

Kopf und Hals



Lerntag 9

1 Entwicklung

1.1 Überblick

Viele Strukturen von Kopf und Hals und ihre Lage sowie Fehlbildungen lassen sich besser verstehen, wenn man die Embryologie nachvollzieht. Verschiedene Teile des Embryos bilden Anlagen für Gesicht, Schädel und Hals. Diese Anlagen bestehen nicht alle gleichzeitig, sondern entwickeln sich um die 4./5. Woche herum. Manche Strukturen sind bereits zurückgebildet, wenn neue entstehen.

1.2 Entwicklung des Kopfes

1.2.1 Entwicklung der Schädelknochen

Das **Material für den Hirnschädel** (Neurokranium) stammt aus

- dem **Mesektoderm** (Neuralleistenmesenchym) des Kopfes → bildet die flachen Deckknochen der Schädelkapsel
- dem **prächordalen Mesoderm**: bildet einen großen Teil der Schädelbasis
- den **okzipitalen Somiten** (paraxiales Mesoderm): bildet einen Teil der hinteren Schädelbasis.

Ossifikation des Schädels. Die Knochen des **Schädeldachs** (Calvaria, Kalotte) entstehen durch desmale Ossifikation. Dabei bildet Bindegewebe die Knochennähte zwischen zwei benachbarten Knochenanlagen (Suturen). Die Sutura frontalis verknöchert im 2. Lebensjahr, die übrigen Suturen erst um das 40. Lebensjahr.

Die Knochen der **Schädelbasis** hingegen entstehen überwiegend durch chondrale Ossifikation.

Der **Gesichtsschädel** (Viszerokranium) geht im Wesentlichen aus den ersten beiden Schlundbögen hervor.

Suturen und Fontanellen

Für den Geburtsvorgang ist es wichtig, dass der Schädel sich noch verformen kann. Dies wird insbesondere durch die Schädelnähte, die **Suturen**, ermöglicht, die zunächst bindegewebig angelegt sind. Zudem braucht das sich entwickelnde Gehirn Platz und die flachen Schädelknochen wachsen mit. Beim Blick von oben kann man vier **Suturen** erkennen:

- **Sutura frontalis** zwischen linkem und rechtem Os frontale
- **Sutura coronalis** zwischen Os frontale und Os parietale
- **Sutura sagittalis** zwischen linkem und rechtem Os parietale
- **Sutura lambdoidea** zwischen Os parietale und Os occipitale.

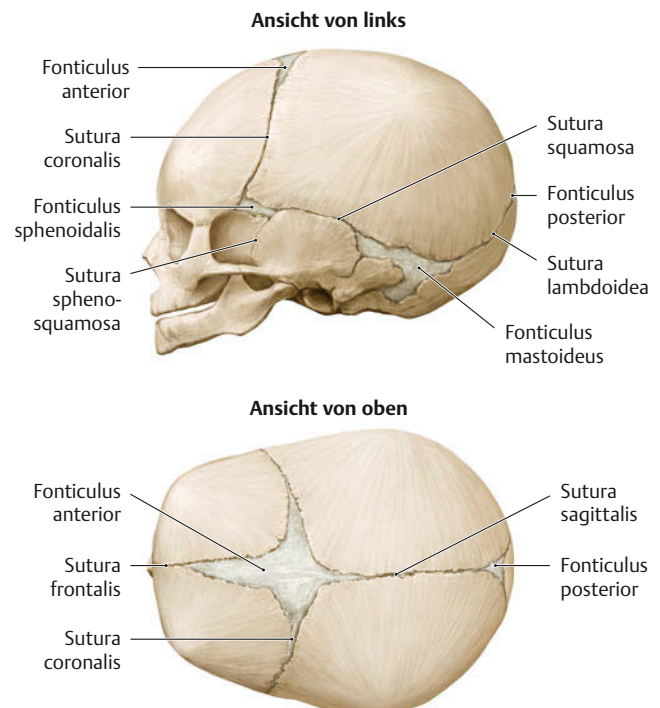


Abb. 1.1 Suturen und Fontanellen bei einem Neugeborenen. [Quelle: Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen: Voll, Wesker. Thieme, 2018]

Zwischen den Stellen, an denen die Knochen aneinandergrenzen, liegen zunächst bindegewebige Zonen vor, die **Fontanellen**:

- **Fonticulus anterior** („große Fontanelle“, Stirnfontanelle): **groß, viereckig, grenzt an die Sutura sagittalis, die Sutura frontalis und die Sutura coronalis.** Sie liegt zwischen Ossa parietalia und Ossa frontalia. Verschluss im 2. Lebensjahr.
- **Fonticulus posterior** („kleine Fontanelle“, Hinterhauptfontanelle): **klein, dreieckig, zwischen Ossa parietalia und Os occipitale.** Sie grenzt an die Lambda- und Sagittalnaht an. Verschluss im 3. Lebensmonat.
- **4 Seitenfontanellen:**
 - **vordere Seitenfontanellen** (Keilbeinfontanellen, Fonticulus sphenoidalis): Verschluss um den 6. Lebensmonat
 - **hintere Seitenfontanellen** (Warzenfontanellen, Fonticulus mastoideus): Verschluss gegen Ende des 1. Lebensjahres.

1.2.2 Entwicklung der Kopfmuskulatur

Aus den **Schlundbögen** (S.10) entstehen die Kaumuskeln, die Mundbodenmuskeln, die mimischen Muskeln und die Rachenmuskeln.

Das **Mesenchym der Prächordalplatte** bildet drei paarige mesenchymale Verdichtungen, aus denen die **äußeren Augenmuskeln** hervorgehen:

- aus der oberen Verdichtung entstehen Muskeln, die vom N. oculomotorius (III. Hirnnerv) innerviert werden: M. rectus inferior, medialis und superior; M. obliquus inferior; M. levator palpebrae superioris
- aus der mittleren Verdichtung entstehen: M. obliquus superior, innerviert vom N. trochlearis (IV. Hirnnerv)
- aus der unteren Verdichtung entstehen: M. rectus lateralis, innerviert vom N. abducens (VI. Hirnnerv).

1.2.3 Nase, Gesicht und Gaumen

Die **primären Nasenhöhlen** entstehen in der 6. Woche, indem sich die Riechgruben nach hinten erweitern. Sie sind durch die Mund-Nasen-Membran (**Membrana oronasalis**) noch von der darunterliegenden Mundanlage getrennt. Durch das Einreißen dieser Membran entstehen die **primären Choanen** (primäre innere Nasenöffnungen), die die primären Nasenhöhlen mit der Mundhöhle verbinden.

