfhöhle durch die Stimmritze verengt, um sich dann wieder zum Lumen der Trachea zu weiten. Diese funktionelle Engstelle wird dorsal durch die Stellknorpel und ventral durch die Stimmbänder gebildet. Bei der Untersuchung des Larynx und bei der Intubation zur Inhalationsnarkose muss dieser Stelle besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden (WAIBL, 2004).

### ***Kehlkopfknoorpel, Cartilagine laryngis***

Hier unterscheidet man den Kehldeckelknorpel, **Cartilago epiglottica**, der auch als Schließknorpel bezeichnet wird und den Kehldeckeln, Epiglottis, stützt. Der Kehldeckel übernimmt den Verschluss des Kehlkopfes beim Abschlucken und ist gleich am Kehlkopfeingang zu finden (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Den Schildknorpel, **Cartilago thyroidea** (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b), und den paarig vorkommenden Stellknorpel, **Aryknorpel**, kann man ebenfalls erkennen (WISSDORF et al., 2002b). Der Ringknorpel, **Cartilago cricoidea**, umrahmt kaudal die Kehlkopfhöhle (WAIBL, 2004).

Es handelt es sich bei allen eben genannten Knorpeln, mit Ausnahme des Stellknorpels, um bilateral symmetrische, unpaare Gebilde (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Kleine inkonstante Knorpel einlagerungen, so genannte **Sesamknorpel** können noch zusätzlich auftreten (WAIBL, 2004). Diese befinden sich dann im dorsalen Kehlkopfbereich (SALOMON, 2008a).

An den Kehlkopfknoorpeln findet man 2 verschiedene Knorpelgewebe. So bestehen der Ring- und der Schildknorpel sowie der Hauptteil der Stellknorpel aus hyalinem Knorpelgewebe, während der Kehldeckelknorpel mit den Processus cuneiformes aus elastischem Knorpelgewebe besteht. Laut Aussage einiger Autoren bestehen die Processus corniculati und vocales der Stellknorpel ebenfalls aus elastischem Knorpelgewebe (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Im Alter können an allen hyalinen Anteilen röntgenologisch Kalzifikationen nachgewiesen werden (WISSDORF et al., 2002b).

### **Kehldeckel, Epiglottis, und Kehldeckelknorpel, Cartilago epiglottica**

Der elastische Kehldeckel ist dorsal konvex und laterolateral konkav gewölbt. Er besitzt deutlich gewellte Seitenränder und läuft rostral spitz zu (WISSDORF et al., 2002b). Den freien, zugespitzten Rand bezeichnet man als Spitze, **Apex** (KÖNIG und LIEBICH, 2009;

WAIBL, 2004). Eine Platte kann man ebenfalls an diesem Knorpel erkennen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Der Keilfortsatz, **Processus cuneiformis**, stellt einen der Fortsätze des Kehldeckels dar (BUDA et al., 2009; WISSDORF et al., 2002b). Der andere Fortsatz wird als Stiel, **Petiolus**, bezeichnet (WISSDORF et al., 2002b). Ein innig mit dem Knorpel verbundener, kräftiger Fettkörper ist an der Unterfläche der Basis gelegen. Bei passiver Bewegung des Kehldeckels verformt sich dieser Fettkörper wie ein plastisches Kissen (WAIBL, 2004). Wenn die Epiglottis dem Gaumensegel aufliegt, handelt es sich um die Atemstellung (Ruhestellung), verschließt der Kehldeckel die Eingangsöffnung zum Kehlkopf, so handelt es sich um die Situation des Schluckaktes (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b).

Den Stiel, **Petiolus**, findet man ventral an der schildknorpelwärts gelegenen Basis mittig (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b), wo er dem **Lig. thyreoepiglotticum** zum Ansatz dient (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Der Keilfortsatz, **Processus cuneiformis**, kommt auf beiden Seiten an der Kehldeckelbasis vor und ist rostral gerichtet (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Laut König und Liebich findet man ihn seitlich des Petiolus zwischen Kehldeckel und Stellknorpel in der **Plica aryepiglottica** (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Er stellt einen elastischen, dorsal aufgebogenen Fortsatz dar (WAIBL, 2004), der die **Plica vestibularis** stützt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

### **Schildknorpel, Cartilago thyreoidea**

Er ist der größte Kehlkopfknorpel und bedeckt die anderen Kehlkopfknorpel, mit Ausnahme des Kehldeckelknorpels, von ventral und lateral wie ein Schild (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Folgende Strukturen kann man am Schildknorpel erkennen:

Die beiden Seitenplatten, **Lamina dextra** et **sinistra**, verwachsen rostroventral miteinander. Gelegentlich bezeichnet man den ventralen Teil auch als Körper (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Die **Linea obliqua**, stellt eine geneigte Linie dar, an der verschiedene Muskeln ihren Ansatz finden. Sie unterteilt zudem die schwach gewölbte Außenfläche einer jeden Seitenplatte in zwei Flächen (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Das **Cornu rostrale** bzw. das **Cornu caudale**, stellen Fortsätze dar, die man rostrorodorsal bzw. kaudodorsal an jeder Seitenplatte findet. Das Cornu rostrale dient der Verbindung mit dem Kehlkopfhorn des Zungenbeins. Diese Verbindung erfolgt in der **Articulatio thyreochoidea**. Zudem begrenzt das rostrale Horn die ventral von ihm gelegene **Fissura thyreoidea**, die einen Einschnitt zwischen ihm und der Seitenplatte darstellt (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Beim Pferd wird dieser Einschnitt rostral durch Faserzüge zum Schildknorpelloch, **Foramen thyreoideum**, eingengt, durch das der R. internus des N. laryngeus cranialis zur Kehlkopfschleimhaut gelangt (SALOMON, 2008a; WAIBL,

2004). Durch das Cornu caudale kommt es in der **Art. cricothyreoidea** zur Verbindung mit dem sich kaudal anschließenden Ringknorpel (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Eine langen, V-förmigen Einschnitt, der als **Incisura thyreoidea caudalis** bezeichnet wird, findet man kaudoventral am Schildknorpel (BUDA et al., 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Er wird durch ein Band verschlossen und kann rostral des Ringknorpels getastet werden (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b). Dieses Band ist das **Lig. cricothyroideum** (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Möchte man einen chirurgischen Zugang zum Kehlkopfinneren schaffen, so muss diese Bandmasse in Längsrichtung durchtrennt werden (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Die **Membrana thyreochoidea** ist auf beiden Seiten zwischen dem rostralen Rand der Seitenplatte und dem Thyreochoideum sowie dem Zungenbeinkörper ausgespannt (SALOMON, 2008a).

Im Alter neigt der aus hyalinem Knorpel bestehende Schildknorpel zu Verkalkungen (SALOMON, 2008a). Es kann sogar zur Verknöcherung und somit laut Salomon zur Zerbrechlichkeit kommen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a)

Laut Salomon gibt es noch eine **Incisura thyreoidea rostralis** und eine **Prominentia laryngea**, die eine Verdickung an der Ventralseite des Körpers darstellt und weniger deutlich ausgeprägt ist als der „Adamsapfel“ beim Mann (SALOMON, 2008a).

#### **Ringknorpel, Cartilago cricoidea**

Dieser Knorpel befindet sich kaudal des Schildknorpels, der ihn teilweise seitlich bedeckt (WAIBL, 2004). Reifenartig umgibt er das Kaudalende des Kehlkopfes (KÖNIG und LIEBICH, 2009) und überragt mit seiner weit kaudodorsal ausladenden Lamina die erste Trachealspange (BUDA et al., 2009).

Da seine Form mit einem Siegelring verglichen werden kann, unterscheidet man dorsal eine breite Platte, **Lamina cartilaginea cricoidea**, und daran anschließend einen schmalen Reif, **Arcus cartilaginea cricoidea**. Eine mediane Leiste, **Crista mediana**, kann man dorsal auf der Platte erkennen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Eine kleine, aber deutliche Einziehung, die jederseits kaudolateral in einer tastbaren Spitze endet, ist an der Leiste, in der Mitte des Kaudalrands, zu erkennen. Nomenklatorisch ist diese Einziehung bis jetzt nicht berücksichtigt worden, soll aber laut WISSDORF et al. als **Incisura cricoidea caudalis** bezeichnet werden, da sie klinisch von Bedeutung ist (WISSDORF et al., 2002b). Rostroventral verschmälert sich der Ringknorpelreif und an den Seiten weisen seine Außenflächen flachgrubige Vertiefungen für den M. cricothyroideus auf (WAIBL, 2004). Eine Verknöcherung, ganz oder nur teilweise, kann im Alter vorkommen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a).

Die flach gewölbte **Facies articularis arytenoidea** findet man rostralateral auf jeder Seite am Übergang zwischen Platte und Reif bzw. findet man sie eher am Rostralrand der Ringknorpelplatte dorsal (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Die **Facies articularis thyreoidea** ist ebenfalls am Übergang zu finden, allerdings etwas weiter kaudal als die zuvor genannte Gelenkfläche. Sie artikuliert mit der Facies articularis cricoidea des Cornu caudale des Schildknorpels (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

#### **Stell- oder Aryknorpel, Cartilagine arytaenoideus**

Indem sich die dreieckigen Stellknorpel, deren eine Spitze ventral zeigt (KÖNIG und LIEBICH, 2009), median verbinden, decken sie die dorsale Lücke über den Laminae des Schildknorpels als bewegliches Dach ab (KÖNIG und LIEBICH, 2009; WAIBL, 2004). Gelegentlich kann sich an dieser Stelle ein kleiner **Cartilago interarytaenoidea** einfügen (KÖNIG und LIEBICH, 2009). An eine dreiseitige Pyramide, deren Basis zur Ringknorpelplatte zeigt, erinnert die Gestalt des Aryknorpels (WAIBL, 2004).

Die nach rostradorsal gerichtete Spitze eines jeden Stellknorpels wird als **Apex cartilagine arytenoideae** bezeichnet. Der kaudal umgebogene Spitzenknorpel, **Processus corniculatus**, geht auf jeder Seite aus dieser Spitze hervor (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Gemeinsam mit diesen Fortsätzen begrenzen die Stellknorpel kaudodorsal den Zugang zum Kehlkopf (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b). Die Fortsätze der beiden Seiten bilden gemeinsam eine Rinne, ähnlich der eines Gießgefäßes, weshalb man diesen Knorpel auch als Gießkannenknorpel bezeichnet (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

Die **Facies articularis cricoidea** ist am kaudodorsalen Ende der Stellknorpel medial gelegen. Sie dient der Artikulation mit dem Ringknorpel (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Der kammförmige, kräftige **Processus muscularis** ist lateral an der Gelenkfläche des Stellknorpels bzw. auf der Lateralfäche an sich gelegen (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Er liegt dorsal und zeigt nach lateral und dient dem kräftigen Erweiterer des Kehlkopfs, dem M. cricoarytenoideus dorsalis, zum Ansatz (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

Der **Stimmbandfortsatz, Processus vocalis**, ragt an der prominenten, ventralen Kante eines jeden Stellknorpels hervor (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Das Stimmband, **Lig. vocale**, hat an diesem Fortsatz seinen Ansatz (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b).

Die Besonderheit beim Pferd ist also, dass der Processus cuneiformis zur Cartilago epiglottica gehört und nicht zum Aryknorpel, der dementsprechend nur die Processus corniculatus, vocalis und muscularis aufweist (BUDA et al., 2009).

Die Stellknorpel werden sowohl bei der Stimmbildung als auch bei der Atmung durch Muskeln in ihrer Position verändert (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Beim Kehlkopfpfeifer ist eine Asymmetrie der Aryknorpel bzw. ihrer Processus corniculati sichtbar (WISSDORF et al., 2002b).

### **Verbindungen der Kehlkopfknorpel**

Über Gelenkflächen stehen die Kehlkopfknorpel miteinander in Verbindung. Bänder und Membranen halten die Gelenkflächen zusammen (WISSDORF et al., 2002b).

Drei Gelenke und eine Reihe von Bändern und Membranen, die die Ruheposition der Knorpel bestimmen, dienen der Verbindung der Kehlkopfknorpel untereinander sowie ihrer Verbindung mit dem Zungenbein (SALOMON, 2008a) und dem ersten Luftröhrenknorpel (WAIBL, 2004). Außer bei der Verbindung der Epiglottis mit dem Schildknorpel handelt es sich bei den Verbindungen zwischen dem Kehlkopfhorn des Zungenbeins und dem Schildknorpel sowie zwischen den einzelnen Knorpeln selbst um spalthaltige, synoviale Gelenke (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

### **Kehldeckel- Zungenbeinverbindung**

Durch das lange, elastische **Lig. hyoepiglotticum**, welches den gleichnamigen Muskel umgurtet (WAIBL, 2004), ist die Kehldeckelbasis rostral mit dem Processus lingualis des Basihyoideum (und dem Keratohyoideum) verbunden (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

### **Kehldeckel- Stellknorpelverbindung**

Eine elastische Membran reicht jederseits von den Seitenrändern der Epiglottis bis zur rostralen Fläche der Aryknorpel am Ursprung des Processus corniculatus. Die Grundlage der seitlichen Begrenzung des Kehlkopfeingangs wird von dieser, mit Kehlkopfschleimhaut überzogenen Membran, **Plica aryepiglottica**, gebildet (WISSDORF et al., 2002b).

### **Schildknorpel- Zungenbeinverbindung**

Hier findet man ein vom Rostralhorn der Cartilago thyreoidea und vom Thyreohyoideum gebildetes Gelenk, **Articulatio thyreohyoidea**. Zusätzlich findet man auch noch eine zwischen dem rostralen Rand der Schildknorpelplatten einerseits und dem Basihyoid sowie dem Thyreohyoid andererseits ausgespannte **Membrana thyreohyoidea** (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004), die maßgeblich zur festen Verbindung zwischen Kehlkopf und Zungenbein beiträgt (SALOMON, 2008a). Laut König und Liebich verbindet die Membrana thyreohyoidea rostral den Kehlkopf als Ganzes mit dem Basihyoideum (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

Beim Pferd handelt es sich bei der Articulatio thyreohyoidea um ein synoviales Gelenk, das eine leichte Rotationsbewegung um die transversale Achse zwischen den beiden Gelenken ermöglicht (SALOMON, 2008a).

### **Schildknorpel- Kehldeckelverbindung**

Durch das schmale, elastische **Lig. thyreoepiglotticum** wird die Kehldeckelbasis an der Innenseite des Schildknorpelkörpers befestigt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Dem Schildknorpel sitzt die Kehldeckelbasis direkt auf (WAIBL, 2004).

### **Ringknorpel- Schildknorpelverbindung**

#### **Articulatio cricothyreoidea**

Dieses Gelenk wird dadurch gebildet, dass sich das Cornu caudale des Schildknorpels von lateral der Facies articularis thyreoidea des Ringknorpels anlegt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Dieses synoviale Gelenk ermöglicht eine Rotationsbewegung um die beide Gelenke verbindende transversale Achse (SALOMON, 2008a). Kippbewegungen der beiden Knorpel gegeneinander haben unter anderem eine Änderung der Spannung und der Länge der Stimmbänder zur Folge (WAIBL, 2004).

#### **Lig. cricothyreoideum**

Dieses kräftige, elastische Band stellt ventral, aber auch seitlich die Verbindung zwischen dem Schildknorpel und dem Ringknorpel dar (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b) und verschließt gleichzeitig die tiefe Incisura thyroidea caudalis. Laut Waibl ist es der mediale Anteil des Bandes, der für diesen Verschluss sorgt (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Der ventrale Teil des Bandes ist besonders gut ausgebildet und greift noch auf die Innenseite des Schildknorpelkörpers über (WAIBL, 2004). Schon am Ursprung des Bandes am Ringknorpelreife spalten sich von ihm, laut Waibl von seinen seitlich gelegenen Abschnitten, elastische Fasern nach innen ab, die in der Submukosa der Kehlkopfschleimhaut eine Membran, **Membrana fibroelastica laryngis**, ausbilden (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Diese Membran heftet sich am Stimmband an (WAIBL, 2004).

### **Ringknorpel- Stellknorpelverbindung**

#### **Articulatio cricoarytenoidea**

Dieses Gelenk stellt eine Verbindung zwischen Ring- und Stellknorpel dar (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Der Gelenkerhöhung, Facies articularis arytenoidea, am rostralen Rand der Ringknorpelplatte legt sich der kaudodorsale Anteil des Stellknorpels als Gelenkvertiefung von lateral an. Dieses Gelenk ist nur von einer lockeren Kapsel umschlossen, Seitenbänder fehlen laut Waibl. Dieser Umstand hat drei Bewegungsmöglichkeiten zur Folge: zunächst sind dorsoventrale Kippbewegungen um die Walzenachse möglich. Des Weiteren können auch Gleitbewegungen parallel zur Walzenachse und Drehbewegungen um die Höhenachse des pyramidenförmigen Stellknorpels bei Aufhebung des Schlusses der Gelenkflächen ausgeführt werden (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Laut Buda et al. ist dieses Gelenk für kraniokaudale Gleitbewegungen zuständig (BUDA et al., 2009). Laut Salomon ist eine Rotation um die transversale Achse, in geringerem Maße auch um die sagittale Achse,

möglich. Des Weiteren sind Gleitbewegungen möglich, die den Abstand zwischen beiden Stellknorpeln verändern. Die Weite der Stimmritze wird maßgeblich durch die Bewegung in diesem Gelenk bestimmt (SALOMON, 2008a).

Während der Einatmung lässt die *Articulatio cricoarytenoidea* zu, dass die beiden Aryknorpel durch eine seitliche Kippbewegung die Stimmritze erweitern. Die beiden Stimmbandwinkel der Aryknorpel nähern sich wieder während der Ausatmung. Eine maximale Stimmritzerweiterung kommt bei körperlicher Anstrengung vor. Dieser gesamte Mechanismus ist gestört, wenn eine *Hemiplegia laryngis* vorliegt (dann meist auf der linken Seite) (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

#### **Lig. cricoarytenoideum**

Dieses Band verbindet den Ringknorpel rostrodorsal mit dem Stellknorpel. Laut Wissdorf et al. verbindet es jeweils die Innenflächen der beiden Knorpel (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b). Es liegt ventromedial der Gelenkkapsel, die es verstärkt (WAIBL, 2004).

#### **Verbindungen der beiden Stellknorpel**

##### **Lig. arytenoideum transversum**

Es verbindet die beiden Stellknorpel beweglich miteinander und verkehrt dorsal zwischen den kaudalen Anteilen der beiden Stellknorpel (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Dieses Band besitzt auch noch feine Verbindungsfasern zum Rostralrand der Ringknorpelplatte (WAIBL, 2004).

##### **Vorhofband, Lig. vestibulare und Stimmband, Lig. vocale**

Diese beiden Bänder werden als besondere Stellknorpelbänder bezeichnet. Das Lig. vestibulare liegt rostral, das Lig. vocale kaudal (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Diese Stellknorpelbänder verhalten sich tierartlich unterschiedlich, was auf die tierartliche Besonderheit der Bewegungsmechanik am Kehlkopf hinweist (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Der Zugang zur seitlichen Kehlkopftasche, **Ventriculus laryngis**, befindet sich beim Pferd zwischen diesen beiden Bändern (WAIBL, 2004).

Das **Lig. vestibulare** nimmt seinen Ursprung rostral am Ventralrand bzw. an der lateralen Fläche des Stellknorpels. Anschließend zieht es rostroventral, um dann am *Processus cuneiformis* des Kehldeckels und an dessen lateralem Rand zu inserieren (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Das **Lig. vocale**

stellt ein elastisches, rostroventral ziehendes Band dar, das kaudoventral am *Processus vocalis* des Stellknorpels entspringt und am Rand der *Incisura thyreoidea caudalis* und am *Lig. cricothyroideum* ansetzt (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Es stellt die Grundlage der Stimmfalte, **Plica vocalis**, dar (KÖNIG und LIEBICH, 2009).



## Ringknorpel- Luftröhrenverbindung

### Lig. cricotracheale

Dieses elastische Band verbindet den Kaudalrand des Ringknorpels mit der ersten Spange der Trachea. Laut Waibl verspannt dieses Band den Ringknorpel rundum mit der ersten Trachealspange. Laut Salomon ist diese Verbindung membranartig (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

### Epiglottis- Stellknorpel

Durch die Plicae aryepiglotticae werden die Seitenflächen der Epiglottis mit den Stellknorpeln verbunden (WAIBL, 2004).

## *Muskeln des Kehlkopfes*

Entsprechend der Lage und der Innervation kann man zwischen inneren und äußeren Muskeln unterscheiden. Die äußeren Muskeln gliedert man noch einmal in **Extrinsic muscles** (M. thyreohyoideus), **kaudale Schlundkopfschnürer** (M. thyreopharyngeus und M. cricopharyngeus) und den **äußeren Kehlkopfeigenmuskel** (M. cricothyreoideus) (BUDA et al., 2009). Neben den eben genannten, von außen an den Kehlkopf herantretenden Extrinsic muscles, gibt es noch die Kehlkopfeigenmuskulatur, die **Intrinsic muscles** (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Nach der Funktionszugehörigkeit kann man Muskeln unterscheiden, die am Stellknorpel inserieren, also so genannte **Stellmuskeln** und solche, die für die Spannungsänderung der Kehlkopfwand zuständig sind, **Spannmuskeln** (z.B. M. cricothyreoideus) (BUDA et al., 2009). Der Bewegung der Kehlkopfknorpel gegeneinander bei der Atmung, bei der Stimmerzeugung sowie beim Husten dient allein die Eigenmuskulatur. Nach dem Prinzip „jeder mit jedem“ sind die vier großen Kehlkopfknorpel miteinander verbunden. Es liegen also folgende Verbindungen vor: Cricoid-Thyreoid, Cricoid-Arytenoid, Arytenoid-Arytenoid und Thyreoid-Arytenoid. Zur Stimmritzenverengung oder –erweiterung kommt es durch die Bewegung der Kehlkopfeigenmuskulatur. Man kann sie also noch einmal in zwei Gruppen unterteilen. In die **Stimmritzenverengerer** und in die **–erweiterer** (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Sie dienen auch der Spannung und Entspannung der Stimmbänder (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

Die von außen an den Kehlkopf herantretenden Muskeln sind der M. sternothyreoideus, der M. thyreohyoideus und der M. hyoepiglotticus (WISSDORF et al., 2002b). Salomon nennt die unteren Zungenbeinmuskeln und den M. ceratohyoideus als Muskeln, die von außen an den Kehlkopf herantreten (SALOMON, 2008a). König und Liebich teilen die Muskeln in Muskeln, die von außen herantreten, um den Kehlkopf als Ganzes zu bewegen, in Muskeln, die zwischen den Knorpelteilen verlaufen und in Muskeln, die an ihm entspringen, um den Pharynx zu verengen, ein. Zur ersten Gruppe gehören die langen Zungenbeinmuskeln, die am Sternum entspringen und den Kehlkopf kaudal

verlagern ebenso wie die Muskeln, die ihren Ursprung am Zungenbein haben und den Kehlkopf nach vorne ziehen (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

### **Eigenmuskeln des Kehlkopfs**

Die Muskeln dieser Gruppe bestehen aus quergestreifter Muskulatur (WAIBL, 2004). Außer dem *M. cricothyroideus*, der vom *N. laryngeus cranialis n. vagi* innerviert wird, werden sie vom *N. laryngeus caudalis n.vagi* versorgt (BUDRAS, 2009b; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b).

### **Stimmritzenverengerer**

#### **M. thyreoarytenoideus (Schildknorpel-Stellknorpelmuskel)**

Beim Pferd ist an diesem Muskel eine Gliederung in zwei Muskeln erkennbar. Rostral findet man den **M. ventricularis** und kaudal den **M. vocalis** (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Der **M. ventricularis** entspringt ventral an der Innenfläche der Schildknorpelplatte und am *Lig. cricothyroideum* (BUDRAS, 2009b; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b) und wird gemeinsam mit dem *Lig. vestibulare* von einer Schleimhautfalte, der **Plica vestibularis**, aufgenommen. Laut Salomon liegt er in dieser Falte lateral vom *Lig. ventriculare* (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Seinen Ansatz findet dieser Muskel bei dorsal gerichtetem Verlauf, dem Keilknorpel lateral anliegend (WAIBL, 2004), rostral des *Processus muscularis* am Stellknorpel (BUDRAS, 2009b; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Wissdorf et al. beschreiben seinen Verlauf als in rostral konvexem Bogen ventrodorsal ziehend. Teilweise zieht er noch über den *Processus muscularis* (Dorsalrand des Aryknorpels) hinaus und über den *M. arytenoideus transversus* hinweg, um sich mit dem gleichen Muskel der gegenüberliegenden Seite zu verbinden (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Laut Budras strahlen dabei einige Fasern in den *M. arytenoideus transversus* ein (BUDRAS, 2009b). Unter gleichzeitiger Anspannung der Stimmfalten ist er für die Verengung der Stimmritze zuständig (WISSDORF et al., 2002b).

Der **M. vocalis** entspringt ventrokaudal des *M. ventricularis* an der Innenfläche des Schildknorpels (BUDRAS, 2009b; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Seinen Ansatz findet er dorsal am *Processus muscularis* des Aryknorpels (BUDRAS, 2009b; WAIBL, 2004). In der Stimmfalte, **Plica vocalis**, liegt er laterokaudal vom *Lig. vocale* (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b), sowie rostromedial des *M. cricoarytenoideus lateralis* (WAIBL, 2004), der ihn lateral teilweise bedeckt (WISSDORF et al., 2002b). Einige rostrale Fasern dieses Muskels heften sich auch am *Processus vocalis* des Stellknorpels an (BUDRAS, 2009b; WAIBL, 2004). Laut Wissdorf et al. setzt der gesamte Muskel nach einem rostral konkaven Bogen und ventrodorsalem Verlauf am *Processus vocalis* an (WISSDORF et al., 2002b).

Durch seine Kontraktion steigert er die Dicke und die Spannung der Stimmfalte, die laut Wissdorf et al. durch den *M. cricothyroideus* angespannt wird (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b).

**M. arytaenoideus transversus (querverlaufender Stellknorpelmuskel)**

Der am Processus muscularis des Stellknorpels entspringende M. arytaenoideus transversus liegt dorsal locker auf dem Stellknorpel und trifft sich nach dorsomedianem Verlauf, laut den meisten Autoren unter Einschaltung einer Zwischensehne, median mit dem der anderen Seite (BUDRAS, 2009b; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Die Aryknorpel bewegen sich bei seiner Kontraktion aufeinander zu, wodurch sich die Pars intercartilaginea der Stimmritze verengt (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b).

**M. cricothyreoideus (Ringknorpel-Schildknorpelmuskel)**

Dieser Muskel entspringt ventral an der Lateralfäche des Ringknorpelreifs und heftet sich nach rostradorsalem Verlauf an der Seitenplatte bzw. an der Kaudalfäche des Schildknorpels an. Teilweise auch noch am Cornu caudale (BUDRAS, 2009b; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Der bewegliche Ringknorpelreif wird bei der Kontraktion dieses Muskels in Richtung Schildknorpel gezogen. Die Platte des Ringknorpels und die mit ihr verbundenen Stellknorpel werden dadurch kaudal verlagert, was zur Anspannung und Streckung der Stimmfalte führt, da laut Salomon Zug auf das Lig. vocale ausgeübt wird. Die Folge davon ist eine Stimmritzenverengung (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b). Dieser Muskel trägt also zur Spannung der Stimmbänder bei (BUDRAS, 2009b; KÖNIG und LIEBICH, 2009).

**M. cricoarytenoideus lateralis (seitlicher Ringknorpel-Stellknorpelmuskel)**

Seinen Ursprung nimmt dieser Muskel kranial am Ringknorpelreif. Mit rostradorsal gerichtetem Verlauf gelangt der medial des Schildknorpels gelegene Muskel zum Processus muscularis des Stellknorpels, an dem er ansetzt (BUDRAS, 2009b; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Auf seinem Weg schiebt er sich zwischen die Schildknorpelplatte und die Membrana fibroelastica laryngis ein (WAIBL, 2004).

Dadurch, dass er den Processus muscularis des Stellknorpels ventrolateral zieht, bewirkt er eine Erschlaffung der Stimmfalten, da der Processus vocalis nach innen bewegt wird. Die Folge davon ist unter anderem, dass sich die Pars intermembranaceae der Stimmritze verengt (WISSDORF et al., 2002b). Die Adduktion der Processus vocales wird durch die Kontraktion dieses Muskels ausgelöst. Die Stimmritzenverengung ist Folge der Adduktion (SALOMON, 2008a).

Er ist der Antagonist des M. cricoarytenoideus dorsalis (BUDA et al., 2009).

**Stimmritzenweiterer****M. cricoarytenoideus dorsalis**

Seinen Ursprung findet man auf der Ringknorpelplatte, die er ganz bis an deren medianen Muskelkamm bedeckt. Sein Ende findet er, mit rostrolateral divergierenden

Fasern, am Processus muscularis des Aryknorpels (BUDRAS, 2009b; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Durch Kontraktion dieses Muskels während der Einatmung wird der Processus muscularis des Stellknorpels kaudodorsal und median verlagert. Die gesamte Stimmritze wird dann erweitert, weil der Processus vocalis nach außen angehoben wird (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b). Wenn dieser Muskel ausfällt kommt es zum Kehlkopfpeifen (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a).

#### **Eventuell vorkommende Muskeln**

##### **M. thyreoarytenoideus accessorius**

Dieser kleine Muskel ist zusätzlich beim Pferd ausgebildet. Er verkehrt zwischen dem Schildknorpel und dem M. arytenoideus transversus und unterstützt die Verengung der Stimmritze (SALOMON, 2008a). Laut Buda et al. kommt er nur manchmal vor und zieht dann vom Processus muscularis des Aryknorpels zum Dorsalrand der Schildknorpelplatte. Er kann auch durch ein Band ersetzt werden (BUDA et al., 2009).

##### **M. tensor ventriculi laryngis**

Dieser Muskel kann manchmal vorkommen. Er strahlt dann vom Processus cuneiformis der Cartilago epiglottica fächerförmig auf den Ventriculus laryngis aus (BUDA et al., 2009; BUDRAS, 2009b) und ist ein Spanner des lateralen Ventrikels (BUDRAS, 2009b).

#### **Extrinsic muscles**

In die Vorgänge beim Schluckakt sowie in die Kopf-Hals Bewegungen wird der Kehlkopf durch diese Muskeln integriert (WISSDORF et al., 2002b).

Der am Manubrium sterni entspringende **M. sternothyroideus (Brustbein-Schildknorpelmuskel)** verläuft paramedian entlang der Trachea, um dann lateral am Schildknorpel seinen Ansatz zu finden. Durch seine Kontraktion wird der Kehlkopf kaudovernal gezogen. Innerviert wird er vom N. cervicalis (I). Der **M. thyrohyoideus (Schildknorpel-Zungenbeinmuskel)** entspringt am Schildknorpel und setzt nach rostralem Verlauf am Thyrohyoid an. Innerviert wird er von der Ansa cervicalis, einem Verbindungsast des N. hypoglossus an den Ventralast des 1. Halsnerven. Dieser Muskel bewegt zusammen mit dem M. sternohyoideus das Zungenbein und die Zunge kaudal oder nähert bei fixiertem Zungenbein den Kehlkopf dem Zungenbein. Der **M. hyoepiglotticus (Zungenbein-Kehldeckelmuskel)** hat seinen Ursprung am Basihyoid. Seinen Ansatz hat er nach kaudodorsalem Verlauf an der Rostralfläche der Epiglottis. Durch ihn wird der Kehldeckel rostral bewegt. Versorgt wird er vom N. hypoglossus (WISSDORF et al., 2002b). (siehe auch 2.3.6 Verdauungsapparat)

#### **Kehlkopfhöhle und ihre Schleimhautbildungen**

Die Form der Kehlkopfhöhle, **Cavum laryngis**, erinnert an die einer Sanduhr (BUDA et al., 2009; WAIBL, 2004), die Einziehung wird durch die **Plicae vocales** verursacht (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Dementsprechend kann man sie in drei Abschnitte einteilen: rostral findet man den weiten Vorhof, **Vestibulum laryngis**, in der Mitte den

engen mittleren Kehlkopfraum, **Glottis**, und kaudal den weiten Ausgangsraum, **Cavum infraglotticum**, der in die Trachea übergeht (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

### **Eingang in die Kehlkopfhöhle**

Die Kehlkopfkronen begrenzt den **Aditus laryngis**, der den Eingang in die Kehlkopfhöhle darstellt. Gebildet wird die Kehlkopfkronen rostral von der Epiglottis, seitlich durch die Plicae aryepiglotticae und kaudal durch die beiden Aryknorpel (bzw. ihre Processus corniculati/Tubercula corniculata) (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Die Kehlkopfkronen ragt aus dem Boden des Kehlrachens in Richtung Nasenrachen empor (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Über den Recessus piriformis werden beiderseits der Kehlkopfkronen Flüssigkeiten und weiche Nahrung in Richtung Ösophagus geleitet (SALOMON, 2008a).

Mit dem knorpeligen Stiel, **Petiolus epiglotticus**, ist der Kehldeckel, **Epiglottis**, an seiner Basis zwischen der Zungenwurzel, dem Basihyoideum und dem Schildknorpel befestigt. Eine **Facies lingualis** und eine **Facies laryngea** kann man an der Kehldeckelplatte unterscheiden. In der rostral weisenden Spitze, **Apex**, treffen sich die seitlichen freien Ränder, **Margines laterales** (SALOMON, 2008a).

Der Vorhof, **Vestibulum laryngis**, reicht bis an den Rostralrand der Rima glottidis, die von den Plicae vocales begrenzt wird (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b). Seinen Beginn hat er am Aditus laryngis, der sich am freien Rand der Kehlkopfkronen (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b) und über der kaudalen Fläche des Kehldeckels befindet (WAIBL, 2004). Eine Vorhoffalte, **Plica vestibularis**, kommt auf jeder Seite des Vorhofs vor. Gestützt wird diese Falte durch das **Lig. vestibulare** (SALOMON, 2008a). Tritt eine Kehlkopflähmung auf, so sinken infolgedessen auf der betroffenen Seite der Processus corniculatus, die Vorhoffalte und die Stimmfalte lateroventral ab. Meistens ist die linke Seite betroffen (WAIBL, 2004). Kaudal zwischen den Vorhoffalten verengt sich der Vorhof zur Vorhofenge, **Rima vestibuli** (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Die kleine, mediane Kehlkopfbucht, **Recessus laryngis medianus**, findet man an der Basis des Kehldeckels im Vorhofboden. Am Kaudalende des Vorhofs stülpt sich zwischen dem **Lig. vestibulare** und dem **Lig. vocale** auf beiden Seiten die seitliche Kehlkopftasche, **Ventriculus laryngis**, aus, die man laut Waibl auch als Morganische Tasche bezeichnen kann (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Sie reicht bis an die mediale Fläche des Schildknorpels (BERG und BUDRAS, 2009; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Es sind die jeweiligen mit Schleimhaut überzogenen Falten, die den Zugang zu den seitlichen Kehlkopftaschen begrenzen. Diese Falten werden von dem entsprechenden Band und dem entsprechenden Muskel gestützt (BUDA et al., 2009; WAIBL, 2004). Die **Plica vestibularis** enthält demnach das Lig. vestibulare, den M. ventricularis und den ventral gelegene Keilknorpel während die **Plica vocalis** das Lig. vocale und den M. vocalis

enthält. Die Plica vestibularis befindet sich rostral, die Plica vocalis, die weiter in die Kehlkopfhöhle hervorragt, kaudal (WAIBL, 2004). Berg und Budras sagen, dass sich der Ventriculus laryngis zwischen den Mm. vocalis und verntricularis nach dorsokaudal erstreckt. Unterhalb des Niveaus des Processus muscularis des Aryknorpels findet man sein blindes Ende. Bei der Hemiplegia laryngis spielt diese seitliche Stimmtasche ebenfalls eine Rolle (BERG und BUDRAS, 2009).

Beim Pferd gibt es noch die Besonderheit, dass die von den Seitenrändern der Epiglottis dorsal ziehenden Schleimhautfalten, die man am Kehlkopfeingang findet, als **Plicae aryepiglotticae** auf die Processus corniculati der Aryknorpel über gehen (WAIBL, 2004). Die Kehlkopfenge, **Glottis**, schließt sich bis zum kaudalen Rand der Stimmfalte an das Vestibulum an (WAIBL, 2004). Die Fortsetzung des Vorhofs wird demnach durch diesen engen, mittleren Kehlkopfraum dargestellt, der durch die Stimmfalten, **Plicae vocales**, und die zwischen ihnen gelegenen Stimmritze, **Rima glottidis**, gebildet wird (BUDA et al., 2009; WISSDORF et al., 2002b). Der eigentliche Stimmapparat des Kehlkopfes wird durch die **Glottis**, die die Stimmfalten, die Stellknorpel und die dazwischen frei bleibende Stimmritze, **Rima glottidis**, umfasst, dargestellt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Der Stimmfortsatz, **Processus vocalis**, des Stellknorpels, das an ihm fixierte Stimmband, **Lig. vocale** (WISSDORF et al., 2002b), und der **M. vocalis** sind in jeder Stimmfalte, **Plica vocalis**, enthalten (BUDA et al., 2009; WISSDORF et al., 2002b). Das Band befindet sich am freien Rand dieser Falte. Der M. vocalis, der oft von Fett umgeben ist, liegt lateral des Lig. vocale (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

An der Stimmritze erkennt man ventral die enge **Pars intermembranacea**, die zwischen den Stimmfalten liegt und dorsal die weite **Pars intercartilaginea**, die sich zwischen den mit Schleimhaut überzogenen Stellknorpeln befindet (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Der durch den Ringknorpel umrahmte weite Ausgangsraum des Kehlkopfes, der sich unmittelbar an die Glottis anschließt, wird durch das kurze **Cavum infraglotticum** dargestellt. Dieser Ausgangsraum geht in die Trachea über (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

### **Relief der Kehlkopfhöhle**

Die seitliche Kehldeckelfalte, **Plica aryepiglottica**, die von der Epiglottis zum Aryknorpel zieht, findet man auf jeder Seite am Kehlkopfeingang (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Gemeinsam mit den Spitzenknorpeln und dem Kehldeckel ragt diese beidseitig vorkommende Falte aus dem Boden des Kehlrachens nasenrachenwärts empor und begrenzt den Zugang zur Kehlkopfhöhle, **Aditus laryngis** (WAIBL, 2004).

