

# Zur topographisch-klinischen Anatomie des Luftsackes (Diverticulum tubae auditivae) beim Pferd

Horst Erich König<sup>1</sup>, Klaus-Dieter Budras<sup>2</sup>, Johannes Seeger<sup>1</sup> und Mircea-Constantin Sora<sup>3</sup>

Veterinär-Anatomisches Institut der Universität Leipzig<sup>1</sup>, Institut für Veterinär Anatomie der FU Berlin<sup>2</sup> und Zentrum für Anatomie und Zell Biologie der Medizinischen Universität Wien<sup>3</sup>

## Zusammenfassung

Die beiden Luftsäcke des Pferdes sind Ausbuchtungen der paarigen Tuba auditiva (Eustachii). Sie füllen den Raum zwischen Schädelbasis und dem Pharynx aus. Jeder Luftsack gliedert sich in eine mediale, größere und eine laterale, kleinere Bucht. An der medialen Bucht befindet sich im kaudalen Bereich eine sog. Plica neurovasculosa und eine Plica neuralis. In diesen Falten verlaufen der N. glossopharyngeus, der N. vagus, der N. accessorius, der N. hypoglossus, der Truncus sympathicus mit dem Ganglion cervicale craniale und die A. carotis interna. Mit dem Luftsack unmittelbar benachbart liegen die Lnn. retropharyngei. Am Dach des Luftsackes verläuft der N. facialis, dessen Abzweigung die Chorda tympani, sowie der N. mandibularis. An der lateralen Luftsackbucht entlang zieht die A. carotis externa und ihre Fortsetzung die A. maxillaris. Durch Luftsackerkrankungen können diese Strukturen in Mitleidenschaft gezogen werden.

**Schlüsselwörter:** Diverticulum tubae auditivae, klinisch-funktionelle Anatomie, Pferd.

## About the clinical anatomy of the guttural pouch (diverticulum tubae auditivae) in the horse

The guttural pouches of the horse are convexities of the paired auditory tuba. These structures are situated between the skull base and the pharynx. Each guttural pouch is build of a greater medial and a smaller lateral compartment. The neurovascular fold (Plica neurovasculosa) and the nervous fold (Plica neuralis) are situated in the caudal area of the medial compartment. These folds contain the following structures: the glossopharyngeal nerve, the vagal nerve, the accessorial nerve, the hypoglossal nerve, the sympathetic trunk with the cranial cervical ganglion and the internal carotid artery. The facial nerve and its branches, as well as the mandibular nerve run at the roof of the guttural pouch. In the neighbourhood of the guttural pouch are lying the retropharyngeal lymphatic nodules. Along the lateral compartment of the guttural pouch run the external carotid artery and its continuation, the maxillar artery. Any pathology of the guttural pouch could affect the above described structures.

**Keywords:** guttural pouch, clinical Anatomy, Horse

## Einleitung

Der Luftsack ist eine Schleimhautaussackung der beim Pferd schlitzförmig offenen Tuba auditiva. Der paarig angelegte Luftsack ist wahrscheinlich, ähnlich wie die Nasennebenhöhlen, zur Herabsetzung des spezifischen Gewichtes des Kopfes eingerichtet. Bei anderen vergleichsweise gleichgroßen Tieren wie z. B. beim Rind ist die Pars perpendicularis des Flügelbeines sehr viel ausgedehnter und verlängert damit kaudoventral röhrenförmig die Choane, die zwangsläufig luftgefüllt sein muss. Beim Pferd sind die Flügelbeine äußerst geringfügig ventral verbreitert, so dass weniger Platz für einen luftgefüllten Raum an der Schädelbasis übrig bleibt (König 1984). Jeder Luftsack eines erwachsenen Pferdes besitzt ein Fassungsvermögen von 350-500 ml. Der Luftsack entwickelt sich bereits beim Pferdefetus und nimmt an Fassungsvermögen beim Fohlen zu (Bierwirth-West 1983, König 1984, Liebich und König 2009). An der Schädelbasis verlaufen wichtige Leitungsbahnen in Schleimhautfalten der Luftsackwand. Weil vor allem in der kaudoventral gelegenen Falte sowohl Nerven als auch Blutgefäße verlaufen, wird diese als Plica neurovasculosa bezeichnet (Berg und Budras 2009). Wichtige Lymphknotenpakete sind ebenfalls unmittelbar mit dem Luftsack benachbart. Diese enge Nachbarschaft führt dazu, dass Erkrankungen des Luftsackes sich auf die benachbarten Nerven und Blutgefäße übertragen können. Erkrankungen der Lymphknoten können sich direkt auf den Luftsack auswirken (Grabner

1984, Fey 2006). In der vorliegenden Arbeit wird das Ziel verfolgt, den Luftsack mit den klinisch relevanten Strukturen seiner unmittelbaren Umgebung übersichtlich darzustellen. Dafür wird die neue Methode der E12 Plastination zur Herstellung von Dauerpräparaten vom Luftsack vorgestellt.

