



DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Das Mittel- und Innenohr von ausgewählten Feliden (*Felis chaus*, *Puma concolor*, *Caracal caracal*, *Prionailurus viverrinus*)“ – 3D-Rekonstruktionen

verfasst von

Lisa Etmayr

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 445 477

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde und UF Haushaltsökonomie und Ernährung

Betreut von: ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Doris Nagel

In liebevoller Erinnerung an meinen Opa

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract und Kurzfassung.....	1
1.1 Abstract	1
1.2 Kurzfassung	2
2. Einleitung.....	3
2.1 Systematik und Phylogenie	3
2.2 Evolution und Fossilgeschichte der Felidae.....	3
2.2.1 Die ersten echten Katzen	6
2.2.2 Die Unterfamilie der † Machairodontinae	8
2.2.3 Die Einteilung der rezenten Katzen (Felinae und Pantherinae)	10
2.3 Deskription und Charakteristik der untersuchten Taxa	13
2.3.1 <i>Felis chaus</i> (Rohrkatze); Schreber (1777)	13
2.3.2 <i>Puma concolor</i> (Puma); Linnaeus (1771).....	14
2.3.3 <i>Caracal caracal</i> (Karakal); Schreber (1776)	16
2.3.4 <i>Prionailurus viverrinus</i> (Fischkatze); (Bennet 1833)	17
2.4 Hörsinn bei Katzen.....	18
3. Die Ohrregion der Säugetiere.....	18
3.1 Frühere Untersuchungen der Ohrregion.....	18
3.2 Die Anatomie des Ohres.....	20
3.2.1 Auris externa	20
3.2.2 Auris media (Mittelohr)	23
3.2.3 Auris interna (Innenohr)	25
4. Die Physiologie des Ohres	29
4.1. Der Hörvorgang	29
4.2 Der Gleichgewichtssinn	31
5. Material und Methoden	34
5.1 Untersuchtes Material.....	34
5.2. Angaben zum Material	34
5.3 Mikro-Computertomographie und 3D-Rekonstruktion	36
6. Deskription und morphologischer Vergleich von Auris media und Auris interna.....	39
6.1 Einleitung Malleus	39
6.1.1 Deskription Malleus: <i>Felis chaus</i>	40
6.1.2 Deskription Malleus: <i>Puma concolor</i>	42
6.1.3 Deskription Malleus: <i>Caracal caracal</i>	44

6.1.4	Deskription Malleus: <i>Prionailurus viverrinus</i>	46
6.2	Einleitung Incus	47
6.2.1	Deskription Incus: <i>Felis chaus</i>	48
6.2.2	Deskription Incus: <i>Puma concolor</i>	50
6.2.3	Deskription Incus: <i>Caracal caracal</i>	51
6.2.4	Deskription Incus: <i>Prionailurus viverrinus</i>	52
6.3	Einleitung Stapes	54
6.3.1	Deskription Stapes: <i>Felis chaus</i>	55
6.3.2	Stapes: <i>Puma concolor</i>	56
6.3.3	Stapes: <i>Caracal caracal</i>	57
6.3.4	Stapes: <i>Prionailurus viverrinus</i>	58
6.4	Einleitung Auris interna	59
6.4.1	Deskription Auris interna: <i>Felis chaus</i>	62
6.4.2	Deskription Auris interna: <i>Puma concolor</i>	63
6.4.3	Deskription Auris interna: <i>Caracal caracal</i>	65
6.4.4	Deskription Auris interna: <i>Prionailurus viverrinus</i>	66
7.	Diskussion.....	68
7.1.	Entwicklung der Mittelohrregion innerhalb der Mammalia	68
7.2	Morphologische Vergleiche der Auris media der untersuchten Taxa.....	70
7.2.1	Malleus	70
7.2.2	Incus.....	72
7.2.3	Stapes	73
7.3	Morphologische Vergleiche der Auris interna der untersuchten Taxa	74
7.4	Phylogenetische Diskussion	75
7.4.1	Vergleiche der Ossicula auditus innerhalb der Carnivora	75
7.4.2	Vergleiche der Auris interna innerhalb der Carnivora	76
7.5	Diskussion Lokomotionsmodus	77
8.	Zusammenfassung.....	79
9.	Abbildungsverzeichnis.....	80
10.	Abkürzungsverzeichnis	83
11.	Literaturverzeichnis.....	88
12.	Danksagung	93
13.	Appendix.....	94

1. Abstract und Kurzfassung

1.1 Abstract

The ears of mammals are complex organs of perception, which take part in many processes and play an important role in terms of life mode, locomotion, hunting etc. Detailed knowledge about anatomy and morphology of the ears of different taxa can lead to more information about phylogeny, diversity, locomotion and geographic distribution. Although the ossicula auditus of the different mammalian middle ears are descended from a very origin and primitiv middle ear („ancestral middle ear“) , there are various forms and shapes at the present.

The content of this paper is focused on the middle-and inner ears of felines, especially of *Felis chaus*, *Puma concolor*, *Caracal caracal* and *Prionailurus viverrinus*. For getting information about the anatomy of the ossicles and the elements of the inner ear, skulls of felines were scanned with micro-computertomography.

The twodimensional scans were manually segmented in Amira (5.4.1) to receive 3D-reconstructions. On the basis of the reconstructions, comparative anatomical and morphological investigations were made and discussed afterwards.

1.2 Kurzfassung

Die Mittel- und Innenohren der Mammalia stellen komplex gebaute Sinnesorgane dar. Sie sind in vielen Prozessen und Abläufen des Lebens beteiligt, weshalb ihnen eine große Bedeutung zukommt. Durch detailliertes Wissen über die Anatomie und Morphologie der Ohren von verschiedenen Taxa, können Rückschlüsse in Bezug auf Phylogenie, Lokomotion und Habitate gezogen werden.

Obwohl sich die Ossicula auditus der verschiedenen Säugetiere von einem ursprünglichen und primitiv gebauten Mittelohr („ancestral middle ear“) ableiten lässt, kam es im Verlauf der Entwicklung zu verschiedenen Ausprägungen und Formen hinsichtlich der Anatomie und Morphologie der der Auris media und interna.

Der Inhalt dieser Arbeit fokussiert sich auf das Mittel- und Innenohr von Feliden, im Speziellen wurden die Taxa: *Felis chaus*, *Puma concolor*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus* behandelt. Um reichhaltige Information über die Morphologie der Gehörknöchelchen der Auris media und den Elementen der Auris interna zu erhalten, wurden die Schädelpräparate der vier behandelten Taxa mithilfe von Mikro-Computertomographie gescannt.

Die daraus entstandenen zweidimensionalen Scans wurden durch manuelle Segmentation in einer Rekonstruktionssoftware (Amira 5.4.1) bearbeitet, um schließlich dreidimensionale Rekonstruktionen der Bestandteile der Ohrregion zu erhalten. Anhand dieser Rekonstruktionen wurden morphologische Vergleiche gemacht und im Anschluss diskutiert.

2. Einleitung

Flower und Lydekker (1981): „*As in structure as in habits, the cats may be considered the most specialised of all Carnivora...the whole structure of Felis exhibits the carnivorous type in its fullest perfection.*“ (Hunt 1997)

2.1 Systematik und Phylogenie

Die Ordnung der Carnivora (Fleischfresser) wird in zwei Subordnungen eingeteilt, welche zum einen die Feliformia (Katzenartige) und zum anderen die Caniformia (Hundeartige) bilden. Die Familie der Felidae (Katzen), der Viverridae (Schleichkatzen), der Hyaenidae (Hyänen), der Herpestidae (Mangusten) und der Eupleridae (Madagassische Raubtiere) stellen rezente Vertreter der Feliformia dar (Wilson & Mittermeier, 2009).

Reich: Animalia (Haeckel, 1874)

Stamm: Chordata (Bateson, 1885)

Klasse: Mammalia (Linnaeus, 1758)

Ordnung: Carnivora (Bowdich, 1821)

Unterordnung: Feliformia (Hay 1930; Kretzoi, 1945)

Familie: Felidae (Fischer de Waldheim, 1817)

2.2 Evolution und Fossilgeschichte der Felidae

Schätzungen zufolge nehmen all jene Arten, die den Carnivora angehören, ungefähr zehn Prozent der Säugetiere (Mammalia) ein, während von diesen nur zwei Prozent zur Biomasse gezählt werden können. Im Vergleich zu größeren Taxa der Carnivora, wie den Bären oder den Hyänen, werden die Felidae nur von wenigen fossilen Individuen repräsentiert (Turner, 1997).

Die Entstehungsgeschichte der sogenannten Neofeliden reicht ungefähr dreißig Millionen Jahre zurück, bis zur Mitte des Oligozäns. Bedeutende, aussagekräftige fossile Funde werden allerdings erst dem Ende des Miozäns zugeschrieben. Im Laufe der Entwicklung treten Tiere auf, die in ihrer Anatomie den Katzen sehr ähnlich sind und ursprünglich als Vorfahren,

beziehungsweise Verwandte der echten Katzen (true cats) galten. Sie wurden als Paläofelidae bezeichnet. Anhand gegenwärtiger Studien wurde jedoch festgestellt, dass sich diese katzenähnlichen Individuen in einem größeren Ausmaß von den Neofeliden unterscheiden. Deshalb werden sie nun als eine eigenständige Familie angesehen, den sogenannten †Nimravidae. Sie bilden eine Familie innerhalb der Feliformia (Katzenartige, siehe Abb.1) (Turner, 1997).

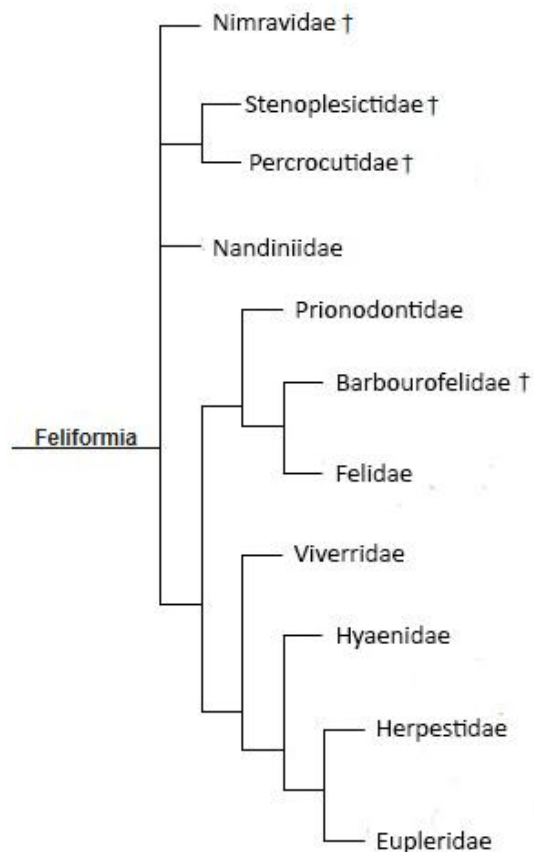


Abb.1.: Phylogenetisches Kladogramm der Feliformia; (<http://en.wikipedia.org/wiki/Feliformia>)

Ausschlaggebend für diese Separation war unter anderem die Form und Gestalt der Bulla auditiva. Das kapselartige Gebilde beinhaltet das Mittelohr mit seiner Ossicula auditus (Gehörknöchelchen: Malleus, Incus, Stapes). Im Gegensatz zur menschlichen Bulla auditiva, welche sich an der Schädelbasis befindet, liegt sie bei den Carnivoren etwas außerhalb (Turner, 1997). Ein aussagekräftiges Merkmal, welches die †Nimravidae nun von den echten Katzen (Felidae) unterscheidet ist, dass die Bulla auditiva bei den Feliden in zwei Kammern gegliedert ist (Septum bullae, siehe Abb.2), während bei den †Nimravidae nur eine

luftgefüllte, nicht vollständig, verknöcherte Kammer vorliegt, welche kein Septum bullae aufweist (Hunt, 1987).

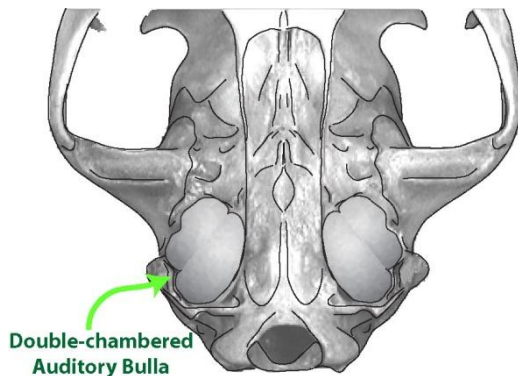


Abb. 2.: Bulla auditiva der Felidae; (Autor: Oz Spinner;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feliformia_Skull_v01-2.jpg)

Dies war über längere Zeit ein umstrittenes Thema, da beispielsweise Beaumont (1964) die Vermutung aufbrachte, dass †Nimravidae sehr wohl ein Septum bullae aufwiesen, dies jedoch derart fragil gewesen sein muss, dass es zu Frakturen kam und deshalb in Fossilien kein Septum vorhanden ist. Bis heute wird über die Anatomie der Bulla auditiva und die daraus resultierenden Vergleiche, welche die Phylogenie betreffen, diskutiert (Hunt, 1987).

Wenn die Separation allerdings stimmt, bedeutet dies, dass es im Laufe der Evolution zu einer Konvergenz (parallele Evolution) kam, welche eine Verwandtschaft beziehungsweise eine Abstammung der Felidae von den †Nimravidae ausschließen würde (Turner, 1997). Merkmale der †Nimravidae, die mit den Feliden assoziiert werden, sind außer der langbeinigen Erscheinung, vor allem die Charakteristik des Schädels, die Ausbildung der Schneidezähne und die spitzen Eckzähne (Canini). Manche Taxa wiesen stark ausgeprägte Eckzähne des Oberkiefers auf, die als Säbelzähne bezeichnet werden (Turner, 1997). Die Familie der †Nimravidae schließt mehrere Gattungen ein, die sich phänotypisch unterscheiden. †*Hoplophoneus sicarius* und auch †*Barbourofelis fricki* wiesen beispielsweise stark ausgeprägte Eckzähne des Oberkiefers auf. †*Dinaelurus crassus* hingegen (späteres Oligozän), zeigte mit kleineren Canini eine mehr katzenartige Erscheinung (Turner, 1997).

Wie bereits erwähnt, ist die Separation der †Nimravidae umstritten. Fakt ist aber, dass die Feliden näher mit den Hyaenidae (Hyänen), den Herpestidae (Mangusten) und den Viverridae (Schleichkatzen) verwandt sind. Zusammen mit den Nandiniidae (Pardelroller)

und den Eupleridae (Madagassische Raubtiere) bilden die Familien die Unterordnung der Feliformia (Katzenartige), welche auch als Feloidea bezeichnet werden. Die zweite Subordnung der Carnivora, die als Caniformia (Hundeartige) bezeichnet wird, umfasst die Familien der Canidae (Hunde), Mustelidae (Marder), Procyonidae (Kleinbären), Ursidae (Bären), Odobenidae (Walrosse), Otariidae (Ohrenrobben), Phocidae (Hundsrobben), Ailuridae (kleine Pandas) und der Mephitidae (Stinktiere) (Wilson & Mittermeier, 2009).

2.2.1 Die ersten echten Katzen

Die älteste Katze, die man derzeit kennt, gehört der Gattung †*Proailurus* an und stammt aus dem Miozän Nebraskas. Sie wurde von Robert Hunt beschrieben und weist ein Alter von ca. sechzehn Millionen Jahre auf (Turner, 1997). Durch das Zitat von Adams (1896): „*The evolution of the Felidae is best indicated in the characters of dentition*“ wird ersichtlich, dass der Fokus zur Klassifizierung während dieser Zeit primär auf der Charakteristik der Zähne, im Speziellen auf der Anatomie der Canini, lag (Hunt, 1987). Durch die Analyse von Form, Proportionen und Konstruktion der größeren, funktionellen Zähne konnten neue Arten beschrieben werden. Cope (1880) war einer der Ersten, der sich speziell auf die Zähne der einzelnen Individuen bezog. Es folgten weitere Autoren wie beispielsweise Adams (1896), Merriam (1906) und Matthew (1910).

Die ursprünglichen Tiere, von denen die später entwickelten Arten abstammen, zeigten zumeist Säbelzähne. Vor allem war die Anzahl der Zähne höher, als bei den rezenten Arten. Ausgestorbene Spezies, die Säbelzähne aufweisen, werden zu den †Machairoodonten zusammengefasst (Säbelzahnkatzen siehe Abb. 3.: A, B) (Turner, 1997).

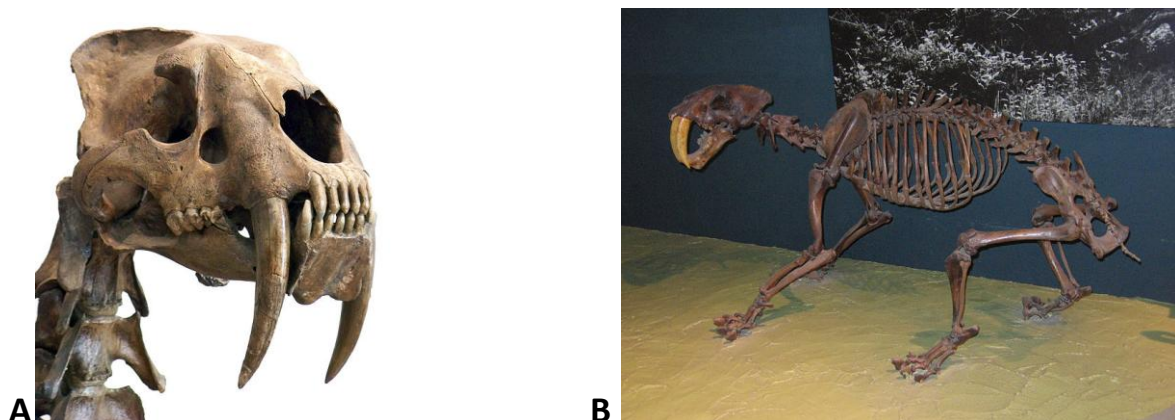


Abb 3.: **A** Schädel und **B** Skelett von † *Smilodon fatalis* (Machairodontinae)

A (Autor: Wallace63; http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smilodon_head.jpg); **B** (Autor: Postdlf; http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smilodon_californicus.jpg)

Spezies die der Gattung †*Pseudaelurus* angehörten, sind sowohl mit den modernen Katzen als auch mit den Machairodonten verwandt. Die Paraphylie der Gattung †*Pseudaelurus* wurde erstmals von Kretzoi (1929) beschrieben. Anhand von Vergleichen der Zähne ließen sich unterschiedlicher Merkmale feststellen, die einerseits sehr ursprünglich und primitiv (wie bei †*Prionailurus*) waren und andererseits jenen Merkmalen der heutigen, rezenten Katzen entsprachen. Infolgedessen wurde †*Pseudaelurus* von Viret (1951) in zwei Subgattungen unterteilt. Zum einen in die Subgattung †*Schizailurus*, von der die lebenden und fossilen Formen der echten Katzen abstammen und zum anderen in die von †*Pseudaelurus* abgeleiteten Formen der Säbelzahnkatzen. Letztere gehören den †Machairodonten an (Turner, 1997).

Aus der Subgattung †*Schizailurus* entwickelten sich die rezenten Arten, welche die Subfamilien der Felinae und Pantherinae bilden. Nach den Aussagen von Beaumont (1964) stellte †*Schizailurus* ein Zwischenglied zwischen den beiden Gattungen †*Proailurus* und *Felis* dar, unberücksichtigt blieb jedoch die Gattung †*Styriofelis*. In der Arbeit von Werdelin et al. (2010) wird die Gattung †*Schizailurus* als ein jüngeres Synonym der Gattung †*Miopanthera* und †*Styriofelis* angesehen (Salesa et al., 2011). In der neuen Literatur wird daher die ältere Bezeichnung †*Styriofelis* verwendet, welche als allgemein gültig anerkannt wird (Werdelin et al., 2010).

Beaumont (1978) teilte †*Pseudaelurus* in drei Gattungen ein, †*Pseudaelurus* (†*Pseudaelurus quadridentatus*), †*Styriofelis* (†*Pseudaelurus lorteti*) und †*Hyperailurictis* (†*Pseudaelurus intrepidus*) (Werdelin et al., 2010).

Vertreter der Gattung †*Styriofelis* wiesen eine kegelförmige Bezahnung auf und bildeten den phylogenetischen Ausgangspunkt der rezenten Katzen. †*Hyperailurictis* stellte den Ursprung der Arten dar, die in Nordamerika verbreitet waren. Aus †*Pseudaelurus* entstanden die †Machairodontinae mit den säbelzahnartigen Exemplaren (Werdelin et al., 2010). Letztere werden in drei Triben unterteilt (Turner, 1997):

- a) †Smilodontini (†*Smilodon* sp., †*Megantereon* sp., †*Paramachairodus* sp.)
- b) †Homotheriini (†*Machairodus* sp., †*Homotherium* sp.)

c) †Metailurini (†*Dinofelis* sp., † *Metailurus* sp.)

Bei der Betrachtung der Phylogenie muss berücksichtigt werden, dass die beiden Subfamilien, die conical-bezahnten Felinae und die †Machairodontinae mit den Säbelzähnen, im Laufe der Entwicklung parallel aus früheren gemeinsamen Vorfahren entstanden sind. Säbelzahnkatzen sind deswegen keine direkten Vorfahren der heute lebenden Feliden (Turner, 1997).

2.2.2 Die Unterfamilie der † Machairodontinae

Tribus: †Metailurini

Individuen des Tribus †Metailurini zeigen vor allem eine Verteilung im Eurasischen Raum. Sie stammen zum Großteil aus dem Miozän und reichen bis ins frühe Pleistozän. Die hier kategorisierten Exemplare weisen moderat-verlängerte obere Canini auf. Dadurch, dass keine vollständigen Schädel beziehungsweise Skelette von den Taxa dieses Stammes vorhanden sind, wird die Rekonstruktion und die daraus resultierende Nachvollziehbarkeit des tatsächlichen Erscheinungsbildes, erschwert (Turner 1997). Eine Gattung, welche dem Tribus der †Metailurini zugeordnet wird, ist †*Dinofelis* (siehe Abb. 4)



Abb. 4.: Skizze der Gattung †*Dinofelis* sp. („Schreckenskatze“); (Autor: Ornitholestes;
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dinofelis.jpg>)

Tribus: †Homotheriini

Vor allem die Gattung †*Machairodus* weist stark ausgeprägte Säbelzähne auf. Die Molaren zeigen eine scharfkantige Struktur, die speziell zum Zerstückeln von Fleisch ausgebildet wurde. Diese Gattung trat erstmals im eurasischen Raum auf und reicht bis ins mittlere Miozän zurück. Eine weitverbreitete Art, die in Europa vorkam war †*Machairodus aphanistus*. Es gibt noch verschiedene andere Spezies, die beschrieben wurden, wobei

jedoch unklar ist, welche davon als gültig angesehen werden. Auf dieser Tatsache beruhend, kann keine endgültige Anzahl von Arten festgelegt werden. Die Gattung †*Homotherium* zeigt ein Löwen-ähnliches Erscheinungsbild. Sie war weit verbreitet, wird im Fossilbericht jedoch nur von wenigen erhaltenen Einzelstücken (Knochen, Zähne) repräsentiert (Turner, 1997; Werdelin & Sardella, 2006).

Tribus †Smilodontini

Eine bedeutende Species dieses Tribus stellt †*Megantereon cultridens* dar (siehe Abb. 5). †*Megantereon cultridens* wurde anhand von wenigen, einzelnen Individuen beschrieben, vermehrt durch die Erscheinung der eindrucksvollen, oberen Eckzähne und weniger durch die Charakteristik des Skeletts. Einen bedeutenden Fund stellt das Skelett von Senéz (Frankreich) dar, welches sich derzeit im Naturhistorischen Museum in Basel befindet. †*Megantereon* war demnach eine stark-gebaute große Katze mit großen Pranken, welche die Fähigkeit besaß, größere Beutetiere zu fangen. †*Smilodon* (siehe Abb. 6) stellt die jüngste Gattung der Säbelzahnkatzen dar, sie wird mit dem Zeitalter der ersten Eiszeit datiert (vor ungefähr 10.000 Jahren). Anhand der häufigen Funde von Fossilien, vor allem in Rancho La Brea (Teer-Gruben des Hancock Park, Los Angeles) weiß man heute sehr viel über diese ausgestorbene Gattung (Turner, 1997).



Abb. 5.: Rekonstruktion von †*Megantereon cultridens* (Smilodontini); (Autor: Frank Wouters;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Megantereon_cultridens.jpg)



Abb.: 6 †*Smilodon fatalis*; (Autor: Sergiodlarosa;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smilodon_fatalis_Sergiodlarosa.jpg)

2.2.3 Die Einteilung der rezenten Katzen (Felinae und Pantherinae)

Die rezenten Felidae werden nach Wozencraft (1993) in die Subfamilien der Felinae und Pantherinae unterteilt. Die Gattung *Panthera* umfasst mehrere Arten. Dazu zählen unter anderem Spezies wie der Löwe (*Panthera leo*), Jaguar (*Panthera onca*) und Tiger (*Panthera tigris*). Charakteristisch für diese Taxa ist ein elastisches Ligament zwischen den lateralen Muskeln des Pharynx und dem Musculus thyroglossus (hyoid apparatus; Zungenbein-Apparatur). Dies ermöglicht es ihnen Brülllaute zu erzeugen. Kleinere Spezies, außerhalb der Gattung *Panthera*, beispielsweise Geparden (*Acinonyx jubatus*), zeigen kein solch elastisches Band im Rachenraum und können daher kein lautes Brüllen erzeugen. Bei ihnen liegen anstatt eines elastischen Ligaments, knöcherne Elemente vor, die nur leisere Laute ermöglichen (Weissengruber et al., 2002).

Wie bereits erwähnt werden die rezenten Felidae nach der taxonomischen Klassifikation von Wozencraft (1993) in zwei Unterfamilien unterteilt: die Subfamilie der Pantherinae (Großkatzen) und die Unterfamilie der Felinae (Kleinkatzen) (Wilson & Reeder, 2005)

Aufgrund neuer molekularbiologischer Untersuchungen, unter anderem durch Johnson und O'Brien (1997), wird eine andere Phylogenie angenommen. Der Verwandtschaftsgrad wurde mittels molekularen Analysen untersucht und die Taxa entsprechend eingeteilt. Dennoch gilt die taxonomische Einteilung nach Wozencraft als weitgehend anerkannt. Im Folgenden sollen beide Klassifizierungen gegenübergestellt werden.

Nach der taxonomischen Klassifikation nach Wozencraft (1993) werden die rezenten Taxa der Felidae wie folgt eingeteilt:

Unterfamilie: **Großkatzen** (Pantherinae) (Pocock, 1917)

Gattung: Panthera (Oken, 1816)

- *Panthera tigris* (Tiger) (Linnaeus, 1758)
- *Panthera leo* (Löwe) (Linnaeus, 1758)
- *Panthera onca* (Jaguar) (Linnaeus, 1758)
- *Panthera pardus* (Leopard) (Linnaeus, 1758)
- *Panthera unica* (Schneeleopard) (Schreber, 1775)

Gattung: Neofelis (Gray, 1867)

- *Neofelis nebulosa* (Nebelparder) (Griffith, 1821)
- *Neofelis diardi* (Sunda-Nebelparder) (Cuvier, 1823)

Unterfamilie: **Kleinkatzen** (Felinae) (Fischer de Waldheim, 1817)

Gattung: Acinonyx (Geparde) (Brookes, 1828)

- *Acinonyx jubatus* (Gepard) (Schreber, 1775)

Gattung: Caracal (Gray, 1843)

- *Caracal caracal* (Karakal) (Schreber, 1776)

Gattung: Catopuma (Asiatische Goldkatzen) (Severtzov, 1858)

- *Catopuma badia* (Borneo-Goldkatze) (Gray, 1874)
- *Catopuma temminckii* (*Catopuma temmincki*) (Vigors and Horsfield, 1827)

Gattung: Felis (Altwelt-Wildkatzen) (Linnaeus, 1758)

- *Felis bieti* (Graukatze) (Milne-Edwards, 1892)
- *Felis chaus* (Rohrkatze) (Schreber, 1777)
- *Felis margarita* (Sandkatze) (Loche, 1858)
- *Felis nigripes* (Schwarzfußkatze) (Burchell, 1824)
- *Felis silvestris* (Wildkatze) (Schreber, 1777)
- *Felis manul* (Manul) (Pallas, 1776)
- *Felis catus* (Hauskatze) (Linnaeus, 1758)

Gattung: Leopardus (Pardelkatzen) (Gray, 1842)

- *Leopardus colocolo* (Coloco) (Molina, 1782)
- *Leopardus braccatus* (Pantanalkatze) (Cope, 1889)
- *Leopardus pajeros* (Pampaskatze) (Desmarest, 1816)
- *Leopardus geoffroyi* (Kleinfleckkatze) (d'Orbigny and Gervais, 1844)
- *Leopardus guigna* (Chilenische Waldkatze) (Molina, 1782)
- *Leopardus jacobitus* (Andenkatze) (Cornalia, 1865)

Einleitung

- *Leopardus pardalis* (Ozelot) (Linnaeus, 1758)
- *Leopardus tigrinus* (Tigerkatze) (Schreber, 1775)
- *Leopardus wiedii* (Langschwanzkatze) (Schinz, 1821)

Gattung: Leptailurus (Severtzov, 1858)

- *Leptailurus serval* (Serval) (Schreber, 1776)

Gattung: Lynx (Luchse) (Kerr, 1792)

- *Lynx canadensis* (Kanadischer Luchs) (Kerr, 1792)
- *Lynx lynx* (Eurasischer Luchs) (Linnaeus, 1758)
- *Lynx pardinus* (Pardelluchs) (Temminck, 1827)
- *Lynx rufus* (Rotluchs) (Schreber, 1777)

Gattung: Pardofelis (Severtzov, 1858)

- *Pardofelis marmorata* (Marmorkatze) (Martin, 1837)

Gattung: Prionailurus (Altkatzen) (Severtzov, 1858)

- *Prionailurus bengalensis* (Bengalkatze) (Kerr, 1792)
- *Prionailurus iriomotensis* (Iriomote-Katze) (Imaizumi, 1967)
- *Prionailurus planiceps* (Falchkopfkatz) (Vigors and Horsfield, 1827)
- *Prionailurus rubiginosus* (Rostkatze) (I. Geoffroy Saint-Hilaire, 1831)
- *Prionailurus viverrinus* (Fischkatze) (Bennett, 1833)

Gattung: Profelis (Severtzov, 1858)

- *Profelis aurata* (Afrikanische Goldkatze) (Temminck, 1827)

Gattung: Puma (Pumas) (Jardine, 1834)

- *Puma concolor* (Puma) (Linnaeus, 1771)
- *Puma yaguaroundi* (Jaguarundi) (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)

Im Folgenden wird die taxonomische Klassifikation dargestellt, welche sich auf molekularbiologisch-genetische Untersuchungen beruft. Diese Darstellung der phylogenetischen Verwandtschaftsbeziehungen, die unter anderem auf der wissenschaftlichen Arbeit von Johnson und O'Brien (1997) beruht, wird in acht Abstammungslinien (lineages) gegliedert (Johnson et al. 2006).

Nach Johnson und O'Brien (1997) in Maurice und Sharon (2010) werden die Felidae wie folgt eingeteilt:

- Domestic cat lineage (Gattung *Felis*)
- Leopard cat lineage (Gattung *Prionailurus*, Gattung *Otocolobus*)
- Puma lineage (Gattung *Puma*, Gattung *Acinonyx*)
- Lynx lineage (Gattung *Lynx*)
- Ocelot lineage (Gattung *Leopardus*)
- Caracal lineage (Gattung *Caracal*, Gattung *Leptailurus*, Gattung *Profelis*)
- Bay cat lineage (Gattung *Catopuma*, Gattung *Pardofelis*)
- Panthera lineage (Gattung *Panthera*, Gattung *Neofelis*)

2.3 Deskription und Charakteristik der untersuchten Taxa

Im folgenden Abschnitt dieser Arbeit werden nun die einzelnen Arten der Felidae beschrieben, welche zur Untersuchung der Ohrregion herangezogen wurden. Es handelt sich hierbei um *Felis chaus*, *Puma concolor*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus*, die nach der Klassifikation nach Wozencraft 1993, verschiedenen Gattungen der Felinae (Kleinkatzen) angehören.

2.3.1 *Felis chaus* (Rohrkatze); Schreber (1777)

Diese Katze ist unter dem Namen Rohrkatze beziehungsweise Sumpfluchs bekannt. Es handelt es sich hierbei um eine Kleinkatze, die vorwiegend im tropischen bis subtropischen Raum Asiens (Kambodscha, Laos, Vietnam), in Teilen Arabiens und Afrikas und auch in Indien weitgehend verbreitet ist (Duckworth et al., 2005).



Abb. 7.: *Felis chaus*; (Autor: L. Shyamal;

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FelisChausMunsiari1.jpg>)

Bisher wurden neun Arten beschrieben, sechs davon stammen aus Südasien (Wozencraft 2005, Srinivasulu et al., 2012).

Sie hält sich gerne im Schilf an nahe gelegenen Flüssen auf (Sumpfbereiche), häufig auch in der Nähe von besiedelten Dörfern. In Bangladesch nutzt sie das Gestrüpp des Dschungels und den Bambus als Habitat (Duckworth et al. 2005). Die Rohrkatze ist aber auch in trockenen Gebieten, wie Steppen und in Teilen von Wüsten anzutreffen. Es handelt sich bei dieser Katze um eine sehr anpassungsfähige Spezies, deren Habitate sehr variabel sein kann (Sunquist & Sunquist, 2002).

Ein Merkmal der Rohrkatze ist ihr einfärbiges Fell, welches keine Musterung aufweist. Dunkle Flecken treten nur im Bein- oder Schwanzbereich auf, teilweise auch im Bereich des Abdomens (Heptner et al., 1992).

Im alten Ägypten (vor ca. 2000 Jahren) wurde *Felis chaus* vermutlich gezähmt und zum Erbeuten von Nagetieren gehalten. Diesen Hinweis erhielt man, durch Funde von mumifizierten Katzen, die als Vertreter der Wilkatze (*Felis sylvestris*) und der Jungle Cat (*Felis chaus*) identifiziert wurden. Letztere wurden seltener domestiziert (Sunquist & Sunquist, 2002).

2.3.2 *Puma concolor* (Puma); Linnaeus (1771)

Der Puma, welcher auch die Namen „Mountain Lion“ und „Cougar“ trägt, ist vor allem in Gebieten Süd- und Mittelamerikas weit verbreitet. Columbus gab dieser Species erstmals den Namen „Lion“, da ihn das sandfarbene Fell, an das des Afrikanischen Löwen erinnerte (siehe Abb. 8) (Sunquist & Sunquist, 2002).