Die lateral vom Zungenbein und von den Schildknorpelplatten gestützte Rachenschleimhaut bildet auf jeder Seite des Aditus laryngis eine Bucht, den **Recessus piriformis**. Weiche Nahrung wird im Kehlrachen von der Epiglottis beidseitig durch den

Recessus piriformis geleitet, während festere Nahrung teilweise auch über den Kehldeckel hinweg gelangt (WAIBL, 2004).

### **Recessus laryngis medianus und Ventriculus laryngis**

siehe oben (Vorhof, Vestibulum)

### **Lähmung der Stimmfalten**

Die Gesamtgestalt der Kehlkopfhöhle erinnert an eine Sanduhr (siehe oben). Mit ihrem freien rostralen Rand ragen die Stimmfalten dabei weit in die Kehlkopfhöhle hervor. Beim Pferd kann es vorkommen, dass die Stimmfalte schlaff in die Kehlkopfhöhle hängt. Der Grund dafür ist eine Lähmung der Eigenmuskeln des Kehlkopfes (außer dem M. cricothyreoideus lateralis) infolge meist linksseitiger Lähmung des N. laryngeus caudalis. Der Expirationsluftstrom fängt sich dann in dieser schlaff hängenden Falte, wodurch ein pfeifender Ton (Kehlkopfpfeifen oder Röhren) entsteht. Bei körperlicher Belastung kann diese Lähmung starke Atemnot verursachen (WAIBL, 2004).

### **Schleimhautauskleidung**

Zum größten Teil wird die Kehlkopfhöhle von einem mehrschichtigen Plattenepithel ausgekleidet, welches kaudal in eine respiratorische Schleimhaut übergeht (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Laut Buda et al. bedeckt die respiratorische Schleimhaut mit mehrreihigem Flimmerepithel und enthaltenen Becherzellen den größten Teil des Kehlkopflumens (BUDA et al., 2009).

Vornehmlich in der Tela submucosa findet man vielerorts Drüsen und Lymphfollikel (WAIBL, 2004). In der Schleimhaut des Kehldeckels und in der Schleimhaut, die die Processus corniculati der Aryknorpel bedeckt, findet man Drüsen. Laut WISSDORF et al. handelt es sich dabei um muköse Drüsen, die man zusätzlich auch noch in der Schleimhaut der seitlichen Kehlkopftaschen findet. Laut Waibl findet man sie auch noch in der Schleimhaut der seitlichen Kehldeckelfalte und in den Vestibularfalten. Die Stimmfalten an sich bzw. ihr freier Rand und ihre direkte Umgebung sind hingegen drüsenfrei und werden durch die (mukösen) Drüsen der Kehlkopfschleimhaut feucht gehalten (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Salomon bezeichnet die zahlreichen Drüsen der Kehlkopfschleimhaut, die vorwiegend mukös und gemischt sind, als **GII. laryngei** (SALOMON, 2008a).

Bereits bei Fohlen findet man lymphoretikuläres Gewebe im Bereich der Processus corniculati und der Aryknorpel, ebenso wie am Boden und in der Seitenwand (in den Ventriculi laryngis und über deren Eingang) des Vestibulum laryngis (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Salomon spricht davon, dass die Kehlkopfschleimhaut Ansammlungen von diffusem, lymphatischem Gewebe oder solitären Lymphfollikeln, **Lymphonoduli laryngei**, enthält (SALOMON, 2008a).

Buda et al. weisen noch darauf hin, dass man **Lymphonoduli solitarii** besonders in der Schleimhautauskleidung der seitlichen Kehlkopftaschen findet (BUDA et al., 2009).

### ***Funktionen und Bewegungsmechanismen des Kehlkopfs***

Der Kehlkopfeingang, der sich an den Nasenrachen anschließt, ist gegen diesen nur wenig ventral abgebogen (WAIBL, 2004). Zum einen stellt der Kehlkopf einen Abschnitt des Atemweges dar, zum anderen schützt er die unteren Atemwege beim Schluckakt gegen den Eintritt von Nahrung, Flüssigkeiten und Fremdkörpern (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002b). Zudem beteiligt er sich maßgeblich an der Lautbildung (Phonation), da er den Stimmapparat beherbergt (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Die Lautbildung des Kehlkopfes ist an die Stimmlippen gebunden, die die Stimmritze umgeben (BUDA et al., 2009).

Die Muskeln, die aus der Umgebung kommen und am Kehlkopf inserieren sind für die Lageveränderungen des Gesamtkehlkopfs zuständig. Jene Verlagerung, die beim Wechsel von Atmung und Schlucken notwendig ist, wird durch diese Muskeln bewirkt (WAIBL, 2004).

Während es beim **Schluckakt** zur Bewegung des gesamten Kehlkopfs kommt, kommt es bei der **Stimmbildung** nur zur Bewegungen der einzelnen Kehlkopfknorpel gegeneinander (WISSDORF et al., 2002b). Die Eigenmuskeln des Kehlkopfs sind für die Lageveränderungen der Kehlkopfknorpel gegeneinander zuständig. Eine Folge davon ist, dass die Stimmritze erweitert oder verengt wird, wobei sich laut Waibl Länge, Spannung und Dicke der Stimmfalten verändern (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Es kann dadurch auch zum totalen Verschluss der Stimmritze kommen (WISSDORF et al., 2002b). Die Regulation der Atmung, die Stimmbildung und der Verschluss der Glottis zur Abwehr gegen das Eindringen von Fremdstoffen sind abhängig von diesen Bewegungen (WAIBL, 2004). Laut Wissdorf et al. dienen diese Vorgänge der Stimmbildung, der Steigerung der Atemluftmenge/Zeit oder der Druckerzeugung bei der Bauchpresse, wie sie z.B. beim Kotabsatz notwendig ist (WISSDORF et al., 2002b).

Auf ein elastisches System, welches aus den Kehlkopfknorpeln und ihren Bändern, zu denen insbesondere die Lig. cricothyreoidea, cricoarytenoidea, vocalia und vestibularia gehören, wirken die Kehlkopfeigenmuskeln ein. Das elastische System befindet sich bei halbgeöffneter Stimmritze im Zustand des „Gleichgewichts“, solange der Kehlkopf in seiner Ruhelage in der „Intermediärstellung“ verharrt. Die Kehlkopfknorpel werden durch die Tätigkeit einzelner Muskeln oder Muskelgruppen einander genähert oder voneinander entfernt, wodurch die Stimmritze erweitert oder verengt wird. In beiden Fällen wird das elastische System durch die Muskeln in Spannung versetzt, weshalb es nach deren Erschlaffung wieder passiv in den Zustand des Gleichgewichts mit halb geöffneter Stimmritze zurückkehrt (WAIBL, 2004).

#### **Funktion der Kehlkopfmuskeln**

Der **M. cricoarytenoideus dorsalis** ist ein Stimmritzerweiterer. Er verlagert den Processus muscularis des Stellknorpels dorsolateral, um so den Processus vocalis des



Stellknorpels nach lateral anzuheben und damit die Stimmlippen voneinander zu entfernen (WAIBL, 2004).

Alle anderen kehlkopfeigenen Muskeln wirken als Stimmritzenverengerer. Der Processus muscularis des Stellknorpels wird durch den **M. cricoarytenoideus lateralis** nach ventral und lateral gezogen. Der Muskel bewirkt dadurch bei gleichzeitiger Erschlaffung der Stimmlippen eine Annäherung der Processus vocales und damit die Verengung der Pars intermembranacea der Stimmritze. Die Annäherung der beiden Aryknorpel aneinander erfolgt durch den **M. arytaenoideus transversus**. Er unterstützt so die Verengung der Rima glottidis, indem er deren Pars intercartilaginea verkleinert. Den M. cricoarytaenoideus dorsalis soll er bei der Stimmritzenerweiterung auch unterstützen können. Vom festgestellten Schildknorpel aus wirkt der **M. cricothyreoideus** auf den beweglichen Ringknorpel. Er verlagert hierbei dessen Reif rostral und kippt damit seine Platte kaudal, wodurch die Entfernung zwischen Rostralrand der Ringknorpelplatte und dem Schildknorpel größer wird. Infolge der damit verbundenen Kaudodorsalverlagerung der Stellknorpel werden die Stimmfalten in die Länge gezogen und angespannt. Der **M. vocalis** vermag in der auf dieser Weise fixierten Stimmfalte deren Spannung und Dicke für die Stimmbildung zu erhöhen. Unter gleichzeitiger Spannung der Stimmlippe verengt der **M. ventricularis** die Rima vestibuli und unterstützt somit den M. vocalis (WAIBL, 2004).

Die Zungenbeinmuskeln und der M. sternothyreoideus übernehmen die für die Bewegung der übrigen Kehlkopfknorpel erforderliche Feststellung des Schildknorpels (WAIBL, 2004).

### **Lautbildung**

Die Stimmritzenverengerer, die bei der Phonationsstellung der Aryknorpel tätig sind, bilden den aktiven Teil des Stellapparats im Stimmorgan. Die Stellknorpel mit ihrem Bandapparat liefern den passiven Teil. Die Tätigkeit des Spannungsapparats folgt der Phonationsbewegung des Stellapparats. Der Spannungsapparat gibt den Stimmfalten die erforderliche Dicke und Spannung, die die Schwingungsweise bestimmen. Es ist der M. vocalis, der diese Aufgabe aktiv erfüllt. Die Spannung und die Dicke der Stimmfalten können sich ändern, die Länge bleibt allerdings immer gleich, da der M. vocalis bei der Kontraktion an seinen Enden fixiert ist (WAIBL, 2004).

Die Stimmfalten werden für die Stimmbildung durch den Luftstrom in Schwingung versetzt (BUDA et al., 2009; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Vornehmlich durch den mehr oder weniger starken Expirations- (WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b), seltener durch den Inspirationsluftstrom (WAIBL, 2004). Der expiratorische Luftstrom wird bei der Passage der Glottis in Vibration versetzt, wodurch die Stimmbildung erfolgt (SALOMON, 2008a). Von der Schwingungszahl der Stimmfalten hängt die Höhe des Tons ab (WAIBL, 2004). Die Schwingungszahl und somit die Tonhöhe wird also durch die Veränderung der Dicke, Länge und Anspannung der Stimmfalten bestimmt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002b).

Diese Änderungen sind die Folge von Muskeleinwirkungen (WISSDORF et al., 2002b). Je dünner, kürzer (WAIBL, 2004) und stärker die Stimmfalten angespannt sind, desto höher sind die Töne (BUDA et al., 2009; WAIBL, 2004). Bei den tiefen Tönen verhält es sich umgekehrt (WAIBL, 2004). Für die Grobeinstellung der Stimmfaltenspannung ist der M. cricothyreoideus zuständig, während der M. vocalis für die Feinabstimmung zuständig ist (SALOMON, 2008a).

Bei der Vibration der Stimmbänder handelt es sich wahrscheinlich nur um eine passive Begleiterscheinung, die für die Lautentstehung nicht von maßgeblicher Bedeutung ist. Das Volumen und die Strömungsgeschwindigkeit der austretenden Luftmenge bestimmen die Lautstärke (SALOMON, 2008a).

Der Kehlkopfvorhof, der Schlundkopf sowie die Nasen- und Mundhöhle bilden das „Ansatzrohr“ des Stimmapparates, welches die Stimme als Resonator beeinflusst und ihr so eine bestimmte Klangfarbe verleiht. Die Lunge, die als Blasebalg, von den Atmungs- und Bauchmuskeln unterstützt, die Luft stoßweise austreibt, liefert den Expirationsluftstrom. Das „Anblasrohr“ wird gemeinsam von der Trachea und dem Ausgangsraum des Kehlkopfes gebildet (WAIBL, 2004).

### **Atmung**

Die Stimmritze wird bei ruhiger Atmung nur wenig gegenüber der „Intermediärstellung“ verändert. Die Rima glottidis muss bei lebhafter, angestrenzter Atmung stärker erweitert werden. Vorwiegend ist der M. cricoarytaenoideus dorsalis im Wechselspiel mit dem elastischen Bandsystem für diese Respirationsbewegungen verantwortlich. Die Stellknorpel kippen dabei um ihre Gelenkachse auf und ab und verschieben sich gelenkflächenparallel (WAIBL, 2004).

Die Kehlkopfkronen ragt bei der **Nasematmung** bei rostral gerichteter Epiglottis durch das Ostium intrapharyngeum in den Nasenrachen hinein (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Das Ostium intrapharyngeum wird vom freien Rand des weichen Gaumens sowie vom rechten und linken Arcus palatoglossus gebildet (SALOMON, 2008a). Während der Inspiration gelangt die Luft aus der Nasenhöhle über den Nasenrachen durch den Aditus laryngis in den Kehlkopf und dann in die anschließenden Atemwege. Während der Expiration nimmt die Luft den umgekehrten Weg (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Der M. levator veli palatini hebt bei der **Mundatmung** das Gaumensegel, das sich mit seinem freien Rand der Dorsalwand des Nasenrachens anlegt und diesen verschließt. Aus der Mundhöhle strömt die Atemluft dann über die Pars oralis pharyngis zum Kehlkopfeingang. Das extrem lange (bis zu 13 cm) Gaumensegel des Pferdes macht eine Mundatmung laut Salomon unmöglich, da das Gaumensegel aus seiner Position unterhalb des Kehldeckels nur unvollständig angehoben werden kann. Laut Waibl ist eine Mundatmung beim Pferd im äußersten Notfall möglich (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Erbrochener Mageninhalt tritt aus dem gleichen Grund nicht über die Mundsonde nur über die Nasenhöhle aus (SALOMON, 2008a).

## **Schluckakt**

(siehe auch 2.3.6 Verdauungsapparat)

Die Epiglottis dient den Luftwegen während des Schluckaktes als Schutz. Sie verhindert, dass Speisen und Flüssigkeiten eindringen (KÖNIG und LIEBICH, 2009) indem sie durch ihre Retroflexion den Kehlkopfeingang sichert (BUDA et al., 2009).

Die Mm. geniohyoidus, ceratohyoideus und thyreohyoideus tragen dazu bei, dass der Kehlkopf beim Schlucken nach rostral gezogen wird, während der Zungengrund gegen die linguale Fläche der Epiglottis gedrückt wird. Dadurch kippt die Epiglottis rückwärts und verlegt den Kehlkopfeingang. Dieser nicht sehr dichte, aber ausreichende Verschluss sorgt dafür, dass feste Nahrungsteile durch die Pharynxmuskeln schnell über den Larynxeingang hinweg in den Oesophagus transportiert werden können. Durch den Recessus piriformis fließen beidseits der Kehlkopfkronen Flüssigkeiten zur Speiseröhre (SALOMON, 2008a).

Der elastische Kehildeckel schnellert bei der Rückführung des Kehlkopfes teils passiv, teils unter Mitwirkung des M. hyoepiglotticus in seine Ausgangsstellung zurück. Die Mm. omohyoideus, sternohyoideus und sternothyreideus sind für die Rückführung des Kehlkopfes von Bedeutung. Werden dem Tier während der Verabreichung von flüssigen Medikamenten der Kopf und der Hals passiv gestreckt, so kommt es durch das unnatürliche Anspannen dieser Muskeln zu einer Störung im Ablauf des Schluckmechanismus, was eine Gefahr für das Tier birgt (WAIBL, 2004).

## **Glottisverschluss (Husten etc.)**

Die Rima glottidis erweitert (Einatmung) bzw. verengt sich (Ausatmung) rhythmisch während der Atmung. Nach Kontraktion des M. cricoarytaenoideus dorsalis kommt es zur Stimmritzerweiterung, nach Kontraktion des M. cricoarytaenoideus lateralis zur Verengung (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Sie kann durch Kontraktion der Stimmritzenverenger vollständig geschlossen werden, was die Voraussetzung für die Erzeugung eines Hustenstoßes oder für das Niesen ist. Die Glottis öffnet sich, wenn ein expiratorischer Luftstoß auf sie trifft. Die Luftsäule wird dann forciert ausgetrieben. Die unteren Atemwege können auf diese Weise von Schleim gereinigt werden oder in die „falsche Kehle“ geratene Nahrungsteile werden so heraus befördert. Zur Erhöhung des intraabdominalen Drucks bei der Defäkation, der Geburt oder der Miktion etc. ist der Glottisverschluss ebenfalls erforderlich (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a). Durch die geschlossene Stimmritze beim Einsatz der Bauchpresse entsteht bei Inspirationsstellung des Zwerchfells im Brustraum ein Gegendruckpolster zur Druckerhöhung im Bauchraum (BUDA et al., 2009).

Der Kehlkopf beteiligt sich also an der Mechanik des Hustenreflexes und zusätzlich noch an der Regulation des Atemluftvolumens (WISSDORF et al., 2002b).

---

## **Gefäßversorgung und Innervation des Kehlkopfes**

### **Arterien**

#### **A. thyroidea cranialis**

- A. pharyngea ascendens
- A. laryngea cranialis
  - R. cricothyreoideus
  - R. laryngeus
    - R. ventralis
    - R. dorsalis

Die **A. thyroidea cranialis** versorgt den Kehlkopf und seine Muskulatur und geht in Höhe des kranialen Drittels der Schilddrüse aus der A. carotis communis hervor. Die **A. pharyngea ascendens** wird noch vor dem kranialen Pol der Schilddrüse von der A. thyroidea cranialis entlassen und tritt mit einigen Ästen in den M. cricoarytenoideus dorsalis ein. Mit dem R. dorsalis aus der Aufzweigung der A. laryngea cranialis anastomosiert sie in Höhe der gelenkigen Verbindung von Ring- und Schildknorpel. Die **A. laryngea cranialis** geht in Höhe des kranialen Pols der Schilddrüse aus der A. thyroidea cranialis hervor. An den M. cricothyreoideus entsendet sie einen **R. cricothyreoideus**. Den **R. laryngeus**, der sich in einen ventralen und eine dorsalen Ast teilt, entlässt sie auf die mediale Seite des Schildknorpels zwischen diesen und den M. cricothyreoideus (WISSDORF et al., 2002b). Laut König und Liebich geht der R. laryngeus aus der A. thyroidea cranialis ab und versorgt den Kehlkopf. Die **Rr. musculares** versorgen die Kehlkopfmuskeln. Anschließend tritt die Kehlkopfarterie durch die Fissura thyroidea in das Kehlkopfinnere, um sich in den hier gelegenen Muskeln (M. ventricularis und M. vocalis) sowie in der Kehlkopfschleimhaut zu verzweigen (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Der **R. ventralis** ist für die Versorgung des unteren Bereichs der innerhalb des Schildknorpels gelegenen Muskeln zuständig (WISSDORF et al., 2002b). Der **R. dorsalis** verzweigt sich hingegen in Höhe des Processus muscularis des Stellknorpels kranial, dorsal und kaudal, nachdem er am M. vocalis aufgestiegen ist. Mit einem Ast der A. pharyngea ascendens anastomosiert sein kaudaler Ast (WISSDORF et al., 2002b).

### **Venen**

Zu den Venen, die sich an der Versorgung des Kehlkopfes beteiligen, zählen die V. pharyngea ascendens und die V. laryngea cranialis (WISSDORF et al., 2002b).

### **Innervation**

Beim **N. laryngeus cranialis** handelt es sich um einen motorisch, sensorisch und parasymphatisch gemischten Nerv, der in Höhe der Aufteilung der A. carotis communis in die A. carotis externa und interna den N. vagus verlässt (WISSDORF et al., 2002b). Seine Ursprungsstelle befindet sich demnach in Höhe des nicht immer makroskopisch sichtbaren Ganglion distale nervi vagi (frühere Bezeichnung Ganglion nodosum), kaudal

des R. pharyngeus (KÖNIG und LIEBICH, 2009). Er läuft auf den kaudalen Schlundkopfschnürern rostral, nachdem er die A. carotis communis unterkreuzt hat (WISSDORF et al., 2002b).

### **R. internus**

In Form dieses Astes verläuft der N. laryngeus cranialis zum Vorderrand des Schildknorpels, um dort durch die Fissura thyreoidea bzw. das Foramen thyroideum ins Kehlkopffinnere zu treten. Dort angekommen verzweigt er sich in der Kehlkopfschleimhaut und versorgt diese (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; WISSDORF et al., 2002b) bis hin zu den Stimmfalten sensibel (BUDA et al., 2009; WISSDORF et al., 2002b). An den Bereich des Kehldeckels und an die Plicae aryepiglotticae werden Geschmacksfasern abgegeben. Für die mukösen Drüsen der Kehlkopfschleimhaut werden parasymphatische Fasern abgegeben (WISSDORF et al., 2002b). Der R. communicans zweigt vom R. internus ab und verbindet sich mit dem N. laryngeus recurrens (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

### **R. externus**

Er zweigt entweder kaudal der Aufteilungsstelle der A. carotis communis direkt aus dem N. vagus ab oder aus dem N. laryngeus cranialis selbst. Nachdem er sich kaudoventral gewendet hat, zieht er über den M. cricopharyngeus, versorgt den M. cricothyreoideus und endet rostral der Schilddrüse (WISSDORF et al., 2002b). Nur der M. cricothyreoideus, und laut König und Liebich auch noch die Schlundkopfschnürer, werden motorisch von ihm innerviert (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; WISSDORF et al., 2002b).

In seltenen Fällen geht der R. externus auch eine Verbindung mit dem N. laryngeus recurrens ein (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

### **N. laryngeus caudalis**

Er stellt auf jeder Seite die Fortsetzung des N. laryngeus recurrens dar. Ventral des Cornu caudale des Schildknorpels tritt der N. laryngeus caudalis in den Kehlkopf ein (WISSDORF et al., 2002b). Alle Kehlkopfmuskeln, außer dem M. cricothyreoideus werden motorisch von ihm versorgt (BUDA et al., 2009; KÖNIG und LIEBICH, 2009; WISSDORF et al., 2002b). Die Kehlkopfschleimhaut kaudal der Stimmfalten werden ebenfalls vom N. laryngeus caudalis mit sensiblen und laut Wissdorf et al. auch mit vegetativen Fasern versorgt (BUDA et al., 2009; WISSDORF et al., 2002b).

Wird der N. laryngeus recurrens, als Ursprungsnerv des N. laryngeus caudalis (WISSDORF et al., 2002b), einseitig geschädigt, so kommt es durch Ausfall der für die Bewegung der Aryknorpel wichtigen Muskeln zu einer halbseitigen Kehlkopflähmung, die unter Belastung zum Kehlkopfpfeifen führt (WISSDORF et al., 2002b). Meist ist dabei der M. cricoarytenoideus dorsalis der linken Seite betroffen. Infolge seiner Lähmung kommt es zum Ausfall der Stimmbandbewegung (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

(siehe auch 2.3.4 Nervensystem)

### Lymphsystem des Kehlkopfs

Für die Lymphdrainage des Kehlkopfs ist das Lc. cervicale profundum mit den Lnn. cervicales profundi zuständig (WISSDORF et al., 2002b). Laut König und Liebich sammeln sich die Lymphgefäße des Kehlkopfs in den Lymphonodi retropharyngei mediales und wie bereits erwähnt in den kranialen, tiefen Halslymphknoten (KÖNIG und LIEBICH, 2009).

#### 2.3.5.2.2 Luftröhre, Trachea

Im Anschluss an den Ringknorpel bzw. das Cavum infraglotticum findet man die laut den meisten Autoren flexible und beim Pferd querovale Luftröhre (BUDA und BUDRAS, 2009a; KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002g). Sie setzt den Atmungsweg über die gesamte Halslänge bis zur Luftröhrengabelung, **Bifurcatio tracheae**, dorsal des Herzens in der Brusthöhle fort. Anschließend teilt sie sich in die Hauptbronchien, Bronchi principales. Laut König und Liebich findet diese Aufteilung nach dem Durchtritt durch die **Apertura thoracis cranialis**, in Höhe des 5. Interkostalraums dorsal des Herzens statt (KÖNIG und LIEBICH, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). An der Luftröhre unterscheidet man einen langen Hals- und einen kurzen Brustteil (BUDA und BUDRAS, 2009a; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002g).

#### 2.3.6 Verdauungsapparat

Von der Mundöffnung bis zum After findet man den Digestionsapparat, der ein Rohr unterschiedlicher Weite darstellt. Zu den ihm zugeordneten extramuralen Drüsen gehören die großen Kopfdrüsen, die Leber und die Bauchspeicheldrüse. Über Ausführungsgänge geben diese Drüsen ihr Sekret an ihn ab (THOMÉ, 2004).

Pferde zählen zu den Pflanzenfressern, **Herbivora**. Ihr Verdauungsapparat weist nahrungsbedingte Anpassungen auf. Besonders am Gebiss und am Magen-Darm-Kanal werden diese Anpassungserscheinungen deutlich. Eine klare morphologische Gliederung des Digestionstrakts beruht auf diesem „Nacheinander“ der funktionellen Vorgänge (THOMÉ, 2004).

Für die Aufnahme und Zerkleinerung von fester Nahrung sind die Organe der Mundhöhle, **Cavum oris**, zuständig. Vor und während der Aufnahme wird die Nahrung mit den Sinnesorganen überprüft. Anschließend wird sie zerkleinert und eingespeichelt. Mit den Lippen oder der Zunge wird Flüssigkeit aufgenommen. Man spricht von Saugen, Schlürfen oder Löffeln (THOMÉ, 2004).

Der Schlundkopf, **Pharynx**, ist für die Bildung des Bissens und die Einleitung des Schluckvorgangs zuständig während die Speiseröhre, **Oesophagus** ausschließlich zu Transportzwecken dient (THOMÉ, 2004).

Unter dem Begriff **Kopfdarm** können unter Berücksichtigung entwicklungsgeschichtlicher Vorgänge die im Kopf untergebrachte Nasen-, Mund- und Schlundkopfhöhle zusammengefasst werden. Die Schlundkopfhöhle dient dabei als gemeinsame Wegstrecke für Luft und Nahrung (THOMÉ, 2004). Salomon fasst nach funktionell-anatomischen und embryologischen Gesichtspunkten nur die Mund- und die Schlundkopfhöhle zum Kopfdarm zusammen. Die Speiseröhre und den Magen fasst er zum **Vorderdarm** zusammen. Er weist aber darauf hin, dass man auf Grund einer anderen Einteilung die Mundhöhle, den Schlund, die Speiseröhre und den Magen zum Vorderdarm zählen kann (SALOMON, 2008e).

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird auf den Oesophagus, den Magen und den Darm nicht weiter eingegangen.

### 2.3.6.1 Mundhöhle, Cavum oris

Die Mundhöhle des Pferdes ist sehr lang und schmal (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a). Die Länge lässt sich durch den mächtig ausgebildeten Angesichtsteil des Pferdes erklären, der den auffallend umfangreichen Kauapparat beherbergt. Die geringe Breite ergibt sich infolge des engen Standes der Unterkieferäste (THOMÉ, 2004). Die Mundöffnung des Pferdes ist relativ klein, was auf ihre Ernährungsweise zurück zu führen ist (KÖNIG et al., 2009c).

Die Zähne und die Zunge (SALOMON, 2008e) findet man ebenso wie die Mündungen der Ausführungsgänge der Speicheldrüsen in der Mundhöhle (SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002a).

Die rostral bis an die Lippen, **Labia** (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a), bzw. bis an die Zähne und das Zahnfleisch reichende Mundhöhle (SALOMON, 2008e), geht kaudal in den Schlingrachen, **Pharynx**, über, der kaudal der letzten Backenzähne beginnt (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a). Seitlich wird die Mundhöhle von den Backen bzw. laut Salomon von den Zähnen und vom Zahnfleisch begrenzt. Dorsal wird sie vom harten, teils auch vom weichen, Gaumen begrenzt, während der Boden durch den sublingualen Mundhöhlenboden gebildet wird, dem die Zunge aufliegt (SALOMON, 2008b; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a).

Die Processus palatini und alveolares des Os incisivum und der Maxilla liefern ebenso wie das Corpus ossis incisivi, die Lamina horizontalis des Os palatinum und die Mandibula die knöcherne Grundlage der Mundhöhle (THOMÉ, 2004).

Mit der Schlundkopfhöhle steht die Mundhöhle kaudal durch die von Gaumensegel und Zungengrund verschließbare Rachenenge in Verbindung (THOMÉ, 2004).

Die eigentliche Mundhöhle, **Cavum oris proprium**, wird bei Kieferschluss durch die Zahnbögen des Ober- und des Unterkiefers vom Mundhöhlenvorhof getrennt. Sie stellt bei geschlossenem Mund einen spaltförmigen Raum dar, der lateral durch die Zähne

begrenzt wird. Dorsal wird sie vom Gaumen begrenzt, während der Mundhöhlenboden und die Zunge den Grund bilden. Eine Verbindung zwischen der eigentlichen Mundhöhle und dem Mundhöhlenvorhof bleibt nur über den **Margo interalveolaris (Diastema)** bestehen, der eine Lücke zwischen Schneide- und Backenzähnen darstellt. Zusätzlich kann man noch eine Verbindung hinter den letzten Backenzähnen erkennen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a).

Am Mundhöhlenvorhof, **Vestibulum oris**, kann man zwischen dem Lippenvorhof, **Vestibulum labiale**, und dem Backenvorhof, **Vestibulum buccale**, unterscheiden (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Der Lippenvorhof stellt den Spaltraum zwischen den Zähnen und der Innenfläche der Lippen dar, der Backenvorhof den zwischen den Zähnen und der Innenfläche der Backen (THOMÉ, 2004).

### **Schleimhaut der Mundhöhle und ihrer Organe**

Hierbei handelt es sich um eine kutane, stark durchblutete, blassrote bzw. auch pigmentierte Schleimhaut (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), deren Epithelium mucosae aus einem mehrschichtigen, teilweise verhornten Plattenepithel besteht. Eine bindegewebige Tela submucosa, die vorwiegend gemischte Drüsen aufweist unterlagert die Schleimhaut (KÖNIG et al., 2009c). Zum Zahnfleisch, **Gingiva**, ist die Mundschleimhaut im Bereich der Alveolarfortsätze des Ober- bzw. Unterkiefers modifiziert (KÖNIG et al., 2009c).

Als Lippen-, Backen- und Zungendrüsen findet man gruppenweise submuköse Drüsen von serösem oder mukösem Charakter. Die Unterzungen-, Unterkiefer- und Ohrspeicheldrüse gehören zu den großen Speicheldrüsen des Kopfes. Sie geben ihr Sekret durch besondere Ausführungsgänge an die Mundhöhle ab (THOMÉ, 2004).

(siehe unten)

### **Aufgaben der Mundhöhle und ihrer Hilfsorgane**

Zu den Hilfsorganen der Mundhöhle zählen die Zähne, die Zunge und die Speicheldrüsen (KÖNIG et al., 2009c). Die Mundhöhle bzw. ihre Hilfsorgane dienen der Aufnahme, Zerkleinerung, Durchmischung und der Einspeichelung von Nahrung (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e). Zusätzlich zählt zu den Aufgaben noch die Auswahl, die Überprüfung der Nahrung durch die in der Mundhöhle untergebrachten Geschmacksorgane und die Vorbereitung des Bissens zum Abschlucken (THOMÉ, 2004).

Zu guter Letzt kann die Mundhöhle auch der Passage der Atemluft dienen. Dies ist allerdings nur dann der Fall, wenn der Luftweg durch die Nase verlegt ist. Die Luft gelangt dann von der Maulhöhle zur Schlundkopfhöhle und in die Trachea (SALOMON, 2008e).

(Nasen-Gaumen-Kanal siehe auch 2.3.5 Atmungsapparat)



**Lippen, Labia oris**

Die sehr beweglichen Lippen für eine selektive, vorsichtige Nahrungsaufnahme findet man am Mundhöhlenzugang (NÖLLER und BUDRAS, 2009). Die Oberlippe, **Labium superius**, und die Unterlippe, **Labium inferius**, bzw. deren Ränder, umfassen die Mundspalte, **Rima oris** (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Im Angulus oris gehen die Ober- und die Unterlippe ineinander über. Beim Pferd reicht diese, im Vergleich zur Gesamtlänge der Mundhöhle kleine Mundspalte, bis zum ersten Backenzahn. Untersuchungen und Eingriffe an rachenwärtigen Organen werden selbst bei maximaler Öffnung durch diese geringe Größe erschwert (THOMÉ, 2004).

Die sehr unterschiedliche Form und Beweglichkeit, besonders der Oberlippe (THOMÉ, 2004), hängt von der Verwendung der Lippen als Saug-, Greif- und Tastorgan ab. Beim Pferd sind beide Lippen sehr beweglich, da sie der Ergreifung der Nahrung dienen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Sowohl die große Ober- als auch die kleinere Unterlippe (THOMÉ, 2004) sind sensible Tast- und Greiforgane für die Beförderung der Nahrung in die Maulhöhle (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Die dreischichtig aufgebauten Lippen sind am Os incisivum und an der Maxilla bzw. der Mandibula angeheftet (THOMÉ, 2004). Von außen nach innen findet man Haut, Muskeln, Drüsen und Mundschleimhaut (KÖNIG et al., 2009c). Die allgemeine Decke bildet in modifizierter Form die Außenfläche, während die Innenfläche von der Lippenschleimhaut gebildet wird, die auf den Alveolarteil der oben genannten Knochen überspringt, um sich in das Zahnfleisch der Schneidezähne und auf den Margo interalveolaris fortzusetzen (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Muskeln, Sehnen, Binde- und Fettgewebe der Mittelschicht stellen die Grundlage der Lippe dar (THOMÉ, 2004). Die Muskulatur besteht im Wesentlichen aus dem M. orbicularis oris und den Mm. incisivi, die zur mimischen Muskulatur gehören und vom N. facialis innerviert werden (KÖNIG et al., 2009c).

Das **Frenulum labii superioris** bzw. **inferioris**, stellt jeweils eine mediane Schleimhautfalte dar, die sich zwischen der Schleimhaut der Ober- bzw. Unterlippe und dem Zahnfleisch befindet (SALOMON, 2008e).

Besonders in der Nähe der Lippenwinkel enthält die gefäßreiche Submukosa die Lippendrüsen, **Glandulae labiales**. Diese Drüsen kommen sowohl in der Ober- als auch in der Unterlippe vor und nehmen in der Nähe der Mundwinkel an Stärke zu. Sie sind im Vergleich zu anderen Tierarten besonders stark entwickelt und dabei in der Oberlippe beim Pferd stärker als in der Unterlippe. Sie münden mit vielen, makroskopisch sichtbaren Öffnungen in den Lippenvorhof (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Mit scharfer Grenze gehen die Haut und die Schleimhaut am Lippenrand ineinander über (THOMÉ, 2004). Zusätzlich zu allen baulichen Merkmalen der allgemeinen Decke trägt der Hautüberzug der Lippen auch noch Sinushaare (Tasthaare) (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), die der Aufnahme von Berührungsreizen dienen. Die vielen freien,

sensiblen Nervenendigungen, die man in der Oberfläche der Lippen findet, stellen Berührungs- und Schmerzrezeptoren dar (SALOMON, 2008e).

Die **Oberlippe** ist tierartlich unterschiedlich gestaltet und wird beim Pferd von behaarter Haut bedeckt (SALOMON, 2008e). Es ist eine seichte, beim Pferd undeutliche mediane Rinne, das **Philtrum**, an ihr erkennbar (THOMÉ, 2004). Die Oberlippe geht ohne Grenze in das Gebiet der Nasenlöcher über. Oft kommen auf beiden Seiten des Philtrums längere Haare vor, die gelegentlich zu einem vollentwickelten Schnurrbart auswachsen können. Diese Haare sind weder Tasthaare noch stellen sie ein sekundäres Geschlechtsmerkmal dar (THOMÉ, 2004).

Im Gegensatz zur Oberlippe weist die **Unterlippe** keine wesentlichen tierartbezogenen Besonderheiten auf (SALOMON, 2008e).

An ihr kann man den Kinnwulst, **Mentum**, erkennen, der aus Muskulatur und Fett besteht. Laut Thomé besteht er aus dem schwachen M. mentalis sowie aus Fett- und Bindegewebe (NÖLLER und BUDRAS, 2009; THOMÉ, 2004).

### **Versorgung der Lippen**

Äste der A. facialis sind für die Versorgung der Lippen zuständig (SALOMON, 2008e): die **A. labialis inferior** bzw. **superior**. Die venöse Versorgung erfolgt über Venen, die die eben genannten Arterien begleiten und das Blut der V. facialis zu führen (WISSDORF et al., 2002a). Salomon weist noch darauf hin, dass über die **V. angularis oculi**, einen Ast der V. facialis, das venöse Blut der Oberlippe den Orbitalvenen zugeleitet wird, die das Blut dann Venen im Schädelinneren zuleiten. Aus diesem Grund kann es zu einer Infektionsausbreitung kommen, die von der Oberlippe ausgehend bis ins Innere des Schädels reicht (SALOMON, 2008e).

Die sensible Versorgung der Oberlippe erfolgt über den **N. infraorbitalis** bzw. seine Äste, während der **N. mentalis** bzw. seine Äste die Unterlippe versorgen (SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002a). Sowohl der N. infraorbitalis als auch der N. mentalis stammen vom N. trigeminus (WISSDORF et al., 2002a). Der N. infraorbitalis geht aus dem N. maxillaris hervor, der N. mentalis stellt eine Verlängerung des N. alveolaris inferior dar, einer Abzweigung des N. mandibularis (SALOMON, 2008e). Die **Rr. buccolabiales** n. facialis übernehmen die motorische Innervation der beiden Lippen (WISSDORF et al., 2002a).

### **Backen, Buccae**

Das Ende der am Lippenwinkel beginnenden Backen, wird durch die als Kieferfalte, **Plica pterygomandibularis**, bezeichnete Schleimhautfalte dargestellt, die hinter dem letzten Backenzahn vom Gaumen zum Unterkiefer überspringt. Die Backen bilden die Außenwand des Backenvorhofes und beinhalten in ihrem kaudalen Teil den starken M. masseter (THOMÉ, 2004).