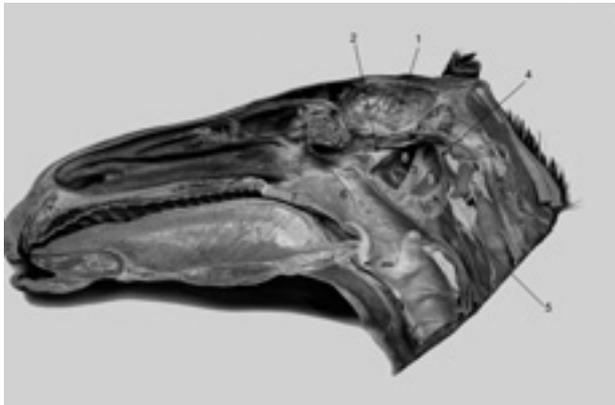
## Material und Methoden

Ein Schädel und drei Pferdeköpfe standen für unsere Untersuchung zur Verfügung, nachdem sie in der Medianlinie halbiert wurden (Abb. 1). Zusätzlich wurden zahlreiche Präparate aus den anatomischen Sammlungen in Wien und Berlin verwendet. Die Pferde waren laut Vorbericht frei von Luftsackerkrankungen. An den Schädelpräparaten konnte von medial der knöcherne Eingang der Tuba auditiva (Ostium tympanicum tubae auditivae) in die Paukenhöhle betrachtet werden. Von lateral wird dieser Eingang durch das Tympanohyoideum und durch den Processus muscularis der Pars tympanica ossis temporalis verdeckt.

In Vorbereitung für die E 12 Plastination wurde der Kopf eines kleineren Pferdes (ca. 350 kg Körpergewicht) nach der Euthanasie in Höhe des 2. Halswirbels abgesetzt und bei -81°C tief gefroren. Nach einer Woche wurde das Präparat mit Hilfe einer Diamantblattsäge in ca. 2mm starke Querschnitte zerlegt und nach der E12 Methode plastiniert. (Sora 2007) Die

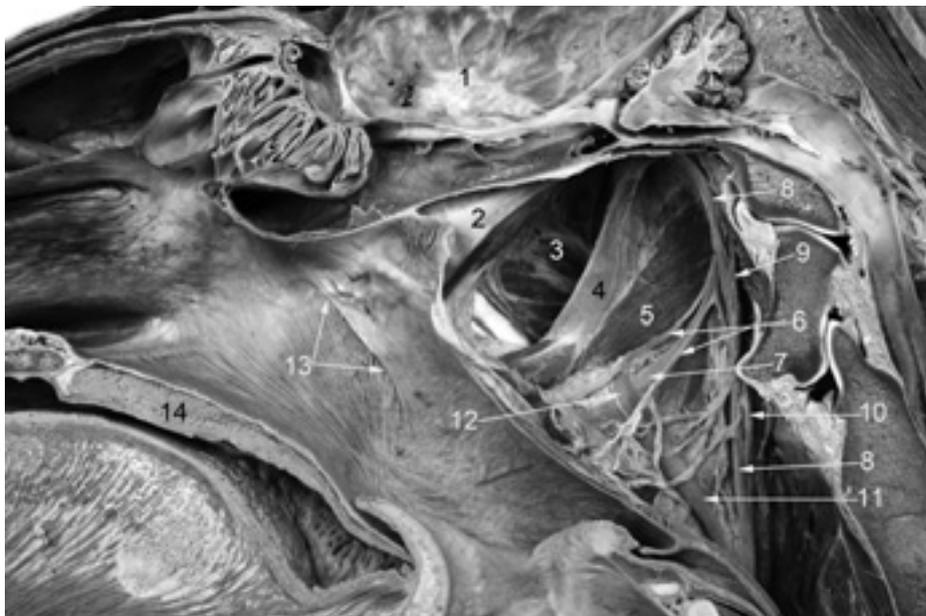
gefrorenen Schnitte wurden entwässert, entfettet und anschließend mit einer E12 (Epoxyharzmischung, Biodur, Heidelberg, Deutschland) imprägniert. Die imprägnierten Schnitte wurden anschließend zwischen Glasscheiben ausgehärtet. Die so produzierten Schnitte besitzen eine hohe Durchsichtigkeit, anhand derer man Strukturen bis in den mikroskopischen Bereich erkennen kann (Abb. 3).