Abb. 8.: *Puma concolor*; (Autor: Cm0rris0n;

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CMM_MountainLion.jpg)

Der Puma zeigt ein hohes Körpermaß, weshalb man zuerst dachte, er würde zur Familie der Großkatzen gehören. Die Klassifikation des Pumas war lange Zeit umstritten. Es resultierte daraus die Zuordnung zu den Kleinkatzen, da der Puma in seinen cranialen Proportionen, stärkere Ähnlichkeit zu den Felinae zeigte. Wie bereits beschrieben, ist die Anatomie des Larynx bei Großkatzen und Kleinkatzen unterschiedlich und bildet somit ein aussagekräftiges Merkmal. Da der Puma kein elastisches Ligament aufweist und infolgedessen keine Brülllaute erzeugen kann, sondern ein Schnurren von sich gibt, wird er aufgrund dieses Merkmals als Vertreter der kleineren Katzen angesehen (Sunquist & Sunquist, 2002).

Die geographische Verteilung des Pumas erstreckt über weite Teile Amerikas, von British Columbia bis Patagonien (Turner, 1997). Auch in kanadischen Provinzen und an der südlichen Spitze von Chile kommen diese Katzen vor, wodurch die enorme Verbreitung, des vor allem in Höhlen angesiedelten Pumas, erkennbar wird (Sunquist & Sunquist, 2002). Bei ihrer Habitat-Wahl bevorzugen sie möglicherweise bewaldetes Gelände mit Unterschlupfmöglichkeiten (Höhlen, Gruben) (Turner, 1997).

Die männlichen Individuen der robust-gebauten Katze, die im Größenverhältnis zwischen Jaguar und Leopard liegen, können ein Gewicht bis zu 103 Kilogramm erreichen. Der verhältnismäßig große Körper des „Mountain Lion“, ermöglicht diesen Tieren einen ergiebigen Beutefang, wie beispielsweise Elche, die in Nordamerika vorkommen (Turner, 1997).

Der Gepard (*Acinonyx*) und der bereits ausgestorbene amerikanische Gepard (†*Miracinonyx* siehe Abb. 10) im Englischen als „Cheetah“ bezeichnet, stellen nach derzeitigen molekularbiologisch-genetischen Studien, die nächsten Verwandten des Pumas dar (Turner 1997; Maurice & Sharon 2010).



Abb. 9.: †*Miracinonyx trumani* (Autor: Philip72;

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Miracinonyx_trumani.jpg)

2.3.3 *Caracal caracal* (Karakal); Schreber (1776)

Der *Caracal* kann sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen, weshalb er von den Indischen Fürsten zur Jagd eingesetzt wurde. Zusätzlich zur Schnelligkeit besitzt *Caracal caracal*, welcher zu den Kleinkatzen (Felinae) zählt, eine enorme Sprungkraft, sodass er aus dem Stand mehrere Meter in die Höhe springen kann. Diese Fähigkeit ermöglicht ihm die Erbeutung von Vögeln aus der Luft. Früher wurde der *Caracal* aufgrund dieser Eigenschaft in gesellschaftlichen Spielen eingesetzt. Es wurden Wetten abgeschlossen, welcher *Caracal* die meisten Tauben fangen würde (Sunquist & Sunquist, 2002).

Der *Caracal*, welcher auch als „desert cat“, „gazelle cat“ oder „Indian lynx“ bezeichnet wird, kommt in Nord-Afrika, Teilen Indiens und in der Nähe des kaspischen Meeres vor, wo sich sein Revier mit dem des *Lynx* überschneidet. Deshalb wird er teilweise mit Letzterem verwechselt, obwohl sich die beiden Gattungen in der Fellfarbe deutlich unterscheiden (Sunquist & Sunquist 2002).



Abb. 10.: *Caracal caracal* (Autor: € Van 3000;

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caracal001.jpg>)

Der *Caracal* weist ein einfarbiges Fell auf, im Gegensatz zum *Lynx*, welcher eine schwarz-fleckige Musterung zeigt. Ein typisches, charakteristisches Merkmal sind die schwarz-gefärbten Ohren, welche an der Spitze lange Haarbüschel aufweisen (siehe Abb. 10). Des Weiteren sind dunkle Linien, eine von der Stirnmitte abwärts und zwei von den Innenseiten der Augen zur Nase verlaufend, zu sehen, die ihn von anderen Katzen unterscheidet (Sunquist & Sunquist, 2002).

Nach neueren Untersuchungen zeigt der *Caracal* eine enge Verwandtschaftsbeziehung zu *Profelis aurata* (African Golden Cat). Anfangs wurde er zuerst den Luchsen und den

Hauskatzen zugeteilt. Nun bildet der *Caracal* als einzige Spezies eine eigene Gattung (Sunquist & Sunquist, 2002).

2.3.4 *Prionailurus viverrinus* (Fischkatze); (Bennet 1833)

Das Verbreitungsgebiet in dem die Kleinkatze vorkommt, betrifft vor allem tropische Gebiete Asiens, Indiens und indonesische Inseln wie Sri Lanka, Java und zum Teil auch Sumatra (Duckworth et al., 2009).

Der verbreitete Name „Fischkatze“ verrät bereits einiges über den Lebensraum dieses Tieres. *Prionailurus viverrinus*, früher als *Felis viverrina* bezeichnet, bevorzugt Habitate in Wassernähe (beispielsweise Mangroven). Sie hält sich gerne im Schilf am Rande von Wasserbecken und Flussläufen auf, um dort ihre Beute zu fangen. Die Fischkatze, welche ebenfalls den Kleinkatzen zugeordnet wird, fängt ihre Nahrung mit den Pranken aus dem Wasser. Zu den erbeuteten Tieren zählen vor allem Fische, Enten und Blesshühner (Sunquist & Sunquist, 2002).

Prionailurus viverrinus weist hervorragende Schwimmfähigkeit auf und legt oft lange Distanzen zurück um zur Beute zu gelangen. Aus diesem Grund weist sie einen stark gebauten Körper auf. Ein flacher Kopf und eine schwarze Fellmusterung sind für diese Katze charakteristisch (siehe Abb. 11) (Sunquist & Sunquist, 2002).



Abb.11.: *Prionailurus viverrinus* (Copyright: OpenCage;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prionailurus_viverrinus.jpg)

Die Fischkatze ist vor allem nachtaktive, weshalb sie nur selten anzutreffen ist. Die Nutzung der Nasslandschaften und die Ansiedelung der Menschen entlang von Flüssen, bewirken aufgrund der Habitatzerstörung, einen Rückgang dieser Art (Sunquist & Sunquist, 2002).

2.4 Hörsinn bei Katzen

Allgemein gibt es bisher nur wenige Studien, die sich mit dem Hörvermögen von größeren Katzen auseinandersetzen. Die Höchstempfindlichkeit liegt bei den Felidae in einem Intervall zwischen 6 und 9 KHz (Neff und Hind, 1955). Durch die verknorpelte, bewegliche Auricula auris (Ohrmuschel) können Felidae die Richtung des Geräusches wahrnehmen und orten (Turner, 1997).

Die Beweglichkeit und die löffelförmige Form der Ariculae, stellen Anpassungen an die Lebensweise der Raubtiere dar (Neubert & Wüstenfeld, 1962). Durch das ausgeprägte Hörvermögen, besitzen sie die Fähigkeit, Geräusche über weite Distanzen wahrzunehmen und diese auch voneinander zu unterscheiden (Turner, 1997).

3. Die Ohrregion der Säugetiere

3.1 Frühere Untersuchungen der Ohrregion

Um in der phylogenetischen Forschung zu Erkenntnissen zu kommen wurde das Hauptaugenmerk bei den Feliformia lange Zeit auf die Charakteristik der Zähne gerichtet (Hunt, 1987). Die Untersuchung der Ohrregion gewann erst später an Bedeutung. Erstmals wurden vereinzelte Teile des Ohres mithilfe von Lupen und Corrosionsmodellen untersucht (Hyrtl, 1873). Die anfänglichen Arbeiten dieser Methodik bildeten die Werke von Rosenthal (1823) und Fick (1844), die sich mit der Anatomie der Cochlea auseinandersetzten (Fleischer, 1973).

Neben der Lupen-anatomie diente das Ausgussverfahren als Mittel zur wissenschaftlichen Arbeit am Ohr. Zu den ersten Vertretern dieses Verfahrens zählten Meckel (1827) und Hyrtl (1845). Ihre Untersuchungen bezogen sich ausschließlich auf die knöchernen Elemente der Ohrregion. Die Weichteile wurden in den wissenschaftlichen Anfängen noch nicht berücksichtigt. (Das häutige Labyrinth wurde erst einige Zeit später durch Retzius (1881-1884) und Gray (1905, 1907) beschrieben).

Da das Mittelohr und die Ossicula auditus sehr viel Information, hinsichtlich der phylogenetischen Forschung darstellt, begannen sich Wissenschaftler wie Meckel (1827) und Reichert (1837) näher mit diesem Teil des Gehörorgans auseinanderzusetzen (Fleischer, 1973).

Anhand makroskopischer Präparationen an Embryonen, die vor allem auf Vergleichen zwischen Säugern und Nichtsäugern beruhten, entwickelte Reichert (1837) die Theorie über die Homologisierung der Ossicula auditus (Säuger) mit dem Kiefergelenk und der Columella (Nichtsäuger) (Fleischer, 1978). Zwar gab es bereits zuvor Wissenschaftler (Corti, 1851), die sich mit dem Gehörorgan befasst hatten, ihre Arbeiten beriefen sich aber auf Physiologie und Funktion des Gehörapparates. Somit setzte Reichert (1837) den ersten Schritt zur phylogenetischen Forschung an den Gehörknöchelchen. Morphologische Vergleiche der Gehörknöchelchen wurden unter anderen von Hagenbach (1835), Hyrtl (1845), Doran (1879) und später von Cockerell et al. (1914) gemacht. Ihre Arbeiten beziehen sich auf die Anatomie der Ossicula auditus verschiedener Taxa innerhalb der Mammalia. Während sich diese Werke ausschließlich auf die Charakteristik der Gehörknöchelchen beziehen, beschrieb van Kampen (1905) die Morphologie der gesamten Paukenhöhle (Fleischer, 1973).

Durch die Untersuchungen von Gaupp (1898, 1911, 1912), der sich ebenfalls mit der Stammesgeschichte der Säuger auseinandersetzte und das gesamte Wissen dieser Zeit in einem Werk zusammenfasste und es kam 1912 zur der Reichert-Gaupp'schen Theorie (Fleischer, 1973).

Durch die Reichert-Gaupp'sche Theorie konnte die Abstammung der Säugetiere von den Reptilien begründet werden. Bei rezenten Reptilien besteht das Unterkiefer aus mehreren Knochen (Dentale, Artikulare, Angulare, Supraangulare etc.). Das Kiefergelenk wird von zwei Knochenelementen, dem Artikulare und dem Quadratum, aufgebaut (primäres Kiefergelenk). Bei den Säugern hingegen, besteht das Unterkiefer aus nur einem Knochen, dem Dentale. Das Kiefergelenk wird durch Squamosum und Dentale gebildet (sekundäres Kiefergelenk). Während die Columella das einzige Gehörknöchelchen der Reptilien darstellt, sind bei den Säugetieren drei Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) vorhanden (Thenius, 1966).

Das primäre Kiefergelenk der Reptilien ist dem Hammer-Amboss-Gelenk der Säuger homolog. Dabei entspricht der Hammer dem Artikulare, der Amboss dem Quadratum und der Steigbügel der Columella der Reptilien. Die Bestandteile Artikulare und Quadratum bilden zusammen das Unterkiefergelenk der Reptilien, welches die Nahrungsaufnahme gewährleistet. Bei den Säugetieren hingegen, haben sich diese Elemente im Laufe der Entwicklung in die Mittelohrregion verlagert, wodurch sie eine neue Funktion bekamen, die der Schalleitung (Thenius, 1966).

Aufgrund dieses Funktionswechsels wurde die Reichert-Gaupp'sche Theorie lange Zeit angezweifelt. Der Übergang vom primären zum sekundären Kiefergelenk bildete die Grundlage vieler Forschungsarbeiten in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts, bis sich dies durch Fossilfunde aus der Jura- und Triaszeit bestätigen ließ. Einzelne Formen dieser Zeit, wie beispielsweise *Diarthrognatus*, zeigten neben dem primären Kiefergelenk bereits die Existenz eines sekundären Kiefergelenks. Die Erwerbung säugetierähnlicher Merkmale verschiedener Stämme von Therapsiden aus der Triaszeit bestätigten ebenfalls die Theorie von Reichert und Gaupp (Brink 1956; Thenius 1966).

3.2 Die Anatomie des Ohres

Im Folgenden wird nun die Anatomie der Ohrregion von Säugetieren beschrieben. Zunächst lässt sich das Ohr in drei Bereiche unterteilen: das Außenohr (*Auris externa*), das Mittelohr (*Auris media*) und das Innenohr (*Auris interna*), welches den medial gelegenen Bereich des Ohres darstellt.

3.2.1 *Auris externa*

Die Ohrmuschel (*Auricula*) und der äußere Gehörgang (*Meatus acusticus externus*) stellen die Hauptbestandteile des Außenohres (*Auris externa*) dar. Die *Auricula* übernimmt die Aufgabe des Schallfängers und stellt ein Merkmal dar, welches nur bei Säugetieren vorkommt. Die Gestalt der Ohrmuschel kann durch die Artenvielfalt der Säuger sehr unterschiedlich sein. Sie besteht jedoch immer aus einer *Scapha*, welche den freien Teil der Ohrfalte bildet und einem Muschelgrund, der durch die *Concha auriculae* (Muschelgrube) trichterförmig in den äußeren Gehörgang übergeht (Neubert & Wüstenfeld, 1962).

Der Cartilago auriculae (Ohrmuschelknorpel) bildet das Grundgerüst der Auricula externa und geht allmählich in den Cartilago meatus acustici externi (Gehörgangsknorpel) über. Der äußere Gehörgang (Meatus acusticus externus) besteht zum einen aus einem lateral gerichteten, knorpeligen Abschnitt und zum anderen aus einem medial gelegenen knöchernen Bereich, der im Gegensatz zum knorpeligen Teil wesentlich empfindlicher ist. Der Isthmus meatus acustici externi (Isthmus) stellt eine Engstelle im Bereich des Überganges vom knorpeligen in den knöchernen Bereich dar. Ein Plattenepithel kleidet die Innenwände des äußeren Gehörgangs aus, es wird in der Gegend der Membrana tympani (Trommelfell) produziert. Unterhalb der Epithelschicht befindet sich Bindegewebe, welches Talgdrüsen und Haarwurzeln enthält (Brunner & Nöldeke 1997).

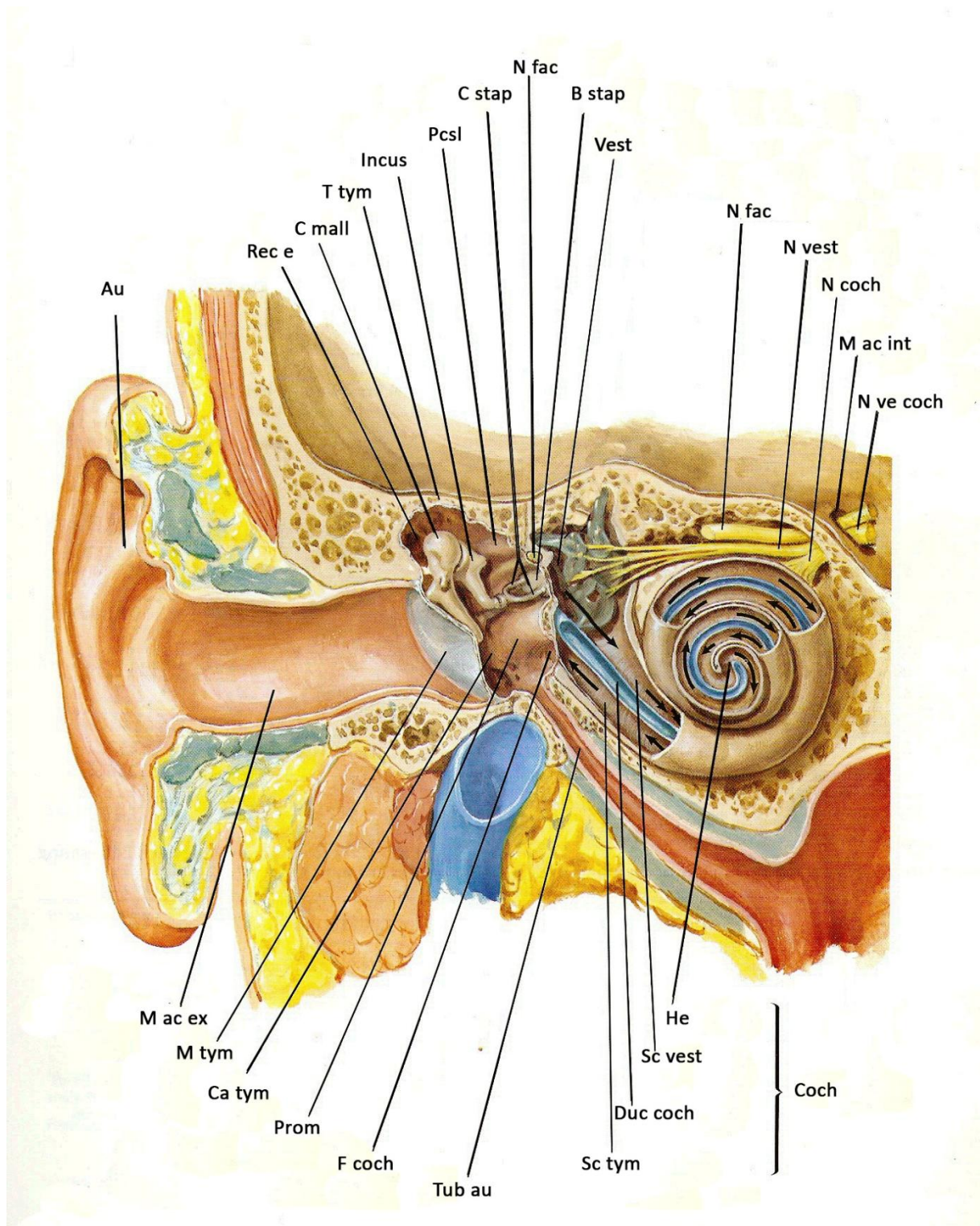


Abb. 12.: Frontalschnitt des menschlichen Ohres (Ansicht: rostral), verändert nach Netter (2000), Pfeile stellen die Ausbreitung der Schallwellen dar.

Abkürzungen: **Au** – Auricula; **Rec e** – Recessus epitympanicus; **C mall** – Caput mallei; **T tym** – Tegmen tympani; **Incus** – Incus; **Pcs l** – Prominentia canalis semicircularis lateralis; **C stap** – Crura stapedis; **N fac** – Nervus facialis; **B stap** – Basis stapedis; **Vest** – Vestibulum; **N vest** – Nervus vestibularis;

N coch – *Nervus cochlearis*; **M ac int** – *Meatus acusticus internus*; **N ve coch** – *Nervus vestibulocochlearis*; **He** – *Helikotrema*; **Sc vest** – *Scala vestibuli*; **Duc coch** – *Ductus cochlearis*; **Sc tym** – *Scala tympani*; **Tub au** – *Tuba auditiva (Eustachische Röhre)*; **F coch** – *Fenestra cochlae (rotunda)*; **Prom** – *Promotorium*; **Ca tym** – *Cavum tympani (Cavitas tympani)*; **M tym** – *Membrana tympani*; **M ac ex** – *Meatus acusticus externus*

3.2.2 Auris media (Mittelohr)

Das Cavum tympani (Paukenhöhle) stellt einen Teil der Auris media dar, welche lateral von der Membrana tympani (Trommelfell) und medial (dem Trommelfell gegenüberliegend) von der Schädelwand begrenzt ist (van Kampen, 1905). Die mediale Wand (Pariet labyrinthicus) bildet die Grenze zum Innenohr (Waldeyer, 2009). Der Paukenhöhlenraum lässt sich in drei Bereiche unterteilen, das Epitympanon (= Recessus epitympanicus), das Mesotympanon und das Hypotympanon. Den dorsal gelegenen Teil bildet das Epitympanon (Paukenhöhlenkuppel), es wird durch das Tegmen tympani (Paukendach) begrenzt. Das Tegmen tympani ist eine dünne Knochenlamelle, es trennt die Paukenhöhle von Schädelgrube und Schläfenlappen des Gehirns ab (Waldeyer, 2009).

Der Recessus epitympanicus stellt eine knorpelige Ausbuchtung oberhalb des Trommelfells dar. Er bietet eine Ansatzstelle für den Musculus tensor tympani (Brunner & Nöldeke, 1997). Letzterem folgt das Mesotympanon (Paukenhöhlenmittelraum), welches den Bereich zwischen dem Trommelfell und dem Promotorium darstellt. Das Promotorium ist eine Erhebung zwischen dem ovalen und dem runden Fenster des Mittelohres, welche durch die basale Schneckenwindung der Cochlea (Gehörschnecke) entsteht. Ventral befindet sich das Hypotympanon (Paukenhöhlenkeller), dieses steht mit der Tuba auditiva (Eustachische Röhre, Ohrtrompete) in Verbindung. Die Ohrtrompete, welche den Hals-Nasen-Rachenraum mit dem Mesotympanon verbindet, kann Druckdifferenzen ausgleichen und dient der Drainage der Mittelohrregion (Brunner & Nöldeke, 1997).

Die Membrana tympani (Trommelfell) ist durch einen faserartigen Haltering (Anulus fibrocartilagineus) aufgespannt, welcher im Sulcus tympanicus (Knocheneinkerbung) eingebettet ist (Brunner & Nöldeke, 1997). Den knöchernen Rahmen bildet der Anulus tympanicus osseus. Er befindet sich im Bereich des Os temporale (Schläfenbein) (Waldeyer, 2009). Das gesamte knöcherne Gebilde, welches als Halterung des Trommelfells fungiert,

wird als Tympanicum bezeichnet. Letzteres kann in seiner Form variieren (Fleischer, 1978). Bei den ursprünglichen Carnivoren wird das Tympanicum als ringförmig (Winge, 1895; van der Klaauw, 1931), und fast vollständig (Canidae), bis vollständig geschlossen (beispielsweise bei *Viverra zibetha*), beschrieben (Bondy, 1907; van der Klaauw, 1931). Hier lässt sich ein Kontrast zum nach oben hin offenen, u-förmigen Tympanicum der Rodentia feststellen, welches als unvollständig und „horseshoe-like“ beschrieben wird (Winge, 1888, van der Klaauw, 1931).

Über die Lage des Trommelfells kann gesagt werden, dass eine nahezu horizontale Stellung als ursprünglich und primitiv gilt. Dies ist beispielsweise bei den Monotremata (Kloakentieren) der Fall, während das Trommelfell der höheren Säugetierordnungen eine vermehrt vertikale Position einnimmt (Van Kampen, 1905). Die Vergrößerung des Inklinationswinkels kann mit der stärkeren Entwicklung der Cochlea (Gehörschnecke, Bestandteil des Innenohres) in Verbindung gebracht werden. Eine Rotation während der phylogenetischen Entwicklung der Säugetiere könnte durch Druckeinwirkung die Lage der Membrana tympani beeinflusst haben (Hammar, 1902).

Im Zusammenhang steht aber auch die Entwicklung einer ventralen Wand der Paukenhöhle während der Ontogenese, die sich zwischen Trommelfell und Schädel bildet. Sie bewirkt eine Erweiterung des Paukenhöhlenraumes und infolge einer Rotation, die Änderung des Inklinationswinkels. Somit ergibt sich bei phylogenetisch später entstandenen Ordnungen der Säugetiere (beispielsweise bei Carnivora, Rodentia, Ungulata etc.) eine nahezu vertikale Lage des Tympanicums und somit des Trommelfells. Bei niederen Säugetieren ist die ventrale Wand kaum bis gar nicht entwickelt. Dies und auch die geringfügige Entwicklung der Cochlea, könnten die Begründung für eine schräge bis horizontale Lage des Trommelfells bei den Monotremata darstellen (van Kampen, 1905).

Im luftgefüllten Raum des Cavum tympani befinden sich die Gehörknöchelchen: Malleus (=Hammer), Incus (=Amboss) und Stapes (=Steigbügel) welche ein kettenförmiges Gebilde darstellen. Das äußerste Glied der Ossicula auditus bildet der Malleus, welcher über das Manubrium mallei (Hammergriff) mit dem Trommelfell verbunden ist und dieses dadurch conial (=kegelförmig) aufspannt (Fleischer, 1978). Der Kopf des Malleus (Caput mallei) liegt im Recessus epitympanicus und somit im dorsalen Bereich der Paukenhöhle. In dieser

Region befindet sich auch der Incus (Waldeyer, 2009). Nach den Aussagen von Fleischer (1973) liegen Malleus und Incus nahezu auf einer Ebene, der Stapes hingegen bildet einen rechten Winkel zum Incus, weshalb sich seine Lage von der Lage der anderen beiden Gehörknöchelchen unterscheidet (Fleischer, 1973).

Die Ossicula auditus (Gehörknöchelchen) können in Schwingung versetzt werden und den Schall von der äußeren Ohrmuschel (Auricula auditiva), über das Trommelfell, zur Fenestra vestibuli ovalis (ovales Fenster) leiten, welches einen Bestandteil des Innenohres bildet. Die Schwingfähigkeit der Gehörknöchelchenkette ergibt sich durch eine Befestigung mithilfe von Bändern (Ligamenta ossiculorum auditus), wobei zwei am Malleus und die weiteren beiden am Stapes ansetzen. Der Malleus bildet das erste Gehörknöchelchen nach der Auris externa. Er ist über eine Gelenksfläche mit dem Incus verbunden, welcher das Zwischenglied darstellt. Über den Linsenbeinfortsatz ist der Amboss mit dem Steigbügel verbunden. Die Fußplatte des Steigbügels ist durch ein Ringfaserband (Anulus fibrosus bzw. Ligamentum anulare stapediale) mit dem ovalen Fenster verwachsen. Es bildet einen abdichtenden Verschluss, der elastische Bewegungen zulässt (Brunner & Nöldeke, 1997). Die Ossicula auditus ist von einer respiratorischen Schleimhaut umgeben, die einen Gasaustausch und eine Versorgung durch Blutgefäße ermöglicht (Brunner & Nöldeke, 1997). Eine detaillierte Beschreibung der Gehörknöchelchen folgt im praktischen Teil.

3.2.3 Auris interna (Innenohr)

Die Auris interna bildet den medial gelegenen Teil der Ohrregion, ihre Funktion ist die Umwandlung des Schalls in elektrische Impulse. Sie wird in ein knöchernes Labyrinth (Labyrinthus osseus) und ein häutiges Labyrinth (Labyrinthus membranaceus) unterteilt (Brunner & Nöldeke, 1997). Das hohlförmige knöcherne Labyrinth ist im Felsenbein (Pars petrosa) des Schädels eingebettet. Die drei Bogengänge (Canales semicirculares ossei), der Vorhof (Vestibulum) und die Gehörschnecke (Cochlea) bilden die Elemente des knöchernen Labyrinths. Innerhalb des Labyrinthus osseus befindet sich das häutige Labyrinth, welches die kaliumreiche Endolymphe enthält. Im Hohlraum zwischen knöchernem und häutigem Labyrinth befindet sich eine weitere Flüssigkeit, die Perilymphe. Sie umgibt das gesamte Endolymphsystem (häutiges Labyrinth und Endolymphe) und kann über einen Kanal der als Ductus perilymphaticus (Canaliculus cochleae) bezeichnet wird, abfließen (Brunner &

Nöldeke 1997). Dieser trichterförmige Kanal setzt kurz vor dem runden Fenster an und mündet in den spaltförmigen Subarachnoidalraum (Cavum subarachnoidale), welcher sich in der Nähe des Zentralnervensystems befindet (Waldeyer, 2009).

Das Vestibulum (Vorhof) stellt ein Atrium zu den Bogengängen dar. Es liegt sehr zentral, da es sich zwischen Cochlea und Bogengänge befindet (Lang, 1992). Im Vestibulum befinden sich Utriculus und Sacculus, welche gemeinsam mit den häutigen Bogengängen, eine zentrale Rolle innerhalb der Gleichgewichtsapparatur übernehmen. Im Bereich des Vorhofes unterscheidet man zwei Wände. Die medial gelegene Wand, die zum inneren Gehörgang zeigt, weist zwei Buchten auf, die als Recessus sphericus und Recessus ellipticus bezeichnet werden. Im Recessus sphaericus befindet sich der Sacculus während im Recessus ellipticus der Utriculus plaziert ist (Waldeyer, 2009). Die laterale Wand ist der Paukenhöhle zugewandt und enthält die beiden Fenster (Fenestra vestibuli ovalis und Fenestra cochleae). Das ovale Fenster bildet eine Verbindung zwischen dem Perilymphraum der Cochlea und dem Vorhof. Das runde Fenster ist durch die Membrana tympanica secundaria (Rundfenstermembran) verschlossen (Waldeyer, 2009).

Das Innenohr weist drei Bogengänge (Canales semicirculares ossei) auf. Sie lassen sich in einen vorderen Bogengang (Canalis semicircularis anterior), einen horizontal ausgerichteten Bogengang (Canalis semicircularis lateralis) und einen hinteren Bogengang (Canalis semicircularis posterior) unterteilen. Die Erweiterungen an den Endstellen der Bogengänge werden als Ampullae ossae bezeichnet. Im Inneren der knöchernen Bogengänge befinden sich die häutigen Bogengänge (Ducti semicirculares) (Lang, 1992).

Die Cochlea, welche den am medial gelegensten Teil der Auris media darstellt, zeigt im Querschnitt die Form einer Pyramide. Die Windungen können sich zur Spitze der Cochlea (Capula cochlae) hin verengen. Die Spindel (Modiolus) bildet eine Achse, um die sich die Gänge winden. Sie besteht aus einem locker gebauten Knochengewebe (Fleischer, 1973). In dieser Achse befindet sich der Nervus cochlearis, welcher die Weiterleitung der Sinnesinformation zum Gehirn gewährleistet. Die Lamina spiralis ossea stellt eine zweiblättrige Knochenlamelle dar, die wendeltreppenartig den Modiolus umgibt (Waldeyer, 2009). Diese Knochenleiste dient der Befestigung der häutigen Schnecke (Brunner & Nöldeke, 1997).

Bei Betrachtung einer Windung der Cochlea im Querschnitt, werden drei Bereiche sichtbar. Dabei bildet die Scala vestibuli (Vorhof-treppe) den dorsalen Teil. In der Mitte befindet sich der Ductus cochlearis (häutiger Schneckengang), welcher die Endolymphe enthält und blind endet. Den ventral gelegenen Teil bildet die Scala tympani (Paukentreppe), sie grenzt an das runde Fenster der Mittelohrregion. Vorhof-treppe und Paukentreppe stehen über das Helikotrema (Schneckenloch) miteinander in Verbindung, wodurch ein Fluss der Perilymphe von der Vorhof-treppe, über das Helikotrema zur Paukentreppe, bis hin zum runden Fenster ermöglicht wird (Brunner & Nöldeke, 1997).

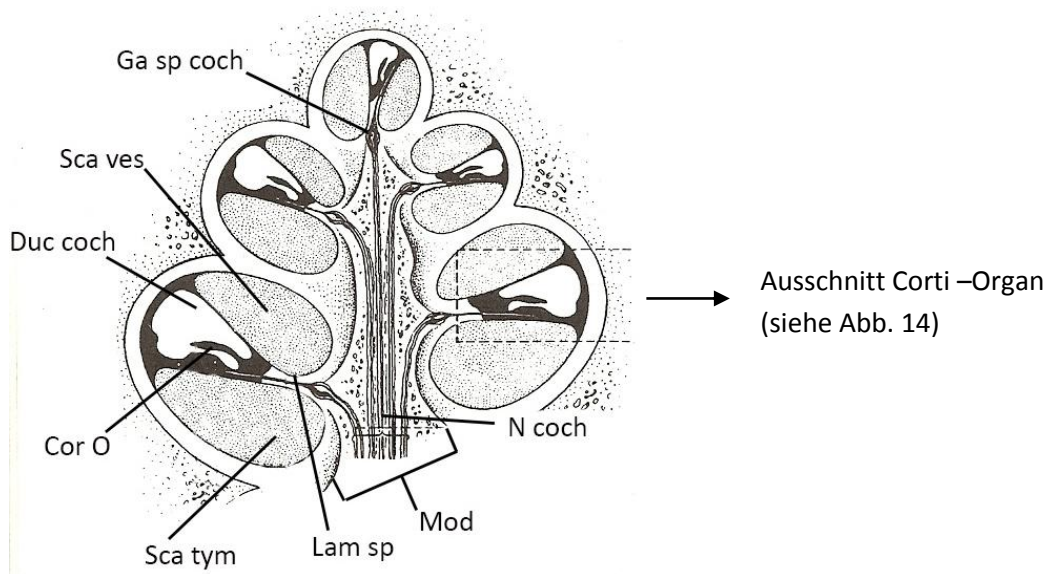


Abb. 13.: Cochlea (Querschnitt), verändert nach Weerda (1994).

Abkürzungen: **Ga sp coch** – Ganglion spirale cochleae; **Sca ves** – Scala vestibuli; **Duc coch** – Ductus cochlearis; **Cor O** – Corti Organ; **Sca tym** – Scala tympani, **Lam sp** – Lamina spiralis ossea; **Mod** – Modiolus; **N coch** – Nervus cochlearis; strichlierte Linie – Ausschnitt (strichlierte Linie) siehe Abb. 14.

Der Ductus cochlearis wird durch die Reissner'sche Membran von der Scala vestibuli abgegrenzt. An der Stria vestibularis beginnend, setzt sich die Reissner'sche Membran bis zum Rand der Knochenleiste (Limbus laminae spiralis ossae) fort. Sie wird auch als vestibuläre Wand bezeichnet. An der äußeren Wand der Schnecke befindet sich das Ligamentum spirale cochlae, dieses stellt ein Band aus Bindegewebe dar. Im Bereich des Schneckenganges ist es verdickt. An dieser Stelle beherbergt das Bindegewebsband die Stria vestibularis, welche ein Gefäßnetz zu Produktion von Endolymphe darstellt (Brunner & Nöldeke, 1997).

Dorsal, an der oberen Grenze der Scala tympani liegt die Membrana basilaris (Basiliarmembran). Sie wird zwischen Knochenleiste und Bindegewebsband aufgespannt. Auf ihr liegt das Corti-Organ, welches das eigentliche Hörorgan darstellt (Waldeyer, 2009).