Die Backen setzen sich aus den gleichen drei Schichten wie die Lippen zusammen (KÖNIG et al., 2009c) und heften sich im Bereich der Backenzähne am Alveolarrand des Ober- und Unterkiefers an (THOMÉ, 2004).

Von außen nach innen sind diese drei Schichten die behaarte Haut, die Backenmuskulatur und die kutane Mundhöhlenschleimhaut, die am Alveolarrand von Ober- und Unterkiefer in das Zahnfleisch der Backenzähne übergeht (THOMÉ, 2004). Die Backendrüsen, **Glandulae buccales**, sind ebenfalls in den Backen enthalten (KÖNIG et al., 2009c).

Der M. buccinator bildet die muskulöse Grundlage der Backen und ist für deren Kontakt mit den Zahnreihen verantwortlich, wodurch er dafür sorgt, dass Nahrungsteile in die eigentliche Mundhöhle gelangen. Er gehört zur mimischen Muskulatur und wird vom N. facialis motorisch versorgt. Ist er gelähmt, so kann die Backenschleimhaut zwischen die Zahnreihen geraten, infolgedessen sie dann beim Kauen verletzt werden kann. Einen Fettkörper, der als **Corpus adiposum buccae**, bezeichnet wird, findet man zudem auf dem M. buccinator, am Vorderrand des M. masseter (SALOMON, 2008e).

Bei den Drüsen der Backen, **Glandulae buccales**, unterscheidet man zwischen einer dorsalen und einer ventralen Gruppe (Drüsenpaket) (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h), die sich unter der kutanen Backenschleimhaut befinden und sich vom Mundwinkel bis hin zum M. masseter ausdehnen (SALOMON, 2008e). Laut Thomé liegen sie zwischen der Schleimhaut und der Backenmuskulatur oder zwischen den Schichten der Muskulatur (THOMÉ, 2004). Die dorsale Gruppe kann auch als maxillare Gruppe bezeichnet werden, die ventrale als mandibulare. Im Backenvorhof liegt der Mündungsabschnitt des jeweiligen Ausführungsgangs (THOMÉ, 2004). Laut Budras findet man die Gll. buccales doppelreihig entlang des Dorsal- und Ventralrandes des M. buccinator (BUDRAS, 2009c).

#### **Dorsale, maxillare Gruppe**

Die dorsalen Backendrüsen folgen dem maxillaren Backenzahnrand (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Beim Pferd kann man eine rostrale und eine kaudale Portion erkennen, die submukös bzw. intermuskulär liegen. Die vom Mundwinkel bis zum rostralen Rand des M. masseter reichende rostrale Portion setzt sich aus locker gefügten Einzelläppchen zusammen. Die kaudale Portion stellt ein 6-8 cm langes, zusammenhängendes Drüsenband dar, welches dem Oberkieferbein anliegt und sich zwischen den M. masseter und die Pars buccalis des M. buccinator einschiebt (THOMÉ, 2004). Wissdorf et al. unterscheiden nicht zwischen einer rostralen und einer kaudalen Portion. Sie sprechen nur von einem 6-8 cm langen Drüsenband, dass größtenteils unter dem M. masseter zu finden ist (WISSDORF et al., 2002h).

### **Ventrale, mandibulare Gruppe**

Sie erstrecken sich vom Mundwinkel bis zum rostralen Rand des M. masseter und begleiten dabei den unteren Rand der Pars molaris des M. buccinator bzw. werden vom M. buccinator verdeckt (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

### **Harter Gaumen, Palatum durum**

Der harte Gaumen stellt den rostralen Abschnitt des Gaumens dar (KÖNIG et al., 2009c) und erstreckt sich von den Schneidezähnen bis zum Choanenrand. Er wird vom oberen Zahnbogen umrahmt und weist nahezu überall die gleiche Breite auf (THOMÉ, 2004). Laut Wissdorf et al. reicht er kaudal bis auf Höhe des M<sub>2</sub> (WISSDORF et al., 2002a). Für die Bildung des Mundhöhlendachs ist er gemeinsam mit dem weichen Gaumen, **Palatum molle**, verantwortlich (SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002a).

Die Gaumenfortsätze des Os incisivum und der Maxilla bilden gemeinsam mit dem Os palatinum bzw. dessen Lamina horizontalis seine knöcherne Grundlage (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e).

Da bei allen Haussäugetieren pigmentierte Bereiche vorkommen können (SALOMON, 2008e), kann auch die Schleimhaut des harten Gaumens des Pferdes mehr oder weniger schwarz pigmentiert sein (THOMÉ, 2004).

Es handelt sich um eine dicke, drüsenlose, mehr oder weniger verhornte Schleimhaut, die den harten Gaumen mundhöhlenwärts bedeckt (KÖNIG et al., 2009c) und als relativ derbe Schicht unverschieblich mit der knöchernen Grundlage verbunden ist (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a).

Im Bereich der Zähne stellt das drüsenlose Zahnfleisch, **Gingiva**, die Fortsetzung der Gaumenschleimhaut dar (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004), während die derbe Schleimhaut am Choanenrand des Os palatinum in den weichen Gaumen übergeht (THOMÉ, 2004).

Allgemein bezeichnet man als Zahnfleisch jene Abschnitte der Mundhöhlenschleimhaut, deren Submukosa mit dem Periost der Alveolarfortsätze der Kiefer eng verwachsen ist, die die Zähne an der Grenze zwischen Wurzelteil und Krone fest umschließen und auch Fasern mit dem Alveolarperiost austauschen (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Die Gaumennaht, **Raphe palati**, stellt eine tiefe, mediane Längsfurche dar, die den harten Gaumen in zwei symmetrische Hälften teilt (THOMÉ, 2004). Die Gaumenstaffeln, **Rugae palatinae**, findet man beiderseits der Gaumennaht, wo sie paarig angelegte, quer verlaufende Leisten darstellen, die in der Gaumennaht zusammen treffen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a). Teilweise sind diese paarig vorkommenden Schleimhautquerleisten gegeneinander versetzt (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002a). Sie sind verhornt und rachenwärts leicht konkav gebogen (THOMÉ, 2004). Salomon weist noch darauf hin, dass die Rugae palatinae der Pflanzenfresser besonders stark verhornt sind (SALOMON, 2008e). Rachenwärts steigt jede Gaumenstaffel flach an, um dann einen First zu bilden und zur

nächstfolgenden Staffel hin wieder steiler abzufallen. Kleinere, so genannte Schaltstaffeln, können sich zwischen die Gaumenstaffeln, die bis zum weichen Gaumen reichen, einschieben. Im Bereich des Diastema weisen die Gaumenstaffeln größere Abstände zwischen einander auf, als im rostralen und kaudalen Abschnitt. Bei der Nahrungsaufnahme und dem Transport des Bissens dient der harte Gaumen mit seinen Rugae palatinae der Zunge als Widerlager (THOMÉ, 2004).

Beim Pferd kann man 16-18 paarige Gaumenstaffeln erkennen. Allerdings ist diese Anzahl laut einigen Autoren sowohl tierartlich als auch individuell unterschiedlich (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Die **Papilla incisiva**, die eine unpaare Verdickung (Schleimhauerhebung) darstellt, ist hinter den mittleren Schneidezähnen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) und somit vor dem rostralen Ende der Raphe palati gelegen (SALOMON, 2008e). Die ovale Papille liegt nebst zwei kleinen Grübchen median auf dem Schleimhautwall, der durch den dicht hinter den Oberkieferschneidezähnen liegenden Abschnitt des harten Gaumens dargestellt wird. Dieser wallartige, wulstige Abschnitt kann besonders beim Fohlen bis zur Höhe der Kaufläche der Schneidezähne polsterartig hervorragen (THOMÉ, 2004) und ist insbesondere zur Zeit des Zahnwechsels stark durchblutet (NÖLLER und BUDRAS, 2009).

Auf jeder Seite der Papille befindet sich die Öffnung des paarig vorkommenden **Ductus incisivus**. Normalerweise stellen die Ductus incisivi eine Verbindung zwischen der Mund- und der Nasenhöhe her (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e), beim Pferd sind sie allerdings mundhöhlenseitig geschlossen, weshalb keine Verbindung vorliegt. Das **Organum vomeronasale** (Jacobson-Organ), ein ebenfalls blind endender Kanal, stellt die kaudale Fortsetzung der Ductus incisivi dar (KÖNIG et al., 2009c).

(Organum vomeronasale und Ductus incisivus siehe auch 2.3.5 Atmungsapparat)

### **Versorgung des harten Gaumens**

Der harte Gaumen weist eine intensive Vaskularisierung auf (NÖLLER und BUDRAS, 2009). In der Submukosa der gesamten Schleimhaut kann man ein dichtes, mehrschichtiges Venennetz erkennen, welches laut Salomon als **Stratum cavernosum** bezeichnet wird (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) bzw. laut Wissdorf den **Plexus palatinus** darstellt. Die V. palatina major sammelt das Blut aus dem mächtigen Venengeflecht des Gaumens und führt es der V. palatina descendens zu. Die **A. palatina major**, die jederseits dicht am Oberkieferzahnbogen zu erkennen ist, übernimmt die arterielle Versorgung der Gaumenschleimhaut. Hinter den Schneidezähnen verbinden sich die beiden Arterien in einer Anastomose. Die A. palatina major durchzieht gemeinsam mit dem **N. palatinus major**, der für die Versorgung der Schleimhaut des harten Gaumens zuständig ist, den Gaumenkanal. Der vorderste Abschnitt der Schleimhaut des harten Gaumens wird allerdings nicht vom N. palatinus major, sondern vom **R. medialis** des **N. nasalis caudalis** versorgt, der durch die Fissura palatina aus der Nasenhöhle in die Maulhöhle gelangt (WISSDORF et al., 2002a).

**Weicher Gaumen, Palatum molle**

siehe unten

**Sublingualer Mundhöhlenboden**

Rostral am Mundhöhlenboden erkennt man den unpaaren präfrenulären Abschnitt, dem kaudal beidseits der Zunge ein spaltförmiger Recessus sublingualis lateralis folgt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Den **präfrenulären Mundhöhlenboden** findet man rostral des Zungenbändchens (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e) und ventral der Zungenspitze (SALOMON, 2008e), wo er vom Bogen der Unterkieferschneidezähne umgeben wird (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Das in die Schleimhaut des präfrenulären Mundhöhlenbodens einstrahlende Zungenbändchen, **Frenulum linguae**, stellt eine Schleimhautfalte dar, die die Unterfläche der Zunge mit dem Mundhöhlenboden verbindet (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Rostrolateral des Zungenbändchens findet man die Hungerwarzen, **Carunculae sublinguales**, die beim Pferd gut entwickelt sind (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Sie stellen abgeplattete Schleimhautausstülpungen dar (SALOMON, 2008e) die seitlich abgeflacht bzw. umgelegt sind. Sie sind ca. linsengroß und ragen aus dem freien Rand der **Plicae sublinguales** hervor. Die Plicae sublinguales erheben sich als paarige Falten paramedian vor dem Zungenbändchen auf dem präfrenulären Mundhöhlenboden (THOMÉ, 2004).

Auf den Carunculae sublinguales kann man die Mündung des jeweiligen Ausführungsgangs der Glandula mandibularis erkennen (KÖNIG et al., 2009c; NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

In der Umgebung der Caruncula sublingualis sowie in und neben den Plicae sublinguales kommen Einlagerungen von lymphoretikulärem Gewebe vor (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), die man als **Tonsilla sublingualis** zusammenfassen kann (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Ebenfalls in der Nähe einer jeden Caruncula sublingualis kann man eine kleine Mundhöhlenbodendrüse, **Glandula paracaruncularis**, erkennen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), deren Ausführungsgänge vor oder auf der Caruncula sublingualis münden (THOMÉ, 2004).

Die kleinen, mondsichel- oder schlitzförmigen, Öffnungen des paarig vorkommenden **Ackerknechtschen Organ, Organum orobasale**, findet man kaudal der mittleren Schneidezähnen des Unterkiefers in der Schleimhaut des sublingualen Mundhöhlenbodens (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Der sich an die Öffnungen anschließende epithelausgekleidete Kanal ist ca. 9 mm lang (THOMÉ, 2004). Das Organ an sich wird entweder durch zwei in die Propria eindringende rudimentäre Epithelstränge oder englumige Epithelschläuche dargestellt (SALOMON,

2008e; THOMÉ, 2004). Es handelt sich um das Rudiment einer bei Reptilien vorkommenden vorderen Unterzungendrüse, die als *Glandula sublingualis anterior* bezeichnet wird (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Der **Recessus sublingualis lateralis** befindet sich zwischen den Unterkieferbackenzähnen und der Seitenfläche der Zunge (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Am Boden wird seine Schleimhaut durch die submukös liegende **Glandula sublingualis polystomatica** zum Sublingualwulst hervorgewölbt. Die zahlreichen Mündungen der Drüse sind in einer Reihe angeordnet (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Bei der *Glandula sublingualis polystomatica* handelt es sich um die Zusammenfassung einer Reihe kleiner Speicheldrüsen (SALOMON, 2008e).

### **Zunge, Lingua (Glossa)**

Die Zunge stellt einen von kutaner Schleimhaut bedeckten, sehr beweglichen Muskelkörper dar (SALOMON, 2008e), der sich der Form der Maulhöhle anpasst (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k) und bei Kieferschluss das Cavum oris proprium ausfüllt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Dieses muskulöse Organ (KÖNIG et al., 2009c) ist sehr beweglich und wird vom Zungenbein (THOMÉ, 2004), vor allem von dessen Basihyoideum (mit langem Processus lingualis) gestützt. Der Processus lingualis ist mittig im Kehlgang, am Übergang des mittleren in das kaudale Drittel, zwischen den beiden kaudal gerichteten Anteilen der Lnn. mandibulares tastbar (WISSDORF et al., 2002k).

Die Zunge des Pferdes mit ihren hohen Seitenrändern schiebt sich zwischen die eng gestellten Unterkieferhälften ein (THOMÉ, 2004). Sie ist auffällig lang (NÖLLER und BUDRAS, 2009; WISSDORF et al., 2002k) und lässt eine Zungenspitze, **Apex linguae**, einen Zungenkörper, **Corpus linguae**, eine Zungenwurzel, **Radix linguae**, und einen Zungenrücken, **Dorsum linguae** erkennen (KÖNIG et al., 2009c; NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k).

Die Zungenspitze, **Apex linguae**, stellt einen löffelförmig verbreiterten Abschnitt dar (NÖLLER und BUDRAS, 2009; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k). Sie ist besonders beweglich und wird durch den rundum freien, rostralen Abschnitt der Zunge dargestellt. Ihre freie Rücken- und ihre freie Bodenfläche gehen mit einem abgerundeten Rand ineinander über (THOMÉ, 2004). Die Zungenspitze ist nur rostral rundum frei, denn kaudal ist sie (WISSDORF et al., 2002k) durch das Zungenbändchen, **Frenulum linguae**, am Mundhöhlenboden befestigt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k).

Der Zungenkörper, **Corpus linguae**, stellt die kaudale Fortsetzung der Zungenspitze dar (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k) und ist gaumenwärts empor gewölbt. Kaudal reicht er bis zu den beiden auf dem Zungenrücken gelegenen Papillae vallatae. Rostral ist er durch das Frenulum linguae am Mundhöhlenboden befestigt, kaudal wird er durch

von außen an die Zunge herantretende Muskeln befestigt (WISSDORF et al., 2002k). Am Arcus palatoglossus geht der wulstartig verdickte Körper nahtlos in die gleich geformte Radix linguae über (NÖLLER und BUDRAS, 2009).

Unter der Schleimhaut des Zungenrückens liegt im Bereich des Zungenkörpers der Zungenrückenknorpel, **Cartilago dorsi linguae**, der eine Besonderheit des Pferdes darstellt (KÖNIG et al., 2009c; NÖLLER und BUDRAS, 2009; THOMÉ, 2004). Dieser in der Medianebene gelegene federkielförmige Knorpel ist zylindrisch, kaudal fadenförmig. Er ist 11-17 cm lang und durchschnittlich 0,4-0,6 cm dick (THOMÉ, 2004). Als mediane Verdickung der Propria ist er auch zu tasten (SALOMON, 2008e). Er beinhaltet Knorpel- und Fettzellen, die sich in einem dichten Geflecht aus vorwiegend elastischen Fasern befinden (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Das dorsal in den Cartilago dorsi linguae übergehende **Septum linguae** (SALOMON, 2008e) teilt die Zunge in zwei symmetrische Hälften und ist in der Tiefe der Zunge zu finden.

Die Zungenwurzel, **Radix linguae**, schließt sich kaudal an den Zungenkörper an und kann auch als Zungengrund bezeichnet werden. Dieser erstreckt sich kaudal bis zur Plica glossoepiglottica mediana, einer zur Kehledeckelbasis ziehenden Schleimhautfalte (WISSDORF et al., 2002k). An der Zungenwurzel ist nur die Dorsalfläche mit Schleimhaut bedeckt (THOMÉ, 2004). Seitlich geht die Schleimhaut der Zungenwurzel jederseits in die Schleimhautfalte des Arcus palatoglossus über (WISSDORF et al., 2002k).

Sowohl der Zungenkörper als auch die Zungenwurzel sind zwischen die besonders bei den Pflanzenfressern eng stehenden Unterkieferäste eingeschoben. Die seitlich und ventral einstrahlende Zungenmuskulatur verankert diese beiden Anteile dort (THOMÉ, 2004).

Das **lymphoretikuläre Gewebe** stellt ein Merkmal des Zungengrunds dar und ist hier in wechselnder Menge und unterschiedlicher Ausbildung in die Submukosa eingelagert. Beim Pferd kommt es entweder in Form von Schleimhautbälgen, **Folliculi tonsillares**, Zungenbälge, vor oder es stellt eine Ansammlungen von diffusem lymphoretikulärem Gewebe bzw. von Einzelknötchen dar. Unter dem Begriff Zungenmandel, **Tonsilla lingualis**, werden diese lymphoretikulären Bildungen zusammengefasst (THOMÉ, 2004).

### **Aufbau der Zunge**

Sowohl quer gestreifte Skelettmuskulatur als auch Binde- und Fettgewebe gehören zu den Bestandteilen der Zunge. Die Deckschicht wird von einer kutanen Schleimhaut mit auffallendem Oberflächenrelief gebildet (THOMÉ, 2004).

### **Funktion der Zunge**

Neben ihrer Funktion als wichtigstes Tastorgan ist sie mit Geschmacksknospen ausgestattet (THOMÉ, 2004). Sie ist ein geschmacks-, tast-, schmerz- und temperaturempfindliches Organ (KÖNIG et al., 2009c), welches der taktilen, gustatorischen und thermischen Kontrolle der Nahrung dient (SALOMON, 2008e). Sie



ergreift, prüft (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), und sortiert Nahrung (THOMÉ, 2004), dient der Aufnahme von fester und flüssiger Nahrung und ist maßgeblich am Kau- und Schluckakt beteiligt. Des Weiteren dient sie der Säuberung der Haut und des Haarkleides durch Belecken (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) und sie beteiligt sich an der Lautbildung (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e). Zu guter Letzt erzeugt sie bei geschlossenem Maul durch Kaudalbewegungen eine Saugwirkung (Säuglinge) (SALOMON, 2008e).

### **Innervation der Zunge**

An der vegetativen, sensiblen, sensorischen und motorischen Versorgung der Zunge (KÖNIG et al., 2009c) sind fünf Gehirnnervenpaare (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k) und der N. jugularis des Sympathikus beteiligt (WISSDORF et al., 2002k). Die Zungenschleimhaut wird sensibel und sensorisch innerviert (sensibel: Stereognosis, Schmerz, Temperatur; sensorisch: Geschmack) (SALOMON, 2008e).

Die fünf Gehirnnervenpaare, die die Zunge versorgen sind der **N. mandibularis** des N. trigeminus, der **N. facialis** (intermedius), der **N. glossopharyngeus**, der **N. vagus** und der **N. hypoglossus**, der alleine für die Motorik der Zunge verantwortlich ist (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k). Für die Geschmacks-, Tast-, Schmerz- und Temperaturempfindung sind die übrigen vier Paare, und laut Wissdorf et al. der N. jugularis des Sympathikus, zuständig (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k).

Die vorderen zwei Drittel der Zunge werden vom N. lingualis, einem Ast des N. mandibularis (V3), sensibel versorgt. Laut Salomon sind es die Rr. linguales des N. lingualis, die die sensible Versorgung übernehmen. Laut Wissdorf et al. versorgt der N. lingualis die Zungenspitze und den Zungenkörper sensibel und z.T. auch sensorisch (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002k).

Die sensorische und parasymphatische Versorgung der vorderen zwei Drittel der Zunge wird vom N. intermedius übernommen (WISSDORF et al., 2002k). Die Chorda tympani des N. intermediofacialis dient der sensorischen Innervation der vorderen zwei Drittel der Zunge (Geschmacksknospen und Papillae fungiformes). Diese Nervenfasern vereinigen sich auf dem Weg zur Zunge, nach Passage der Paukenhöhle und Verlassen des Schädels durch die Fissura petrotympanica mit dem N. lingualis (SALOMON, 2008e).

Das hintere Drittel der Zunge wird durch die sensorischen und sensiblen Fasern des R. lingualis des N. glossopharyngeus versorgt, der zusätzlich noch parasymphatische Fasern aus dem N. vagus und postganglionäre, sympathische Fasern aus dem N. jugularis des Sympathikus erhält. Diese Fasern dienen u.a. der Versorgung der Blutgefäße (WISSDORF et al., 2002k).

König et al. und Salomon erwähnen auch den R. lingualis bzw. Rr. linguales für die Versorgung des kaudalen Zungendrittels (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e).

Da die Geschmacksknospen in den Papillae vallatae und foliatae im kaudalen Zungendrittel liegen, werden auch sie vom N. glossopharyngeus versorgt (SALOMON, 2008e).

Auch der N. laryngeus cranialis des N. vagus beteiligt sich in geringem Maße an der sensorischen Innervation der Schleimhaut des Zungenwurzelgebietes (SALOMON, 2008e).

### **Blutgefäße der Zunge**

Die dem Truncus linguofacialis entstammende **A. lingualis** zählt mit ihrer Fortsetzung, der **A. profunda linguae** zu den klinisch bedeutsamen Gefäßen der Zunge. Beide Gefäße sind im Inneren der Zunge zu finden (WISSDORF et al., 2002k). Eine Vielzahl von Ästen, die von der A. lingualis und der A. sublingualis abgegeben werden, ziehen in Richtung Dorsalfläche der Zunge, wo sie sich in der Lamina propria mucosae des Bindegewebes der Zunge verzweigen (KÖNIG et al., 2009c). Über parallel zu den Arterien verlaufende Venen erfolgt die Entsorgung der Zunge (WISSDORF et al., 2002k).

### **Schleimhaut der Zunge**

Eine spezielle Konstruktion ermöglicht es der mechanisch stark beanspruchten Zunge der Belastung zu widerstehen. Teil dieser speziellen Konstruktion ist es, dass ihre Oberfläche von kutaner Schleimhaut überzogen ist, die im Bereich des Zungenrückens eine starke Verhornung aufweist. Zudem weist sie einen gut ausgeprägten Koriumpapillarkörper auf (SALOMON, 2008e).

Dünn und zart ist die Schleimhaut an den Seiten- und der Unterfläche der Zunge (THOMÉ, 2004), wo sie ein dünnes mehrschichtiges Plattenepithel aufweist. Gut durchblutet und damit zur perilingualen Resorption einiger Medikamente fähig, ist die Schleimhaut an der Unterseite der Zunge (SALOMON, 2008e). Dort ist sie auch sehr viel weicher als an der Dorsalfläche und den Rändern. Zudem ist sie an der Unterfläche auch etwas lockerer mit dem unterlagerten Bindegewebe verbunden (KÖNIG et al., 2009c).

Durch eine straffe Submukosa, **Aponeurosis linguae**, ist die Zungenschleimhaut fest mit ihrer Unterlage verbunden (THOMÉ, 2004). Die Zungenmuskulatur wird unter der Schleimhaut von dieser dichten Bindegewebslage umspannt. Eine Art bindegewebiges Skelett der Zunge, an dem sich Muskelfasern anheften, wird gemeinsam von der Aponeurosis linguae und dem Septum linguae gebildet. Am Zungenrücken ist die Schleimhaut unverschieblich, da hier die Aponeurose mit der Propria verschmolzen ist (SALOMON, 2008e).

Die raue Oberfläche der Zunge kommt durch die Zungenpapillen zustande, und erhöht zusätzlich die Belastbarkeit der Zunge (SALOMON, 2008e).

### **Zungenpapillen, Papillae lingualis**

Sie sind auf der Zungenoberfläche zu finden (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k). Mit ihrer Hilfe kann die Zunge ihre besonderen Aufgaben, zu denen die Futteraufnahme und die sensorische Prüfung der Nahrung gehören, erledigen (KÖNIG et al., 2009c).

Man kann bei ihnen zwischen mechanischen Papillen, **Papillae mechanicae**, und Geschmackspapillen, **Papillae gustatoriae**, unterscheiden (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002k).

#### **Mechanische Papillen, Papillae machanicae**

Zu den mechanisch wirksamen Papillen zählen die Papillae filiformes und conicae, die eine konische, faden- oder laut Thomé kegelförmige Gestalt aufweisen (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Sie erhöhen die Belastbarkeit der Zunge (SALOMON, 2008e) und überwiegen von der Anzahl her. Die fadenförmigen Papillen kommen dabei am häufigsten vor (KÖNIG et al., 2009c).

#### **Papillae filiformes, fadenförmige Papillen**

Sie sind kleiner als die Papillae conicae (KÖNIG et al., 2009c) und sorgen für die samtartige Beschaffenheit des Zungenrückens (dessen kutaner Schleimhaut) (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k), da sie als weiche Hornfäden den Zungenrücken bedecken. Tastempfindungen können diese Papillen aufnehmen, da sie mit freien Nervenendigungen und lamellär gebauten Rezeptororganen ausgestattet sind. An der Zungenspitze ist diese stereognostische Fähigkeit besonders ausgeprägt (SALOMON, 2008e).

#### **Geschmackspapillen, Papillae gustatoriae**

Die Papillae fungiformes, vallatae und foliatae zählen zu dieser Gruppe (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Ebenso wie bei den mechanischen Papillen, handelt es sich auch bei dieser Gruppe um Schleimhautmodifikationen. Typisch für diese Gruppe ist der Einschluss von Geschmacksknospen in ihrem Epithel. Die Geschmacksknospen dienen der Rezeption sensorischer Reize. Seröse Spüldrüsen (**Ebner-Spüldrüsen**) befinden sich in unmittelbarer Nähe der Geschmackspapillen und sorgen dafür, dass in der Speichelflüssigkeit gelöste Nahrungsstoffe von der Zungenoberfläche entfernt werden. Im Anschluss daran können neue Sinneseindrücke wahrgenommen werden (KÖNIG et al., 2009c).

Die Geschmackspapillen weisen alle eine charakteristische Lokalisation, Form und Zahl auf und lassen zudem eine starke Blutkapillarversorgung erkennen (THOMÉ, 2004).

#### **Papillae fungiformes, pilzförmige Papillen**

Man findet ca. 60-70 einzeln stehende Papillen dieser Art (WISSDORF et al., 2002k), die größer, aber weniger zahlreich als die Papillae filiformes sind (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Meistens, jedoch nicht immer, besitzen sie Geschmacksknospen (THOMÉ, 2004). Diese intraepithelialen Geschmacksknospen kommen vor allem bei Jungtieren vor. Wegen dem Vorhandensein freier Nervenendigungen und lamellierter Rezeptoren sind sie ebenfalls an der Mechano- und Thermorezeption beteiligt (SALOMON, 2008e).

Auf der Zungenspitze kommen sie dorsal vor. An den Seitenflächen des Zungenkörpers findet man sie reihenförmig angeordnet vor (NÖLLER und BUDRAS, 2009; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k).

### **Papillae vallatae, Wallpapillen**

Sie sind größer als die Papillae fungiformes und mit einer höckerigen Oberfläche ausgestattet. Laut Salomon weisen auch sie eine pilzförmige Gestalt auf (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Dort, wo der Zungenkörper in den Zungengrund übergeht kann man diese paarig vorkommende Papille dorsal auf der Zunge erkennen (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k).

Beim Pferd kommt auf jeder Seite eine sehr große, von einem Wallgraben umgebene, Papille vor (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), die jeweils einen Durchmesser von etwa 6-7 mm aufweist (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k). In seltenen Fällen kann eine weitere, kleinere, unpaare Papilla vallata vorhanden sein, die dann median, dicht kaudal der beiden anderen zu finden ist (WISSDORF et al., 2002k). Es kann auch auf jeder Seite eine kleinere zweite, in einigen wenigen Fällen eine dritte akzessorische Papille hinzukommen (THOMÉ, 2004).

Diese sich nicht über die Schleimhautoberfläche erhebenden Papillen werden von einem deutlichen Ringwall umgeben, dessen Epithel nur vereinzelte Geschmacksknospen enthält. Im Epithel der Papille kommen hingegen zahlreiche Geschmacksknospen vor (THOMÉ, 2004), die sich in der dem Wallgraben zugewandten Wand der Papille befinden (SALOMON, 2008e).

In der Nähe der Papillen kommen submukös oder intermuskulär gelegene seröse Drüsen (Spüldrüsen) vor (THOMÉ, 2004), die in die Tiefe des jeweiligen Grabens münden. Man bezeichnet sie als **von EBNER-Spüldrüsen** (SALOMON, 2008e). Ihr dünnflüssiges Sekret geben sie in den Grund des Wallgrabens ab. Bereits geschmeckte Stoffe werden auf diese Weise abgespült, die Geschmacksknospe ist für neue Eindrücke bereit (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

### **Papillae foliatae, Blätterpapillen**

Sie findet man am Zungenrand im Bereich des Zungengrunds dicht vor dem rostralen Rand des Arcus palatoglossus (NÖLLER und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k), der eine vom Zungengrund zum weichen Gaumen überspringende Schleimhautfalte darstellt (THOMÉ, 2004).

Als deutlich ausgeprägte Papillen kann man die Blätterpapillen bei den großen Haussäugetieren nur beim Pferd erkennen (SALOMON, 2008e). Die beiden Papillen sind ca. 2-2,5 cm lang und haben eine wulstförmige Gestalt (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002k). Durch Querfurchen, in denen man zahlreiche Geschmacksknospen findet, wird die Schleimhaut in Blättchen unterteilt. (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Die quer zur Längsachse der Zunge verlaufenden Schleimhautblättchen gehören zur Oberfläche (WISSDORF et al., 2002k).

Seröse Drüsen kommen regelmäßig in der Umgebung dieser Papillen als Spüldrüsen vor (Funktion s. Papillae vallatae) (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

### Sonstige Drüsen

Muköse, seröse bzw. gemischte Drüsen kommen zusätzlich zu den Drüsen in der Umgebung der großen Geschmackspapillen in der Submukosa der Zunge bzw. auch zwischen den Muskelbündeln des Zungengrundes vor (THOMÉ, 2004).

Die **Zungenranddrüsen** stellen eine weitere Drüsengruppe dar, die unter der Schleimhaut der Zungenseitenflächen vorkommt. Beim Pferd handelt es sich bei der Zungenranddrüse um ein schmales Drüsenband, das in seiner Ausbildung variabel ist. Es reicht von der Radix linguae bis zur Mitte des Corpus linguae. Im Bereich der Drüse öffnen sich auch ihre zahlreichen kleinen Ausführungsgänge (THOMÉ, 2004).

### Zungenmuskeln

Die hohe Motilität der Zunge kann man auf die Zungenmuskeln, bzw. deren besondere Anordnung, zurückführen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e).

Man kann dabei zwischen dem Binnenmuskel und den Außenmuskeln unterscheiden (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Außer diesen beiden Gruppen gibt es noch den M. mylohyoideus, der die Zunge stützt und eine wichtige Rolle bei der Einleitung des Schluckaktes übernimmt und den das Hyoid und somit auch die Zunge rostral bewegende M. geniohyoideus, der gelegentlich auch zur Zungenmuskulatur gezählt wird. Der M. mylohyoideus ist zudem für die Aufhängung der Zunge zwischen den Unterkieferkörpern verantwortlich (KÖNIG et al., 2009c).

### Binnenmuskel

Die durch Fasersysteme dargestellten Binnenmuskeln können auch als intrinsische oder intralinguale Muskeln bezeichnet werden. Sie dienen der Formveränderung der Zunge und werden zusammenfassend als **M. lingualis proprius** bezeichnet (SALOMON, 2008e). Er weist keine Befestigung am Skelett auf (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004) und wird vom N. hypoglossus innerviert (BUDA und BUDRAS, 2009a; SALOMON, 2008e). Er ist dadurch gekennzeichnet, dass seine Fasern in den drei Richtungen des Raums verlaufen und sich laut Aussage der meisten Autoren dabei durchkreuzen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Man unterscheidet längs verlaufende **Fibrae longitudinales** (superficiales et profundae), quer ziehende **Fibrae transversae** und senkrecht angeordnete **Fibrae perpendiculares** (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Dabei arbeiten in der Regel immer zwei Fasersysteme zusammen, während das dritte deren Antagonisten darstellt (SALOMON, 2008e). Sie können die Zunge verkürzen, ihre Breite vermindern oder sie abplatteln, wodurch das Organ nach Bedarf geformt und gefestigt werden kann (THOMÉ, 2004). Zur Verlängerung der Zunge kommt es durch das Zusammenwirken der Quer- und Vertikalfasern, die sich bei gleichzeitiger Erschlaffung der Längsfasern, kontrahieren (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Bei kontrahierten Fibrae longitudinales kann es nur zu einer Verkürzung der Zunge kommen,

wenn die *Fibrae perpendiculares* und *transversae* erschlafft sind. Zur Versteifung der Zunge kommt es, wenn alle drei Gruppen kontrahiert sind (THOMÉ, 2004). Salomon weist noch darauf hin, dass sich eine erhebliche Menge Fett zwischen den Muskelbündeln der Zunge befindet (SALOMON, 2008e).

Weitere Form- und Lageveränderungen der Zunge sind durch das Einstrahlen der Außenmuskeln in das Binnenmuskelsystem der Zunge möglich (THOMÉ, 2004).

### **Außenmuskeln**

Im Gegensatz zum Binnenmuskel (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004) haben die drei Außen- oder extralingualen Muskeln einen knöchernen Ursprung, von wo aus sie in die Zunge einstrahlen. Bei den Außenmuskeln handelt es sich um den **M. genioglossus**, den **M. hyoglossus** und den **M. styloglossus**. Sie werden auch als Skelettzungenmuskeln bezeichnet und in symmetrischer Anordnung entsprechend ihres Ursprungs am Zungenbein bzw. am Kinnwinkel benannt. Salomon bezeichnet sie als extrinsische Zungenmuskeln (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

### **M. genioglossus**

Dieser platte Muskel hat seinen Ursprung im Kinnwinkel (BUDRAS, 2009b; THOMÉ, 2004), an der *Pars incisiva* der Mandibula (SALOMON, 2008e). Er wird vom N. hypoglossus innerviert und setzt in der Zunge an (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e). Seine Muskelfasern strahlen fächerförmig in die Zunge ein. Ihren Ausgangspunkt haben sie dabei an der an seinem unteren Rand verlaufenden Sehne, die bis zum Zungenbein reicht (THOMÉ, 2004), wo ebenfalls einige seiner Fasern ansetzen (BUDRAS, 2009b).

Die parallel zum *Septum linguae* und somit auch zur Medianebene der Zunge verlaufenden Muskeln der beiden Seiten (SALOMON, 2008e) werden durch das *Septum linguae* voneinander getrennt (BUDRAS, 2009b; THOMÉ, 2004).

Die Funktion des *M. genioglossus* besteht vor allem darin die Zunge rostral und ventral zu ziehen (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Für die Fixation der Zunge im Schlaf ist er ebenfalls verantwortlich, damit sie nicht auf den Kehlkopf sinkt (SALOMON, 2008e). Zudem kann durch ihn eine mediane Rinne auf dem Zungenrücken gebildet werden (THOMÉ, 2004).

### **M. hyoglossus**

Er stellt den Antagonisten des *M. genioglossus* dar (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) und hat seinen Ursprung am Zungenbeinkörper, am Kehlkopfast und am *Processus lingualis* des Zungenbeins (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Er weist eine unregelmäßig rechteckige Form auf und ist seitlich am Zungenrund gelegen (THOMÉ, 2004). Zwischen den medial gelegenen *M. genioglossus* und den lateral verlaufenden *M. styloglossus* schiebt er sich von kaudal her ein (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Er wird ebenfalls vom N. hypoglossus innerviert und setzt laut Budras dorsomedian in der Zunge an (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e). Seine Fasern

reichen dabei rostral bis zur Zungenspitze (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e). Er ist dafür zuständig die Zunge kaudovertral zu ziehen (BUDRAS, 2009b). Laut Salomon und Thomé kann er alleine die Zunge nur nach kaudal ziehen. Um sie nach ventral auf den Mundhöhlenboden zu ziehen benötigt er die Hilfe des *M. genioglossus*. Laut Thomé muss dafür zusätzlich das Zungenbein festgestellt sein (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

### **M. styloglossus**

Er entspringt mit einer flachen Sehne, rostroventral am Stylohyoideum (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Dieser lange, schmale Muskel (THOMÉ, 2004), der vom *N. hypoglossus* innerviert wird (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e), liegt von allen extrinsischen Zungenmuskeln am weitesten lateral (SALOMON, 2008e). An der Seitenfläche der Zunge verläuft er zu deren Spitze (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Dort kommt es auch zur Verschmelzung der Endabschnitte der Muskeln der beiden Seiten (BUDRAS, 2009b). Er ist dafür zuständig die Zunge kaudal bzw. kaudodorsal zu ziehen (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e). Zudem hebt er die Zungenspitze an und verkürzt die Zunge (THOMÉ, 2004). Bei einseitiger Kontraktion kommt es dazu, dass die Zunge nach lateral bewegt wird (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

### **Zungenbeinmuskeln**

Zwischen den Zungen- und den Zungenbeinmuskeln besteht eine enge funktionelle Beziehung (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Ebenso zwischen den Zungenbein- und den Pharynxmuskeln. Am Schluckakt beteiligen sich die Zungenbeinmuskeln, indem sie den Kehlkopf zu Beginn nach rostral und nach Beendigung des Schluckaktes nach kaudal ziehen (KÖNIG et al., 2009c). Bei den Zungenbeinmuskeln unterscheidet man zwischen oberen und unteren Zungenbeinmuskeln (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

### **Obere Zungenbeinmuskeln**

Dazu gehören der *M. mylohyoideus*, der *M. geniohyoidus*, der *M. stylohyoideus*, der *M. occipitohyoideus*, der *M. ceratohyoideus* und der *M. hyoideus transversus* (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Budras erwähnt noch den *M. thyreohyoideus* und den *M. hyoepiglotticus* bei den Zungenbeinmuskeln (BUDRAS, 2009b).