Für die Herstellung eines herkömmlichen Formalin-Präparates wurde der Kopf eines mittelgroßen Pferdes nach der



**Abb. 1** Paramedianschnitt durch den Kopf eines Pferdes. 1 Schädelhöhle, Cavum cranii, 2 Tuba auditiva, 3 Stylohyoideum, 4 Plica neurovasculosa, 5 Plica accessoria neuralis, 6 Ostium pharyngeum tubae auditivae, 7 Velum palatinum, 8 Laterale Luftsackbucht, 9 Mediale Luftsackbucht.

*Paramedian section of the horse head. 1 Cranial cavity, 2 Auditory tube, 3 Stylohyoideum, 4 Neurovascular fold, 5 Accessory neural fold, 6 Pharyngeal opening of the auditory tube, 7 Soft palate, 8 Lateral compartment of guttural pouch, 9 Medial compartment of guttural pouch.*



**Abb. 2** Blutgefäße und Nerven am Luftsack. 1 Schädelhöhle, Cavum cranii, 2 Tuba auditiva, 3 Laterale Luftsackbucht, 4 Stylohyoideum, 5 Mediale Luftsackbucht, 6 N. glossopharyngeus (IX), 7 N. hypoglossus (XII), 8 A. carotis, interna, 9 Ganglion cervicale craniale, 10 N. vagus (X), 11 A. carotis externa, 12 A. maxillaris, 13 Ostium pharyngeum tubae auditivae, 14 Velum palatinum

*Neurovascular structures next to the guttural pouch. 1 Cranial cavity, 2 Auditory tube, 3 Lateral compartment of the guttural pouch, 4 Stylohyoideum, 5 Medial compartment of the guttural pouch, 6 Glossopharyngeal nerve, 7 Hypoglossal nerve, 8 Internal carotid artery, 9 Cranial cervical ganglion, 10 Vagus nerve, 11 Internal carotid artery, 12 Maxillary artery, 13 Pharyngeal opening of the auditory tube, 14 Soft palate.*

Euthanasie des Tieres in Höhe des zweiten Halswirbels abgesetzt und mit 4%-igem Formaldehyd über die A. carotis communis fixiert. Dann wurde das Präparat so positioniert, dass beim Durchsägen nach dem Gefriervorgang möglichst die Medianebene getroffen werden konnte. Nach einer Woche im Tiefkühlraum bei  $-21^{\circ}\text{C}$  wurde das Präparat in der Medianlinie mit Hilfe einer Bandsäge in zwei Hälften geteilt. Die

Luftsäcke wurden auf beiden Seiten eröffnet. Anschließend wurden auf einer Seite die Leitungsbahnen in der Umgebung des Luftsackes dargestellt. Die Präparationsschritte wurden mit Hilfe einer Digitalkamera Canon EOS 1000D photographisch dokumentiert (Abb.2).

Bei einem weiteren Präparat wurden die Luftsackschleimhaut und sämtliche Strukturen, mit Ausnahme der knorpeligen Tuba auditiva und des Stylohyoids entfernt, so dass die Skeltotopie der schlitzförmig ventral geöffneten Ohrtrumpete dargestellt werden konnte. In einem weiteren Schritt wurden das Stylo- und das Tympanohyoid sowie auch der Processus muscularis abgesetzt. Damit konnte das knorpelige Ostium tympanicum tubae auditivae dargestellt werden.

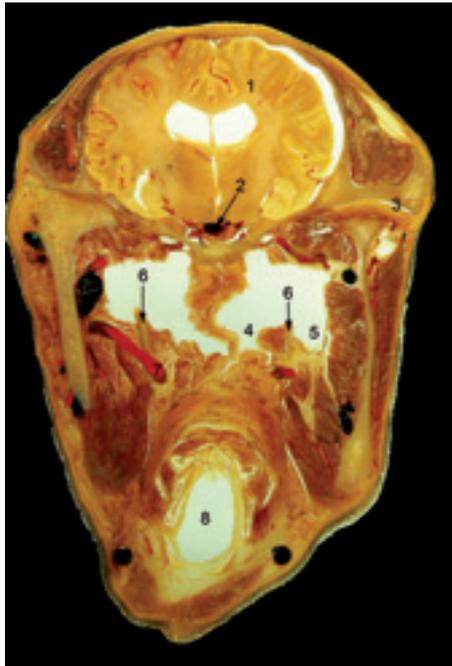
#### Eigene Untersuchungen

Die Luftsackwand ist eine Ausstülpung der respiratorischen Schleimhaut der Ohrtrumpete (Tuba auditiva), die im Nasenrachen mit dem schlitzförmigen Ostium pharyngeum tubae auditivae beginnt (Abb. 1). Bei Projektion auf die Kopfoberfläche befindet sich die rostrale Anfangsöffnung der Ohrtrumpete, die zugleich den pharyngealen Zugang zum Luftsack darstellt, in Höhe des lateralen Augenwinkels. Die Ohrtrumpete (Abb. 2) erstreckt sich über ca. 10 cm an der Schädelbasis entlang bis zum knöchernen Ostium tympanicum tubae auditivae, wo in Höhe des Kiefergelenkes die Ohrtrumpete in der Paukenhöhle im Mittelohr endet. Das knorpelig-knöchernen Ostium umrahmt den Endabschnitt der Tuba auditiva. Das Ostium ist dorsoventral ausgerichtet und von länglich ovaler Form. Die Ohrtrumpete weist in ihrer Knorpelstütze auf ihrer ganzen Länge eine ventrolaterale Schlitzöffnung auf, durch welche sich ihre respiratorische Schleimhaut ausstülpt und sich zum Luftsack mit einem Fassungsver-