Die **definitiven Choanen** (Verlagerung der primären Choanen nach dorsal) entstehen durch Bildung des definitiven Gaumens. Sie verbinden die Nasenhöhle mit dem Nasenrachenraum (Nasopharynx). Gleichzeitig entwickelt sich vom Dach der Nasenhöhle ausgehend das mediane **Nasenseptum** (Scheidewand).

Blick in die Klinik Bei einer **Choanalatresie** ist die hintere Nasenöffnung knöchern oder membranös verschlossen. Bei beidseitigem Verschluss kann eine lebensbedrohliche Atemnot des Neugeborenen auftreten.

Das **Gesicht** (äußere Nase, Ober- und Unterkiefer) entsteht überwiegend aus Material des ersten Schlundbogens sowie aus Neuralleistenmesenchym.

Der **Gaumen** entsteht aus drei Anlagen:

- dem primären Gaumen
- den beiden (lateralen) Gaumenfortsätzen (Gaumenplatten, Processus palatini laterales).

Blick in die Klinik Bei **Gaumenspalten** ist die Vereinigung der beiden Gaumenfortsätze nicht oder nur teilweise erfolgt. Die Ausdehnung von Gaumenspalten variiert.

Die Spalten können auch kombiniert als **Lippen-Kiefer-Gaumenspalten** auftreten. Sie gehören zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen. **Laterale Lippen- und Kieferspalten** (am Oberkiefer) sind das Resultat von Verschmelzungsdefekten durch ungenügende Mesenchymbildung zwischen dem medialen Nasenwulst und dem Oberkieferwulst. Sie kommen ein- oder beidseitig vor und ihre Ausdehnung ist variabel.

Nur sehr selten treten **mediane** Oberlippenspalten durch fehlende Verschmelzung der medialen Nasenwülste auf.

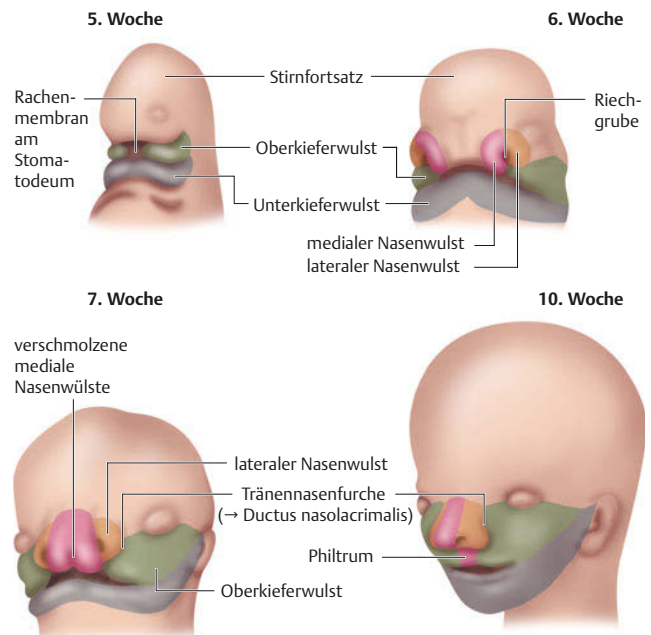


Abb. 1.2 Entwicklung des Gesichts in der 7. bzw. 10. Woche. Der Oberkieferwulst und der Unterkieferwulst entstehen aus dem Mesenchym des ersten Schlundbogens. Das Philtrum der Oberlippe entwickelt sich aus dem medialen Nasenwulst, welcher aus Neuralleistenmesenchym entsteht. [Quelle: Brand-Saberi, Ulf, Kurzlehrbuch Embryologie, Thieme, 2023]

1.2.4 Entwicklung der Zunge

An der Entwicklung der Zunge sind mesenchymale Anteile der ersten vier Schlundbögen beteiligt: Die **sensible Innervation** der Schleimhaut am **Zungenkörper** erfolgt durch den N. lingualis aus dem N. mandibularis (V. Hirnnerv, Nerv des 1. Schlundbogens). Der **Zungengrund** wird vom N. glossopharyngeus (IX. Hirnnerv, Nerv des 3. Schlundbogens) und hinten vom N. laryngeus superior aus dem N. vagus (X. Hirnnerv, Nerv des 4. Schlundbogens) innerviert.

Die Zungenmuskulatur entsteht aus Myoblasten, die aus **okzipitalen Somiten** eingewandert sind. **Alle Zungenmuskeln** werden entsprechend vom **N. hypoglossus** (XII. Hirnnerv) innerviert.

Das Epithel des **Zungenkörpers** (Corpus linguae) leitet sich von der Mundbucht ab und ist daher **ektodermal**, das Epithel des **Zungengrunds** (Radix linguae) stammt von unterhalb der Oropharyngealmembran und ist somit **endodermal**. Die Grenze zwischen beiden ist der **Sulcus terminalis**.

1.2.5 Entwicklung der Speicheldrüsen

Die Speicheldrüsen entstehen in der 6. und 7. Woche als solide Epithelsprossen der Mundbucht, die in das angrenzende Mesenchym einwachsen.

1.2.6 Entwicklung der Zähne

Beim Menschen wird das erste Gebiss (Milchzähne, Dentes decidui) durch ein zweites (bleibende Zähne, Dentes permanentes) ersetzt.

Anlage der Zähne

Ein Zahn entwickelt sich aus zwei Anteilen:

- Aus dem Ektoderm in der Mundbucht wird das Schmelzorgan (der Zahnschmelz) gebildet.
- Aus dem Neuralleistenmesenchym entstehen alle anderen Zahnbestandteile (S.36).

Der Zahnschmelz entsteht durch Proliferation von ektodermalem Epithel in das Mesenchym des Ober- und Unterkiefers. Dabei entsteht in jedem Kiefer eine sog. **generelle Zahnleiste**, aus der sich in der 8. Woche je 10 **Zahnknospen** entwickeln. Diese vergrößern sich und formen schließlich Glocken (**Schmelzglocken**).

Das **Schmelzorgan** besteht aus zwei Schichten: dem **äußeren Schmelzepithel** und dem **inneren Schmelzepithel**, welches aus Adamantoblasten besteht. Die Adamantoblasten des inneren Schmelzepithels bilden den Zahnschmelz. Zwischen den beiden Schichten befindet sich die **Schmelzpulpa**.

Die **Zahnpapille** entsteht durch Verdichtung des Mesenchyms, das vom inneren Schmelzepithel der Zahnglocke umgeben wird. An der Spitze der Zahnpapille bilden sich in der Nähe des inneren Schmelzepithels **Präodontoblasten** – die Vorläufer der Odontoblasten, der künftigen Dentinbildner. Vor dem Zahndurchbruch entwickelt sich um den gesamten Zahnkeim herum das **Zahnsäckchen**. Aus dem Zahnsäckchen entsteht später der Zahnhalteapparat.