Das Corti-Organ nimmt innerhalb der Schnecke eine waagrechte Lage ein. Es wird von zwei Membranen umgeben. Ventral befindet sich die bereits beschriebene Membrana basilaris (Basilarmembran) und dorsal wird das Corti-Organ von der Membrana tectoria (Deckmembran) bedeckt (siehe Abb. 14). An der Basiliarmembran befindet sich zur Seite der Paukentreppe hin (der Perilymphe zugewandt) eine tympanale Belegschrift, die aus Epithelzellen besteht (Brunner & Nöldeke, 1997).

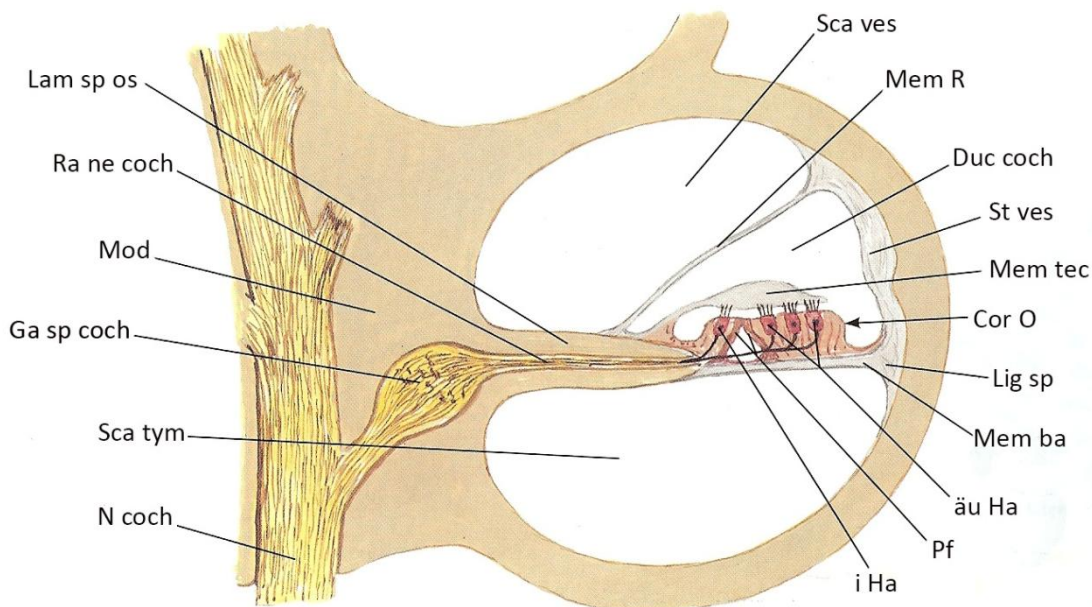


Abb. 14.: Schnitt durch eine Windung der Cochlea, verändert nach Netter (2000).

Abkürzungen: **Lam sp os** – *Lamina spiralis ossea*; **Ra ne coch** – *Ramni nervi cochlearis*; **Mod** – *Modiolus*; **Ga sp coch** – *Ganglion spirale cochleae*; **Sca tym** – *Scala tympani*; **N coch** – *Nervus cochlearis*; **Sca ves** – *Scala vestibuli*; **Mem R** – *Membrana vestibularis Reissner (Reissner'sche Membran)*; **Duc coch** – *Ductus cochlearis*; **St ves** – *Stria vestibularis*; **Mem tec** – *Membrana tectoria*; **Cor O** – *Corti-Organ*; **Lig sp** – *Ligamentum spirale (cochlae)*; **Mem ba** – *Membrana basilaris*; **äu Ha** – *äußere Haarzellen*; **Pf** – *Pfeilerzellen*; **i Ha** – *innere Haarzellen*.

Die gallertartige Membrana tectoria bedeckt die Haarzellen und Stützzellen. Sie ist mit dem Rand der Knochenleiste (Labium limbi vestibulare) fest verwachsen. Bei den Stützzellen wird

zwischen Deiterzellen und Pfeilerzellen unterschieden. Die Deiterzellen befinden sich auf der Basalmembran und bilden lange Ausläufer, welche zusammen die Membrana reticularis darstellen. Des Weiteren besitzen diese Stützzellen Aussparungen, die der Aufnahme der Haarzellen dienen. Die inneren und äußeren Pfeilerzellen bilden zusammen die Abgrenzung eines Tunnels (Corti-Tunnel). Dieser ist mit einer Flüssigkeit (Corti-Lymphe) gefüllt, die der Perilymphe ähnlich ist (Waldeyer, 2009).

Die hochprismatischen Haarzellen befinden sich in den ausgekehlten Räumen der Deiterzellen. Sie sind an ihren apikalen Enden mit Stereozilien versehen und ragen in die löchrige Membrana reticulis hinein. Letztere stellt eine räumliche Barriere zwischen Endo- und Corti-Lymphe dar. Lateral der äußeren Pfeilerzellen befinden sich die äußeren Haarzellen. Sie sind in Reihen angeordnet und weisen unterschiedlich lange Stereozilien auf. Die inneren Haarzellen befinden sich medial der inneren Pfeilerzellen, ihre Stereozilien sind ebenso wie die äußeren Haarzellen eine Kutikularplatte, in der die Stereozilien in bürstenförmiger Anordnung eingebettet sind (Waldeyer, 2009).

4. Die Physiologie des Ohres

4.1. Der Hörvorgang

Der Schall trifft zuerst auf die Auricula (Ohrmuschel), welche die Funktion eines Schalltrichters hat. Diese gewährleistet infolge von Modulationen des eintreffenden Schalls, das Richtungshören und die Raumorientierung. Durch die Weiterleitung des Schalls im Meatus acusticus externus (äußerer Gehörgang), wird dieser durch den Effekt der Gehörgangsresonanz, verstärkt. Die weitergeleiteten Schallwellen versetzen die Membrana tympani (Trommelfell) am Ende des äußeren Gehörgangs in Schwingung. Über das mit dem Trommelfell verwachsenen Manubrium mallei (Hammergriff) können die Schwingungen über die Gehörknöchelchenkette weitergeleitet werden. Vom Malleus, über den Amboss, werden die Schallwellen an die Fußplatte des Stapes weitergegeben. Letzterer erzeugt durch eine Druckbewegung am ovalen Fenster eine Druckwelle, wodurch die Perilymphe innerhalb des Innenohres in Schwingung versetzt wird (Brunner & Nöldeke, 1997).

Durch die Hebelwirkung der Gehörknöchelchen wird der Schalldruck um ein Vielfaches verstärkt. Dies stellt eine Anpassung an die Impedanz (Schallwellenwiderstand) dar, da der

Schallwellenwiderstand der Perilymphe des Innenohres (Flüssigkeit) deutlich höher ist, als jene der Luft. Die im Mittelohr gelegenen Binnenmuskeln und Bänder an denen die Gehörknöchelchen befestigt sind, können kontrahieren und haben eine ausgleichende Wirkung. Sie können beispielsweise einen sehr lauten Schall dämpfen. Es kann aber auch eine direkte Schallübertragung auf das ovale Fenster erfolgen, wobei ein großer Hörverlust entsteht. Es fehlt die Verstärkung des Schalls durch die Gehörknöchelchen, wodurch beim Wechsel der Medien ein Energieverlust entsteht (Nöldeke & Brunner, 1997).

Die Wanderwelle die über den Stapes und das ovale Fenster erzeugt wird breitet sich innerhalb der Cochlea aus. Durch das Schallsignal am ovalen Fenster ergibt sich eine Druckdifferenz zwischen Scala vestibuli und Scala tympani und es kommt zu einer Volumenverschiebung. Dies bewirkt eine Auslenkung der beweglichen Basilarmembran, da die Wände des Endolymphsystems im Gegensatz zu inkompressiblen Perilymphe flexibel sind. Das runde Fenster (Fenestra cochleae) dient ebenfalls dem Ausgleich (Kießling et al., 1997).

Dadurch, dass der flexible Anteil der Basilarmembran zum Helikotrema hin zunimmt, ergibt sich eine Abnahme der Wellenlänge der ausgelösten Wanderwelle. Die Amplitude ist von der Frequenz abhängig. Die Amplitudenmaxima befinden sich daher in Abhängigkeit von der Frequenz an verschiedenen Orten der Basilarmembran (Brunner und Nöldeke, 1997).

Wanderwellentheorie nach Békésy (1960): „Jede Frequenz wird je nach dem Amplitudenmaximum der Wanderwelle an einem Ort der der Basilarmembran abgebildet, die hohen Frequenzen näher dem ovalen Fenster, die Tiefen näher am Helikotrema“ (Brunner & Nöldeke, 1997).

Die Wanderwellentheorie widerlegte unter anderem die Resonanztheorie von Helmholtz (1863), welche lange Zeit großen Einfluss gehabt hatte. Beim Vorgang der Wellenausbreitung wird zwischen einer passiven Dispersion und einer energieverbrauchenden Feindispersion unterschieden. Die Feindispersion beruht auf der Fähigkeit der äußeren Haarzellen, aufgrund einer aktiven Kontraktion, eine Eigenschwingung zu erzeugen, welche eine Verstärkung der jeweiligen Frequenz bewirkt und somit eine verbesserte Kategorisierung der Frequenzen und eine bessere Wahrnehmung niedriger Schallintensitäten, ermöglicht. Dies verdeutlicht,

dass das Ohr nicht nur ein rein passives Organ der Mechanorezeption ist, sondern auch einen aktiven mechanischen Prozess induzieren kann (Brunner & Nöldeke, 1997).

Diese aktiven Prozesse können einen bedeutenden Einfluss auf das normale Hören haben, die genaue Funktionsweise wurde jedoch noch nicht geklärt (Kießling et al., 1997).

Der eigentliche mechanische Reiz wird durch eine Scherbewegung im Bereich der Deckmembran und des Corti-Organ verursacht. Der Schallimpuls welcher zur Auslenkung der Basilarmembran führt, löst diese Scherbewegung aus. Die Stereozilien werden bei diesem Vorgang verbogen, wodurch Aktionspotentiale ausgelöst werden. Die Umwandlung der mechanischen Reize in elektrische Impulse stellt den Prozess der Transduktion dar. Die elektrischen Impulse werden über den Nervus cochlearis (Hörnerv) zum Gehirn weitergeleitet (Brunner & Nöldeke, 1997).

Damit ein Impuls zustande kommen kann, muss ein Spannungspotential vorliegen. Dies wird durch die ungleiche Verteilung von Natrium- und Kalium-Ionen, zwischen Perilymphe und Endolymphe, aufrecht erhalten. Die Endolymphe enthält im Vergleich zur Perilymphe mehr Kalium und weniger Natrium-Ionen. Die Membranen des Endolymphraumes, der Haarzellen und der Stereozilien weisen unterschiedliche Ruhepotentiale auf, wodurch eine positive Potentialdifferenz von 155 mV besteht. Erfolgt ein mechanischer Reiz an den äußeren Haarzellen, durch die Scherbewegung der Deckmembran, ergibt sich eine Änderung des bestehenden Potentials. Es kommt zur Veränderung der Ionen-Konzentrationen in der Zelle und somit zu einer Depolarisation (Entladung). Diese kann bei Überschreitung einer gewissen Schwelle, die Freisetzung eines Transmitters bewirken. Wird Letzterer ausgeschüttet, kommt es zur Auslösung eines Aktionspotentials und somit zu einer Erregung des Nervus cochlearis (Hörnerv). Durch eine aktive Ionenpumpe kann die Sinneszelle repolarisiert werden (Brunner & Nöldeke, 1997).

4.2 Der Gleichgewichtssinn

Für die Funktion des Gleichgewichtssinnes (räumliche Orientierung, zielgerichtete Augenbewegung, Lageorientierung) sind gleichsam wie beim Hörsinn, Haarzellen (Sinneszellen) verantwortlich. Im Gegensatz zum Hörsinn werden die Stereozilien der

Haarzellen jedoch nicht durch Schallwellen, sondern durch einwirkende Kräfte gereizt (Silverthorn D. U., 2009).

Der Gleichgewichtsapparat setzt sich aus fünf Elementen des Innenohres zusammen. Dazu zählen die drei häutigen Bogengänge (Ductus semicirculares anterior, Ductus semicircularis lateralis, Ductus semicircularis posterior) und die beiden Säckchen des Vorhofes, Utriculus und Sacculus (Brunner & Nöldeke, 1997).

Der Gleichgewichtssinn lässt sich in zwei Komponenten unterteilen. Zum einen sind dies die Bogengänge, welche für rotatorische Bewegungen (Winkelbeschleunigung, Drehbeschleunigung) verantwortlich sind und zum anderen die Statolithenorgane der Vorhofsäckchen, die für die Wahrnehmung translatorischer Bewegungen (Linearbeschleunigung) zuständig sind (Silverthorn D. U., 2009).

Die Ampullae (Erweiterungen an den Enden) der Bogengänge enthalten Cristae, welche bindegewebsartige Erhebungen darstellen. Die Crista ampullaris enthält die Sinneszellen, die für die sensorische Rezeption verantwortlich sind. Sie ziehen hinauf zur Cupula, eine gallertartige Masse, in der die Zilien der Sinneszellen eingebettet sind. Die Sinneszellen werden durch Stützzellen in Position gehalten. Gerät die Endolymphe in Bewegung, so bewegt sich auch die gallertige Cupula. Somit wird durch die Auslenkung der Cilien, ein Reiz in den Sinneszellen ausgelöst und eine Erregung über die Nervenfasern zum Gehirn weitergeleitet (Silverthorn, 2009).

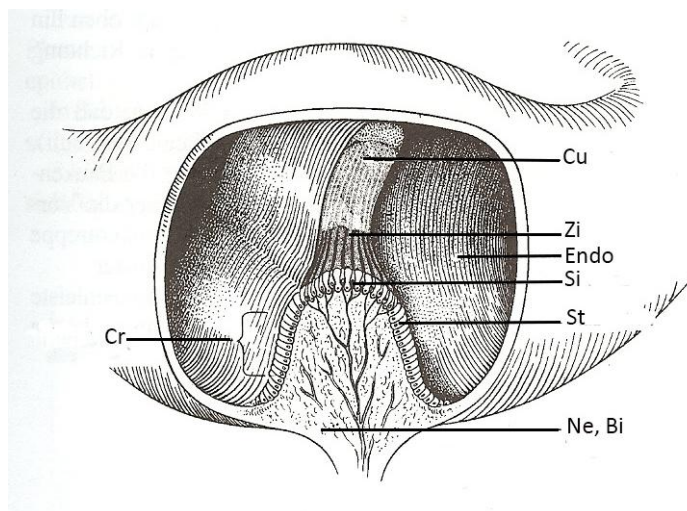


Abb. 15.: Sinnesfeld der Bogengänge (Längsschnitt), verändert nach (Weerda 1994).

Abkürzungen: **Cr** – *Crista (ampullaris)*; **Cu** – *Cupula*; **Zi** – *Zilien*; **Endo** – *Endolymphe*, **Si** – *Sinneszellen*; **St** – *Stützzellen*; **Ne, Bi** – *Nervenfasern und Bindegewebe*.

Die Rezeptoren von Utriculus und Sacculus werden als Maculae bezeichnet. Diese enthalten ebenfalls Sinnes- und Stützzellen und eine gallertartige Otholithenmembran (*Membrana statoconorium*). Auf dieser Statholithenmembran liegen Otholithen, die der Beschwerung der Membran dienen. Die Otholithen bilden sich durch das Ausfallen von Calciumcarbonatkristallen. Die Cilien der Sinneszellen ragen in die Otholithenmembran hinein. Aufgrund der vertikalen Ausrichtung des Sinnesfeldes, ist der Sacculus für horizontale Bewegungen und der Utriculus (horizontale Lage) für vertikale Bewegungen verantwortlich (Brunner & Nöldeke 1997).

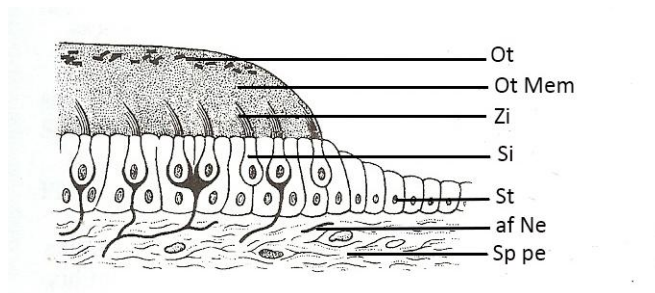


Abb. 16.: Sinnesfeld Utriculus und Sacculus (Querschnitt), verändert nach Weerda (1994).

Abkürzungen: **Ot** – *Otolithen*; **Ot Mem** – *Otholithenmembran*; **Zi** – *Zilien*; **Si** – *Sinneszellen*; **St** – *Stützzellen*; **af Ne** – *afferente Nervenfasern*; **Sp pe** – *Spatium perilymphaticum (Perilymphraum)*

5. Material und Methoden

5.1 Untersuchtes Material

Zur Untersuchung wurden Schädelpräparate von vier verschiedenen Taxa der Felidae herangezogen. Dabei handelte es sich um folgende rezente Taxa: *Felis chaus*, *Puma concolor*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus*. Bei diesen Exemplaren wurden die Auris interna und die Gehörknöchelchen (Malleus, Incus, Stapes) der Auris media verglichen, um mögliche osteologische und morphologische Unterschiede erkennen zu können. Diese werden im Anschluss diskutiert. Die Schädelpräparate wurden vom Institut für Paläontologie der Universität Wien zur Verfügung gestellt. Die Exemplare stammen zum Großteil von Individuen aus dem Tiergarten Schönbrunn, Wien.

5.2. Angaben zum Material

PIUW 1358 war ein weibliches Individuum von *Felis chaus* (Rohrkatze Abb. 17, A-B). Es wurde in Nord-West-Vorderindien gefangen und im Tiergarten Schönbrunn gehalten. Die Schädellänge beträgt 105,1 mm. Angaben zum Alter des Tieres gibt es keine. PIUW 242 ist der Schädel eines *Puma concolor*, auch hier gibt es keine weiteren Informationen zum Objekt (Puma Abb. 17 C, D). Die vermessene Schädellänge beträgt 154,4 mm ohne Crista und 161,7 mit Crista sagittalis. Beim untersuchten Material des *Caracal caracal* PIUW 1353 handelte es sich um ein älteres, männliches Tier, aus Erithräa, welches in 1940 aus Schönbrunn in die Sammlung aufgenommen wurde (Karacal Abb. 17 E, F). Dieses Präparat weist eine Schädellänge von 121,7 mm auf. Das letzte untersuchte Schädelexemplar gehörte der Spezies *Prionailurus viverrinus* PIUW 4399 an (Fischkatze Abb. 17 G, H). Hier handelte es sich um ein männliches Individuum mit einer Schädellänge von 121,2 mm. Alle untersuchten Taxa sind rezent.



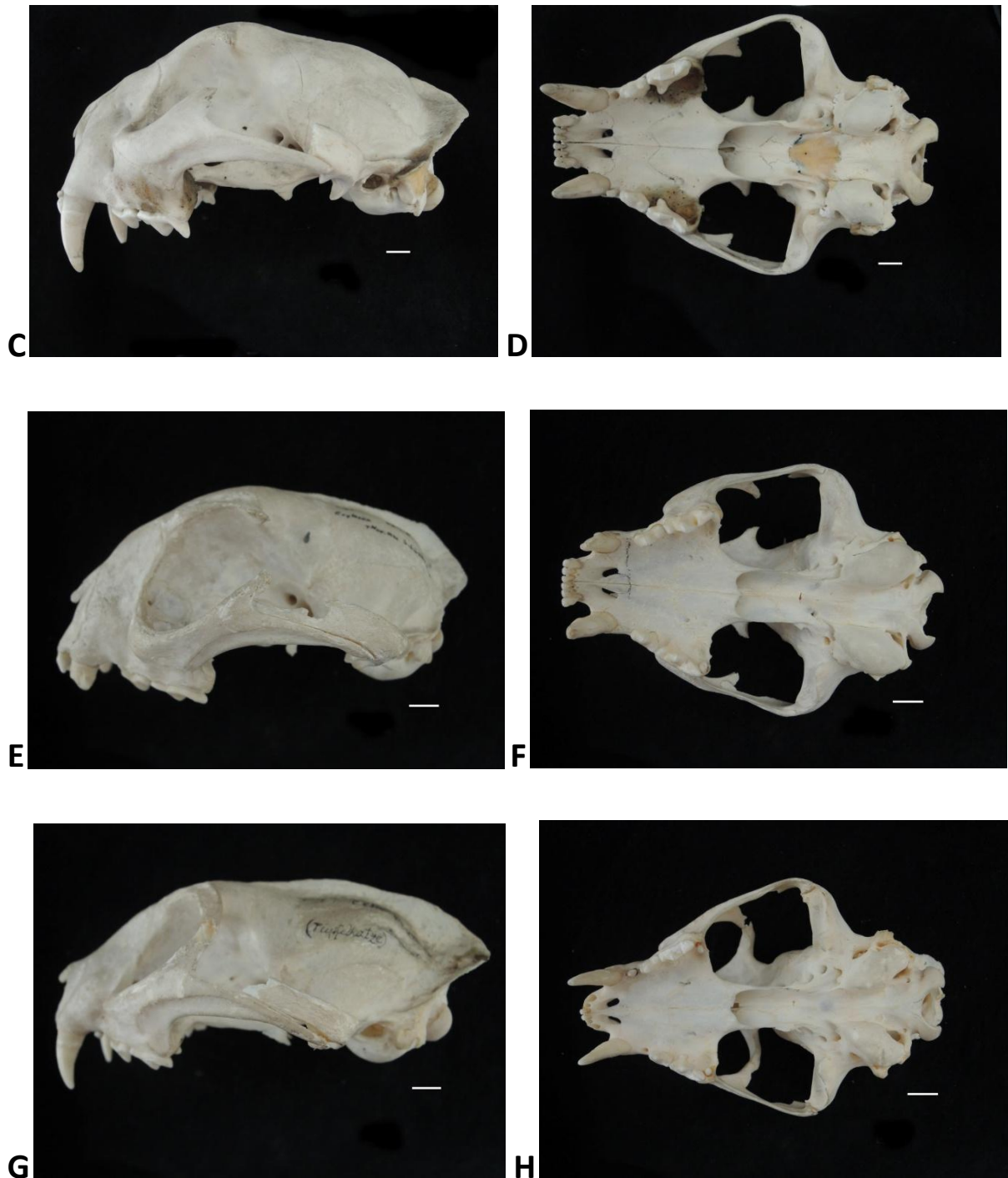


Abb. 17.: Untersuchte Schädelpräparate rezenter Taxa; links: Ansicht lateral, rechts: Ansicht ventral, Maßstab: 1 cm.

A+B. *Felis chaus*; PIUW 1358

C+D. *Puma concolor*; PIUW 242

E+F. *Caracal caracal*; PIUW 1353

G+H. *Prionailurus viverrinus*; PIUW 4399

5.3 Mikro-Computertomographie und 3D-Rekonstruktion

Für einen genauen Vergleich des Mittel- und Innenohres wurden die Präparate mittels Mikro-Computertomographie (skyscan 1173, Firma Bruker, siehe Abb. 18) am Institut für Paläontologie der Universität Wien gescannt. Anschließend wurde jedes Scanbild manuell segmentiert, um eine dreidimensionale Rekonstruktion der Auris interna und den knöchernen Elementen der Auris media zu erhalten. Es handelt sich um einen Mikro-CT-Spiralscanner, welcher mit einer 130 kV- Mikrofocus-Röntgenquelle ausgestattet ist. Mithilfe der Mikro-Computertomographie kann das Innere des Präparates untersucht werden. Mittels Emission von zerstörungsfreier Röntgenstrahlung werden Aufnahmen in drei Ebenen gemacht um dadurch vollständige Volumenmodelle rekonstruieren zu können (<http://www.micro-ct.at/facts/technische-daten>). Zur Untersuchung der Schädelpräparate wurde das Material zwischen Röntgenquelle und Detektor montiert. Im Scanner wird das Objekt um 180° gedreht. Währenddessen entstehen zweidimensionale Bilder, die jeweils einzeln als Tiff-Dateien abgespeichert werden (Schwarz, 2012).

Durch die unterschiedliche Materialdichte des untersuchten Objektes, wird eine virtuelle Prüfung und Einteilung/Segmentierung der Bildelemente möglich. Die Darstellung des Materials erfolgt nach unterschiedlicher Dichte. In den Scanbildern werden knöcherne Elemente der Schädelstruktur hell (weiß) und luftgefüllte Elemente oder Hohlräume dunkel (schwarz) dargestellt.



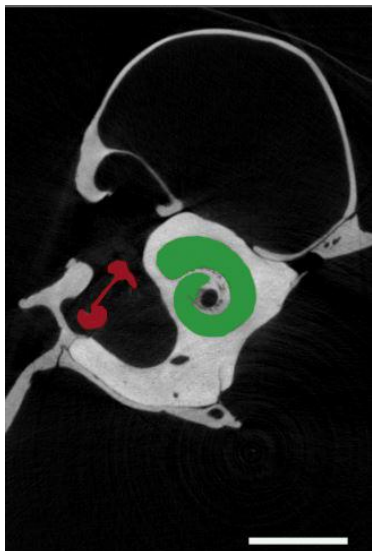
Abb. 18

Die manuelle Segmentierung erfolgte durch die Zuordnung der Bildpunkte aufgrund unterschiedlicher Graustufen. Die im Bild sichtbaren Bereiche wurden markiert und der

jeweiligen Struktur zugeordnet (Abb. 19 A, B, C). Die manuelle Bearbeitung der einzelnen Scanbilder erfolgte mit der Rekonstruierungssoftware (Amira 5.4.1, Visualization Sciences Group). Da die untersuchten Schädelpräparate verschiedene Größen aufwiesen, ergaben sich während des Scans unterschiedliche Image Pixel Sizes. Bei *Felis chaus* betrug die Pixelgröße 29.93 μm , bei *Puma concolor* 33.13 μm , bei *Caracal caracal* 24,94 μm und bei *Prionailurus viverrinus* ließ sich eine Pixelgröße von 34,91 μm feststellen. In den folgenden Abbildungen werden zweidimensionale Schnitte aus verschiedenen Ansichten dargestellt.

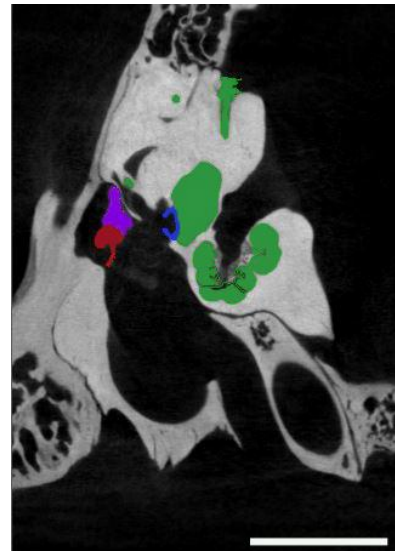
2D-Segmentierung

transversal



A

horizontal



B

sagittal



C

Abb. 19.: 2D- μ CT-Schnittbilder; **A**: transversal; **B**: horizontal; **C**: sagittal; weiße Bereiche stellen knöcherne Elemente und schwarze Bereiche luftgefüllte Elemente dar. Maßstab 5 mm. Farbcode: rot = Malleus; violett = Incus; blau = Stapes; grün = Auris interna

3D – Rekonstruktion

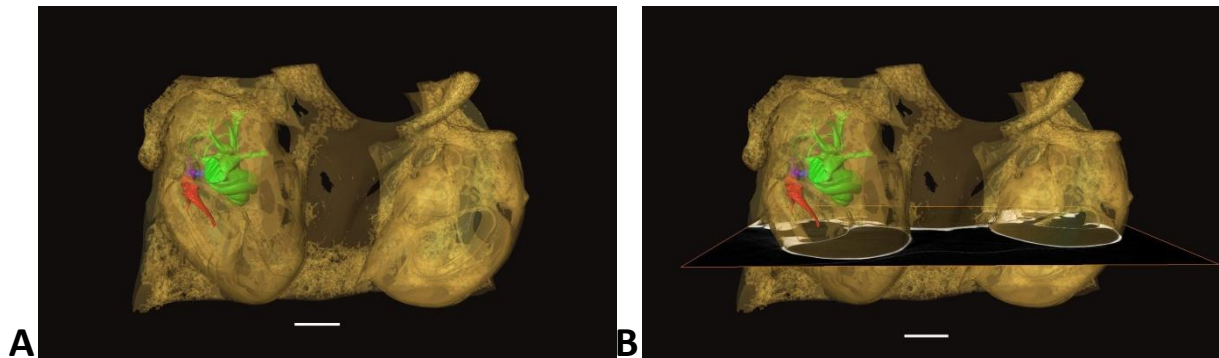


Abb. 20.: 3D-Rekonstruktion der Hinterhauptsregion von *Felis chaus* (rezent, PIUW 1358), Maßstab 5 mm.

A: Lage im Schädel

B: linkes Petrosium mit eingeblendetem Oblique-Slice

Farbcode: rot = Malleus; violett = Incus; blau = Stapes; grün = Auris interna

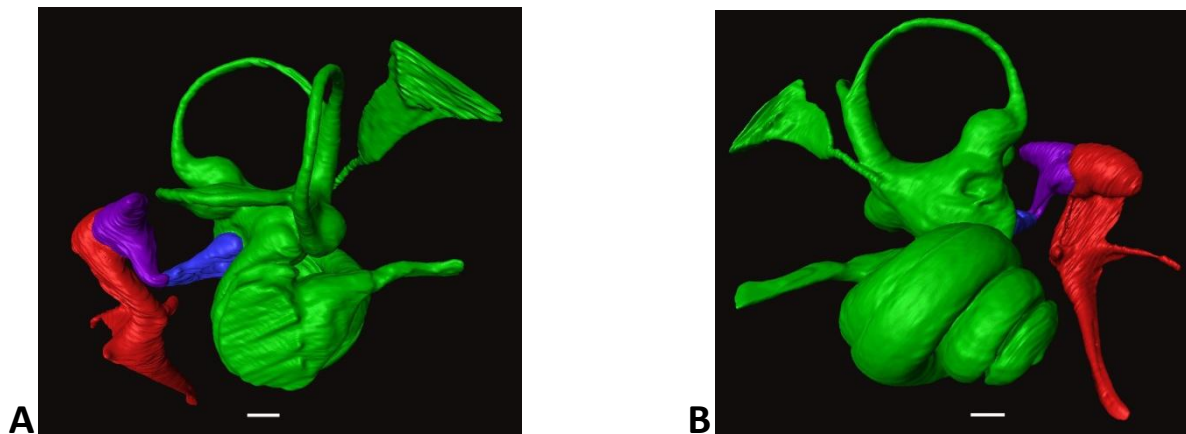


Abb. 21.: Ossicula auditus und Auris interna von *Felis chaus* (rezent, PIUW 1358); Maßstab: 1 mm

A: lateral ; B: medial; Farbcode: : rot = Malleus; violett = Incus; blau = Stapes; grün = Auris interna

6. Deskription und morphologischer Vergleich von Auris media und Auris interna

Im Folgenden sollen die knöchernen Elemente der Auris media (Malleus, Incus, Stapes) und Auris interna (Cochlea und Bogengänge), der untersuchten Taxa *Felis chaus*, *Puma concolor*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus*, beschrieben werden. Die einzelnen Elemente werden zunächst in Form einer kurzen Einleitung erklärt. Anschließend folgen die Deskriptionen, in denen Unterschiede und Gemeinsamkeiten der verschiedenen Taxa erläutert werden.

6.1 Einleitung Malleus

Der Malleus (Hammer) ist das erste medial gelegene Gehörknöchelchen nach dem Trommelfell. Die nachfolgenden Bezeichnungen folgen der Nomenklatur von Fleischer (1973).

Der Hammer besteht zunächst aus einem Kopf, der als Caput mallei bezeichnet wird. Das Caput mallei ist für die Artikulation des Malleus mit dem Incus verantwortlich, weshalb sich eine Gelenksfläche (Facies articularis) zeigt. Diese kann mehrere Facetten aufweisen, nach den Aussagen von Doran (1879) lassen sich bei den Feliden zwei Facetten erkennen. Der Rest des Erscheinungsbildes des Malleus liegt frei (Gray, 1918). Unterhalb des Caput mallei schließt das Collum mallei an, welches den Hals des Malleus bildet. Am ventralen Ende des Hammerhalses befindet sich ein Fortsatz, der als Processus muscularis mallei bezeichnet wird. Letzterer bildet eine Ansatzstelle für die Sehne des Musculus tensor tympani (Hyrtl, 1845).

Auf der Ebene des Processus muscularis mallei zeigt sich der Processus gracilis, welcher gemeinsam mit dem Caput mallei eine Knochenlamelle (Lamina) aufspannt. Unterhalb des Collum mallei befindet sich der Processus lateralis, er liegt dem Processus muscularis gegenüber. Dies wird in nachstehender Abbildung mit einer strichlierten Linie angedeutet. Gleichzeitig soll die Linie das ventrale Ende des Collum mallei darstellen. Den ventral gelegenen Teil des Malleus bildet das Manubrium mallei, welches den längsten Fortsatz des Hammers bildet. Letzteres ist dem Trommelfell angelagert (Brunner & Nöldeke, 1997).