mögen etwa eines halben Liters entfaltet. Die respiratorische Schleimhaut des Luftsackes ist als ventrale Ausbuchtung der Schleimhaut der Tuba auditiva zu verstehen. Die Schleimhaut besteht aus einem mehrstufigen zylindrischen Flimmerepithel. Durch den Schlitz in der Ohrtrumpete fehlt der Ventrolateralwand eine Knorpelstütze, was auch für den Eingang in die Ohrtrumpete gilt, wo sich die aufgeschlitzte Knorpelröhre

unter Verlust ihrer Rundung zur medialen Knorpelplatte (Luftsackplatte oder besser Tubenplatte) umformt und den Eingang in die Ohrtrumpete medial abdeckelt. Dieser schlitzförmige Eingang in die Ohrtrumpete (Ostium pharyngeum tubae auditivae), der zugleich der nasopharyngeale Zugang zum Luftsack ist, weist beim neugeborenen Fohlen eine Länge von 20 mm, bei mittelgroßen Pferden von 45 mm und bei sehr großen Pferden eine Länge von 75 mm auf.

Der aus der Ohrtrumpete sich ausweitende Luftsack trifft kaudoventral auf den langen Zungenbeinast (Stylohyoideum), wobei eine laterale kleinere und eine mediale größere Luftsackbucht abgegrenzt werden (Abb. 3).



**Abb. 3** E12 plastinierter Schnitt in Höhe des Luftsackes. 1 Großhirn, Cerebrum, 2 Hypophyse, 3 Articulatio temporomandibularis, 4 Mediale Luftsackbucht, 5 Laterale Luftsackbucht, 6 Stylohyoideum, 7 A. carotis externa, 8 Kehlkopfhöhle.

*E12 cross section at the level of the guttural pouch. 1 Brain, 2 Pituitary gland, 3 Temporomandibular joint, 4 Medial compartment of the guttural pouch, 5 Lateral compartment of the guttural pouch, 6 Stylohyoideum, 7 External carotid artery, 8 Laryngeal cavity.*

Zwischen rechtem und linkem Luftsack befinden sich an der Schädelbasis im dorsalen Bereich die Mm. rectus capitis ventralis und longus capitis. Ventral und rostral dieser Muskeln treten beide Luftsäcke mit ihren Medialwänden miteinander in Kontakt, so dass eine Trennung nur durch ein Septum in Form einer doppelten Schleimhautwand vorliegt. Zwischen den beiden Schleimhautwänden liegt eine dünne kollagen-elastische (lockere) Submukosa, die zahlreiche, mikroskopisch kleine Lymphonoduli solitarii enthält. Die Wand der Luftsäcke ist ca. 0,5 mm dick. In ihrer Submukosa liegen stellenweise winzige Schleimdrüsen. Außerhalb des Septums verlaufen zwischen der Submukosa des Luftsackes und den umgebenden Strukturen (überwiegend Muskeln) zahlreiche, in Fettgewebe eingelagerte Nerven und Blutgefäße (siehe unten).

Kaudoventral ragt in die mediale Luftsackbucht eine Schleimhautfalte vor, die neben der A. carotis interna zahlreiche Nerven enthält (Nn. vagus-X und glossopharyngeus-IX; Truncus

sympathicus samt Ganglion cervicale craniale mit abstrahlendem N. caroticus internus). Diese Falte wird wegen ihres Inhalts Plica neurovasculosa genannt und hier besteht ein besonders inniger Kontakt zum Luftsackinhalt. Von dieser Falte zweigt in rostraler Richtung eine weniger hohe Nebenfalte ab, die lateral den N. hypoglossus (XII) und medial den N. glossopharyngeus (IX) mit seinem Ramus lingualis und seinem Ramus pharyngeus enthält. Diese Nebenfalte wird wegen ihres Inhalts Plica accessoria neuralis genannt. Sie wird an ihrer Basis außerhalb der Luftsackwand von der A. carotis externa schräg unterkreuzt (Abb.2).