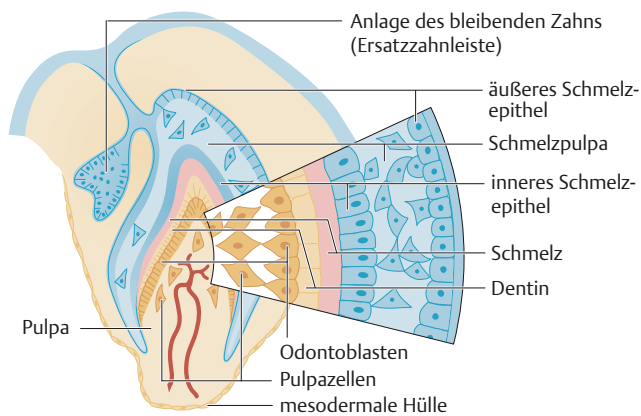


Abb. 1.3 Zahnentwicklung (Schema). Das Schmelzorgan besteht aus innerem und äußerem Schmelzepithel und der dazwischenliegenden Schmelzpulpa. Die Adamantoblasten des inneren Schmelzepithels bilden den Zahnschmelz. [Quelle: Drews, Taschenatlas der Embryologie, Thieme, 2006]

Lerntipp

Beschäftige dich mit dem histologischen Bild der Zahnanlage – das IMPP lässt dieses bisweilen in Examina beschriften.

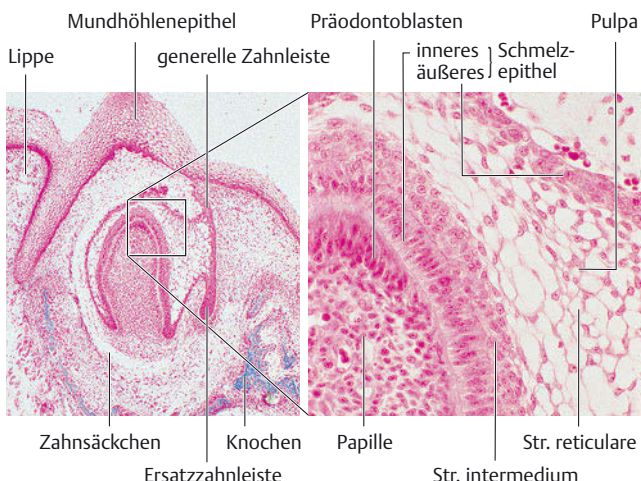


Abb. 1.4 Zahnentwicklung (Katze). [Quelle: Lüllmann-Rauch, Taschenlehrbuch Histologie, Thieme, 2015]

Hartgewebbildung. Am höchsten Punkt der Zahnkrone beginnt die Bildung der Hartschubstanz, zu der das **Dentin** zählt. Zunächst kommt es zur Verdickung der Basallamina und zur Entstehung der Basalmembran. Diese sog. „Membrana preformativa“ induziert die Differenzierung der Präodontoblasten zu **Odontoblasten** mit der Bildung von **Prädentin**.

Mit der Bildung des Prädentins kommt es zur Differenzierung des inneren Schmelzepithels zu **Präadamantoblasten**, auf die die **präsekretorischen Adamantoblasten** folgen. Auf dieses Signal hin mineralisiert das inzwischen gereifte Prädentin durch die **Einlagerung von Hydroxylapatit** $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ zu **Dentin**. Sobald die erste Dentinschicht entstanden ist, sezernieren die präsekretorischen Adamantoblasten organische **Schmelzmatrix** auf das Dentin. Die Adamantoblasten differenzieren sich zu **sekretorischen Adamantoblasten**. Sie sterben beim Durchbruch des Zahnes ab, weshalb der **Schmelz zellfrei** ist. Die Odontoblasten durchziehen die Dentinschicht zeitlebens und können auch nach der Geburt Dentin bilden. Dentin ist daher ein lebendes, regenerationsfähiges Gewebe.

Auch das **Wurzeldentin** wird in einer epithelialen Gussform gebildet. Vom Rand der Schmelzglocke aus wächst ein zweischichtiges Epithel als Wurzelscheide über den entstehenden Zahnhal hinaus nach apikal. Die Mesenchymzellen des Zahnsäckchens kommen mit dem Wurzeldentin in Kontakt und bilden Zement und Wurzelhaut (Desmodont). Dieser Prozess startet erst **2–3 Jahre nach dem Zahndurchbruch** erfolgt ist!

Zeitlicher Ablauf

Die Entwicklung der **Milchzähne** beginnt im 2. Embryonalmonat und endet im 2.–4. Lebensjahr, die Entwicklung der **bleibenden Zähne** beginnt in der Embryonalperiode und endet etwa im 12. Lebensjahr. Zum Zeitpunkt der Geburt sind also alle Zähne angelegt.

Ab dem 5./6. Lebensjahr werden die Wurzeln der Milchzähne durch Osteoklasten abgebaut und die Anlagen der bleibenden Zähne beginnen zu wachsen.

Im Durchschnitt sind bis zum 30. Lebensmonat alle 20 Milchzähne durchgebrochen, und zwar von vorn nach hinten:

- Im **Milchgebiss** bricht in der Regel der untere mediale Schneidezahn zuerst durch (Dens incisivus I), am häufigsten im **6.–12. Lebensmonat**.
- Der **2. Milchmolar** (Dens molaris II) ist in der Regel der letzte Milchzahn, der durchbricht.
- Der **erste bleibende Zahn** ist normalerweise der **erste Mahlzahn** (1. Molar, Dens molaris I). Er bricht in etwa im 5./6. Lebensjahr hinter der Milchzahnreihe durch und wird deshalb auch **6-Jahr-Molar** genannt.

Zwischen dem sechsten und dem achten Lebensjahr verlieren Kinder zunächst die mittleren Schneidezähne, dann die seitlichen. Zwischen dem 9. und dem 11. Lebensjahr werden die Eckzähne und die ersten Milchmahlzähne ersetzt, zuletzt etwa bis zum 13. Lebensjahr die zweiten Milchmahlzähne. Anschließend bricht dann noch der zweite Backenzahn durch. Die sog. Weisheitszähne bekommt man erst mit 17 Jahren oder noch später.

IMPP-Fakten

!! **Fonticulus anterior:** groß, viereckig, grenzt an **Sutura coronalis**, **Sutura frontalis** und **Sutura sagittalis**, zwischen Ossa parietalia und Ossa frontalia.

!!!! **Fonticulus posterior:** klein, dreieckig, zwischen Ossa parietalia und Os occipitale, grenzt an Lambda- und Sagittalnaht, Verschluss im 3. Lebensmonat.

!! Laterale **Lippen- und Kieferspalten** (am Oberkiefer) sind das Resultat von Verschmelzungsdefekten zwischen Nasen- und Oberkieferwulst.