### **M. mylohyoideus**

Ihn findet man subkutan im Kehlgang (KÖNIG et al., 2009c). Er entspringt jederseits an der *Linea mylohyoidea* der Unterkieferhälften und überquert mit transversalem Faserverlauf gurtartig den Kehlgang. Auf diese Weise entsteht eine Art Hängematte für die Kehlgangsorgane. In einem medianen Sehnenstreifen, einer Raphe, stoßen die Fasern der beiden Seiten zusammen. Ihren Ansatz haben sie jeweils am Zungenfortsatz des Zungenbeins bzw. laut Salomon am Zungenbeinkörper (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004). Beim Pferd ist dieser Muskel wegen des engen Kehlgangs eher schwach ausgebildet (THOMÉ, 2004).

Am *M. mylohyoideus* kann man einen rostralen und einen kaudalen Abschnitt erkennen, von denen sich der rostrale Abschnitt teilweise über den kaudalen hinweg schiebt (THOMÉ, 2004). Er fungiert als Heber und Träger der Zunge und kann die Zunge an den Gaumen drücken. Durch seine Funktionen spielt er auch eine wichtige Rolle beim Einleiten des Schluckaktes (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004).

### **M. geniohyoideus**

Er wird von der Ansa cervicalis, die zwischen dem N. hypoglossus und dem C1 besteht innerviert und stellt die muskulöse Grundlage des Mundbodens dar (BUDRAS, 2009b). Er entspringt medial an der Mandibula im Kinnwinkel und findet seinen Ansatz am Processus lingualis des Zungenbeins (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Während dieser spindelförmige Muskel im Kehlwinkel kaudal zieht wird er vom *M. mylohyoideus* bedeckt (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Er zieht das Zungenbein und somit auch die Zunge rostral (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e). Außerdem bewegt er den Kehlkopf nach rostral, was mit der Rostralbewegung des Zungenbeins zusammenhängt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e). Der Kehlkopfeingang wird beim Transport eines abzuschluckenden Bissens in die Speiseröhre u.a. durch die Kontraktion dieses Muskels geschützt. Dadurch, dass dieser Muskel das Zungenbein und den Kehlkopf nach rostral zieht, berührt der Kehldeckel den emporgewölbten Zungengrund, und schlägt nach kaudal um. Die langen Zungenbeinmuskeln ziehen das Zungenbein und den Kehlkopf wieder nach kaudal, wenn der Bissen den Speiseröhreningang erreicht hat (SALOMON, 2008d).

### **M. stylohyoideus**

Der vom N. facialis innervierte Muskel (BUDRAS, 2009b) hat seinen Ursprung kaudal am Stylohyoideum und seinen Ansatz am Thyreohyoideum. Das Zungenbein und den Kehlkopf zieht er kaudodorsal und für den Durchtritt der Zwischensehne des *M. digastricus* weist er eine geschlitzte Endsehne auf (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

### **M. occipitohyoideus**

Zwischen dem Processus paracondylaris und dem kaudalen Ende des Stylohyoideum verkehrt dieser platte Muskel, der das rostrale Ende des Stylohyoideum senkt, und damit auch den Zungengrund und den Kehlkopf (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Er wird vom N. facialis innerviert und verschmilzt mit dem kaudalen Bauch des *M. digastricus* (BUDRAS, 2009b).

### **M. ceratohyoideus**

Er stellt eine dünne, dreieckige Muskelplatte dar, die das Dreieck zwischen Cerato- und Thyreohyoideum ausfüllt und vom *M. hyoglossus* bedeckt wird. Seinen Ursprung hat er am rostralen Rand des Thyreohyoideum, seinen Ansatz am kaudalen Rand des Ceratohyoideum und am proximalen Ende des Stylohyoideum. Seine Funktion besteht darin, das Thyreohyoideum anzuheben und den Kehlkopf so nach rostradorsal zu ziehen



(BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Er wird vom N. glossopharyngeus innerviert (BUDRAS, 2009b).

### **M. hyoideus transversus**

Der vom N. glossopharyngeus innervierte Muskel hat seinen Ursprung am Ceratohyoideum und stellt einen Heber der Zungenwurzel dar (BUDRAS, 2009b). Mit dem Muskel der gegenüberliegenden Seite ist er durch einen medianen, laut den meisten Autoren undeutlichen, Sehnenstreifen verbunden (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Der Muskel an sich ist eher schwach ausgebildet. Da er sich von einem zum anderen Ceratohyoideum ausspannt, verbindet er die Zungenbeinäste der beiden Seiten (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Laut König et al. werden alle eben genannten Muskeln, mit Ausnahme des M. mylohyoideus, von den Ventralästen der ersten zwei Halsnerven und vom N. hypoglossus versorgt. Der M. mylohyoideus wird vom N. mandibularis des N. trigeminus innerviert (KÖNIG et al., 2009c).

### **M. hyoepiglotticus**

Dieser Muskel wird nur von Budras bei den Zungenbeinmuskeln erwähnt. Er entspringt am Basihyoideum, wird vom N. hypoglossus innerviert, und hat seinen Ansatz an der Basis der Rostralfläche der Cartilago epiglottica. Er ist im Lig. hyoepiglotticum eingeschlossen und zieht die Epiglottis rostroventral (BUDRAS, 2009b).  
M. thyreohyoideus: siehe unten

## **Untere Zungenbeinmuskeln**

Dazu gehören der M. sternohyoideus, der M. sternothyreoideus und der M. omohyoideus (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004), die auch als lange Zungenbeinmuskeln bezeichnet werden können (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008d; WISSDORF et al., 2002g). Thomé weist noch auf den M. thyreohyoideus hin, der die rostrale Fortsetzung des M. sternothyreoideus darstellt (THOMÉ, 2004). Funktionell gehören die langen Zungenbeinmuskeln zu den Zungenhilfsmuskeln, da sie direkt oder indirekt am Zungenbein ansetzen (SALOMON, 2008d; WISSDORF et al., 2002g). Die Muskeln dieser Gruppe stellen die kraniale Fortsetzung des M. rectus abdominis dar (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Dem Halsteil der Trachea und dem Kehlkopf, liegen diese drei Muskelpaare ventral und seitlich an (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002g). Die beiden Mm. sternohyoidei stoßen in der Medianen zusammen. Lateral folgen auf jeder Seite der M. sternothyreoideus und der M. omohyoideus. Bei all diesen Muskeln handelt sich um schmale, flache Muskelpaare, deren Namen Ursprung und Ansatz charakterisieren (THOMÉ, 2004).

Auf den Verlauf der einzelnen Muskeln im Bereich des Halses wird nicht genauer eingegangen.

**M. sternohyoideus und M. sternothyreoideus**

Am Manubrium sterni entspringen aus einem einheitlichen Stamm die Mm. sternohyoidei und sternothyreoidei der beiden Seiten (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002g). In ihrem kaudalen Abschnitt werden die beiden Muskeln vom M. sternocephalicus bedeckt. Der M. sternohyoideus befindet sich kranial dieses Abschnittes am weitesten ventral von allen am Hals gelegenen Muskeln (SALOMON, 2008d). Eine Trennung der beiden Muskeln findet etwa in der Halsmitte statt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d).

Die motorische Innervation der Mm. sternohyoidei und sternothyreoidei erfolgt über den R. ventralis des 1. Halsnerven. Ein Muskelast dieses Nervs zieht entlang der Trachea bis zum Ursprung der beiden Muskeln am Manubrium sterni (WISSDORF et al., 2002g).

**M. sternohyoideus**

Die beiden Mm. sternohyoidei verlaufen parallel entlang der ventralen Tracheafläche und verschmelzen im oberen Halsdrittel jederseits mit dem M. omohyoideus, mit dem sie gemeinsam am Processus lingualis des Zungenbeins als einheitliche Muskelplatte ansetzen (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002g). Die Mm. sternohyoidei der beiden Seiten werden durch einen in der Medianen verlaufenden Bindegewebsstreifen voneinander getrennt (THOMÉ, 2004).

Das Zungenbein, der Zungengrund und der Kehlkopf werden durch ihn beim Schluckakt nach ventral und kaudal gezogen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004). Versorgt wird der Muskel von den zwei ersten Ventralästen der Halsnerven (KÖNIG et al., 2009c).

**M. sternothyreoideus**

Die beiden Mm. sternothyreoidei ziehen als flache Muskeln kraniallateral an der Trachea zum Kehlkopf (WISSDORF et al., 2002g), um seitlich am Schildknorpel mit einer flachen Sehne anzusetzen (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002g).

Der M. sternothyreoideus zieht ebenfalls das Zungenbein, den Kehlkopf und damit indirekt die Zunge während des Schluckaktes nach kaudal und ventral (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d). Dieser Muskel kann als Synergist des M. sternohyoideus bezeichnet werden (BUDRAS, 2009b). Der N. cervicalis (I) ist für seine Innervation zuständig (WISSDORF et al., 2002b). Laut König et al. wird er von den zwei ersten Ventralästen der Halsnerven versorgt (KÖNIG et al., 2009c).

**M. thyreochoideus**

Er stellt die rostrale Fortsetzung des M. sternothyreoideus dar (BUDRAS, 2009b; THOMÉ, 2004) und zieht vom Schildknorpel zum Thyreochoideum (dessen kaudalem Rand) (BUDRAS, 2009b; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Gemeinsam mit dem M. sternothyreoideus zieht er das Zungenbein und die Zunge nach kaudal. Bei feststehendem Zungenbein bewegt er den Kehlkopf nach rostral (THOMÉ, 2004;

WISSDORF et al., 2002b), wodurch sich der Kehlkopf dem Zungenbein(-körper) nähert (BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002b). Innerviert wird er von der Ansa cervicalis, die einen Verbindungsast des N. hypoglossus an den Ventralast des 1. Halsnerven darstellt (BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002b).

### **M. omohyoideus**

Er entspringt, beim Pferd besonders gut entwickelt, aus der Fascia subscapularis und zwar nach Budras buggelenksnah. Thomé erwähnt zusätzlich noch die Querfortsätze der 2.-4. Halswirbel (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002g). Am Basihyoideum bzw. an dessen Processus lingualis setzt er dicht neben dem M. sternohyoideus an (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002g).

Er ist ein Synergist des M. sternohyoideus (BUDRAS, 2009b) und deshalb dafür zuständig, das Zungenbein (somit auch die Zunge) und den Kehlkopf brustwärts zu ziehen (THOMÉ, 2004).

Er wird vom Ventralast des ersten Halsspinalnerven innerviert (KÖNIG et al., 2009c). Laut Wissdorf et al. wird er eher von Ventralästen der ersten drei Halsnerven innerviert (WISSDORF et al., 2002g).

Vom M. cleidocephalicus bzw. M. cleidomastoideus wird er teilweise verdeckt. Er ist stellenweise sogar mit dem M. cleidocephalicus verwachsen (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002g). Ab der Halsmitte kann man eine Verbindung zwischen ihm und dem M. cleidomastoideus erkennen (BUDRAS, 2009b). Zudem ist der M. omohyoideus an der Begrenzung der Drosselrinne beteiligt (SALOMON, 2008d; WISSDORF et al., 2002g), da er deren mediale Begrenzung darstellt (BUDRAS, 2009b). Auf den Verlauf des Muskels in der Halsgegend und seine dortigen nachbarschaftlichen Beziehungen wird hier nicht weiter eingegangen.

### ***Eingabe von Medikamenten***

Hält man dem Pferd bei der Eingabe von flüssigen Medikamenten den Kopf und somit auch den Hals hoch, kann sich das Pferd verschlucken (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b), denn es kann zu Beeinträchtigungen der physiologischen Abfolge von Muskelkontraktionen beim Schlucken kommen (SALOMON, 2008d). Bei dieser Haltung kommt es zu demselben Effekt, wie wenn die drei langen Muskelpaare Zunge und Kehlkopf gemeinsam brustwärts bewegen, wodurch gleichzeitig der Pharynx erweitert wird (THOMÉ, 2004).

Der Grund für das Verschlucken ist, dass bei dieser Haltung die langen Zungenbeinmuskeln (bzw. die ventralen Halsmuskeln und die Trachea) passiv gestreckt (angespannt/gedehnt) werden und so Zug auf das Zungenbein (einschließlich Zungengrund) und den Kehlkopf ausüben (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008d; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b). In Folge dessen kann das Zungenbein und der Kehlkopf nicht nach vorne bewegt werden, weshalb der Kehlkopf nicht abgesenkt

werden kann (WISSDORF et al., 2002b). Es handelt sich dabei um eine Blockade der zweiten Phase des Schluckaktes (es ist der M. geniohyoideus, der unter diesen Bedingungen das Zungenbein und den Kehlkopf nicht nach rostral ziehen kann) (SALOMON, 2008d). Laut König et al. kann die frühe Phase des Schluckaktes nicht eingeleitet werden (KÖNIG et al., 2009c). Der Grund für das Verschlucken liegt nach König et al. und Thomé darin, dass das Zungenbein, der Zungengrund und der Kehlkopf nicht angehoben werden können (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Denn dieses Anheben der eben genannten Strukturen ist zur Einleitung und zum normalen Ablauf des Schluckaktes erforderlich (THOMÉ, 2004).

König et al. weisen auch noch darauf hin, dass die drei unteren Zungenbeinmuskeln während der Kaudalverlagerung von Zungenbein, Zunge und Kehlkopf für die Erweiterung des Pharynx zuständig sind (KÖNIG et al., 2009c).

Der physiologische Schluckablauf ist behindert und es kann z.B. bei Eingabe von flüssigen Medikamenten zum Verschlucken kommen (SALOMON, 2008d; WISSDORF et al., 2002b). Fohlen können allerdings in einer annähernd ähnlichen Haltung problemlos saugen (WISSDORF et al., 2002b).

### 2.3.6.2 Anhangsdrüsen der Mundhöhle

Man unterscheidet zwischen kleinen und großen Speicheldrüsen, **Glandulae salivariae minores** et **majores**. Diese paarig angelegten Kopfdrüsen sondern ihr Sekret, den Speichel, in die Mundhöhle ab. Während des Kauvorgangs wird der Speichel, **Saliva**, der Nahrung beigemischt, wodurch er zur Formung eines gleitfähigen Bissens beiträgt, der dann abgeschluckt werden kann (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e). Des Weiteren hält der Speichel die Mundschleimhaut feucht und löst Geschmacksstoffe aus der aufgenommenen Nahrung. Bei der Immunabwehr spielt er ebenfalls eine Rolle, da er Immunglobuline enthält. Zahnstein kann sich als Sediment des Speichels bilden (SALOMON, 2008e).

Die Ohrspeichel-, die Unterkiefer-, die Unterzungen- und die Backendrüsen zählen zu den klinisch bedeutsamen Kopfspeicheldrüsen. Am Boden und in der Wand der Maulhöhle, im Bereich der Lippen sowie in der Zunge kann man weitere kleine Speicheldrüsen erkennen. Bei einem mittelgroßen Pferd beträgt die in 24 Stunden produzierte Speichelmenge ca. 40l (WISSDORF et al., 2002h).

#### **Innervation der Speicheldrüsen**

Sie werden vegetativ versorgt (KÖNIG et al., 2009c). Die parasympathischen Fasern, die für die Versorgung der Speicheldrüsen benötigt werden stammen von zwei salivatorischen Kernen des Hirnstammes. Die sympathischen Nervenfasern gehen aus dem Ganglion cervicale craniale hervor und gelangen in Gestalt periarterieller Geflechte zu den Drüsen (SALOMON, 2008e).

Die Sekretion der Speicheldrüsen wird durch parasympathische Fasern der Gehirnnerven V, VII und IX stimuliert. Zu einer parasympathischen Stimulation kommt

es, sobald essbare Substanzen in den Mund gelangen oder deren Geruch wahrgenommen wird. Als Folge dessen nimmt der Speichelfluss zu. Im selben Moment kommt es auch zu einer Erweiterung der Blutgefäße (KÖNIG et al., 2009c). Parasympathische Fasern des N. glossopharyngeus regen die Speichelbildung der Parotis an (WISSDORF et al., 2002h). Über den N. tympanicus des N. glossopharyngeus gelangen die Fasern für die Parotis zum N. petrosus minor und zum Ganglion oticum. Im N. auriculotemporalis des N. mandibularis verlaufen die postganglionären parasympathischen Fasern anschließend über die Rr. parotidei zur Ohrspeicheldrüse. Fasern, die über den N. intermedius des N. intermediofacialis zum Ganglion pterygopalatinum und zum Ganglion mandibulare ziehen, sind für die Versorgung der anderen Speicheldrüsen zuständig (SALOMON, 2008e). Die parasympathischen Fasern des N. facialis lösen also die Speichelproduktion der Unterkiefer- und der Unterzungendrüse aus (WISSDORF et al., 2002h).

Zu den Drüsenepithelzellen haben die parasympathischen Nervenendigungen synapsenähnlichen Kontakt. Die reichliche Abgabe eines dünnflüssigen Speichels wird durch Reizung des Parasympathikus oder durch die Gabe von Parasympathomimetika erreicht (SALOMON, 2008e).

Wie bereits erwähnt erfolgt vom Ganglion cervicale craniale ausgehend die sympathische Versorgung sämtlicher Speicheldrüsen. Dies ist der Ort, an dem die Sympathikusfasern von den prä- auf die postganglionären Fasern umgeschaltet werden. Für eine Verringerung des Speichelfluss und eine Verengung der Blutgefäße ist der Sympathikus verantwortlich (KÖNIG et al., 2009c).

Die Myoepithelzellen werden durch die sympathischen Fasern zur Kontraktion stimuliert, da sie in engen Kontakt zueinander treten. Die Folge davon ist das Auspressen des Speichels. Die Sekretion geringer Mengen zähflüssigem Speichels (trockener Mund bei Stress) wird durch die Reizung des Sympathikus oder durch die Verabreichung sympathomimetischer Arzneimittel induziert (SALOMON, 2008e).

### ***Kleine Speicheldrüsen, Glandulae salivariae minores***

Diese Drüsen, die vorzugsweise ein muköses Sekret abgeben, kommen in der Schleimhaut der Lippen, der Backen, der Zunge, des Gaumens und des präfrenulären Mundhöhlenbodens vor (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Salomon zählt bei dieser Gruppe folgende Drüsen auf: die Gll. labiales, die Gll. buccales dorsales et ventrales, die Gll. molares, die Gll. palatinae, die Gll. linguales, die Gll. gustatoriae und die Gl. paracaruncularis (SALOMON, 2008e).

Sie haben vorwiegend lokale Bedeutung und dienen der Feuchterhaltung und dem Schlüpfrigmachen des betreffenden Schleimhautgebiets oder als Spüldrüsen (THOMÉ, 2004). Kaudal der ventralen Backendrüsen kann man die **Gll. molares** erkennen, während man die **Gll. linguales** an den Zungenrändern und an der Zungenwurzel findet. In der Submukosa des weichen Gaumens kommen die Gaumendrüsen, **Gll. palatinae**,

vor, die aus einem dicken Lager muköser Drüsen bestehen. Die als Spüldrüsen wirkenden Ausführungsgänge der **Gll. gustatoriae** münden im Bereich der Geschmacksknospen der Zunge (SALOMON, 2008e).

Die Lippendrüsen des Pferdes weisen ein gemischtes Sekret auf. Bei den Backendrüsen handelt es sich ebenfalls um gemischte Drüse (SALOMON, 2008e). (Backen-, Lippendrüsen und Gl. paracaruncularis: siehe auch oben)

### **Große Speicheldrüsen, *Glandulae salivariae majores***

Hierbei handelt es sich um drei große Drüsenpaare (THOMÉ, 2004). Man unterscheidet die Ohrspeicheldrüse, **Glandula parotis**, die Unterkieferdrüse, **Glandula mandibularis**, und die Unterzungendrüse, **Glandula sublingualis minor** (s. polystomatica). Budras erwähnt zusätzlich noch die Backendrüsen, **Glandulae buccales**, die doppelreihig entlang des Dorsal- und Ventralrands des M. buccinator liegen (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Ebenso wie bei anderen Pflanzenfressern auch, erreichen die großen Kopfspeicheldrüsen des Pferdes einen bedeutenden Umfang (THOMÉ, 2004).

Sie besitzen lange Ausführungsgänge, die bis in die Mundhöhle reichen und produzieren die Hauptmenge des Speichels (KÖNIG et al., 2009c). Jede der großen Speicheldrüsen, mit Ausnahme der Gl. sublingualis polystomatica, ist über einen Ausführungsgang, **Ductus excretorius**, mit der Mundhöhle verbunden. Die typische Läppchenzeichnung aller Speicheldrüsen ist an diesen großen Speicheldrüsen deutlich zu erkennen. Von der Bindegewebskapsel der Drüsen ausgehend ziehen Bindegewebssepten in die Tiefe des Drüsenparenchyms und verursachen so die Läppchenzeichnung (SALOMON, 2008e). Die Drüsen weisen unterschiedliche Sekrete auf. Teilweise haben sie seröses, dünnflüssiges Sekret, teils muköses zähflüssiges (THOMÉ, 2004). Neben der positiven Beeinflussung der Verdauung dient der Speichel auch noch der Pufferung der aufgenommenen Nahrung und als Ausscheidungsweg für verschiedene Substanzen (KÖNIG et al., 2009c).

Die kontinuierliche Sekretproduktion des Pferdes beträgt laut Thomé beim Pferd pro Tag ca. 5-10 l, nach anderen Autoren bis zu 40 l (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Zunächst soll der Bissen durch das Sekret verdünnt (Verdünnungsspeichel) und gleitfähig (Gleitspeichel) gemacht werden. Dieser Vorgang soll den Bissen auf das Abschlucken vorbereiten. Abhängig von der Art des Sekretes bezeichnet man die Drüsen als seröse, muköse, und seromuköse oder gemischte Drüsen (THOMÉ, 2004).

### **Ohrspeicheldrüse, *Glandula parotis***

Sie befindet sich in dem Raum kaudal des Unterkieferastes und rostral vom Atlasflügelrand (BUDRAS, 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al.,

2002h) in der Fossa retromandibularis (= Ganasche) (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

Die paarige Ohrspeicheldrüse, die beim Pflanzenfresser besonders stark ausgeprägt ist, reicht dorsal bis zum Ohrgrund (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Ventral reicht sie bis zur V. linguofacialis. Auf Grund dieser Ausdehnung stellt sie die größte Speicheldrüse des Pferdes dar (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004). Von allen vorkommenden Speicheldrüsen liegt sie am oberflächlichsten (SALOMON, 2008e).

Sie gehört zu den zusammengesetzten, tubuloazinären Drüsen und weist ein alkalisches und daher pufferndes Sekret auf (KÖNIG et al., 2009c). Da die Ohrspeicheldrüse des Pferdes eine rein seröse Drüse ist (SALOMON, 2008e), produziert sie beim Pferd täglich bis zu 15 l serösen Speichel (WISSDORF et al., 2002h).

Die Fascia parotidea und der M. parotidoauricularis, der Niederzieher der Ohrmuschel, bedecken die Außenfläche der Ohrspeicheldrüse (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Zusätzlich wird die laterale Drüsenfläche noch von Ästen des N. auricularis magnus und des N. transversus colli gekreuzt (WISSDORF et al., 2002h).

Die Farbe der aus makroskopisch sichtbaren Läppchen bestehenden Gl. parotis ist abhängig vom Funktionszustand und somit vom Grad ihrer Durchblutung. Von der benachbarten Skelettmuskulatur hebt sie sich aber immer durch ein helleres Rot ab (THOMÉ, 2004).

Die eine annähernd rechteckige Gestalt aufweisende Parotis (SALOMON, 2008e) ist sehr voluminös, länglich, fest, verschieblich und wie bereits erwähnt deutlich gelappt (WISSDORF et al., 2002h). Man kann an ihr ein schmales Ohrende und ein Kehllende erkennen. Das Kehllende wird durch ihren unterschiedlich breiten, ventralen Abschnitt dargestellt und weist den unterschiedlich langen Kehlgangs- und den deutlichen, kaudalen Halszipfel auf (THOMÉ, 2004). Einen prä- und einen postaurikulären Zipfel kann man an ihrem ohrseitigen Ende erkennen. Mit diesen beiden Zipfeln umgreift sie den Ohrgrund (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Dort, wo die V. linguofacialis und die V. maxillaris zur V. jugularis externa zusammenfließen, kann man ihr ventrales Ende erkennen, dessen Halszipfel sich laut Thomé zwischen die Aufzweigung der V. jugularis externa in die eben genannten Gefäße einschiebt (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Die V. jugularis kann von dem kleineren Halszipfel ein Stück weit brustwärts begleitet werden (SALOMON, 2008e) während sich der Kehlgangszipfel medial am M. occipitomandibularis vorbei in den Kehlgang hinein schiebt (THOMÉ, 2004).

Während sich ihre hintere Kontur dem Rand des Atlasflügels anlegt, liegt ihr Kopfrand eng am Ramus mandibulae an und dem M. masseter bis hin zum Kiefergelenk auf (THOMÉ, 2004).

Im Vergleich zur Parotis des Rindes ist die des Pferdes sehr groß (THOMÉ, 2004):

Länge: 20-26 cm	Breite: 5-10 cm	Dicke: 1,5-2,5 cm	Masse: 200-225 g
-----------------	-----------------	-------------------	------------------

### **Ausführungsgang der Gl. Parotis, Ductus parotideus (Stenonis)**

Zahlreiche kleine Ausführungsgänge (Drüsengänge), **Ductus interlobares**, vereinigen sich zum Ausführungsgang dieser Drüse, der als **Ductus parotideus** bezeichnet wird und am Vorderrand der Drüse zu finden ist (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

Zunächst überkreuzt der Ductus parotideus die Sehne des M. sternomandibularis, und gelangt dann auf die mediale Seite des Unterkiefers (WISSDORF et al., 2002h). Ventral des M. masseter verläuft er gut geschützt auf der medialen Seite des Unterkieferkörpers zur Incisura vasorum facialis (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Über die Incisura vasorum facialis hinweg tritt er dann auf die laterale Fläche, begleitet von der A. und V. facialis (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

Auf der Angesichtsfläche findet man ihn zunächst dorsal verlaufend am Vorderrand des M. masseter, dabei unterkreuzt er die eben genannten Gefäße und schwenkt rostral (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h), bis zu seiner Mündung in das Vestibulum oris (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Kurz vor seiner Mündung auf der Papilla parotidea erweitert sich der Ductus parotideus trichterförmig (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

Die **Papilla parotidea** markiert die Einmündung des Ductus parotideus in den Backenvorhof (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Sie stellt eine Erhebung der Backenschleimhaut dar und weist einen Querdurchmesser von 8-10 mm und eine Höhe von 7-15 mm auf. Die randständig liegende Mündungsöffnung des Ductus parotideus ist dorsal bis dorsomedian orientiert und weist einen Durchmesser von 0,5-2 mm auf (WISSDORF et al., 2002h). Die Schleimhautpapille liegt mit einer gewissen Variabilität in Höhe des 3. Oberkieferbackenzahns ( $P_4$ ) (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Man findet sie hoch dorsal, dicht am Übergang der Backenschleimhaut in das Zahnfleisch, wenn sie sich dem Zahnfleisch gegenüber befindet (WISSDORF et al., 2002h).

Zur Lagebestimmung der Papilla parotidea von außen verlängert man zunächst die Crista facialis in Abhängigkeit der Größe des Pferdes um 25-45 mm. Dann fällt man ausgehend von der Spitze dieser eben genannten Linie ein Lot und geht 15-30 mm nach ventral (WISSDORF et al., 2002h).

Akzessorische Drüsenlappen entlang des Ductus parotideus werden als Gl. parotis accessoria bezeichnet (SALOMON, 2008e).

### **Versorgung der Ohrspeicheldrüse**

Äste der A. und V. maxillaris sind ebenso wie der N. trigeminus und der N. glossopharyngeus an der Versorgung der Ohrspeicheldrüse beteiligt. Mit, im Ganglion



oticum gelegenen Neuronen, geht der N. glossopharyngeus, dessen parasymphatische Anteile das Ganglion oticum über den N. petrosus minor erreichen, synaptische Verbindungen ein. Die aus diesen Verbindungen stammenden postganglionären Fasern ziehen dann zur Speicheldrüse (KÖNIG et al., 2009c).

(siehe auch oben: Innervation der Speicheldrüsen)

### **Kontakt der Gl. parotis zu angrenzenden Strukturen**

Zu folgenden Strukturen weist sie ein enges nachbarschaftliches Verhältnis auf:

#### **Gefäße**

Sie weist ebenso zu Ästen der A. carotis communis und zu Ästen der V. jugularis externa Kontakt auf (THOMÉ, 2004), wie zur A. carotis externa bzw. deren Ästen (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004), z. B. dem R. massetericus im mittleren Drittel (WISSDORF et al., 2002h). Des Weiteren hat sie mittig Kontakt zur V. maxillaris bzw. deren Ästen (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Der V. masseterica ventralis liegt sie in ihrem mittleren Drittel rostral an (WISSDORF et al., 2002h). Zur A. carotis interna bzw. deren Ästen (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004) und der A. und V. temporalis superficialis hat sie auch Kontakt. Zu guter Letzt berührt sie im dorsalen Drittel rostral die A. und V. transversa faciei, und kaudal die A. und V. auricularis caudalis (WISSDORF et al., 2002h).

#### **Nerven**

Sowohl zum N. glossopharyngeus, zum N. hypoglossus wie auch zum Truncus vagosymphaticus weist die Glandula parotis Kontakt auf (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004). Des Weiteren wird sie im oberen Drittel vom N. facialis berührt, der teilweise von Drüsengewebe umspinnen wird (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Im dorsalen Drittel wird sie vom N. trigeminus unterkreuzt (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Der R. transversus faciei des N. auriculotemporalis liegt der Drüse im dorsalen Drittel rostral an (WISSDORF et al., 2002h).

#### **Muskeln**

Die Drüse schmiegt sich einerseits im ventralen Drittel an die Endsehne des M. sternocephalicus (Pars mandibularis), andererseits liegt sie der Endsehne des M. cleidocephalicus (Pars mastoidea) an (THOMÉ, 2004). Zum M. occipitohyoideus hat sie in ihrem mittleren Drittel rostral und mittig Kontakt (WISSDORF et al., 2002h). Sowohl in ihrem mittleren als auch in ihrem dorsalen Drittel berührt sie rostral den M. masseter (WISSDORF et al., 2002h).

#### **Lymphknoten**

In ihrem dorsalen Drittel liegen ihr - dicht ventral des Kiefergelenks - die Lnn. parotidei an, die häufig von ihr umschlossen werden (WISSDORF et al., 2002h). Zu den Lnn. retropharyngei mediales, die sich dorsal des Pharynx befinden weist sie ebenfalls wie zu den Lnn. retropharyngei laterales, die sich am kaudoventralen Rand des

M. occipitomandibularis in der Tiefe der Atlasflügelgrube befinden, Kontakt auf (THOMÉ, 2004).

### **Sonstige Strukturen**

Die Ohrspeicheldrüse berührt außerdem das Zungenbein und dessen Muskeln und das kaudale Ende der Gl. mandibularis (zwischen der V. maxillaris und der V. linguofacialis) (THOMÉ, 2004).

In ihrem dorsalen Drittel hat sie kaudal Kontakt zum Atlasflügel (WISSDORF et al., 2002h). Für Luftsackoperationen ist die enge topographische Beziehung zum Recessus lateralis des Sinus medialis von Bedeutung (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

### **Beziehung der Gl. parotis und des Luftsackes**

Die Parotis des Pferdes erreicht die laterale Wand des Luftsackes (KÖNIG et al., 2009c) und bildet mit ihrer medialen Seite zusammen mit anderen Strukturen die laterale Begrenzung des Luftsackes (SALOMON, 2008e).

### **Unterkieferdrüse, Glandula mandibularis**

Die Gl. mandibularis des Pferdes ist wesentlich kleiner als die Gl. parotis (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) und weist eine halbmondförmige Gestalt auf (WISSDORF et al., 2002h). Sie erstreckt sich vom Basihyoideum bis hin zur Atlasflügelgrube (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Rostral reicht die dicht medial des Unterkieferastes gelegene Drüse bis in den Kehlgang hinein (WISSDORF et al., 2002h). Man kann diese gemischte, seromuköse Drüse demnach kaudal des Kieferwinkels finden (SALOMON, 2008e).

Das kaudale Ende dieser langen, schmalen Drüse, wird lateral (THOMÉ, 2004) von der Gl. parotis, der Insertionssehne des M. sternomandibularis (M. sternocephalicus, Pars mandibularis) und der V. maxillaris bedeckt (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004). Der Unterkiefer bedeckt sie ebenfalls teilweise (BUDRAS, 2009c). Zudem wird sie weitgehend von der Gl. parotis bedeckt (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Die Mm. occipitomandibularis, digastricus und pterygoideus medialis bedecken die weiter rostral folgenden Abschnitte der Gl. mandibularis (THOMÉ, 2004).

Mit dem Luftsack, dem Schlund- und dem Kehlkopf tritt sie ebenso wie mit der Gabelung bzw. den Ästen der A. carotis communis und des Truncus vagosympathicus über ihre mediale Fläche in Kontakt (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004). Des Weiteren liegen ihr von medial die Kopfbeuger und der N. vagus inklusive seiner Äste an (THOMÉ, 2004). Von den Lnn. mandibulares wird ihr rostrales Ende durch die V. lingualis getrennt (WISSDORF et al., 2002h).

**Maße der Gl. mandibularis** (THOMÉ, 2004):

Länge: 20-23 cm	Breite: 2-3,5 cm	Dicke: bis zu 1 cm	Masse: 45-60 g
-----------------	------------------	--------------------	----------------

### **Ausführungsgang, Ductus mandibularis**

Dorsal liegt der Drüse ihr Ausführungsgang, der **Ductus mandibularis** an (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h), der im mittleren Anteil der Drüse beginnt und durch zahlreiche kleine Gänge gebildet wird (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Der Gang tritt vor seiner Mündung unter den M. mylohyoideus, passiert die Gl. sublingualis polystomatica medial (BUDRAS, 2009c) und mündet schließlich paramedian auf der Hungerwarze (Caruncula sublingualis) in die Mundhöhle (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

### **Versorgung der Gl. mandibularis**

Der Truncus linguofacialis und die V. linguofacialis sind für die Vaskularisation dieser Drüse verantwortlich. Der N. facialis ist mit seiner Chorda tympani für die parasymphatische Innervation zuständig. Die Chorda vereinigt sich mit dem N. lingualis des N. trigeminus. Im Ganglion mandibulare gehen die präganglionären Fasern die obligatorischen Synapsen ein (KÖNIG et al., 2009c). (siehe auch oben: Innervation der Speicheldrüsen)

### **Unterzungendrüse, Glandula sublingualis polystomatica**

Das Pferd weist nur die **Glandula sublingualis minor** seu **polystomatica** auf, die **Glandula sublingualis major** seu **monostomatica** fehlt ihm (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h). Der Name Gl. sublingualis polystomatica rührt daher, dass diese Drüse aus einer größeren Anzahl einzelner Drüsenläppchen besteht und mit einer entsprechenden Anzahl kleiner Ausführungsgänge, **Ductus sublinguales minores**, ausgestattet ist (THOMÉ, 2004). Die Gl. sublingualis polystomatica sondert ein gemischtes, vorwiegend muköses, Sekret ab (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002h).

Beim Pferd findet man diese Drüse rostral unter der Schleimhaut des Recessus sublingualis lateralis im mittleren Abschnitt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

Die Drüse wölbt die Schleimhaut medial des Unterkiefers auf einer Strecke, die vom Kinnwinkel bis zum dritten Unterkieferbackenzahn reicht (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004), zum Sublingualwulst hervor (BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

Dem Ductus mandibularis liegt sie ebenso wie dem M. styloglossus und dem M. genioglossus lateral auf (THOMÉ, 2004).

**Größe der Gl. sublingualis polystomatica** (THOMÉ, 2004):

Länge: 12-15 cm	Breite: 1,5-3 cm	Dicke: 0,4-0,6 cm	Masse: 15-16 g
-----------------	------------------	-------------------	----------------

### **Ausführungsgänge, Ductus sublinguales minores**

Die vielen kleinen Ausführungsgänge münden gut erkennbar auf der Plica sublingualis in den Recessus sublingualis lateralis (BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002h).

### **Versorgung der Gl. sublingualis polystomatica**

Die A. und V. lingualis geben Blutgefäße für die Versorgung dieser Drüse ab. Die Chorda tympani des N. facialis und das Ganglion mandibulare sind für die parasymphatische Innervation zuständig (KÖNIG et al., 2009c).