Nahe über dem Dach der lateralen kleineren Luftsackbucht liegen der N. facialis (VII) mit seiner abstrahlenden Chorda tympani, die in den ebenfalls hier gelegenen N. mandibularis (V3) des N. trigeminus (V) einstrahlt. Auch die A. und V. maxillaris liegen in der Nähe der lateralen Luftsackbucht. Große Lymphknotenpakete liegen der Luftsackwand direkt außen an. Die Lnn. retropharyngei mediales liegen ventral an der medialen Luftsackbucht und die Lnn. retropharyngei laterales liegen kaudolateral, ebenfalls an der medialen Luftsackbucht. Medial am Dach des Luftsackes befinden sich der Spanner und Heber des Gaumensegels (M. tensor veli palatini und M. levator veli palatini), die gemeinsam mit dem M. pterygopharyngeus beim Schluckakt für die Öffnung und Schließung des Ostium pharyngeum tubae auditivae zuständig sind.

## Diskussion

### *Diskussion der E 12 Plastinationsmethode*

Die E 12 Plastinationsmethode ist für die Darstellung des gesamten Luftsackes samt seiner Umgebung sehr gut geeignet, zumal durch zahlreiche Modifikationen ein vielfältiges Anwendungsspektrum mit sehr umfangreicher Vergrößerungsdimension erreichbar ist. Da im Zuge der E 12 Präparation eine Injektion von rot gefärbtem Kunststoff in die Arterien erfolgt, gelingt sehr leicht die Abgrenzung vom Venensystem, das sich wegen seiner Bluffüllung mit tief-schwarzem Inhalt darstellt.

Eine Plastinationsscheibe mit einer Dicke von 2 mm beinhaltet einen Querschnitt durch den gesamten Kopf mit der Möglichkeit zur Fokussierung auf den Luftsack mit all seinen Details. Die Scheibe kann mit bloßem Auge oder mit einer Lupe M-10, Firma Wild, Heerbrugg, Schweiz ausgewertet und fotografiert werden. Gescannte Bilder können auf dem PC unter Anwendung der Zoom-Funktion bis zu 600% vergrößert werden. Da von einem Kopf mehr als 100 Plastinationsscheiben erstellt werden können, ermöglicht die Aufarbeitung der gesamten Schnittserie eine umfassende, dreidimensionale Rekonstruktion und sehr übersichtliche Befunderhebung.

Auch für die Licht- und Transmissions-Elektronenmikroskopie werden Plastinationsscheiben, wie in der Abb. 3 dargestellt, verwendet, indem Areale geeigneter Größe aus dem Plastinat herausgestanzt und wie ein histologisches bzw. elektronenmikroskopisches Kunststoff-Blöckchen mit eingeschlossenem natürlichem Gewebe weiter bearbeitet werden. Dafür wird die Nativ-Präparationsmethode genutzt, die für die Bearbeitung von Hartgeweben, besonders Hufhorn entwickelt wurde (Budras et al. 2002). Unter Verzicht auf jegliche Fixierung und Einbettung gelingt bei diesem Verfahren eine erhebliche Zeit-

und Materialeinsparung bei qualitätsverbessernder Vermeidung von Artefakten. Zur Verbesserung der Bildqualität wird an den Ultradünnschnitten lediglich eine Behandlung mit Bleicitrat und Uranylacetat vorgenommen, wodurch der Kontrastmangel infolge des Wegfalls der Osmiumtetroxyd-Fixierung und -Kontrastierung ausgeglichen wird. Die Methode ist deshalb für die Weiterverarbeitung von Plastinationscheiben zur Aufhellung der Feinstruktur geeignet, weil die Plastinate mit Epoxyharz, also „künstlichem Horn“ imprägniert und gehärtet wurden. Beide Materialien (natürliches Hufhorn und Epoxyharz) besitzen sehr ähnliche physikalische Eigenschaften und vergleichbare Konsistenzen sowie ähnliche Härtegrade. Epoxyharz („Kunsthorn“) wird auch deshalb für die Reparatur von natürlichem Hufhorn verwendet.

## Diskussion der Literatur und der eigenen Befunde

Über den Luftsack existiert umfangreiche ältere Fachliteratur. Kurz nach Eröffnung der ersten tierärztlichen Bildungsstätte der Welt in Lyon beschreibt der französische Anatom Claude Bourgelat im Jahre 1764 als erster den Luftsack des Pferdes (Richter 1923). Diese anatomische Gegebenheit, die es unter den Haussäugetieren lediglich bei Pferd und Esel gibt, erregte frühzeitig das Interesse der Fachwelt, die versuchte, seine Bedeutung zu ergründen (Richter 1923). Dabei wurde keine schlüssige Erklärung gefunden. Der Luftsack hat weder mit dem Hörvermögen des Pferdes, mit seinen Lautäußerungen noch mit seinem Schwimmvermögen etwas zu tun.