! Das **Schmelzorgan** bildet den Zahnschmelz.

!!! **Odontoblasten** liegen an der Spitze der Zahnpapille, die **Schmelzpulpa** liegt zwischen innerem und äußerem Schmelzepithel (im **histologischen Bild** der Zahnentwicklung erkennen!).

!! Odontoblasten können auch nach der Geburt **Dentin** bilden. Dentin ist somit **regenerationsfähig**.

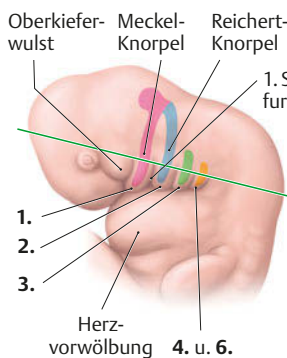
! Die Entwicklung der **bleibenden Zähne** beginnt in der **Embryonalperiode**.

! Der **erste bleibende Zuwachszahn** ist normalerweise der erste Mahlzahn (**1. Molar**).

1.3 Schlundbögen, Schlundtaschen und Schlundfurchen

In der 4. bis 5. Woche entstehen insgesamt 5 **Schlundbögen** als schräg verlaufende, spangenförmige Wülste. Sie sind mit Mesenchym gefüllt, das der Neuralleiste und dem Kopfmesoderm entstammt.

Ansicht von links



Schnitt durch die Schlundbögen

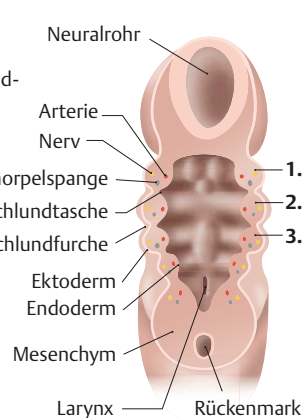


Abb. 1.5 Embryo in der 4. bis 5. Woche mit angelegten Schlundbögen. Der Schnitt durch die Schlundbogenregion (rechts) zeigt die angelegten Schlundbögen (fettgedruckte Nummern) sowie die von innen eingestülpten Schlundtaschen und die von außen eingestülpten Schlundfurchen. Die Schlundbögen entstehen aus Zellen der Neuralleiste und aus Mesoderm, die Schlundtaschen aus Endoderm und die Schlundfurchen aus Ektoderm. Jeder Schlundbogen enthält eine Knorpelspange, Muskulatur, einen Hirnnerv sowie eine Arterie. [Quelle: Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen: Voll, Wesker. Thieme, 2022]

Die Schlundbögen werden auch als **Branchialbögen, Pharyngealbögen** (veraltet: Kiemenbögen) bezeichnet.

Zwischen den 5 **Schlundbögen** befinden sich Einfaltungen oder Einbuchtungen, die außen 4 **Schlundfurchen** (auch Kiemenfurchen) und innen 4 **Schlundtaschen** bilden. Die Schlundfurchen sind ektodermalen Ursprungs, die Schlundtaschen endodermal. Der 1. Schlundbogen ist auch auf der Innenseite von Ektoderm überkleidet.

1.3.1 Schlundbögen

Entstehung

In der lateralen Wand des Kopfdarms (primitiver Pharynx) entstehen in der 4. bis 5. Woche durch Proliferation mesenchymaler Zellen, die aus der Neuralleiste und aus paraxialem Mesoderm einwandern, die **Schlundbögen**.

Es handelt sich um 5 schräg verlaufende (spangenförmige) Wülste. Dabei wird wie folgt gezählt: **1 bis 4 und 6**.

Lerntipp

Der **5. Schlundbogen** ist nur rudimentär angelegt und wird in der aktuellen Embryologie-Literatur nicht beschrieben. Irreführenderweise wird manchmal trotzdem von Bogen 4 **bis** 6 gesprochen.

Lerntipp

Die Embryonalentwicklung von Kopf und Hals wird gerne gelehrt und geprüft. Mach dir also gut klar, welche Ursprungsstrukturen (also z. B. welche Schlundbögen) welche späteren Gewebe bilden und – umgekehrt – aus welchen Strukturen sich ein bestimmtes Gewebe ableitet.

Typischer Aufbau

Zu jedem Schlundbogen (Pharyngealbogen) gehören:

- charakteristische Muskeln
- ein Schlundbogennerve
- eine Knorpelspange
- eine Schlundbogenarterie.

Die Knorpelspangen lösen sich zum Teil auf oder sie bilden bestimmte Knorpel und Knochen.

Die Muskulanlagen der einzelnen Bögen können in benachbarte Gebiete auswandern. Die Herkunft der ausgewanderten Muskeln ist jedoch anhand ihrer Nervenversorgung (Nerv des Ursprungsbogens) erkennbar.

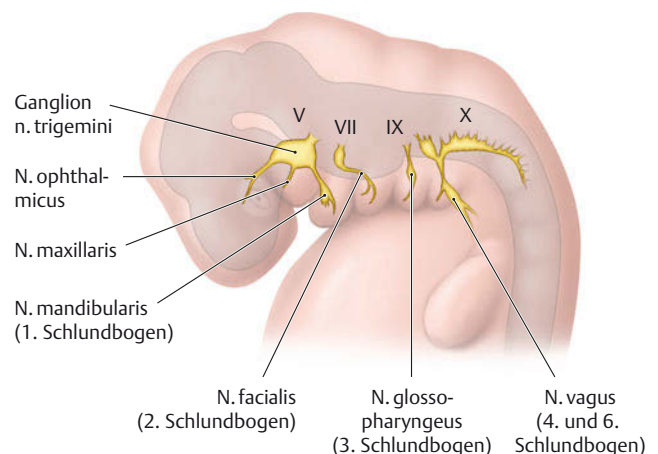


Abb. 1.6 Innervation der Schlundbögen. [Quelle: Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen: Voll, Wesker. Thieme, 2022]

Lerntipp

Da Strukturen immer ihre Innervation behalten, egal wo ihr endgültiger Bestimmungsort im Körper ist, kann man herleiten, aus welchem Bogen sie entstanden sind, wenn man die Innervation kennt. Andersrum kann man sich die Innervation gut ableiten, wenn man weiß, aus welchem Schlundbogen eine Struktur stammt.