(siehe auch oben: Innervation der Speicheldrüsen)

### **2.3.6.3 Schlundkopf, Rachen, Pharynx**

Als Pharynx bezeichnet man den kaudalen, trichterförmigen Abschnitt des Kopfdarms (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Er stellt die Verbindung zwischen Mundhöhle und Speiseröhre einerseits sowie zwischen der Nasenhöhle (Choanen) und dem Kehlkopf andererseits dar (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Auf Grund dieser Tatsache stellt die Schlundkopf- oder Rachenhöhle, **Cavum pharyngis**, die Kreuzungsstelle zwischen Luft- und Nahrungsweg dar (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Beim Pferd weist der Pharynx mit seiner kaudalen Grenze nicht über die Schädelbasis hinaus (THOMÉ, 2004) und erreicht eine Gesamtlänge von 19-20 cm. Diese Angaben gelten für mittelgroße Pferde (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Das Dach des Schlundkopfes (Rachengewölbe, **Fornix pharyngis**) liegt – anders als bei anderen Haussäugetieren – nur im rostralen Drittel seiner Länge der Schädelbasis d.h. dem Vomer und dem Keilbeinkörper an, weil sich die Luftsäcke von kaudal zwischen beide einschieben. So buchten die Mm. rectus capitis ventralis und longus capitis zwar die Luftsackschleimhaut ein, liegen aber nicht an der Rachenwand an (THOMÉ, 2004).

König et al. und Salomon nennen für die laterale Begleitung den Unterkieferast, den Aufhängeapparat des Zungenbeins (Stylohyoideum) und die Mm. pterygoidei (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e). Der Pharynxboden erstreckt sich vom Zungengrund, über die Kehlkopfkronen bzw. den Kehlkopfeingang bis vor oder auf die Ringknorpelplatte (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

### **Cavum pharyngis**

Durch die Schlundkopfhöhle gelangen sowohl die Atmungsluft als auch das Futter. Während die Luft bei der Atmung die Rachenhöhle von rostradorsal nach kaudoverstral und dann umgekehrt passiert, gelangt der abzuschluckende Bissen von rostroventral nach kaudodorsal. In der Rachenhöhle kreuzen sich demnach also der Luft- und der Speiseweg. Ein „Verschlucken“ soll so verhindert werden (THOMÉ, 2004).

Verschiedene Öffnungen bilden die Zugänge zur Rachenhöhle. Zum einen ist da die paarige Choanenöffnung, die sich zwischen der Nasenhöhle und der Pars nasalis pharyngis befindet, zum anderen das paarig angelegte Ostium pharyngeum tubae auditivae, welches den Zugang zum Luftsack (und zum Cavum tympanicum des Mittelohres) darstellt. Die Ostia liegen am Rachengewölbe und stellen jeweils den Zugang zu einer Ohrtrumpete dar. Über den Isthmus faucium (Rachenenge) wird die Verbindung zwischen der Mundhöhle und der Pars oralis pharyngis hergestellt. Zu guter Letzt gelangt man auch über den Aditus laryngis, der den Zugang zum Kehlkopf darstellt und über den Aditus oesophageus, der den Zugang zum Oesophagus darstellt in die Rachenhöhle (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

Durch das Gaumensegel wird die Rachenhöhle in eine dorsale und eine ventrale Etage unterteilt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Laut WISSDORF et al. wird diese Unterteilung durch den **Arcus palatopharyngeus** vorgenommen, den sie aus klinischen Gründen in vier Abschnitte gliedern. In eine Pars rostralis, eine Pars lateralis dextra bzw. sinistra und in eine Pars caudalis. Die Pars rostralis wird durch den freien Rand des bis zu 12 cm langen Gaumensegels des Pferdes dargestellt. Die Partes laterales schließen sich der Pars rostralis als Schleimhautfalten seitlich an. Die kaudale Verbindung der beiden Seitenteile wird durch die Pars caudalis dargestellt. Auf diese Weise bilden all diese Anteile den Arcus palatopharyngeus, der das **Ostium intrapharyngeum** begrenzt (WISSDORF et al., 2002e). Über diese Öffnung besteht eine Verbindung zwischen der dorsalen und ventralen Etage (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Das Ostium intrapharyngeum wird vom freien Rand des Velum palatinum, dem Arcus veli palatini, und dem kaudal beidseitig folgenden Arcus palatopharyngeus begrenzt (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

### ***Nasenrachen, Pars nasalis pharyngis (Atmungsrachen, Pars respiratoria pharyngis)***

Der dorsal des Gaumensegels gelegene Nasenrachen stellt die dorsale Abteilung der Rachenhöhle dar. Synonyma sind „Atmungsrachen“ oder „Nasopharynx“ (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Namensgebend ist die unmittelbare Verbindung zur Nasenhöhle über die Choanen (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Er reicht von den Choanen bis zum Ostium intrapharyngeum und wird durch das Gaumensegel vom Mundrachen abgetrennt (BUDA und BUDRAS, 2009c).

Als sehr geräumiger Abschnitt liegt der Nasenrachen der Schädelbasis an (THOMÉ, 2004), wird aber weiter kaudal und lateral durch die Luftsäcke von der Schädelbasis abgedrängt (WISSDORF et al., 2002e). Der Recessus pharyngeus stellt eine blind endende Bucht des Pharynx kaudodorsal unter der Schädelbasis dar (KÖNIG et al., 2009c). Die kaudoventrale Ausdehnung des Nasenrachens reicht bis zum Ostium

intraparyngeum (SALOMON, 2008e). Die Dorsalfläche des Gaumensegels stellt den rostralen Anteil des Nasenrachenbodens dar (WISSDORF et al., 2002e).

Das **Ostium pharyngeum tubae auditivae** stellt die Mündungsöffnung der Ohrtrumpete (Eustachio-Röhre) in den Nasenrachen dar (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Es handelt sich dabei um eine lateral auf beiden Seiten des Nasenrachens gelegene schlitzförmige Öffnung (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e), die ca. 3-4 cm hoch ist und schräg kaudodorsal verläuft. Das Ostium pharyngeum tubae auditivae liegt in Höhe einer Querschnittsebene durch die beiden temporalen Augenwinkel. Seine mediale Wand hat als Grundlage die klappenartigen Enden des Tubenknorpels (THOMÉ, 2004). Dadurch weist dieser Abschnitt eine gewisse Steifheit auf.

Über die beidseits ausgebildete Ohr- bzw. Hörtrumpete, Tuba auditiva, kommuniziert der Nasenrachen mit der Paukenhöhle, Cavum tympani. Der atmosphärische Druckausgleich zwischen Mittelohr und Außenwelt wird mit Hilfe der Verbindung zwischen Nasenrachen und Mittelohr bewerkstelligt. Normalerweise ist diese Verbindung verschlossen. Sie öffnet sich nur kurz beim Schlucken oder Gähnen (SALOMON, 2008e).

Mit einer Sonde kann man über den unteren Nasengang und die Choanen durch die Tubenöffnung in den Luftsack eingehen. Die zurückgelegte Strecke bis zur Tubenöffnung entspricht der Entfernung zwischen lateralem Nasenflügel und temporalem Augenwinkel (THOMÉ, 2004).

Mit dem Schlingrachen kommuniziert der Nasenrachen über das **Ostium intrapharyngeum** (THOMÉ, 2004).

Der nicht am Schluckakt teilnehmende Nasenrachen ist mit respiratorischer Schleimhaut ausgekleidet (KÖNIG et al., 2009c). In der Propria und der Submukosa ist viel lymphatisches Gewebe enthalten, welches beim Pferd in Form von **Folliculi tonsillares** angeordnet ist. An der kaudodorsalen Nasenrachenwand liegt es als Rachenmandel, **Tonsilla pharyngea**, vor. Dem **Waldeyer-Rachenring**, der die Übergänge von der Nasen- bzw. Mundhöhle in den Pharynx schützt, gehören diese lymphatischen Bildungen an (SALOMON, 2008e). (siehe auch unten: lymphatische Einrichtungen)

### ***Schlingrachen, Pars digestoria pharyngis***

Der Schlingrachen, auch Pars digestoria pharyngis, stellt die ventrale Etage des Pharynx dar (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Von rostral nach kaudal kann man am Schlingrachen drei Abschnitte erkennen. Dies sind der Mundrachen, **Pars oralis pharyngis**, als Fortsetzung der Mundhöhle, der Kehlrachen, **Pars laryngea pharyngis**, der von der Kehlkopfkronen dominiert wird und der Schlundrachen, **Pars oesophagea pharyngis** (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Im Zusammenhang mit der Pars oralis pharyngis muss noch die Rachenenge, Isthmus faucium, erwähnt werden (KÖNIG et al., 2009c; WISSDORF et al., 2002e).

Wissdorf et al. zählen die Pars oesophagea (Vestibulum oesophagei) zum Kehlrachen, weshalb laut ihnen die ventrale Etage des Pharynx nur aus zwei Abschnitten, dem Mund- und dem Kehlrachen, besteht (WISSDORF et al., 2002e).

### **Mundrachen, Pars oralis pharyngis**

Als Mundrachen bezeichnet man den rostralen Teil des Schlingrachens (KÖNIG et al., 2009c). Dieser Abschnitt wird auch als „Oropharynx“ (SALOMON, 2008e) oder „Isthmus faucium“, Rachenenge, bezeichnet (BUDA und BUDRAS, 2009c).

Er ist zwischen 9 und 10 cm lang (WISSDORF et al., 2002e), beginnt hinter den letzten Backenzähnen und bildet die Öffnung zwischen der Mundhöhle und der Pars oralis pharyngis (SALOMON, 2008e). Sein Ende findet der Mundrachen an der Basis des Kehldeckels (BUDA und BUDRAS, 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Die Ventralfläche des Gaumensegels begrenzt den Mundrachen dorsal (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Seitlich verbindet eine Schleimhautfalte, **Arcus palatoglossus**, auf jeder Seite den weichen Gaumen und den Zungengrund, der seinerseits den Boden des Mundrachens bildet (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Die Weite und die Länge des Isthmus faucium stellen die limitierenden Faktoren bei der Größe des abzuschluckenden Bissens dar (WISSDORF et al., 2002e).

Beim Atmen liegt die ventrale Fläche des Gaumensegels dem Zungengrund auf, wodurch der rostrale Abschnitt des Mundrachens, die Rachenenge, einen nur engen, quer-ovalen Kanal umschließt (THOMÉ, 2004). Liegen pathologische Veränderungen am Gaumen vor oder ist das Pferd besonderen Umständen ausgesetzt (nach Narkosen, Intubationen oder beim Husten), so kann die Passage von Atemluft über den Mundrachen erfolgen (WISSDORF et al., 2002e).

Die Gaumenmandeln des Pferdes befinden sich in den Seitenwänden des Mundrachens. Sie sind vor der Kehldeckelbasis, zwischen Arcus palatopharyngeus und Arcus palatoglossus gelegen. Beim Pferd handelt es sich bei der Gaumenmandel, **Tonsilla palatina**, um einen 10-15 mm langen, ovalen Wulst (SALOMON, 2008e).

Bei der **Tonsilla veli palatini** handelt es sich um eine Anhäufung von Folliculi tonsillares an der Ventralfläche des Gaumensegels (SALOMON, 2008e).

### **Kehlrachen, Pars laryngea pharyngis**

Dieser Abschnitt, der seinen Beginn am Ostium intrapharyngeum hat, kann auch als Laryngopharynx bezeichnet werden (SALOMON, 2008e). Er stellt den Raum unmittelbar kaudal des Mundrachens und seitlich des Kehlkopfes dar (KÖNIG et al., 2009c). Hier ist die kritische Kreuzungsstelle zwischen dem Verdauungskanal und dem Atemweg (BUDA und BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Der Kehlkopf dominiert als weit in den Kehlrachen vorspringende Kehlkopfkronen den Hohlraum dieses Abschnittes (SALOMON, 2008e).

Seine Ausdehnung reicht von der Basis der Epiglottis bis hin zum Eingang des Oesophagus (SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002e), was gleichzusetzen ist mit einer Querebene durch das kaudale Ende der Processus corniculati der Aryknorpel (THOMÉ, 2004).

Die Rachenschleimhaut und die ihr anliegenden mittleren Schlundkopfschnüer bilden das Dach des Kehlrachens (WISSDORF et al., 2002e). In Atemstellung füllt die Kehlkopfkrone, die den Boden des Kehlrachens darstellt, das Ostium intrapharyngeum aus und ragt damit gleichzeitig in den Nasenrachen hinein (WISSDORF et al., 2002e). Die Kehlkopfkrone besteht rostral aus der elastischen Epiglottis, seitlich auf jeder Seite aus der Plica aryepiglottica und kaudal aus den beiden Processus corniculati der Aryknorpel (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Das vom Arcus palatopharyngeus umrahmte und während des Atmens weit offene Ostium intrapharyngeum steht über der Kehlkopfkrone (THOMÉ, 2004).

Der **Recessus piriformis** stellt als Bestandteil des Kehlrachens beiderseits der Kehlkopfkrone eine Rinne dar, die laut Wissdorf et al. ca. 3 cm tief ist und in Verlängerung des Mundrachens liegt (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Dünnbreiege Nahrung (Flüssigkeiten, fein gekaute Nahrung) kann durch den Recessus piriformis seitlich am Kehlkopfeingang vorbei, direkt in den Oesophagus gelangen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

### **Schlundrachen, Pars oesophagea pharyngis**

Dieser Abschnitt kann auch als Vestibulum oesophagi, oder laut Salomon auch als Pars oesophagea des Kehlrachens bezeichnet werden (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Er schließt sich kaudal an den Kehlrachen an (KÖNIG et al., 2009c) und wird von den kaudalen Schlundkopfschnürern bedeckt (THOMÉ, 2004).

Er erstreckt sich von einer Querebene durch die Processus corniculati der Aryknorpel bis zum kaudalen Rand des M. cricopharyngeus. Beim Pferd ist die Pars oesophagea allerdings sehr kurz, da der kaudale Rand des stark kopfwärtsgeneigten M. cricopharyngeus kaum über die Querebene durch die Aryknorpelhörner hinaus reicht (THOMÉ, 2004).

Dieser Abschnitt liegt auf Höhe der Kopf-Hals-Grenze (WISSDORF et al., 2002e).

### **Bau der Pharynxwand**

Als Komponenten der Pharynxwand findet man Schleimhaut, innerere Rachenfaszie, Muskulatur (Tunica muscularis), äußerer Rachenfaszie und Adventitia. Die Muskulatur beinhaltet nur bedingt willkürliche (Schluckreflex), quergestreifte, von rostral nach kaudal aufeinander folgende bilaterale Muskelpaare (THOMÉ, 2004). Abhängig von der Funktion kann man mehrere Schlundkopfschnüer und ein Schlundkopferweiterer erkennen (SALOMON, 2008e). (siehe unten)



Die in die Raphe pharyngis einstrahlende innere Rachenfaszie ist dünn, während die äußere Rachenfaszie stärker ist. Die Schlundkopfmuskeln sind zwischen diesen beiden Faszien gelegen (THOMÉ, 2004). Die Rachenfaszie, Fascia pharyngobasilaris, bedeckt die Schlundkopfmuskulatur. Der Schlundkopf ist über diese Faszie an der Schädelbasis befestigt. Durch eine lockere Bindegewebsschicht ist die Rachenwand mit der Umgebung verbunden. Dieser Parapharyngealraum wirkt als Verschiebespalt und lässt ein dorsal gelegenes Spatium retropharyngeum und ein auf jeder Seite des Schlundkopfs gelegenes Spatium lateropharyngeum erkennen. Über den von der Fascia cervicalis umschlossenen Eingeweideraum des Halses stehen das Spatium retropharyngeum und das Spatium lateraopharyngeum mit dem Mediastinum in Verbindung (SALOMON, 2008e).

Die einzelnen Abteilungen des Pharynx weisen eine unterschiedlich gebaute Schleimhaut auf (SALOMON, 2008e).

Im Nasenrachen findet sich eine leicht gefältelte, respiratorische Schleimhaut mit Drüsen, **Glandulae pharyngeae**, Einlagerungen lymphoretikulären Gewebes und einem mehrreihigen hochprismatischen flimmertragenden Epithel (THOMÉ, 2004).

Als Fortsetzung der Mundhöhlenschleimhaut (THOMÉ, 2004) stellt die Mukosa der ventralen Etage des Pharynx eine kutane Schleimhaut dar (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Die Submukosa ist drüsenhaltig (THOMÉ, 2004). Bei diesen Drüsen handelt es sich um muköse Drüsen, Gll. veli palatini, die der Befeuchtung dienen (WISSDORF et al., 2002e). Darüber hinaus erleichtert der Schleim das Gleiten des Bissens beim Schlucken (SALOMON, 2008e). (siehe auch unten: lymphatischen Einrichtungen)

Rostral der Epiglottis und an deren Rostralrand ist die Pharynxschleimhaut ebenso wie im Bereich der Recessus piriformes stark in Falten gelegt. Aus funktionellen Gründen ist die Schleimhaut in diesen Bereichen leicht verschieblich (WISSDORF et al., 2002e).

Am Eingang in die Speiseröhre ist die kutane Schleimhaut von stärkeren Venenpolstern unterlagert (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

### **Schlundkopfmuskeln**

Die Schlundkopfmuskulatur liegt seitlich und dorsal der Pharynxschleimhaut auf und ist zwischen den Schichten der inneren und äußeren Rachenfaszie zu finden (WISSDORF et al., 2002e). Die Pharynxmuskulatur bildet die Wand des Schlundkopfes (KÖNIG et al., 2009c).

Nach ihrer Funktion kann man die Muskulatur des Schlundkopfs in zwei Gruppen gliedern. Zum einen in die Schlundkopfschnürer und zum anderen in die Schlundkopferweiterer (WISSDORF et al., 2002e). Die Schlundkopfschnürer sorgen dafür, dass der Pharynx während des Schluckaktes verengt bzw. verkürzt wird. An Fixpunkten, die sich seitlich des Rachens befinden, haben diese Muskeln ihren

Ursprung. In dem von einer außen anliegenden Faszie gebildete Pharynxdach finden sie ihren Ansatz. Bei dieser Faszie handelt es sich um die **Fascia pharyngobasilaris** (KÖNIG et al., 2009c), Rachenfaszie, die die Schlundkopfmuskulatur bedeckt und für die Befestigung des Pharynx an der Schädelbasis verantwortlich ist (SALOMON, 2008e).

Die drei auf einander folgenden, bilateral symmetrischen Gruppen der Schlundkopfschnürer umfassen das Rachendach bogenartig und treffen am Dach des Pharynx in einem Sehnenstreifen, **Raphe pharyngis**, aufeinander (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Man kann zwischen rostralen, mittleren und kaudalen Schlundkopfschnürern unterscheiden (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Der erste Teil des Namens der Schlundkopfschnürer kennzeichnet ihren Ursprung am Knochen bzw. Knorpel. Der zweite Teil beschreibt den Ansatz in der Raphe pharyngis (WISSDORF et al., 2002e).

### **Rostrale Schlundkopfschnürer, Mm. constrictores pharyngis rostrales**

Sie entspringen am Schädel (BUDA und BUDRAS, 2009c).

#### **M. pterygopharyngeus**

Er hat seinen Ursprung am Flügelbein (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e), am Hamulus pterygoideus (BUDRAS, 2009b), und seinen Ansatz in der Raphe pharyngis. Längsverlaufende Muskelfasern, die den Schlundkopf verkürzen können, weist er zusätzlich auf (KÖNIG et al., 2009c). Er wird vom Plexus pharyngeus (IX und X) innerviert und kann den Schlundkopf verengen und nach rostral ziehen. Zum M. palatopharyngeus liegt keine deutliche Trennung vor, und den M. levator veli palatini kreuzt er lateral (BUDRAS, 2009b).

#### **M. palatopharyngeus**

Er geht aus der Aponeurose des Gaumensegels, die laut Salomon als Aponeurosis palatina bezeichnet wird, hervor. Sein Ursprung liegt am Rand des Gaumen- und Flügelbeins (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Seinen Ansatz hat er in der Raphe pharyngis (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e) und am Rostralrand bzw. dorsal am Schildknorpel (BUDRAS, 2009b; THOMÉ, 2004).

Er weist ebenfalls zusätzlich längsverlaufende Muskelfasern auf, die den Schlundkopf verkürzen können (KÖNIG et al., 2009c). Innervation und Funktion entsprechen denen des M. pterygopharyngeus. Er liegt medial des M. levator veli palatini (BUDRAS, 2009b) und ist mit dem M. palatinus verbunden. Dadurch kann man ihn auch zu den Gaumensegelmuskeln zählen (THOMÉ, 2004).

### **Mittlere Schlundkopfschnürer, Mm. constrictores pharyngis medii**

Der paarig vorkommende Ln. retropharyngeus medialis liegt ebenso wie die Böden der Recessus mediales der Luftsäcke den mittleren Schlundkopfschnürern dorsal an (WISSDORF et al., 2002e).

#### **M. hyopharyngeus (M. constrictor pharyngis medius)**

Er hat seinen Ursprung am Zungenbein (KÖNIG et al., 2009c; WISSDORF et al., 2002e). Thomé nennt das kaudale Ende des Thyreohyoideum, Salomon nennt sowohl das Thyreohyoideum als auch das Ceratohyoideum (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Laut Budras entspringt er ventral am rostralen Drittel des Stylohyoideum, am Thyreohyoideum und an der Platte des Schildknorpels (BUDRAS, 2009b). Seinen Ansatz findet er in der Raphe pharyngis (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Auch er wird vom Plexus pharyngeus (IX und X) innerviert (BUDRAS, 2009b).

Oft ist dieser Muskel zweigeteilt. Man spricht dann von einem M. ceratopharyngeus und von einem M. chondropharyngeus (BUDRAS, 2009b).

#### **M. stylopharyngeus rostralis**

Er ist entweder schwach ausgebildet oder fehlt (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Ist er vorhanden, so hat er seinen Ursprung am Stylohyoideum (medial am rostralen Ende) und seinen Ansatz in der Raphe pharyngis (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

#### **Kaudale Schlundkopfschnürer, Mm. constrictores pharyngis caudales**

Sie kommen vom Kehlkopf (BUDA und BUDRAS, 2009c).

#### **M. thyreopharyngeus**

Er hat seinen Ursprung an der Cartilago thyreoides (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; WISSDORF et al., 2002e), genauer gesagt an der Linea obliqua der Schildknorpelplatte (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Die Raphe pharyngis dient auch diesem Muskel zum Ansatz (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Innerviert wird dieser Muskel, der nahtlos in den M. cricopharyngeus über geht, vom Plexus pharyngeus (IX und X) (BUDRAS, 2009b).

#### **M. cricopharyngeus**

Er hat seinen Ursprung an der lateralen Fläche des Ringknorpels (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e) und setzt in der Raphe pharyngis an (BUDRAS, 2009b; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Kaudal kommt es bei diesem Muskel, der auch vom Plexus pharyngeus (IX und X) innerviert wird, zu einer Verschmelzung mit der longitudinalen Muskulatur des Oesophagus (BUDRAS, 2009b).

#### **Funktion der Schlundkopfschnürer allgemein**

Kommt es während des Schluckreflexes zur geordneten Kontraktion der Schlundkopfschnürer, so engen diese Muskeln das Lumen des Pharynx ein. Auf diese Weise sorgen sie für den Weitertransport der Nahrung über den geschlossenen Kehlkopf in die Speiseröhre (WISSDORF et al., 2002e).

#### **Versorgung der Schlundkopfschnürer**

Die A. laryngea cranialis, die aus der A. thyreoides cranialis hervorgeht ist für die arterielle Versorgung der Schlundkopfschnürer verantwortlich. Die Rr. pharyngei des

N. glossopharyngeus und des N. vagus aus dem Plexus pharyngeus sind für die nervale Versorgung zuständig (WISSDORF et al., 2002e).

### **Schlundkopferweiterer**

Ein einziger, paariger Schlundkopferweiterer, der **M. stylopharyngeus caudalis**, steht der gesamten Gruppe der Schlundkopfschnürer gegenüber (BUDA und BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Er hat seinen Ursprung in der proximalen Hälfte des Stylohyoids und setzt an der dorsolateralen bzw. lateralen Pharynxwand an. Er strahlt mit rostroventral gerichtetem Verlauf zwischen den rostralen und den mittleren Schlundkopfschnürern fächerförmig in die seitliche Schlundkopfwand ein (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Der rostrale Abschnitt der Schlundkopfhöhle wird durch seine Kontraktion erweitert (SALOMON, 2008e). Innerviert wird er vom N. glossopharyngeus (BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002e).

### **Lymphsystem des Pharynx**

Über die Lnn. retropharyngei mediales des Lc. retropharyngeum wird die Lymphe des Pharynx drainiert. Die als Schlundkopflymphknoten bezeichneten Lnn. retropharyngei mediales befinden sich rechts und links auf den Schlundkopfschnürern. Es handelt sich dabei um 20-30 kleine Lymphknoten, die durch Bindegewebe und Fett miteinander verbunden sind. Kontakt hat jedes dieser Lymphknotenpakete zum Boden des gleichseitigen Sinus medialis des Luftsackes. Über die Lnn. cervicales profundi craniales erfolgt der Lymphabfluss (WISSDORF et al., 2002e).

### **Gaumensegel, Velum palatinum, weicher Gaumen, Palatum molle**

Das als Schleimhautfalte vom Choanenrand der Gaumenbeine schräg kaudoventral in die Rachenhöhle hinein ragende Gaumensegel (THOMÉ, 2004) bildet die kaudale Fortsetzung des harten Gaumens (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Seine Aufgabe ist es den Atmungsrauchen vom Mundrauchen ab zu grenzen (KÖNIG et al., 2009c). Die Pars oralis pharyngis, die vom Gaumensegel überdeckt wird, stellt einen zwischen Gaumensegel und Zungengrund liegenden spaltförmigen Raum dar und weist eine Länge von 9-10 cm auf. Kaudal wird sie ein wenig breiter (THOMÉ, 2004).

Vom Margo liber des Os palatinum bis zu seinem freien Rand nahe der Basis der Epiglottis weist das Gaumensegel eine Länge von 10-13 cm auf (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Das in Ruhestellung auf dem Zungengrund liegende Gaumensegel wird während des Schluckvorgangs angehoben, um so den Speiseweg in Richtung Oesophagus frei zu geben (SALOMON, 2008e). Die Maulatmung des Pferdes wird durch die retrovelare Lage des Kehldeckels während der Atemstellung (BUDA und BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e) und durch die enorme Länge des Gaumensegels erschwert bzw. verhindert. Retrovelare Lage des Kehldeckels

während der Atemstellung des Pharynx heißt, dass der Kehldeckel der nasenrachenseitigen Fläche des Gaumensegels aufliegt. Das Pferd kann aus dieser Stellung heraus das Gaumensegel nur unvollkommen aktiv heben, was dazu führt, dass die Mundatmung nur im äußersten Notfall möglich ist (THOMÉ, 2004). Erbrochenes (oder auch regurgitiertes Futter) kann aus dem gleichen Grund nicht durch die Mundhöhle, sondern nur durch die Nasenhöhle nach außen gelangen (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Die **mundrachenseitige Fläche des Gaumensegels (Ventralseite)** wird von einer kutanen Schleimhaut überzogen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) und liegt in Atemstellung des Pharynx dem Zungengrund auf. Auf diese Weise bildet sie das Dach des Isthmus faucium. Viele kleine Öffnungen, die die Mündungen der Ausführungsgänge der mächtigen Gaumensegeldrüsen, **Glandulae palatinae**, darstellen sind auf der runzeligen, kutanen Schleimhaut der mundrachenseitigen Fläche des Gaumensegels zu finden. Zudem findet man ein dickes Drüsenlager so genannter **Glandulae pharyngea** unter der mit lymphoretikulärem Gewebe versehenen Schleimhaut der Mundrachenfläche (THOMÉ, 2004). Eine große Zahl von Schleimhautbälgen, **Folliculi tonsillares**, die die **Tonsilla veli palatini** darstellen, findet man in einem Gebiet, welches sich median in der Umgebung des Ursprungs des Gaumensegels als wulstiges, länglich-ovales Feld präsentiert (THOMÉ, 2004).

Die **atmungsrachenseitige Fläche des Gaumensegels (Dorsalseite)** ist von einer respiratorischen Schleimhaut (Atmungsschleimhaut) bedeckt (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), die diffuses und zu Knötchen zusammen gelagertes lymphoretikuläres Gewebe enthält. Daneben sind vereinzelt Drüsen zu finden (THOMÉ, 2004).

Die **Aponeurosis palatina**, ein Sehnenblatt, ist unter der Schleimhaut der Dorsalfläche zu finden. Dieses Sehnenblatt befestigt den weichen Gaumen am Os palatinum (SALOMON, 2008e).

Der **Arcus palatoglossus** stellt auf beiden Seiten die Verbindung zwischen der Schleimhaut des Gaumensegels und der des Zungengrundes dar (THOMÉ, 2004). Er kann demnach als Fortsetzung der Gaumenschleimhaut des Gaumensegels nach ventral zur Zungenwurzel hin aufgefasst werden. Die Rachenenge, die Grenze zwischen Mundhöhle und Mundrachen, wird durch den Arcus palatoglossus markiert (SALOMON, 2008e).

Der **Arcus palatopharyngeus** stellt auf jeder Seite eine Schleimhautfalte dar, die vom freien Rand des Gaumensegels nach kaudal in die Seitenwand der Rachenhöhle zieht. Seine Ausdehnung reicht bis zum Speiseröhreneingang. Zusammen mit dem Arcus veli palatini bildet er die Begrenzung des etwa horizontal stehenden, kreisförmigen bis ovalen **Ostium intrapharyngeum** (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), der Grenze

zwischen dem dorsalen Atmungsrachen und dem ventralen Kehlrachen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e).

Die sich während der Atemstellung retrovelar befindende Epiglottis ragt durch das Ostium intrapharyngeum mit den übrigen Teilen der Kehlkopfkronen in den Nasenrachen hinein (THOMÉ, 2004).

### **Innervation des Gaumensegels und des Pharynx**

Fasern des N. glossopharyngeus und des N. vagus sind für die Bildung des Plexus pharyngeus zuständig, der für die Innervation des Pharynx und des Gaumensegels verantwortlich ist. Zu Schluckstörungen kommt es bei Läsionen der beiden Gehirnnerven. Das Ganglion cervicale craniale gibt sympathische Fasern für die Innervation dieser Strukturen ab (SALOMON, 2008e).

### **Muskeln des Gaumensegels**

Die aktive Beweglichkeit des Gaumensegels hängt von drei paarigen Muskeln ab (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Ist das Gaumensegel gelähmt, so kommt es auch zu einer Störung des Schluckaktes (WISSDORF et al., 2002e).

#### **M. palatinus**

Er entspringt aponeurotisch am Choanenrand und strahlt mit kaudal gerichtetem Verlauf in das Gaumensegel ein, welches er in Längsrichtung bis an dessen freien Rand durchzieht (SALOMON, 2008e; WISSDORF et al., 2002e). Seine Innervation übernimmt der Plexus pharyngeus (IX und X) (KÖNIG et al., 2009c; WISSDORF et al., 2002e). Seine Aufgabe besteht im Verkürzen des Gaumensegels (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Mit dem M. palatopharyngeus, der bereits bei den rostralen Schlundkopfschnürern beschrieben wurde, ist er verbunden (THOMÉ, 2004).

#### **M. tensor veli palatini**

Er entspringt am Processus muscularis der Pars tympanica des Os temporale bzw. der Felsenbeinpyramide (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e), am Os pterygoideum (BUDRAS, 2009b) und lateral an der knorpeligen, Tuba auditiva (BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002e). Im weiteren Verlauf liegt dieser Muskel der Tuba auditiva an (THOMÉ, 2004). Die Endsehne wird durch den Hamulus pterygoideus aus der rostroventralen Richtung umgelenkt in die Querrichtung und strahlt von lateral in das Gaumensegel ein. An der Umschlagsstelle um den Hamulus ist die Endsehne von einem Schleimbeutel unterlagert (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

Innerviert wird er vom N. mandibularis bzw. von einem Ast dieses Nerven (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; WISSDORF et al., 2002e).

Seine Funktion besteht im Spannen des Gaumensegels (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004). Laut Wissdorf et al. unterstützt dieser Muskel durch seine Kontraktion die Öffnung der Tubenklappe des Luftsackes (WISSDORF et al., 2002e).

#### **M. levator veli palatini**

Er entspringt am Processus muscularis der Pars tympanica des Os temporale bzw. der Felsenbeinpyramide (BUDRAS, 2009b; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e) und lateral an der knorpeligen, Tuba auditiva (BUDRAS, 2009b; WISSDORF et al., 2002e). Er verläuft medial des Gaumensegels parallel zu diesem mit rostroventralem Verlauf (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). In der Seitenwand des Atmungsrauchen unterkreuzt er zudem den M. pterygopharyngeus (THOMÉ, 2004) und strahlt anschließend breitflächig von kaudodorsal in das Gaumensegel ein (BUDRAS, 2009b; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Im Gaumensegel stößt er median auf den Muskel der Gegenseite (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Dort findet er seinen Ansatz im seitlichen Bereich der Gaumenaponeurose (SALOMON, 2008e). Er fungiert als Heber des weichen Gaumens (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e). Die Innervation erfolgt über den Plexus pharyngeus (BUDRAS, 2009b; KÖNIG et al., 2009c). Wissdorf et al. zweifeln allerdings an, dass dieser Muskel das extrem lange Gaumensegel des Pferdes aktiv heben kann (WISSDORF et al., 2002e).

#### ***Lymphatische Einrichtungen des Schundkopfes***

Lymphatisches Gewebe findet man an zahlreichen Stellen der Schleimhaut des Pharynx. Dort liegt es entweder in der Propria oder submukös. Man kann zwischen diffus vorkommenden Ansammlungen von Lymphozyten oder knötchenförmigen Gebilden von lymphoretikulärem Gewebe, Einzellymphknötchen, Noduli lymphatici solitarii, unterscheiden. Die diffus vorkommenden Ansammlungen von Lymphozyten sind relativ unterschiedlich stark ausgeprägt (THOMÉ, 2004).

Die verschiedenartigen Mandeln oder Tonsillen entstehen dadurch, dass sich das lymphoretikuläre Gewebe weiter zu selbstständigen Schleimhautorganen differenziert (THOMÉ, 2004). Bei der Zusammenlagerung der Lymphknötchen, wie es bei der Entstehung der Tonsillen vor kommt, handelt es sich um Einzellymphknötchen, die subepithelial liegen, von einer bindegewebigen Kapsel umgeben sind und nur efferente Lymphgefäße besitzen. Lymphoretikuläres Gewebe – meist in Form von Lymphonoduli aggregati – kommt reichlich im Pharynx vor (KÖNIG et al., 2009c).

#### **Schleimhautbälge, Folliculi tonsillares**

Sie bestehen aus einer kryptenartigen Epitheleinsenkung, deren Zugang die Fossula tonsillaris darstellt und werden von einem mit Noduli lymphatici ausgestatteten Mantel lymphoretikulären Gewebes umgeben. Diesen Mantel findet man in der Propria und der Submukosa. In der Nachbarschaft der Schleimhautbälge kann man muköse oder gemischte Drüsen erkennen. Zuführende Lymphgefäße kommen bei den

Schleimhautbälgen nicht vor, dafür aber zahlreiche Blutgefäße und abführende Lymphgefäße. Als so genannte Speichelkörperchen können sowohl die Lymphozyten als auch die anderen Leukozyten, die das Epithel in der Tiefe der Krypten teilweise bis zur Unkenntlichkeit überwandern, in die Mund- und Rachenhöhle gelangen. Am Zungengrund bezeichnet man diese Schleimhautbälge z.B. als Zungenbälge (THOMÉ, 2004).

### **Mandeln oder Tonsillen, Tonsillae**

Im Bereich des Pharynx gelegene Differenzierungen des Lymphgewebes zu selbstständigen Schleimhautorganen bezeichnet man als Mandeln (WISSDORF et al., 2002e). Es handelt sich dabei um Schleimhautorgane, die nach Form, Bau und Lage bei den einzelnen Tierarten konstant sind (THOMÉ, 2004).

Die Mandeln bestehen aus einer Zusammenballung subepithelial oder submukös liegendem, lymphoretikulärem Gewebe und sind an bestimmten Stellen der Schleimhaut des Pharynx ausgebildet. Auch hier kann man zwei Varianten unterscheiden. Entweder liegt das lymphoretikuläre Gewebe mit seinen zahlreichen Lymphknötchen unter einer planen, glatten Epitheldecke, oder man findet eine Anhäufung von Strukturen, die analog zu den Schleimhautbälgen sind (THOMÉ, 2004). Das lymphatische Gewebe der Mandeln ist direkt unter dem Epithelverband lokalisiert und von mukösen Tonsillardrüsen mit Spülfunktion unterlagert (GILLE, 2008c). Gegen die Umgebung sind die Tonsillen bzw. deren lymphatische Gewebe bindegewebig abgekapselt (GILLE, 2008c; THOMÉ, 2004). Ebenso wie die Schleimhautbälge besitzen auch die Mandeln keine zuführenden Lymphgefäße. Abführende Lymphgefäße kommen allerdings neben zahlreichen Blutgefäßen vor. Auch in ihrer Nachbarschaft kann man muköse oder gemischte Drüsen erkennen (THOMÉ, 2004). Salomon weist darauf hin, dass muköse Drüsen in die Krypten der Gaumen- und Zungenmandeln münden und das deren Sekret die Krypten freispült und so einen erneuten Antigenkontakt ermöglicht (SALOMON, 2008e).

### **Einteilung der Mandeln aufgrund der Bauweise oder der Lage**

Aufgrund der Bauweise kann man zwischen balgfreien Mandeln, so genannten **Plattenmandeln**, und balghaltigen Mandeln, **Balgmandeln** unterscheiden. Anschließend kann man eine weitere Differenzierung dieser beiden Typen zu **Beet-** oder **Grubenmandeln** vornehmen (THOMÉ, 2004).