Deskriptionen

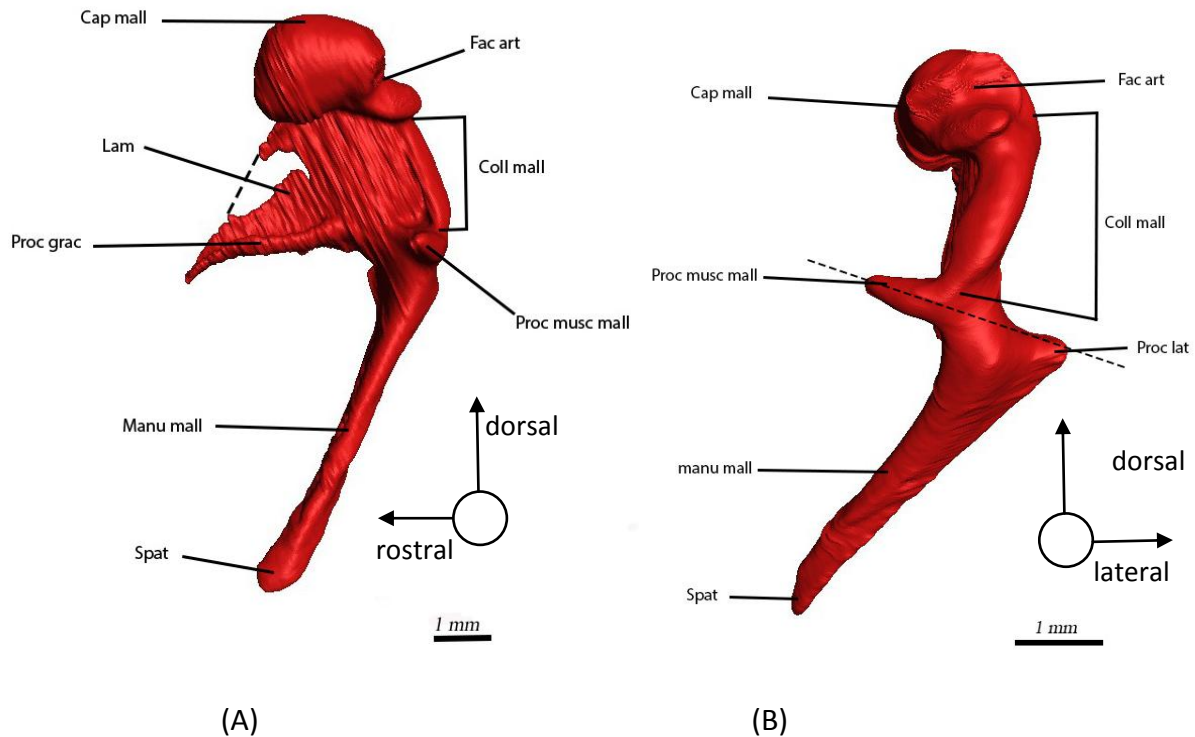


Abb. 22.: Malleus *Caracal caracal* (PIUW 1353) aus (A) lateraler und (B) occipitaler Ansicht:

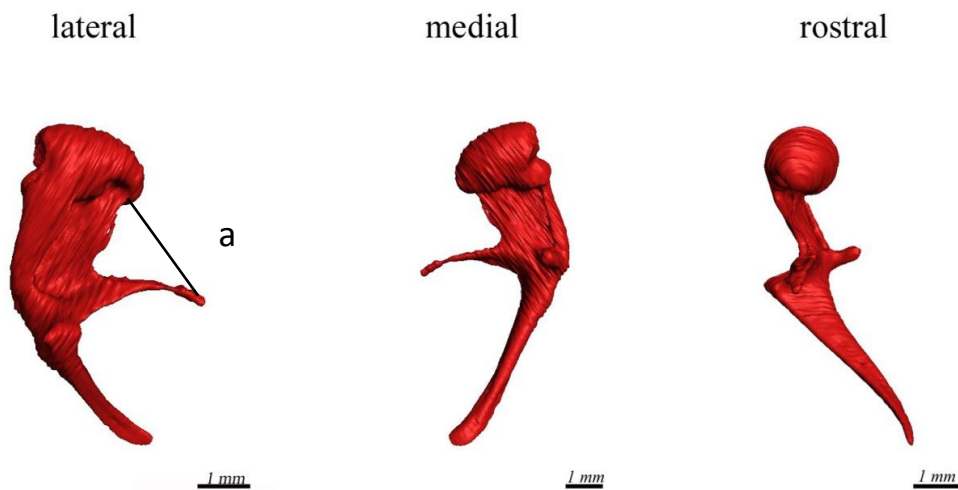
Abkürzungen: **Cap mall** – Caput mallei; **Fac art** – Facies articularis; **Coll mall** – Collum mallei; **Lam** – Lamina; **Proc grac** – Processus gracilis; **Proc musc mall** – Processus muscularis mallei; **Proc lat** – Processus lateralis; **Manu mall** – Manubrium mallei; **Spat** – Spatula

6.1.1 Deskription Malleus: *Felis chaus*

Bei *Felis chaus* lässt sich das Caput mallei, dorsal betrachtet als oval beschreiben. Aus lateraler Ansicht kann man erkennen, dass das Caput mallei nach anterior leicht geneigt verläuft und dabei schmaler wird, wodurch sich seine ovale Form ergibt. Die Gelenkfacetten (Facies articularis) am posterioren Ende des Caput mallei weist eine tief verlaufende, breite Furche auf, weshalb sie sich in zwei Teilen beschreiben lässt. Die dorsale Facette der Gelenksoberfläche ist bei *Felis chaus* vom Ausmaß größer als die ventrale Facette. Während die dorsale Facette eine abgeflachte Oberfläche darstellt, lässt sich die untere Facette als konvex beschreiben. Das Collum mallei zeigt, aus occipitaler Ansicht, eine leichte Krümmung nach medial. In Abb. 22 (B) wird durch eine strichlierte Linie, die schräg verlaufende Ebene angedeutet, auf welcher der Processus lateralis und der Processus muscularis mallei liegen. Diese soll gleichzeitig das ventrale Ende des Collum mallei darstellen. Der Processus lateralis

schließt mit dem Collum mallei einen Winkel ein. Letzteres ist bei *Felis chaus* nur leicht gebogen. Im weiteren Verlauf geht das Collum mallei in das Manubrium mallei über. Das Manubrium mallei ist langgestreckt und weist anterior und posterior scharfe Kanten auf. Aus rostraler Ansicht betrachtet, lässt sich eine dreieckig-prismatische Form des Manubriums erkennen, welche am ventralen Ende zu einer Spitze zusammenläuft, was auch in den anatomischen Untersuchungen von Hyrtl (1845) beschrieben wird. Die Spitze des Manubrium mallei (Spatula), neigt sich aus lateraler Sicht leicht nach lateral. Aus lateraler Sicht, weist es nach dorsal eine kanalartige Furchung auf. Diese setzt ungefähr in der Mitte des Manubrium mallei an und ist nur schwach ausgeprägt. An der Basis des Collum mallei setzt der Processus gracilis an. Dies ist ein langer Fortsatz, der mit dem Collum mallei einen spitzen Winkel einschließt.

Bei *Felis chaus* weist der Processus gracilis aus lateraler Sicht eine leicht- konvexe Biegung in dorsale Richtung auf, welche sich zur Spitze hin ventral neigt und eine etwas verdickte Struktur zeigt. Zwischen Processus gracilis und Collum mallei sollte sich eine Knochenlamelle befinden, die bei diesem untersuchten Exemplar von *Felis chaus* aber nicht ausgebildet ist. Sie wird in Abb. 23 a mit einer Linie angedeutet.



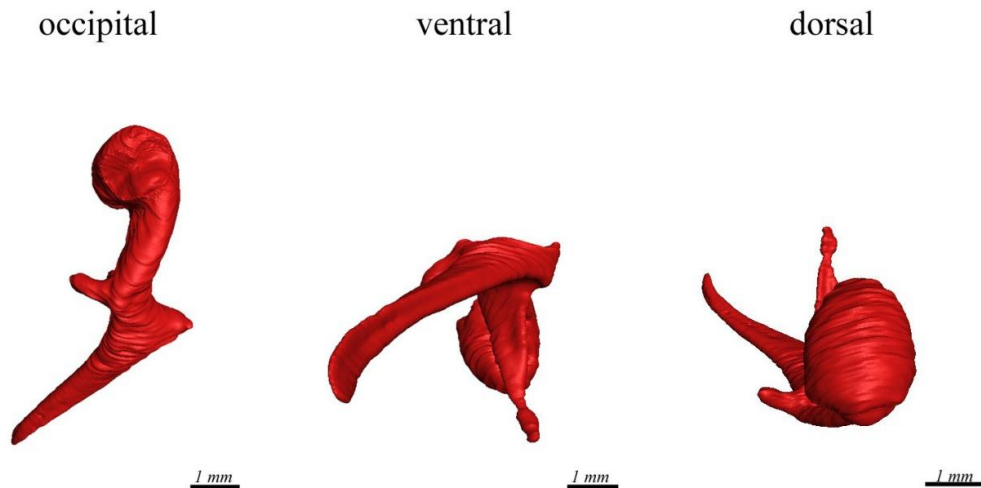


Abb. 23: Malleus *Felis chaus* (PIUW 1358); a: Lamina ist nicht ausgebildet und wird mit einer schwarzen Linie angedeutet.

6.1.2 Deskription Malleus: *Puma concolor*

Der *Caput mallei* des *Puma concolor* weist ebenfalls eine annähernd ovale Form auf. Im Vergleich zu *Felis chaus* weist er einen geringeren Grad der Verschmälerung in rostrale, aber auch in occipitale, Richtung auf. Deshalb wirkt der *Caput mallei* aus lateraler Sicht etwas abgeflachter, als das etwas spitzere Ende des *Caput mallei* von *Felis chaus*. Die mit dem *Incus* artikulierende Gelenksfläche wird durch eine starke Furche in zwei Flächen zerteilt (Abb. 25 occipital, a und b). Der obere Teil der *Facies articularis* zeigt eine etwas abgeflachte Oberfläche (Abb. 24 a), während die untere Facette eine deutlich konvexe Form darstellt (Abb. 24 b), wie es auch in der Arbeit von Doran (1879) beschrieben wird. Aus medialer Sicht wirkt die ventrale Gelenksfläche des Malleus bei *Puma concolor* großflächig und es lässt sich eine leichte ventrale Neigung feststellen. Die dorsale Gelenksfacette erstreckt sich vertikal nach dorsal und nimmt ein etwas geringeres Flächenausmaß ein. Das *Collum mallei* wirkt im Vergleich zum Hammerhals von *Felis chaus* etwas kompakter, da die Verbindung zwischen *Caput mallei* und der Basis des *Processus lateralis* kürzer und auch breiter erscheint. Des Weiteren weist es eine stärkere Biegung auf als das *Collum mallei* von *Felis chaus*, was sich besonders aus occipitaler Sicht feststellen lässt. Der *Processus muscularis mallei* zeigt sich aus occipitaler Betrachtung sichelförmig und robust. Der *Processus lateralis* bildet einen verdickten, spitz zulaufenden Fortsatz, der ungefähr der Hälfte der Länge des *Processus gracilis* entspricht. Letzterer verläuft geradlinig und spannt zusammen mit dem *Collum mallei*, eine *Lamina* auf. Diese ist beim betrachteten Exemplar des *Puma concolor* zwar

stärker ausgeprägt als bei *Felis chaus*, trotzdem ist sie nicht zur Gänze vorhanden (siehe Abb. 24 c). Das Manubrium mallei, welches von der Basis des Collum mallei ventral nach unten verläuft, weist ebenfalls, wie bereits bei *Felis chaus* beschrieben, eine dreieckig-prismatische Form auf, die nach anterior und posterior scharfe Kanten aufweist. Die spatel-ähnliche Spitze (Spatula) lässt im Vergleich zum übrigen geradlinigen Manubrium mallei eine leichte Krümmung erkennen (Abb. 24 d)

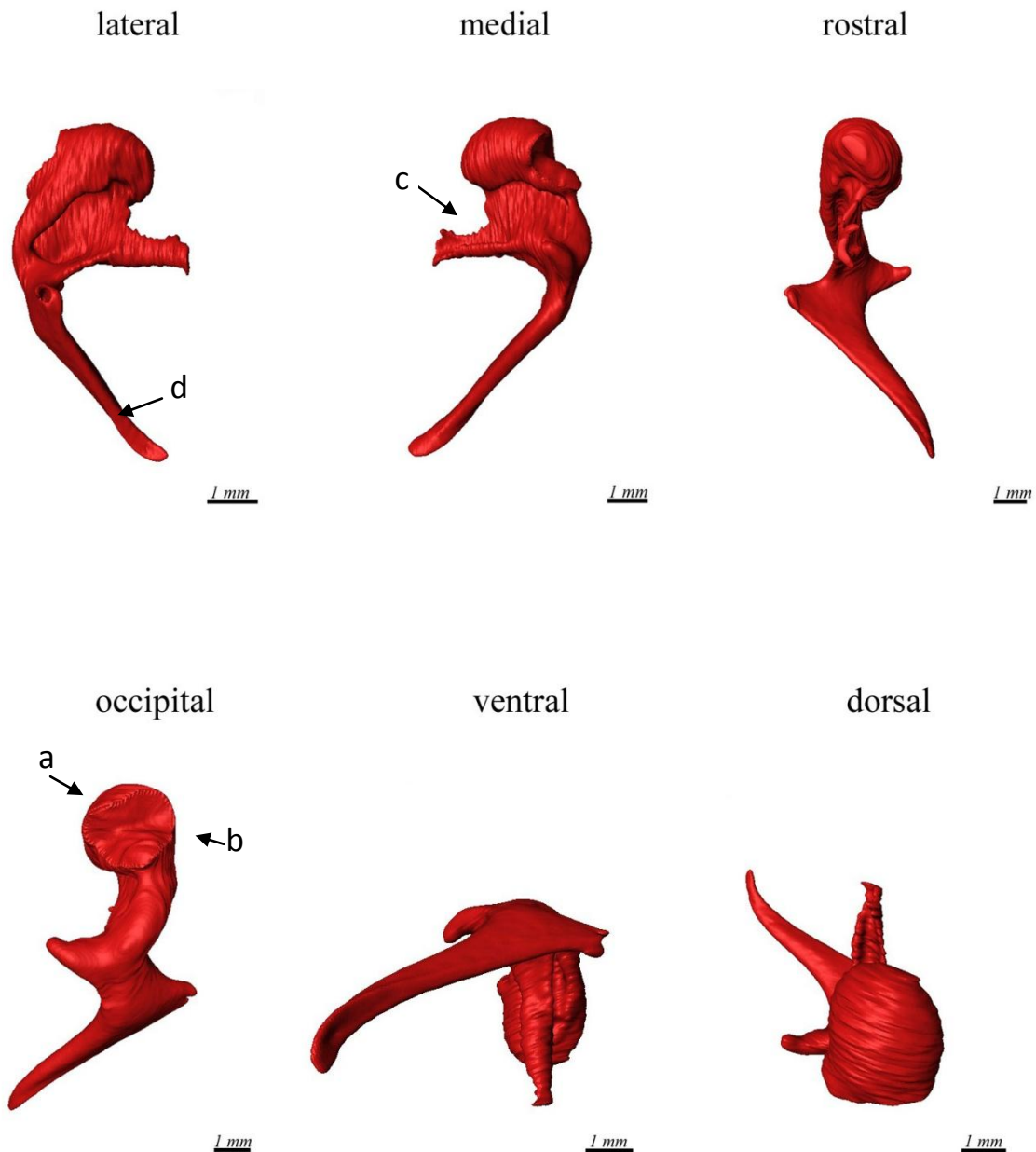


Abb. 24.: Malleus *Puma concolor* (PIUW 242); a: abgeflachte dorsale Gelenksfacette; b: konvexe ventrale Gelenksfacette; c: Lamina nur zum Teil vorhanden, d: Krümmung der Spatula.

6.1.3 Deskription Malleus: *Caracal caracal*

Bei Betrachtung des Caput mallei von *Caracal caracal* lässt sich erkennen, dass dieses von seiner Form, aus dorsaler Ansicht, etwas konvexer ist, als das Caput mallei von *Felis chaus* und *Puma concolor*, woraus sich eine oval-kugelige Form ergibt. Diese verstärkt kugelige Gestalt entsteht auch dadurch, da das Caput mallei von *Caracal caracal* nach rostral (der Gelenkfacetten gegenüberliegend) steiler abfällt, als bei den anderen beiden beschriebenen Individuen. Die Gelenkfacetten, welche mit dem anschließenden Incus artikuliert, zeigt wiederum eine markante Einkerbung. Diese bildet eine Furche und trennt die Artikulationsfläche in zwei Teile. Der dorsale Teil der Gelenkfacetten ist deutlich abgeflachter als der ventrale Teil. Dies stimmt wiederum mit den Untersuchungen von Doran (1879) überein, der dies in seinem vergleichenden Werk als Merkmal der Felidae beschrieb. Des Weiteren wirkt die ventrale Gelenkfacetten, ähnlich wie bei *Puma concolor* etwas vergrößert und aus medialer Sicht, leicht nach ventral abfallend.

Das zwischen Caput mallei und Processus lateralis befindliche Collum mallei, verläuft bei *Caracal caracal* etwas geradliniger als bei *Puma concolor*. Occipital betrachtet, lässt sich feststellen, dass das Collum mallei eher der Form des Collum mallei von *Felis chaus* entspricht. Der Hammerhals von *Caracal caracal* ist im Vergleich zum jenem von *Puma concolor* etwas schmaler. Der an der Basis des Collum mallei ansetzende Processus lateralis schließt mit diesem einen Winkel von ungefähr 100° ein. Der Processus muscularis mallei nimmt eine horizontale Stellung ein. Dadurch unterscheidet sich Letzterer vom Processus muscularis mallei des *Puma concolor*, welcher einen leicht gebogenen Verlauf nach dorsal zeigt. Das Manubrium mallei von *Caracal caracal* weist wie bereits bei *Felis chaus* und *Puma concolor* beschrieben, eine dreieckige Form auf. Die Spatula zeigt eine leichte Biegung im Vergleich zum geradlinigen Verlauf des übrigen Manubrium mallei. Aus ventraler Sicht, erkennt man eine geringfügige Einkerbung an der Spitze des Manubrium mallei (Abb. 25 b). Dies ist bei *Puma concolor* ebenfalls angedeutet und bei *Felis chaus* wird es verstärkt sichtbar, da der Verlauf von der Mitte des Manubrium mallei bis zu seiner Spitze reicht und somit einen längeren Kanal bildet. Der Processus gracilis zeigt eine längere Ausprägung als der Processus gracilis von *Puma concolor* und verläuft zum Ende hin, in ventrale Richtung. Zwischen Collum mallei und Processus mallei befindet sich die Lamina. Diese ist bei dem untersuchten Exemplar von *Caracal caracal* am deutlichsten ausgeprägt. Im Vergleich zu den

anderen untersuchten Taxa, lässt sich bei *Caracal caracal* eine nahezu vollständige Knochenlamelle erkennen. Bis auf eine kleine Fraktur am dorsalen Ende (siehe strichlierte Linie Abb. 25 a) spannt sich Letztere fast zu Gänze zwischen Processus mallei und Collum mallei auf.

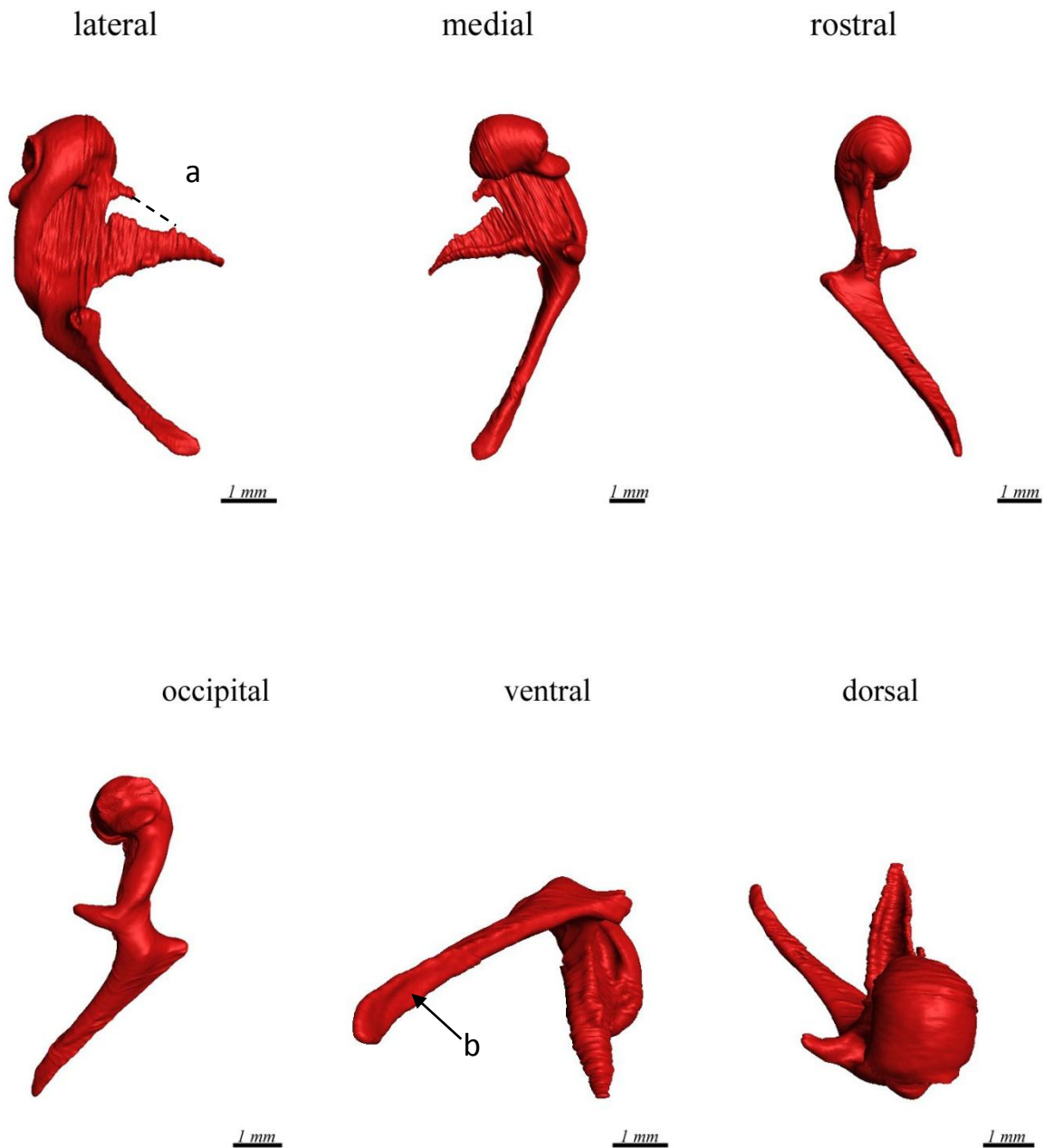
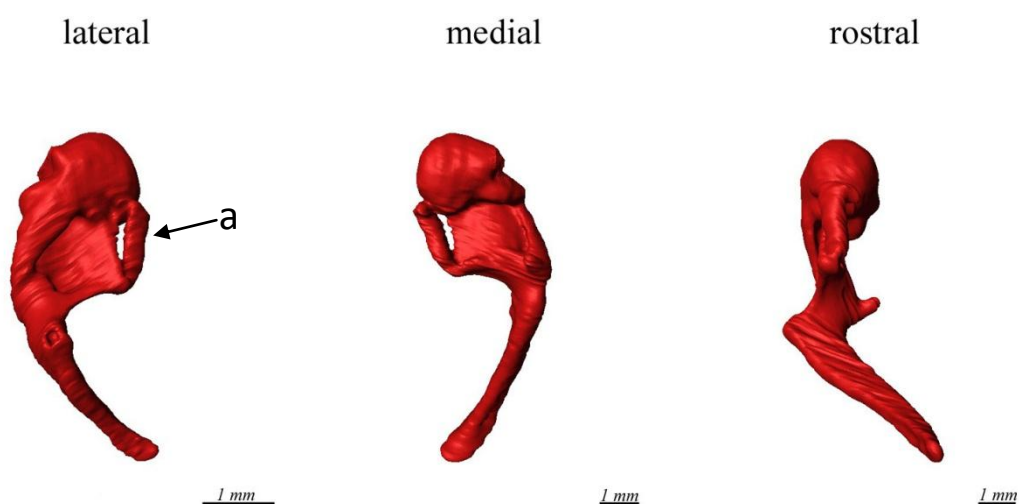


Abb. 25: Malleus *Caracal caracal* (PIUW 1353); a: Fraktur am dorsalen Ende der Lamina, angedeutet durch strichlierte Linie; b: Einkerbung an der Spitze des Manubrium mallei.

6.1.4 Deskription Malleus: *Prionailurus viverrinus*

Aus lateraler Betrachtung fällt das Caput mallei von *Prionailurus viverrinus* anterior ab, wodurch es kugelig wirkt. Die mit dem Incus artikulierende Gelenksoberfläche ist im Vergleich zu den Artikulationsflächen von *Felis chaus* und *Puma concolor* weniger tief eingekerbt. Die zweiteilige Erscheinung und der flache dorsale Teil der Facette, sowie der konvexere ventrale Teil, sind ähnlich ausgeprägt, wie bei den anderen beiden Arten. Betrachtet man den Caput mallei von medial, so zeigt sich wiederum eine vergrößerte ventrale Gelenkfläche, die sich zungenartig und zugleich leicht abfallend über das Collum mallei erstreckt. Das Collum mallei verläuft leicht abgerundet, wobei die Biegung weniger stark ausgeprägt ist als bei *Puma concolor*.

Der Processus muscularis mallei zeigt sich stumpf und im Vergleich zum Processus muscularis mallei von *Caracal caracal*, auch etwas verkürzt. Die Kanten des Manubrium mallei sind weniger scharf und geradlinig, als bei *Felis chaus*. Die dreieckige-prismatische Form weist eine geringere Exaktheit in seiner Kontur auf, als bei den anderen beschriebenen Taxa. Die kanalartige Vertiefung an der Spatula ist bei *Felis viverrina* nur sehr gering ausgeprägt. Der Processus gracilis zeigt sich verkürzt und weist eine konvexe Wölbung nach dorsal auf. Aufgrund der extremen Verkürzung des Processus gracilis, ist auch die Lamina nicht vollständig vorhanden (Abb. 26 a)



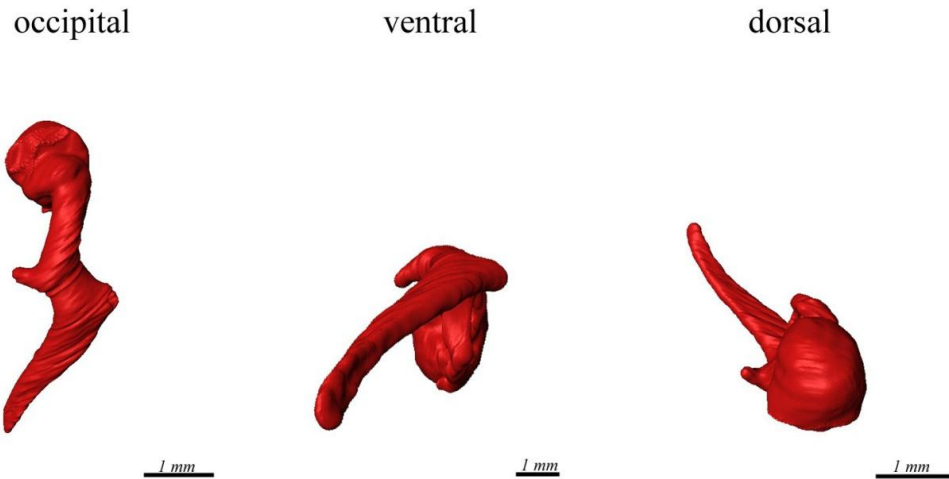


Abb. 26: Malleus *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399); a: verkürzter und deformierter Processus gracilis, dadurch ergibt sich eine unvollständige Lamina.

6.2 Einleitung Incus

Der Incus (Amboss) bildet das Zwischenglied, welches sowohl mit dem oben beschriebenen Malleus und dem nachfolgenden Stapes artikuliert. Bei Raubtieren ist der Incus eher klein ausgebildet (Hyrtl 1845). Anatomisch, kann der Incus bei den untersuchten Taxa immer in einen Corpus incudis, welcher den Körper des Incus darstellt und zwei vom Corpus incudis ausgehende Fortsätze gegliedert werden. Der längere der beiden Fortsätze wird als Crus longum incudis, der etwas kürzere Fortsatz als Crus breve incudis bezeichnet. Das Crus longum incus besteht wiederum aus einem Processus lenticularis incus und einem Os lenticulare (Linsenbein), welche gemeinsam den sogenannten Linsenbeinfortsatz bilden. Das Os lenticulare zeigt eine flache, ellipsenartige Struktur und ist über ein schmales, gebogenes Pedicel mit dem Processus lenticularis incudis verbunden (Doran 1879). Das scheibenförmige Linsenbein stellt die Gelenksverbindung zum Stapes dar (Hyrtl 1845). Da der Linsenfortsatz eine feine knöcherne Struktur aufweist, kommt es bei Präparaten häufig zu Brüchen. Dies war auch bei einigen untersuchten Objekten der Fall, die für diese Arbeit herangezogen wurden, weshalb bei mehreren Taxa kein Os lenticulare zu sehen ist. Die folgenden Deskriptionen der verschiedenen Incudes berufen sich ebenfalls auf die Nomenklatur von Fleischer (1973), wobei manche Bezeichnungen ergänzt wurden.

Deskriptionen

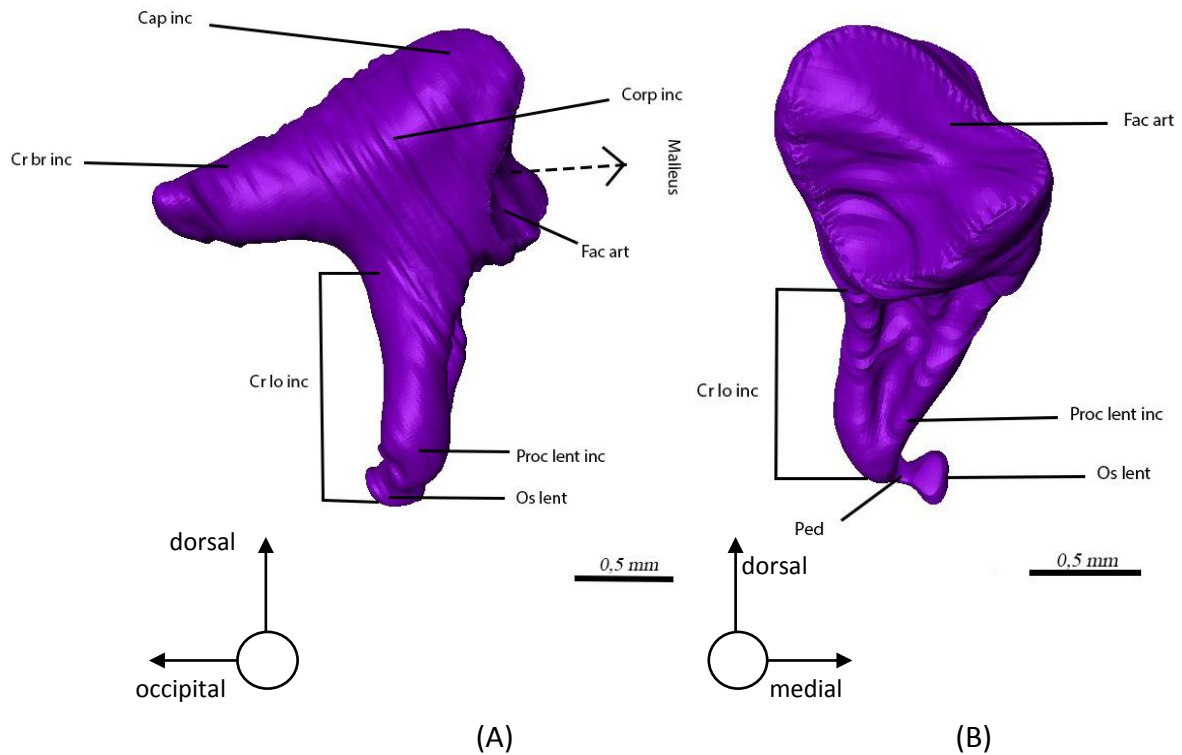


Abb. 27.: Incus *Puma concolor* (PIUW 242) aus (A) lateraler (B) occipitaler Ansicht:

Abkürzungen: **Cap inc** - Caput incudis; **Corp inc** – Corpus incudis; **Cr br inc** – Crus brevis incudis; **Fac art** – Facies articularis; **Cr lo inc** – Crus longum incudis, beinhaltet: **Proc lent** - Processus lenticularis incudis, **Ped** – Pedicel; **Os lent** – Os lenticulare

6.2.1 Deskription Incus: *Felis chaus*

Die Anatomie des Incus von *Felis chaus* zeigt lateral betrachtet zunächst den Corpus incudis, dessen Caput incudis dorsal eine konvexe Wölbung aufweist. Aus medialer Betrachtung wird am Caput incudis eine Einkerbung sichtbar, welche einen Teil der artikulierenden Gelenksoberfläche mit dem Malleus darstellt. Die Gelenksfläche (Facies articularis) lässt sich dem Malleus entsprechend, in mehrere Facetten einteilen. Aus occipitaler Sicht, zeigen sich zwei tiefe Einkerbungen, eine Richtung dorsal, die andere nach unten (ventral) gerichtet. Diese bilden die korrespondierenden mit dem Malleus interagierenden Berührungsflächen. In der Mitte der Facies articularis erkennt man eine nahezu vertikal verlaufende, wulstartige Linie. Sie liegt zwischen den Facetten und bildet das Gegenstück zur tiefen Furche, die in der

Gelenksoberfläche des Malleus von *Felis chaus* beschrieben wird. Die vom Corpus incudis ausgehenden Fortsätze, Crus breve incudis und Crus longum incudis, schließen einen Winkel von ungefähr 90 ° ein. Das kürzere Crus breve incudis verläuft zum Ende hin spitz zusammen. Aus lateraler Ansicht, zeigt die obere, dorsale Kante einen, schräg nach ventral geneigten Verlauf, während die ventrale Kante vom Corpus incudis ausgehend, in einer horizontalen Linie verläuft. Das Crus longum incudis, welches sich als langer Fortsatz vom Corpus incudis nach ventral erstreckt, zeigt zunächst einen geradlinigen Verlauf. Im Bereich des Processus lenticularis incudis zeigt sich eine leichte Biegung. Dies wird sowohl aus rostraler Sicht (Biegung nach sinister), als auch aus occipitaler Sicht (Biegung nach dexter) ersichtlich. Des Weiteren zeigt sich aus occipitaler Sicht eine kanalartige, ventral verlaufende Furchung entlang des Crus longum incudis. Ventral schließt dieses mit einer knopfartigen Struktur ab. Eigentlich sollte sich am Ende des Crus longum incudis beziehungsweise des Processus lenticularis incudis ein ellipsenförmiges Os lenticulare (Linsenbein) befinden. Da der Incus von *Felis chaus* kein Os lenticulare aufweist, wahrscheinlich durch eine Fraktur am untersuchten Präparat, wird dies in Abbildung 28 (rostral, medial) durch graugezeichnete Linien ergänzt.

