Aus dem Institut für Veterinär-Anatomie
des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

Topographische und angewandte Anatomie des Auges und Ohres der Katze unter besonderer Berücksichtigung moderner bildgebender Verfahren (CT und MRT)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von Anke Schiller
Tierärztin aus Wernigerode
Berlin 1998
Journal-Nr.: 2208

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. K. Hartung

Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. habil. R. Berg

Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. K. Hartung

Tag der Promotion: 27.11.1998

Inhaltsverzeichnis

0 Verwendete Abkürzungen III
1 Zielsetzung der Arbeit 1
2 Grundlagen (Literatur) 2
2.1 Topographische und angewandte Anatomie 2
2.1.1 Auge der Katze 2
Nebenorgane des Auges, Organa oculi accessoria 2
Augenhöhle, Orbita 2
Faszien, Fasciae orbitales 5
Augenmuskeln, Mm. bulbi 6
Augenlider, Palpebrae und Bindehaut, Tunica conjunctiva 9
Tränenapparat, Apparatus lacrimalis 11
Augapfel, Bulbus oculi 15
2.1.2 Ohr der Katze 19
2.2 Grundlagen der Computertomographie 28
2.2.1 Anwendung in der Veterinärmedizin 29
2.3 Grundlagen der Kernspintomographie 30
2.3.1 Überblick über die historische Entwicklung 30
2.3.2 Technisches Prinzip 31
2.3.3 Darstellung der verschiedenen Gewebe 33
Knochen 34
Kollagene Strukturen 35
Muskel 35
Fettgewebe 35
Luft 35
Blutgefäße 36
Gehirn 36
Lymphknoten 36
2.3.4 Risiken 37
2.3.5 Anwendung in der Veterinärmedizin 37
2.4 MRT und CT zur Darstellung der Strukturen des Auges und Ohres 39
2.4.1 Kernspintomographische Darstellung der Strukturen des menschlichen Auges 39

Bulbus und Orbitafett 39
Augenmuskeln und Sehnerv 39
Lider und Tränenorgane 40
Ohr 40
2.5 Topographische Terminologie 41
3 Eigene Untersuchungen 42
3.1 Material und Methode 42
3.2 Ergebnisse 43
3.2.1 Querschnittanatomie mit entsprechenden CT-Aufnahmen, transversal 43
Meßparameter 43
3.2.2 Querschnittanatomie mit entsprechenden MRT-Aufnahmen,
transversal, sagittal, horizontal 67
Meßparameter 67
4 Diskussion 121
5 Zusammenfassung 123
6 Summary 125
Literaturverzeichnis 127
Danksagung 140
Lebenslauf 141

0 Verwendete Abkürzungen

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
ant.	anterior
CT	Computertomographie
dors.	dorsalis
FOV	Meßfeld
Gl.	Glandula
Gll.	Glandulae
HU	Houndsfield-Einheiten
KST	Kernspintomographie
KSRT	Kernspinresonanz-Tomographie
lat.	lateralis
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Mm.	Musculi
med.	medialis
MR	Magnetresonanz
MRI	Magnetic resonance imaging
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
Nn.	Nervi
o. g.	oben genannt
Ost.	Osteum
post	posterior
Proc.	Processus
rect.	rectus
S	Signalintensität
s.	sive
SE	Spinechosequenz
SL	Schichtdicke
TE	Echozeit, Zeitpunkt des Echoauslesens
TR	Repititionszeit, Pulswiederholungszeit zwischen den Einzelanregungen
TSE	Turbospinechosequenzen
ventr.	ventralis
ZNS	Zentralnervensystem

1 Zielsetzung der Arbeit

Schätzungsweise werden derzeit in Deutschland etwa 5,5 Millionen Katzen gehalten (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1997).
Die ständig steigende Zahl der Katzen als Patienten in der Kleintierpraxis und die damit verbundenen Probleme bei der Diagnosestellung stellen an den Tierarzt erhöhte Anforderungen in Bezug auf die Kenntnisse der topographischen und angewandten Anatomie der Katze.

Durch die fortschreitende Entwicklung moderner bildgebender Verfahren wird auch der Einsatz dieser Techniken zur Diagnose von Erkrankungen des Auges und Ohres immer mehr an Bedeutung erlangen. Neben der Röntgenuntersuchung und der Sonographie werden im Rahmen der zunehmenden Spezialisierung in der Kleintierpraxis in Zukunft auch die Computertomographie und die Kernspintomographie als hilfreiche Untersuchungsverfahren vermehrt eingesetzt werden. Sie stellen eine wertvolle Ergänzung der klinischen Untersuchung dar und erweitern die diagnostischen Möglichkeiten enorm.
Voraussetzung für eine erfolgreiche diagnostische Anwendung der Untersuchungsverfahren sind detaillierte Kenntnisse der anatomischen Strukturen der zu untersuchenden Organe der Katze.

In dieser Arbeit werden die topographische und angewandte Anatomie des Auges und Ohres der Katze dargelegt und es werden computertomographische und kernspintomographische Aufnahmen des Kopfes gesunder Katzen bildlich dargestellt und beschrieben.
Mit der Erschließung dieser modernen Darstellungsverfahren werden wichtige Grundlagen für die zukünftige Ausbildung und Praxis in der Veterinärmedizin gelegt.
Die Erstellung detailgetreuer, aussagekräftiger, vielseitig verwendbarer Bilder ermöglicht eine präzise Wiedergabe anatomischer Verhältnisse.

2 Grundlagen (Literatur)

Modernes Basiswissen der topographischen und angewandten Anatomie vermitteln vor allem Ulmer, Haupt und Hicks (1971), König (1992), Frewein und Vollmerhaus (1994) sowie Berg (1995).

2.1 Topographische und angewandte Anatomie

2.1.1 Auge der Katze

Nebenorgane des Auges, Organa oculi accessoria

Zu den Nebenorganen des Auges, die der Kliniker häufig zuerst untersucht, bevor er den Augapfel selbst überprüft, gehören die Augenlider, Palpebrae, und die Bindehaut, Conjunctiva. Weiterhin sind die Augenhöhle, Orbita, die Tränenorgane, Organa lacrimalia, sowie die Faszien und Muskeln des Auges zu nennen.

Augenhöhle, Orbita

Die knöcherne Wand der Orbita, die den Augapfel medial, dorsal und medioventral umschließt, wird von den Ossa lacrimale, zygomaticum, frontale, praesphenoidale, palatinum und maxillare gebildet. Temporal ist die Orbita nur bindegewebig umschlossen. Caudal steht sie mit der Schläfengrube und der Fossa pterygopalatina in direkter Verbindung. Der Augenhöhleneingang ist nicht völlig knöchern, sondern wird zwischen Stirnbein und Jochbogen durch eine straffe Bandverbindung, das Ligamentum orbitale, begrenzt. Dieses Band kann aber auch verknöchern.

Abgesehen von den verschiedenen Durchtritten für Nerven und Gefäße stellt die Orbita einen umschlossenen Raum dar, in dem sich der Bulbus oculi, N. opticus, die extraokulären Muskeln, Blutgefäße, Nerven, Gl. lacrimalis, Gl. zygomatica, Fasciae orbitales und das Corpus adiposum orbitae befinden. Bei einer Größenzunahme einer dieser Strukturen kann es zu einer Verlagerung des Bulbus oculi kommen, wobei sich der Augapfel aufgrund der anatomischen Gegebenheiten entweder nach dorsolateral, ventral oder rostral verlagert.

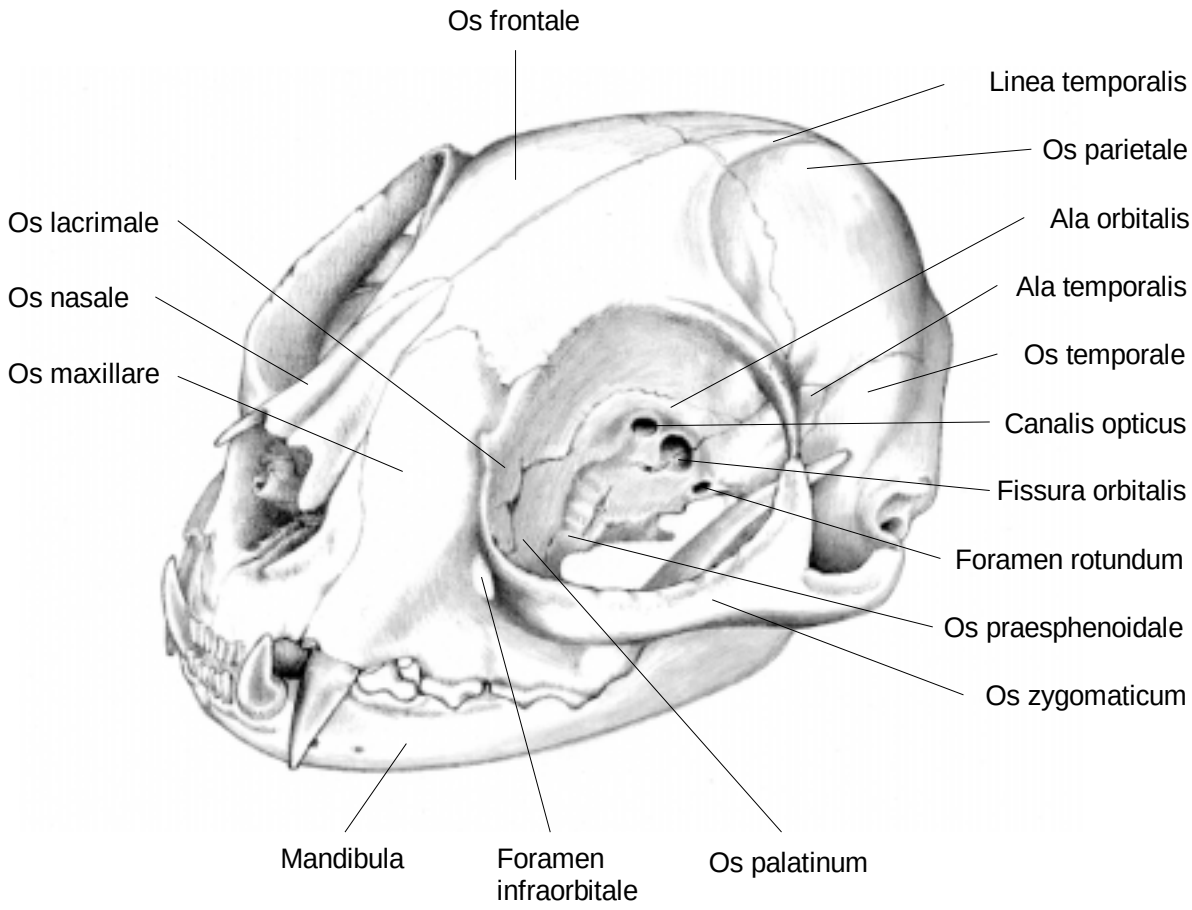


Abb. 1 Rostrolaterale Ansicht der knöchernen Anteile der Orbita

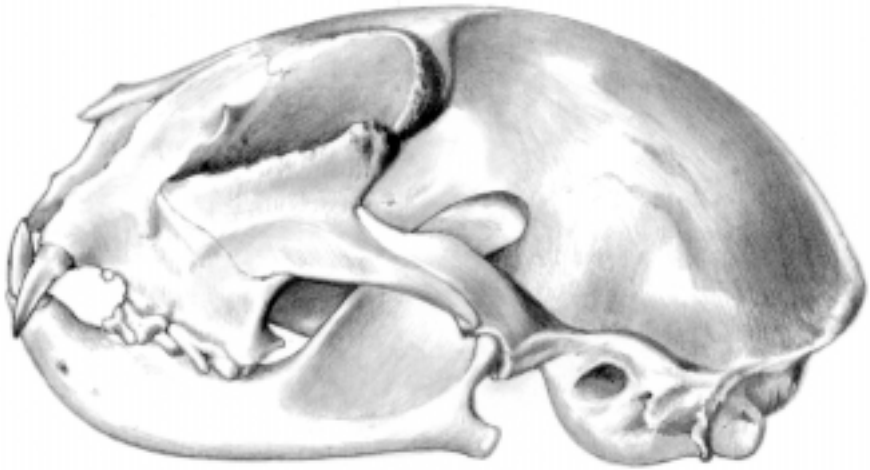


Abb. 2 Schädel der Katze, laterale Ansicht

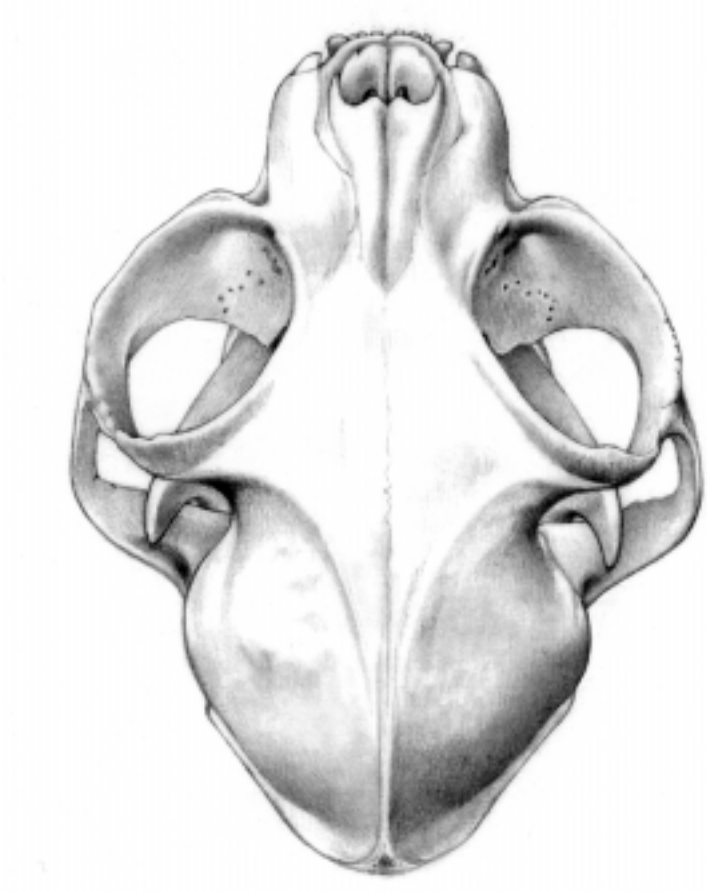


Abb. 3 Schädel der Katze, dorsale Ansicht

Faszien, Fasciae orbitales

a) Periorbita

Die Orbita wird von einer derben Bindegewebshaut, der Periorbita, ausgekleidet. Sie umschließt trichterförmig den Muskelkegel des Auges, den intraorbitalen Fettkörper, die Tränendrüse sowie Nerven und Gefäße. Die Periorbita geht aus dem Periost des Orbitalringes hervor und heftet sich in der Umgebung des Canalis opticus an.
Dorsal befindet sich in dieser Faszie der Rollknorpel (Trochlea), über den die Endsehne des oberen schiefen Augenmuskels gleitet.
Außen wird die Periorbita vom extraorbitalen Fettgewebe umgeben, das sich auch zwischen Periorbita und Temporalmuskel befindet und die Übertragung der Kaubewegungen auf die Augenmuskelpyramide verhindert. Zwischen der Periorbita und der Tenonschen Kapsel (am tiefsten gelegene Faszie) wird oft der Schnitt bei der Enukleation geführt, teilweise mitten im orbitalen Fettgewebe.

b) Fascia orbitalis superficialis

Sie ist dünn, beginnt am Foramen opticum und strahlt in beide Lider aus. Von ihr gehen vier intermuskuläre Septen zur Fascia orbitalis profunda ab.

c) Fascia orbitalis profunda

Die Fascia orbitalis profunda zerfällt in zwei Blätter, die zwischen sich die vier geraden Augenmuskeln aufnehmen. Ein Blatt beginnt in den Lidern, das andere an der lidseitigen Fläche der Sclera, im Bereich des Sulcus sclerae.

d) Vagina bulbi (Tenonsche Kapsel)

Sie stellt den Faszientrichter dar und wird durch eine Fettschicht von der Fascia orbitalis profunda getrennt. Sie enthält den M. retractor bulbi und den N. opticus. Zwischen der Vagina bulbi und der Sclera befindet sich ein von einzelnen lockeren Bindegewebszügen durchzogener Raum, das Spatium interfasciale.