Von einer balgfreien Mandel, der so genannten Plattenmandel spricht man, wenn das lymphoretikuläre Gewebe unter einer ebenen, kryptenfreien Epitheldecke liegt und Schleimhautbälge fehlen (THOMÉ, 2004). Die Mandel verursacht also keine Reliefbildung auf der Schleimhaut (GILLE, 2008c). Bei einer balghaltigen Mandel, Balgmandel, sind Schleimhautbälge mit Epithelkrypten zur Oberflächenvergrößerung vorhanden (THOMÉ, 2004). Eine Beetmandel liegt vor, wenn sich balgfrie oder



balghaltige Mandeln zu einem Wulst, einem Beet emporwölben. Analog gilt für eine Grubenmandel, dass balgfremde und balghaltige Mandeln eine tiefe Schleimhautbucht, eine Grube bilden (THOMÉ, 2004). Daraus ergibt sich folgende Klassifizierung für die Mandeln: Beetmandeln mit Bälgen, Beetmandeln ohne Bälge, Grubenmandeln mit Bälgen und Grubenmandeln ohne Bälge (THOMÉ, 2004).

Abhängig von der **Lokalisation** kann man folgende Mandeln unterscheiden: die Zungenmandel, die Unterzungenmandel, die Gaumenmandel, die Gaumensegelmandel, die Rachenmandel, die Tubenmandel und die Kehledeckelmandel. Die fünf zuletzt genannten Mandeln bilden im Bereich des Pharynx den lymphatischen Rachenring, **Waldeyer Rachenring** (GILLE, 2008c), der eine wichtige immunzelluläre Abwehreinrichtung für den Verdauungs- und den Atmungsapparat darstellt (KÖNIG et al., 2009c). Laut Thomé wird der lymphatische Rachenring beim Pferd aus folgenden Mandeln bzw. Ansammlungen von lymphoretikulärem Gewebe gebildet: der Zungenmandel, der Gaumensegelmandel, der Gaumenmandel, der Rachenmandel und der Tubenmandel (THOMÉ, 2004).

Das Pferd weist folgende Mandel auf:

#### **Zungenmandel, Tonsilla lingualis**

Die Zungenbälge am Zungengrund und auf der Plica glossoepiglottica mediana bilden diese Mandel (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e), die sich in der Schleimhaut bis zum Kehledeckel hin ausbreitet (WISSDORF et al., 2002e). Beim Pferd handelt es sich um eine große Menge von Bälgen mit gut sichtbaren Fossulae tonsillares (KÖNIG et al., 2009c; THOMÉ, 2004).

#### **Gaumenmandel, Tonsilla palatina**

Sie findet man an bzw. in jeder Seitenwand der Pars oralis pharyngis (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004), wo sie jeweils zwischen dem Arcus palatopharyngeus und dem Arcus palatoglossus gelegen ist (SALOMON, 2008e). Man kann ihre Lage auch als zwischen dem Gaumensegel und dem Zungengrund gelegen beschreiben. Beim Pferd stellt diese Mandel eine Beetmandel mit Bälgen dar. Es handelt sich dabei um einen 10-12 cm langen und 2 cm breiten bzw. dicken Wulst (BUDA und BUDRAS, 2009c; THOMÉ, 2004).

Die Lage dieser Mandel wird zwischen der Plica glossoepiglottica mediana und der Basis des Kehledeckels sowie dem Arcus palatoglossus beschrieben (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e).

#### **Gaumensegelmandel, Tonsilla veli palatini**

An der ventralen Fläche des Gaumensegels kann man diese median gelegene Mandel erkennen (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e), die sich in Form eines Wulstes emporwölbt. Beim Pferd liegt sie als Beetmandel mit zahlreichen Bälgen vor und ist ca. 4 cm lang und 2,5 cm breit. Man kann ihre Lage auch als nahe des Ursprungs des Gaumensegels am Choanenrand (THOMÉ, 2004)

oder am Übergangsbereich des harten in den weichen Gaumen beschreiben (BUDA und BUDRAS, 2009c). Beim Pferd ist sie besonders ausgeprägt (KÖNIG et al., 2009c).

#### **Rachenmandel, *Tonsilla pharyngea***

Die am Dach bzw. an der kaudodorsalen Wand der Pars nasalis pharyngis gelegene Mandel (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) stellt ebenfalls eine Beetmandel mit Bälgen dar. Beim Pferd wird sie durch ein von Bälgen durchsetztem Schleimhautfeld dargestellt, welches am Rachendach zwischen den Öffnungen der Ohrtrompeten in unmittelbarer Nähe der Choanen gelegen ist (THOMÉ, 2004; BUDA und BUDRAS, 2009c).

#### **Tubenmandel, *Tonsilla tubaria***

Diese Mandel ist an der Innenseite des Ostium pharyngeum tubae auditivae gelegen und kommt beim Pferd als unregelmäßig verteiltes lymphoretikuläres Gewebe in der Tubenschleimhaut vor. Zusätzlich findet man in der Schleimhaut der Seitenwand des Nasenrachens und an der dorsalen Fläche des Gaumensegels noch diffus verteiltes lymphoretikuläres Gewebe oder Einzellymphknötchen (THOMÉ, 2004), die makroskopisch nicht als Tonsille in Erscheinung treten (BUDA und BUDRAS, 2009c). Laut Wissdorf et al. ist diese Mandel, die bis in die Luftsackwand reichen kann, auf jeder Seite lateral an der Tubenöffnung zu finden (WISSDORF et al., 2002e).

#### ***Schluckakt***

Der Luft- und der Speiseweg kreuzen sich in der Schlundkopfhöhle. Kommt es zum so genannten Verschlucken, wobei Speisen oder Flüssigkeiten in den Kehlkopfeingang und damit in den Luftweg gelangen, so werden reflektorisch heftige Hustenstöße ausgelöst. Normalerweise wird das Verschlucken durch eine Reihe von Schutzmechanismen verhindert, die in den Schluckvorgang eingebaut sind (SALOMON, 2008e). So gehört es zu den Aufgaben des Kehlkopfes die unteren Atemwege gegen das Eindringen von Nahrung oder Flüssigkeiten während des Schluckens zu schützen (WISSDORF et al., 2002b).

Der Vorgang, der den abzuschluckenden Bissen dazu veranlasst den Schlingweg ein zu schlagen, wird als Schluck- oder Schlingakt bezeichnet (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

Dabei kann man zwei verschiedene Phasen unterscheiden. Die erste Phase ist der willkürliche Teil des Schluckaktes und die zweite Phase ist der unwillkürliche Teil (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Als letzte oder auch oesophageale Phase des Schluckaktes kann man den Transport durch die Speiseröhre ansehen (SALOMON, 2008e).

#### **Erste, willkürliche Phase**

In einer Eindellung des Zungenrückens wird der gekaute und eingespeichelte Bissen bzw. die aufgenommene Flüssigkeit gesammelt. Die Zungenspitze wird dabei gegen den harten Gaumen gedrückt (SALOMON, 2008e). Durch den sich steigernden und wieder

nachlassenden Druck der Zunge wird der gekaute und eingespeichelte Bissen oder die aufgenommene Flüssigkeit gegen den Gaumen gedrückt und anschließend rachenhöhlenwärts befördert (THOMÉ, 2004). Der abzuschluckende Mundhöhleninhalt wird sowohl durch Anpressen der ganzen Zunge an den Gaumen, als auch durch ihre gleichzeitige Kaudalbewegung in den Mundrachen gepresst (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). In dieser Phase sorgen die Zungenmuskeln in Verbindung mit den Zungenbeinmuskeln dafür, dass die Zungenwurzel dorsal angehoben wird und mit ihr auch der Kehlkopf (KÖNIG et al., 2009c).

Der Schluckreflex wird in dem Moment ausgelöst, indem der Bissen die Rachenenge erreicht hat und dort die Rachenschleimhaut berührt. Es ist das Schluckzentrum in der Medulla oblongata, das diesen Reflex steuert (SALOMON, 2008e).

Der feste Verschluss der Mundhöhle, so wie man ihn durch Kieferschluss sowie Anpressen der Lippen und Backen an die Zähne erreicht, ist die Voraussetzung für den ersten Teil des Schluckaktes. Die rachenwärts gerichteten Papillae filiformes und die Gaumenstaffeln unterstützen in dieser Phase den Transport maßgeblich (THOMÉ, 2004).

### **Zweite, unwillkürliche (reflektorische) Phase**

Diese Phase beginnt, sobald der Bissen die Rachenenge erreicht hat (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b) und dient dazu, den Bissen in den Oesophagus zu befördern (SALOMON, 2008e). Für diese Phase ist eine reflektorische, wellenartige Kontraktion der Schlundkopfschnürer charakteristisch (KÖNIG et al., 2009c).

Auf dem Weg zum Oesophagus muss in der Rachenhöhle dafür gesorgt werden, dass der Bissen ohne Ausweichmöglichkeiten in die Speiseröhre gelangt (THOMÉ, 2004). Durch Anheben des Zungengrundes und Anpressen an die Ventralfläche des Gaumensegels (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b) wird dem Bissen die Rückkehr in die Maulhöhle verwehrt. Das gespannte und empor gehobene Gaumensegel sorgt dafür, dass der Nasenrachen verschlossen wird. Der Arcus palatopharyngeus, der das Ostium intrapharyngeum umschließt, beteiligt sich an diesem Vorgang, indem er aus der Seiten- und Kaudalwand des Schlundkopfes faltenförmig hervortritt und auf diese Weise das Ostium verschließt (THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Als Folge davon kann keine Nahrung mehr in den Nasenrachen eintreten. Ein weiterer Effekt dieses Vorgangs ist, dass der durch die Zunge in der Mundhöhle aufgebaute Druck nicht via Nasenrachen und Nasenhöhle verloren gehen kann. Der Luftweg und somit die Atmung sind so lange blockiert, wie das Ostium intrapharyngeum verschlossen ist (SALOMON, 2008e).

Der Kehlkopf wird auf folgende Weise vor dem Eintritt von Nahrungsteilen gesichert: in Folge des Anhebens des Zungengrundes (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) kommt es durch Muskelwirkung (Mm. geniohyoidei, stylohyoidei, mylohyoidei, digastrici und ceratohyoidei) zu einer Rostral-/ Rostrodorsalbewegung des Zungenbeins, in Folge

dessen auch der Kehlkopf eine Bewegung in diese Richtung erfährt. Wegen dieser Bewegungsrichtung wird der Kehlkopf „unter“ den Zungengrund geschoben, wobei der Kehldeckel auf den Kehlkopfeingang gedrückt wird und der Kehlkopfeingang gar nicht so dicht abgedeckt wird wie oftmals angenommen (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002b). Wissdorf et al. erwähnt noch eine zweite Sicherung, die gleichzeitig zum Verschluss des Kehlkopfeingangs durch die Epiglottis abläuft. Hierbei handelt es sich um den Verschluss der Stimmritze durch Annäherung der beiden Stimmlippen in der Tiefe des Kehlkopfes. Der *M. cricoarytenoideus lateralis* ist der Hauptakteur bei dieser Bewegung. Unterstützt wird er dabei von den anderen Stimmritzenverengern (WISSDORF et al., 2002b).

Durch diesen Vorgang gelangt der Bissen in den Bereich der Schlundkopfschnüer, die ihn dann weiter zum Oesophagus transportieren. Dies geschieht seitlich durch den Recessus piriformis und z.T. über den Kehldeckel hinweg (WISSDORF et al., 2002b). Das Heranziehen und die Erweiterung der Pars oesophagea vervollständigen diese Bewegungen am Kehlkopf (THOMÉ, 2004).

Ist der Bissen feingekaut und dünnflüssig, so gleitet er, angetrieben durch den Druck der Zunge (THOMÉ, 2004), seitlich durch den Recessus piriformis, am Kehlkopf vorbei, in den Oesophagus hinein. Auch gegenüber Flüssigkeiten wirkt die Epiglottis als kranialer Verschluss des Kehlkopfes (KÖNIG et al., 2009c). Ist der Bissen nur grob gekaut und wenig eingespeichelt (THOMÉ, 2004), so gleitet er über den Kehldeckel hinweg zum Eingang der Speiseröhre (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Hierbei ist die passive Abdeckung des Kehlkopfeingangs durch die Epiglottis ebenso notwendig, wie das Anheben des Gaumensegels und die rasche Kontraktion der Schlundkopfschnüer in rostralkaudaler Richtung (KÖNIG et al., 2009c).

Dünnbreiige und flüssige Nahrung soll alleine durch die Tätigkeit der Zunge eine solche Beschleunigung erhalten, das sie durch den Rachen und die Speiseröhre hindurch bis in den Magen gelangt. Gleichzeitiges Schlucken und Atmen sind während dessen möglich (THOMÉ, 2004). Die Mitbeteiligung der Schlundkopfschnüer ist beim Transport konsistenterer Bissen erforderlich (SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004). Das Abschlucken fester Bissen wird bei Lähmung der Schlundkopfschnüer unmöglich. Es genügt schon, wenn nur die rostralen Schlundkopfschnüer gelähmt sind. Die Erweiterung des Pharynx, wie sie zur Aufnahme des Bissens notwendig ist, erfolgt durch den *M. stylopharyngeus caudalis*. Im Anschluss daran kontrahieren die *Mm. constrictores pharyngis* dann in rostralkaudaler Reihenfolge (SALOMON, 2008e).

Zudem wird ein Mindestvolumen an Speichel permanent für das „Leerschlucken“ benötigt. Hierunter versteht man ständig ablaufende Schluckakte, die unabhängig von der Nahrungsaufnahme sind (SALOMON, 2008e).

Während des Schluckaktes kommt es zur Blockierung der Atmung bei geschlossener Glottis (KÖNIG et al., 2009c).

Nach Beendigung des Schluckaktes kehren das Gaumensegel, das Zungenbein und der Kehlkopf in ihre Ausgangsstellung zurück. Man spricht nun von der Ruhestellung des Schlundkopfs, bei der die Atmungsluft bei wieder geöffnetem Ostium intrapharyngeum den Weg in den Kehlkopf findet (THOMÉ, 2004). Dazu ist folgendes notwendig: zuerst öffnet sich das Ostium intrapharyngeum, danach wird der Kehlkopf wieder in seine Ausgangsstellung (Atemposition) zurückgeführt. Auf Grund seiner Elastizität schnellert der Kehldeckel vorwiegend passiv in seine Ausgangsposition zurück (d.h. er befindet sich wieder auf der nasenrachenseitigen Fläche des Gaumensegels). Unterstützt wird die Epiglottis bei dieser Bewegung durch den M. hyoepiglotticus und das unter ihm liegende elastische Lig. hyoepiglotticum. Die Rückführung des Kehlkopfes bzw. des Zungenbeins in ihre Ausgangsposition wird durch den direkt am Kehlkopf ansetzenden M. sternothyreoideus und durch die Mm. sterno- und omohyoideus erreicht (WISSDORF et al., 2002b). (siehe auch 2.3.5 Atmungsapparat)

#### 2.3.6.4 Speiseröhre, Esophagus, Oesophagus

In dieser Arbeit wird nur kurz auf die Speiseröhre eingegangen.

Der Oesophagus stellt die unmittelbare Fortsetzung des Pharynx dar und ist dorsal der Trachea gelegen (BUDA und BUDRAS, 2009a). Es handelt sich dabei um einen häutig-muskulösen Schlauch (SALOMON, 2008e), der auch als Schlund bezeichnet wird. Er setzt den Speiseweg vom Pharynx in Richtung Magen fort (KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004) und beginnt dorsal der Cartilago cricoidea bzw. deren Lamina. Somit stellt er die kaudale Fortsetzung der Pars oesophagea pharyngis kaudal einer Querebene in Höhe der kaudalen Schlundkopfschnürer dar (THOMÉ, 2004). An der Speiseröhre kann man abhängig von der Lage einen Hals- einen Brust- und einen Bauchteil unterscheiden (BUDA und BUDRAS, 2009a; KÖNIG et al., 2009c; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004).

#### 2.3.7 Luftsack, Diverticulum tubae auditivae

Der paarig vorkommende Luftsack (BUDA und BUDRAS, 2009c), **Diverticulum tubae auditivae**, stellt eine Besonderheit der Equiden dar (KÖNIG et al., 2009d; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004).

Als Luftsack bezeichnet man eine mächtige, individuell unterschiedlich große Schleimhautausstülpung, die sich laut Aussage der meisten Autoren an einen Spalt anschließt, der sich kaudoventral an der Ohrtrumpete, **Tuba auditiva**, befindet (KÖNIG et al., 2009d; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002i).

Der mit einer glatten, glänzenden und feuchten Luftsackwand ausgestattete Luftsack (WISSDORF et al., 2002i) hat ein Fassungsvermögen von 300-600 ml (BUDA und BUDRAS, 2009c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002i).

### ***Ohr- oder Hörtrumpete, Tuba auditiva, Eustachio-Röhre***

Wie bereits erwähnt, ist sie es, die beim Pferd ein charakteristisches Diverticulum, den Luftsack, aufweist (BERG und BUDRAS, 2009). Der Luftsack tritt als ventrale Ausbuchtung der Schleimhaut der Tuba auditiva (LIEBICH und KÖNIG, 2009; WISSDORF et al., 2002a) beidseitig an der Schädelbasis auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Ein langer Schlitz in der kaudoventralen Tubenwand stellt die Öffnung zwischen dem Luftsack und der Tuba auditiva dar (BERG und BUDRAS, 2009).

Bei der Ohrtrumpete handelt es sich um eine knorpelgestützte Röhre, die beidseitig am Kopf vorkommt (WISSDORF et al., 2002i) und den Pharynx (dessen Atmungsragen) mit dem Mittelohr verbindet (BERG und BUDRAS, 2009; LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008e; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002i). Bei dieser Verbindung handelt es sich um eine spaltförmige Verbindung (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Laut Thomé steht der Nasenrachen über das Ostium pharyngeum tubae auditivae und die Hörtrumpete mit der Paukenhöhle und dem Luftsack in Verbindung (THOMÉ, 2004).

Der Druckausgleich zwischen der Mittelohrhöhle und der Außenwelt wird über die Tuba auditiva ermöglicht (LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008e), da die Schleimhaut des Mittelohres Luft resorbiert (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Normalerweise ist die Ohrtrumpete verschlossen. Nur beim Schlucken und Gähnen öffnet sie sich für einen kurzen Moment (SALOMON, 2008e). Das Sekret der im Bereich der Mündung gelegenen Drüsen fließt über die Tuba auditiva ab (LIEBICH und KÖNIG, 2009). (Druckausgleich siehe auch unten)

### ***Öffnung des Luftsacks, Ostium pharyngeum tubae auditivae***

Dieses Loch stellt die 30-40 mm hohe (THOMÉ, 2004), schlitzförmige Mündung der Ohrtrumpete dar (LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002e) und ist seitlich im Nasenrachen gelegen (BERG und BUDRAS, 2009; LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008e; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002i). Zugleich stellt es auch den Eingang in den Luftsack dar (BERG und BUDRAS, 2009; KÖNIG et al., 2009d; WISSDORF et al., 2002i), da sich dieser der Eustachio-Röhre anschließt (WISSDORF et al., 2002e). Diese Zugangsöffnung zur Ohrtrumpete ist knorpelgestützt (WAIBL, 2004).

Legt man eine Transversalebene durch die temporalen Augenwinkel, so befindet sich jedes Ostium pharyngeum tubae auditivae auf dieser Ebene (BERG und BUDRAS, 2009; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002i), da sich jedes Loch in Höhe des

lateralen Augenwinkels an der Seitenwand des Nasenrachens befindet (WAIBL, 2004). Die Lage des Ostium pharyngeum tubae auditivae kann auch als am Rachengewölbe gelegen beschrieben werden (THOMÉ, 2004).

Die laterale Begrenzung des Ostium pharyngeum tubae auditivae wird durch die Rachenwand dargestellt. Medial wird die Öffnung durch das mondsichelförmige, klappenartigen Ende des Tubenknorpels begrenzt (THOMÉ, 2004).

Laut Wissdorf et al. besteht die mediale Wand der 25-30 mm langen, schlitzförmigen Spalte größtenteils aus einer flachen Klappe, die aus elastischem Knorpel besteht und laut ihnen als **Lamina medialis** bezeichnet wird. Der freie Rand der Klappe verläuft leicht gebogen kaudoventral (WISSDORF et al., 2002i). Berg und Budras beschreiben den Verlauf des freien, ventralen Randes als schräg und sinusartig (BERG und BUDRAS, 2009). Die Klappe bzw. Falte ist ca. 3 cm lang (BERG und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008a) und liegt der lateralen Rachenwand einer jeden Seite flach an. Laut Salomon ist es der freie, oroventral weisende Rand, der sich der Pharynxwand eng anlegt und somit die Ohrtrumpete verschließt (BERG und BUDRAS, 2009; SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002i).

Der sich kaudal an die Knorpelplatte anschließende Teil, der sich in den Nasenrachen vorwölbt, ist leicht kuppelförmig, konvex geformt. Die Öffnung der Klappe wird beim Schluckakt durch diese Form gewährleistet. Beim Atmen hingegen ist die Klappe geschlossen (WISSDORF et al., 2002i). Das schlitzförmige Ostium pharyngeum tubae auditivae befindet sich lateral der Luftsackklappe und ist daher normalerweise geschlossen. Wenn das Pferd schluckt, wird es geöffnet. Der Druck an beiden Seiten des Trommelfells kann dadurch ausgeglichen werden (BERG und BUDRAS, 2009). Laut Salomon ist es die Ohrtrumpete, die sich beim Schlucken öffnet und so den Druckausgleich zwischen Mittelohrhöhle und Außenwelt ermöglicht, der für das freie Schwingen des Trommelfells benötigt wird (SALOMON, 2008a).

### ***Tubenklappenbewegung während des Schluckaktes***

Der M. levator veli palatini wird in der ersten Phase des Schluckaktes angespannt und drückt so für einen kurzen Moment die laterale Rachenwand gegen die Tubenklappe (WISSDORF et al., 2002i).

Der M. pterygopharyngeus ist überwiegend für die Klappenöffnung zuständig. Nachdem er am Hamulus ossis pterygoidei entsprungen ist, zieht er kaudomedial. Bevor er sich in der kaudal der Knorpelklappen gelegenen Raphe pharyngis mit dem der anderen Seite vereinigt, kreuzt er den Kaudalrand der Lamina medialis des Tubenknorpels. Durch seinen Verlauf bildet er einen Muskelbogen um den kaudalen Rand der jeweiligen Knorpelklappe, weshalb er bei seiner Kontraktion diesen Rand rostromedial bewegen kann. Möglich wird diese Bewegung dadurch, dass er selbst am Hamulus fixiert ist (WISSDORF et al., 2002i).

Dem durch den *M. pterygopharyngeus* erzeugten Druck weicht der elastische Tubenknorpel, der dorsal an der Schädelbasis befestigt ist, dadurch aus, dass er sich sprungartig medial in den Nasenrachen hinein vorwölbt (WISSDORF et al., 2002i).

Auf halber Höhe des Tubenknorpels kann man den Bereich mit der stärksten, medialen Krümmung des kuppelförmigen Tubenknorpels erkennen. Dieser Bereich weist eine Ausdehnung auf, die vom Rostralrand der Tubenklappe bis kaudal der medial gerichteten Knorpelkuppe reicht (WISSDORF et al., 2002i).

Durch die Hilfe der *Mm. tensor* und *levator veli palatini* werden die lateral gelegene Schleimhaut der Rachenwand und die Schleimhaut der medial gelegenen Tubenklappen voneinander getrennt. Die Adhäsion der beiden Schleimhäute wird dadurch überwunden, dass der kontrahierte Muskelbauch des lateral an der Rachenwand verlaufende *M. tensor veli palatini* die Schleimhaut des Rachens medial vorwölbt und so ventral seines Muskelbauches eine lateral gerichtete Vertiefung bildet. Der an der lateralen Wand der Tubenöffnung rostroventral ziehende *M. levator veli palatini* unterstützt den *M. tensor veli palatini* dabei. Dieser Muskel verbindet sich im Gaumensegel mit dem der anderen Seite, nachdem er zur Medianen hin abgebogen ist. Das Gaumensegel und die Rachenschleimhaut werden bei seiner Kontraktion nach dorsal gezogen und der Ventralrand der Tubenklappe wird durch ihn medial und dorsal verlagert (WISSDORF et al., 2002i).

Das Ostium pharyngeum tubae auditivae wird mit zunehmender Kontraktion der Gaumensegelmuskeln und der Schlundkopfschnürer, wie es im Verlauf des Schluckaktes vorkommt, weiter geöffnet. Die beiden Tubenklappen sind nur 5 bis 10 mm von der Medianen des Nasenrachens entfernt, wenn der Eingang der Tuba auditiva maximal geöffnet ist. Durch seine Elastizität gelangt der Knorpel wieder in seine Ausgangsstellung zurück, nachdem die Rachen- und Gaumensegelmuskeln erschlaffen. Durch die Adhäsion der feuchten Schleimhäute wird das Ostium pharyngeum tubae auditivae wieder verschlossen, nachdem die Tubenklappe zugefallen ist (WISSDORF et al., 2002i).

### ***Lage des Luftsackes***

Dorsal reichen die Luftsäcke bis an die Schädelbasis und den Atlas, ventral werden sie vom Pharynx (dessen Atmungsrahen) (BUDA und BUDRAS, 2009c; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002i) und lateral von der *Gl. parotis* und den *Mm. pterygoidei* begrenzt (SALOMON, 2008a).

Von rostral nach kaudal berühren sich die beiden Luftsäcke median auf einer langen Strecke. Die Scheidewand der beiden Luftsäcke entsteht dadurch, dass die median gelegenen Wände, die durch lockeres Bindegewebe und das tiefe Blatt der *Fascia cervicalis profunda* verbunden sind, verschmelzen (WISSDORF et al., 2002i). Laut König et al. werden die Schleimhäute der beiden Luftsäcke ventral in der Medianen durch



Bindegewebe getrennt (KÖNIG et al., 2009d). Laut Salomon sind sie ventral durch ein dünnes, medianes Septum getrennt (SALOMON, 2008a). Im kaudalen Abschnitt sind die medianen Wände der Luftsäcke allerdings voneinander getrennt, was daran liegt, dass sich hier die paarigen Mm. longus capitis und rectus capitis ventralis einschieben (WISSDORF et al., 2002i). Diese beiden als Kopfnicker bzw. Kopfbeuger bezeichneten Muskeln schieben sich dorsal zwischen die beiden Luftsäcke ein (KÖNIG et al., 2009d; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Unterhalb des paarig vorkommenden M. longus capitis berühren sich die Luftsäcke median (BUDA und BUDRAS, 2009c). Liebich et al. erwähnen noch, dass sich der M. longus capitis kurz vor seinem Ansatz mit dem der anderen Seite verbindet und dass er sich dann zwischen den beiden Luftsäcken befindet (LIEBICH et al., 2009).

### **Gliederung des Luftsackes**

Jeder Luftsack wird durch das Stylohyoideum in eine kleinere laterale und eine größere mediale Bucht unterteilt. Die mediale Bucht ragt weit halswärts (BUDA und BUDRAS, 2009c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004; WISSDORF et al., 2002i). Wissdorf et al. sagen allerdings, dass es sich hierbei nur um eine unvollständige Trennung handelt. Laut ihnen findet die Unterteilung in den kaudalen zwei Dritteln des Luftsackes dadurch statt, dass sich der Zungenbeinast von kaudal her in jeden Luftsack einstülpt (WISSDORF et al., 2002i). Laut Buda und Budras stülpt sich das Stylohyoid von kaudolateral her ein und nach Meinung von Salomon und Waibl von ventral her (BUDA und BUDRAS, 2009c; SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Eine Kommunikation der beiden Sinus ist über den vom Luftsack überzogenen rostralen Rand des Stylohyoids möglich (WISSDORF et al., 2002i).

Die eben genannten Buchten können als **Sinus lateralis** und **Sinus medialis** bezeichnet werden. Der weiter ventral reichende Sinus medialis ist ca. dreimal größer als der Sinus lateralis und kann noch einmal in einen **Recessus lateralis** und einen **Recessus medialis** unterteilt werden (WISSDORF et al., 2002i). Buda und Budras benennen die beiden Buchten nicht als Sinus. Sie bezeichnen die kleine (rostrale) laterale Bucht als Recessus lateralis und die größere (kaudale) mediale Bucht als Recessus medialis (BUDA und BUDRAS, 2009c).

### **Mediale Bucht, Sinus medialis**

In ihr kann man eine typische, aber individuell unterschiedliche, rostral ziehende Schleimhautfalte erkennen, die als **Plica neurovasculosa** bezeichnet wird und kaudal beginnt. Es ist diese Falte, die für die weitere Gliederung des Sinus medialis im kaudalen Bereich verantwortlich ist. Durch sie entsteht ein deutlich kleinerer Recessus lateralis und ein meist größerer und weiter ventral reichender Recessus medialis (WISSDORF et al., 2002i).

Ventral dehnt sich der Sinus medialis, der rostral die Zugangsöffnung zum Luftsack beherbergt, bis auf die Schlundkopfmuskeln aus. Die Schädelbasis berührt er dorsal, während er nuchal bis zum Atlantookzipitalgelenk reicht (WISSDORF et al., 2002i). Die

Gl. parotis und meist auch die Gl. mandibularis liegen dem Sinus medialis lateral an (BUDA und BUDRAS, 2009c; WISSDORF et al., 2002i).

Die A. carotis interna findet man an der lateralen Wand des **Recessus medialis**, an der Grenze zum Recessus lateralis. Zudem findet man an dieser Stelle einen Teil der Luftsacklymphknoten, **Lnn. retropharyngei laterales**. Der ventrale Anteil der Lateralwand dieser Abteilung wird lateral vom Unterkiefer bedeckt. Die A. carotis externa steigt zudem über diesen Wandteil dorsal an (WISSDORF et al., 2002i).

Das Stylohyoideum liegt dem **Recessus lateralis** lateral an. Weiter kaudal legen sich ihm oft der Processus paracondylaris sowie die Mm. rectus capitis lateralis, occipitohyoideus und stylohyoideus an. Im endoskopischen Bild erscheint der meist weiter kaudal als der Recessus medialis reichende Recessus lateralis deutlich tiefer. Die Plica neurovasculosa stellt seine unvollständige mediale Begrenzung dar. Die kleinen Lnn. retropharyngei laterales liegen teilweise seiner Außenwand an, weshalb sie auch als Luftsacklymphknoten bezeichnet werden (WISSDORF et al., 2002i).

Die A. carotis externa kann man rostral am Boden des Recessus lateralis erkennen. Der Truncus linguofacialis geht hier in rostraler Richtung aus ihr hervor, während sie sich selbst unter dem Stylohyoid hindurch zur Lateralwand des Sinus lateralis wendet. Die Y-förmige Arterienaufzweigung ist im endoskopischen Bild gut zu erkennen (WISSDORF et al., 2002i).

#### **Plica neurovasculosa**

Diese Schleimhautfalte ist im kaudalen Bereich zwischen dem Recessus lateralis und dem Recessus medialis gelegen. Sie beherbergt die A. carotis interna, den N. glossopharyngeus und den N. hypoglossus. Den N. vagus und den N. accessorius findet man in ihrer Basis (WISSDORF et al., 2002i). Die anderen Autoren bezeichnen diese Falte nicht als Plica neurovasculosa. Sie sprechen von einer flachen Gefäßfalte, die die A. carotis interna und das Ganglion cervicale craniale beinhaltet und von einer weit hereinragenden Nervenfalte, die die Nerven IX-XII beherbergt (SALOMON, 2008a; WAIBL, 2004). Die Nervenfalte ragt von kaudodorsal her weit in den Luftsack hinein, während sich die flache Gefäßfalte medial davon befindet (SALOMON, 2008a).

#### **Laterale Bucht, Sinus lateralis**

Sie weist keine weitere Unterteilung auf und liegt lateral des Stylohyoids. Der M. pterygoideus medialis (WISSDORF et al., 2002i) und der Unterkieferast bedecken sie lateral (BUDA und BUDRAS, 2009c; WISSDORF et al., 2002i) in ihrem rostralen Abschnitt. Die A. carotis externa legt sich weiter kaudal ihrer Wand an. Im endoskopischen Bild kann man die Pulsation der A. carotis externa erkennen. Der N. facialis und die Chorda tympani zeichnen sich kaudodorsal und lateral am Sinus lateralis durch die Luftsackwand ab (WISSDORF et al., 2002i).

### ***Klinisch bedeutsame Strukturen am Luftsack***

#### **Arterien**

In der Nähe des Kaudalrandes der medialen Bucht kann man die Aufteilung der *A. carotis communis* erkennen (KÖNIG et al., 2009d). Die *A. carotis interna* und die *A. carotis externa* zählen zu den klinisch bedeutsamen Gefäßen im Bereich des Luftsackes. Auf Grund der Luftsackmykose kommt der *A. carotis interna* von allen Gefäßen, die der Luftsackwand anliegen, die größte klinische Bedeutung zu, da Verletzungen ihrer von Pilzbefall geschädigten Wand zu akutem Verblutungstod führen (WISSDORF et al., 2002i).

Die ***A. carotis interna*** legt sich direkt nach ihrem Ursprung der lateralen Wand des Recessus medialis an. Eingebettet in diese laterale Wand zieht sie rostradorsal zur Schädelbasis (WISSDORF et al., 2002i). Laut König et al. steigt sie am kaudalen Luftsackrand in Richtung Schädelbasis auf (KÖNIG et al., 2009d). Auf ihrem Weg verläuft sie gemeinsam mit dem *N. vagus*, dem *Truncus sympathicus* und dem Ganglion *cervicale craniale* in einer Falte der medialen Luftsackbucht (KÖNIG et al., 2009b). Diese Falte befindet sich kaudal an der medialen Bucht. Liebich und König erwähnen, dass die *A. carotis interna* während ihres Verlaufs vom *N. caroticus internus*, dem Ganglion *cervicale craniale*, dem *N. vagus* und dem *N. accessorius* begleitet wird, wobei die beiden zuletzt genannten nur proximal mit dem Luftsack in Kontakt stehen, da sie ab dieser Stelle Brustwärts ziehen (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Laut Gille entsteht die Falte in der medialen Luftsackbucht dadurch, dass sich die *A. carotis interna* von kaudomedial her in den Luftsack einsenkt (GILLE, 2008a).

Im endoskopischen Bild kann man die *A. carotis interna* als pulsierendes Gefäß gut erkennen (WISSDORF et al., 2002i).

Die ***A. carotis externa*** zieht zur Außenwand des Recessus medialis und steigt eingebettet in Fettgewebe in ihrem weiteren Verlauf (WISSDORF et al., 2002i) zur Außenwand des Sinus lateralis auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009; WISSDORF et al., 2002i). Laut Buda und Budras liegt sie (und später auch die *A. maxillaris*) der Dorsokaudalwand der lateralen Bucht an (BUDA und BUDRAS, 2009c).

Im endoskopischen Bild ist sie am Boden des Sinus medialis und kaudolateral an der Wand des Sinus lateralis durch die Luftsackschleimhaut hindurch zu erkennen (WISSDORF et al., 2002i). Sie weist ebenfalls eine gut im endoskopischen Bild sichtbare Pulsation auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009; WISSDORF et al., 2002i). Neben ihrer Pulsation kann man auch die Pulsation der *A. maxillaris* an der Innenseite des Luftsackes erkennen (KÖNIG et al., 2009d).

Die Abgabe der *A. auricularis caudalis* und der *A. temporalis superficialis* am Sinus lateralis ist ebenfalls endoskopisch sichtbar. Im Anschluss an die Abgabe dieser Zweige spricht man bei dem rostral ziehenden Gefäß dann von der *A. maxillaris*, die dorsal am Sinus lateralis rostral zieht und dann lateral über den *M. tensor veli palatini* zum *Canalis alaris* gelangt (WISSDORF et al., 2002i).

## Venen

Die V. maxillaris, die die A. carotis externa auf ihrem Verlauf an der Innenseite des Unterkiefers begleitet, ist endoskopisch lateral oder ventrolateral der Arterie an der lateralen Wand des Sinus lateralis auf kurzer Strecke sichtbar (WISSDORF et al., 2002i). Laut Buda und Budras liegt die V. maxillaris der Dorsokaudalwand der lateralen Bucht an (BUDA und BUDRAS, 2009c).

### **Nerven**

Der N. glossopharyngeus (IX), der N. vagus (X), der N. accessorius (XI), der N. hypoglossus (XII), der N. facialis (VII) und die Chorda tympani liegen der Luftsackwand an (WISSDORF et al., 2002i). Die Nerven IX bis XII liegen dabei der Luftsackschleimhaut der medialen Bucht an. Laut Wissdorf et al. liegen sie ihr kaudal von außen an, laut Buda und Budras liegen sie ihr dorsal an (BUDA und BUDRAS, 2009c; WISSDORF et al., 2002i). Die A. carotis interna, die Rr. pharyngei der Nerven IX und X und der Truncus sympathicus mit dem Ganglion cervicale craniale liegen ebenfalls dorsal der medialen Bucht an (BUDA und BUDRAS, 2009c).

Der **N. glossopharyngeus** und **N. hypoglossus** erscheinen im endoskopischen Bild kaudodorsal im Recessus medialis des Sinus medialis, da sie rostral ziehen. Sie befinden sich dabei medial der gelenkigen Verbindung des Zungenbeins mit der Pars tympanica des Os temporale. In der Plica neurovasculosa, die in das Lumen des Sinus medialis hineinragt, verlaufen die beiden Nerven schräg rostroventral (WISSDORF et al., 2002i). Etwa auf halber Länge verlässt der N. glossopharyngeus die Schleimhautfalte, um lateral zu ziehen. Im Anschluss daran legt er sich dem Stylohyoid ventral an. Der N. hypoglossus zieht währenddessen weiter rostral zur Zunge (WISSDORF et al., 2002i).

### **N. vagus und Ganglion cervicale craniale**

Die sich von kaudal her in die Luftsackwand einbuchtenden Strukturen (N. vagus, A. carotis interna und Ganglion cervicale craniale) sind ebenfalls von innen als Falte zu erkennen. Das spindelförmige Ganglion cervicale craniale, welches sich schädelwärts als N. caroticus internus fort setzt, kommt dabei in der Nähe des parallel zur A. carotis interna verlaufenden N. vagus vor (KÖNIG et al., 2009d).

Das Ggl. cervicale craniale trunci sympathici stellt sich gelegentlich kaudal im Recessus medialis, medial dicht an der Plica neurovasculosa dar. Es gibt sympathische Fasern an den N. hypoglossus ab (WISSDORF et al., 2002i).