Nach eigener Auffassung scheint seine Existenz mit dem Gewicht des Pferdekopfes verknüpft zu sein. Tiere mit einem schwergewichtigen Kopf benötigen offenbar zur Gewichtsreduzierung einen luftgefüllten Raum an der Schädelbasis. Das Rind besitzt diesen im Bereich der Choanen. Auch die luftgefüllten Sinus paranasales des Rindes sind sehr viel umfangreicher als die des Pferdes. Beim Pferd ist der Choanenbereich nur sehr eng und deshalb könnte der Luftsack als großer luftgefüllter Raum an der Schädelbasis als funktionelles Äquivalent fungieren (König 1984). Man kann allerdings auch argumentieren, dass ein höheres Gewicht des Kopfes unter Umständen eher Anpassungen im Bereich der Halsmuskulatur oder der passiven Halteeinrichtungen, wie am Nackenband, bedingen würde.

Für das Pferd und den Esel wurde noch vor kurzem die attraktive, aber unbegründete Hypothese vertreten, dass die Luft des Diverticulum tubae auditivae das zum Gehirn fließende Blut der A. carotis interna kühlen könnte (Wissdorf et al. 2002). Diese Vorstellung scheint für das Fluchttier Pferd mit seinen athletischen Fähigkeiten besonders überzeugend zu sein, um dem sprichwörtlichen Verlangen gerecht zu werden, einen kühlen Kopf zu bewahren. Durch die eigenen Untersuchungen kann die Hypothese nicht gestützt werden, denn die anatomischen Voraussetzungen für ein Kühlsystem unter Einbeziehung des Luftsackes fehlen. Die erste anatomische Voraussetzung wäre ein Wärmeaustauschsystem zwischen dem warmen Blut der A. carotis interna, die hauptsächlich das Gehirn versorgt und kühlen müsste, und dem kühleren Luftsack. Die A. carotis interna liegt zwar in einer Luftsackfalte und hat dadurch einen innigen Kontakt, aber die Aufspaltung in ein arterielles Wundernetz (Rete mirabile) als weitere anatomische Voraussetzung fehlt. (Von den Haussäugetieren

besitzen lediglich die Wiederkäuer, die Katze und das Schwein ein Rete mirabile in der A. carotis interna, bevor diese an das Gehirn heran tritt). Als weitere Voraussetzung müsste ein Temperaturgradient, ein sehr deutliches Temperaturgefälle zwischen dem arteriellen Blut und dem Luftsackinhalt vorliegen. Das trifft nicht zu, denn die im Diverticulum tubae auditivae enthaltene Luft unterliegt kaum Strömungen. Es ist bekannt, dass die Schleimhaut, die das Cavum tympani auskleidet, die Eigenschaft besitzt, Luft zu resorbieren. Ob dieses auch im Luftsack geschieht ist bislang nicht bewiesen. Selbst wenn das so wäre, würde dieser Resorptionsvorgang ein kontinuierlicher, langsamer und volumenanteilig ein äußerst geringfügiger sein. Durch die Bewegungen der Tubenöffnungen während des Schluckvorganges (Engelke 1995) kann ein Druckausgleich stattfinden, indem kleine Luftmengen ersetzt werden. Der Inhalt des Luftsackes oder die angrenzenden Strukturen würden dadurch kaum eine Kühlung erfahren. Es befindet sich demnach konstant körperwarmer Luft im Diverticulum tubae auditivae.

Autoren, die die sog. Kühltheorie unter Mitwirkung des Luftsackes unterstützen (Baptiste 1998, Baptiste et al. 2000, McConaghy 1995), haben die intensive arteriovenöse Koppelung zwischen A. carotis interna und dem Venensystem nicht in Betracht gezogen. Bevor die A. carotis interna in die Schädelhöhle eindringt bildet sie serpentinenartige Schleifen, die mit dem Sinus petrosus ventralis gekoppelt sind. Innerhalb der Schädelhöhle findet eine nächste Koppelung zwischen der zuführenden Arterie und dem umfangreichen venösen Sinus cavernosus statt. An diesen beiden Stellen könnte das venöse Blut zur Kühlung des arteriellen Blutes in der A. carotis interna beitragen.

Da alle anatomischen Voraussetzungen fehlen und die präzisen physiologischen Messungen von Mitchell et al. 2006 eindeutig dagegen sprechen, kann die Hypothese über ein Kühlsystem für das Gehirn unter Mitwirkung des Luftsackes nicht weiter aufrechterhalten werden (von Engelhardt 2010).