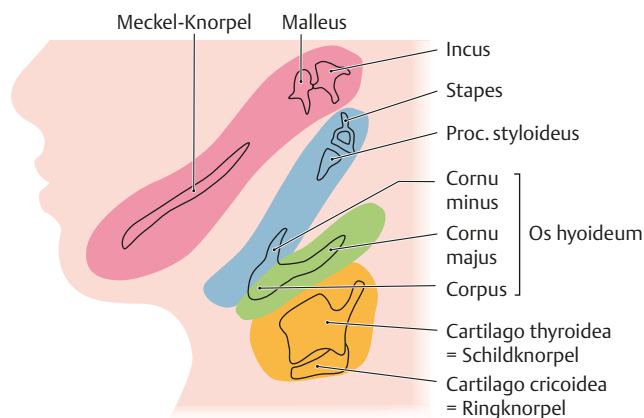
Erster Schlundbogen (Mandibularbogen)

- **Kaumuskeln:** M. masseter, **M. temporalis**, M. pterygoideus medialis, M. pterygoideus lateralis
- **ausgewanderte Muskeln:** M. mylohyoideus und Venter anterior des M. digastricus (suprahyale Muskeln des Mundbodens), M. tensor veli palatini (Gaumenmuskel), M. tensor tympani (Mittelohrmuskel).

Der zugehörige Nerv ist der **N. mandibularis** des N. trigeminus (V. Hirnnerv).

Die Knorpelspange ist der **Meckel-Knorpel**. Er liegt größten-
teils in der Anlage des Unterkiefers. Aus zwei kleinen Anteilen am oberen hinteren Ende des Meckel-Knorpels entstehen die Gehörknöchelchen Malleus (Hammer) und **Incus** (Amboss). Aus der Knorpelspange leitet sich noch das Lig. sphenomandibulare (und das Lig. mallei anterior) ab. Der übrige größere Teil des Meckel-Knorpels (innerhalb der Unterkieferanlage) bildet sich zurück.

Zusätzlich entstehen aus dem Mesenchym des ersten Schlundbogens der **Oberkieferwulst** und der **Unterkieferwulst** (Abb. 1.2). Das **Philtrum** der Oberlippe entwickelt sich aus dem **medialen Nasenwulst**, welcher aus Neuralleistenmesenchym entsteht.



1. Schlundbogen 2. Schlundbogen 3. Schlundbogen 4. und 6. Schlundbogen

Abb. 1.7 Strukturen der Schlundbögen beim Erwachsenen. In diesem Bild sind jene Strukturen farblich markiert, die aus den knorpeligen Anlagen der Schlundbögen hervorgehen. Man sieht hier auch, wie weit diese Strukturen teilweise wandern, beispielsweise Hammer (Malleus) und Amboss (Incus) die aus dem Meckel-Knorpel entstehen. [Quelle: Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen: Voll, Wesker. Thieme, 2022]

Zweiter Schlundbogen (Hyoidbogen)

- **mimische Muskeln**, d. h. Gesichtsmuskulatur wie der **M. buccinator**
- **ausgewanderte Muskeln:** M. stylohyoideus und Venter posterior des M. digastricus (suprahyale Muskeln) und der M. stapedius (Mittelohrmuskel).

Der zugehörige Nerv ist der **N. facialis** (VII. Hirnnerv).

Die Knorpelspange ist der **Reichert-Knorpel**, aus dem der **Stapes** (Steigbügel, 3. Gehörknöchelchen), der Proc. styloideus, das kleine Horn (Cornu minus) des Zungenbeins (**Os hyoideum**) und der obere Teil des Zungenbeinkörpers hervorgehen.

Ferner entsteht aus der Spange das Lig. stylohyoideum.

Dritter Schlundbogen

- **obere Muskeln des Pharynx:** M. constrictor pharyngis superior und M. constrictor pharyngis medius (teilweise), M. salpingopharyngeus und M. stylopharyngeus
- **Teil der Gaumenmuskeln** (Muskeln des weichen Gaumens, Velum palatinum): M. palatoglossus und M. palatopharyngeus.

Der zugehörige Nerv des 3. Schlundbogens ist der **N. glossopharyngeus** (IX. Hirnnerv).

Die Knorpelspange bildet den unteren Teil des Körpers und das große Horn (Cornu majus) des **Os hyoideum**.

Vierter Schlundbogen

- **untere Muskeln des Pharynx:** M. constrictor pharyngis medius, M. constrictor pharyngis inferior
- **äußerer Kehlkopfmuskel:** M. cricothyroideus
- M. palatopharyngeus.

Der zugehörige Nerv ist der **N. vagus** (X. Hirnnerv) bzw. sein Ast, der **N. laryngeus superior**.

Aus seinem knorpeligen Teil entsteht die **obere Hälfte des Schildknorpels** (Cartilago thyroidea) des Kehlkopfes.

Sechster Schlundbogen

- **alle inneren Kehlkopfmuskeln**
- M. constrictor pharyngis inferior.

Der zugehörige Nerv ist der **N. vagus** (X. Hirnnerv) bzw. sein Ast, der **N. laryngeus recurrens**. Zudem werden der M. sternocleidomastoideus und M. trapezius manchmal dem 6. Schlundbogen zugeschrieben. Ihr Nerv ist der N. accessorius (XI. Hirnnerv).

Aus dem knorpeligen Teil entstehen Kehlkopfknorpel, nämlich die **Cartilago thyroidea** (unterer Teil), die **Cartilago cricoidea** (Ringknorpel) und die **Cartilago arytenoidea** (Stellknorpel).

1.3.2 Schlundtaschen

Am primitiven Pharynx sind in der 4. bis 5. Woche **innen** jeweils 4 Einbuchtungen zwischen den Schlundbögen, die Schlundtaschen, zu finden. Aus ihrer **endodermalen** Auskleidung entstehen verschiedene Organe der Kopf-, Hals- und oberen Brustregion.

Lerntipp

Die Nummerierung der Schlundtaschen kann verwirrend sein. Während in älteren Quellen oft 5 Taschen beschrieben werden, wird heute die kleine Einkerbung der 4. Tasche nicht mehr als eigenständige 5. Tasche sondern „nur“ als Ultimobranchialkörper bezeichnet. Aus ihm gehen die C-Zellen der Schilddrüse hervor. Ältere Prüfungsfragen bieten zwischenzeitlich richtige Aussagen zur Schlundbogennummer der C-Zellen noch als Dis-traktoren an.

Erste Schlundtasche. Aus dem tiefen Teil der ersten Schlundtasche entsteht durch Aussackung die Anlage der **Paukenhöhle** (**Cavitas tympani**), aus dem **oberflächlichen** die **Tuba auditiva** (**Ohrtrompete**). Dadurch verbindet später die Ohrtrompete die Paukenhöhle mit dem Nasenrachenraum. Das Endoderm der Paukenhöhle bildet zudem die Innenfläche des Trommelfells.

Zweite Schlundtasche. Ein Teil des Endoderms der zweiten Schlundtasche proliferiert und wird zum Oberflächen- und Kryptenepithel der **Gaumenmandel** (Tonsilla palatina). Der Rest dieser Schlundtasche bildet beim Erwachsenen die **Fossa supratonsillaris**, eine Vertiefung über der Gaumenmandel.