Der **N. facialis** verläuft über die Lateralwand des Sinus lateralis (WISSDORF et al., 2002i). Laut Buda und Budras liegt er der Dorsokaudalwand der lateralen Bucht an (BUDA und BUDRAS, 2009c). Laut Salomon liegen der **N. facialis** und die **Chorda tympani** der dorsolateralen Wand der lateralen Luftsackbucht an (SALOMON, 2008a). Der von dorsal her in die Pharynxmuskulatur eintretende R. pharyngeus des N. vagus zieht rostroventral aus der Plica neurovasculosa heraus (WISSDORF et al., 2002i). Die Chorda tympani, die während ihres Verlauf entlang des Luftsackes endoskopisch sichtbar ist, verläuft an der Wand des Sinus lateralis entlang zum N. lingualis (WISSDORF et al., 2002i).

### **Weitere Strukturen, zu denen der Luftsack Kontakt hat**

Jeder Luftsack berührt das Kiefergelenk, den äußeren Gehörgang und das Atlantookzipitalgelenk (KÖNIG et al., 2009d). Mit der Gl. parotis tritt der Luftsack zudem an zwei Stellen in direkten Kontakt. Sowohl zwischen der Hinterkante des Unterkieferastes und dem rostralen Rand des M. occipitomandibularis als auch zwischen dem Halsrand dieses Muskels und der Atlasflügelgrube berühren sich die beiden Strukturen (THOMÉ, 2004).

### ***Lymphsystem des Luftsackes***

Über das Lc. retropharyngeum mit den Lnn. retropharyngei laterales und mediales erfolgt die Drainage des Luftsackes (WISSDORF et al., 2002i). Der Luftsack steht sowohl mit den Lnn. retropharyngei mediales als auch laterales in Kontakt (LIEBICH und KÖNIG, 2009).

Die **Lnn. retropharyngei laterales** können auch als Luftsacklymphknoten bezeichnet werden (VOLLMERHAUS und ROOS, 2005; WISSDORF et al., 2002i) und sind der lateralen Wand der medialen Luftsackbucht kaudal angelagert (BUDA und BUDRAS, 2009c; WISSDORF et al., 2002i). Laut Vollmerhaus und Roos sind sie der lateralen Wand des Luftsacks angelagert (VOLLMERHAUS und ROOS, 2005). Ihre Lage kann auch als ventral des Atlasflügels beschrieben werden (WISSDORF et al., 2002i). Auf jeder Seite bestehen sie aus ca. 8-15 Knoten, die jeweils 3-15 mm groß sind. Lateral werden diese Lymphknoten von der Gl. parotis, der Gl. mandibularis und zum Teil vom M. occipitomandibularis bedeckt (VOLLMERHAUS und ROOS, 2005; WISSDORF et al., 2002i).

Die **Lnn. retropharyngei mediales** reichen an die Ventralwand der medialen Bucht heran (BUDA und BUDRAS, 2009c; SALOMON, 2008a), deren Schleimhaut sie hervorwölben (SALOMON, 2008a). Es handelt sich hierbei um 20-30 Knoten, die jeweils eine Größe von 3-40 mm aufweisen und dem Schlundkopf aufgelagert sind. Der Luftsack und der M. occipitomandibularis bedecken diese Lymphknoten (VOLLMERHAUS und ROOS, 2005). Sie sind demnach also ventral zwischen Luftsackwand und Schlundkopfmuskeln gelegen. Laut Wissdorf et al. können sie die Luftsackschleimhaut nur nach innen vorwölben, wenn eine Umfangsvermehrung vorliegt. Zudem können sie dann in den Luftsack aufbrechen. Bei einer Vergrößerung dieser Lymphknoten können die Schlundkopfmuskeln in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, wodurch es dann zu Schluckproblemen kommt (WISSDORF et al., 2002i). Gille weist noch darauf hin, dass die dorsal auf dem Schlundkopf gelegenen Lymphknoten lateral des M. longus capitis lokalisiert sind und dass sie der A. carotis externa benachbart sind (GILLE, 2008b).

### ***Schleimhaut des Luftsackes***

Der Luftsack wird von einer respiratorischen Schleimhaut mit Flimmerepithel und Becherzellen ausgekleidet, die zudem auch noch lymphoretikuläres Gewebe enthält (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Laut Berg und Budras handelt es sich demnach bei der Auskleidung des Luftsackes um eine sekretorische Schleimhaut (BERG und BUDRAS, 2009). Der Schleim, der von der Luftsackschleimhaut abgesondert wird, gelangt über die Tuba auditiva in den Pharynx. Durch das Absenken des Kopfes, wie es z.B. beim Grasen geschieht, wird das Abfließen ermöglicht, da der Zugang zur Ohrtrumpete am rostralen Luftsackende liegt. Das Ostium pharyngeum tubae auditivae öffnet sich beim Abschlucken und die sich in der Ohrtrumpete befindende Schleimportion fließt ab (SALOMON, 2008a).

### ***Luftsackfunktion***

Während des Schluckaktes kommt es zu erheblichen topographischen Veränderungen im Pharynxbereich. So erfährt auch der Luftsack Größen- und Formveränderungen, die zum Luftaustausch führen (WISSDORF et al., 2002i).

Seine Funktion konnte allerdings bislang nicht eindeutig geklärt werden (SALOMON, 2008a; WISSDORF et al., 2002i). Wie bei allen Säugetieren, dient auch die Tuba auditiva der Equiden dem Druckausgleich auf beiden Seiten des Trommelfells und dem Abfluss des Sekrets des Mittelohres und der Tubenschleimhaut (WISSDORF et al., 2002i). Zudem wird vermutet, dass der Luftsack eine Kühlfunktion für die A. carotis interna übernimmt, die jederseits eng anliegend an seiner Kaudalwand auf einer Strecke von ca. 13 cm zu finden ist. Bestärkt wird diese Vermutung dadurch, dass das Pferd keinen gut entwickelten Mechanismus zur Kühlung des Gehirns ausgebildet hat. Nach dem Verlauf an der Luftsackwand konnte allerdings ein signifikanter Temperaturabfall des Blutes der A. carotis interna festgestellt werden (WISSDORF et al., 2002i).

### ***Zugänge zum Luftsack von außen***

Es gibt vier operative Zugangsmöglichkeiten zum Luftsack. Zum einen gibt es den Zugang über das Viborg–Dreieck und zum anderen gibt es den Luftsackzugang nach Chabert, nach Whitehouse und den modifizierten Whitehouse–Zugang (WISSDORF et al., 2002i).

Über das **Viborg–Dreieck** gelangt man zum Recessus medialis des Sinus medialis (WISSDORF et al., 2002i) bzw. allgemein zur medialen Luftsackbucht (BUDA und BUDRAS, 2009c). Kranial wird der Zugang durch den ventralen Abschnitt des Unterkieferastes und laut Aussage der meisten Autoren der an ihm ansetzende Pars occipitomandibularis des M. digastricus begrenzt. Kaudodorsal erfolgt die Begrenzung durch die Endsehne des M. sternomandibularis, die laut Wissdorf et al. bei gestrecktem Kopf gut tastbar und gelegentlich auch sichtbar ist. Ventral erfolgt die Begrenzung durch

die V. linguofacialis (BUDA und BUDRAS, 2009c; KÖNIG et al., 2009d; SALOMON, 2008a; THOMÉ, 2004; WISSDORF et al., 2002i). Sie bildet kurz vor ihrer Vereinigung mit der V. maxillaris den ventralen Schenkel dieses Dreiecks (KÖNIG et al., 2009b). Die Lage des Dreiecks kann als im ventralen Bereich der Regio parotidea bezeichnet werden (KÖNIG et al., 2009d).

Es ist allerdings zu beachten, dass der Luftsack dieses Dreieck nur erreicht, wenn sich hier pathologische Sekrete angesammelt haben und der Luftsack dadurch ventral abgesackt ist (KÖNIG et al., 2009d).

Auf die weiteren Zugangsmethoden wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen.

### ***Im endoskopischen Bild sichtbare Strukturen im Bereich des Luftsackes***

(Gefäße und Nerven siehe oben)

Das Endoskop wird über den ventralen Nasengang und die Choanen bis zur Tubenöffnung geschoben, durch die man dann in den Luftsack gelangt (KÖNIG et al., 2009d; SALOMON, 2008a; THOMÉ, 2004). Der schräg stehende Rostralrand des Tubenknorpels kann endoskopisch erkannt werden. Er bildet die Medialwand des 20 mm langen Tubeneingangsschlitzes. Beim Schluckakt kann man beobachten, dass sich die Tubenklappen nüsternartig weit öffnen, und zwar in mediodorsaler Richtung. Der median gelegene, tiefe Recessus pharyngeus ist ebenfalls zu sehen. Beim Pferd kommt jedoch keine Tonsilla tubaria vor. Man kann nur unregelmäßig verteiltes lymphoretikuläres Gewebe erkennen (WAIBL, 2004).

Äußerlich entspricht der Weg, den man zurück gelegt hat, wenn man am Eingang in die Ohrtrumpete angekommen ist, einer Entfernung, die vom Nasenloch (lateraler Nasenflügel) bis zum temporalen Augenwinkel reicht (SALOMON, 2008a; THOMÉ, 2004).

Im Recessus lateralis kann man am dorsalen Ende des Zungenbeins das Schläfen - Zungenbein Gelenk, Art. temporohyoidea, erkennen (WISSDORF et al., 2002i). Auf Höhe des sichtbaren Proc. paracondylaris stellt sich in der Tiefe des Recessus lateralis endoskopisch der Ventralrand der Fovea articularis cranialis des Atlas als Anteil des Atlantookzipitalgelenkes dar. In Abhängigkeit von der Kopfhaltung ändern sich seine Umrisse. Die Atlasanteile werden bei starker Beugung des Kopfes deutlicher sichtbar. Sowohl das Atlantookzipitalgelenk als auch die Art. temporohyoidea liegen der Luftsackwand von außen an (WISSDORF et al., 2002i).

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Erstellung von anatomischen Präparaten und Bildern von Pferdeköpfen**

#### **3.1.1 Untersuchungsmaterial**

Für die Darstellung der Präparate wurde in den meisten Fällen die linke Hälfte, eines in der Medianen gespaltenen Pferdekopfes verwendet, da die meisten Abbildungen eines Pferdekopfes in anatomischen Lehrbüchern die linke Hälfte zeigen. Dem Studierenden wird so der Vergleich beim Nachschlagen in Büchern vereinfacht.

Teilweise wurden auch nur einzelne Teile eines Kopfes für die Darstellung bestimmter Strukturen verwendet. Ein ganzer Kopf wurde ebenfalls präpariert.

##### **3.1.1.1 Herkunft, Vorbereitung und Lagerung**

Die Pferdeköpfe stammen aus der Pferdemetzgerei Veit eK in Deggendorf. Im Tieranatomischen Institut der LMU wurden sie gereinigt und anschließend bei -20°C für ca. 1 Woche eingefroren.

Nach dieser Woche wurden sie mit einer Bandsäge, in die ein spezielles Widiablatt eingespannt war, in der Medianen durchgesägt und für ca. 24 Stunden in kaltem Wasser gewässert, um noch einmal etwaige Blutreste etc. zu entfernen.

Im Anschluss an das Wässern wurde das Fell abgezogen und die Köpfe wurden in einer 3%igen Formalinlösung aufbewahrt. Langsam wurde die Konzentration der Lösung auf ca. 5% erhöht, was der späteren Lagerkonzentration entsprach.

Es ist wichtig, dass die Formalinkonzentration langsam erhöht wird, damit die Muskulatur nicht zu schnell durchfixiert wird. Geschieht dies zu schnell, wird die Muskulatur von außen hart und nach innen kann das Formalin schlechter eindringen.

Die Köpfe wurden während der ganzen Präparationszeit in der 5%igen Formalinlösung gelagert, die sich in einer Edelstahlwanne in der Kühlung bei +4°C befand und bei Bedarf durch eine neue Lösung ersetzt wurde.

Vor jedem Präparationsschritt wurden die Köpfe mindestens 24 Stunden in einem Becken mit fließend kaltem Wasser gewässert, damit die Formalinausdünstungen so gering wie möglich gehalten werden konnten.

Nach den einzelnen Präparationsschritten kamen die Köpfe wieder in die Edelstahlwanne zurück, die mit einem Deckel luftdicht verschlossen war.

#### **3.1.2 Arbeitsschritte**

##### **3.1.2.1 Überlegungen zu den einzelnen Themengebieten**

Zunächst wurden die Themengebiete definiert, die später in Form von Bildern, Videos und Texten auf der DVD zu sehen sein sollten. Es sollten die Knochen und die Muskeln



des Kopfes und dessen Kreislauf- und Nervensystem dargestellt werden. Zusätzlich sollten auch noch die Nasenhöhle mit ihren Nasennebenhöhlen, der Larynx, die Mundhöhle mit der Zunge, der Pharynx und der Luftsack dargestellt werden. Für den Luftsack sollten neben Bildern auch endoskopische Filme angefertigt werden.

Als nächstes wurden die Themengebiete den einzelnen Kopfhälften so zugewiesen, dass an jedem Präparat möglichst viele Strukturen erkennbar sind, da diese Präparate nicht nur für die Erstellung der Bilder für die Lern-DVD gedacht sind, sondern später als plastinierte Präparate in den Präparierübungen, den Vorlesungen und den Prüfungen zum Einsatz kommen sollen.

Kopf Nr.:	zugewiesenes „Themengebiet“:
1	oberflächliche Strukturen des Kopfes; Darstellung der Regio parotidea, der Regio masseterica und der Regio facialis; vor allem Darstellung der Fazialismuskulatur
2	Regio parotidea (nach Entfernung der Glandula parotis) und Regio masseterica; Fensterung des M. masseter, damit man einen Einblick in seine gefiederte Struktur bekommt; Darstellung der Gefäße der lateralen Seite
3	Blutgefäße der lateralen Gesichtshälfte; v.a. Darstellung des Sinus v. transversae faciei, des Sinus v. profundae faciei und des Sinus v. buccalis
4	Orbitabereich, Tränen- Nasenkanal und sonstige Strukturen in dieser Region; Eröffnung des Canalis mandibulae, um den N. alveolaris inferior darzustellen; Präparation der Zunge (Gefäße und Nerven innerhalb der Zunge)
5	Darstellung des Luftsacks und der benachbarten Strukturen (vor allem Nerven der Vagusgruppe); Angesichtsmuskulatur; Gefäße und Nerven der lateralen Seite
6	Unterkiefer: Darstellung der Pharynxmuskulatur und der Gefäße und Nerven in diesem Gebiet
7	Kaumuskulatur von lateral und medial; teilweise oberflächliche Kehlgangsmuskulatur; Angesichtsmuskulatur
8	Darstellung der Nasennebenhöhlen; Angesichtsbereich
9	Oberschädel: Muskeln der Nase und des Ohres

10	vor allem Darstellung des N. mandibularis und der Blutgefäße medial der Mandibula
11	ganzer Kopf: Gehirnnerven (VII, IX-XII); Blutgefäße; Eröffnung der Schädelhöhle um einen Blick auf das Gehirn zu bekommen
12	Darstellung des M. tensor veli palatini; Blutgefäße (v.a. lateral) und Nerven (v.a. Vagusgruppe); fenstern der Mandibula um den M. pterygoideus lateralis und den Plexus pterygoideus sichtbar zu machen; Kiefergelenk freilegen; Gaumen fenstern, damit Gaumenversorgung sichtbar wird
13	Blutgefäße und Nerven des Angesichts; Kiefergelenk; Vagusgruppe; Zungenversorgung; M. levator veli palatini und M. stylopharyngeus caudalis

Es wurde bei allen Köpfen darauf geachtet, dass zusätzlich zum jeweiligen Themengebiet die Fazialismuskulatur dargestellt wurde. Die Köpfe wurden auch von medial so weit wie möglich präpariert.

Teilweise wurden auch nur Teile eines Kopfes verwendet, je nach dem was sich zur Darstellung des zugewiesenen Themengebietes eignete.

halber Kehlkopf mit Zunge	Kehlkopfmuskeln; M. styloglossus
halber Kehlkopf mit Zunge	Kehlkopfmuskeln; Schilddrüse (mit Versorgung); Darstellung der in diesem Bereich vorkommenden Nerven und Gefäße; M. styloglossus
halber Kehlkopf mit Zunge	Kehlkopfmuskeln; Ventriculus laryngis; Speicheldrüsen (Gl. mandibularis, Gl. sublingualis polystomatica); Nerven und Gefäße in diesem Bereich
halber Kehlkopf mit Zunge	Darstellung der Schlundkopfschnüerer, der Nerven und Gefäße in diesem Bereich
ganzer Kehlkopf mit Zunge	Eintritt des N. laryngeus cranialis in den Kehlkopf; Nerven und Gefäße im Bereich des Kehlkopfes; Schilddrüse mit Versorgung; teilweise Darstellung der Schlundkopfschnüerer

Durch diese Themenzuweisung sollte es möglich sein, genügend Bilder zu sammeln, um eine von lateral nach medial immer tiefer gehende Bilderfolge fotografieren zu können.

### 3.1.2.2 Präparationsschritte

Für die Schädel standen zunächst drei Fohlenschädel von Fohlen in verschiedenem Alter zur Verfügung. Alle drei stammten aus der Pathologie. Zunächst wurden die Köpfe soweit wie möglich entfleischt. Im Anschluss daran wurden sie in fließendem, kaltem

Wasser gewässert, bis das restliche Blut entfernt war. Anschließend wurden die Köpfe bei ca. 30 °C getrocknet. Nun kamen sie zu den Speckkäfern (*Dermestes* sp.), die alle restlichen, getrockneten Weichteile abnagen (PIECHOCKI und HÄNDEL, 2007). Zurück bleibt ein Schädel, der noch gebleicht werden muss.

Bei den Schädeln der älteren Pferde handelt es sich um bereits im Institut vorhandene Schädel.

Für die Präparation der Köpfe wurde im ersten Arbeitsschritt das Fell abgezogen. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Hautmuskel intakt blieb. Anschließend wurden die Köpfe ausgewählt, bei denen es vor allem um die Darstellung der Gefäße ging. Zunächst waren das die Köpfe 2, 3 und 4. Bei diesen Köpfen wurden die Gefäße über die *V. jugularis externa* mit einer 10%igen Gelatinelösung aufgefüllt damit sie besser erkennbar waren. Für die Lösung wurde Speisegelatine verwendet. Diese wurde zunächst in kaltem Wasser angerührt und quellen gelassen. Anschließend wurde sie auf ca. +80°C erhitzt und mit einem Magnetrührer versehen, der für ein ständiges Umrühren sorgte. Die Gelatine bekam eine gelbliche Farbe und wurde sofort in flüssigem Zustand aus dem Becherglas in eine 20 ml Spritze gefüllt. Die Spritze wurde mit einer breiten Kanüle versehen und in die Anschnittsfläche der *V. jugularis externa* in der Kehlgegend eingeführt. Nach und nach wurde die Gelatine eingefüllt, bis alle Gefäße soweit wie möglich gefüllt waren. Um ein Austreten der flüssigen Gelatine an ungewollter Stelle zu vermeiden wurde Eis parat gehalten, das an entsprechend leckenden Stellen aufgetragen werden konnte, um ein Auslaufen der Gelatine zu vermeiden.

Zudem lag die gesamte Kopfhälfte mit ihrer medialen Seite auf Eis, um die dort auslaufende Gelatine sofort erstarren zu lassen. Zum Schluss wurde die Vene mit Paketschnur verschlossen.

Nach diesem Schritt ging es an allen Köpfen gemeinsam weiter. Außer an Kopf 2 wurde nun der gesamte Hautmuskel entfernt. An Kopf 2 wurde der Hautmuskel teilweise belassen.

Von nun an wurde jeder Kopf in individuellen Präparationsschritten seinem zugeordneten Themengebiet näher gebracht.

An **Kopf 1** wurde der Hautmuskel entfernt und anschließend wurde Schritt für Schritt die Fazialismuskulatur vom Bindegewebe befreit. Dabei wurden auch die Gefäße und Nerven, die das Angesicht betreffen freigelegt. Zur Verstärkung dieses Themengebietes wurde an allen Köpfen, an denen es möglich war, das Angesicht präpariert.

Bei **Kopf 2** wurden zuerst die Gefäße mit Gelatine gefüllt und dann die Glandula parotis läppchenweise entfernt. Hierbei wurde großen Wert auf die Erhaltung der Blutgefäße und Nerven in diesem Bereich gelegt. Anschließend wurde der *M. masseter* terrassenartig gefensternt, um seine gefiederte Struktur zu zeigen. Des Weiteren wurden auch hier die Muskeln, Gefäße und Nerven sorgfältig dargestellt. Bei **Kopf 3** ging es um die Darstellung der oberflächlichen Blutgefäße und der Gefäße unter dem *M. masseter*

(Sinus v. transversae faciei, Sinus v. profundae faciei und Sinus v. buccalis). Hierzu wurde der M. masseter vollständig entfernt. Von medial wurde das Septum nasi in verschiedenen Stufen gefenstert. Auch an diesem Kopf wurden die Fazialismuskulatur, die Gefäße und Nerven des Angesichts soweit möglich, dargestellt.

Bei **Kopf 4** wurde ein Teil der Mandibula und des Arcus zygomaticus entfernt. Bei der Präparation der oben genannten Strukturen musste äußerst vorsichtig vorgegangen werden, da es sich dabei um feine Gefäße und Nerven im Bereich der Orbita handelt. In den knöchernen Tränen-Nasen-Kanal wurde ausgehend vom wahren Nasenloch ein mit Latexfarbe befüllter Schlauch eingeführt. Die Farbe sollte seine Lage deutlich hervorheben. Der Unterkieferkanal wurde mit Hilfe einer Fräse eröffnet, damit der darin verlaufende N. alveolaris inferior sichtbar wurde. Auf der medialen Seite wurde vor allem die Versorgung der Zunge freigelegt.

Bei **Kopf 5** ging es um die Darstellung des Luftsackes, der Vagusgruppe und des N. hypoglossus an ihrem Ursprungsbereich. Hierfür wurde der Kopf von medial und kaudal präpariert. Die Glandula sublingualis wurde ebenfalls freigelegt. Von lateral wurde das gesamte Angesicht präpariert.

Ein zunächst ganzer Kopf, der am 1. Halswirbel vom Hals abgesetzt wurde und dann mittig in der Fossa masseterica der Mandibula mit der oszillierenden Säge durchtrennt wurde, lieferte die Grundlage für die Köpfe 6 (nur Unterkiefer) und 9 (nur Oberschädel). An **Kopf 6** (Unterkiefer) wurden die Muskeln des Pharynx und die Gefäße und Nerven in diesem Bereich dargestellt. Ebenso das Foramen mentale mit dem dort austretenden N. mentalis und dessen Äste. Am **Kopf 9** (Oberschädel) wurden vor allem die Nasen- und Ohrmuskeln präpariert.

Bei **Kopf 7** wurden von lateral die Muskeln des Angesichts freigelegt. Besonders viel Wert wurde dabei auf eine schöne Darstellung des M. masseters und des M. temporalis gelegt. Zur besseren Übersicht wurde das Ohr entfernt. Von medial ist ein Teil des Zungenbeins freigelegt worden und man kann die Mm. pterygoidei und den M. stylohyoideus, der die Mittelsehne des M. digastricus durchbohrt, deutlich sehen. Bei **Kopf 8** wurden die Nasennebenhöhlen mit Hilfe einer oszillierenden Säge und einer Fräse eröffnet. Von medial wurde das Septum nasi und die Nasenmuschel gefenstert. Lateral wurde wieder Wert auf die sorgfältige Darstellung der oberflächlichen Muskeln, Nerven und Gefäße gelegt.

Bei **Kopf 10** wurde zunächst der größte Teil der Mandibula und ein Teil des Arcus zygomaticus entfernt. Im Anschluss wurden dann die dort liegenden Nerven und Gefäße präpariert. Besonders der N. trigeminus (v.a. sein N. mandibularis) wurden an diesem Präparat dargestellt. Von medial wurde die Schleimhaut der dorsalen und ventralen Nasenmuschel gefenstert. Auf diese Weise wurde an der unteren Nasenmuschel der N. nasalis caudalis freigelegt.

Bei **Kopf 11** handelt es sich um einen ganzen Kopf. An ihm wurden zunächst die Gesichtsmuskulatur, die Gefäße und Nerven des Angesichts auf beiden Seiten

freigelegt. Auf der linken Seite wurde dann der M. masseter gefenstert, um die Venensinus zu zeigen. Auf der rechten Seite wurde der M. masseter gestuft und ein Teil der Mandibula und des Arcus zygomaticus entfernt. Die darunter zum Vorschein kommenden Strukturen wurden freipräpariert. In einem weiteren Schritt wurde auf der rechten Seite die Schädelhöhle und der Canalis alaris aufgefräst, damit man einen Blick auf das Gehirn und die im Canalis alaris verlaufenden Strukturen erhielt. Zudem wurde auf der rechten Angesichtsseite der N. infraorbitalis mit seinen Ästen dargestellt.

Bei den Köpfen 12 und 13 handelt es sich um halbe Köpfe, die aus dem Kurs des 4. Semesters stammten und dementsprechend vorpräpariert waren. An beiden Köpfen war bereits die Gesichtsmuskulatur freigelegt.

Bei **Kopf 12** wurde ein Fenster in die Mandibula gefräst, damit man einen freien Blick auf den M. pterygoideus lateralis und den Plexus pterygoideus erhielt. Von medial wurde der M. tensor veli palatini dargestellt. Die Vagusgruppe und der N. hypoglossus wurden ebenfalls wie der N. alveolaris inferior (an seiner Eintrittsstelle in den Canalis mandibulae) freigelegt. Zudem wurde noch das Kiefergelenk präpariert und der Gaumen gefenstert, damit die Gaumenversorgung sichtbar wurde.

An **Kopf 13** wurden ebenfalls das Kiefergelenk und die Vagusgruppe (mit N. hypoglossus) dargestellt. Des Weiteren konnte man nach Heraustrennen der Zunge die Zungenversorgung und den Verlauf des Ausführungsganges der Gl. mandibularis erkennen. Der M. levator veli palatini und M. stylopharyngeus caudalis wurden ebenfalls dargestellt. Die Schleimhaut der ventralen Nasenmuschel wurde hier ebenfalls gefenstert.

Bei der Präparation der halben und ganzen Kehlkopfteile handelte es sich um, aus nicht mehr benötigten Kursköpfen, herausgetrennte Teile. Je nachdem, was noch vorhanden war, wurden die Kehlkopfmuskeln, die Schlundkopfmuskeln und anliegende Gefäße, Nerven und z.T. Zungenmuskeln freigelegt, (siehe oben). Zunächst mussten die einzelnen Strukturen von Bindegewebe befreit werden. Bei den Kehlköpfen, an denen der Schildknorpel eröffnet wurde, kam die oszillierende Säge zum Einsatz. Mit ihr wurde vorsichtig der Rand des raus zu trennenden Gebietes vorgeschritten. Im Anschluss daran wurde es dann vorsichtig mit einem Meißel herausgehoben.

### 3.1.2.3 Anfertigung der Bilder

Für die Anfertigung der Bilder standen zwei digitale Kameras zur Verfügung. Eine Fuji S1 und eine Olympus E 500.

Die Fuji S1 wurde über ein Kabel direkt mit dem Computer verbunden und speicherte die Bilder sofort auf dem Computer. Die Olympus E 500 konnte nicht direkt mit dem Computer verbunden werden, so dass die Bilder zunächst auf einer Speicherkarte zwischengespeichert wurden. Beide Kameras speicherten die Bilder sofort im JPG Format ab.

Nach jedem aussagekräftigen Arbeitsschritt wurden die Köpfe fotografiert.

---

#### **3.1.2.4 Digitale Nachbearbeitung der Bilder**

Zur digitalen Nachbearbeitung stand das Bildbearbeitungsprogramm Adobe® Photoshop® CS2 Version 9.0.2 zur Verfügung. Mit diesem Programm konnte der Hintergrund und die Bildgröße verändert werden. Es konnten auch einzelne Bildausschnitte ausgewählt werden.

#### **3.1.2.5 Bearbeitung der endoskopischen Filme**

Die in der Klinik für Pferde der LMU angefertigten endoskopischen Filme wurden mit einem handelsüblichen Endoskop angefertigt. Anschließend wurden diese Filme dann mit Hilfe des Programms VideoMach 5.5.2. auf die gewünschte Länge geschnitten. Schnittstellen innerhalb der einzelnen Sequenzen wurden mit Hilfe des Programms Fantamorph Professional Edition 3.5.3 überblendet. Die Beschriftungen der gezeigten Strukturen in den Filmen wurden über im Adobe® Photoshop® bearbeitete Bilder hinzugefügt.

## 4 Ergebnisse

Erstmals steht mit dem Programm „Der Pferdekopf“ ein Lernprogramm zur systematischen und topographischen Anatomie des Pferdekopfes zur Verfügung. Anhand von Präparaten und Schemazeichnungen werden alle Themen ausgenommen Gehirn und Sinnesorgane behandelt. Das zuletzt genannte Gebiet soll in einem weiteren Programm behandelt werden.

### 4.1 Lernprogramm „Der Pferdekopf“

Die Gliederung des Programms in seine Menüpunkte und deren Unterpunkte erfolgte in Anlehnung an gängige Anatomiebücher und die Einteilung des Unterrichtsstoffs der anatomischen Kurse. Bei den Bildern wurde Wert darauf gelegt, die Strukturen zu zeigen, die die Studenten auch in den Präparierübungen freilegen sollen. Allerdings wurden darüber hinaus auch zahlreiche Strukturen präpariert für die die Zeit in den Kursen zu knapp bemessen ist.

Innerhalb des Programms ist kein fester Pfad vorgegeben, so dass der Benutzer zu jeder Zeit von einem in das andere Kapitel springen kann. Dies ermöglicht ihm ein individuelles Lernen. Jeder Benutzer kann die Kapitel auf dem für ihn am besten geeigneten Weg durcharbeiten.

Die Programmierung in HTML (mit Java Script Funktionalität und Cascading Style Sheets (CSS) Unterstützung) ermöglicht problemlos eine Erweiterung des Programms. So können weitere Kapitel hinzugefügt werden, oder es können die bereits vorhandenen Daten mit geringem Aufwand permanent aktualisiert werden.

#### 4.1.1 Navigation

Nach dem Starten der DVD gelangt der Benutzer auf die Hauptstartseite. Hat er allerdings noch keine Popups freigegeben, so wird er zunächst darauf hingewiesen, dass die Freigabe der Popups für die Benutzung dieses Programms notwendig ist. Eine Anleitung, wie man die Popups freigibt, kann man sich an entsprechender Stelle anzeigen lassen.

Von der Startseite aus, kann der Benutzer zunächst eine Hilfeseite aufrufen, auf der ihm kurz und knapp die wichtigsten Dinge zur Benutzung des Programms erklärt werden. Zudem findet er hier auch ein Abkürzungsverzeichnis mit denen im Lernprogramm verwendeten Abkürzungen. Des Weiteren kann sich der Benutzer auf der Hauptstartseite für ein Kapitel entscheiden, das er durcharbeiten möchte, oder er kann den Punkt Index wählen, wo er eine alphabetisch geordnete Liste aller wichtigen anatomischen Begriffe findet. Durch Anklicken der Begriffe im Index gelangt er in das jeweilige Kapitel in dem der Begriff vorkommt.

Der Anhang ist ebenfalls über die Hauptstartseite erreichbar. Im Anhang befindet sich eine Liste der verwendeten Literatur.



Abb. 1: Hauptstartseite

Nachdem der Benutzer auf der Hauptstartseite einen Menüpunkt gewählt hat, gelangt er auf die Startseite des jeweiligen Menüpunktes. Dort kann er dann ein entsprechendes Unterkapitel auswählen, welches er zunächst bearbeiten möchte.



Abb. 2: Startseite des jeweiligen Menüpunktes



---

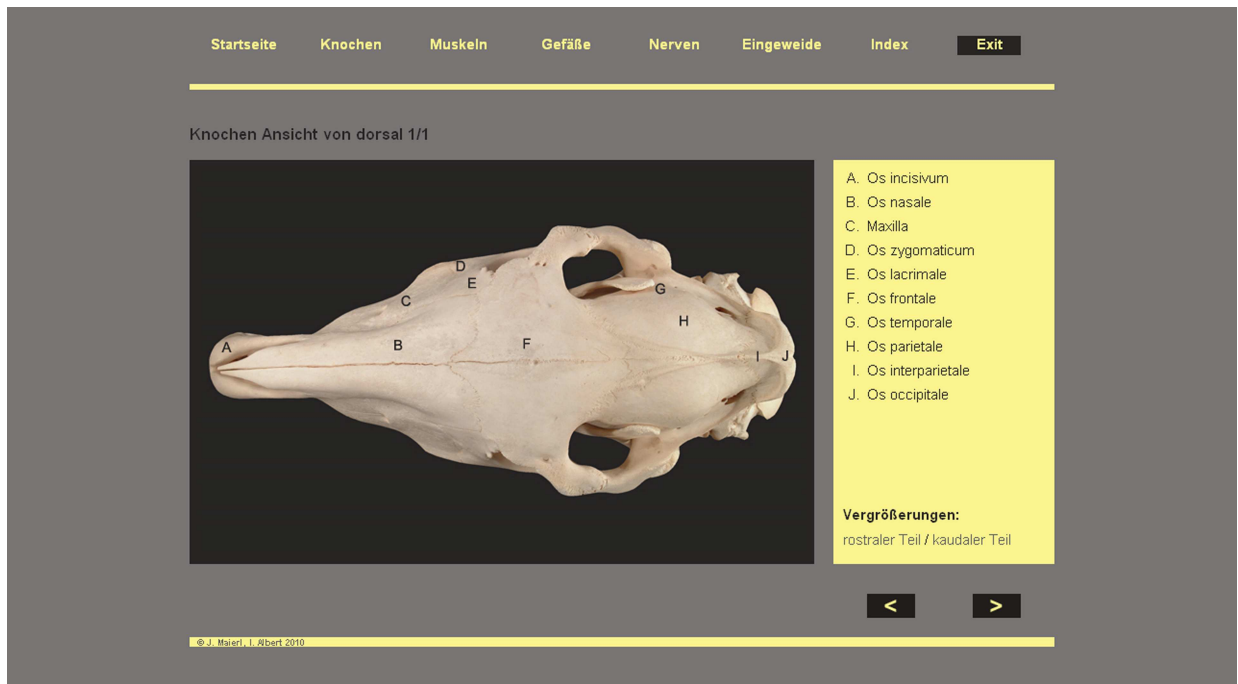
Innerhalb eines Unterkapitels kann sich der Benutzer mit dem Vor- oder Zurückbutton, die sich rechts unten befinden, bewegen. Am Ende eines jeden Unterkapitels kann sich der Benutzer ein neues Unterkapitel aussuchen, indem er über die Menüleiste das Kapitel neu auswählt.

Von jedem Unterkapitel aus ist das Hauptmenü erreichbar. So kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt in ein anderes Kapitel oder den Index gewechselt werden.

Das Programm kann über den Exit Button von jeder Kapitelseite aus verlassen werden (ausgenommen von der Hauptstartseite und der Startseite des jeweiligen Menüpunktes).

#### **4.1.2 Knochen- und Muskelkapitel**

In diesen beiden Kapiteln wird links auf dem Bildschirm ein Bild gezeigt, während sich rechts ein Textfeld befindet, indem die gezeigten Strukturen bezeichnet werden. Lila eingefärbte Bereiche markieren den Abschnitt, um den es geht. Vergrößerungen der Bilder sind meist vorhanden und können durch Klicken in das Bild oder auf einen entsprechenden Hinweis aufgerufen werden. Kann die Vergrößerung durch Klicken in das Bild vergrößert werden, so wird dies durch eine Lupe am rechten unteren Bildrand symbolisiert. In beiden Kapiteln stehen Texttabellen zur Verfügung, in denen die wichtigsten Fakten zusammengefasst sind. Durch Anklicken des Namens der genannten Struktur kann auch aus den Tabellen heraus ein Foto aufgerufen werden. Die einzelnen Tabellen sind mit der Funktion Inhalt aus- bzw. einblenden ausgestattet. Diese Funktion ermöglicht es dem Benutzer, sich selbst abzufragen, denn der Tabelleninhalt der Kästchen kann durch Anklicken der einzelnen Felder nach und nach wieder gefüllt werden. Natürlich kann man sich auch den gesamten Inhalt auf einmal anzeigen lassen. Auf jeder „Tabellenseite“ kann durch Anklicken eines Fragezeichen-Buttons eine Erklärung zur Handhabung der Tabelle aufgerufen werden.



**Abb. 3: Programmseite Knochen**

Der Tabellenaufbau und die Markierung des aktuellen Bereichs durch lila eingefärbte Kästchen ziehen sich ebenso durch das gesamte Programm wie das Vorhandensein eines Quiz am Ende eines jeden Kapitels und die Möglichkeit der Vergrößerung der Bilder an Stellen, an denen dies notwendig ist.

Grau unterlegte Wörter bedeuten in jedem Kapitel, dass hier eine weitere Funktion hinterlegt ist. Entweder verändert sich etwas, wenn man mit dem Mauszeiger über das Wort fährt, oder wenn man das Wort anklickt. Anklickbar sind die Wörter immer dann, wenn sich der Mauszeiger beim Überfahren des Wortes in eine Hand verwandelt. Durch Anklicken der Worte wird ein vergrößertes Bild aufgerufen oder man wird auf eine andere Seite weitergeleitet. Fährt man mit der Maus über ein Wort und der Mauszeiger bleibt ein Pfeil, so wechselt z.B. das gezeigte Bild zur Hervorhebung einer bestimmten Struktur.

Ebenso ist es in allen Kapiteln möglich, sich bei vergrößerten Bildern so genannte Tooltips anzeigen zu lassen, in denen der Name der gezeigten Struktur für eine gewisse Zeit erscheint. Diese Tooltips öffnet man, indem man den Mauszeiger auf eine Zahl oder einen Buchstaben in einem vergrößerten Bild führt. Ist in einem bereits vergrößerten Bild eine Lupe sichtbar, so gelangt man zu einer weiteren Ansicht, indem man auf die Lupe klickt.