Augenmuskeln, Mm. bulbi

Die quergestreiften, innerhalb der Orbita liegenden Muskeln dienen der Einstellung der Blickrichtung und dem schützenden, reflektorischen Zurückziehen des Auges in die Orbita. Man unterscheidet vier gerade, nur schwach entwickelte Augenmuskeln (M. rectus dorsalis, ventralis, medialis, lateralis), die den Augapfel nach oben, unten, nasenwärts und seitwärts drehen, zwei schräge Augenmuskeln (M. obliquus dorsalis und ventralis), die als Rotatoren des Auges (um die Bulbusachse) dienen, und den M. retractor bulbi, der den Augapfel in die Augenhöhle zurückzieht.

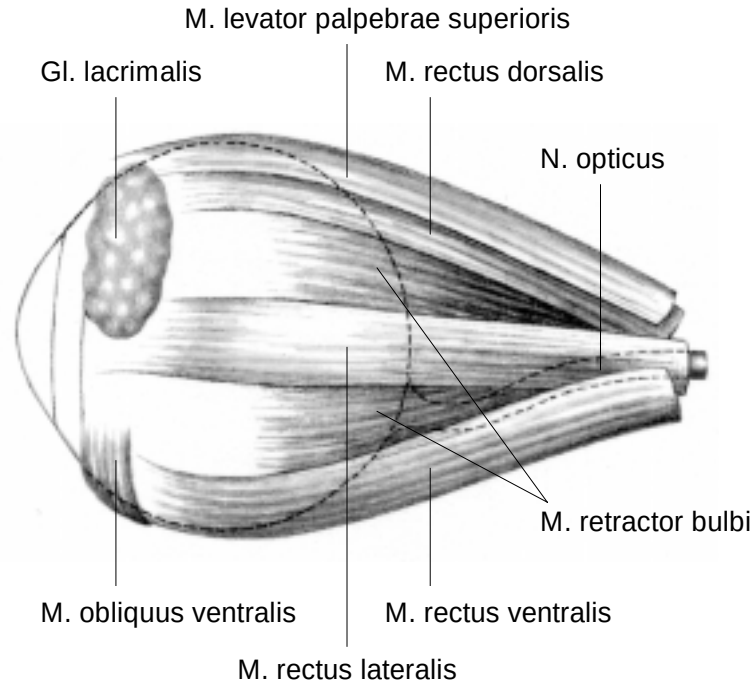


Abb. 4 Muskeln des linken Augapfels der Katze, laterale Ansicht

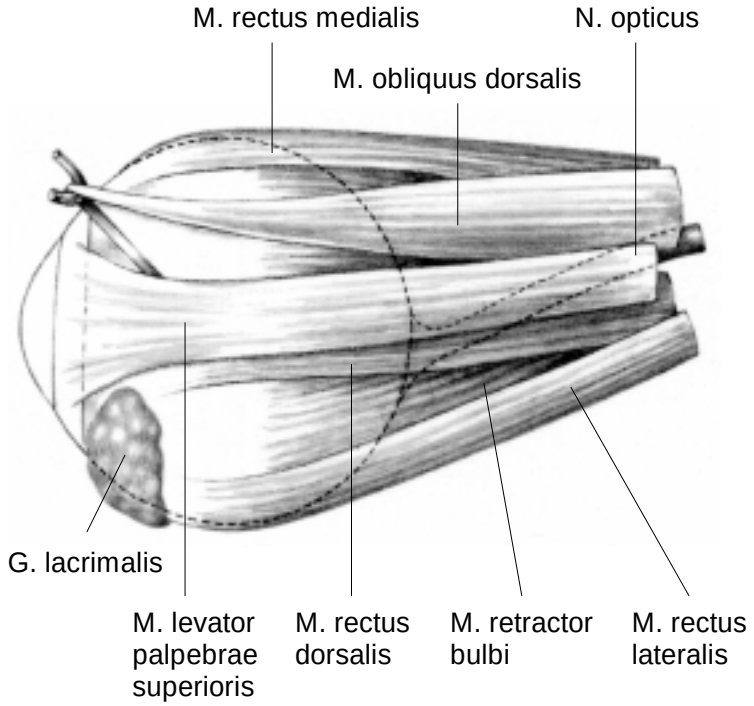


Abb. 5 Muskeln des linken Augapfels der Katze, dorsale Ansicht

Mm. recti bulbi

Von den vier geraden Augenmuskeln werden der dorsale, ventrale und mediale vom N. oculomotorius (III) versorgt, der laterale dagegen vom N. abducens (VI). Es sind platte Muskeln, die in der Gegend des Foramen opticum und der Fissura orbitalis entspringen, an den vier Seiten des Sehnervs und des Augapfels liegen und in eine platte Sehne ausgehen, die hornhautnah in der Sclera inseriert.

Zwischen den Muskeln liegen Fasziensepten und Orbitalfett.

Die Form sowie der Abstand der Insertionslinien vom Sulcus sclerae sind unterschiedlich, ebenso Länge und Breite der Ansatzsehnen der extrinsen Augenmuskeln.

Für die Katze liegen folgende Werte vor (Berg, 1995):

	Art/Form der Insertionslinie	Distanz der Insertionslinie vom Sulcus sclerae (in cm)	Ansatzsehne Länge (in cm)	Ansatzsehne Breite (in cm)
- M. rectus dors.	oblique	0,75 - 0,85	0,50	0,53
- M. rectus ventr.	gerade	0,61	0,35	0,51
- M. rectus med.	oblique	med. 0,75 lat. 0,58	0,37	0,60
- M. rectus lat.	oblique	dors. 0,97 ventr. 0,76	0,50	0,58
- M. obliquus dorsalis	perpendikulär zur Cornea, schmalste Insertionslinie	med. 0,75 lat. 0,90	1,20	0,35
- M. obliquus ventralis	Insertion sehnig, Ansatzsehne in zwei Anteile gespalten: 1. vor der Insertionslinie des M. rect. lat. 2. teilweise unter ihm	post. 1,00 ant. 0,60	0,64	post. 0,34 ant. 0,30
- M. retractor bulbi	in 4 Muskelbündel mit eigener Ansatzsehne geteilt, Insertion am bzw. vor dem Äquator des Auges	1,06 0,85 0,84 0,63	0,64 0,60 0,59 0,52	0,74 0,60 0,66 0,70

M. obliquus dorsalis

Der M. obliquus dorsalis zeigt einige Besonderheiten. Er entspringt rostral des Foramen ethmoideum, außerhalb der Periorbita, zieht zum medialen Augenwinkel und tritt durch einen Schlitz der Periorbita. Im Schlitzrand befindet sich ein Knorpelchen, der Rollknorpel, Cartilago trochlearis, an dem der Muskel fast rechtwinklig umbiegt.
Er wird von einer kleinen Bursa, die unter ihm liegt, geschützt. Am Bulbus tritt er unter der Sehne des M. rectus dorsalis hindurch und endet dann unter der Endsehne des M. rectus lateralis.
Der M. obliquus dorsalis wird vom N. trochlearis (IV) innerviert.

M. obliquus ventralis

Der Ursprung des M. obliquus ventralis liegt in der Fossa muscularis des Os lacrimale. Er verläuft ventral des M. rectus ventralis zur temporalen Fläche des Bulbus oculi. Bei der Katze ist die Insertion sehnig. Die Ansatzsehne ist in zwei Anteile gespalten. Ein Ansatz befindet sich vor der Insertionssehne des M. rectus lateralis neben der Cornea an der Sclera, der andere teilweise unter der Insertionslinie. Der M. obliquus ventralis wird vom N. oculomotorius innerviert.

M. retractor bulbi

Er wird von den Mm. recti bulbi mantelartig umschlossen, und man kann ihn in vier Portionen teilen. Sein Ursprung liegt in der Umgebung des Foramen opticum, und er endet mit vier Zacken an der Sclera dicht hinter dem Äquator des Bulbus. Die dorsale, ventrale und mediale Portion werden vom N. oculomotorius innerviert, die laterale vom N. abducens.

<u>Augenlider, Palpebrae, und Bindehaut, Tunica conjunctiva</u>

Die Lider dienen dem Schutz des Auges (Lidschlußreflex) und bewahren die Hornhaut durch Verteilung des präkornealen Tränenfilms vor der Austrocknung. Es sind Hautfalten, wobei am Ober- und Unterlid die äußere Haut mitbeteiligt ist, das dritte Augenlid jedoch nur von Bindehaut gebildet wird. Bei der Katze sind die Lidränder frei von Zilien.

Das obere und untere Augenlid, Palpebra superior und Palpebra inferior, begrenzen die Lidspalte, Rima palpebrarum. Beim Lidschluß wird hauptsächlich das obere gegen das untere Augenlid bewegt.

Die fein behaarte äußere Haut bildet die Außenfläche des oberen und unteren Augenlides. Am freien Lidrand schlägt sie sich in die normalerweise blaßrosa gefärbte Bindehaut, Conjunctiva, um, die im Fornix conjunctivae auf die Sclera übertritt und diese bis zum Korneoskleralrand bekleidet. Die Farbe der Conjunctiva liefert wichtige diagnostische Hinweise (gerötet bei Fieber, Entzündungen; gelblich bei Lebererkrankungen; blaß bei Anämie).

Die lose Verbindung mit dem Bulbus (außer in der Nähe des Hornhautrandes) erlaubt zum Beispiel subkonjunktivale Injektionen und konjunktivale Abdeckungen. Die Schutzfunktion der Bindehaut wird durch die bedeutende Lymphgefäßversorgung verstärkt. Um den Hornhautrand herum kann sie eine normale Pigmentierung aufweisen.

Im oberen und unteren Augenlid befinden sich die Tarsaldrüsen, Gll. tarsales (Meibomsche Drüsen), modifizierte Talgdrüsen, die mit kleinen punktförmigen Öffnungen auf dem Interlimbalsaum münden. Die Drüsen können sich entzünden und die Ausführungsgänge verstopfen (Hordeulum internum) oder eine zweite Wimpernreihe enthalten (Distichiasis).

Das Sekret der Gll. tarsales dient zur Einfettung des Lidrandes und hindert die Tränenflüssigkeit am Überfließen. Als Grundlage und Verstärkung enthalten die Lider eine Bindegewebsplatte, den Tarsus.

Der quergestreifte, zirkulär verlaufende Schließmuskel der Lidspalte, M. orbicularis oculi, befindet sich in der bindegewebigen Mittelschicht beider Augenlider.

Er wird ebenso wie der Niederzieher des unteren Augenlids (M. malaris) vom N. auriculopalpebralis des N. facialis versorgt. Für eine genaue Untersuchung der Augenlider kann die Anästhesie des N. auriculopalpebralis nötig sein. Die Anästhesiestelle befindet sich auf dem Dorsalrand des kaudalen Arcus-zygomaticus-Abschnittes.

Die Lidheber sind sowohl quergestreifte als auch glatte Muskeln und scheinen durcheinander zu laufen. Der quergestreifte M. levator palpebrae superioris entspringt in der Nähe des Foramen ethmoidale und verläuft innerhalb der Periorbita. Er wird vom N. oculomotorius innerviert.

Eine Abspaltung des M. levator palpebrae superioris im oberen Augenlid bzw. des M. rectus ventralis im unteren Augenlid stellt der M. tarsalis dar. Seine Faserqualitäten sind tierartlich unterschiedlich. Bei der Katze ist er im oberen Augenlid gemischt, im unteren glatt. Die glatten Heber des oberen Augenlides werden von Ausläufern des Sympathicus versorgt.

Diese mehrteilige Nervenversorgung erklärt die komplexen Bewegungsabläufe und die Krankheitsbilder bei Gleichgewichts- und Lidfunktionsstörungen.
Genauere Untersuchungen über den Ursprung der Innervation der Augenlider der Feliden wurden von Bratton et al. (1988) durchgeführt.

Das dritte Augenlid (Plica semilunaris conjunctivae, Palpebra III, Nickhaut)

Es stellt eine durch einen elastischen, ankerförmigen Knorpel, Cartilago palpebrae tertiae, stabilisierte Bindehautfalte im medialen Augenwinkel dar.
Bei geöffneter Lidspalte ist normalerweise nur der schmale, meist pigmentierte, halbmondförmige Rand der Nickhaut sichtbar. Bei den verschiedenen Erkrankungen (Leukose, Tetanus, Fremdkörper im Lidsack) und auch durch die digitale Manipulation am Auge durch den Tierarzt kann die Nickhaut vorfallen.
Sie enthält eine akzessorische Tränendrüse, Gl. superficialis palpebrae tertiae, die an der bulbusseitigen Fläche des dritten Lides mündet.
Die Schleimhaut ist reich an lymphoretikulärem Gewebe.
Besonders bei der Katze ist bei Operationen, Hornhautverletzungen und -geschwüren am Auge oftmals eine Abdeckung durch Bindehaut erforderlich. Dadurch wird der Hornhaut ein beson-derer Schutz verliehen, und eingebrachte Medikamente sind therapeutisch länger wirksam.
Eine mögliche Erkrankung der Nickhautdrüse ist ihre Hyperplasie. Man erkennt eine kräftig rotgefärbte Gewebebildung im medialen Augenwinkel. Die erkrankte Drüse muß entfernt werden, da sie einen Fremdkörperreiz erzeugt. Bei der Operation sollte man möglichst die darüberliegende, für Abwehrvorgänge mit Lymphgewebe ausgestattete Conjunctiva erhalten, indem sie in vertikaler Schnittführung mit dem Skalpell etwa in der Mitte der Nickhaut durchtrennt, dann von der Unterlage abpräpariert und nach beiden Seiten abgehoben wird. Ein Teil des Blinzknorpels geht dabei mit verloren, was aber die Stabilität der Nickhaut nicht nachteilig beeinflußt (Schmidt, 1988).