Der Luftsackinhalt mit seinem warmen und flüssigkeitsgesättigtem Milieu scheint eine ideale Keimstätte für Pilz- und Bakterienbesiedlungen zu sein, die vor allem katarrhalische Entzündungen hervorrufen (Grabner 1984). Auch Mykosen können sich im Luftsack ausbreiten und dessen dünne Wand sowie die anliegende Arterienwand erodieren und zu einer tödlichen Epistaxis führen (Berg und Budras 2009). Die A. carotis interna hat durch die Lage in einer Schleimhautfalte den engsten Kontakt zum Luftsack und ist deshalb besonders gefährdet. Übergreifende Mykosen können über das Ende der Ohrtrumpete das Mittelohr erreichen und auch vestibuläre Störungen hervorrufen (Frey 2006).

Die Nerven, die dem Luftsack anliegen und besonders die in den Luftsack eingefalteten Bahnen sind bei Luftsackerkrankungen irritiert. Das führt zu funktioneller Beeinträchtigung oder gar Funktionsausfällen im Innervationsgebiet mit den nachfolgend genannten Symptomen: N. facialis: Fazialislähmung; N. glossopharyngeus: pharyngeale Dysphagie; N. vagus: pharyngeale Dysphagie, Kehlkopfeifen, Dysfunktionen der Brust- und Bauchhöhlenorgane; N. accessorius: Halsschiefhaltung; N. hypoglossus: Zungenlähmung und- atrophie; Truncus sympathicus: Horner Syndrom (Budras und Röck 2009, Kipar und Freese 1992). Auch der Hörnerv (N. vestibulocochlearis) kann

betroffen sein, obwohl er nicht der Luftsackwand anliegt (Berg und Budras 2009, Wissdorf et al. 2002)

Die großen Lymphknotenpakete in unmittelbarer Nähe zum Luftsack (Lnn. retropharyngeus med. und- lat.) können bei jungen Pferden zu Abszessen führen (z. B. bei Infektion mit *Streptococcus equi*, bei der sog. Druse), die in den Luftsack einbrechen und zu Luftsackvereiterungen führen können.

Der unblutige Zugang zum Luftsack zwecks diagnostischer Endoskopie, Luftsackspülung oder minimal invasiver Eingriffe erfolgt derzeit durch die Nase über den Nasenrachen und die Ohrtrumpete, die zugleich in den Luftsack führt (König und Liebich 2009, McCarthy 1990, Constantinescu et al. 1997, Dyce et al. 2002, Wissdorf et al. 2002). In Vorbereitung auf den Eingriff ist die Orientierung über den direkten Zugang zur Ohrtrumpete, der zugleich in den Luftsack führt, geboten, um einen geeigneten Luftsackkatheter auszuwählen. Das Ostium pharyngeum tubae auditivae liegt in Höhe des lateralen Augenwinkels und variiert in seiner Größe (Länge der schlitzförmigen Öffnung), je nach Größe des Patienten zwischen 20 mm (Fohlen) und 75 mm. An dieser schlitzförmigen Öffnung, die medial von der knorpeligen Tubenklappe abgedeckt wird, kann bei ihrem Öffnungsvorgang während der Schluckbewegungen eine Schleimhautfalte gesehen werden, welche den Eingang in die Eustachische Röhre und damit zum Luftsack einengt (Skoda 1911, Sisson 1975). Diese Schleimhautfalte ist sowohl für den endoskopischen Zugang zum Luftsack, als auch für die laserchirurgische Erweiterung dieses Zugangs von praktischer Bedeutung. Sie wurde bereits von Skoda (1911) als Plica oclusiva bezeichnet.

Der chirurgische Luftsackzugang über das Viborgsche Dreieck mit Eröffnung der Luftsackwand ist nur noch in Ausnahmefällen erforderlich. Die Topographie der Regio parotidea ist unter Beachtung des Viborgschen Dreiecks für dort auszuführende Operationen nach wie vor wichtig (Otto et al. 1995, Fey 2006, Wissdorf et al. 2002).

Die Begriffe Plica neurovasculosa, Plica accessoria neuralis und die den Zugang zum Luftsack einengende Schleimhautfalte (Plica oclusiva tubae auditivae) werden weder in der Nomina Anatomica Veterinaria NAV (2005) noch in der Illustrierten Nomenklatur (Schaller 1992) genannt. Diese Begriffe sind für die Klinik wichtig und sollten in die Nomenklatur aufgenommen werden.

## Danksagung

Für die Herstellung der Anatomischen Präparate und der Photos danken wir Frau Präparatorin Martina Fersterra Leipzig.