#### 4.1.3 Gefäßkapitel

Im Gefäßkapitel kann man zwischen Arterien, Venen und dem Lymphsystem des Kopfes wählen. Der Arterien- und der Venenteil sind zum größten Teil identisch aufgebaut. Zunächst hat man eine systematisch gegliederte Übersichtsliste. Diese wird durch

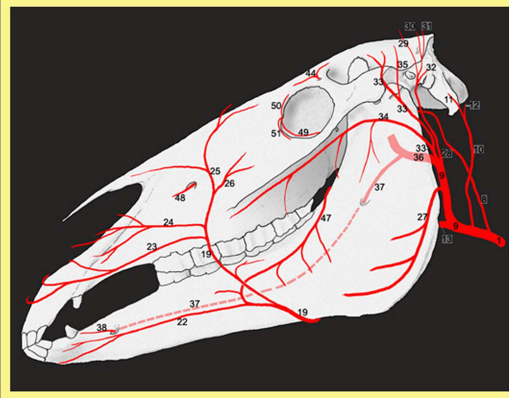
schematische Abbildungen ergänzt. Zudem kann man durch Anklicken eines (F) hinter dem Namen eines Gefäßes auch noch ein Foto des gezeigten Gefäßes aufrufen. Klickt man den Gefäßnamen an, so erhält man eine Vergrößerung der schematischen Abbildung.

Im Anschluss daran findet man die Übungstabellen. Hier werden der Name, der Ursprung und das jeweilige Versorgungsgebiet eines jeden Gefäßes genannt. Klickt man hier den Namen an, so gelangt man zu einer Auswahl an Bildern, die das entsprechende Gefäß an verschiedenen Köpfen zeigt. Durch Anklicken eines (S) hinter dem Gefäßnamen kann man sich zur Orientierung eine Schemazeichnung anzeigen lassen. Im Venenkapitel wird zum Ende hin noch einmal gezielt auf die venösen Besonderheiten des Pferdes eingegangen.

Auch bei dem Lymphsystem des Kopfes wird mit einer systematischen Übersichtsliste begonnen. Im Anschluss daran folgen allerdings keine Übungstabellen, sondern ein Text, indem man Links zu verschiedenen Bildern der Lymphknoten findet.

Startseite Knochen Muskeln Gefäße Nerven Eingeweide Index Exit

Arterien des Kopfes Übersichtsliste 1/6 ?



- (1) A. carotis communis (F)
  - ▶ A. thyreoidea caudalis
  - ▶ (2) A. thyreoidea cranialis (F)
    - ▶ R. pharyngeus
    - ▶ (3) R. cricothyroideus (F)
    - ▶ (4) R. laryngeus caudalis (F)
  - ▶ A. pharyngea ascendens
    - ▶ Rr. palatini
    - ▶ Rr. pharyngei
  - ▶ (5) A. laryngea cranialis (F)
    - ▶ (6) R. pharyngeus (F)
    - ▶ (7) R. laryngeus (F)
- ▶ Die A. carotis communis teilt sich dann in die:
  - ▶ (8) A. carotis interna (F)
  - und die
  - ▶ (9) A. carotis externa (F)

© J. Maierl, I. Ribert 2010

**Abb.4: Systematische Übersichtsliste der Arterien des Kopfes**

#### 4.1.4 Nervenkapitel

Das Nervenkapitel vereinigt alle bisher aufgezählten Elemente. Nach einführenden Texten zu den Gehirnnerven wird jeder der im Lernprogramm behandelten Gehirnnerven separat besprochen. Auch hier findet man zunächst wieder eine systematisch gegliederte Übersichtsliste mit schematischen Abbildungen. Von der Funktion her sind diese Listen gleich aufgebaut wie die des Gefäßkapitels. Im Anschluss befindet sich ein Text zum jeweiligen Gehirnnerv. In diesem Text gibt es Links, die zu einer Auswahl an Nervenbildern führen. Zu guter Letzt gibt es bei den meisten Gehirnnerven auch

---

Übungstabellen zu deren Ästen (Funktion der Tabellen: siehe oben). Einige Gehirnnerven weisen allerdings so wenige Äste auf, dass auf Übungstabellen verzichtet wurde. Diese Äste werden dann im Text mit besprochen.

#### **4.1.5 Eingeweide**

Klickt der Benutzer auf den Menüpunkt Eingeweide so öffnet sich ein Drop Down Menü, welches die Auswahl Atmungsapparat, Verdauungsapparat oder Luftsack bietet. Wird einer der eben genannten Punkte angeklickt so gelangt man zur Startseite des jeweiligen Menüpunktes.

In diesen drei Menüpunkten findet man vorwiegend Texte, in denen Links eingebaut sind, die dann auf Seiten verweisen, auf denen man links ein Bild und rechts ein Textfeld findet. Im Atmungs- und Verdauungsapparat vorkommende Muskeln werden wieder in Form von Übungstabellen präsentiert. Gelegentlich kommen auch noch bei der Versorgung einzelner Bereiche Tabellen vor.

Das Besondere an diesen Kapiteln ist, dass an einigen Stellen endoskopische Filme eingebunden sind.

#### **4.1.6 Quiz**

Wie bereits oben erwähnt, befindet sich am Ende eines jeden Kapitels ein Quiz. Dieses Quiz kann zu jeder Zeit durchgeführt werden, da es über die Startseite des jeweiligen Menüpunktes gestartet werden kann.

Es handelt sich dabei um ein Quiz, das aus unterschiedlich vielen Teilen besteht. Die Seitenzahl eines jeden Quizteils ist konstant. Jeder Teil setzt sich aus 11 Seiten zusammen. Die 1. Seite ist die Startseite, die letzte die Auswertungsseite, denn am Ende eines jeden Quizteils bekommt der Benutzer eine Auswertung seiner Leistung.

In jedem Quizteil können sowohl Simple Choice als auch Multiple Choice Fragen vorkommen. Dabei handelt es sich entweder um reine „Textfragen“ oder es wird ein Bild gezeigt, in dem eine bestimmte Struktur lila eingefärbt, oder mit einer Nummer oder einem Buchstaben gekennzeichnet ist, und deren Name dann in einer angegebenen Auswahl angeklickt werden muss. Zudem gibt es noch die Variante, dass man durch Klicken in das Bild eine angegebene Struktur identifizieren muss.

Auf diese Weise kann der Benutzer am Ende eines jeden Kapitels sein Wissen überprüfen.

Startseite Knochen Muskeln Gefäße Nerven Eingeweide Index Exit

Muskelquiz Teil 2 3/11

Wie heißt der lila eingefärbte Muskel?

- M. levator nasolabialis
- M. levator labii superioris
- M. depressor labii inferioris

OK Lösung

>

© J. Majeri, I. Albert 2010

Abb.5: Muskelquiz

#### 4.1.7 Pferdekopfpräparate

Die in Form von Bildern in das Lernprogramm eingebundenen Präparate stehen den Studenten als Plastinate zur Verfügung.

Die Studenten, die an der Präparation der Köpfe teilgenommen haben, erfuhren schon während dessen einen enormen Wissenszuwachs. Dies soll auch den anderen Studenten durch die Kombination der Präparierkurse, des Lernprogramms und der Plastinate ermöglicht werden.

Den Studenten stehen nun 12 halbe und ein ganzer Pferdekopf in Form von Plastinaten zur Verfügung. Zudem noch 4 halbe Kehlköpfe mit Zunge und ein ganzer Kehlkopf mit Zunge.

Diese Plastinate ermöglichen eine Vertiefung der im Kurs präparierten Strukturen und ermöglichen einen Einblick in Strukturen, die aufgrund der begrenzten Zeit in den Vorlesungen und den Kursen nicht behandelt werden können.



Abb.6: einige Beispiele der präparierten Pferdeköpfe (vor der Plastination)



Abb.7: einige Beispiele der präparierten Pferdeköpfe (vor der Plastination) und einer der verwendeten Schädel

---

## 5 Diskussion

### 5.1 Traditionelle Lehr- und Lernmethoden: Vor- und Nachteile

Zu den traditionellen Lehr- und Lernmethoden gehört unter anderem der klassische Frontalunterricht, wie er noch an den meisten Universitäten in Form von Vorlesungen und Kursen (in der Veterinäranatomie zum Beispiel in Form von Präparierübungen) angeboten wird. Ebenso zählen Bücher zu den traditionellen Lehr- und Lernmethoden.

Beim Frontalunterricht bekommen die Studierenden das Wissen durch einen Lehrenden vorgetragen. Sie werden alle nach der gleichen Methode unterrichtet und für alle beteiligten Schüler gelten die gleichen Lernziele. Aus diesen Gründen wird der Frontalunterricht der individuellen Leistungsfähigkeit der einzelnen Schüler nicht gerecht (ZEUSCHNER, 2001). Durch den Lehrervortrag werden die Lernenden zu Passivität, Anpassung und einer bequemen Konsumhaltung erzogen (CASTNER und CASTNER, 1976).

Ein weiterer Nachteil des Präsenzunterrichtes ist es, dass sich die Studierenden nach einem Lehrenden richten müssen. Sie sind orts- und zeitgebunden und müssen sich dem vorgegebenen Lerntempo anpassen. Innerhalb des Frontalunterrichtes kann unmöglich auf die Bedürfnisse eines Einzelnen eingegangen werden.

Beim der Verwendung von Lernprogrammen sind die Studierenden hingegen unabhängig von Zeit, Ort und einer unterrichtenden Person (BIELOHUBY et al., 2004).

Ein großer Vorteil des klassischen Präsenzunterrichtes liegt in der zwischenmenschlichen Interaktion. Studierende können durch einen Vortragenden oder andere Gruppenmitglieder motiviert werden, Fragen über behandelte Lerninhalte können sofort aufgegriffen und diskutiert werden.

Ein weiterer Bestandteil traditioneller Lehr- und Lernmethoden sind Bücher. Sie sind jedem zugänglich und der Lernende kann sein Lerntempo dabei selbst bestimmen. Ebenso können Ort und Zeit des Lernens frei gewählt werden.

Allerdings haben auch Bücher Nachteile. Ihre Aktualität ist oft nicht gewährleistet, da sie nicht permanent überarbeitet und neu gedruckt werden können. Zusätzlich müssen sich Bücher aufgrund von Platz- und Kostengründen auf das Wesentliche beschränken, während Computerlernprogramme die gesamte Variationsbreite der Befunde aufgreifen können und z.B. physiologische und pathologische Gegebenheiten mit einer Vielzahl an Bildern und zusätzlichen Videos darstellen können (EHLERS und FRIKER, 2003).

### 5.2 Computerunterstütztes Lernen: Vor- und Nachteile

Lernprogramme ermöglichen dem Studierenden einen einfachen und kostengünstigen Zugang zu aktuellen Informationen. Zusätzlich ist der Lernende dabei unabhängig von Zeit, Ort und einer unterrichtenden Person und muss sich an kein vorgegebenes

Lerntempo halten. Die Kombination von Text mit hochwertigen Bildern, Video- und Audioclips sowie Animationen ist ein großer Vorteil von Lernprogrammen. Durch diese Kombination werden verschiedene Regionen im Gehirn angesprochen, wodurch sich der Lernerfolg erhöht (BIELOHUBY et al., 2004).

Allerdings erfordert diese Unabhängigkeit auch weitgehende Selbstständigkeit. Der Lernende muss hierbei selbst entscheiden, wann, wo, wie und mit wem er lernt. Der Lehrende als Motivator tritt dabei in den Hintergrund. Der Lernende muss sich nun selbst motivieren, was für viele ein großes Problem darstellt. Aus diesem Problem ergibt sich folgende Fragestellung bei der Entwicklung von e-Learning: Wie kann die notwendige Motivation erreicht und aufrecht gehalten werden? Wie kann Demotivation durch z.B. Ärger vermieden werden und wie kann dem Lernenden geholfen werden bei der Verfolgung seiner selbst gesetzten Lernziele durchzuhalten (NIEGEMANN et al., 2004a). Durch das e-Learning soll ein gezieltes Zusatzangebot für die Studierenden geschaffen werden. Ziel ist es nicht, die Begegnung der Studierenden und Lehrenden zu verhindern und so eine soziale Isolation zu schaffen, sondern die Effektivität des Unterrichts zu steigern (LENOBLE, 2005). Durch blended-teaching, der Anwendung von e-Learning im Präsenzunterricht, kann der sozialen Isolation entgegen gewirkt werden (BIELOHUBY et al., 2004).

Laut Lenoble sind die meisten e-Learning Experten der Meinung, dass bald die Idee der rein virtuellen Bildungsinstitutionen trotz technischer Machbarkeit nicht weiterverfolgt wird. In der Zukunft wird vermehrt auf Blended Learning gesetzt. Er beschreibt Blended Learning als eine Kombination aus elektronischen Off- und Onlinehilfen und Präsenzunterricht in klassischer Face-to-Face-Form (LENOBLE, 2005).

Das Lehrpersonal könnte z.B. bei der zeitaufwendigen Vermittlung von Basiswissen durch Computerassistierte Lernprogramme entlastet werden, was dazu führen würde, dass mehr Zeit übrig bliebe, um auf individuelle Belange einzelner Studenten oder komplexere Zusammenhänge einzugehen. In Thematik und Inhalt angepasste Programme bringen zudem beachtliche Vorteile für die tierärztliche Fortbildung (EHLERS und FRIKER, 2003).

### **5.3 CUL in der Tiermedizin**

Laut Bielohuby et al. konnte man in den vergangenen Jahren auch in der Tiermedizin einen Trend in Richtung Computerlernprogramme erkennen. Computerlernprogramme wurden hierbei sowohl im Studium als auch in der Fortbildung eingesetzt. Z.B. Vorlesungen und Seminare, die als traditionelle Lehrmethoden bezeichnet werden, können durch solche Programme ergänzt werden. Man spricht dann von „blended-teaching“ (BIELOHUBY et al., 2004).

Die steigende Wichtigkeit elektronischer Medien in der Tiermedizin zeigte sich auch 2002 durch die Gründung der AGT (Arbeitsgemeinschaft Tiermedizin) innerhalb der GMA (Gesellschaft für Medizinische Ausbildung). Die GMA bietet ein Forum zum



---

Austausch von Erfahrungen und zur Koordination der mit der Lehre befassten Institutionen. Die Aufgabe der AGT besteht darin, Kräfte zu bündeln, die sich um neue Lern- und Lehrformen in der Tiermedizin bemühen, und fertig gestellte Computerbasierte Lernprogramme publik zu machen und allen zur Verfügung zu stellen. Der an der LMU ansässige Arbeitskreis „mulTIERmedia“ betreut die Sektion Tiermedizin. Das Ziel ist die Bildung eines über die Bundesgrenzen hinaus reichenden Forums zum Austausch und zur Kooperation (EHLERS, 2004).

Zum heutigen Zeitpunkt werden bereits viele Fortbildungen für Tierärzte in Form des e-Learnings angeboten. Alleine die Akademie für tierärztliche Fortbildung bietet auf der Internetseite der Bundestierärztekammer in den Monaten März bis Dezember 5 Fortbildungen in Form eines e-Learning Angebotes an (BUNDESTIERÄRZTEKAMMER, 2010).

#### **5.4 Das Lernprogramm „Der Pferdekopf“**

Das Lernprogramm „Der Pferdekopf“ ist ein Beitrag zum Blended Learning. Mit Hilfe dieses Lernprogramms sollen die Vorlesungen und die Präparierübungen zum Thema Pferdekopf unterstützt werden. Den Studenten wird hierdurch ein orts- und zeitunabhängiges Vor- bzw. Nachbereiten des geforderten Lernstoffs ermöglicht. Die Vielzahl der Fotos und Schemazeichnungen und die Videos sollen die Vermittlung topographischer Zusammenhänge erleichtern.

Herkömmliche Bücher und Atlanten beschränken sich bei der Darstellung des Pferdekopfes meist auf Abbildungen. Kommen Fotografien vor, so liegen diese meist nur in einer geringen Anzahl vor. Das ganze Spektrum wird selten durch eine breite Bilderserie dargestellt.

Dennoch kann auch dieses Lernprogramm die traditionellen Lern- und Lehrmethoden nicht ersetzen. Obwohl versucht wurde die Köpfe aus verschiedenen Perspektiven zu fotografieren, können nicht alle Blickwinkel gezeigt werden, die einem Studierenden in einer Präparierübung zur Verfügung stehen. Angesichts dieser Tatsache ist es unerlässlich, dass die Studenten die Präparierübungen besuchen, denn dort stehen ihnen sowohl Pferdeköpfe, an denen sie selbst Hand anlegen können zur Verfügung, als auch die fotografierten Köpfe in Form von Plastinaten. Zudem stehen ihnen dort Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter zur Verfügung, die aufkommende Fragen sofort beantworten können.

Die Einteilung des Hauptmenüs in seine verschiedenen Menüpunkte erfolgte in Anlehnung an gängige Anatomiebücher und den Vorlesungsstoff. Dadurch, dass dem Studierenden jedoch kein fester Pfad bei der Nutzung des Programms vorgegeben wird, kann er selbst entscheiden, wann er welches Kapitel durcharbeiten möchte. Eine gewisse Selbstständigkeit und Eigenmotivation der Studierenden wird hierbei

---

vorausgesetzt. Der Vorteil davon ist, dass der Studierende zu jeder Zeit seinen „eigenen Pfad“ verlassen kann, um z.B. an anderer Stelle etwas nach zu lesen.

Völlig entspannt in gewohnter Umgebung und fern ab von Prüfungsstress kann der Benutzer des Programms am Ende eines jeden Kapitels sein Wissen anhand eines Quiz testen. Am Ende eines jeden Quizteil erhält er eine Auswertung und ein kurzes Feedback.

Ein weiterer Vorteil dieses Programms, so wie aller anderen auch, liegt darin, dass es als digitales Medium kostengünstig in großer Stückzahl produziert werden kann. In Folge dessen ist es einer großen Nutzergruppe zugänglich.

Aufgrund der Programmierung in HTML ist es zu jedem Zeitpunkt möglich, die Daten zu aktualisieren oder neue Daten hinzu zu fügen. So könnte das vorliegende Programm im Laufe der Zeit durch folgende Themengebiete ergänzt werden: Gehirn (Gestalt und Lage), einzelne Abschnitte des Gehirns, Hüllen des Zentralnervensystems, Gefäßversorgung des Gehirns, die Gehirnnerven I, II, III, IV, VI und VIII und die Sinnesorgane (Sehorgan, Gleichgewichts- und Gehörorgan).

## **5.5 Plastinate**

Die während dieser Arbeit entstandenen Plastinate der Pferdeköpfe wurden durch Studienbeiträge finanziert und stehen den Studenten zur Verfügung. Sie sollen in Zukunft sowohl in den Vorlesungen als auch in den Kursen und den Prüfungen zum Einsatz kommen.

---

## 6 Zusammenfassung

### **„Der Pferdekopf“- ein interaktives Lernprogramm**

Mit der vorliegenden Arbeit steht erstmals ein ausführliches Lernprogramm für die systematische und topographische Anatomie des Pferdekopfes zur Verfügung. Behandelt werden alle relevanten Themen. Ausgenommen sind lediglich das Gehirn und die Sinnesorgane, die einem weiteren Programm vorbehalten bleiben.

Damit verfügen die Studierenden im vorklinischen Abschnitt des Studiums erstmals über ein zeitgemäßes Unterrichtsmittel für die klinisch-topographische Anatomie des Pferdekopfes. Sie können damit den aus Zeitgründen oft nur knapp behandelten Lernstoff vor- und nacharbeiten. Zugleich bietet dieses Programm höheren Semestern und praktizierenden Tierärzten ein gründlich recherchiertes systematisches Nachschlagewerk, das aufgrund seines umfangreichen Indexes sehr benutzerfreundlich ist.

Im schriftlichen Teil dieser Arbeit wurde der im Lernprogramm behandelte Stoff ausführlich dargestellt und anhand der fünf gängigsten deutschsprachigen Anatomiebücher („Lehrbuch der Anatomie der Haustiere“ (Band I-IV), „Anatomie der Haussäugetiere“, „Anatomie für die Tiermedizin“, „Atlas der Anatomie des Pferdes“ und „Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes“) aufgearbeitet und diskutiert.

Im Lernprogramm wurde der Lernstoff sowohl durch Texte, als auch durch eine Vielzahl von detailreichen Präparatefotos und klaren Schemazeichnungen sowie endoskopischen Filmen dargestellt. Programmiert wurde das Lernprogramm in HTML.

Für die Präparatefotos wurden Schädel sowie ein ganzer und zwölf halbe Pferdeköpfe und etliche Teilpräparate verwendet, die unter einem enormen Arbeitsaufwand präpariert wurden. Im Anschluss an die Präparation wurden die Köpfe plastiniert. Sie stehen somit den Studenten dauerhaft zur Verfügung und stellen eine Bereicherung der Präparierübungen dar.

Da jedem Kopf ein anderes Themengebiet zugeteilt wurde, ist ein breites Spektrum mit verschiedenen Strukturen entstanden, wie es bis lang noch nicht vorhanden war. Zur Verdeutlichung von zusammenhängenden Strukturen und zur Darstellung von nicht präparierten Strukturen wurde auf Schemazeichnungen zurückgegriffen.

Sowohl im schriftlichen Teil als auch im Lernprogramm werden auf diese Weise folgende Bereiche der systematischen und topographischen Anatomie des Pferdekopfes behandelt: die Knochen, die Muskeln, die Gefäße, die Lymphknoten, die Gehirnnerven (V, VII, IX-XII), der Atmungsapparat, der Verdauungsapparat und der Luftsack.

Ein Quiz am Ende eines jeden Lernprogrammkapitels ermöglicht dem Lernenden zudem seinen derzeitigen Wissenstand zu überprüfen.

---

## 7 Summary

### **„The Equine Head“ – an interactive learning programme**

For the first time ever, this thesis provides an extensive learning programme for the systematic and topographic anatomy of a horse's head. Except the brain and sense organs which are subject to a further learning programme, all relevant topics are discussed within this learning programme.

For the first time, this learning programme provides students in the pre-clinical stage of their studies with a contemporary teaching aid for the clinical-topographic anatomy of a horse's head. The learning programme enables the undergraduate students to deepen their knowledge prior to or after a lecture since, due to time constraints, the content of the curriculum is often discussed only briefly. At the same time, this learning programme provides graduate students and practicing veterinarians with an in-depth reference book which is also very user-friendly due to its comprehensive index.

The written part of this thesis outlines and discusses in detail the subject of the learning programme and is based on the five most established German-speaking text books for anatomy („The Anatomy of the Domestic Animals“ (Volume I-IV), „Anatomy of Domestic Mammals“, „Anatomie für die Tiermedizin“, „Anatomy of the Horse“ and „Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes“). Within the learning programme, the content of the curriculum is further illustrated by text, detailed pictures of preparation, clear drawings as well as endoscopic films. The learning programme is programmed in HTML.

Following a meticulous and time consuming dissection process, skulls as well as one whole and twelve half horse's heads, in addition to other partial preparations, were used for the photographs of anatomical specimens. After the dissection, the heads were plastinated. Therefore the heads will serve the students permanently and are an enrichment to the dissection course.

The fact that a specific topic was allocated to each specimen enabled the development of a broad spectrum of different structures. Drawings were used to demonstrate the context of structures and to demonstrate structures which were not prepared.

Based on the aforementioned method, the following topics of the systematic and topographic anatomy of a horse's head are processed within the written part of the thesis and the learning programme: the bones, the muscles, the vessels, the lymph nodes, the cranial nerves (V, VII, IX-XII), the respiratory apparatus, the digestive apparatus and the guttural pouch.

A quiz at the end of each chapter of the learning programme enables the learner to check her or his current level of knowledge.

---

## 8 Literaturverzeichnis

- 1 Berg, R. und Budras, K.-D. (2009): Kopfhöhlen. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes Schlütersche, Hannover: S. 159-162.
- 2 Biellohuby, M., Ehlers, J. P., Rankl, J. und Stolla, R. (2004): Computer-Assistierte-Lernprogramme (CAL) in der Tiermedizin Teil 1: Verfügbarkeit in der tiermedizinischen Lehre Deutsches Tierärzteblatt **3**: 249-252.
- 3 Blanck, N. (2003): "Inside DOG: The Head" Virtuelle Realitäten in der Veterinäranatomie. LMU, Diss. med. vet., München.
- 4 Boeker, M. und Klar, R. (2006): E-Learning in der ärztlichen Aus- und Weiterbildung Methoden, Ergebnisse, Evaluation Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz **49**, **Number 5**: 405-411.
- 5 Böhme, G. und Seiferle, E. (2004a): Geruchsorgan. In: G. Böhme, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band IV**: S. 400-404.
- 6 Böhme, G. und Seiferle, E. (2004b): Peripheres Nervensystem. In: G. Böhme, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band IV**: S. 228-385.
- 7 Böhme, G. und Seiferle, E. (2004c): Sehorgan. In: G. Böhme, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band IV**: S. 405-444.
- 8 Buda, S. und Budras, K.-D. (2009a): Kopf-Hals-Grenze und Ohr. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 50.
- 9 Buda, S. und Budras, K.-D. (2009b): Nervi craniales. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 108-111.
- 10 Buda, S. und Budras, K.-D. (2009c): Rachen und Luftsack. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 46.
- 11 Buda, S., Nöller, C. und Budras, K.-D. (2009): Kehlkopf und Kehlkopfmuskeln. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 48.
- 12 Budras, K.-D. (2009a): Hilfseinrichtungen des Auges. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 40.
- 13 Budras, K.-D. (2009b): Myologie. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 88-100.
- 14 Budras, K.-D. (2009c): N. trigeminus (V3 und V2), Kaumuskeln, Speicheldrüsen und Lymphsystem. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 38.
- 15 Budras, K.-D. (2009d): Oberflächliche Kopfvenen, N. facialis (VII) und Fazialismuskulatur. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 36.

- 
- 16 Budras, K.-D. (2009e): Schädel mit Gebiß. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 32.
  - 17 Budras, K.-D. (2009f): Schädel mit Zähnen und Nasennebenhöhlen. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 34.
  - 18 Bundestierärztekammer (2010): ATF-Veranstaltungen-Themen und Termine. Gefunden: am 27.03.2010 unter [http://www.bundestieraerztekammer.de/atf/veranstaltungen/themen\\_und\\_termine/index.htm](http://www.bundestieraerztekammer.de/atf/veranstaltungen/themen_und_termine/index.htm).
  - 19 Castner, H. und Castner, T. (1976): Emanzipation im Unterricht. Didaktik und Methodik einer Wirtschafts- und Gesellschaftslehre. Gehlen, Bad Homburg, S. 98 (zitiert nach: H.-D. Zeuschner).
  - 20 Dr.WebTeam (2006): GIF, JPG oder PNG? Gefunden: am 03.04.2009 unter [http://www.drweb.de/grafikgrundlagen/grundlagen\\_2.shtml](http://www.drweb.de/grafikgrundlagen/grundlagen_2.shtml).
  - 21 Ehlers, J. P. und Friker, J. (2003): Erstellung von computerassistierten Lernprogrammen Erfahrungen aus einem Kooperationsmodell an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München. Tierärztliche Praxis **31 (K)**: 74-80.
  - 22 Ehlers, J. P., Friker, J. (2004): Ein Forum für neue Lehr- und Lernmethoden in der Tiermedizin. Der Famulus Der Fauna: 120.
  - 23 Gasse, H. (2002): Gehirn. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 283-304.
  - 24 Gille, U. (2008a): Körperkreislauf. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 419-442.
  - 25 Gille, U. (2008b): Lymphgefäße und Lymphknoten. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 449-463.
  - 26 Gille, U. (2008c): Schleimhautassoziiertes lymphatisches Gewebe. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 444.
  - 27 Glitz, F., Tipold, A. und Deegen, E. (2002): Zentrales Nervensystem. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 841-848.
  - 28 König, H. E. (2002): Ohr. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 153-158.
  - 29 König, H. E. und Liebich, H.-G. (2009): Atmungsapparat (Apparatus respiratorius). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 367-388.
  - 30 König, H. E., Liebich, H.-G. und Červený, C. (2009a): Periphere Nerven und Ganglien, PNS. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 485-556.

- 
- 31 König, H. E., Ruberte, J. und Liebich, H.-G. (2009b): Gefäße (Vasa). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 450-470.
  - 32 König, H. E., Sótonyi, P. und Liebich, H.-G. (2009c): Kopfdarm (Mund- und Schlundkopfhöhle). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 302-325.
  - 33 König, H. E., Sótonyi, P., Probst, A., Maierl, J. und Liebich, H.-G. (2009d): Topographisch-klinische Anatomie: Kopf (Caput). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 657-673.
  - 34 Lenoble, C. (2005): Blende(n)d virtuell. Gefunden: am 09.03.2009 unter [http://elearningcenter.univie.ac.at/fileadmin/generalgroup\\_files/pressefiles/0409\\_E-learning.pdf](http://elearningcenter.univie.ac.at/fileadmin/generalgroup_files/pressefiles/0409_E-learning.pdf).
  - 35 Liebich, H.-G. und König, H. E. (2009): Gleichgewichts- und Gehörorgan (Organum vestibulocochleare). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 589-604.
  - 36 Liebich, H.-G. und König, H. E. (2009a): Nebenorgane des Auges, Organa oculi accessoria. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 581-585.
  - 37 Liebich, H.-G. und König, H. E. (2009b): Skelett des Stammes. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 47-108.
  - 38 Liebich, H.-G., Maierl, J. und König, H. E. (2009): Faszien und Muskeln des Kopfes und des Stammes. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart: S. 109-140.
  - 39 NAV (2005): Nomina Anatomica Veterinaria. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, Hannover, Columbia, Gent, Sapporo.
  - 40 Nickel, R., Schummer, A., Wille, K.-H. und Wilkens, H. (2004a): Gelenklehre, Arthrologia. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band I:** S. 215-272.
  - 41 Nickel, R., Schummer, A., Wille, K.-H. und Wilkens, H. (2004b): Knochenlehre, Osteologia. In: J. Frewein, K.-H. Wille, H. Wilkens und H. Augsburger, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band I:** S. 15-214.
  - 42 Niegemann, H. M., Hessel, S., Hochscheid-Mauel, D., Aslanski, K., Deimann, M. und Kreuzberger, G. (2004a): Dranbleiben und weiterlernen: Nun motiviert mich mal! In: H. M. Niegemann, S. Hessel, D. Hochscheid-Mauel, K. Aslanski, M. Deimann und G. Kreuzberger, Kompendium E-Learning. Springer, Berlin, Heidelberg: S. 205-225.
  - 43 Niegemann, H. M., Hessel, S., Hochscheid-Mauel, D., Aslanski, K., Deimann, M. und Kreuzberger, G. (2004b): Packen wir es auf den Bildschirm - Gestaltung von Text und Bild. In: H. M. Niegemann, S. Hessel, D. Hochscheid-Mauel, K. Aslanski, M. Deimann und G. Kreuzberger, Kompendium E-Learning. Springer, Berlin, Heidelberg: S. 159-186.
  - 44 Nöller, C. und Budras, K.-D. (2009): Nase mit Nasenhöhle, Mundhöhle mit Zunge. In: K.-D. Budras und S. Röck, Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche, Hannover: S. 44.

- 
- 45 Piechocki, R. und Händel, J. (2007): Makroskopische Präparationstechnik: Wirbellose. Leitfaden für das Sammeln, Präparieren und Konservieren. E. Schweizerbart science publishers, Stuttgart.
- 46 Salomon, F.-V. (2008a): Atmungsapparat, Apparatus respiratorius. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 324-367.
- 47 Salomon, F.-V. (2008b): Hirnnerven. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 562-577.
- 48 Salomon, F.-V. (2008c): Knöchernes Skelett. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 37-110.
- 49 Salomon, F.-V. (2008d): Muskelgewebe. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 147-234.
- 50 Salomon, F.-V. (2008e): Verdauungsapparat, Apparatus digestorius. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 235- 323.
- 51 Seiferle, E. und Frewein, J. (2004): Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologia. In: J. Frewein, K.-H. Wille, H. Wilkens und H. Augsburg, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band I:** S. 273-585.
- 52 Simoens, P. (2008): Sehorgan, Organum visus. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Enke, Stuttgart: S. 579-612.
- 53 Thiede, M. (2004): Parasitosen des Nutzgeflügels und der Ziervögel unter praxisrelevanten Bedingungen. LMU, Diss. med. vet., München.
- 54 Thomé, H. (2004): Mundhöhle und Schlundkopf. In: J. Frewein, H. Gasse, R. Leiser, H. Roos, H. Thomé, B. Vollmerhaus und H. Waibl, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band II:** S. 19-102.
- 55 Vollmerhaus, B. und Roos, H. (2005): Lymphgefäßsystem. In: K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens und H. Waibl, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band III:** S. 302-441.
- 56 Waibl, H. (2004): Atmungsapparat. In: J. Frewein, H. Gasse, R. Leiser, H. Roos, H. Thomé, B. Vollmerhaus und H. Waibl, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band II:** S. 223-307.
- 57 Waibl, H., Wilkens, H. und Münster, W. (2005a): Arterien, Arteriae. In: K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens, H. Waibl, W. Münster und H. Roos, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band III:** S. 74-189.
- 58 Waibl, H., Wilkens, H. und Münster, W. (2005b): Venen, Venae. In: K.-H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens, H. Waibl, W. Münster und H. Roos, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Stuttgart. **Band III:** S. 189-276.
- 59 Wissdorf, H., Bartmann, C. P., Otto, B. und Huskamp, B. (2002a): Maulhöhle. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 158-161.



- 
- 60 Wissdorf, H. und Huskamp, B. (2002): Angesichtsmuskeln. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 87-88.
- 61 Wissdorf, H. und Otto, B. (2002): Kopfskelett einschließlich Zungenbein und Kiefergelenk mit Kaumuskulatur. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 73-86.
- 62 Wissdorf, H., Otto, B. und Gerhards, H. (2002b): Kehlkopf, Larynx. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 228-247.
- 63 Wissdorf, H., Otto, B. und Gerhards, H. (2002c): Klinisch bedeutsame Nerven im Angesichtsbereich. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 95-102.
- 64 Wissdorf, H., Otto, B. und Gerhards, H. (2002d): Nebenorgane des Auges. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 103-123.
- 65 Wissdorf, H., Otto, B. und Gerhards, H. (2002e): Schlundkopf, Rachen, Pharynx. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 219-228.
- 66 Wissdorf, H., Otto, B. und Gerhards, H. (2002f): Subkutane Schleimbeutel, klinisch bedeutsame Kopfgefäße und oberflächlich gelegene Lymphknoten. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 89-95.
- 67 Wissdorf, H., Otto, B., Gerhards, H. und Huskamp, B. (2002g): Hals, Collum. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 247-282.
- 68 Wissdorf, H., Otto, B. und Huskamp, B. (2002h): Kopfspeicheldrüsen. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 186-190.
- 69 Wissdorf, H., Otto, B. und Huskamp, B. (2002i): Luftsack und benachbarte Strukturen. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 202-219.
- 70 Wissdorf, H., Otto, B. und Huskamp, B. (2002j): Nasenhöhle und Nasennebenhöhlen. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 190-202.
- 71 Wissdorf, H., Otto, B. und Huskamp, B. (2002k): Zunge. In: H. Wissdorf, H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen, Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper, Hannover: S. 184-186.
- 72 Zengerling, M. T. (2004): "Bovine Digit" ein multimediales 3D-Lernprogramm. LMU, Diss.med. vet., München.

- 
- 73 Zeuschner, H.-D. (2001): Totgesagte leben länger: Frontalunterricht und Lehrervortrag haben ihre Daseinsberechtigung. Gefunden: am 09.03.2009 unter <http://kfztech.de/gast/zeuschner/frontalunterricht.htm>.

---

## Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die hervorragende Betreuung und Unterstützung bei der Anfertigung der Dissertationsschrift und des Lernprogramms gilt mein besonderer Dank Herrn Priv. Doz. Dr. Johann Maierl.

Bei Herrn Chris van der Meijden von der Rechnerbetriebsgruppe möchte ich mich für die Einführung in die „HTML Sprache“ und die Betreuung bei den ersten Schritten der Entwicklung des Lernprogramms bedanken.

Bei Frau Claudia Bänsch möchte ich mich für die jederzeit gewährleistete Hilfe bei der Programmierung des Lernprogramms bedanken. Sie war mir eine große Hilfe und stand mir immer mit Rat und Tat zur Seite.

Bei den Studenten, die mit unendlicher Geduld und Fleiß zum Gelingen der herausragenden Pferdekopfpräparate beigetragen haben, möchte ich mich ganz herzlich bedanken. Ohne ihre freiwillige Hilfe und ihr Engagement wäre die Realisierung dieses Lernprogramms wesentlich erschwert worden. Mein besonderer Dank gilt hierbei Sarah Schräer, die zahlreiche Köpfe präpariert hat.

Silvia Mitterer danke ich ganz herzlich für die stets aufmunternden Worte und ihre Hilfe beim Korrekturlesen dieser Arbeit und des Lernprogramms.

Bei Herrn Siegfried Hecher, Herrn Hans Kelm und Herrn Hermann Obermayer bedanke ich mich für ihre Hilfe bei den Präparaten. Ebenso bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des Instituts für ihre stets freundliche und hilfsbereite Art.

Den Mitarbeitern der Pferdeklinik der LMU München danke ich für ihre Hilfe bei der Erstellung der endoskopischen Filme. Mein besonderer Dank hierbei gilt Frau Dr. Anika Pachten und Herrn Matthias Engel.

Meinen Eltern danke ich für ihre stets aufbauenden Worte, ihre Geduld und ihre finanzielle Unterstützung. Ebenso möchte ich mich bei meinen Geschwistern für ihre Unterstützung und ihr Verständnis bedanken.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei all meinen Freunden bedanken, die mir während dieser Zeit den Rücken frei gehalten haben und mich aufgemuntert und unterstützt haben.