<u>Tränenapparat, Apparatus lacrimalis</u>

Er besteht aus den die Tränenflüssigkeit liefernden Drüsen (Gl. lacrimalis, Gl. superficialis palpebrae tertiae) und dem ableitenden Kanalsystem.

Die Tränendrüse, Gl. lacrimalis, liegt bei der Katze unter dem Lig. orbitale, dorsolateral auf dem Bulbus in der Orbita. Bei Operationen am Auge kann man sie aufgrund ihrer Rosafärbung und des kleinen Bindegewebsbändchens, das sie mit dem Jochbein verbindet, mit einem Augenmuskel verwechseln.
Die Ausführungsgänge der Tränendrüse münden lateral in den Bindehautsack des oberen Augenlides. Die Gl. lacrimalis wird von Nervenfasern der Äste des N. trigeminus und des N. sympathicus versorgt. Ihre Blutversorgung erfolgt durch die A. lacrimalis, einen Ast der A. ophtalmica externa. Die Tränendrüse ist in der Lage, den Ausfall der Nickhautdrüse annähernd zu kompensieren, dagegen kann der Ausfall der Tränendrüse nicht durch die Nickhautdrüse ausgeglichen werden.
Die Tränenflüssigkeit ist wasserklar und reagiert alkalisch. Sie enthält neben 1% Kochsalz Spuren anderer Salze und etwas Eiweiß. Das Enzym Lysozym fehlt bei der Katze.

Tränenfilm (Öl in Wasser-Emulsion):

Er setzt sich aus drei Schichten zusammen.

Schicht	Herkunft	Funktion
1. innere Schicht	Sekret der Becherzellen	- nutritive Funktion - Herstellung und Erhaltung des kontinuierlichen Flüssigkeitsfilms durch Herabsetzung der Oberflächenspannung der Tränenflüssigkeit
2. mittlere Schicht (am dicksten)	Sekret der Tränendrüsen	Transportfunktion der für den Hornhautstoffwechsel notwendigen Nährstoffe und des Sauerstoffs
3. äußere Schicht (Lipidschicht)	Sekret der Meibomschen und der übrigen Lidrand-drüsen	gewährleistet Stabilität des Tränenfilms gegenüber thermischen und mechanischen Einflüssen (Verdunstung und Überfließen von Tränen)

Die Tränenflüssigkeit wird durch die Bewegung der Augenlider und aufgrund der Kapillarität über den Bulbus verteilt und reinigt die Hornhaut. Untersuchungen über den präokularen Tränenfilm der Katze und dessen Drainage liegen von Borbe (1989) vor.

Die Tränenflüssigkeit sammelt sich im medialen Augenwinkel und wird über die zwei schlitzförmigen Tränenpünktchen, die sich jeweils am Rande des oberen und unteren Augenlides befinden, abgeleitet. Über die Tränenkanälchen, Canaliculi lacrimales, gelangt sie in den Tränensack, Saccus lacrimalis, der den Anfang des Tränennasenkanals, Ductus nasolacrimalis, darstellt.

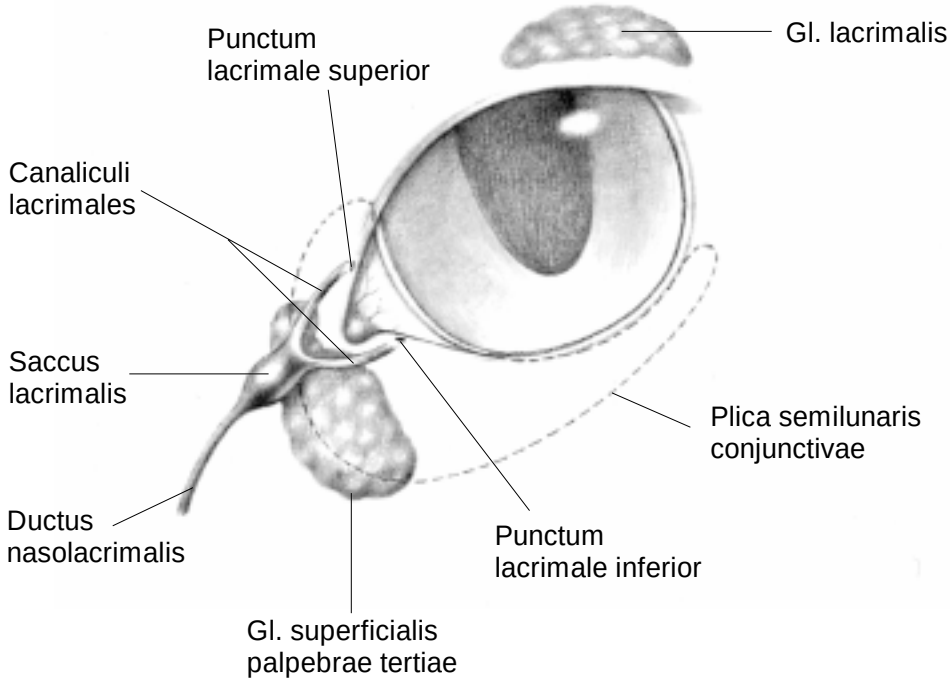


Abb. 6 Tränenapparat der Katze

Der zunächst knöcherne Ductus nasolacrimalis verläuft im Os lacrimale, setzt sich im Sulcus lacrimalis des Os maxillare fort und endet bei der Katze an der Nasenöffnung ventral im Nasenvorhof. Eine Agenesie, Atresie oder Verstopfung des Ductus nasolacrimalis kann Ursache einer Epiphora sein.

Darstellung der Tränennasengänge

Die erhebliche Verkürzung des Gesichtsschädels der Katze und die Kleinheit des Tränennasengangs bedingen größere technische Schwierigkeiten der Darstellung als beim Hund. Die Durchlässigkeit des Tränennasenkanals kann durch das Einträufeln oder Injizieren von Farblösungen (Fluoreszin, Methylenblau) in den Konjunktivalsack getestet werden.
Erscheint die Farblösung am Nasenausgang ist der Ductus nasolacrimalis durchgängig.
Röntgenologisch können die Tränennasengänge durch Applikation von Kontrastmittel in den oberen Ausgang dargestellt werden (Dakryozystorhinographie). Die Injektion des Kontrastmittels von der Nasenöffnung her ist wegen der Kleinheit des Tränennasengangs und seiner anatomischen Lage nicht möglich. Für eine deutlich sichtbare Darstellung des Tränennasengangs im Röntgenbild muß die Aufnahme schon während der Injektion geschossen werden.
Wichtige anatomische Grundlagen für die praktische Durchführung der Dakryographie bei der Katze:

Tränenpunkte (Puncta lacrimalia):	spitzovale Öffnungen → Längsdurchmesser etwa 5 mm → Querdurchmesser 0,1 mm Lage: auf den Innenseiten der Lidkanten des medialen Augenwinkels
Canaliculi lacrimales:	etwa 3 mm lang, laufen konvergierend auf den Tränensack zu, oberes Tränenkanälchen beschreibt dabei einen stärkeren Bogen
Saccus lacrimalis:	kegelförmig, Durchmesser: 1,5 mm, mündet in den Anfangsteil des Tränennasengangs
Ductus nasolacrimalis:	besteht aus zwei rechtwinklig zueinander stehenden Teilen, einem senkrechten knöchernen und einem waagerechten nur aus Schleimhaut bestehenden Rohr,

knöcherner Teil: Länge: etwa 1 cm (= 1/3 der Gesamtlänge des Tränennasenkanals), führt senkrecht in Richtung auf den zweiten Prämolaren, endet ventral der Crista conchalis mit dem Foramen lacrimale rostrale

waagerechter, aus Schleimhaut bestehender Teil: verläuft unter der Nasenschleimhaut, bis er sich in Höhe des Caninus in den Nasenknorpel einsenkt, mündet dann ventral im Nasenvorhof

Eine Beschreibung des Tränennasengangs bei der Katze liegt von Küpper (1973) vor.

Augapfel, Bulbus oculi

Unter den Augäpfeln sämtlicher Haussäugetiere ist der Bulbus der Katze verhältnismäßig am größten. Er wiegt ca. 4,7 g und hat ein Volumen von 4,5 ml (Fath el Bab et al., 1981).
Der Bulbus oculi hat, ähnlich dem des Menschen, annähernd Kugelgestalt.

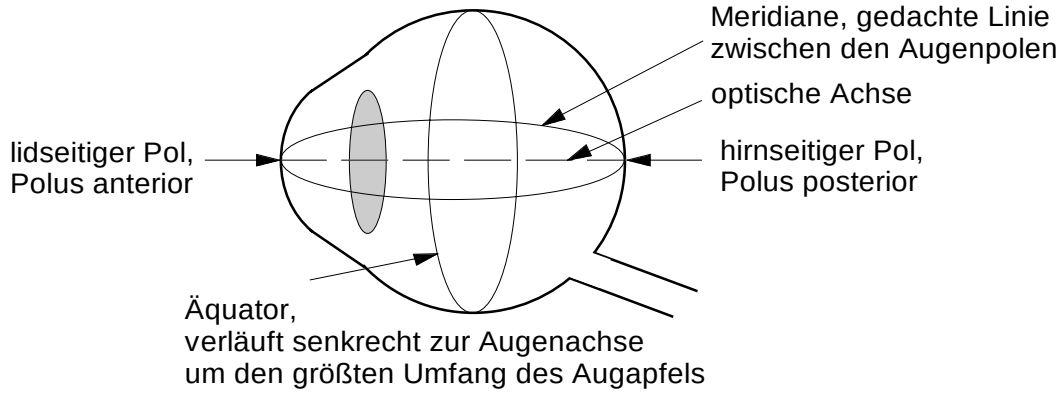


Abb. 7 Meßlinien des Augapfels (nach Koch/Berg, 1993)

Das Verhältnis von mittlerem Längsdurchmesser (= Länge der äußeren Augenachse, Verbindungslinie zwischen vorderem und hinterem Augenpol) zum mittleren Querdurchmesser (in Höhe des Bulbusäquators) zum mittleren Vertikaldurchmesser (Verbindungslinie zwischen proximalem und distalem Augenpol) beträgt bei der Katze 21,3 :

20,1 : 20,2 mm. Die Augenachsen verlaufen divergierend in einem Winkel von 20°. Dadurch wird ein gutes Formsehen gewährleistet (König, 1992).

Die Wand der Augenhohlkugel ist aus drei Schichten aufgebaut:

1. Tunica externa s. fibrosa bulbi : - Cornea
   - Sclera
2. Tunica media s. vasculosa bulbi (Uvea): - Chorioidea
   - Ziliarkörper
   - Iris
3. Tunica interna bulbi (Retina)

Den Inhalt des Bulbus oculi bilden der Glaskörper, die Linse mit ihrem Aufhängeapparat und das Kammerwasser in der vorderen und hinteren Augenkammer.

Die Tunica externa bulbi umgrenzt mit ihrer weißen Lederhaut (Sclera) den hinteren Teil des Augapfels, wobei sie etwa 4/5 der Augapfeloberfläche einnimmt. Sie ist aus kollagenen und elastischen Fasern aufgebaut. Am dünnsten ist sie am Äquator (0,1-0,2 mm), während sie am hinteren Pol beim Durchtritt des N. opticus bis zu 0,6 mm dick sein kann. Am Limbus corneae grenzt die Sclera an die Cornea, die den kleineren Bereich des vorderen Augenpols einnimmt.
Die Cornea ist bis zu 1 mm dick und normalerweise glasklar. Sie besteht aus dem vorderen, mehrschichtigen und unverhornten Corneaepithel, einer darunterliegenden dünnen Basallamina (Bowmansche Membran), dem einschichtigen hinteren Corneaendothel sowie einer dicken elastischen Schicht, der Descemetschen Membran.

Die Tunica vasculosa bulbi setzt sich aus der Aderhaut (Chorioidea), dem Ziliarkörper (Corpus ciliare) und der Regenbogenhaut (Iris) zusammen. Den hintersten Abschnitt bildet die Chorioidea. Sie ist intensiv vaskularisiert und pigmentiert. Etwa die obere Hälfte des Augenhintergrundes (Fundus) nimmt ein halbmondförmiges lichtreflektierendes Feld, das Tapetum lucidum, ein. Es ist eine besondere Vorrichtung der Haussäugetiere zur optimalen Ausnutzung des einfallenden Lichtes durch die Photorezeptoren der inneren Augenhaut. Bei den Fleischfressern enthält das Tapetum lucidum spezielle Zellen mit Guaninkristallen, die

das Licht reflektieren und streuen. Die Farbe des Tapetum lucidum variiert von gelb über blau bis blaugrün. Bei blauäugigen Katzen mit weißem Fell fehlt das Tapetum lucidum.
Der Ziliarkörper mit enthaltenem M. ciliaris ist die vordere Fortsetzung der Chorioidea. Er reicht bis zum Ansatz der Iris und umgibt die Linse ringförmig. Die Oberfläche des Ziliarkörpers ist durch Falten (Plicae ciliares) vergrößert, die mit den abgehenden Zonulafasern die Verbindung zur Augenlinse herstellen. Der Ziliarmuskel dient zur Akkomodation der Linse. Bei seiner Kontraktion entspannt sich der Aufhängeapparat der Linse und diese wölbt sich aufgrund ihrer Elastizität (Nahsehen). Wenn der Muskel entspannt ist, sind die Zonulafasern angespannt und die Linse wird flacher (Weitsehen).
Die Regenbogenhaut (Iris), die die Mm. dilatator und sphincter pupillae enthält, bildet den vorderen Teil der mittleren Augenhaut. Der parasympathisch innervierte M. sphincter pupillae bewirkt bei intensivem Lichteinfall durch die sich dorsal bzw. ventral kreuzenden Muskelfasern eine vertikalovale Verengung der Pupille. Der M. dilatator pupillae wird sympathisch innerviert und erweitert die Pupille. Das Stroma der Iris besteht aus Bindegewebe, welches je nach Augenfarbe mehr oder weniger stark pigmentiert ist. Zwischen Cornea und Iris liegt die vordere Augenkammer, zwischen Iris und Linse samt Aufhängeapparat die hintere Augenkammer. Im iridokornealen Winkel (Angulus iridocornealis) fließt das Kammerwasser zur Resorption in das Venensystem des Ziliarkörpers ab.