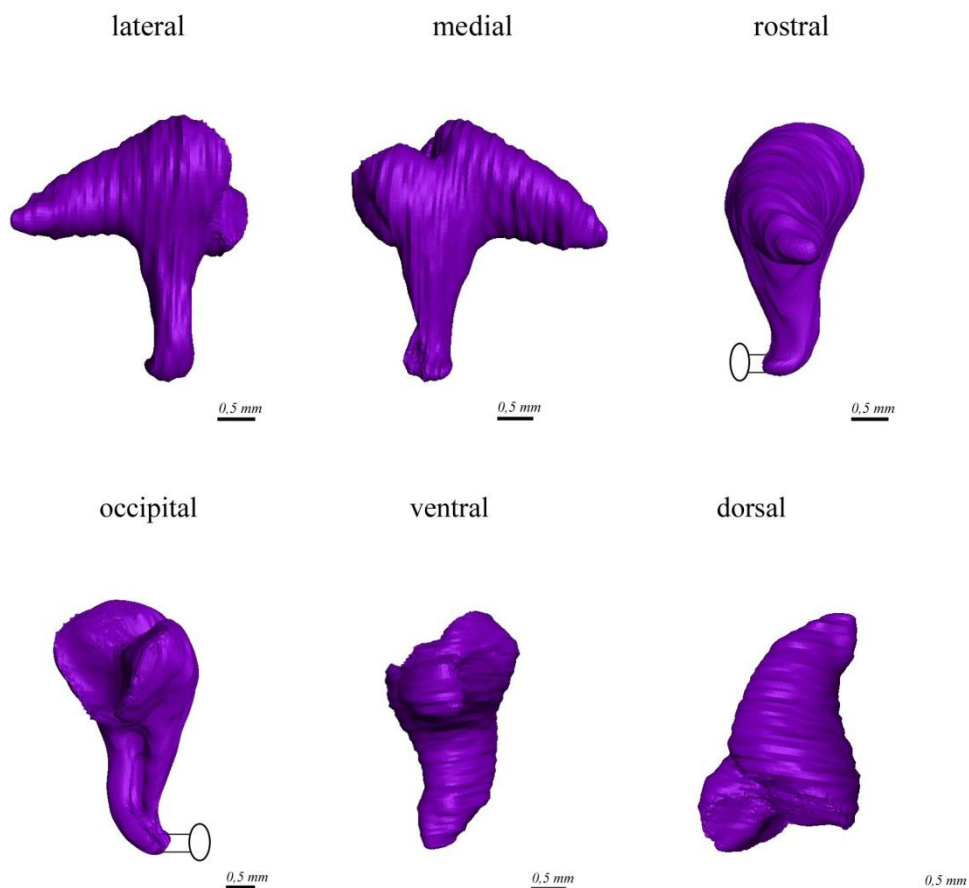


Abb. 28: Incus *Felis chaus* (PIUW 1358); Os lenticulare ergänzt

6.2.2 Deskription Incus: *Puma concolor*

Der Incus von *Puma concolor* weist ebenfalls am Caput incudis eine konvexe Aufwölbung Richtung dorsal auf. Diese ist jedoch in seinem Verlauf flacher und schwächer ausgeprägt als bei *Felis chaus*. Aus lateraler und rostraler Sicht betrachtet, lässt sich eine leichte Verschmälerung des Corpus incudis erkennen. Die Facies articularis von *Puma concolor* ist, verglichen mit der Gelenksoberfläche von *Felis chaus* deutlich abgeflachter und liegt am Corpus incudis leicht exponiert auf (Abb. 29 a). Die gesamte Facies articularis des *Puma concolor* wirkt in ihrer Struktur abgeflacht. Die ventrale Facette der Gelenksoberfläche liegt etwas tiefer und bildet eine leichte Einsenkung. Im oberen dorso-lateralen Bereich liegen zwei Ausbuchtungen vor. Diese sind durch ein schmales wulstartiges Gebilde, welches in der Mitte der Facies articularis verläuft, verbunden. Sie bilden das Gegenstück der Gelenkfläche des Malleus und passen sich den Strukturen entsprechend an. Die aus occipitaler Sicht, oberste, dorsal gelegene Facette ist stark abgeflacht und bildet eine ebene bis leicht konkave Oberfläche. Das Crus breve incudis, welches den Kürzeren der beiden Fortsätze bildet, läuft zum Ende hin zu einer Spitze zusammen. Wie bei *Felis chaus* steht es im rechten Winkel zum Crus longum incudis, allerdings zeigt es einen etwas anderen Verlauf der Kanten. Aus lateraler Sicht lässt sich erkennen, dass die obere dorsale Kante nicht gleichermaßen stark abfällt, wie dies bei *Felis chaus* der Fall ist, wodurch sich eine konkave Struktur ergibt. Dies stellt einen Kontrast zum Crus breve incudis von *Felis chaus* dar, welches nach dorsal konvex aufgewölbt ist. Das Crus longum incudis verläuft (lateral betrachtet), leicht gebogen und weist an der Ansatzstelle zum Corpus incudis eine Verdickung auf. Aus occipitaler Sicht erkennt man eine tiefe, kanalartige Struktur entlang des Processus lenticularis incudis (Abb. 29 b), wie sie auch bei *Felis chaus* zu sehen war. Das Crus longum incudis verschmälert sich zum Ende hin und läuft zu einer kurvigen Engstelle (Pedicel) zusammen. Dieses geht anschließend in ein linsenförmiges beziehungsweise ellipsenähnliches Gebilde über (Os lenticulare). Bei *Puma concolor* ist das Os lenticulare mit seinem zugehörigen Pedicel zur Gänze erhalten. Dies ist bei den anderen untersuchten Taxa nicht der Fall.

Deskriptionen

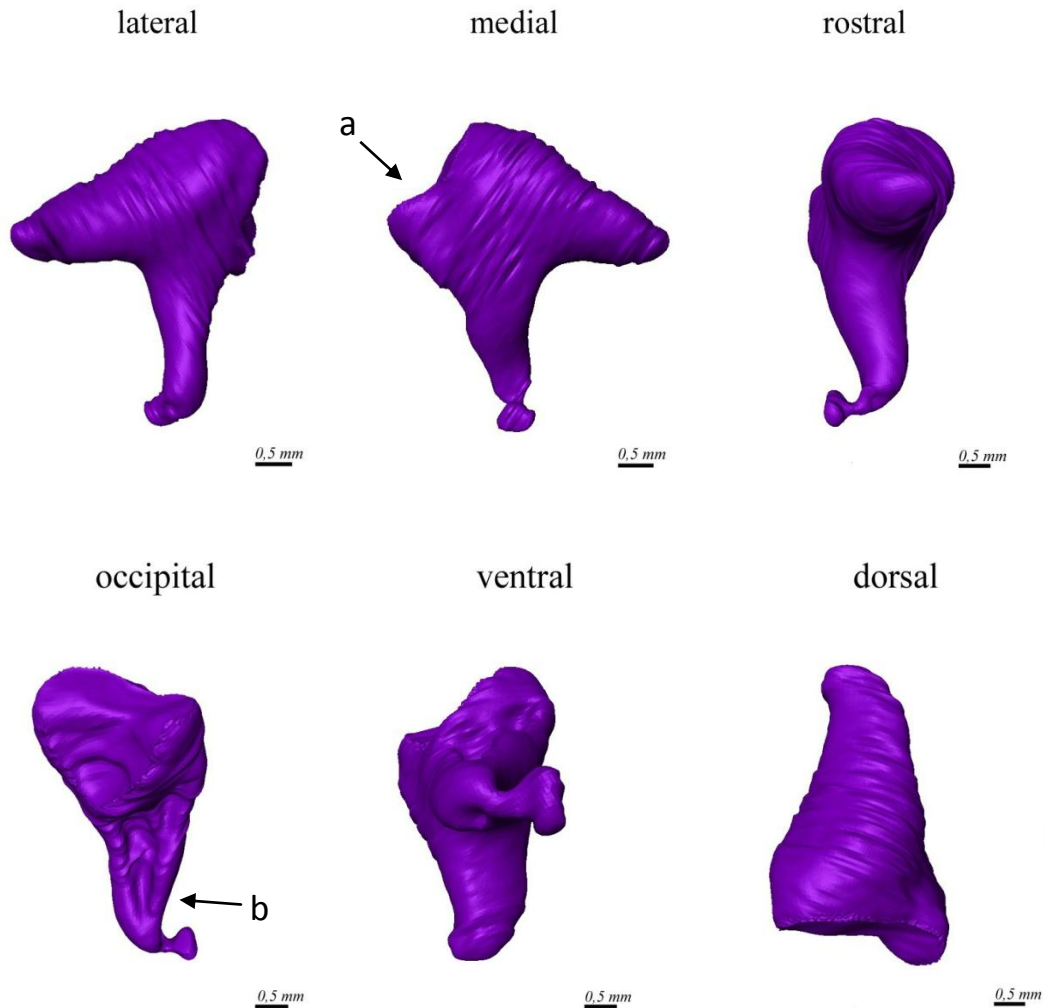


Abb. 29.: Incus *Puma concolor* (PIUW 242); a: abgeflachte, exponierte Gelenksoberfläche; b: kanalartige Struktur entlang des Processus lenticulare incudis.

6.2.3 Deskription Incus: *Caracal caracal*

Die Anatomie des Caput incudis zeigt bei *Caracal caracal* ebenfalls eine konvexe Aufwölbung nach dorsal. Im Vergleich zum Corpus incudis von *Puma concolor*, ist er etwas kleiner und weist im anatomischen Vergleich eine deutliche Ähnlichkeit zum Corpus incudis von *Felis chaus* auf. Die Facies articularis weist zwei sichtbare Facetten auf, wobei die dorsal gelegene Facette eine weniger starke Einkerbung zeigt, als die vertikal liegende Facette. Im Vergleich zur Facies articularis von *Puma concolor* liegen die Gelenkfacetten deutlich tiefer. Das Crus breve incudis erscheint bei *Caracal caracal* leicht verkürzt und zeigt aus lateraler Sicht, an der dorsalen Kante eine gerade, bis leicht konkave Linie. Die untere horizontal verlaufende Kante zeigt eine gerade Linienführung. Die beiden Kanten laufen zum Ende hin zu einer Spitze zusammen. Diese ist beim Crus breve incudis etwas stärker ausgeprägt, als bei *Puma*

concolor und *Felis chaus*. Das Crus longum incudis verläuft geradlinig in Richtung ventral. An der Basis zum Corpus incudis weist es aus lateraler Betrachtung, ebenfalls eine leichte Verbreiterung auf, die in ventrale Richtung stetig abnimmt. Am Ende des Crus breve incudis kann man, sowohl aus rostraler, als auch occipitaler Sicht, eine leichte Krümmung erkennen. Diese geht jedoch nicht in ein Pedicel und ein darauf folgendes Os lenticulare über, da diese Knochenstruktur, wahrscheinlich aufgrund einer Fraktur, bei diesem Präparat nicht mehr erhalten ist. Das Os lenticulare wurde in nachstehender Abbildung schematisch ergänzt (Abb. 30, rostral, occipital).

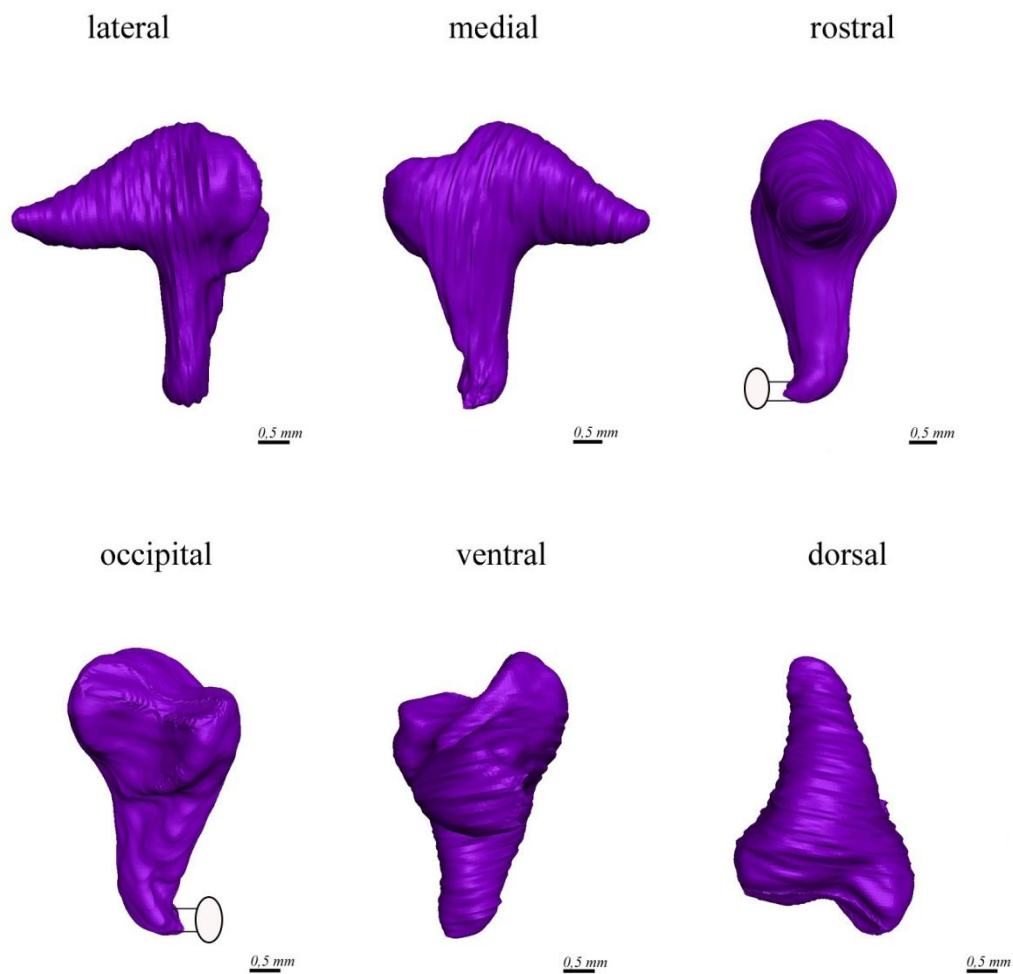


Abb. 30: Incus *Caracal caracal* (PIUW 1353); Os lenticulare ergänzt

6.2.4 Deskription Incus: *Prionailurus viverrinus*

Bei *Prionailurus viverrinus* liegt der Corpus incudis, lateral betrachtet etwas langgestreckter vor, als bei den zuvor beschriebenen Taxa. Dies zeigt sich vor allem durch eine verstärkte Ausprägung des Corpus incudis nach posterior, in Richtung der Gelenksfläche, die mit dem

Malleus artikuliert. Der Caput incudis ist leicht dorsal aufgewölbt, zeigt aber keine starke Ausprägung. Die Gelenksfläche weist aus occipitaler Sicht zwei Facetten auf. Eine dorsale, flach verlaufende Facette und eine ventral gerichtete Facette, welche etwas eingekerbt ist. In der Mitte der Facies articularis befinden sich starke Ausbuchtungen, die sich in dorso-laterale Richtung vergrößern. Das Crus breve incudis schließt mit dem Crus longum incudis einen rechten Winkel ein. Dies lässt sich ebenso bei *Puma concolor* und *Caracal caracal* beschreiben, einzig bei *Felis chaus* scheint dieser Winkel etwas vergrößert vorzuliegen. Das Crus longum incudis zeigt bei *Felis viverrina*, medial betrachtet, eine deutlich ausgeprägte Krümmung im ventralen Verlauf, während dieses bei *Felis chaus* und *Caracal caracal* geradlinig verläuft. Der Processus lenticularis incudis am Ende des Crus longum incudis weist wie bei den anderen Taxa eine leichte Biegung auf. Dies wird in vor allem aus rostraler und occipitaler Sicht erkennbar. Das mit dem Stapes artikulierende Os lenticulare ist bei *Felis viverrina* nicht erhalten (siehe Abb. 31 rostral, occipital).

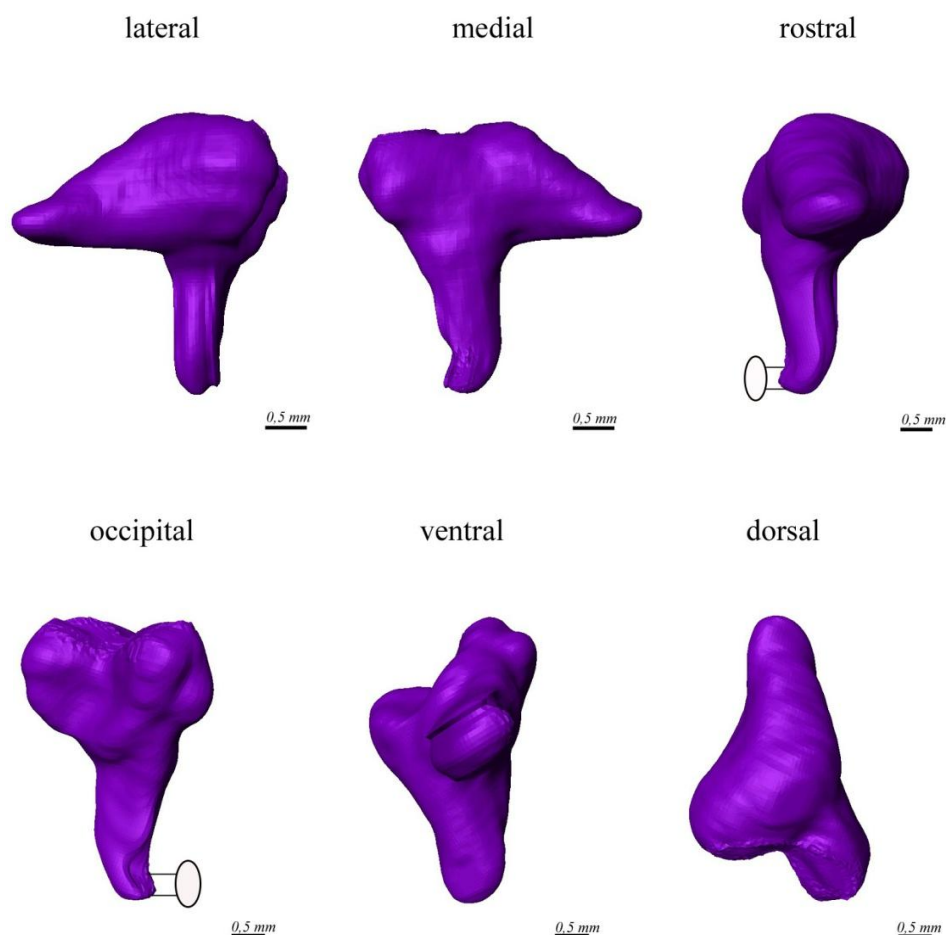


Abb. 31: Incus *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399); Os lenticulare ergänzt

6.3 Einleitung Stapes

Die steigbügelartige Anatomie des Stapes macht das Erscheinungsbild dieses Gehörknöchelchens unverkennbar. Als kleinstes Glied der Ossicula auditus, bildet es die Verbindung zum Fenestra vestibuli ovalis und somit zur Auris interna. Durch den Stapes kann der Schall, beziehungsweise die Schwingungen die von den Gehörknöchelchen weitergeleitet werden, auf eine Flüssigkeit (Perilymphe) im Inneren der Auris interna übertragen werden (Brunner & Nöldeke 1997).

Den Kopf des Stapes bildet das Capitulum stapedis, welches nach dorsal ausgerichtet ist. Dieses stellt das Verbindungsstück zum Os lenticulare des Incus dar, weshalb das Capitulum stapedis eine flache, tellerförmige Grube aufweisen kann (Hyrtl 1845). Auf das Capitulum stapedis folgen zwei schenkelartige Strukturen, welche als Crura stapedis bezeichnet werden. Diese lassen sich in ein Crus caudale (= Crus posterius stapedis) und ein Crus rostrale (= Crus anterius stapedis) unterteilen. Zusätzlich kann das Crus rostrale einen Processus muscularis stapedis aufweisen, der sich ventral des Capitulum stapedis befindet (Schwarz 2012). Die beiden Schenkel sind über die Basis stapedis verbunden, welche die endständige Platte und somit die Verbindung zum Fenestra vestibuli ovalis der Auris interna darstellt. Nach den Aussagen von Hyrtl (1845) liegen innerhalb der Carnivora ausschließlich dreieckige Formen der Stapedis vor.

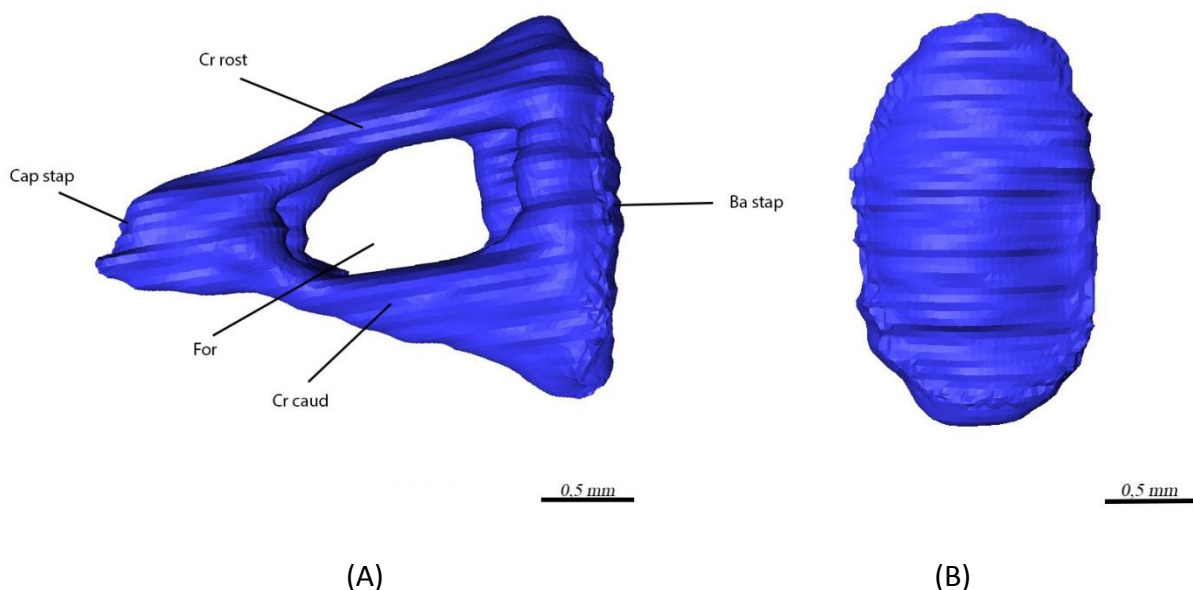
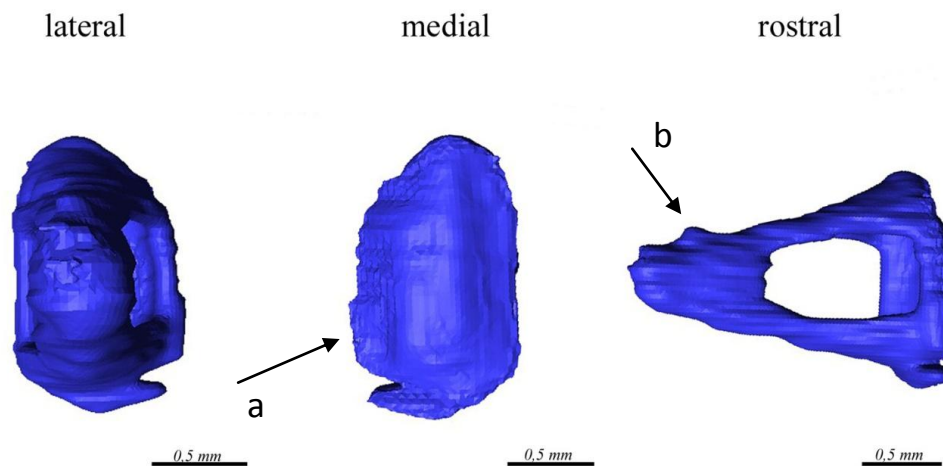


Abb. 32.: Stapes *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399) aus (A) occipitaler (B) medialer Ansicht

Abkürzungen: **Cap st** – *Capitulum stapedis*; **Cr rost** – *Crus rostrale*; **Cr caud** – *Crus caudale*; **Ba stap** – *Basis stapedis*; **For** – *Foramen intracrutale*

6.3.1 Deskription Stapes: *Felis chaus*

Die Form des Stapes weist aus medialer und rostraler Sicht die Form eines Dreiecks auf. Das Capitulum stapedis von *Felis chaus* läuft dorsal zu einer Spitze zusammen. Die Crura stapedis (Crus caudale und Crus rostrale) verlaufen geradlinig, bis leicht konkav (aus lateraler Sicht) schräg Richtung Fußplatte. Sie weichen dabei auseinander, sodass die Form eines Dreiecks entsteht. Am Crus rostrale lässt sich sowohl in rostraler, als auch in occipitaler Ansicht eine Ausprägung erkennen, die einen Processus muscularis stapedis darstellt (Abb. 33 b). Die Basis stapedis von *Felis chaus* zeigt eine ovale Form, die aus medialer Sicht, nach sinister etwas stärker ausgeprägt ist. Des Weiteren wird in dieser Ansicht eine konvexe Wölbung der Fußplatte sichtbar (Abb. 33 a), die sich an das ovale Fenster der Auris interna anlehnt, wie es auch im Werk von Doran (1879) beschrieben wird. Das Foramen intracrutale, welches von den beiden Crura stapedis und der Basis stapedis eingeschlossen wird, ist deutlich ausgeprägt und wirkt in rostraler Ansicht verhältnismäßig groß.



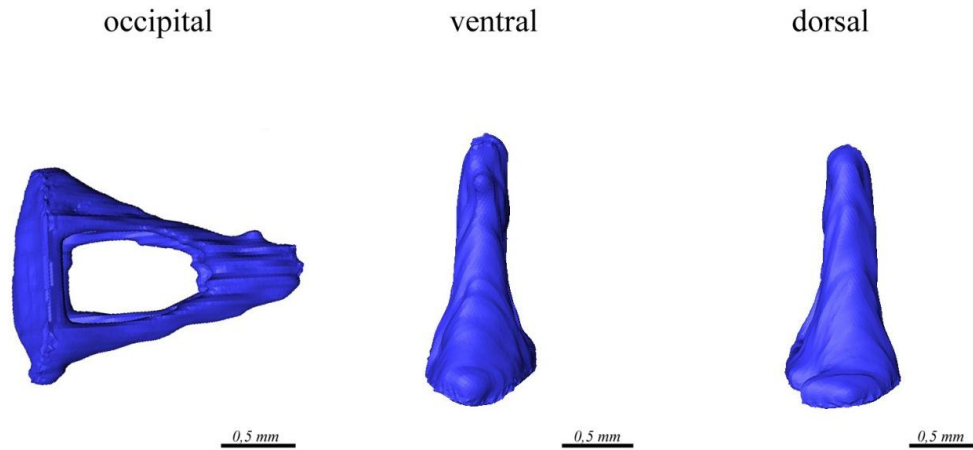
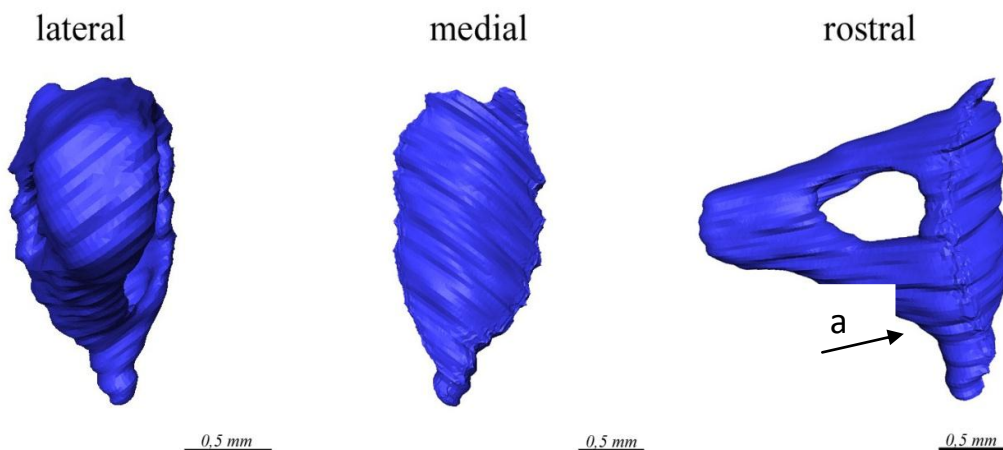


Abb. 33.: Stapes *Felis chaus* (PIUW 1358); a: konvexe Wölbung der Basis stapedis; b: Processus muscularis stapedis ist ausgebildet.

6.3.2 Stapes: *Puma concolor*

Das Capitulum stapedis ist bei *Puma concolor* stärker abgeflacht als bei *Felis chaus*, dies lässt sich besonders in ventraler, als auch in dorsaler Ansicht erkennen. Das Crus caudale und das Crus rostrale wirken im Vergleich zu den konkav verlaufenden Crura stapedis von *Felis chaus*, sehr geradlinig (Abb. 34 b und c). Die Kanten der Basis stapedis laufen aus lateraler Sicht schmal Richtung ventral zusammen und bildet ein fortsatzartiges Ende (Abb. 34 a). Die Fußplatte wirkt sowohl in medialer, als auch rostraler Ansicht sehr gerade, verglichen mit der Basis stapedis von *Felis chaus*, lässt sich keine konvexe Wölbung zur Auris interna feststellen. Das Foramen intracrutale ist, rostral betrachtet, eher geringfügig ausgebildet, während es sich occipital ausdehnt.



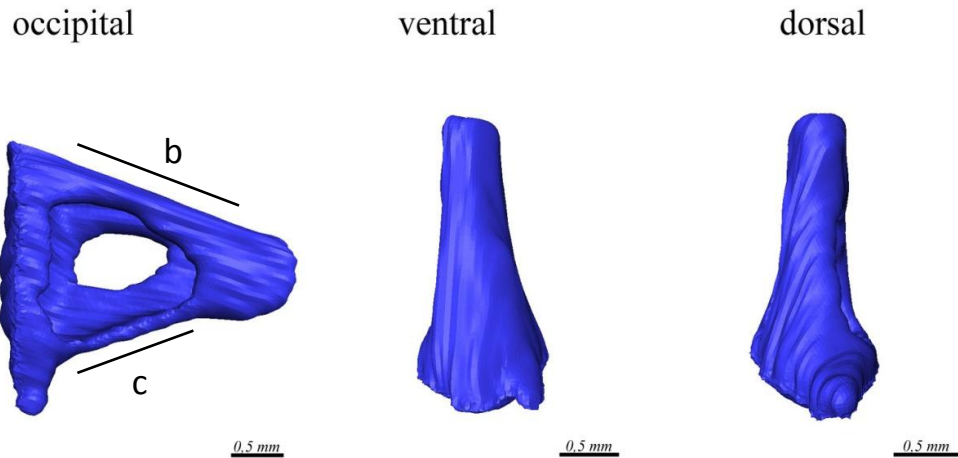
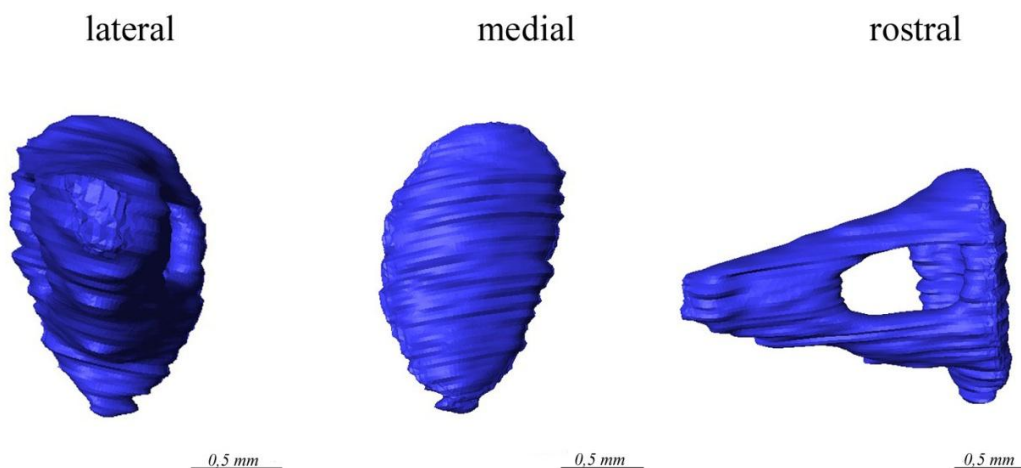


Abb. 34.: Stapes *Puma concolor* (PIUW 242); a: fortsatzartiges Ende der Basis stapedis; b+c: geradlinige Crura stapedis

6.3.3 Stapes: *Caracal caracal*

Bei *Caracal caracal* erscheint das Capitulum stapedis zwar etwas breiter als bei *Felis chaus*, dennoch weist es kein dorsal abgeflachtes Ende auf, wie dies bei *Puma concolor* der Fall ist. Die Crura stapedis lassen sich im Verlauf als geradlinig bis leicht konkav beschreiben. Im Vergleich zu den Stapedis der oben beschriebenen Taxa *Felis chaus* und *Puma concolor* bilden sie ein Mittelmaß, was den Verlauf der Kanten betrifft. Auffallend ist auch, dass Crus caudale und Crus rostrale im Bereich der Basis stapedis einen geringeren Abstand zueinander aufweisen, was wiederum bedeutet, dass die Form des Dreiecks spitzer wird. Aus diesem Grund erscheint auch die Basis stapedis in rostraler - und occipitaler Ansicht etwas kürzer als bei den anderen beiden Taxa. Im ventralen Verlauf zeigt sich an der Fußplatte eine fortsatzähnliche Ausprägung, ähnlich wie sie auch bei *Puma concolor* zu sehen ist.



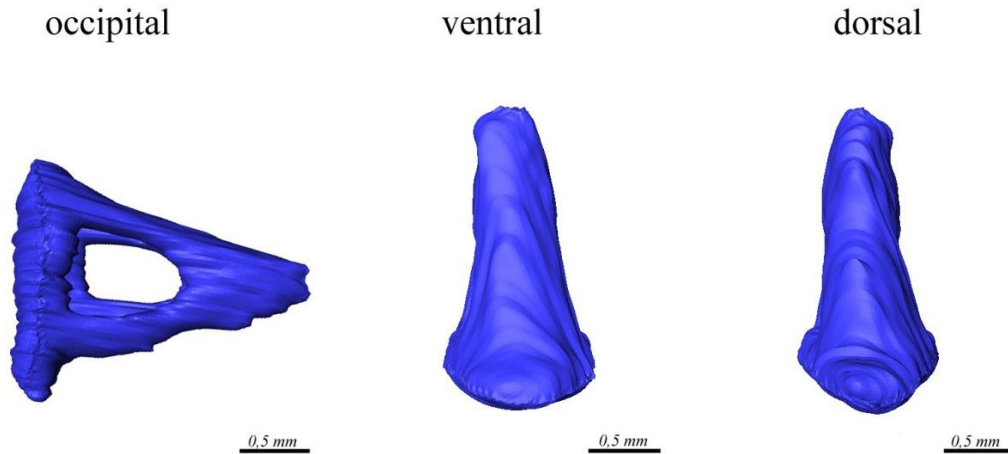


Abb. 35.: Stapes *Caracal caracal* (PIUW 1353)

6.3.4 Stapes: *Prionailurus viverrinus*

Prionailurus viverrinus weist ein Capitulum stapedis auf, welches in seiner Form dem Capitulum stapedis von *Felis chaus* ähnelt. Es ist keine Abflachung erkennbar, wie dies bei *Puma concolor* der Fall ist. Die Form des Dreiecks wirkt gleichmäßig, wenn auch leicht konkav, entlang der Kanten der Crura stapedis. Die Basis stapedis zeigt sich, aus ventraler und medialer Sicht, gleichmäßig oval und bildet im Gegensatz zu den Fußplatten von *Caracal caracal* und *Puma concolor* keinen ventralen Fortsatz aus. Sowohl in medialer, als auch in rostraler Ansicht, ist eine minimale konvexe Wölbung, in Richtung Auris interna, feststellbar. Das Foramen intracurale ist rostral und occipital nahezu gleichermaßen ausgebildet. Dies stellt einen starken Kontrast zum Foramen intracurale von *Puma concolor* dar, welches in rostraler Ansicht weitaus kleiner ist, als in occipitaler Ansicht. Somit zeigt sich an dieser Stelle eine Ähnlichkeit zu *Felis chaus*, da bei dieser das Foramen intracurale ebenfalls, auf beiden Seiten nahezu gleich groß ausgebildet sind.