Dritte Schlundtasche. Diese und auch die 4. Schlundtasche besitzen je eine ventrale und eine dorsale Ausstülpung (Knospe). Aus der ventralen Knospe der dritten Schlundtasche geht die **epitheliale Thymusanlage** hervor, aus der dorsalen die Anlage des **unteren Epithelkörperchens** (**Glandula parathyroidea inferior**). Beide Organanlagen wandern abwärts und verlieren ihre Verbindung zur Schlundtasche.

Vierte Schlundtasche. Das Epithel der dorsalen Ausstülpung der vierten Schlundtasche bildet die **oberen Epithelkörperchen**. Die ventrale Knospe bildet den **Ultimobranchialkörper** der Schilddrüse. Dieser ist für die Entstehung der C-Zellen verantwortlich.

1.3.3 Schlundfurchen

Die Schlundfurchen sind die **äußeren ektodermalen** Einstülpungen zwischen den Schlundbögen. In der 5. Woche sind noch 4 Schlundfurchen sichtbar; aber nur die **erste** bildet eine Organanlage. Sie wird zum **äußeren Gehörgang** und ihr Epithel bildet den **äußeren Anteil des Trommelfells**.

Durch starke Proliferation seines Mesenchyms dehnt sich der 2. Schlundbogen weit nach unten aus und überlagert die Furchen 2 bis 4, die dadurch ihre Verbindung mit der Oberfläche verlieren. Diese Furchen bilden vorübergehend eine kleine (von Ektoderm ausgekleidete) Höhle, den **Sinus cervicalis**, der während der weiteren Entwicklung verschwindet.

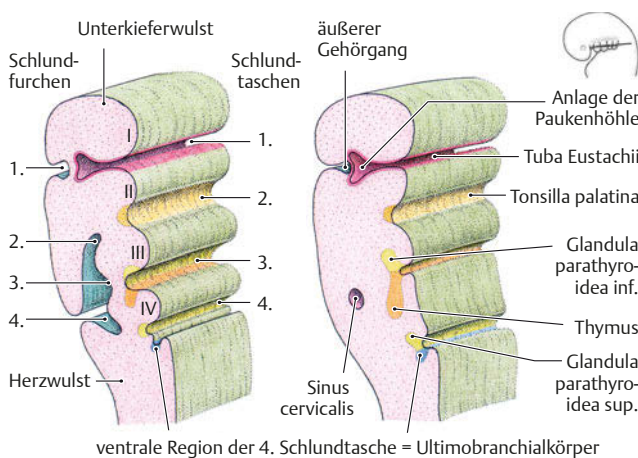


Abb. 1.8 Schlundfurchen und -taschen. Links: 4. bis 5. Woche. Rechts: Kurze Zeit später. Im rechten Bild sind die Strukturen eingetragen, die aus dem Gewebe der Schlundtaschen hervorgehen. [Quelle: Brand-Saberi, Ulfig, Kurzlehrbuch Embryologie, Thieme, 2023]

Blick in die Klinik Persistiert der Sinus cervicalis, d. h. wenn die Schlundfurchen 2 bis 4 sich nicht vollständig verschließen, entsteht eine **laterale Halszyste**. Bleibt auch eine Verbindung zur äußeren Oberfläche, so entsteht eine Halszyste mit einem Fistelgang (Verbindungsrohre), dessen Öffnung vor dem M. sternocleidomastoideus liegt (meist auf Höhe des Kehlkopfes).

1.3.4 Aortenbögen (Schlundbogenarterien)

Entstehung der Schlundbogenarterien

Die Begriffe **Schlundbogenarterie**, Kiemenbogenarterie, Pharyngealbogenarterie oder **Aortenbogen** werden synonym verwendet.

Bei der Entwicklung der Schlundbögen (S. 10) erhält jeder Bogen eine eigene Arterie. Die Aortenbögen entspringen dabei aus der Aortenwurzel, die sich in die beiden ventralen Aorten aufzweigt. Sie münden dorsal beidseits in die paarige Aorta dorsalis. Weiter kaudal verschmelzen die paarigen Aorten zur absteigenden Aorta.

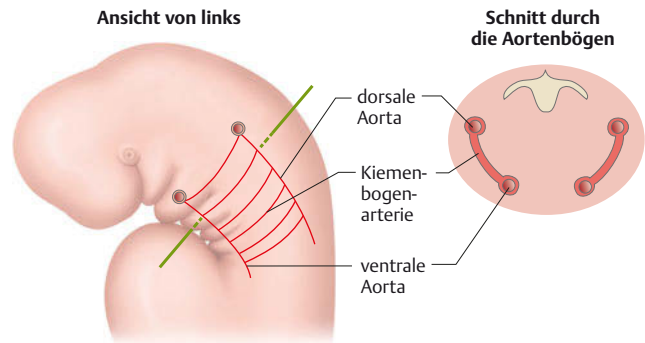


Abb. 1.9 Aortenbögen. 5. Entwicklungswoche.

Es werden beidseits 6 Aortenbögen angelegt, die jedoch **nicht gleichzeitig** vorhanden sind. Das heißt, dass zu dem Zeitpunkt, an dem das 6. Aortenbogenpaar angelegt wird, sich das 1. und 2. Paar schon zurückgebildet haben.

Derivate der Schlundbogenarterien

Aus den Aortenbögen gehen folgende Strukturen hervor:

- 1. **Aortenbogen:** verschwindet größtenteils; nur kleine Abschnitte beteiligen sich an der Bildung der A. maxillaris und der A. carotis externa.
- 2. **Aortenbogen:** bildet sich größtenteils zurück; nur aus dem dorsalen Abschnitt entstehen die A. stapedia und die A. hyoidea.
- 3. **Aortenbogen:** bildet mit seinem distalen Abschnitt die A. carotis interna und mit dem proximalen die A. carotis communis
- 4. **Aortenbogen:** bildet links den definitiven Aortenbogen, rechts den proximalen Abschnitt der A. subclavia dextra
- 5. **Aortenbogen:** wird (analog zum 5. Schlundbogen) häufig nicht angelegt und hat keine Derivate
- 6. **Aortenbogen:** bildet links den Ductus arteriosus (Botalli) sowie den proximalen Teil des Truncus pulmonalis und rechts den proximalen Teil der A. pulmonalis dextra.

IMPP-Fakten



- !! Der 1. Schlundbogen bringt die **Kaumuskeln** sowie die kleinen Gehörknöchelchen **Hammer** (Malleus) und **Amboss** (Incus) hervor.
- ! Der 2. Schlundbogen bringt die **mimischen Muskeln** hervor.
- ! Der N. facialis wird dem 2. Schlundbogen zugeordnet.
- ! Aus der Knorpelspange des 2. Schlundbogens (**Reichert-Knorpel**) gehen u. a. Teile des **Os hyoideum** hervor.
- ! Der Stapes geht aus dem 2. Schlundbogen hervor.
- ! Weitere Teile des **Os hyoideum** stammen aus dem 3. Schlundbogen.
- !! Der N. glossopharyngeus ist der zugehörige Nerv des 3. Schlundbogens.
- ! Der 6. Schlundbogen bringt die **innere Kehlkopfmuskulatur** hervor.