Die Tunica interna bulbi (Retina) kleidet die innere Oberfläche des Augapfels vom Pupillenrand bis zum Sehnervenaustritt aus. Man unterscheidet die lichtunempfindliche Pars caeca retinae, die die Innenfläche des Ziliarkörpers und der Iris überzieht und die lichtempfindliche Pars optica retinae, die vom Augenhintergrund bis zum Ziliarkörper reicht. Die äußere Schicht der Retina ist das Stratum pigmentosum, das im Bereich des Tapetum lucidum für den Lichtdurchtritt allerdings pigmentfrei ist. Die innere Schicht der Retina bildet im Bereich der Pars caeca retinae ein einschichtiges kubisches Epithel. Die Pars optica retinae enthält Photorezeptoren, die zu 95% aus Stäbchen und zu 5% aus Zapfen bestehen. Die Stäbchen dienen dem Hell-Dunkelsehen, die Zapfen dem Farbsehen. Auf diese Schicht der Stäbchen und Zapfen folgen nach innen die äußere Körnerschicht (1. Neuron), die äußere plexiforme Schicht, die innere Körnerschicht (2. Neuron), die innere plexiforme Schicht, die Ganglienzellschicht und die Nervenfaserschicht. Im Sehnerven, Nervus opticus, verlassen diese Neuriten die Retina. Die Austrittsstelle des Sehnerven, Discus nervi optici, liegt unterhalb des Tapetum lucidum, häufig genau ventral der Sehachse.

Glaskörper, Corpus vitreum

Der Glaskörper liegt zwischen der Linse und der Pars optica retinae. Seine Vorderfläche wird durch die Linse eingedellt. Er besteht aus einer gallertigen Substanz, Humor vitreus, die 98-99% Wasser enthält und von feinsten Fibrillen durchzogen wird. Der Quellungszustand des Glaskörpers bestimmt den Binnendruck des Auges.

Linse, Lens oculi

Die Linse besitzt eine Kapsel, die die Linsenrinde und den Kern umhüllt. Über die Zonulafasern ist sie mit dem Ziliarkörper verbunden. Der Linsendurchmesser beträgt bei der Hauskatze bis zu 14 mm, die Längsachse bis zu 9 mm (Frewein und Vollmerhaus, 1994).

Sehnerv, N. opticus

Der Nervus opticus enthält die von der Retina kommenden Neuriten und wird von den Hirnhäuten, der Pia mater, Arachnoidea und Dura mater, umgeben. Bei der Katze hat er einen Durchmesser von ca. 1,1 mm. Zwischen der Bulbuswand und dem Foramen opticum, wo er die Orbita verläßt, beschreibt er einen flachen Bogen. Die Nn. optici der beiden Seiten treffen sich in der Schädelhöhle im Chiasma opticum und senden ihre Fasern in den Tractus opticus jeder Seite weiter. Bei der Katze kreuzen 65% der Fasern (Frewein und Vollmerhaus, 1994).

2.1.2 Ohr der Katze

Das Hörorgan wird eingeteilt in das äußere Ohr (Auris externa), das Mittelohr (Auris media) und das innere Ohr (Auris interna). Das Innenohr liegt im Felsenbein (Pars petrosa ossis temporalis) und beherbergt die Rezeptoren des Hör- und Gleichgewichtsorgans (Organum vestibulocochleare).

Zum äußeren Ohr gehören die durch Muskeln verstellbare Ohrmuschel (Auricula) und der sich daran anschließende äußere Gehörgang (Meatus acusticus externus). Der Gehörgang der Katze ist nach Freund (1910) "viel einfacher wie der des Hundes. ... Trotz der Kürze des knöchernen Anteils kommt es mit Hilfe der Cartilago anularis zur Bildung eines mäßig langen, schlank kegelförmigen, wenig gebogenen Rohres." Er reicht bis zum Trommelfell (Membrana tympani), welches die Grenze zwischen äußerem Ohr und Mittelohr darstellt. An der Außenfläche ist das Trommelfell mit modifizierter äußerer Haut, an seiner Innenfläche mit Schleimhaut bedeckt. Freund (1910) beschreibt anhand von Ausgußpräparaten des äußeren Gehörgangs der Katze: "Der Trommelfellabdruck ist kaudalwärts konvex, das Trommelfell selbst demnach oralwärts konkav. ... Der Abdruck des Trommelfells der Katze ist eine beinahe ovale Fläche, die lateral in eine Spitze ausgezogen ist." Hartmann (1992) dagegen kann bei den in seiner Arbeit untersuchten unfixierten Präparaten am Trommelfell der Katze als auch am Anulus tympanicus, in den es eingespannt ist, keine lateral ausgezogene Spitze feststellen.

Der Abdruck des Hammerstiels verhält sich nach Freund (1910) anders als beim Hund. "Dorsal hoch hinaufgeschoben findet sich die Insertion des Manubrium mallei in Form einer ganz schmalen, ventral schwach konvex gebogenen Leiste, die in ihrer medialen Hälfte etwas breiter ist. Der Beginn der Leiste, Umbo, liegt ganz nahe dem mediodorsalen Rande des Trommelfells. Das Ende verliert sich dorsolateral oberhalb des lateralen, spitzen Zipfels des Trommelfells. Die Fläche des Trommelfells zieht in Form eines niedrigen Kegels vom Rande zur Insertion des Hammergriffes, wobei die Fläche in der Nähe des Umbos am steilsten ist."

Die Ohrmuschel wird von den Katzen rassenunabhängig aufrecht getragen. Über die Ohrmuschelform schreibt Schmidt (1902): "Die Gestalt derselben variiert bei den einzelnen Individuen des Katzengeschlechtes in der Hauptsache nach Länge, Breite und Rauminhalt unter Beibehaltung der Grundform." Vergleichend zwischen Hund und Katze stellt Wakuri (1984) fest, daß es beim Hund rassenbedingte Formunterschiede der Ohrmuschel gibt, die Ohrmuschel bei den Katzen hingegen eine aufrechte Struktur sei. Nach Angaben des Autors erheben sich an der Ohrinnenfläche der Fleischfresser regelmäßig 3 oder 4 häutige Balken.

Vergleichend anatomische Untersuchungen des Ohrknorpels der Säugetiere führte Boas (1907, 1912) durch.

Die Ohrmuschel wird durch den elastischen Ohrmuschelknorpel gebildet. Innen ist sie nur spärlich mit dünnen Härchen besetzt, das rostrale Drittel der Ohrinnenfläche sowie die Außenfläche sind stark behaart. Zwischen der Haut und dem Knorpel befinden sich die Ohrmuschelmuskeln, Gefäße und Nerven. Man unterscheidet den kaudomedial gewölbten Muschelrücken (Dorsum auriculae) und die Tütenhöhle (Scapha). Die Ohrmuschelränder greifen vor dem Eingang in den äußeren Gehörgang übereinander und bilden so den ventralen Tütenwinkel. Dessen knorpelgestützter vorderer Muschelrand wird als Tragus, der hintere Muschelrand als Antitragus bezeichnet. Dazwischen befindet sich die Incisura intertragica.

Der am Grund trichterförmige Muschelknorpel setzt sich in den knorpeligen äußeren Gehörgang (Meatus acusticus externus cartilagineus) fort. Dieser verläuft leicht gebogen. In Höhe des Anulus tympanicus schließt sich an den knorpeligen äußeren Gehörgang der Ringknorpel, Cartilago anularis, an. Er stellt einen bindegewebig zu einem Ring geschlossenen Knorpelstreifen dar und geht in den kurzen knöchernen äußeren Gehörgang (Meatus acusticus externus osseus) über. Dieser besteht aus einem Knochenring in der Wand der Bulla tympanica, von dessen medial in die Paukenhöhle ragendem scharfen Rand das Trommelfell entspringt. Es verläuft zeltähnlich zur lateralen Fläche des Hammerstiels (Hartmann, 1992).

Vau (1940) untersuchte 52 mazerierte Katzenschädel und stellte fest, daß ein einige Millimeter langer, knöcherner äußerer Gehörgang bei der Katze durch eine Dickenzunahme der Paukenhöhlenwand in der Umgebung der Gehöröffnung zustande kommt. "Dieser dickere Rand der Paukenblase biegt sich in der Gehöröffnung fast rechtwinklig einwärts und bildet einen glatten Fortsatz, welcher die Grundlage zur knöchernen äußeren Gehöröffnung bei der Katze bildet. ... Dieser eingebogene Teil der Wand ist scharf abgeschnitten und endet scharfrandig in der Paukenhöhle. Bei einigen Katzen setzt sich der verdickte Rand der Bulla zugleich auch nach außen fort, doch hier endet er stumpf. ... Da dieser Gehörgang eine Länge von nur 1 bis 3 mm hat, so erschwert dieser Zustand eine genaue Messung der Richtung des Gehörganges und dessen Verhältnis oder Wanderung in Bezug auf die Medianebene. ... Somit hat die Katze einen kurzen knöchernen äußeren Gehörgang, dessen Richtung und Verhältnis zur Medianebene nicht exakt meßbar ist."

Ellenberger und Baum (1943) sowie Nickel et al. (1992) stellen zum knöchernen äußeren Gehörgang fest, daß dieser bei der Katze und beim Hund nur einen Knochenring in der Außenwand der Pars tympanica des Felsenbeins darstellt, der beim Hund aber auch zu einer kurzen Röhre ausgezogen sein kann.

Das Mittelohr der Katze unterscheidet sich von dem anderer Tierarten (Hartmann, 1992).

Es wird von der Paukenhöhle (Cavum tympani) und der darin enthaltenen Kette der Gehörknöchelchen gebildet. Vergleichend-anatomische und topographische Studien über das Mittelohr der Säugetiere liefert Holz (1931). Über die Tuba auditiva steht die Paukenhöhle mit dem Rachenraum in Verbindung. Das Cavum tympani wird in das dorsale Epitympanicum, das mittlere Mesotympanicum und das ventrale, der Bulla tympanica entsprechende Hypotympanicum eingeteilt. Die Bulla tympanica ist bei der Katze verhältnismäßig größer als beim Hund (Frewein und Vollmerhaus, 1994). Ihre Längsachse bildet mit der sagittalen einen nach hinten offenen Winkel von ca. 26° (Hartmann, 1992). An der Außenwand der Bulla tympanica entspringt die knöcherne, schwalbennestähnliche Paukenhöhlenscheidewand. Sie teilt das Cavum tympani in eine kleinere laterale Etage und eine doppelt so große kaudoventrale Etage, die über den freien Rand der Paukenhöhlenscheidewand miteinander kommunizieren (König, 1992). Diese Feststellung findet man auch schon bei Hyrtl (1845). Er bemerkt, daß die Paukenhöhle der Katze durch eine Scheidewand in zwei Hälften geteilt wird, deren hintere größer als die vordere ist. "Ihr freier Rand legt sich fest über das Promontorium der Schnecke, ohne mit ihm zu verschmelzen." Weiterhin stellt er fest, daß die Scheidewand bei den einzelnen Katzenarten an verschiedenen Stellen bezogen auf das Foramen vestibuli und das Foramen cochleae vorbeizieht und daß sie an dieser Stelle "halbmondförmig ausgeschnitten" ist, so daß die beiden Räume kommunizieren.

Van Kampen (1905) berichtet über die Lage der Zwischenwand in der Bulla der Katze: "Sie fängt vorn in der Paukenhöhle an, medial vom Ost. tympanicum tubae und geht von da aus erst nach hinten, biegt dann nach außen um und erreicht die äußere Wand der Bulla gleich hinter der Gehöröffnung. ... Ihr unterer vorderer und hinterer Rand ist mit der Bullawand vereinigt, der obere Rand liegt mit seinem vorderen Teil gegen die untere Wand des Promontorium, jedoch so, daß zwischen beiden ein gewöhnlich schmaler Spalt offenbleibt." Zur äußeren Beschaffenheit der Bullawand schreibt van Kampen (1905), daß sie "glattwandig und abgerundet" ist. "Die hintere Hälfte der Bulla wird lateralwärts begrenzt durch das Mastoid. Dieses ist im Bereich eines kurzen Processus, welcher sich jedoch mehr oder weniger gegen die Bulla anlegt. ... Vom Proc. mastoideus getrennt ist der Proc. paraoccipitalis, welcher namentlich in der Breite entwickelt, sich über die hintere Wand der Bulla ausbreitet."

Zur Paukenhöhle der Katzen stellt Groterjahn (1922) fest, daß "von der lateralen Wand der Paukenhöhle und ihrer medialen Begrenzung in deren ganzer Ausdehnung ca. 1-2 mm unterhalb des ventralen Randes des Anulus tympanicus eine papierdünne Knochenlamelle, die der ventralen Begrenzung der knöchernen Bulla ossea parallel läuft, dem ventrolateralen

Promontorium sich lose anlegt (dadurch gewissermaßen eine Fissura petrotympanica secundaria bildet) und dorsal umbiegend frei endigt. Der steil abfallende kaudale Promontoriumhang wird übersprungen und bleibt frei, da die Knochenlamelle nur in den cranialen zwei Dritteln der Paukenhöhle sich befindet."

Hartmann (1992) bestätigt in seinen Untersuchungen die Erkenntnisse von Hyrtl (1845), van Kampen (1905) und Groterjahn (1922) über den Bau der Paukenhöhle der Katze.

El-Mofty/El-Serafy (1967) beschäftigen sich mit der evolutionären Entwicklung der Gehörknöchelchen von den Meerestieren bis zu den Säugern und beschreiben diese vergleichend. Sie ermitteln das Hebelverhältnis zwischen Hammerstiel und langem Fortsatz des Ambosses bei verschiedenen Tierarten und beim Menschen. Dabei messen die Autoren die Länge des Hammerstiels von dem lateralen Fortsatz bis zu seinem ventralsten Punkt, während sie die Länge des langen Fortsatzes des Ambosses von der ventralen Grenze der Gelenkfläche zwischen Hammer und Amboß bis einschließlich dem "Linsenfortsatz" ermitteln. Das Hebelverhältnis zwischen Hammerstiel und langem Fortsatz des Ambosses beträgt beim Menschen 1,3 / 1 und bei der Katze 3,1 / 1.

Die drei Gehörknöchelchen des Mittelohrs der Katze (Hammer = Malleus, Amboß = Incus, Steigbügel = Stapes) fungieren ebenso wie das Trommelfell als Schallverstärker. Mit Hilfe von Gelenken sind sie beweglich miteinander verbunden. Der Hammer ist bei der Katze ca. 8,5 mm lang (Frewein und Vollmerhaus, 1994). Sein Stiel, Manubrium mallei, ist im Trommelfell verankert. Er setzt sich mit dem Hals, Collum mallei, fort und endet mit dem Kopf, Caput mallei. Dieser trägt zwei Gelenkflächen zur Artikulation mit dem Amboß. Durch das Lig. mallei laterale ist der Hammerhals mit dem Anulus tympanicus verbunden. Medial an der Grenze zwischen Hammerhals und Stiel befindet sich der Proc. muscularis für den Ansatz der Sehne des M. tensor tympani. Der Hammerkopf ist durch das Lig. mallei superior mit dem Dach des Recessus epitympanicus verbunden. Durch das Lig. mallei rostrale wird der Hammer-hals an der Wand des Recessus epitympanicus befestigt.