Deskriptionen

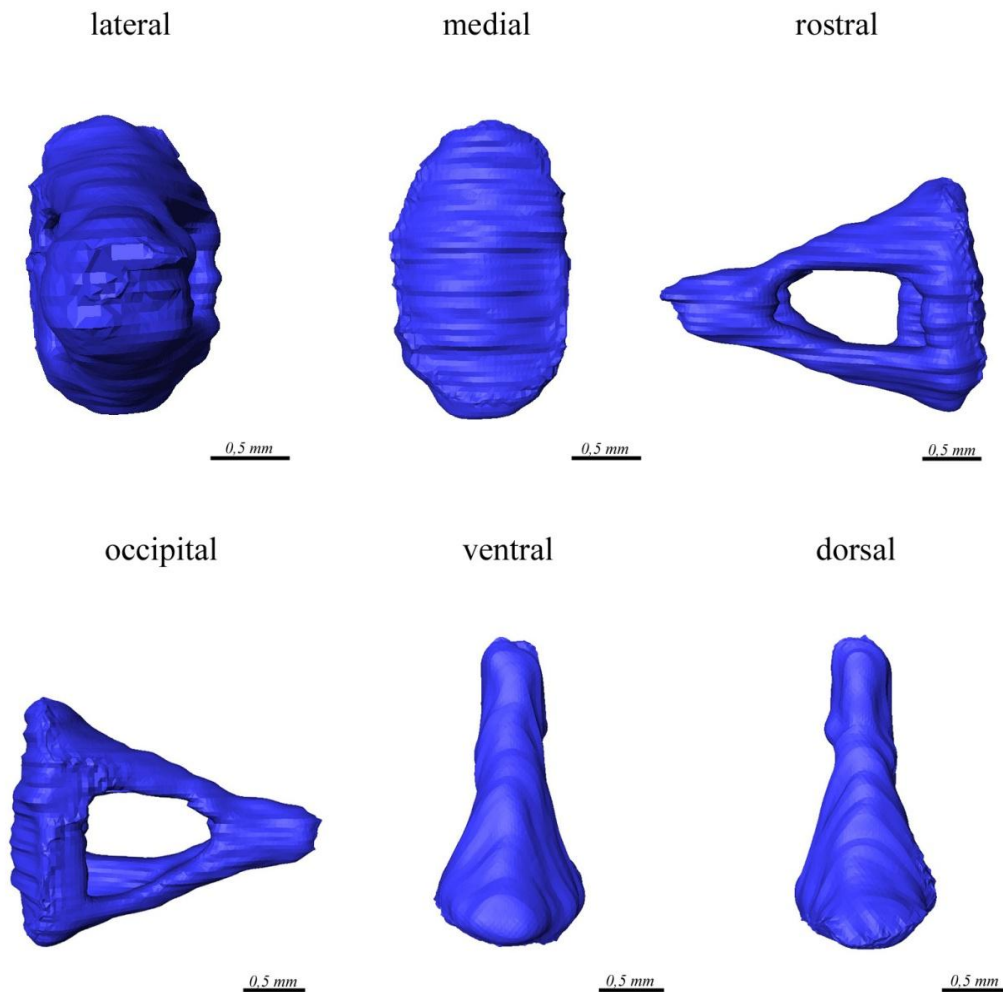


Abb. 36: Stapes *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399)

6.4 Einleitung Auris interna

Die Auris interna bildet den medial gelegenen Bereich der gesamten Ohrregion. Sie schließt mit dem Fenestra ovalis an den Stapes der Auris media an und kann dadurch die weitergeleiteten Schwingungen empfangen. Die Hauptbestandteile bilden zum einen, die Cochlea (Gehörschnecke) und zum anderen, die drei Bogengänge, welche als Canalis semicircularis ossei bezeichnet werden. Letztere können unterschiedliche Krümmungen aufweisen, von oval, elliptisch, bis zu kreisrund, wobei sich bei den Raubtieren vor allem kreisrunde Strukturen zeigen (Hyrtl, 1845). Das Crus commune bildet eine Kreuzungsstelle, in der der Canalis semicircularis anterior und der Canalis semicircularis posterior aufeinandertreffen (Gray, 1918). Sie gehen gemeinsam in die Ampulla ossea posterior über, welche ventral des Crus commune liegt (Gray, 1918).

Aus occipitaler Ansicht lassen sich im Bereich des Cavum vestibuli zwei Ausbuchtungen erkennen, welche die Säckchen des Vorhofs beherbergen (siehe Abb. 37 B). Der dorsal gelegene Recessus ellipticus bedeckt den Utriculus und weist eine ovale Form auf. Nach ventral erstreckt sich der Recessus sphaericus, unter welchem sich der Sacculus befindet (Lang 1992).

Im zentralen Bereich der Auris interna, ventral der Ampulla ossea lateralis zeigt sich eine ovale Einkerbung, welche das ovale Fenster (Fenestra vestibuli ovalis) darstellt (siehe Abb. 38 A). Ventral des Crus commune entspringt ein Kanal, der als Aqueductus vestibule (Ductus endolymphaticus) bezeichnet wird (Lang, 1992). Er ist für den Transport der Endolymphe in den Endolymphsack verantwortlich (Brunner & Nöldeke, 1997). Die Auris media weist eine weitere kanalartige Struktur auf, den Canaliculus cochlae (Ductus perilymphaticus). Dieser entspringt im Bereich des runden Fensters (Lang, 1992).

Im Anschluss werden die Innenohren der jeweiligen untersuchten Taxa beschrieben, dies stützt sich sowohl auf die Nomenklatur nach Spoor et al. (2004) als auch auf die Nomenklatur von Schaller (2007) und Ekdale und Rowe (2011).

Deskriptionen

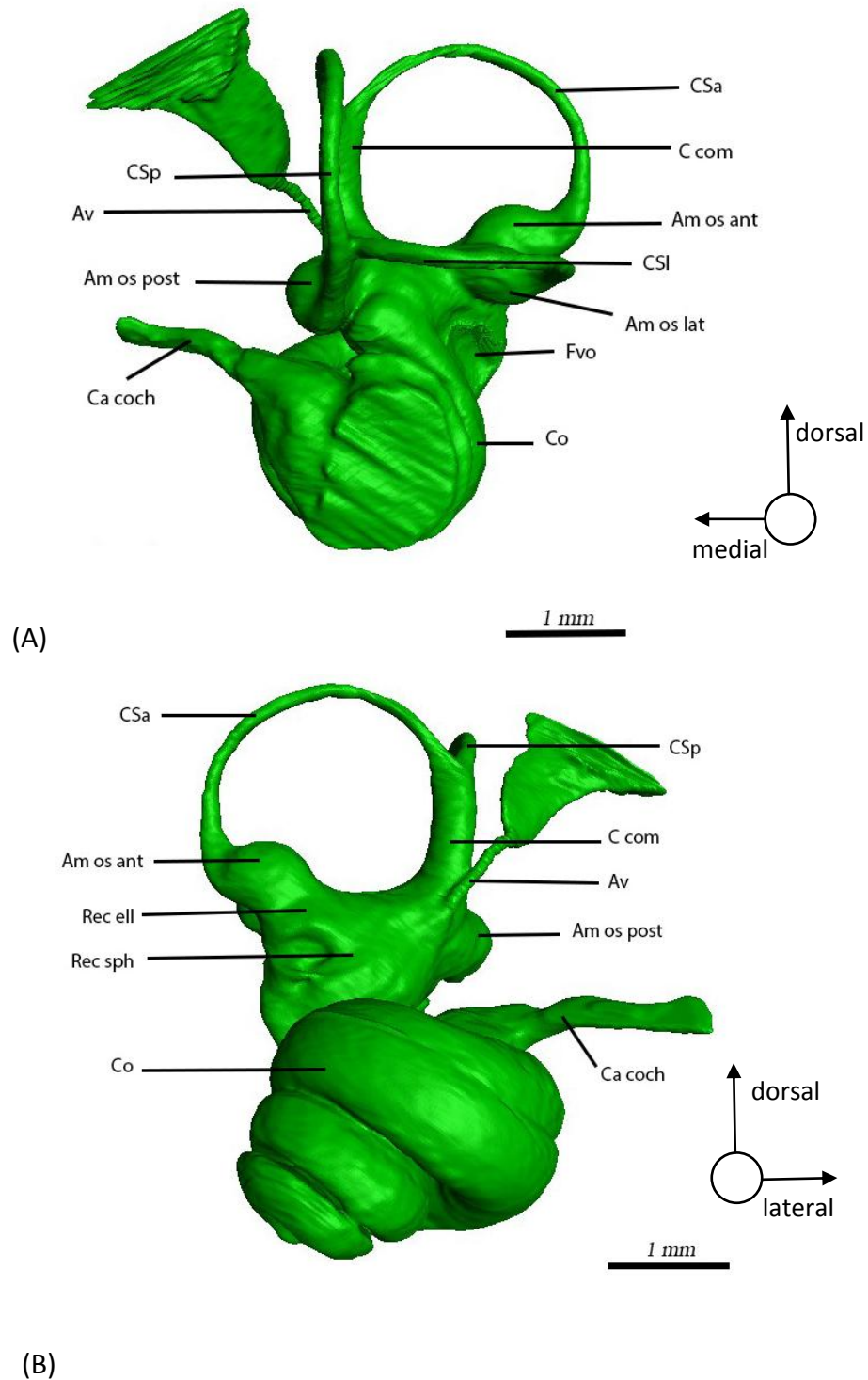


Abb. 37.: Auris interna *Felis chaus* (PIUW 1358); (A) laterale (B) occipitale Ansicht:

Abkürzungen: **CSa** – *Canalis semicirculares anterior*; **CSp** – *Canalis semicirculares posterior*; **CSI** – *Canalis semicirculares lateralis*; **C com** – *Crus commune*; **Am os ant** – *Ampulla ossea anterior*; **Am os lat** – *Ampulla ossea lateralis*; **Am os post** – *Ampulla osseum posterior*; **Av** – *Aqueductus vestibule (Ductus endolymphaticus)*; **Ca coch** – *Canaliculus cochlae*; **Rec ell** –

Recessus ellipticus; **Rec sph** – *Recessus sphaericus*; **Fvo** – *Fenestra vestibuli ovalis*; **Co** – *Cochlea*

6.4.1 Deskription Auris interna: *Felis chaus*

Bei Betrachtung der Bogengänge von *Felis chaus*, kann man kreisrund-gekrümmten Formen der Canalis semicirculares ossei erkennen (Abb. 38 a). Vor allem in medialer und lateraler Ansicht zeigt sich die regelmäßig-kreisrunde Krümmung des Canalis semicircularis anterior, welcher rostral der Ampulla ossea anterior entspringt und occipital in ein Crus commune übergeht. Aus rostraler Sicht erkennt man einen rechten Winkel, der vom Canalis semicircularis anterior und dem horizontal verlaufenden Canalis semicircularis lateralis eingeschlossen wird. Dies ergibt sich durch den geradlinigen Verlauf des anterioren Bogengangs Richtung dorsal. Der, aus der Ampulla ossea lateralis entspringende Canalis semicircularis lateralis, wirkt aus rostraler Sicht leicht nach dorsal gebogen, weshalb sich kein geradliniger Verlauf ergibt. Ventral der Ampulla ossea lateralis zeigt sich eine ovale Struktur, welche das Fenestra vestibuli ovalis darstellt und somit die Artikulation mit dem Stapes erlaubt. Aus occipitaler Sicht, wird bei *Felis chaus* ein Crus osseum commune secundarium sichtbar (siehe Abb. 38 b), in welchem der Canalis semicircularis posterior und der Canalis semicircularis lateralis kreuzen. Es wird ein verdickter Kanal sichtbar, bestehend aus der Ampulla osseum posterior und dem hineinmündenden Canalis semicircularis lateralis.

Des Weiteren, wird aus medialer Betrachtung, das Cavum vestibuli sichtbar. Dieses zeigt einen Recessus ellipticus am Utriculus, welcher dorsal über dem Recessus sphaericus des Sacculus liegt. Ventral des Crus osseum commune entspringt ein Aqueductus vestibule, welcher auch als Ductus endolymphaticus bezeichnet wird und in den Saccus endolymphaticus mündet. Dieser verläuft aus medialer Sicht Richtung dorsal. Die regelmäßig gewundene Cochlea weist eine schräge Achse auf (siehe Abb. 38 c). Diese kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein, bei den Felidae und allgemein bei den Carnivora weicht diese stärker von einer horizontalen Lage ab, als beispielsweise beim Menschen (Hyrtl 1845). Die Achse nimmt eine stärker senkrecht gerichtete Lage an. Die äußerste Windung der Cochlea, weist zum Rest der Gehörschnecke einen größeren Abstand auf, was in ventraler Ansicht erkennbar wird (siehe Abb. 38 d).

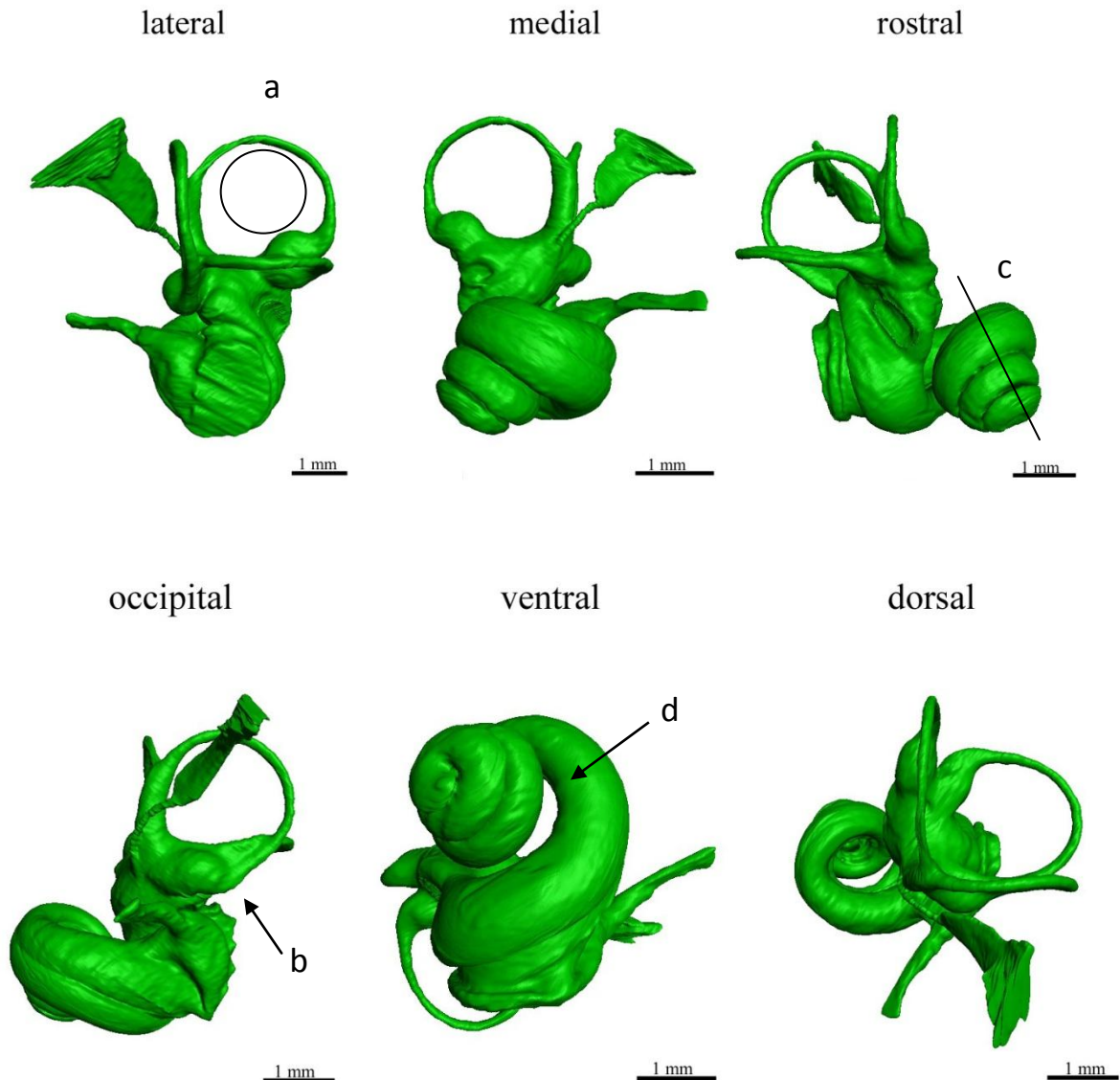


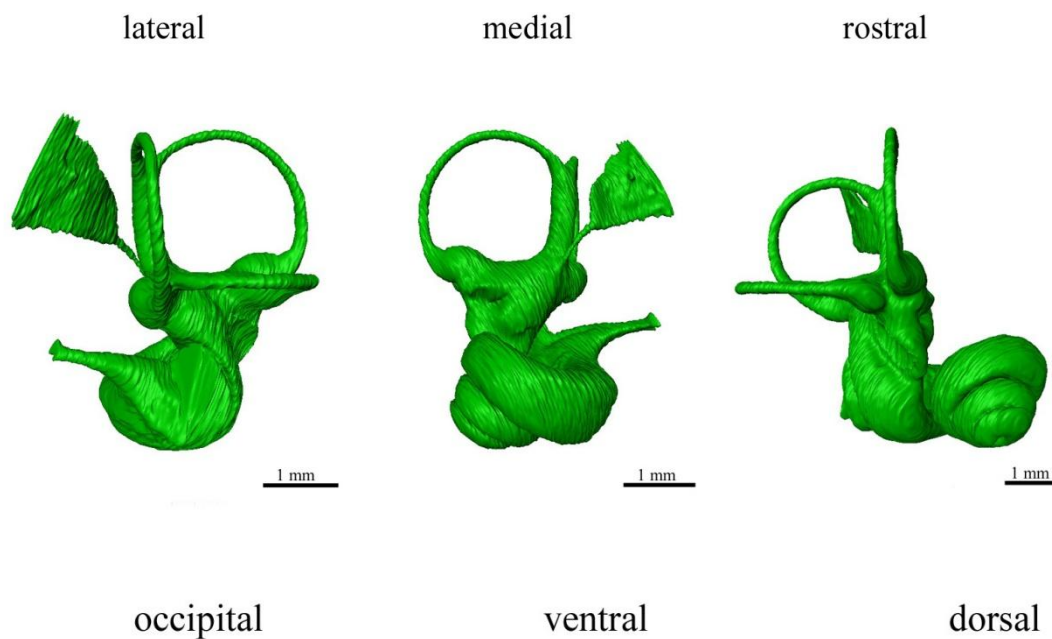
Abb. 38: Auris interna *Felis chaus* (PIUW 1358); a: kreisrunde Formen des Canales semicirculares ossei; b: ein Crus osseum commune secundarium wird sichtbar; c: schräge Achse der Cochlea; d: vergrößerter Abstand der letzten Windung der Cochlea.

6.4.2 Deskription Auris interna: *Puma concolor*

Bei *Puma concolor* zeigt sich aus rostraler Sicht ein rechter Winkel zwischen dem Canalis semicirculares anterior und dem Canalis semicircularis lateralis. Die beiden Bogengänge verlaufen geradlinig. Der Canalis semicirculares lateralis weist im Vergleich zu dem von *Felis chaus* eine perfekte horizontale Linie auf, was sowohl aus rostraler, als auch aus lateraler Betrachtung sichtbar wird. Sowohl Canalis semicirculares anterior, als auch Canalis semicirculares posterior zeigen einen kreisrunden Verlauf und eine regelmäßige Krümmung. Einzig der Canalis semicircularis lateralis lässt eine leichte Krümmung nach rostral erkennen.

Dies wird vor allem bei dorsaler Betrachtung sichtbar (Abb. 39 a). Aus medialer Sicht zeigen sich Recessus ellipticus und Recessus sphaericus der beiden Utriculus und Sacculus des Cavum vestibuli. Diese sind bei *Puma concolor* wie bei *Felis chaus* ausgebildet. Der Aqueductus vestibule (Ductus endolymphaticus) setzt ebenfalls unterhalb des Crus osseum commune an. Letzteres ist bei *Puma concolor* nach dorsal etwas länger, als dies bei *Felis chaus* der Fall ist. Bei näherer Betrachtung der Ampulla ossea anterior und Ampulla ossea lateralis kann man vor allem aus rostraler Sicht eine leicht abgeflachte Oberfläche erkennen, welche bei *Felis chaus* deutlich konvex ausgebuchtet ist. Der vor allem aus lateraler Sicht erkennbare Canaliculus cochlae (Ductus perilymphaticus), entspringt der Cochlea im Bereich des runden Fensters. Im Vergleich zum Ductus perilymphaticus von *Felis chaus* wirkt er bei *Puma concolor* weniger gekrümmt und etwas verdickt.

Bei genauer Betrachtung der Lage der Gehörschnecke lässt sich aus rostraler Sicht erkennen, dass diese etwas stärker nach ventral geneigt ist, als bei *Felis chaus*.



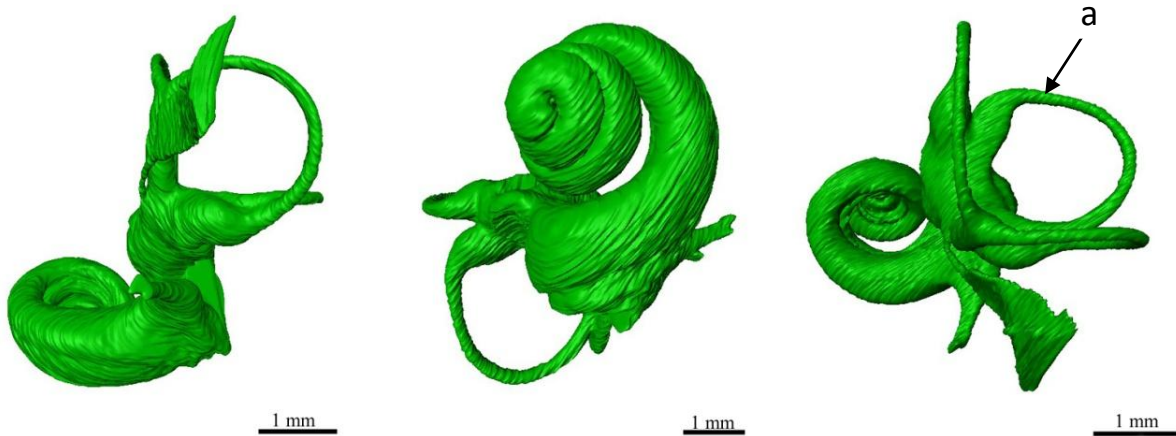


Abb. 39.: Auris interna *Puma concolor* (PIUW 242); a: Krümmung des Canalis semicircularis lateralis nach rostral.

6.4.3 Deskription Auris interna: *Caracal caracal*

Die Canales semicirculares ossei von *Caracal caracal* differieren stark von der Anatomie der Bogengänge von *Felis chaus* und *Puma concolor*. Aus rostraler Sicht wirkt der Winkel zwischen Canalis semicirculares anterior und dem Canalis semicircularis lateralis etwas spitzer (Abb. 40 a und b). Dies ist wahrscheinlich auf die leicht konvex erscheinende Biegung des anterioren Bogengangs in laterale Richtung zurückzuführen. Der laterale Bogengang zeigt ebenfalls keinen geradlinigen Verlauf, sondern krümmt sich leicht nach dorsal (Abb. 40 d).

Des Weiteren fällt auf, dass der Canalis semicircularis lateralis und Canalis semicircularis posterior schon weiter dorsal kreuzen (Abb. 40 c). Die Ampulla ossea posterior ist, aus medialer Betrachtung stärker ausgeprägt als bei *Puma concolor*. Aus lateraler und medialer Sicht zeigt sich eine vom Kreis abweichende, eher zur Form einer Ellipse neigende Canalis semicirculares anterior. Das Crus commune wirkt etwas kürzer als bei *Felis chaus* und *Puma concolor*. Der Canaliculus cochlae erstreckt sich stärker Richtung dorsal, als dies bei den anderen beiden Taxa der Fall ist. Bei *Puma concolor* und *Felis chaus* verläuft Letzterer geradlinig horizontal. Dadurch, dass der Abstand zwischen der letzten Windung und der restlichen Cochlea vergrößert ist, wirkt diese leicht in Richtung ventral versetzt. Aus dorsaler Betrachtung erkennt man einen deutlich abgeflachten lateralen Bogengang, welcher bei *Felis chaus* und *Puma concolor* eine stärkere Krümmung nach rostral aufweist.

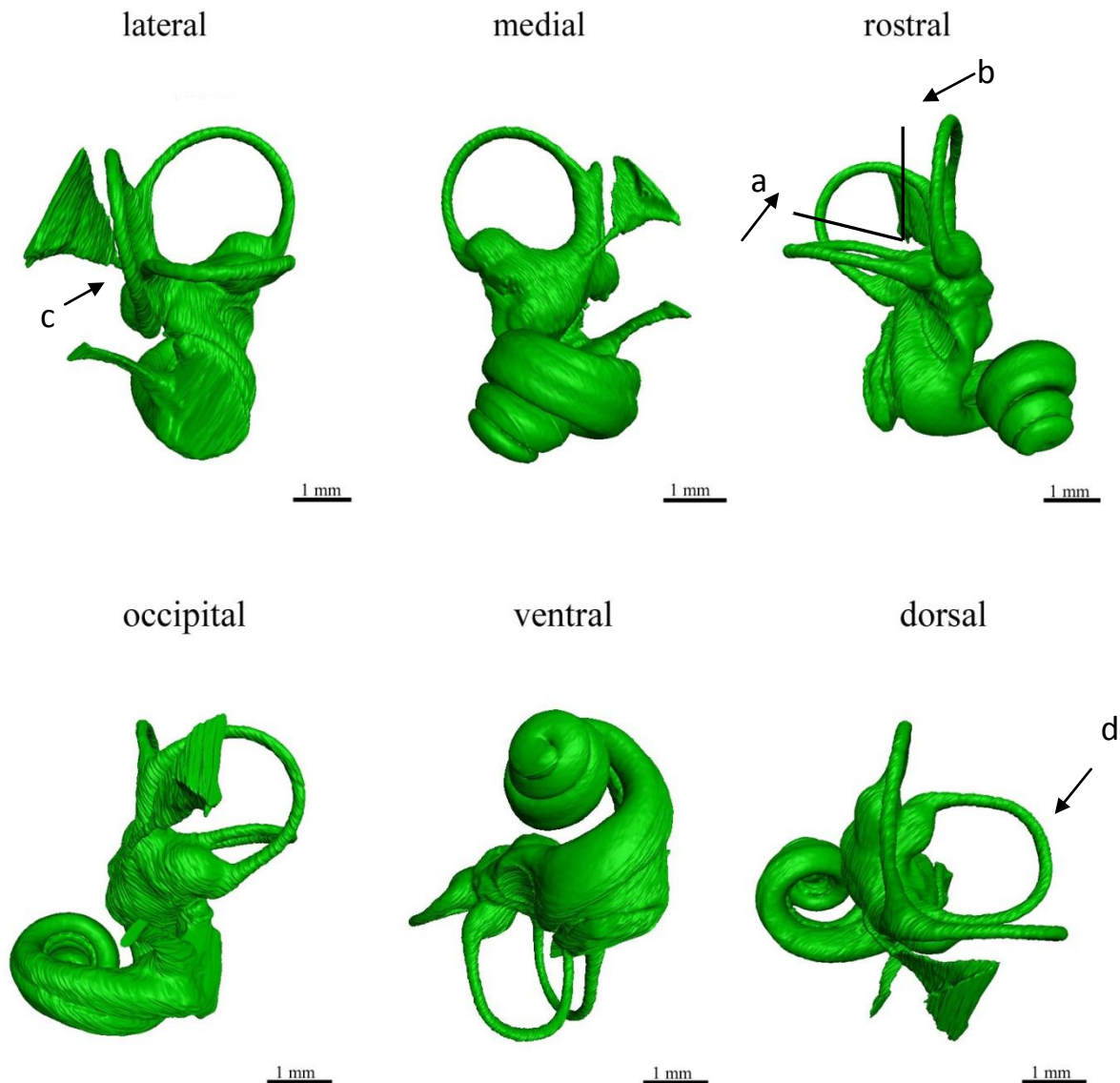


Abb. 40.: Auris interna *Caracal caracal* (PIUW 1358); a: spitzer Winkel zwischen Canalis semicircularis anterior und Canalis semicircularis lateralis; c: der laterale Bogengang und der posteriore Bogengang kreuzen früher; d: lateraler Bogengang krümmt sich leicht nach dorsal.

6.4.4 Deskription Auris interna: *Prionailurus viverrinus*

Bei *Prionailurus viverrina* wirken die kreisrunden Bogengänge im Vergleich zu jenen von *Caracal caracal* etwas kleiner und dadurch kompakter. Canalis semicircularis anterior und Canalis semicircularis lateralis verlaufen geradlinig und schließen einen rechten Winkel ein (Abb. 41 b). Aus medialer Sicht neigt sich das Crus commune leicht nach rostral (siehe Abb. 41 a). Dies lässt sich nur bei *Prionailurus viverrina* feststellen, bei den anderen Taxa verläuft

das Crus commune weitgehend geradlinig. Des Weiteren zeigt sich ein steiler Anstieg des Ductus Aqueductus vestibule nach dorsal. Aus occipitaler Sicht lässt sich eine Verdickung zwischen Ampulla osseum posterior und Canalis semicirculares lateralis erkennen, weshalb man auch bei *Prionailurus viverrina* ein Crus osseum commune secundarium vermuten könnte, was abschließend aber ohne histologische Schnitte nicht entschieden werden kann. Der Abstand der letzten Windung zur übrigen Cochlea ist geringer als bei *Caracal caracal*, wodurch sie eine weniger starke Neigung in Richtung ventral aufweist.

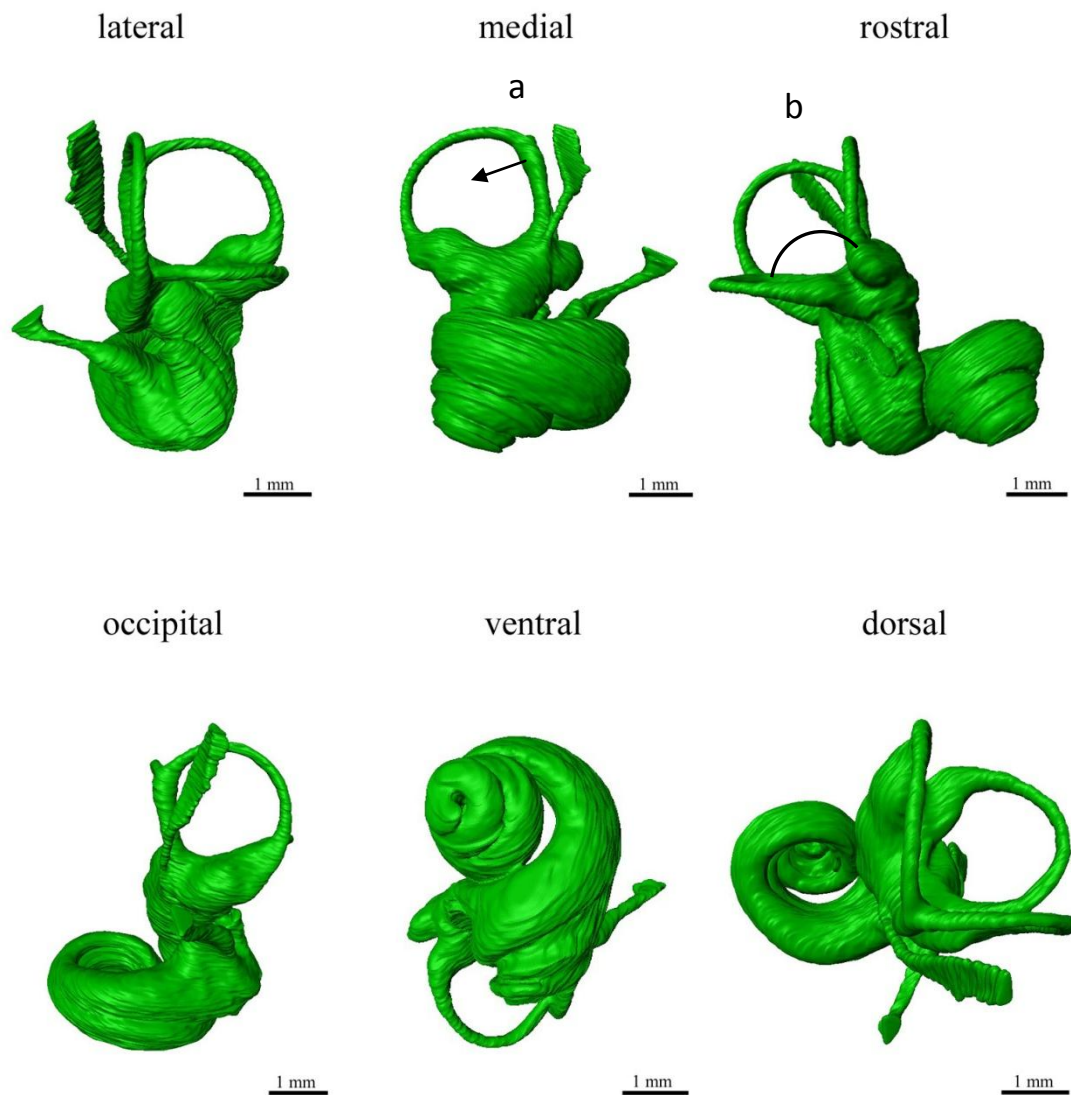


Abb. 41: Auris interna *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399); a: Crus commune neigt sich leicht nach rostral; b: der Canalis semicircularis anterior schließt mit dem Canalis semicircularis lateralis einen rechten Winkel ein.