- ! Die **1. Schlundtasche** bildet u. a. die **Tuba auditiva**.
- !! Aus der dorsalen Knospe der **3. und 4. Schlundtasche** geht die Anlage des Epithelkörperchens (**Glandula parathyroidea**) hervor.
- !! Wenn die Schlundfurchen 2 bis 4 sich nicht vollständig verschließen, also der **Sinus cervicalis** persistiert, entsteht eine **laterale Halszyste**.
- !! Die **A. carotis interna** entwickelt sich aus dem **3. Aortenbogen**.
- !! Der **Ductus arteriosus (Botalli)** entstammt dem **6. Aortenbogen**.

1.4 Entwicklung des Halses

1.4.1 Entwicklung der Halsmuskulatur

Die infrahyalen Muskeln des Halses entsprechen der Fortsetzung der vorderen Längsmuskelpalte der Rumpfwand.

Der M. sternocleidomastoideus stammt wie der M. trapezius größtenteils aus dem Seitenplattenmesoderm. Ihre gemeinsame Innervation ist der N. accessorius (XI. Hirnnerv).

1.4.2 Entwicklung des Kehlkopfs

Der Kehlkopf entwickelt sich aus:

- dem **Endoderm** des kranialen Abschnitts des Laryngotrachealschlauches
- dem **Mesenchym** des **4. und 6. Schlundbogens** (Abb. 1.7).

1.4.3 Schilddrüse und Nebenschilddrüsen

Schilddrüse. Die Schilddrüsenanlage entsteht um den 24. Tag aus **Epithelgewebe des Schlunddarms**. Der Anlageort entspricht dem späteren Foramen caecum (am Sulcus terminalis) und befindet sich damit **zwischen Material, das später zur Zunge wird**. Von der Epithelknospe wächst ein Epithelstrang nach unten in das Mesenchym und bildet einen Schlauch, den **Ductus thyroglossus**. Das solide Ende des Ductus wächst weiter kaudalwärts und bildet zwei seitliche Lappen, die über ein schmales Querstück (Isthmus) verbunden bleiben. Die C-Zellen wachsen aus dem Ultimobranchialkörper der 4. Schlundtasche ein.

Der Ductus thyroglossus kann vom Isthmus bis zum Zungenbein reichen. Er bildet sich normalerweise zurück. Bleibt er bestehen, können mediane Halszysten entstehen. Der untere Anteil des Ductus kann als Lobus pyramidalis erhalten bleiben.

Nebenschilddrüse (Epithelkörperchen). Die **unteren** Epithelkörperchen leiten sich von der **3. Schlundtasche**, die **oberen** von der **4. Schlundtasche** ab.

Blick in die Klinik Mediane Halszysten sind Überreste des Ductus thyroglossus. Sie liegen in der Mittellinie meist zwischen dem Zungenbein und dem Kehlkopf. Ein Fistelgang, welcher in der Mundhöhle endet, kann jedoch auch bis zum Foramen caecum ziehen.

IMPP-Fakten



- ! Der Hauptteil der **Schilddrüse** stammt von **Epithel zwischen den Zungenanlagen** ab.
- ! Eine Halszyste entsteht aus Überresten des **Ductus thyroglossus**.

2 Schädelknochen

2.1 Schädel: Aufbau und Funktion

Die insgesamt **22 teils paarigen, teils unpaarigen Schädelknochen** bilden die knöcherne Grundstruktur des Kopfes. Sie werden eingeteilt in das **Neurokranium** (S. 14) (**Gehirnschädel**) und das **Viszerokranium** (S. 14) (**Gesichtsschädel**).

Die **Grenze** zwischen Neuro- und Viszerokranium verläuft entlang einer Linie, die sich von der Nasenwurzel beidseits über die Orbitadächer bis hin zu den äußeren Gehörgängen erstreckt.

2.1.1 Schädel und Schädelnähte im Überblick

Die Schädelknochen und -nähte sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

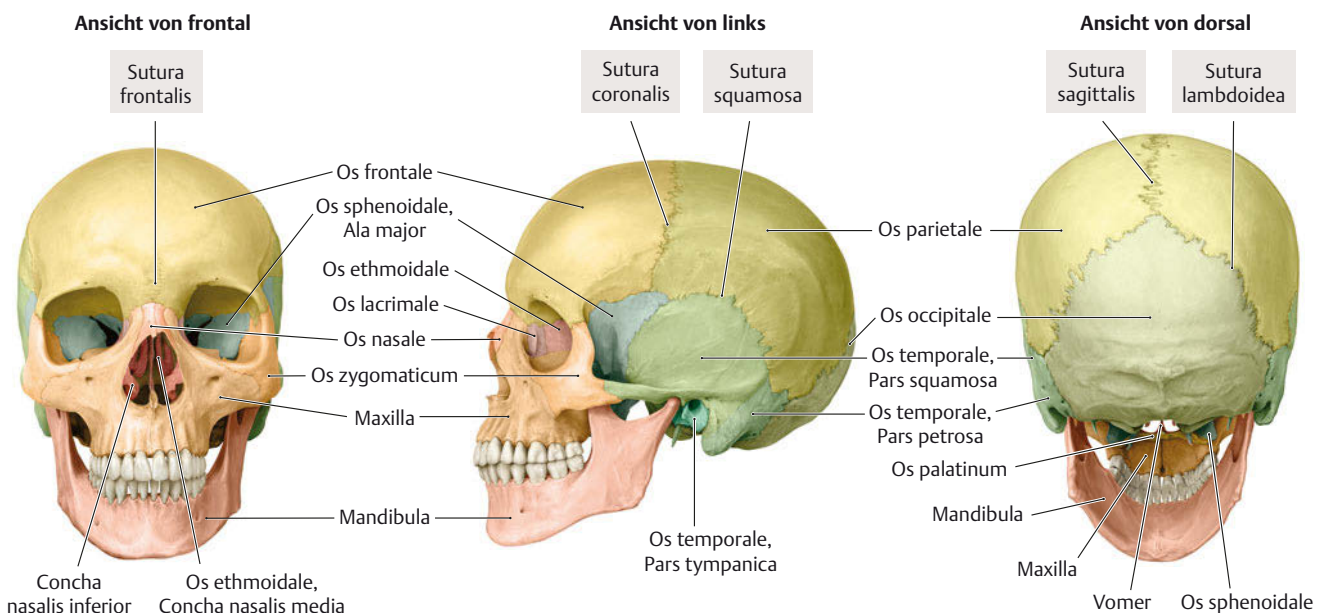


Abb. 2.1 Schädelknochen und -nähte im Überblick. In der Frontalansicht wird die Ausdehnung des Viszerokraniums (orange und rot) deutlich. [Quelle: Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen: Voll, Wesker. Thieme, 2018]

2.1.2 Schichtaufbau des Schädels

Sowohl das Neurokranium als auch das Viszerokranium besitzen von außen nach innen denselben **dreischichtigen Aufbau**:

Die Schädelknochen bestehen aus einer kompakten **Lamina externa** und **interna**. Dazwischen befindet sich die **Diploë-Schicht** mit einem schwammartigen Aufbau. Sie enthält rotes Knochenmark und ist an der Blutbildung beteiligt.