Der Amboß, Incus, der Katze liegt kaudal des Hammers (Hartmann, 1992). Er artikuliert mit seinem Körper, Corpus incudis, mit dem Kopf des Hammers. Vom Corpus incudis ragen zwei ungleich lange Schenkel hervor, das Crus longum und das Crus breve. Der längere Schenkel des Amboß ist mit dem Linsenbeinchen, Os lenticulare, verschmolzen und verbindet sich mit dem Steigbügel. Das Os lenticulare bleibt bei den Schädeln, deren Gehörknöchelchenkette in ihre Einzelteile zerfällt, stets mit dem Ende des langen Schenkels des Ambosses knöchern verbunden (Hartmann, 1992). Der kurze Schenkel ist durch das Lig. incudis an der Wand des Epitympanicum verankert. Das Corpus mit dem langen Schenkel zusammen ist bei der Katze

ca. 2,5 mm lang, das Corpus mit dem kurzen Schenkel ca. 2 mm. Der Abstand zwischen dem langen und dem kurzen Schenkel beträgt ca. 2,5 mm (Frewein und Vollmerhaus, 1994).

Der Steigbügel, Stapes, besteht aus dem Caput stapedis, das die gelenkige Verbindung zum Linsenbeinchen herstellt, den beiden leicht gebogenen Crura stapedis und der Fußplatte, Basis stapedis, die in das Vorhoffenster eingefügt ist. Mit Hilfe des Lig. anulare stapedis ist die Fußplatte am Rand des Vorhoffensters befestigt. Zwischen den beiden Schenkeln und der Fußplatte befindet sich die Membrana stapedis. Der Steigbügel ist bei der Katze 2,6 mm lang.

Zwischen dem Vorhof- und dem Schneckenfenster liegt in der Paukenhöhle der Katze außerdem noch ein ca. 2 mm langes, konisches Knorpelstäbchen. Es wird als Rest des zweiten Kiemenbogens aufgefaßt und hat keine erkennbare Funktion. Die Gehörknöchelchen sind von der Schleimhaut der Paukenhöhle überzogen, die gekröseartig von der Paukenhöhlenwand auf sie zustrebt (Frewein und Vollmerhaus, 1994).

Das o. g. Knorpelstäbchen wird erstmals von Bondy (1908) erwähnt. Girgis und Maurice (1982) beschreiben ein viertes Gehörknöchelchen bei der Katze. Es sei T-förmig mit einem langen Stamm und zwei kürzeren Fortsätzen (einem oberen und einem unteren) und liege getrennt von den drei anderen Knöchelchen im kaudalen Abschnitt des Cavum tympani zwischen dem hintersten Teil der Membrana tympani und dem runden Fenster. Nach Hartmann (1992) handelt es sich aufgrund der geschilderten Lage um das schon von Bondy (1908) beschriebene "Knorpelstäbchen" in der Paukenhöhle der Katze. "Der lange Stamm liege horizontal, medial und etwas kaudal. Die Spitze dieses Stammes sei stumpf und glatt, stehe in Verbindung mit der Membran des runden Fensters und sei 2,75 mm lang. Der untere kürzere Fortsatz betrage 1,25 mm und sei die Insertionsstelle eines Muskelstreifens, der ein Teil des sehr stark entwickelten M. tensor tympani sein soll. Dieser Muskelstreifen laufe in großer Schleife unterhalb des Promontoriums nach unten und kaudal und dann wieder dorsal, um an diesem "T-ossicle" wieder zu inserieren. Der obere kürzere Fortsatz soll ca. 1 mm lang sein und die Ansatzstelle eines anderen Muskelstreifens, der von der oberen Seite des M. tensor tympani komme. Dieses "T-ossicle" soll sich lateral in Kontakt mit der Membrana tympani befinden und durch abwechselnde Kontraktion des oberen und unteren Muskelstreifens zusätzlich noch in Kontakt mit der Membran des runden Fensters in Berührung gebracht werden können. Nach Angaben dieser Autoren soll dieses "T-ossicle" während des Hörens von Tönen hoher Frequenz mit dem runden Fenster in Berührung gebracht werden. Die Amplitude des Trommelfells sei bei hohen Frequenzen kleiner und somit würden die kleinen Ausschläge der Membran durch das normale Gehörknöchelchensystem verloren gehen. Bei Schallwellen hoher Frequenz soll also dieses "T-ossicle" die Schwingungen direkt auf das runde Fenster übertragen." (Hartmann, 1992).

Nach Khalil und Spector (1985) handelt es sich bei dem konischen Knorpel im Mittelohr der Katze um knorpeliges Gewebe ohne eine Spur von Knochen, wobei der Knorpel in eine muköse Membran eingewickelt ist. Einige Abschnitte des konischen Knorpels können unter Umständen Verkalkungen aufweisen. Er liegt im dorsokaudalen Kompartiment der Paukenhöhle und ist direkt mit der Chorda tympani auf deren Verlauf durch das Mittelohr verbunden. Seine Basis ist bindegewebig am dorsokaudalen Segment des Os tympanicum befestigt. Rostral des runden Fensters, auf dem Promontorium, ruhe die Spitze des konischen Knorpels. Die Theorie von Girgis und Maurice (1982), daß das von ihnen als "T-ossicle" bezeichnete Knorpelstäbchen zur Übertragung von hohen Frequenzen dient, bezeichnen Khalil und Spector (1985) als unwahrscheinlich. Dafür zählen sie folgende Argumente auf:

1. Die Distanz zwischen Trommelfell und Membran des runden Fensters ist mit 3,5 mm größer als die Länge des konischen Knorpels. Dieser ist 2,1 mm lang.
2. Die fixierte Basis des konischen Knorpels kann sich nicht bewegen, um in Kontakt mit dem runden Fenster zu gelangen.
3. Es ist keine Wirkung des M. tensor tympani auf den konischen Knorpel feststellbar.
4. Die Übertragung von hohen Frequenzen benötigt eine feste knöcherne Struktur und nicht einen weichen Knorpel, der die ganze Energie verschlingen würde.

Hartmann (1992) bestätigt in seiner Arbeit die Befunde von Bondy (1908) sowie Khalil und Spector (1985).

Davey (1979) hat einen fotografischen Atlas der Strukturen des Mittelohres der Katze, von dorsal gesehen, angefertigt. Dazu hat er mit einem Zahnbohrer das "Dach" des Mittelohres der Katze aufgebohrt. Hartmann (1992) stellt in seiner Arbeit die Strukturen des Mittelohres der Katze aus lateraler, ventraler und kaudaler Perspektive fotografisch und anhand von halbschematischen Zeichnungen dar.

Ein fotografischer Atlas über die Lage und Beziehungen der Hauptstrukturen des Mittel- und Innenohrs der Katze liegt von Curthoys et al. (1971) vor. Die Autoren haben bei in Narkose liegenden Katzen mit einem Zahnbohrer das rechte Mittelohr, beginnend dorsal über dem Porus acusticus externus, freigelegt. Zwischen den einzelnen Sektionsschritten wurden Fotografien angefertigt. Das Innenohr wurde freigelegt, indem die knöchernen Bogengänge des Labyrinthes aufgeschliffen und die Cochlea angeschliffen wurde, so daß die knöcherne Spindel, "Modiolus", zum Vorschein kam. Dieser Atlas wurde als Hilfe für experimentell arbeitende Wissenschaftler und Chirurgen gedacht.

Das Innenohr stellt ein kompliziertes Hohlraumsystem (Labyrinth) in der Pars petrosa des Os temporale dar. Das mit Endolymphe gefüllte häutige Labyrinth (Labyrinthus membranaceus)

befindet sich in dem knöchernen Labyrinth (Labyrinthus osseus). Der Raum zwischen knöchernem und häutigem Labyrinth ist mit Perilymphe ausgefüllt und wird von zarten Bindegewebsbälkchen durchzogen.

In dem Vorhof, Vestibulum, des knöchernen Labyrinths befinden sich Utriculus und Sacculus des häutigen Labyrinths. Kaudodorsal schließen sich die drei knöchernen Bogengänge, Canales semicirculares ossei, an, in denen sich die häutigen Bogengänge befinden. Sie sind in den drei Richtungen des Raumes orientiert. Im Verhältnis zur Größe des Schädels sind die Bogengänge der Katze größer als die des Hundes (Frewein und Vollmerhaus, 1994). Man unterscheidet einen vorderen transversalen, einen hinteren sagittalen und einen lateralen horizontalen Gang. Hartmann (1992) beschreibt die Lage der knöchernen Bogengänge der Katze genauer. Dabei verwendet er Bezugsebenen. "Als horizontale Bezugsebene wird die Ebene angesehen, die die Mitte des Porus acusticus externus und den ventralsten Punkt der knöchernen Orbita beider Seiten enthält. Die transversale Bezugsebene enthält die Mittelpunkte der beiden Pori acustici externi und steht senkrecht zur horizontalen Bezugsebene. Die sagittale Bezugsebene verläuft median und steht senkrecht zu den beiden oben genannten. Bei den in dieser Arbeit untersuchten Katzenschädeln liegt der laterale Bogengang in einer Ebene, die zwischen sich und der sagittalen Bezugsebene einen nach mediodorsal offenen Winkel von durchschnittlich 83,5° einschließt. Gleichzeitig bildet die den lateralen Bogengang enthaltende Ebene mit der horizontalen Bezugsebene einen nach rostral offenen Winkel von durchschnittlich 21°. Demnach ist die Ebene des lateralen Bogenganges zur horizontalen Bezugsebene medial und kaudal geneigt.

Die Ebene des vorderen Bogenganges und die des hinteren Bogenganges stehen zueinander und jede der beiden auch zur Ebene des lateralen Bogenganges etwa in einem rechten Winkel. Die Projektion des vorderen Bogenganges in die Ebene des lateralen Bogenganges bildet bei der Katze mit der sagittalen einen rostral offenen Winkel von durchschnittlich 36°. Diejenige des kaudalen Bogenganges schließt mit der sagittalen einen kaudal offenen Winkel von durchschnittlich 54° ein. Der kaudale Schenkel des vorderen knöchernen Bogenganges vereinigt sich mit dem rostralen Schenkel des hinteren knöchernen Bogenganges zu einem gemeinsamen Schenkel, Crus commune, der, ohne eine knöcherne Ampulle zu bilden, in das Vestibulum mündet. Ebenfalls ohne Ampulle öffnet sich der kaudale Schenkel des lateralen Bogenganges. Die rostralen Schenkel des lateralen und des vorderen Bogenganges sowie der kaudale Schenkel des hinteren Bogenganges münden mit je einer Ampulle in das Vestibulum. Diejenige des lateralen Bogenganges öffnet sich von lateral in den dorsorostralen Teil des Ves-tibulum, unmittelbar dorsal des ovalen Fensters. Die Ampulle des vorderen Bogenganges mün-det mit

ihrer Längsachse von dorsal, rostral und lateral nach caudo-ventro-medial gerichtet, unmittelbar rostral der Ampulle des lateralen Bogenganges. Der kaudale Schenkel des hinteren Bogenganges mündet von caudo-ventro-lateral in den hinteren Abschnitt des Vestibulum."

Curthoys et al. (1982) haben Untersuchungen über die Veränderungen des Gleichgewichtsorganes in der Phase nach der Geburt bis zum Erwachsenenstadium bei der Katze durchgeführt. Anlaß dazu war die Tatsache, daß der "Vestibulo-Ocular-Reflex" bei jungen Katzen und Meerschweinchen bis zum Erwachsenenstadium zunimmt. Eine mögliche Ursache dafür könnte eine Veränderung des Radius der halbkreisförmigen Bögen während des Wachstums sein. Somit haben die Autoren die Radien der Krümmung der halbkreisförmigen Bögen bei Katzen in verschiedenen Wachstumsphasen untersucht. Ebenso haben sie auch die Winkel zwischen den Bogengangsebenen auf eventuelle Veränderungen während des Wachstums untersucht. Sie fanden, daß während des Wachstums die Labyrinthe im Schädel merklich seitwärts wandern und sich voneinander entfernen. Der Abstand zwischen den Mitten der drei Bogengangspaare vergrößert sich bis zum Erwachsenenstadium um durchschnittlich 11,2 mm, was eine Vergrößerung des Abstandes um 70% des Ausgangsabstandes ausmacht.

Weder die Krümmungsradien der Bogengänge noch die Winkel zwischen ihren Ebenen ändern sich während des Wachstums der Katzen. Eine Ausnahme bildet der Winkel zwischen den Ebenen des vorderen und hinteren Bogenganges, welcher sich bei der Katze im Wachstum um minimale 2 - 3° verändert, was aber nach Angaben der Autoren überhaupt keine funktionelle Bedeutung hat (Hartmann, 1992).

Rostroventral liegt die Schnecke, Cochlea, mit dem Ductus cochlearis des häutigen Labyrinthes. Die Cochlea beginnt im Vorhof und windet sich um die als Achse aufzufassende Schneckenspindel, Modiolus, zur Schneckenspitze hin. Sie besitzt bei der Katze 2 ½ - 2 ¾ Windungen. Von der Schneckenspindel ragt die Lamina spiralis ossea in den Schneckengang vor, ohne dessen Außenwand zu erreichen. Sie trennt den Canalis spiralis cochleae in die dorsal liegende Vorhoftreppe, Scala vestibuli, und die ventral liegende Paukentreppe, Scala tympani. Die Treppengänge gehen in einem kleinen Hohlraum, Helicotrema, ineinander über. Im Modiolus befindet sich der Canalis spiralis modioli, der das Ganglion spirale cochleae enthält, von welchem die peripheren Nervenfasern zum Cortischen Organ ziehen.

Die häutige Schnecke bildet das Gehörorgan, Pars acustica labyrinthi. Utriculus, Sacculus und die drei Bogengänge stellen das Gleichgewichtsorgan, Pars statica labyrinthi dar (Frewein und Vollmerhaus, 1994).