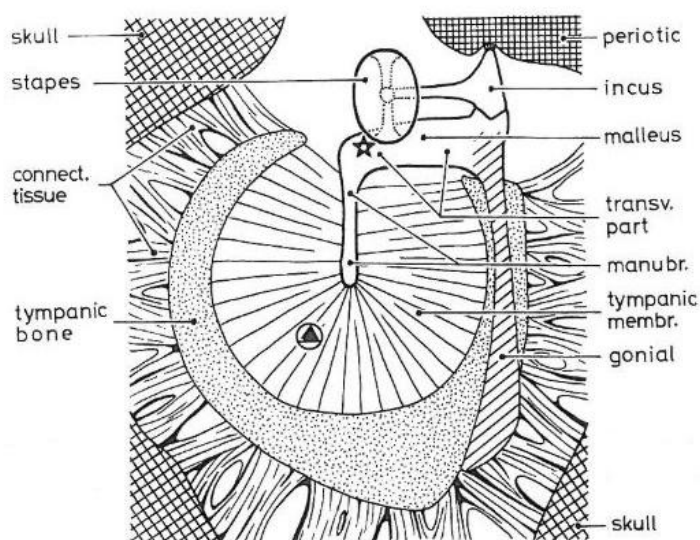
7. Diskussion

7.1. Entwicklung der Mittelohrregion innerhalb der Mammalia

Im folgenden Teil dieser Arbeit soll anhand von Vergleichen der Mittel- und Innenohrstrukturen von Säugetieren, insbesondere durch den Vergleich zu Schwestertaxa der Felidae, ein phylogenetischer Bezug hergestellt werden.

Trotz der großen Vielfalt an Taxa, welche die Klasse der Mammalia beinhaltet, gleichgültig ob groß oder klein, aquatisch oder terrestrisch lebend, die Morphologie der Mittelohrregion bleibt dennoch sehr ursprünglich (Fleischer, 1978). Dies trifft zu dem Beispiel auch auf die mit luftgefüllte Paukenhöhle zu, die bei aquatisch lebenden Säugetieren ebenso ausgebildet ist wie bei landlebenden Mammalia. In der Arbeit von Fleischer (1973) wird von einem ursprünglichen Bau („*ancestral type*“) des Mittelohrs ausgegangen, der sich im Verlauf der stammesgeschichtlichen Entwicklung verändert hat. Dabei ist die Ausrichtung des Goniale (Knochen des Unterkiefers) von Bedeutung, da sich dies auf die Anatomie und Lage der Gehörknöchelchen auswirkt (Fleischer 1973).

Beim ursprünglichen Bau des Mittelohrs der Mammalia, ist das Goniale mit dem Tympanicum (Schläfenbein) verwachsen (siehe Abb. 42). Das Trommelfell wird vom Tympanicum aufgespannt, wodurch sich ein u-förmig- bis kreisförmiges Gebilde zeigt. Der Malleus, welcher durch das Goniale und das Schläfenbein fixiert wird und dadurch unbeweglich ist, ragt mit der Spitze des Manubriums (Spatula) in die Membran hinein. Das gespannte Trommelfell ähnelt in seiner Gestalt der Form eines Kegels (Fleischer, 1978).



⊙ Tympanic membrane

Abb. 42.: „ancestral type“ des Mittelohrs von Säugetieren, nach Fleischer 1978.

Aus diesem primitiven Typus des Mittelohrs ergibt sich im Laufe der Entwicklung eine veränderte Konstruktion der knöchernen Elemente der Auris media. Diese basiert auf einer Rückbildung des Goniale zum Processus gracilis des Malleus, wodurch die Verbindung zum Tympanicum weitgehend aufgehoben wird. Es besteht keine starre Verwachsung mehr sondern lediglich eine ligamentöse Verbindung, weshalb der Malleus-Incus-Komplex beweglich wird. Aus diesem Grund wird die Konstruktion als „freely-mobile-Typ“ bezeichnet (siehe Abb. 43) (Fleischer, 1973).

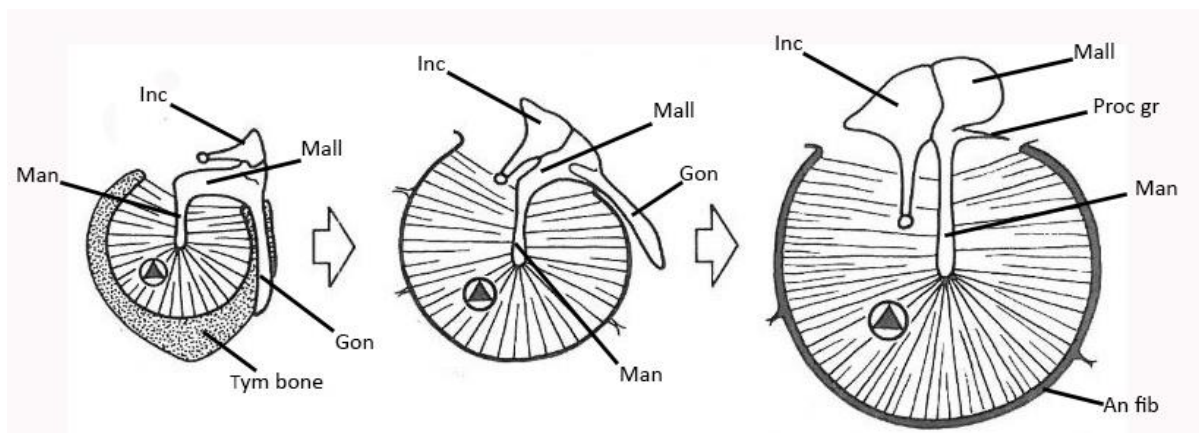


Abb. 43.: Entwicklung des „freely-mobile-Typ“; verändert nach Fleischer 1978.

Abkürzungen: **Inc** – Incus; **Mall** – Malleus; **Man** – Manubrium mallei; **Gon** – Goniale; **Tym bone** – Tympanic bone; **Proc gr** – Processus gracilis; **An fib** – Anulus fibrocartilagineus

🔍 Tympanic membrane

Dieser Typus tritt vor allem bei landlebenden Taxa auf, die etwas größere Trommelfälle aufweisen (Fleischer 1978). Dazu zählen die flexiblen Malleus-Incus-Gelenke von Feliden. Auch beim Menschen ist diese Verbindung aus den Gehörknöchelchen beweglicher als bei anderen Säugern. Es gab Vermutungen, dass der Typus und vor allem das Gewicht dieses Malleus-Incus-Komplexes ausschlaggebend dafür sind, inwieweit höhere Frequenzen wahrgenommen werden können. Es wurde angenommen, dass die Größe des Schädels und somit auch Größe und Gewicht der Malleus-Incus-Verbindung mit der Frequenzwahrnehmung invers korrelieren (Hemila et al., 1995).

Dies würde bedeuten, dass größere Säugetiere mit einer höheren Masse der Gehörknöchelchen in der Wahrnehmung höherer Frequenzen eingeschränkt sind. In der

Arbeit von Puria et al. (2010) wird angenommen, dass die Beweglichkeit des Malleus-Incus-Komplexes in größeren Taxa der Mammalia, wie es bei den Felidae und auch beim Menschen der Fall ist, zur Verbesserung der Wahrnehmung höherer Frequenzen beiträgt. Durch die Flexibilität und die Bewegungsmöglichkeit des Gelenks wird die Trägheit teilweise aufgehoben und eine Transmission im höheren Frequenzbereich möglich. Dies könnte möglicherweise ein Hinweis dafür sein, weshalb Katzen im Vergleich zu Mäusen, nur eine um „fünfzehn Prozent niedrigere Wahrnehmungsgrenze der hohen Frequenzen zeigen, obwohl die Felidae eine um fünfzig Mal größere Masse der Gehörknöchelchen aufweisen“ (Hemila et al. 1995; Puria 2010).

Der bewegliche freely-mobile-Typus bildet einen Kontrast zu den unbeweglichen, verwachsenen Malleus-Incus-Komplexen von beispielsweise den Chinchillas. Mithilfe eines Malleus-Querschnittes wurde festgestellt, dass dieser bei den Felidae, die Form einer Ellipse aufweist und im Inneren, eine flüssigkeitsgefüllte Erscheinung, zeigt. Dies könnte wiederum einen geringfügigen Verlust an Masse und somit einen Vorteil in Bezug auf die Beweglichkeit bedeuten (Puria et al. 2010).

Die heute vorliegende Konstruktion/Morphologie des Mittelohres in verschiedenen Taxa stellt auch eine Anpassung an deren Lebensweise dar. Das Mittelohr zeigt eine hohe Sensibilität gegenüber mechanischen Störungen, die Vibrationen des Schädels hervorrufen. Übliche Aktivitäten, wie Kauen, Graben, Nagen, Kämpfen etc. würden demnach das Hörvermögen der Tiere stark einschränken. Aus diesem Grund haben sich die Anatomie und die Lage des Mittelohres im Schädel, bei den unterschiedlichen Taxa verändert und an die jeweilige Lebensweise angepasst. Deshalb weisen viele Nagetiere und Tiere die Echoortung nutzen, wie beispielsweise Delphine und Fledermäuse, ein isoliertes Mittelohr auf. (Fleischer, 1978).

7.2 Morphologische Vergleiche der Auris media der untersuchten Taxa

7.2.1 Malleus

Bei Betrachtung der Mallei der untersuchten Taxa (*Felis chaus*, *Puma concolor*; *Caracal caracal*, *Prionailurus viverrinus*), zeigte sich, dass alle Caput mallei eine zweiteilige Artikulationsfläche aufweisen, was mit den Aussagen von Doran (1879) übereinstimmt. Die beiden Facetten sind durch eine tief verlaufende, breite Furche getrennt. Bei allen

betrachteten Spezies ließ sich eine abgeflachte, dorsale Gelenkfacetten und eine konvexe, ventrale Gelenkfacetten erkennen, auch das lässt sich im Vergleich mit den Beschreibungen von Doran (1879), bestätigen. Es zeigten sich jedoch geringfügige Unterschiede in der Ausbildung der ventralen Gelenkfacetten. Bei *Puma concolor* und *Caracal caracal* schien dieser Teil der Facies articularis jedoch vergrößert, im Vergleich zu den ventralen Facetten von *Felis chaus* und *Prionailurus viverrinus*. Es zeigten sich auch Unterschiede in der Furchung der Gelenkfacetten. Während sich bei *Felis chaus*, *Puma concolor* und *Caracal caracal* sehr tiefe Einkerbungen zeigten, war bei *Prionailurus viverrinus* keine stark ausgeprägte Furche feststellbar.

Das Collum mallei ist bei allen untersuchten Taxa im Verhältnis zur Größe des gesamten Malleus relativ lang. Bei *Puma concolor* zeigte sich das Collum mallei aus occipitaler Sicht deutlich verdickt, was bei den anderen betrachteten Spezies nicht der Fall war. Der Processus muscularis mallei liegt bei *Prionailurus viverrinus* verkürzt vor, im Vergleich zu den anderen Arten. Bei allen untersuchten Taxa weist der Processus muscularis eine leichte Biegung nach dorsal auf. Anhand der anatomisch-morphologischen Vergleiche von Hyrtl (1845), der dies als Merkmal der Carnivoren beschrieb, lässt sich hier eine Übereinstimmung der Aussagen erkennen. Hyrtl erläutert, dass dieser eine Ansatzstelle für die Sehne des Musculus tensor tympani darstellt, weshalb er ihn als Processus muscularis bezeichnet (Hyrtl 1845).

Der Processus gracilis zeigt eine sehr unterschiedliche Morphologie. Sowohl bei *Felis chaus* als auch bei *Caracal caracal* neigt sich dieser etwas nach ventral, während der Processus gracilis von *Puma concolor* geradlinig verläuft. Bei *Prionailurus viverrinus* ist dieser Fortsatz wahrscheinlich aufgrund einer Fraktur, nur zum Teil vorhanden, wodurch auch die Lamina nicht vollständig ausgebildet ist. *Felis chaus* zeigt keine Ausbildung der Lamina, bei *Puma concolor* wird sie angedeutet und bei *Caracal caracal* ist sie, bis auf eine dorsale gelegende Bruchstelle, fast vollständig ausgebildet. Aussagen von Doran (1879) zufolge, weist der *Caracal caracal*, im Vergleich zu anderen Feliden dieser Größe, einen festen, kräftig gebauten Processus gracilis auf. In diesem Zusammenhang könnte das Vorhandensein, der fast vollständig ausgebildeten Lamina des *Caracal caracal* erklärt werden.

Das Manubrium mallei weist bei allen untersuchten Taxa eine dreieckig-prismatische Form auf, was auch in den anatomischen Untersuchungen von Hyrtl (1845) beschrieben wird.

Allerdings sind die Kanten unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei *Felis chaus*, *Puma concolor* und *Caracal caracal* lässt sich ein scharfkantiger Verlauf des Manubrium mallei erkennen, was mit den Aussagen von Doran (1879) übereinstimmt. Ausschließlich *Prionailurus viverrinus* zeigt eine geringere Exaktheit der dreieckigen Kontur, da die Kanten nicht derat geradlinig verlaufen. Bei allen untersuchten Taxa krümmt sich die Spatula leicht nach lateral.

7.2.2 Incus

Das Caput incudis weist bei den betrachteten Feliden (*Felis chaus*, *Puma concolor*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus*) eine konvexe Krümmung nach dorsal auf, wobei die Aufwölbung bei *Puma concolor* und *Prionailurus viverrinus* schwächer ausgeprägt, als bei den anderen beiden Arten. Bei Betrachtung der Facies articularis lassen sich deutliche Unterschiede erkennen. Die Gelenksfläche von *Felis chaus* ist tief eingekerbt und weist mehrere Facetten auf. Bei *Puma concolor* zeigt sie sich deutlich abgeflacht. *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus* lassen jeweils zwei Facetten erkennen, wobei der ventrale Teil der Gelenksfläche stärker eingekerbt ist, als die dorsale Facette und somit das passende Gegenstück zur Artikulationsfläche des Malleus darstellt (dorsale Facette abgeflacht, ventrale Facette konvex).

Die dorsale Kante des Crus breve incudis stellt bei *Felis chaus* und *Prionailurus viverrinus* zur Spitze hin, eine gerade, schräg nach ventral verlaufende Linie dar. Während die Kante bei diesen beiden Spezies geradlinig verläuft, zeigt sich bei *Puma concolor* und *Prionailurus viverrinus* eine leicht konkave Kontur. Doran (1879) bezeichnet das Crus breve incudis auch als „posterior crus“, mit dem Argument, dass sich die beiden Fortsätze des Incus in der Länge nur geringfügig unterscheiden. Nach seinen Aussagen liegt bei den Feliden ein stark ausgeprägtes Crus breve incudis vor. Das längere Crus longum incudis verläuft bei allen untersuchten Taxa geradlinig nach ventral, ausgenommen bei *Puma concolor*, welcher im Bereich des Processus lenticularis incudis eine leichte Krümmung zeigt. Beim Übergang des Processus lenticularis in das Pedicel (mit anschließendem Os lenticulare), weisen die vier beschriebenen Taxa eine Biegung auf.

Das Os lenticulare war ausschließlich bei *Puma concolor* vorhanden, weshalb keine Vergleiche innerhalb der untersuchten Taxa gemacht werden können. Nach Aussagen von

Doran (1879) ist das Os lenticulare bei den Felidae verhältnismäßig klein, im Vergleich zu anderen Taxa der Mammalia.

7.2.3 Stapes

Der Stapes weist bei den untersuchten Feliden die Form eines Dreiecks auf. Dies geht mit der Aussage von Hyrtl (1845) einher, der die Stapedis der Carnivora im Vergleich zu anderen Taxa ausschließlich als dreieckig beschreibt.

Das Capitulum stapedis zeigt sich bei *Puma concolor* stark abgeflacht. Die anderen untersuchten Taxa weisen hingegen ein zugespitztes Capitulum stapedis auf. Im Übergangsbereich des Capitulum stapedis zum Crus caudale lässt sich bei *Felis chaus* ein Processus muscularis stapedis erkennen. Bei den anderen betrachteten Arten war kein Processus muscularis stapedis feststellbar. Die Crura stapedis zeigen bei *Felis chaus*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus* (zur Basis stapedis hin), einen leicht konkaven Verlauf, während sie bei *Puma concolor* auffallend gerade Kanten zeigen. Nach den Aussagen von Hyrtl (1845) stellen die Schenkel bei *Panthera leo* ebenfalls einen geradlinigen Verlauf dar, wodurch sich eine Ähnlichkeit in den Merkmalen der beiden Spezies ergibt. Anhand der ähnlichen Merkmale der beiden zuletzt erwähnten Taxa, könnte eine enge Verwandtschaftsbeziehung des Pumas zu den Pantherinae vermutet werden. Nach der Taxonomie nach Wozencraft (1993) wird der *Puma concolor* allerdings zu den Felinae gezählt. Molekularbiologische Untersuchungen ergaben eine Verwandtschaft zum Gepard (*Acinonyx jubatus*), weshalb der *Puma concolor* zusammen mit *Acinonyx jubatus* und *Puma yagouaroundi* die Puma-Linie bildet (Jancezewski et al., 1995; Johnson & O'Brien, 1997; Pecon-Slattey & O'Brien, 1998; Maurice & Sharon, 2010).

Die Basis stapedis weist bei *Felis chaus* eine konvexe Wölbung zum ovalen Fenster auf. Diese Beschreibung stimmt mit den Erkenntnissen von Doran (1879) überein, der dies als ein Merkmal der Felidae darstellte. Nach seinen Aussagen kann die konvexe Wölbung, mehr oder weniger stark ausgeprägt sein. Die anderen Taxa, wiesen keine derartige Ausbuchtung auf. Bei *Puma concolor* und *Caracal caracal* ließ sich im ventralen Bereich der Fußplatte, eine fortsatzähnliche Ausprägung feststellen. Bei *Felis chaus* wird Letzteres nur angedeutet und bei *Prionailurus viverrinus* ist kein Fortsatz vorhanden. Die Basis stapedis ist bei *Caracal caracal* kürzer als bei den anderen untersuchten Taxa. Dadurch ergibt sich eine spitzere

Form des Dreiecks und die Crura stapedis liegen näher beieinander. Nach den Aussagen von Doran (1879), trifft das auch auf den Serval (*Cephalurus serval*) zu. Der Stapes des Serval lässt verhältnismäßig lange Crura stapedis erkennen, die nur geringfügig divergieren (Doran, 1879). Da sich der Karakal und der Serval in diesem Merkmal stark ähneln, könnte man an dieser Stelle einen phylogenetischen Bezug herstellen. In der Klassifikation nach Johnson und O'Brien (1997), welche auf molekularen Analysen beruht, wurden die beiden letzteren Taxa einer gemeinsamen Linie (Caracal lineage) zugeordnet (Johnson & O'Brien 1997; Maurice & Sharon 2010). Die starke Ähnlichkeit der Morphologie des Stapes könnte auf eine nahe Verwandtschaftsbeziehung schließen lassen und dadurch die Aussagen von Johnson und O'Brien (1997) bestätigen.

Die Foramen intracurale von *Puma concolor* zeigten eine starke Abweichung im Größenverhältnis zueinander. In rostraler Ansicht ließ sich ein weitaus kleineres Fenster erkennen, als in occipitaler Ansicht. Bei den anderen Arten war kein derartiger Größenunterschied, zwischen den Foramen intracurale, feststellbar. An dieser Stelle zeigt sich ein weiterer Merkmalsunterschied des *Puma concolor* im Vergleich zu *Felis chaus*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus*, weshalb sich der Puma phylogenetisch von den anderen Taxa trennen lassen könnte.

7.3 Morphologische Vergleiche der Auris interna der untersuchten Taxa

Die Canales semicirculares ossei der untersuchten Felidae zeigen fast ausschließlich eine runde, kreisförmige Form, was mit den Aussagen von (Hyrtl 1845) übereinstimmt. Ausnahmen bilden die lateralen Bogengänge, die oftmals von der Form der vorderen und hinteren Bogengänge, abweichen. Bei *Caracal caracal* zeigt sich Letzterer abgeflacht, während der Canalis semicircularis lateralis bei *Felis chaus* und *Puma concolor*, eine stärkere Krümmung nach dorsal aufweist.

Auffallend ist die Stellung des anterioren und lateralen Bogenganges bei *Caracal caracal*. Aus rostraler Ansicht zeigt sich eine schwache Konvergenz der beiden Canales semicirculares ossei, wodurch der Winkel, den die beiden einschließen, spitzer wird. Bei *Felis chaus*, *Caracal caracal* und *Prionailurus viverrinus* schließen sie jeweils einen rechten Winkel ein. Das Crus commune neigt sich bei *Prionailurus viverrinus* leicht nach rostral, bei den anderen untersuchten Taxa zeigt es einen geradlinigen Verlauf nach dorsal. Sowohl *Felis chaus*, als

auch *Prionailurus viverrinus* lassen ein *Crus osseum commune secundarium* erkennen. Dies kann aber nur anhand histologischer Schnitte eindeutig festgestellt werden.

Der Canaliculus cochleae (Ductus perilymphaticus) verläuft bei *Caracal caracal* und *Felis chaus* geradlinig horizontal, bei *Prionailurus viverrinus* und *Caracal caracal* mündet er nach dorsal. Die Cochlea zeigt sich bei *Caracal caracal* stärker nach ventral versetzt. Auffallend ist auch der große Abstand der letzten Windung zum Rest der Cochlea. Allgemein weicht die Morphologie der Auris interna des Karakals stark von jener der anderen Taxa ab. Möglicherweise stellt dies einen Hinweis auf die unterschiedliche Lebensweise des *Caracal caracal* dar. Letzterer kommt in trockenen Wüstengebieten und Steppen vor, während *Felis chaus*, *Puma concolor* und *Prionailurus viverrinus* vor allem in bewaldeten, feuchteren Gebieten vorkommen.

7.4 Phylogenetische Diskussion

7.4.1 Vergleiche der Ossicula auditus innerhalb der Carnivora

Der Malleus der Hyaenide weist im Vergleich zum Malleus der Felidae eine deutlich robustere Konstruktion auf (Doran, 1879). Das Caput mallei ist bei den Felidae kleiner ausgebildet als bei den Hyänen. Die Facies articularis gestaltet sich bei den Hyaenidae weitläufiger und breiter als bei den Felidae. Den Beschreibungen Dorans (1879) zufolge, zeigt sich bei den Hyänen ebenso eine Furche entlang der Gelenksfläche. Allerdings ist sie schwach ausgeprägt, weshalb zwei flache Gelenksflächen vorliegen. Die Facies articularis der untersuchten Taxa der Felidae liegen zweiteilig vor, allerdings zeigt sich nur die dorsale Gelenksfacette abgeflacht, die Ventrals ist konvex. Die charakteristische Struktur der Facies articularis grenzt die Felidae von den Viverridae (Schleichkatzen) ab (Doran, 1879). Da Letztere eine Gelenksfläche mit zwei konvexen Facetten aufweisen. Die Untersuchungen von Bastl (2012) ergaben eine dreiteilige Gelenksfläche bei *Felis catus* (Hauskatze). Somit zeigt sich eine unterschiedliche Morphologie der Facies articularis innerhalb der Felinae.

Das scharfkantige Manubrium mallei der Felidae verläuft geradlinig und zeigt eine schwache Krümmung im Bereich der Spatula. Bei den Hyaenidae und den Canidae weist das Manubrium mallei nach den Aussagen von Doran (1879) eine stärkere Biegung auf, wodurch sich die beiden Familien von den Felidae unterscheiden. Im Vergleich zu den Rodentia (Schwarz, 2012) ist bei den Katzen kein Processus cephalicus ausgebildet. Der Processus

muscularis mallei ist bei den Felidae stark ausgeprägt. Bei den Canidae zeigt sich Letzterer sichelförmig und bei den Ursidae ist er nicht vorhanden (Doran, 1879).

Sowohl Hyrtl (1845) als auch Doran (1879) beschreiben den Incus der Carnivora als klein. Bei den Viverridae ist nach Aussagen von Doran (1879) ein stark ausgeprägtes Crus breve incudis beschrieben, welches nahezu gleich lang ist, wie das Crus longum incudis. Dies lässt sich auch bei den untersuchten Taxa der Felidae erkennen. Hyrtl (1845) beschreibt bei *Viverra zibetha* sogar ein Crus longum incudis, welches kürzer ist, als das Crus breve incudis. Die Gattungen *Mustela* und *Lutra* (Mustelidae) zeigen anstatt eines Crus breve incudis nur einen conialen Höcker (Doran 1879).

Hyrtl (1845) beschreibt die dreieckige Form des Stapes als ein charakteristisches Merkmal der Carnivora. Wie bereits in Kapitel (5.2.3) beschrieben verlaufen die Crura stapedis ausschließlich bei *Puma concolor* geradlinig. Alle anderen untersuchten Taxa der Felidae, wiesen konkave Formen auf. Da die Schenkel des *Panthera leo* nach Aussagen von Hyrtl (1845) ebenso geradlinig verlaufen, lässt sich eine interessante Ähnlichkeit in der Anatomie des Stapes feststellen. Somit weist *Puma concolor*, welcher den Kleinkatzen angehört, ein Merkmal auf, dass sich auch bei einer Gattung der Pantherinae zeigt.

An der Fußplatte von *Felis chaus* zeigte sich eine konvexe Wölbung zum ovalen Fenster, dies stellt Hyrtl (1845) auch bei Gattungen der Mustelidae fest. Das Foramen intracrutale ist bei den Canidae kleiner, als bei den Katzen (Hyrtl, 1845). Die Crura stapedis von den Hyaenidae sind länger als bei vielen anderen Carnivoren. Im Vergleich zu den Schenkeln von *Vulpes* (Canidae) zeigen Crura stapedis der Hyänen einen schmalen Verlauf (Doran, 1879).

7.4.2 Vergleiche der Auris interna innerhalb der Carnivora

Nach den Aussagen von Hyrtl (1845) sind die kreisförmigen Bogengänge für Carnivoren charakteristisch. Hyrtl (1845) spricht in seinen Beschreibungen von einer „gemeinschaftlichen Röhre“, die bei *Felis leo* und *Ursus labiatus* um zwei Drittel länger ausgebildet ist als beim Menschen. Somit weisen die beiden Spezies ein langes Crus commune auf. Anhand von Messungen der Bogengänge, stellte Hyrtl (1845) bei den Carnivoren, feine, schmale Canales semiculares ossei fest. Insbesondere auch bei großen Arten wie *Panthera leo* und *Panthera tigris*, zeichneten sich die Bogengänge durch ihre Feinheit aus (Hyrtl 1845).

Fleischer (1973) beschreibt einen sehr vielseitig gestalteten Bau der Cochlea innerhalb der Carnivora. Nach seinen Aussagen weist *Vulpes* (Canidae) eine dicke Membrana secundaria tympani auf. Beim Vergleich der Gehörschnecke von *Mustela* (Mustelidae) und *Vulpes* wurden nach den Aussagen von Fleischer (1973) Gemeinsamkeiten festgestellt. Trotz der starken morphologischen Unterschiede, die sich in der Mittelohrregion zeigten (Fleischer, 1973).

Eine Ähnlichkeit zeigt sich beispielsweise in der Breite der Basilarmembran von *Mustela* und *Vulpes*. Der Durchmesser einer Schneckenwindung von *Mustela* ist jedoch nur halb so groß wie bei *Vulpes* (Fleischer, 1973).

Ausgehend vom runden Fenster der Scala tympani stellte Hyrtl (1845) bei *Panthera tigris* und *Panthera leo* drei Windungen fest. Dieses Ergebnis zeigt sich auch bei den untersuchten Taxa der Felidae. *Ursus labiatus* weist hingegen nur zwei Windungen auf. Unter den carnivoren Säugetieren zeigt *Panthera leo* eine der größten Formen der Cochlea (Hyrtl 1845).

Hyrtl (1845) charakterisiert bei den Carnivora einen konvexen Verlauf der ersten Schneckenwindung. Sie lehnt sich gegen das Tympanicum und nimmt erst später eine spiralige Form an (Hyrtl, 1845). Diese Ausrichtung der Windungen zeigte sich bei allen untersuchten Feliden. Durch den abweichenden Verlauf der ersten Windung entsteht ein Spalt zwischen erster und zweiter Windung. Dieses Merkmal lässt sich bei allen betrachteten Taxa feststellen. Bei *Caracal caracal* ist dieser Abstand vergrößert.

7.5 Diskussion Lokomotionsmodus

Den Aussagen von Hyrtl (1845) zufolge, liegt keine Korrelation zwischen der Größe der Bogengänge und der Körpergröße der Säugetiere vor. Während beispielsweise die Erinaceidae (Igel) und die Spalacinae (Blindmäuse) starke Canales semicirculares ossei aufweisen, zeigen Wale kleine Bogengänge (Hyrtl, 1845). Wie bereits in Absatz 5.4.1 erwähnt, lassen sich bei fleischfressenden Säugern feine Canales semicirculares ossei feststellen (Hyrtl 1845), was man bei großen Spezies wie *Felis leo* und *Ursus maritimus* nicht vermuten würde. Die Konstellation der Bogengänge könnte daher mit der Lebensweise und dem Lokomotionsmodus der Tiere in Zusammenhang gebracht werden. Diese Thematik wurde unter anderem von Spoor et al., (2003) im Hinblick auf die Primaten behandelt. Bei den Rodentia wurde die Ausprägung der Canales semicirculares ossei, im Rahmen der

wissenschaftlichen Arbeit von Schwarz (2012) analysiert. Da im Zuge der vorliegenden Arbeit keine Messungen der Bogengänge durchgeführt wurden, können keine Ergebnisse diskutiert werden, die den Lokomotionsmodus betreffen.

8. Zusammenfassung

Anhand der morphologischen Vergleiche der Ossicula auditus lässt sich feststellen, dass sich die Gehörknochen des *Puma concolor* am meisten von jenen der anderen Taxa unterscheiden. Der Malleus zeigt einen sichelförmigen Processus muscularis (siehe Appendix), was nach den Aussagen von Doran (1879) ein Merkmal der Canidae darstellt. Das Collum mallei liegt verdickt und robust vor. Der Verlauf der Crura stapedis ist auffallend geradlinig. Da Letztere den Beschreibungen von Hyrtl (1845) zufolge, bei *Panthera leo* ebenfalls geradlinig vorliegen, lässt sich hier eine Ähnlichkeit zu einem Merkmal der Pantherinae feststellen.

Nach der ursprünglichen Klassifikation nach Wozencraft (1993) zählt der Puma zu den Kleinkatzen (Felinae). Molekularbiologische Untersuchungen ergaben eine Verwandtschaft zum Gepard (*Acinonyx jubatus*), weshalb der *Puma concolor* zusammen mit *Acinonyx jubatus* und *Puma yaguaroundi* die Puma-Linie bildet (Jancezewski et al., 1995; Johnson & O'Brien, 1997; Pecon-Slattey & O'Brien, 1998; Maurice & Sharon, 2010).

Unter den morphologischen Vergleichen der Auris media zeigte *Caracal caracal* eine andersartige Stellung des Canalis semicircularis anterior und des Canalis semicircularis lateralis. Letztere schließen bei *Felis chaus*, *Puma concolor* und *Prionailurus viverrinus* einen rechten Winkel ein. Bei den Bogengängen von *Caracal caracal* zeigen sie eine konvexe Wölbung, wodurch der eingeschlossene Winkel kleiner wird. Der Abstand der ersten Windung zur restlichen Cochlea ist vergrößert. Generell ist die Gehörschnecke weiter nach ventral herabgesetzt. Die abweichende Morphologie der Auris interna von *Caracal caracal* im Vergleich zu den anderen untersuchten Taxa, könnte einen Hinweis auf die unterschiedliche Lebensweise des Karakals darstellen, welcher vor allem in trockenen Wüstengebieten und Steppen vorkommt.

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phylogenetisches Kladogramm der Feliformia (<http://en.wikipedia.org/wiki/Feliformia>, 3.4.2014)

Abbildung 2: Bulla auditiva der Felidae (Autor: Oz Spinner;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feliformia_Skull_v01-2.jpg, 5.4.2014)

Abbildung 3: A) Schädel von *Smilodon fatalis* (Autor: Wallace63;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smilodon_head.jpg, 8.4.2014)
B) Skelett von † *Smilodon fatalis* (Autor: Postdlf;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smilodon_californicus.jpg, 8.4.2014)

Abbildung 4: Skizze der Gattung *Dinofelis* sp. („Schreckenskatze“), (Autor: Ornitholestes;
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dinofelis.jpg>, 11.4.2014)

Abbildung 5: Rekonstruktion von † *Megantereon cultridens* (Smilodontini); (Autor: Frank Wouters;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Megantereon_cultridens.jpg, 11.4.2014)

Abbildung 6: † *Smilodon fatalis*.; (Autor: Sergiodlarosa;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smilodon_fatalis_Sergiodlarosa.jpg, 16.4.2014)

Abbildung 7: *Felis chaus*; (Autor: L. Shyamal;
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FelisChausMunsiari1.jpg>, 15.4.2014)

Abbildung 8: *Puma concolor*; (Autor: Cm0rris0n;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CMM_MountainLion.jpg, 18.4.2014)

Abbildung 9: † *Miracinonyx trumani*; (Autor: Philip72;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Miracinonyx_trumani.jpg, 18.4.2014)

Abbildung 10: *Caracal caracal*; (Autor: € Van 3000;
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caracal001.jpg>, 20.4.2014)

Abbildung 11: *Prionailurus viverrinus*; (Copyright: OpenCage;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prionailurus_viverrinus.jpg, 20.4.2014)

Abbildung 12: Frontalschnitt des menschlichen Ohres (Ansicht: rostral), verändert nach Netter (2000)
Atlas der Anatomie des Menschen, 2. Auflage. Novartis AG, Basel, Schweiz: 87.

Abbildung 13: Abb. 14.: Cochlea (Querschnitt), verändert nach Weerda, H. (1994). Hals-Nasen-Ohrenkunde. Enke Verlag, Stuttgart.

Abbildung 14: Schnitt durch eine Windung der Cochlea, verändert nach Netter (2000). Atlas der Anatomie des Menschen, 2. Auflage. Novartis AG, Basel, Schweiz: 91.

Abbildung 15: Sinnesfeld der Bogengänge (Längsschnitt), verändert nach Weerda, H. (1994). Hals-Nasen-Ohrenkunde. Enke Verlag, Stuttgart.

Abbildung 16: Sinnesfeld Utriculus und Sacculus (Querschnitt), verändert nach Weerda (1994).