2.1.3 Neurokranium

Das Neurokranium besteht aus den Knochen der **Schädelbasis** (Basis cranii) und des ca. 5 mm dicken **Schädeldachs** (Calvaria). 2 (Ossa parietalia und Ossa temporalia) der insgesamt 7 Knochen sind paarig angelegt.

Os frontale (Stirnbein)

Es besteht aus folgenden Anteilen:

- **Squama frontalis**: Stirnbeinschuppe, bildet die Stirn
- **zwei Partes orbitales**: bilden Orbitadächer
- **Pars nasalis**: kraniales Nasenskelett.

Os temporale (Schläfenbein)

Zwischen dem Os occipitale und dem Os sphenoidale liegt das Schläfenbein jeweils paarig auf beiden Seiten des Schädels. Es besteht aus drei Teilen:

- **Pars squamosa**: Seitenwand der Schädelkalotte, trägt die Pfanne des Kiefergelenks
- **Pars petrosa**: Hier findet sich das Gehör- und Gleichgewichtsorgan. Die Pyramide der Pars petrosa wird als **Felsenbein** bezeichnet und ist der **härteste Knochen** des menschlichen Skeletts.
- **Pars tympanica**: Teil des äußeren Gehörgangs.

Das Schläfenbein besitzt zwei Processus, den **Processus mastoideus** und den **Processus styloideus**, die beide zur Pars petrosa gehören.

Blick in die Klinik Bei einer **Mittelohrentzündung** können Bakterien vom Mittelohr zum angrenzenden **Processus mastoideus** (enthält luftgefüllte Kammern) gelangen und zu einer Entzündung (**Mastoiditis**) führen.

Als weitere Komplikation der Mittelohrentzündung kann eine Hirnhautentzündung (**Meningitis**) auftreten. Oberhalb des **Tegmen tympani**, dem Dach des Mittelohrs, liegt der **Temporallappen** in der mittleren Schädelgrube. Durch die enge topografische Beziehung und die geringe Dicke des Mittelohrdaches können sich Keime einer Mittelohrentzündung in der mittleren Schädelgrube ausbreiten.

Os sphenoidale (Keilbein)

Das Keilbein befindet sich in der Mitte der mittleren Schädelgrube. Es ist charakterisiert durch seine Form mit vier Flügeln. Vom **Corpus** ausgehend befinden sich auf beiden Seiten jeweils ein großer Flügel (**Ala major**) und ein kleiner Flügel (**Ala minor**).

Os parietale (Scheitelbein)

Die paarig angelegten Scheitelbeine haben eine nahezu viereckige Form. Auf der Innenseite findet man eine Knochenrinne (**Sulcus arteriae meningae mediae**), in der die A. meningea media verläuft.

Os occipitale (Hinterhauptsbein)

Es kann in drei Anteile gegliedert werden:

- Pars basilaris
- Partes laterales
- Squama occipitalis.

Im Os occipitale befindet sich das **Foramen magnum**, durch das die Schädelhöhle mit dem Wirbelkanal verbunden ist.

2.1.4 Viszerokranium

Das Viszerokranium ist aus einer Vielzahl kleinerer Knochen aufgebaut.

Maxilla (Oberkiefer)

Der Oberkiefer ist paarig angelegt. Aufgrund der zentralen Lage sind die beiden Oberkieferknochen u. a. am Aufbau der Orbitahöhle, des Gaumens und der Nasenhöhlenwand beteiligt. Sie bestehen aus einem Körper (Corpus) und 4 Fortsätzen:

- **Processus palatinus** (bildet einen Teil des harten Gaumens)
- **Processus alveolaris** (trägt die obere Zahnreihe)
- **Processus zygomaticus** (bietet dem Os zygomaticum die mediale Abstützung)
- **Processus frontalis** (mediale Begrenzung der Orbita).

Mandibula (Unterkiefer)

Die unpaarige Mandibula ist aus einem gebogenen, zahntragenden **Corpus mandibulae** und zwei aufsteigenden Fortsätzen, den **Rami mandibulae**, aufgebaut. Die beiden Fortsätze zweigen sich an ihren Enden noch einmal auf in zwei Anteile:

- **Processus coronoideus** (ventral, Ansatzpunkt für den M. temporalis)
- **Processus condylaris** (dorsal, Gelenkfortsatz für das Kiefergelenk).

Die Mandibula ist über das Kiefergelenk mit dem restlichen Viszerokranium verbunden.

Os palatinum (Gaumenbein)

Das Os palatinum ist ein paariger Knochen. Es grenzt vorne an die Maxilla und kranial und dorsal an das Os sphenoidale. Es besteht aus zwei Platten, einer waagerechten **Lamina horizontalis** und einer senkrechten **Lamina perpendicularis**. Erstere bildet das hintere Drittel des harten Gaumens. Die Lamina perpendicularis begrenzt einen Teil der lateralen Nasenhöhle.

Os zygomaticum (Jochbein)

Das paarig angelegte Jochbein bildet eine Brücke zwischen Gesichtsschädel und seitlicher Schädelwand. Gemeinsam mit dem **Processus zygomaticus** des Os temporale formt es den Jochbogen (**Arcus zygomaticus**). Seine **Facies orbitalis** stellt den größten Teil der seitlichen Orbitawand dar.

Os nasale (Nasenbein)

Das paarig angelegte Os nasale bildet das Dach der Nasenhöhle. Es grenzt an das Stirnbein und seitlich an die Maxilla.

Os lacrimale (Tränenbein)

Das paarig angelegte Tränenbein bildet einen Teil der seitlichen Nasenwand und medialen Orbitawand.

Concha nasalis inferior (untere Nasenmuschel)

Die Concha nasalis inferior ist paarig angelegt und eine von drei paarigen Nasenmuscheln (S.31). Sie ist im Gegensatz zur mittleren und oberen Nasenmuschel (Teile des Os ethmoidale) ein eigener Knochen.