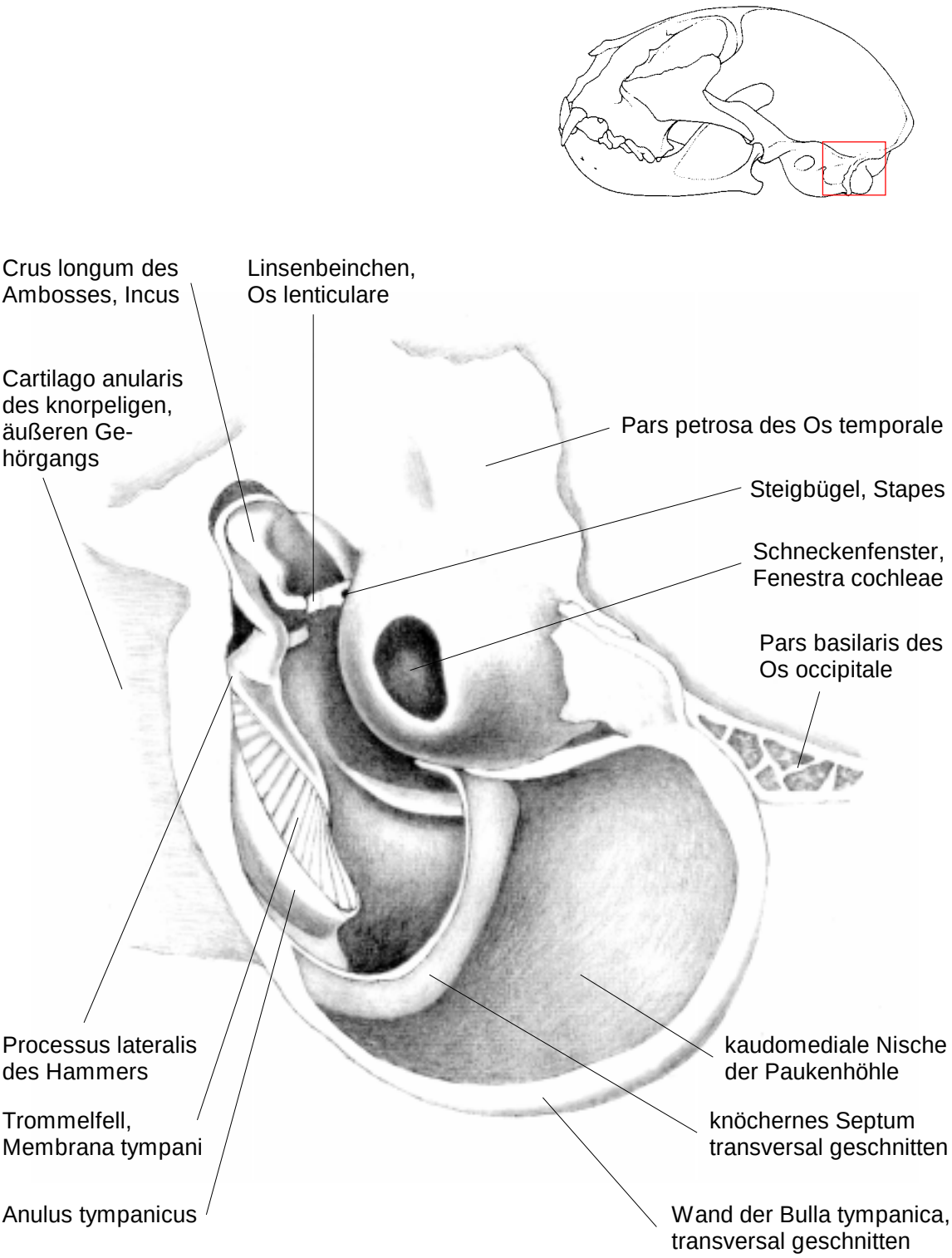


Abb. 8 Darstellung der linksseitigen, eröffneten Paukenhöhle der Katze, Ansicht von kaudal (nach Hartmann, 1992)

2.2 Grundlagen der Computertomographie

1973 führte Houndsfield die Computertomographie in die Humanmedizin ein und erhielt dafür den Nobelpreis.

Mit Hilfe dieses Untersuchungsverfahrens können Querschnittsbilder in jeder beliebigen Transversalebene hergestellt werden. Das Prinzip der Computertomographie ist die Anwendung der Strahlenmeßtechnik in der Röntgendiagnostik. Eine Röntgenröhre bewegt sich im Kreis um den zu untersuchenden Körper. Auf der Gegenseite folgt parallel zur Röntgenröhre ein Detektorsystem, das die Strahlenintensität eines Röntgenstrahlenbündels vor und nach Durchdringen z.B. des Kopfes mißt und dadurch die Abschwächung bestimmt. Jeweils nach Rotation des Systems um ein festgelegtes Winkelmaß wiederholt sich dieser Untersuchungsschritt, bis mindestens 180 Grad erreicht sind. Im Gegensatz zur "konventionellen" Röntgentechnik (= Filmschwärzung durch Röntgenstrahl) erfolgt eine quantitative Messung der Intensitätsschwächung mit Hilfe von Halbleiterelementen. Die empfangenen Signale werden anschließend computergesteuert ausgewertet. Das eigentliche CT-Bild ist dann die bildliche Darstellung von errechneten Werten der Strahlenabsorption innerhalb eines Meßobjektes. Die Projektion erfolgt auf einen Monitor mit der Möglichkeit der fotografischen Dokumentation oder der digitalen Speicherung.

Für die Strahlenabsorption wurden allgemein gültige Werte festgelegt. Luft wurde willkürlich der Wert (-1000) und Wasser der Wert 0 zugeordnet (Nadjmi et al., 1981). Die so festgelegten Werte wurden nach dem Erfinder der Computertomographie Houndsfield-Einheiten (HU) genannt.

In nachfolgender Tabelle wird eine Dichteskala in Houndsfield-Einheiten angegeben.

200-1500	HU	Knochen
50- 90	HU	Blut
26- 44	HU	Gehirn
ca. 5	HU	Liquor
0	HU	Wasser
(-50)-(-100)	HU	Fettgewebe
(-1000)	HU	Luft

Dabei handelt es sich nicht um absolute Meßwerte, sondern um das Ergebnis einer mathematischen Annäherung, so daß die üblichen Schwankungen von Meßwerten durch systemabhängige Parameter berücksichtigt werden müssen. Diese Werte sind vom Gerät und der Eichung abhängig, weisen aber auch individuelle Unterschiede bei den untersuchten Patienten auf. Ein über diese Dichteskala gelegter Graukeil kann beliebig manipuliert werden.

Er kann über die ganze Skala oder nur über Ausschnitte davon gelegt werden. Die Endpunkte des Keils sind schwarz (geringe Strahlenabsorption wie Flüssigkeit oder Luft) bzw. weiß (hohe Strahlenabsorption wie z.B. Knochen). Die Weite des Graukeils wird in HU angegeben, man spricht von einem Fenster ("Knochenfenster" bzw. "Weichteilfenster").

Mit Hilfe der Computertomographie können im Bereich des Zentralnervensystems, des Schädels und der Wirbelsäule Tumoren, Mißbildungen, entzündliche, degenerative, vaskulär bedingte Erkrankungen sowie Traumen diagnostiziert werden (Tipold, 1991).

2.2.1 Anwendung in der Veterinärmedizin

Eine vergleichende Studie der Computertomographie des Abdomens beim Menschen und Hund liegt von Rohde (1980) vor. Koblik und Berry (1990) zeigen die computertomographische Darstellung der ethmoidalen Region zur Diagnostizierung chronischer Erkrankungen der Nase beim Hund. Stickle und Hathcock (1993) beschreiben die optimale Anfertigung und Auswertung von CT-Bildern bei Kleintieren.

Veröffentlichungen über computertomographische Untersuchungen im Bereich des Auges und Ohres der Katze liegen vor von Tipold (1991, Darstellung der Mittel- und Innenohrstrukturen bei einer Katze), Mc.Calla und Moore (1989, Exophtalmus in Dogs and Cats) sowie Abrams (1990, Ultrasound/CT Diagnosis). Weiterhin beschreiben Ramsey et al. (1994) den relativen Wert bildgebender Verfahren wie Computertomographie und Kernspintomographie bei der Untersuchung einer Katze mit Exophtalmus. Auch Calia et al. (1994) nutzen die CT bei der Bewertung von Augenerkrankungen bei Hunden und Katzen.

Die Diagnose der Otitis media bei Hunden mittels CT wird von Love et al. (1995) dargestellt.

Die computertomographische Untersuchung des Innenohrs, der Bulla tympanica, des Meatus acusticus externus und des Nasopharynx von drei Katzen beschreiben Seitz et al. (1996).

Weitere Anwendungen der Computertomographie in der Veterinärmedizin vorwiegend im Bereich des Zentralnervensystems und der Wirbelsäule beschreiben Rohde (1980), Fike et al. (1981), Le Couteur et al. (1982), Swengel (1982), Loden et al. (1983), Tellhelm (1985), Turrel et al. (1986), Davies et al. (1987), Meuer (1987), Lang et al. (1988), Feeney, Fletcher, Hardy (1991), Schwartz-Porsche (1992), Hoskinson (1993).

Assheuer und Sager (1997) zeigen in einem MRI- und CT-Atlas, neben exemplarischen pathologischen Befunden, die normale Anatomie des Hundes in CT- und MRT-Bildern.

2.3 Grundlagen der Kernspintomographie

2.3.1 Überblick über die historische Entwicklung

- 1946: Erste erfolgreiche Experimente mit der Kern-Spin-Resonanz durch F. Bloch und G. M. Purcell, USA
- 1952: Verleihung des Nobelpreises an F. Bloch und G. M. Purcell
- 1972: Erster Vorschlag durch D. Damadian, die Kern-Spin-Resonanz zur Bildgebung einzusetzen, US Patent
- 1973: Erste tomographische Aufnahmen von zwei wassergefüllten Röhrchen mit Hilfe der Kern-Spin-Resonanz durch P. C. Lauterbur, USA
- 1974: MRT-Bild einer Maus durch P. C. Lauterbur, USA, und unabhängig davon durch J. M. S. Hutchison, Großbritannien
- 1976: MRT-Bild eines menschlichen Fingers durch P. Mansfield und A. A. Maudsley, Großbritannien
- 1977: Bild des menschlichen Thorax durch R. Damadian, USA

Für die Entdeckung des magnetischen Kernspinresonanz-Phänomens, mit dessen Hilfe elektromagnetische Wellensignale aus bestimmten Körpern oder Flüssigkeiten ermittelt werden können, erhielten Felix Bloch und Edward M. Purcell 1952 zu gleichen Teilen den Nobel-Preis für Physik. Später begannen einige Forscher die Kernspinresonanz so abzuwandeln, daß zweidimensionale Querschnittsbilder lebenden Gewebes hergestellt werden konnten. Die ersten klinischen Bilder wurden 1973 von P. Lauterbur in "Nature" veröffentlicht (Dennis, 1993).
Seit 1981 hat die Kernspintomographie in der routinemäßigen Diagnostik der Humanmedizin Eingang gefunden (Margulius und Crooks, 1988).
Für die Orbitadarstellung ist die Kernspintomographie in der Humanmedizin erstmals 1983 eingesetzt worden (Hawkes et al., 1983; Moseley et al., 1983). Im gleichen Jahr wurden auch die ersten kernspintomographischen Bilder vom enukleierten Bulbus aufgenommen (Wollensak und Seiler, 1983). Bereits diese frühen und die folgenden Arbeiten (Han et al., 1984; Sassani und Osbaken, 1984; Sobel et al., 1984) zeigten erstaunliche anatomische Einzelheiten und ließen erkennen, daß sich die Kernspintomographie einmal zu einem bedeutenden Instrument der Gewebecharakterisierung bei der Orbitadiagnostik entwickeln würde. Durch die Anwendung von Oberflächenspulen (Bilaniuk et al., 1985; Schenck et al., 1985) konnten

schließlich Kontrast, Auflösungsvermögen und Detailerkennbarkeit so weit verbessert werden, daß einem sinnvollen Einsatz der Kernspintomographie in der weiterführenden ophtalmologischen Diagnostik nichts mehr im Wege stand (Wiegand, 1990).

Für das gleiche Verfahren sind heute mehrere verschiedene Bezeichnungen in Gebrauch:

- Kernspintomographie (KST)
- Kernspinresonanz-Tomographie (KSRT)
- Magnetresonanztomographie (MRT)
- Nuclear magnetic resonance-Tomographie (NMRT)
- Magnetic resonance imaging (MRI)

In der englischsprachigen Fachliteratur wird vorwiegend der Ausdruck "magnetic resonance imaging" (MRI) verwendet, im deutschsprachigen Raum ist die Bezeichnung "Kernspintomographie" am bekanntesten.
Die Deutsche Röntgengesellschaft hat sich in Übereinstimmung mit der amerikanischen Röntgengesellschaft auf die Bezeichnung Magnetische Resonanz-Tomographie (MR-Tomographie, bzw. MRT) geeinigt. Die Abkürzungen im Deutschen und Englischen sind in diesem Fall identisch (engl. Magnetic Resonance Tomography).

2.3.2 Technisches Prinzip

Die Kernspintomographie-Aufnahmen beruhen auf einer Kombination von Magnetismus und elektrischen Wellen sowie ihrer Auswirkung auf Wasserstoffkerne (Protonen).
Protonen besitzen nicht nur eine elektrische Ladung, sondern sie rotieren konstant mit hoher Geschwindigkeit, dadurch verhalten sie sich wie winzige Stabmagneten, d.h. sie zeigen nuklearen Magnetismus. Andere Atomkerne mit ungerader Zahl von Kernbausteinen (Protonen und Neutronen) zeigen dieses Phänomen ebenfalls, aber zur Bildgebung in der medizinischen Anwendung der MRT spielen Wasserstoffatomkerne die dominierende Rolle, da sie in genügend großer Zahl im Gewebe vorhanden sind.
Beim Anlegen eines äußeren, starken Magnetfeldes richten sich die Protonen entweder parallel oder antiparallel zum statischen Magnetfeld aus. Gleichzeitig beginnen sie auf einem Kegelmantel zu kreiseln, d.h. sich um die Achse des magnetischen Feldes zu drehen, während sie gleichzeitig um ihre eigene Achse rotieren. Dann werden elektromagnetische Wellen, deren

Frequenz mit der Kreiselfrequenz der Protonen übereinstimmt (daher auch Resonanzfrequenz bzw. kernmagnetische Resonanz) eingestrahlt und verursachen eine temporäre Störung der Ausrichtung und des Kreiselns der magnetisierten Protonen. Sie werden aus dem niedrigen Energiezustand (parallele Stellung) in den höheren Energiezustand (antiparallele Stellung) versetzt. Nach dem kurzen Puls der elektromagnetischen Wellen richten sich die Protonen sofort wieder nach dem magnetischen Feld aus. Dieser Vorgang wird Relaxation genannt.

Dabei wird in einer Empfängerspule ein zeitlich abnehmendes Signal (Kerninduktionssignal) induziert. Da unterschiedliche Gewebe sich in ihren Relaxationszeiten (Zeit, die das System zur Rückkehr in den Ausgangszustand benötigt) erheblich voneinander unterscheiden, variiert die Stärke dieser zurück abgestrahlten Signale mit der Gewebeart.

Um die Kerninduktionssignale räumlich aufzulösen und damit Bilder aus dem Körperinneren zu erhalten, legt man in den drei Dimensionen des Raumes zusätzliche Magnetfelder an (sog. Gradientenfelder) und überlagert damit den ausgesandten Hochfrequenzimpuls. In Anwesenheit eines Gradientenfeldes wird die Anregung der Kerne auf die abzubildende Schicht beschränkt, da nur in dieser Schicht die Resonanzbedingung erfüllt ist (Just und Zapf, 1988).

Da die Richtung der Gradientenfelder frei einstellbar ist, lassen sich im Prinzip beliebige Schnittebenen bildlich darstellen, wobei eine Umlagerung des Patienten unnötig ist.