Abbildung 17: Untersuchte Schädelpräparate rezenter Taxa (IUPW 1358; IUPW 242; IUPW 1353; IUPW 4399).

Abbildung 18: μ -CT Skyscan 1173, Firma Bruker

Abbildung 19: 2D- μ CT-Schnittbilder; **A:** transversal; **B:** horizontal; **C:** sagittal

Abbildung 20: 3D-Rekonstruktion von *Felis chaus* (rezent, PIUW 1358)

Abbildung 21: Auris media von *Felis chaus* (rezent, PIUW 1358)

Abbildung 22: Malleus *Caracal caracal* (PIUW 1353) aus lateraler und occipitaler Ansicht

Abbildung 23: Malleus *Felis chaus* (PIUW 1358)

Abbildung 24: Malleus *Puma concolor* (PIUW 242)

Abbildung 25: Malleus *Caracal caracal* (PIUW 1353)

Abbildung 26: Malleus *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399)

Abbildung 27: Incus *Puma concolor* (PIUW 242) aus lateraler und occipitaler Ansicht

Abbildung 28: Incus *Felis chaus* (PIUW 1358); Os lenticulare ergänzt

Abbildung 29: Incus *Puma concolor* (PIUW 242)

Abbildung 30: Incus *Caracal caracal* (PIUW 1353); Os lenticulare ergänzt

Abbildung 31: Incus *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399); Os lenticulare ergänzt

Abbildung 32: Stapes *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399) aus occipitaler und medialer Ansicht

Abbildung 33: Stapes *Felis chaus* (PIUW 1358)

Abbildung 34: Stapes *Puma concolor* (PIUW 242)

Abbildung 35: Stapes *Caracal caracal* (PIUW 1353)

Abbildung 36: Stapes *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399)

Abbildung 37: Auris interna *Felis chaus* (PIUW 1358); laterale und occipitale Ansicht

Abbildung 38: Auris interna *Felis chaus* (PIUW 1358)

Abbildung 39: Auris interna *Puma concolor* (PIUW 242)

Abbildung 40: Auris interna *Caracal caracal* (PIUW 1358)

Abbildung 41: Auris interna *Prionailurus viverrinus* (PIUW 4399)

Abbildung 42: „ancestral type“ des Mittelohres von Säugetieren, nach
Fleischer, G. (1978). Evolutionary Principles of the mammalian middle ear. Springer-
Verlag Berlin Heidelberg New York: 131-350.

Abbildung 43: Entwicklung des „freely-mobile-Typ“; verändert nach Fleischer; G. (1978). Evolutionary
Principles of the mammalian middle ear. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York:
131-350.

10. Abkürzungsverzeichnis

ad) Abbildung 12.: Frontalschnitt des menschlichen Ohres

Au – Auricula;

B stap – Basis stapedis;

C mall – Caput mallei;

C stap – Crura stapedis;

Ca tym – Cavum tympani (Cavitas tympani);

Duc coch – Ductus cochlearis;

F coch – Fenestra cochleae (rotunda);

He – Helikotrema;

Incus – Incus;

M ac ex – Meatus acusticus externus

M ac int – Meatus acusticus internus;

M tym – Membrana tympani;

N coch – Nervus cochlearis;

N fac – Nervus facialis;

N ve coch – Nervus vestibulocochlearis;

N vest – Nervus vestibularis;

Pcsl – Prominentia canalis semicircularis lateralis;

Prom – Promotorium;

Rec e – Recessus epitympanicus;

Sc tym – Scala tympani;

Sc vest – Scala vestibuli;

T tym – Tegmen tympani;

Tub au – Tuba auditiva (Eustachische Röhre);

Vest – Vestibulum;

Ad) Abb.13.: Cochlea-Querschnitt:

Cor O – Corti Organ;

Duc coch – Ductus cochlearis;

Ga sp coch – Ganglion spirale cochleae;

Lam sp – Lamina spiralis ossea;

Mod – Modiolus;

N coch – Nervus cochlearis; strichlierte Linie – Ausschnitt (strichlierte Linie) siehe Abb. 15.

Sca tym – Scala tympani,

Sca ves – Scala vestibuli;

ad) Abb. 14.: Windung der Cochlea:

äu Ha – äußere Haarzellen;

Cor O – Corti-Organ;

Duc coch – Ductus cochlearis;

Ga sp coch – Ganglion spirale cochleae;

i Ha – innere Haarzellen.

Lam sp os – Lamina spiralis ossea;

Lig sp – Ligamentum spirale (cochleae);

Mem ba – Membrana basilaris;

Mem R – Membrana vestibularis Reissner (Reissner'sche Membran);

Mem tec – Membrana tectoria;

Mod – Modiolus;

N coch – Nervus cochlearis;

Pf – Pfeilerzellen;

Ra ne coch – Ramni nervi cochlearis;

Sca tym – Scala tympani;

Sca ves – *Scala vestibuli*;

St ves – *Stria vestibularis*;

ad) Abb.15.: Sinnesfeld der Bogengänge (Längsschnitt):

Cr – *Crista (ampullaris)*;

Cu – *Cupula*;

Endo – *Endolymphe*,

Ne, Bi – *Nervenfasern und Bindegewebe*.

Si – *Sinneszellen*;

St – *Stützzellen*;

Zi – *Zilien*;

Ad) Abb. 16.:Sinnesfelder Utriculus und Sacculus (Querschnitt):

af Ne – *afferente Nervenfasern*;

Ot – *Otolithen*;

Ot Mem – *Othlithenmembran*;

Si – *Sinneszellen*;

Sp pe – *Spatium perilymphaticum (Perilymphraum)*

St – *Stützzellen*;

Zi – *Zilien*;

Ad) Abb. 22.: Malleus-Beschriftung:

Cap mall – *Caput mallei*;

Coll mall – *Collum mallei*;

Fac art – *Facies articularis*;

Lam - *Lamina*;

Manu mall - Manubrium mallei;

Proc grac – Processus gracilis;

Proc lat – Processus lateralis;

Proc musc mall – Processus muscularis mallei;

Spat - Spatula

ad) Abb. 23.: Incus-Beschriftung

Cap inc - Caput incudis;

Corp inc – Corpus incudis;

Cr br inc – Crus breve incudis;

Cr lo inc – Crus longum incudis, beinhaltet:

Fac art – Facies articularis;

Os lent – Os lenticulare

Ped – Pedicel;

Proc lent - Processus lenticularis incudis;

ad) Abb. 32.: Stapes-Beschriftung:

Ba stap – Basis stapedis;

Cap st – Capitulum stapedis;

Cr caud – Crus caudale;

Cr rost – Crus rostrale;

For - Foramen intracurrale

ad) Abb. 37.: Beschriftung Auris interna:

Am os ant – Ampulla ossea anterior;

Am os lat – Ampulla ossea lateralis;

Am os post – Ampulla osseum posterior;

Av – Aqueductus vestibule (Ductus endolymphaticus);

C com – Crus commune;

Ca coch – Canaliculus cochleae;

Co - Cochlea

CSa – *Canalis semicirculares anterior*;

CSl – *Canalis semicirculares lateralis*;

CSp – *Canalis semicirculares posterior*;

Fvo – *Fenestra vestibuli ovalis*;

Rec ell – *Recessus ellipticus*;

Rec sph – *Recessus sphaericus*;

ad) Abb. 43.: freely-mobile-Typ:

An fib – *Anulus fibrocartilagineus*

Gon – *Goniale*;

Inc – *Incus*;

Mall – *Malleus*;

Man – *Manubrium mallei*;

Proc gr – *Processus gracilis*;

Tym bone – *Tympanic bone*;

PIUW – Paläontologisches Institut Universität Wien

11. Literaturverzeichnis

- ADAMS, G.I.** (1896). The extinct Felidae of North America. Am. J.Sci., 1(6): 419-444.
- BASTL, K.** (2012). Ecomorphology of the European Hyaenodon. zur Erlangung des Doktorgrades, Universität Wien.
- BEAUMONT, G. de** (1964). Remarques sur la classification des Felidae. Eclogae Geologicae Helvetiae, 57(2): 837-845.
- BEAUMONT, G.** (1978). Notes complementaires sur quelques félidés (Carnivores). Archives des Sciences Physiques et Naturelles, Genève, 31: 219-227.
- BONDY, G.** (1907). Beiträge zur vergleichenden Anatomie bei Säugern (Tympanicum, Membrana Shrapnelli, und Chordaverlauf). Anatomische Hefte 35: 239-408.
- BRINK, A. S.**(1956). Paleont. Africana 4: 72-96
- BRUNNER, R. & NÖLDEKE, I.** (1997). Das Ohr. Anatomie, Pathologie, Physiologie für Hörgeräteakustiker und audiologische Assistentenberufe. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York: 14-36.
- COCKERELL, T. D. A, Miller L. I. & Printz M.** (1914). The Auditory Ossicles of American Rodents. Bulletin American Museum of Natural History 33: 347-379.
- COPE, E.D.** (1880). On the extinct cats of America. Am. Nat., 14(12): 833-858
- CORTI, A.** (1851). Recherches sur l'organe de l'ouïe des mammifères, première partie: limaçon. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 3: 109-169
- DORAN, A.H.G.** (1879). Morphology of the mammalian ossicula auditus. Transactions of the Linnean Society of London, 2nd Series: Zoology 1(7): 371-497
- DUCKWORTH J. W. et al.** (2005). The Jungle cat *Felis chaus* in Indochina: a threatened population of a widespread and adaptable species. Springer, Biodiversity and Conservation 14: 1263-1280, DOI 10.1007/s10531-004-1653-4
- DUCKWORTH J.W, Shepherd, C. R., Semiadi G., Schauenberg P., Sanderson, S., Robertson, S. I., O'Brien, T. G., Maddox, T., Linkie, M., Holden, J., Brickle, N. W.** (2009): Does the Fishing Cat *Prionailurus viverrinus* inhabit Sumatra? Cat News, Autumn 2009, 51: 4–9.
- EIZIRIK E., JOHNSON W.E., O'BRIEN S. J.** (submitted). Molecular systematics and Revised Classification of the family Felidae (Mammalia, Carnivora). Journal of Mammalogy LGD 07636
- EKDALE, E. & ROWE, T.** (2011). Morphology and variation within the bony labyrinth in zhelestids (Mammalia, Etheria) and other therian mammals. Journal of Vertebrate Paleontology 31(3): 658-675.
- FICK, L.** (1844). Über das Labyrinth des Elephanten. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin: 431-432.

- FLEISCHER, G.** (1971). Über Schwingungsmessungen am Skelett des Mittelohres von Halicore (Sirenia). Z. f. Säugetierk., Hamburg-Berlin, 36, 350-360.
- FLEISCHER, G.** (1973). Studien am Skelett des Gehörorgans der Säugetiere einschließlich des Menschen. Säugetierkundliche Mitteilungen 21: 131-239. (Florida, Miami)
- FLEISCHER, G.** (1978). Evolutionary Principles of the mammalian middle ear. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York: 131-350.
- FLOWER, W. H. & LYDEKKER, R.** (1891). An introduction to the study of mammals, living and extinct. London: A. and C. Black, 763.
- GAUPP, E.** (1898). Ontogenese und Phylogenese des schallleitenden Apparates bei den Wirbeltieren. Ergeb. Anat. u. Entwicklungsgesch., Wiesbaden, 8, 990-1149.
- GAUPP, E.** (1911). Beiträge zur Kenntniss des Unterkiefers der Wirbeltiere, I, der Proc. anterior (Folii) des Hammers der Säuger und das Gonilae der Nichtsäuger. Anatomischer Anzeiger 39: 97-135.
- GAUPP, E.** (1912). Die Reichertsche Theorie (Hammer-, Amboss- und Kieferfrage). Arch. Anat. u. Entwicklungsgesch., Leipzig, Supplement-Bd zur Anat. Abt., Jhg. 1912, 1-416.
- GRAY, A.** (1905). Anatomical notes upon the membranous labyrinth of Man and of the seal. Journal of anatomy and physiology 39: 349-361
- GRAY, A.** (1907). The labyrinth of animals: including mammals, birds, reptiles and amphibians Vol I. I: 1-198.
- GRAY, Henry F.R.S.** (1918). Anatomy of the Human Body. PHILADELPHIA (Johns-hopkins university): LEA & FEBIGER, 1918
- HAGENBACH, E.** (1835). Die Paukenhöhle der Säugethiere. Leipzig, S. 48.
- HAMMAR, J. A.** (1902). Studien über die Entwicklung des Vorderdarms und einiger angrenzenden Organe, I. Abth.: Allgemeine Morphologie der Schlundspalten beim Menschen. Entwicklung des Mittelohrraumes und des äusseren Gehörganges. Arch. f. mikr. Anat., 59.
- HELMHOLTZ, H.** (1863). Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig, 600.
- HEMILA, S., NUMMELA, S., REUTER, T.** (1995). What middle ear parameters tell about impedance matching and high frequency hearing. Hearing Research. 85, 31-44.
- Heptner V.G et al. (1992) Mammals of the Soviet Union. Amerind Publishing Co.Pvt.Ltd. Volume II Part 2, New Delhi
- HEPTNER et al.** (1992). Mammals of the Soviet Union: Carnivora. Volume 2 of Mammals of the Soviet Union: Hyenas and Cats. Brill.
- HUNT Robert M.** (1987). Evolution of the Aeluroid Carnivora: Significance of the auditory structure in nimravid cat *Dinictis*. American Museum of natural history: New York Number 2886, pp. 1-74, figs. 1-22, tables 1-2.

- HYRTL, J.** (1845). Vergleichend-anatomische Untersuchungen über das innere Gehörorgan des Menschen und der Säugethiere. Prag, Friedrich Ehrlich.
- HYRTL, J.** (1873). Die Corrosionsanatomie und ihre Ergebnisse. Wien: 253.
- JANCZWSKI D.N. et al.** (1995). Molecular evolution of mitochondrial 12 S RNA and cytochrome b sequences in Pantherine lineage of Felidae. *Molecular Biology and Evolution*, 12(4), 690-707
- JOHNSON W. & O'BRIEN S.** (1997). Phylogenetic reconstruction of the Felidae using 16 S rRNA and NADH-H Mitochondrial Genes. *J.Molecular Evolution*, 44: 98-116.
- KIEßLING, J. et al.** (1997). Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten, 2. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York: 1-9.
- KRETZOI, M.** (1929). Feliden-Studien. *A Magyar Királyi Földtani Intézet Közleménye*, 24: 1-22.
- LANG, J.** (1992). Klinische Anatomie des Ohres. Springer Verlag, Wien: 157-170.
- MATTHEW W., D.** (1910). The phylogeny of the Felidae. *Bulletin American Museum of Natural History* 28: 289-316
- MAURICE H., SHARON N.** (2010). *Cougar. Ecology & Conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- MECKEL, A.** (1827). Bemerkungen über die Höhe des knöchernen Labnyrinths. *Archiv für Anatomie und Physiologie* 354-357.
- MERRIAM, J. C.** (1906). Carnivora from the Tertiary Formations of the John Day Region. *Bull. Dept. Geol. Univ. Cal. Vol. V, No. 1*, 1-64.
- NEFF, W. & HIND, J.** (1955). Auditory thresholds of the Cat. *J.Acoust. Soc., Lancaster*, 27, 480-483.
- NETTER, F. H.** (2000). *Atlas der Anatomie des Menschen*, 2. Auflage. Novartis AG, Basel, Schweiz: 87.
- NEUBERT, K. & WÜSTENFELD, E.** (1962). Morphologie des akustischen Organs. In: *Handbuch der Zoologie*. Band (8) 1-44 Walter de Gruyter & Co, Berlin
- NUMMELA, S.** (1995). Scaling of the mammalian middle ear. *Hearing Research* 85, 18-30
- Pecon-Slattery J. & O'Brien S.** (1998). Patterns of Y and X chromosome DNA sequence divergence during the Felidae radiation. *Genetics* 148: 1245-1255.
- PURIA, S. & STEELE C.** (2010). Tympanic-membrane and malleus-incus-complex co-adaptations for high-frequency hearing in mammals. *Hearing Research* 263: 183-190
- REICHERT, C.** (1837). Über die Visceralbogen der Wirbelthiere im Allgemeinen und deren Metamorphose bei den Vögeln und Säugethiern. *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin*: 120-122.
- RETZIUS, G.** (1881/1884). *Das Gehörorgan der Wirbelthiere*. Stockholm.

- ROSENTHAL, F.**(1823). Über den Bau der menschlichen Spindel im Ohr. Deutsches Archiv Physiologie 8: 74-78.
- ROSOWSKI, J.** (1992). Hearing in transitional mammals: predictions from the middle ear anatomy and hearing capabilities of extant mammals. D.B. Webster, R.R. Fay, A.N. Popper (Eds.), The Evolutionary Biology of Hearing, Springer-Verlag, New York (1992), pp. 615–631
- SALESA M.J., ANTÓN M., MORALES J., PEIGNÉ S.** (2011). Functional anatomy of the postcranial skeleton of *Styriofelis lorteti* (Carnivora, Felidae, Felinae) from Middle Miocene (MN 6) locality of Sansan (Gers, France). *Estudios Geológicos*, 67(2), julio-diciembre 2011, 223-243.
- SCHALLER, O.** (2007). Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. Stuttgart, Enke Ferdinand.
- SCHWARZ C.** (2012). Phylogenetische und funktionsmorphologische Untersuchungen der Ohrregion bei Sciuromorpha (Rodentia, Mammalia). Dissertation, zur Erlangung des Dr. Grades Uni Bonn.
- SILVERTHORN D. U.** (2009). Physiologie. 4.Auflage. Pearson Education Deutschland GmbH, München, 510-515.
- SPOOR et al.** (2003). The bony labyrinth of neanderthals. *Journal of Human evolution* 44: 14-165.
- SRINIVASULU C. et al.** (2012). South Asian Mammals. Their Diversity, Distribution, and Status. Springer: New York, Heidelberg, Dordrecht, London: 1-395.
- SUNQUIST, M., & SUNQUIST, F.**(2002). Wild Cats of the World. University of Chicago Press. Chicago, p.60-65
- THENIUS, E.** (1966). Ergebnisse und Probleme der Wirbeltierpaläontologie. Die Naturwissenschaften. 53. Jahrgang, Heft 11: 261-268
- TURNER, A.** (1997). The big cats and their fossil relatives. Columbia University Press. New York; Chichester; West Sussex: 1-228.
- VAN DER KLAUW, C. J.** (1931). The auditory bulla in some fossil mammals, with a general introduction to this region of the skull. New York: 1-326.
- VAN KAMPEN, P.N.** (1905) Die Tympanalgegend des Säugetierschädels(Amsterdam). In Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch. Band 34. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig: 322-722.
- VIRET, J.** (1951). Catalogue critique de la faune des mammifères Miocenes de La Grive Saint-Alban (Isère). *Nouvelles Archives du Muséum d' Mistoire Naturelle de Lyon*, 3: 1-103.
- VON BÈKÈSY, G.** (1960). Experiment in hearing. McGraw-Hill.
- WALDEYER, A.** (2009) Anatomie des Menschen, 18. Auflage. Walter de Gruyter GmbH &Co. KG, Berlin: 596-
- WEERDA, H.** (1994) Hals-Nasen-Ohrenkunde. Enke Verlag, Stuttgart.

- WEISSENGRUBER, G. E., FORSTENPOINTNER, G., PETERS, G., KÜBBER-HEISS, A., FITCH W. T.** (2002). Hyoid apparatus and pharynx in the lion (*Panthera leo*), jaguar (*Panthera onca*), tiger (*Panthera tigris*), cheetah (*Acinonyx jubatus*) and domestic cat (*Felis silvestris f. catus*). J. Anat.(2002) 201, pp.195-209
- WERDELIN L. & SARDELLA R.** (2006). The „Homotherium“ from Langebaanweg, South Africa and the origin of Homotherium. Paleontographica, Abt. A, 277, Lfg. 1-6, Stuttgart: 123-130.
- WERDELIN, L., YAMAGUCHI, N., JOHNSON, W.E. & O'BRIEN, S.J.** (2010). Phylogeny and evolution of cats (Felidae). In Macdonald, D.W. & Loveridge, A.J. eds. *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford University Press, Oxford. pp. 59-82.
- WILSON, D., E. & MITTERMEIER R., A.** (2009). Handbook of the Mammals of the World. Volume 1: Carnivores. Lynx Edicions, 2009
- WILSON, D., E. & REEDER, D.,M.** (2005) Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. 3. Auflage. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland 2005.
- WINGE, H.** (1888). Jordfundne og nulevende Gnavere (Rodentia) fra Lagoa Santa, Minas Geraces, Brasilien. E Museo Lundii, Förste Bind.: 1-200, Taf. I-VIII.
- WINGE, H.** (1895). Jordfunde og nulevende (Carnivora) fra Lagoa Santa, Minas Geraes, Brasilien. E Museo Lundii, Andet Bind, Andet Halvbind, Kjöbenhavn: 1-130, Pls. I-VIII.
- WOZENCRAFT W. C.** (1993). Order Carnivora. In: Mammalian species of the world. A taxonomic and geographic reference. 2nd edition. Wilson D.E. and Reeder D. M. (Eds.) Smithsonian Institution Press, Washington D.C., pp. 279-348.

Information zur Technik des Scanners: <http://www.micro-ct.at/facts/technische-daten>

12. Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei meinen Betreuerinnen, ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Doris Nagel und Dr. Cathrin Schwarz bedanken. Durch ihre Unterstützung und ihre Geduld habe ich mich während der Zeit der Diplomarbeit gut aufgehoben gefühlt.

Besonders möchte ich mich auch bei meiner Familie bedanken, die mir immer wieder Sicherheit und Halt gibt und mich in dieser Zeit, in jeder Hinsicht unterstützt hat. Vor allem meinen Eltern gebührt großer Dank, sie haben mir dieses Studium erst ermöglicht.

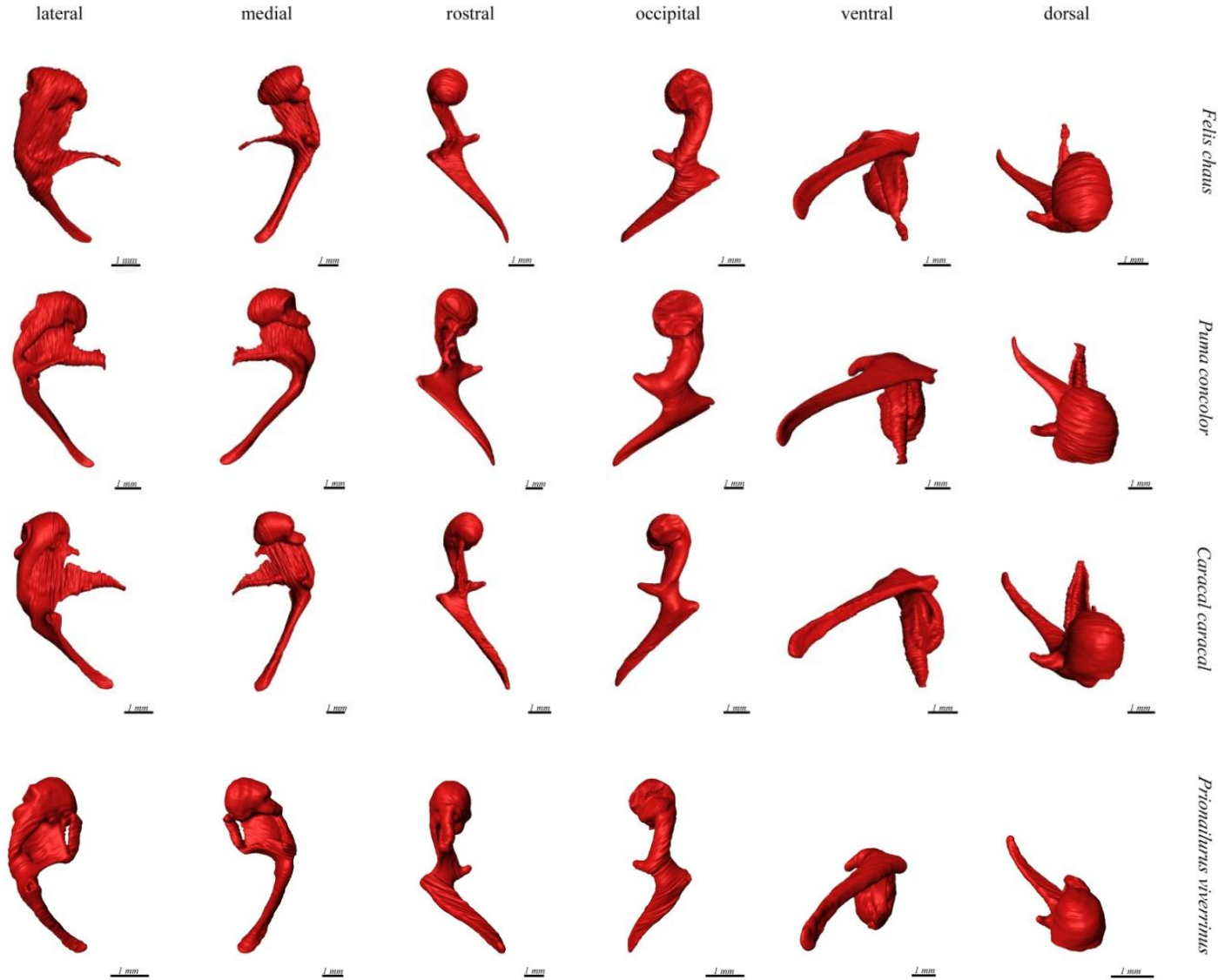
Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Freunden, für den Zuspruch und die Motivation, die ich von ihnen bekommen habe. Vor allem möchte ich an dieser Stelle auch Angela danken, die immer wieder ein offenes Ohr für mich hatte und mir hilfsbereit zur Seite stand.

Zuletzt möchte ich mich noch bei jemandem bedanken, der mich durch eine schwierige Zeit begleitete und mir wieder Mut gemacht hat.

13. Appendix

Artname	IUPW (Paläontologisches Institut Wien)	Schädellänge	Herkunft	Pixelgröße
<i>Felis chaus</i>	1358	105,1mm	Nord-West-Vorderindien	29,93 µm
<i>Puma concolor</i>	242	154,4 mm (ohne Crista sagittalis) 161,7 mm (mit Crista sagittalis)	Keine Informationen	33,13 µm
<i>Caracal caracal</i>	1353	121,7 mm (ohne Crista) 128 (mit Crista)	Eriträa	24,94 µm
<i>Prionailurus viverrinus</i>	4399	121,2 mm (ohne Crista)	keine Informationen	34,91 µm

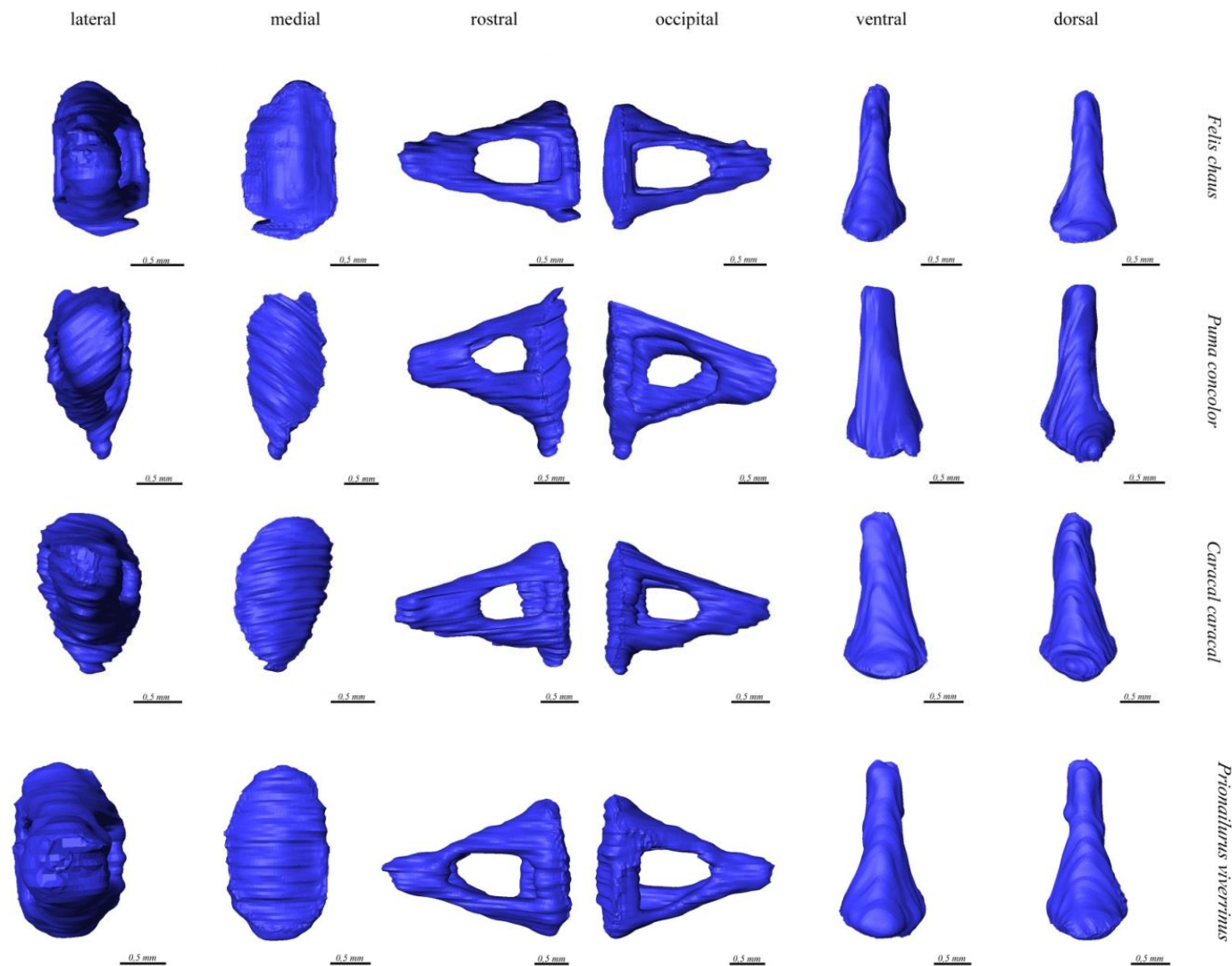
Appendix



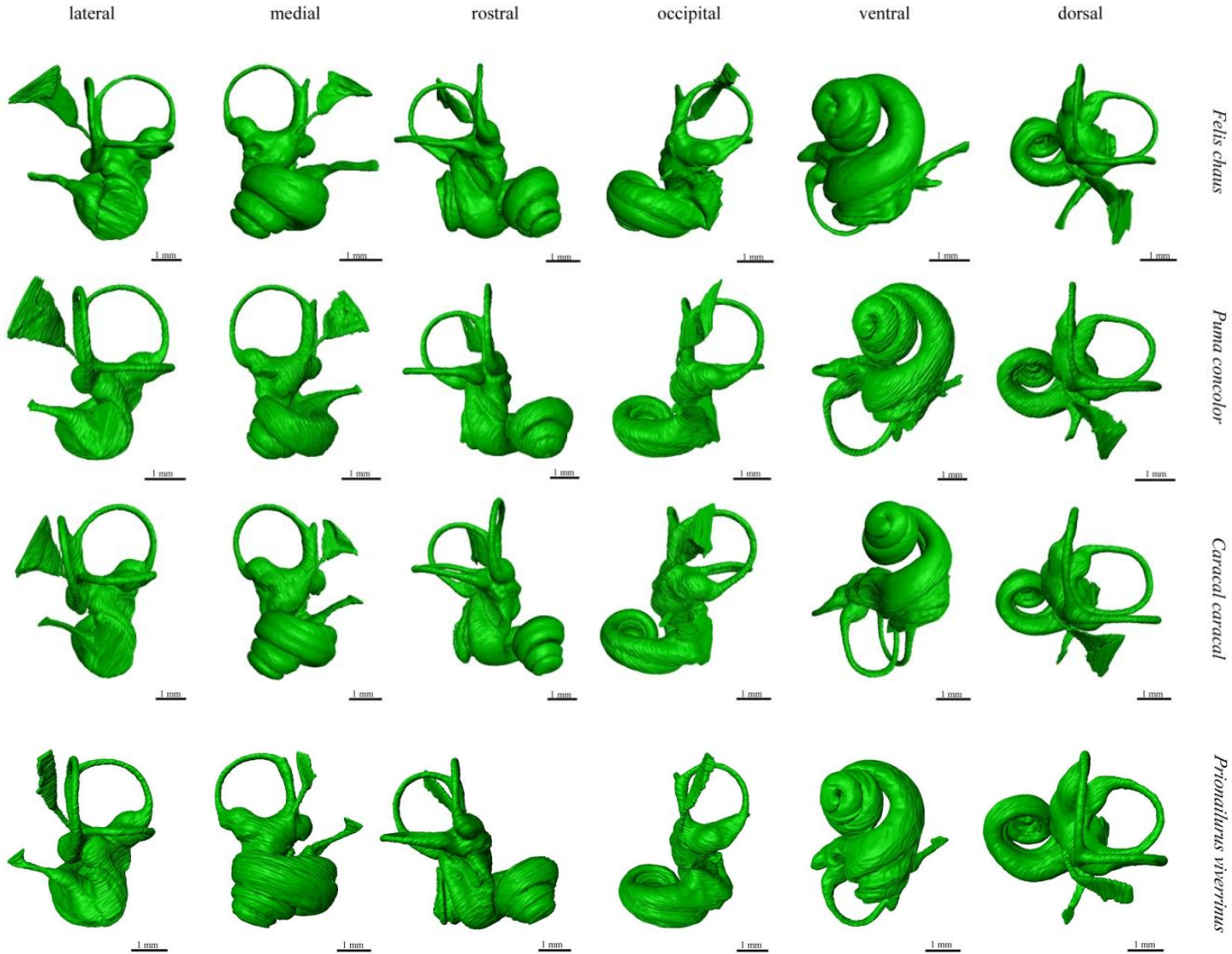
Appendix



Appendix



Appendix



Curriculum vitae

Name: Lisa Etmayr

Geburtsort: Steyr

Bildungsweg:

1995 - 1999 Volksschule in Dietach

1999 - 2007 Bundesrealgymnasium in Steyr

2007 Matura am Bundesrealgymnasium Steyr

2009 - 2014 Lehramtsstudium Biologie und Haushaltsökonomie und Ernährung an der Universität Wien

Praktika:

2005: Bäckerei Steiner in Dietach

2006: Tierklinik Weistrach

2007: Au pair in England

2008: Labor des Nationalpark Kalkalpen Molln

2009: Biologiezentrum Linz

2010: Biologiezentrum Linz

2011: Post AG Steyr

2012: Mikrobiologisches Labor Biomerx Pasching

2013: Mikrobiologisches Labor Biomerx Pasching