## Literatur

- Baptiste K. E. (1998) A preliminary study on the role of the equine guttural pouches in selective brain cooling. *Vet. J.* 155, 139-148.  
Baptiste K. E., Naylor J. M. und Bailey J. (2000) A function for guttural pouches in the horse. *Nature* 403, 382-383  
Berg R. und Budras K.-D. (2009) Kopfhöhlen. In: Atlas der Anatomie des Pferdes. Von Budras, K.-D. und Röck, S. (Hrsg.), 6. Aufl. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 160-161

- Budras K.-D., Schiel C., Mülling C. und Patan B. (2002) Method for preparing untreated equine hoof horn for electron microscopic examination. *Microscopy technique* 58, 114-120  
Budras K.-D. und Röck S. (2009) Atlas der Anatomie des Pferdes. 6. Aufl. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 46  
Bierwirth-West H. (1983) Röntgenanatomische Untersuchung zur postnatalen Luftsackentwicklung beim Fohlen. Diss. Med. Vet. Hannover  
Constantinescu G. M., König H. E., Wilson D. und Keegan K. (1997) Clinical Anatomy of the Parotid Region in the Horse. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 84, 144-148  
Dyce K. M., Sack W. O. und Wensing C. J. G. (2002) Textbook of Veterinary Anatomy. 4th Ed. Saunders Elsevier, 522-525  
Engelhardt v. W. (2010) Thermoregulation und Schweißsekretion. In: v. Engelhardt (Hrg.) Physiologie der Haustiere, Enke, Stuttgart, 201  
Engelke E. (1995) Anatomische Grundlagen des Öffnungsvorganges der Tuba auditiva zur Pars nasalis pharyngis und zum Diverticulum tubae auditivae beim Pferd. Diss. Med. Vet. Hannover  
Fey K. (2006) Krankheiten der Luftsäcke. In: Dietz, O., Huskamp, B. (Herausg.) „Handbuch der Pferdekrankheiten“ 3. Aufl. Enke Verlag Stuttgart, 319-323  
Grabner A. (1984) Diagnostik und Therapie von Luftsackerkrankungen des Pferdes. *Tierärztl. Prax.* 12, 329-341  
Kipar A. und Frese K. (1992) Zungenlähmung infolge Luftsackmykose des Pferdes. *Dtsch. Vet. Med. Ges./Fachgr. Pferdekrankheiten*, 12, 84-88  
König H. E. (1984) Zur Topographie des Luftsackes (Diverticulum tubae auditivae) beim Pferd. *Tierärztl. Prax.* 12, 219-227  
König H. E. und Liebich H.-G. (2009) Anatomie der Haussäugetiere. 4. Aufl. Schattauer Verlag, Stuttgart New York, 466  
Liebich H.-G. und König H. E. (2009) Gleichgewichts- und Gehörorgan (Organum vestibulocochleare). In: König, H. E. und Liebich H.-G. (Hrsg.): Anatomie der Haussäugetiere. 4. Aufl. Schattauer Verlag Stuttgart, 597-600  
McConaghy F. F., Hales J. R. S., Rose R. und Hodgson D. R. (1995) Selective brain cooling in the horse during exercise and environmental heat stress. *J. Appl. Physiol.* 79, 1849-1854  
McCarthy P. H. (1990) The Triangle of Viborg (Trigonum Viborgi) and its Anatomical Relationship in the normal Standing Horse. *Anat. Histol. Embryol.* 19, 303-313  
Mitchell G., Fuller A. und Mallone S. K. (2006) Guttural pouches, brain temperature and exercise in horses. *Biol. Lett.* 2: 475-477  
Nomina Anatomica Veterinaria NAV (2005) International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. Published by the Editorial Committee, Hannover, Columbia, Gent, Sapporo  
Otto B., Ohnesorge B., Wissdorf H. und Übermuth K. (1995) Beitrag zur Topographie der endoskopisch sichtbaren Strukturen im Bereich des Luftsackes. *Pferdeheilkunde* 11, 35-41  
Richter H. (1923) Physiologische Bedeutung und Erklärung des Luftsackes (Diverticulum tubae auditivae Eustachii) bei Equiden und verwandten Tierarten (Tapiren, Rhinoceren, Hyracoiden) und Babi-russa. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 65, 1-74  
Schaller O. (1992) Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. Enke Verlag Stuttgart, 538-539  
Sisson S. (1975) The ear. In: Getty, R. (Ed.): Sisson and Grossman's Anatomy of the Domestic animals. Vol. I, 5th Ed. Saunders, Philadelphia, 719-727  
Skoda K. (1911) Über die Bedeutung der Tubendivertikel (Luftsäcke) bei den Equiden. *Anat. Hefte Abt I*, 42, 503-604  
Sora M.-C. (2007) Epoxy plastination of biological tissue: E12 ultrathin technique. *J. Int. Soc. Plastination* 22, 40-45.  
Wissdorf H., Gerhards H., Huskamp B. und Deegen E. (2002) Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. 2. Auflage. M u. H. Schaper, Alfeld Hannover, 202-216

Prof. Horst E. König  
Veterinär anatomisches Institut  
Universität Leipzig  
An den Tierkliniken 43  
04103 Leipzig  
horst.koenig@vetmed.uni-leipzig.de