Die Bildkontraste der Magnetresonanztomographie entstehen aus vielen unterschiedlichen, den Bildkontrast beeinflußenden Faktoren (multiparametrische Bilderzeugung). Für den multiparametrischen Aufbau des MRT-Bildes unterscheidet man intrinsische und extrinsische Bildparameter. Durch geeignete Wahl der extrinsischen Bildparameter können die intrinsischen Bildparameter unterschiedlich gewichtet und damit die Kontraste verschiedener Gewebe (Gewebeanteile) gegeneinander verändert werden. Damit ist es u.a. möglich, anatomische Strukturen, wie Muskulatur, Fettgewebe, Gefäße und Körperflüssigkeiten (z.B. Liquor cerebrospinalis) mit höherem, variierbarem Kontrastumfang und damit verbesserter Diskriminierung als z.B. in der Computertomographie abzubilden.

Zu den intrinsischen (gewebeeigenen) Bildparametern gehören:

1. die Stärke der magnetischen Kopplung der Wasserstoffatomkerne an die unmittelbare molekulare Umgebung (Relaxationszeit T1)
2. die Stärke der magnetischen Kopplung der Protonen untereinander (Relaxationszeit T2)
3. die Protonendichte (Dichte der signalgebenden Wasserstoffatomkerne einer Gewebeprobe)
4. die evtl. vorhandenen Fluß- oder Diffusionseffekte.

Die verwendeten elektromagnetischen Pulswellen können in Dauer und Stärke variiert werden, um verschiedene Charakteristiken bestimmter Gewebearten besonders deutlich darzustellen.
So können T1-betonte, T2-betonte oder von der Dichte der Protonen bestimmte Bilder hergestellt werden. Im allgemeinen gilt, daß mit Hilfe einer T1-betonenden Sequenz anatomische Strukturen mit hohem Differenzierungsgrad wiedergegeben werden. Im Gegensatz dazu lösen T2-gewichtende Meßsequenzen anatomische Strukturen und ihre Kontrastunterschiede weniger gut auf. Es können jedoch pathophysiologische Besonderheiten wie Protonendichteverschiebungen (Ödem) oder eine veränderte molekulare Umgebung (z.B. Tumor oder Entzündung) aufgedeckt werden. Eine Verbesserung der T2-Diagnostik scheint durch die Anwendung von Turbospinechosequenzen (TSE) in mittleren und höheren Feldstärken möglich. Die Besonderheit dieser Sequenztechnik besteht in der Reduktion der Untersuchungszeit bei gleicher oder verbesserter Bildqualität gegenüber der konventioneller T2-Sequenzen.
Extrinsische (frei wählbare) Aufnahmeparameter sind:

1. der Sequenztyp (es haben sich mehrere Verfahren durchgesetzt: zum einen die Spinecho- und die Inversion-recovery-, zum anderen die Gradientenechotechnik)
2. die Pulswiederholungszeit zwischen den Einzelanregungen (Repititionszeit TR)
3. der Zeitpunkt des Echoauslesens (Echozeit TE)
4. das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (wird durch zahlreiche Parameter bestimmt: Schichtdicke SL, Meßfeld FOV, Anzahl der Akquisitionen, Anzahl der Phasenkodierschritte)
5. die Magnetfeldstärke (mit zunehmender magnetischer Flußdichte nimmt zwar das Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu, die Bildgebung wird jedoch zunehmend durch Bewegungsartefakte und Artefakte aufgrund der chemischen Verschiebung erschwert)

Man benötigt also bei der Darstellung anatomischer wie pathologischer Strukturen eine den Bedingungen des Untersuchungsobjektes angepaßte Untersuchungsstrategie. Dabei hat man sich zwischen verschiedenen Spulen, diversen Meßsequenzen, Schichtorientierungen und Ortsauflösungen zu entscheiden.

2.3.3 Darstellung der verschiedenen Gewebe

Außer solider Kenntnis der anatomischen Situation in Querschnitten (in transversaler, sagittaler und horizontaler Ebene) erfordert die Deutung von Kernspinresonanzbildern das Wissen, wie

sich die verschiedenen Gewebe bei unterschiedlichen Frequenzen der magnetischen Impulse abbilden. Flüssigkeiten wie cerebrospinaler Liquor oder Synovia sind in T1-Bildern dunkel, in T2-Bildern dagegen hell. Die Kortikalis des Knochens erscheint schwarz, da sie keine Signale abgibt, aber Fett ist immer hell, so können die Knochenmarkshöhlen gut dargestellt werden.

Es haben sich verschiedene Begriffe in der Beschreibung des Signalverhaltens eingebürgert. So wird ein der Referenzstruktur gleiches Signalverhalten als isointens, eine niedrigere oder höhere Signalintensität als die der Referenzstruktur als hypo- oder hyperintens bezeichnet.
Nach intravenöser Kontrastmittelgabe kommt es in verschiedenen anatomischen Strukturen zu unterschiedlichem Signalintensitätsanstieg in Abhängigkeit von der regionären Pharmakokinetik.

Referenzstrukturgebundene Signalintensitätsskala

(nach Braitinger, 1995)

T1-gewichtete MR-Tomogramme	**Nomenklatur**
S1 = kompakter Knochen	hypointens
S2 = Muskulatur	isointens/intermediär
S3 = Mukosa	
S4 = Drüsenparenchym (Gl. parotidea)	
S5 = Fettgewebe	hyperintens
S6 = Metallartefakt (höhere S als Fettgewebe)	

T2-gewichtete MR-Tomogramme	**Nomenklatur**
S1 = kompakter Knochen	hypointens
S2 = Muskulatur	isointens/intermediär
S3 = Mukosa (nativ)	
S4 = Drüsenparenchym (Gl. parotidea)	
S5 = Liquor	
S6 = Blut (unter speziellen Bedingungen)	hyperintens

Knochen

Man kann MR-tomographisch zwischen kompakter und spongiöser Knochensubstanz unterscheiden. Die Kompakta wird extrem signalarm abgebildet, aber ist durch einen Negativkontrast in der Darstellung gut gegenüber der Umgebung abgrenzbar (T1-Bild).
Beim spongiösen Markraum wird die relative Höhe der Signalintensität entscheidend vom Anteil des Fettmarks bestimmt.
Zur Detailanalyse kleinerer knöcherner Veränderungen z.B. im Innenohr ist eine hochauflösende Röntgencomputertomographie der Magnetresonanztomographie vorzuziehen.

Kollagene Strukturen

Die normalen Bänder, Sehnen und Disci werden signalarm dargestellt (Spinechoverfahren).
Mit Negativkontrast - ähnlich wie bei der Darstellung von kompaktem Knochen - lassen sich insbesondere bei T2-Gewichtung, diese kollagenen Strukturen jedoch gut gegen die Umgebung abgrenzen und verfolgen. Eine erweiterte Kontrastauflösung zur Darstellung von Knorpel, Meniskus und Bändern ist durch spezielle Techniken des Gradientenechoverfahrens möglich.

Muskel

Eine MR-tomographische Unterscheidung zwischen quergestreifter und glatter Muskulatur aufgrund von Signalintensitätsunterschieden ist nicht möglich. Im T1-Bild erkennt man durch die Darstellung trennender laminärer Fettschichten ganze Faserzüge mit Verlaufsrichtung, so daß die funktionelle Architektur des Muskels mit Ansatz und Ursprung sichtbar wird.
Die Signalintensität normaler Muskulatur ist homogen und vergleichsweise niedriger als die von Fett oder weißer Hirnsubstanz. Unterschiedliche Muskelgruppen zeigen nach Kontrastmittelgabe eine voneinander abweichende Signalintensitätssteigerung (z.B. ex- und intrisische Zungenmuskulatur, äußere Augenmuskeln gegenüber der Kaumuskulatur). Dies wird auf unterschiedliche Vaskularisationsgrade zurückgeführt.

Fettgewebe

Fettgewebe besitzt im T1-Bild eine hohe Signalintensität, die mit zunehmender T2-Gewichtung geringer wird.

Luft

In der MR-tomographischen Untersuchung ist die Darstellung der normalerweise luftgefüllten Abschnitte des Nasennebenhöhlensystems zur exakten topographischen Zuordnung oder Begrenzung von anatomischen Strukturen von Bedeutung. Analog zur Darstellung von Knochen muß die Grenze der lufthaltigen Räume mit Negativkontrast erkannt werden, wobei zu beachten ist, daß die dünnen knöchernen Wände z.B. der Cellulae ethmoidales gegenüber Luft nur bei gleichzeitiger Darstellung der Schleimhaut in beschriebener Weise erkannt werden können.

Blutgefäße

Häufig verursacht fließendes Blut Artefakte im MRT-Bild, Flußphänomene können aber zur Darstellung des Gefäßsystems verwendet werden. Dabei ist die Darstellung von Blutgefäßen und strömendem Blut von der jeweiligen Aufnahmesequenz, der Blutflußgeschwindigkeit, der Art der Strömung sowie der Orientierung der Aufnahmeebene zur Blutflußrichtung abhängig.
Blutgefäße zeigen sich in konventionellen Spinechobildern in Abhängigkeit von der Blutflußgeschwindigkeit als kontrastvariable tubuläre Strukturen, die sich zumeist gut von ihrer Umgebung differenzieren lassen. Bei Anwendung spezieller MR-Technologie können durchströmte Blutgefäße selektiv aus dem Untersuchungsvolumen "herauspräpariert" werden.

Gehirn

Bei T1-betonten Aufnahmen besitzen die graue und weiße Hirnsubstanz etwa die gleiche Signalintensität, dagegen erscheint bei T2-betonten Aufnahmen die graue Substanz signalintensiv (hell) und die weiße Substanz signalarm (dunkel). Die meisten pathologischen Prozesse im ZNS (Entmarkungsherde, Tumore, Infarkte, Ödeme) zeigen eine Verlängerung der T2-Zeit und stellen sich auf diesen Bildern signalintensiv dar (Bauer et al., 1993).
Flüssigkeiten wie der Liquor cerebrospinalis erscheinen bei T1-betonten Bildern dunkel, bei T2-betonten Bildern dagegen hell.

Lymphknoten

Die Lymphknotendiagnostik (beim Menschen) mit der Kernspintomographie gelingt durch den hervorragenden Weichteilkontrast von Lymphknoten zu Muskulatur und Fettgewebe. Angrenzende Strukturen, z.B. Gefäße, können ohne Applikation von intravenösem Kontrastmittel gut differenziert werden. Pathologisch vergrößerte Lymphknoten sind ab einem Durchmesser von 5-10 mm gut vom umliegenden Fett-/Muskelgewebe differenzierbar.
Normales Lymphknotengewebe zeigt relativ lange T1- und T2-Relaxationszeiten. Daher weisen normale sowie pathologisch veränderte Lymphknoten eine geringe Signalintensität in T1-betonten Sequenzen auf und lassen sich gut von Nachbarstrukturen in der Gefäß-Nervenscheide abgrenzen. In T1-gewichteten Sequenzen ist die Abgrenzung zum Muskelgewebe ähnlicher Signalintensität schwierig. Hierfür eignen sich T1-/T2-Mischsequenzen (SE = TR/TE = 800/35 ms) oder protonengewichtete Sequenzen (SE = TR/TE = 1600/23 ms) (Vogl, 1991).

2.3.4 Risiken

Im Gegensatz zur Computertomographie, mit der die bekannten Risiken der Röntgenstrahlen verbunden sind, gilt die Kernspintomographie als ungefährlich für Patienten und Bedienungspersonal. Die wichtigsten Probleme entstehen durch die Stärke des magnetischen Feldes. Es dürfen keine losen ferromagnetischen Objekte (Scheren, Skalpelle, Halsbänder etc.) in den Untersuchungsraum gebracht werden, da sie Geschoßwirkung entfalten können. Alle Instrumente, Anästhesie- und Überwachungsgeräte müssen extra aus Nicht-Eisen-Metall wie Aluminium oder Kupfer hergestellt sein. Menschen und Tierpatienten mit einem Herzschrittmacher dürfen nicht in den Einflußbereich der magnetischen Felder, weil Herzfrequenz und Rhythmus sonst gestört werden. Der Magnetstreifen auf Kreditkarten wird durch das Feld zerstört und Analoguhren werden dauerhaft magnetisiert. Patienten mit eisenhaltigen Implantaten oder Fremdkörpern dürfen nicht mittels MRT untersucht werden, zum einen weil das Implantat sich in Bewegung setzen könnte, zum anderen kommt es zu Bildartefakten. Untersuchungen am Tier sind im Gegensatz zum Menschen nur in Allgemeinnarkose möglich, um Bewegungsartefakte zu vermeiden. Während der Messungen ist eine Überwachung des Patienten nur begrenzt möglich.

2.3.5 Anwendung in der Veterinärmedizin

Die meisten Veröffentlichungen sind Fallberichte von Patienten, die mit humanmedizinischen Geräten untersucht worden sind. Analog zur Humanmedizin steht auch hier das Gehirn im Vordergrund kernspintomographischer Untersuchungen (Salvatore et al., 1987, Brant-Zawadzki, 1988, Kraft et al., 1989, Moore et al., 1991, Karkkainen und Punto, 1993, Milner et al., 1996, Inada et al., 1996). Thiet und Baulain (1992) berichten über die Anwendbarkeit der MRT bei Erkrankungen vom ZNS und peripheren Nervensystem beim Hund. Weiterhin sind die normale Hirnanatomie des Hundes im Kernspinresonanzbild und die Anatomie der distalen Gliedmaßen des Pferdes beschrieben worden (Park et al., 1987, Kraft et al., 1989). Eine andere Gruppe hat an toten Pferden mit Sehnenverletzungen MRT mit der Ultraschalluntersuchung verglichen (Crass et al., 1992). Kresken et al. (1993) erläutern die Voraussetzungen zur Anwendung der Kernspintomographie am Hüftgelenk des Hundes.

Der Animal Health Trust in Newmarket, Großbritannien, hat vor einiger Zeit einen 0,5 Tesla starken supraleitfähigen Magneten in einem eigens dafür gebauten Raum, dem George A.

Moore Centre, installiert. Das System ist von der Firma Surrey Medical Imaging Systems Ltd. in Guildford, Großbritannien, entworfen und gebaut worden, die eng mit den Klinikern des Trusts zusammenarbeiten wird, um die Ausrüstung und das Verfahren für eine tierärztliche Kernspinresonanztomographie zu entwickeln. Die ersten Bilder wurden im November 1992 gemacht und die Anfangserfolge sind sehr vielversprechend. Sie zeigen, daß hochwertige Bilder selbst von kleinen tierärztlichen Patienten erstellt werden können. Es konnten schon Diagnosen von Gehirnschädigungen, retrobulbären Massen und Bandscheibenvorfällen gestellt werden (Dennis, 1993).

Markmiller (1991) beschreibt die kernspintomographische Darstellung der Anatomie der Ratte.

Ein MRT-Atlas der Pute liegt von Schulte-Spechtel et al. (1997) vor. Die Schnittbildanatomie des Rumpfbereiches des Schweines anhand der MRT wird von Wolter (1997) beschrieben.

Die MRT des normalen Auges und der Orbita von Hund und Katze, vom Pferd sowie von einer Eule beschreiben Morgan et al. (1993, 1994). Davidson und Kraft (1994) untersuchen eine retrobulbäre Masse beim Hund mittels MRT. Auch Marciani et al. (1995) nutzen die Magnetresonanztomographie zur Diagnose eines Augentumors beim Hund. Die MRT des Kaninchenauges beschreiben Ceckler et al. (1991). Eine MRI-Studie bovinen ocularen Gewebes liegt von Williams et al. (1990) vor.

Assheuer und Sager (1997) stellen erstmals neben exemplarischen pathologischen Befunden die komplette normale Anatomie des Hundes in einem MRI- und CT-Atlas dar. Für jede Region werden CT- und MRI-Bilder transversaler Körperschichten und anschließend MRI-Bilder zweier weiterer Schnittebenen gezeigt. Detaillierte Darstellungen des Sehorgans sowie des Gleichgewichts- und Gehörorgans enthält dieser Atlas jedoch nicht.

2.4 MRT und CT zur Darstellung der Strukturen des Auges und Ohres

Die Vorzüge der Kernspintomographie bei der anatomischen Darstellung der Orbita sind die starke Kontrastierung der verschiedenen Weichteilgewebe und die multiplanare Abbildungsmöglichkeit.

2.4.1 Kernspintomographische Darstellung der Strukturen des menschlichen Auges

(nach Wiegand, 1990)

Bulbus und Orbitafett

Im Bulbus sind Sklera, Netz-/ Aderhaut, Iris, Linse, Vorderkammer und Glaskörper aufgrund ihres unterschiedlichen Signalverhaltens klar voneinander abgrenzbar. Glaskörper und Kammerwasser stellen sich in T1-gewichteten Spinechosequenzen sehr dunkel dar. Bei Verlängerung der Echozeit TE nehmen Glaskörpersignal und Kammerwassersignal an Intensität zu und erreichen bei starker T2-Gewichtung schließlich ihre größte Helligkeit.
Das retrobulbäre Fettgewebe ist in T1-gewichteten Spinechobildern signalintensiv, mit zunehmender T2-Gewichtung nimmt seine Signalintensität ab.
Sklera und Cornea sind durch mittlere T1-Zeiten und relativ kurze T2-Zeiten charakterisiert. Den stärksten Kontrast zu Glaskörper und Kammerwasser bilden sie deshalb in T2-gewichteten Kernspintomogrammen, während die beste Abgrenzung gegenüber dem retrobulbären Fettgewebe und den Lidern in Mischgewichtung vorgenommen werden kann.
Die Linsenrinde und der Ziliarkörper heben sich in T1-gewichteten Spinechosequenzen am besten von Glaskörper und Kammerwasser ab.
Die Iris ist in Protonendichtegewichtung am deutlichsten sichtbar.

Augenmuskeln und Sehnerv

In allen Spinechosequenzen bilden die äußeren Augenmuskeln einen ausreichenden Kontrast zum retrobulbären Fettgewebe. In T1-Gewichtung ist der Kontrast am ausgeprägtesten.

Auch der Sehnerv hebt sich in allen Sequenzen deutlich vom retrobulbären Fettgewebe ab. Die Sehnervenhülle und das Nervenfaserbündel innerhalb des N. opticus differieren in ihrem Signalverhalten erheblich. Deshalb stellen sie sich sowohl in T1-Gewichtung als auch in T2-Gewichtung unterschiedlich dar. Der Liquor im perineuralen Subarachnoidalraum erscheint in T1-Gewichtung signalarm, in starker T2-Gewichtung jedoch sehr signalintensiv.

Lider und Tränenorgane

Fettgewebe, Tarsus, M. levator palpebrae und M. orbicularis oculi lassen sich in sagittalen Kernspintomogrammen einigermaßen gut identifizieren.
Die Tränendrüse stellt sich in allen Anregungssequenzen hypointens zum Orbitafett dar.
Die Identifizierung von Tränensack und Tränennasenkanal wird durch deren Schleimhautauskleidung ermöglicht, welche vor allem in T2-Gewichtung eine hohe Signalintensität aufweist. Die knöcherne Wand des Tränennasenkanals sowie die evtl. im Lumen des Kanals vorhandene Luft stellen sich in Kernspintomogrammen nicht dar.

Ohr

Die feinere anatomische Darstellung und Untersuchung der knöchernen Strukturen des Innen- und Mittelohres mittels MRT ist trotz des hervorragenden Weichteilkontrastes nur sehr bedingt möglich. Es sind Vestibulum, Bogengänge und Cochlea zu identifizieren, aber die Kernspintomographie des Innenohrs steht erst am Anfang (Braitinger, 1995). Hier erweist sich derzeit die hochauflösende Computertomographie als die Methode der Wahl.
Die Inhaltsstrukturen der Paukenhöhle, nämlich Gehörknöchelchen, Chorda tympanie sowie die Mittelohrmuskeln sind der MR-Tomographie nicht zugänglich.

2.5 Topographische Terminologie

Bei den kernspintomographischen Darstellungen des Sehorgans sowie des Hör- und Gleichgewichtorgans wurden bestimmte Schichtorientierungen gewählt, die den folgenden anatomischen Schnittrichtungen entsprechen:

- Axiale Schichtorintierung = Horizontalschnitt
- Koronale Schichtorientierung = Transversalschnitt
- Sagittale Schichtorientierung = Sagittalschnitt

Bedingt durch die andere Lagerung des Tierpatienten im Kernspintomographen im Vergleich zum Menschen ergeben sich die aus der Skizze ersichtlichen Unterschiede in der topographischen Terminologie, die Gegenstand derzeitiger Diskussionen sind.

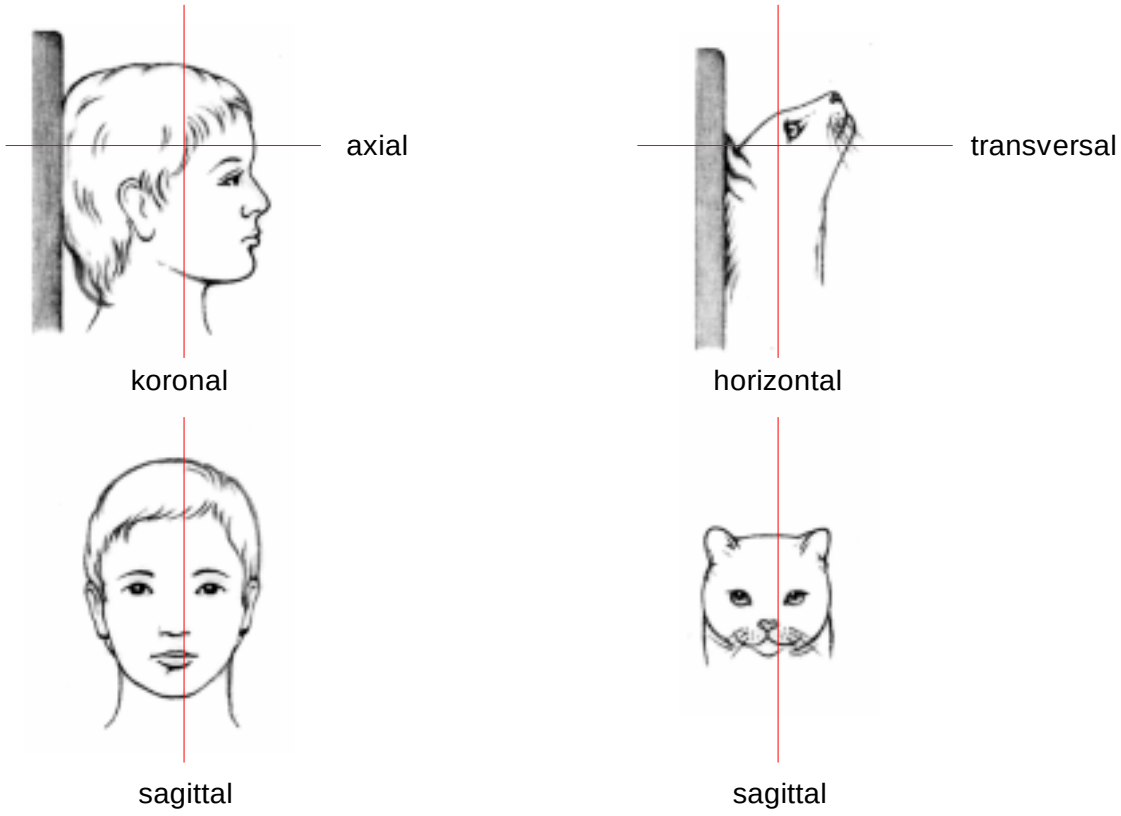


Abb. 9 Kernspintomographische Schichtorientierungen beim Menschen und bei der Katze

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methode

Die Aufnahmen mittels Computertomographie bzw. Kernspintomographie der entsprechenden Regionen wurden an 3 Europäischen Kurzhaarkatzen verschiedenen Alters und Geschlechts durchgeführt (eine ca. 2 Jahre alte weibliche Katze, eine ca. 5 Jahre alte weibliche Katze, ein ca. 8 Jahre alter Kater).

Bei den verwendeten Tieren handelte es sich um klinisch gesunde Tiere, die mir von privaten Tierhaltern für die Aufnahmen zur Verfügung gestellt worden. Nach Anfertigung der Aufnahmen wurden die Katzen in ihr angestammtes Zuhause zurückverbracht.

Sämtliche CT- bzw. MRT-Bilder wurden in der Radiologischen Abteilung des Universitäts-klinikums "Benjamin Franklin" der Freien Universität Berlin erstellt.

Dabei war mir besonders Frau Dr. S. Wagner behilflich.

Die computertomographischen Untersuchungen wurden mit dem Gerät "Siemens Somatom Plus", die kernspintomographischen Untersuchungen mit dem Gerät "Siemens Magnetom GBS II" mit einer kommerziellen Extremitätenspule durchgeführt.

Zu den technischen Voraussetzungen der Anfertigung von Aufnahmen mit dem Computer- bzw. Kernspintomographen gehört, daß keine Bewegung des Patienten während der Exposition erfolgen darf. Daher wurden die verwendeten Katzen mittels intramuskulär verabreichter Ketamin-Rompun-Injektion (Ketamin 10 mg/kg, Xylazin 2 mg/kg) in Narkose gelegt. Bei der Anfertigung der CT- bzw. MRT-Bilder wurden die Tiere auf dem Rücken gelagert.

Es wurden T1-betonte und T2-betonte kernspintomographische Untersuchungen durchgeführt.

Zum Vergleich der CT- bzw. MRT-Bilder mit entsprechenden anatomischen Querschnittpräparaten wurden am Fachbereich Veterinärmedizin der FU Berlin, Standort Düppel, Gefrierschnitte von Katzenköpfen in der jeweiligen Schichtorientierung angefertigt.

Die Querschnitte wurden in ca. 0,5-1 cm Abstand mit einer Bandsäge in gefrorenem Zustand angefertigt und anschließend sofort fotografiert.

Für die Knochenpräparate wurden ein Teil der Gefrierschnitte in einem warmen Wasserbad von 55°C 14 Tage mazeriert, anschließend vorsichtig mit Wasser abgespült und zum Bleichen zwei Tage in Waschmittellauge bei 55°C im Brutschrank aufbewahrt. Die erhaltenen Knochenpräparate wurden nach dem Trocknen fotografiert.

3.2 Ergebnisse

Auf den folgenden Seiten werden ausgewählte CT- und MRT-Bilder des Kopfes der Katze dargestellt und erläutert. Der jeweiligen Bildreihe wird eine Tabelle der Meßparameter sowie eine schematische Übersichtszeichnung der Schnittebenen vorangestellt. Anschließend werden jeweils auf einer Doppelseite ein CT- bzw. MRT-Bild mit dem dieser Schichtorientierung am naheliegendsten anatomischen Präparat, die Beschreibung des jeweiligen CT- bzw. MRT-Bildes, die Darstellung der Schichtorientierung und die entsprechende Schemazeichnung dargestellt.

3.2.1 Querschnittanatomie mit entsprechenden CT-Aufnahmen, transversal

Meßparameter

CT-Bild	Energie-Zeit-Produkt in mA	Röhrenspannung in kV	Schichtdicke in mm
1	125	120	2
2	125	120	2
3	125	120	1
4	165	120	1
5	125	120	1
6	165	120	1
7	165	120	1
8	165	120	1
9	165	120	1
10	125	120	1
11	165	120	1

Bild 4 = Bild 5 (gleiche Schichtposition, nur unterschiedliche Aufnahmetechnik)

Bild 9 = Bild 10 (gleiche Schichtposition, nur unterschiedliche Aufnahmetechnik)

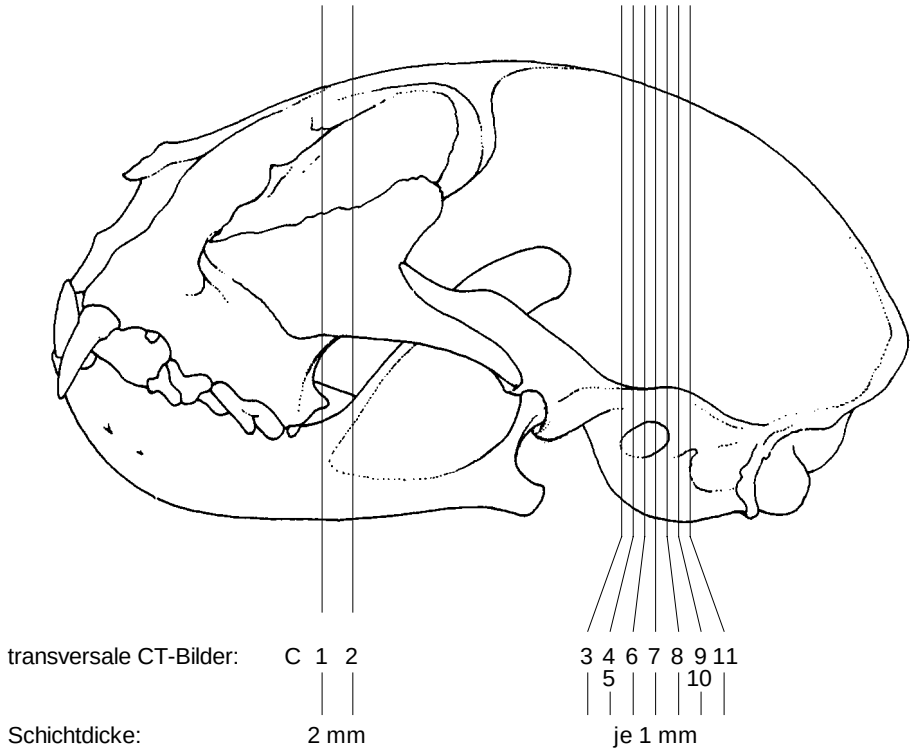
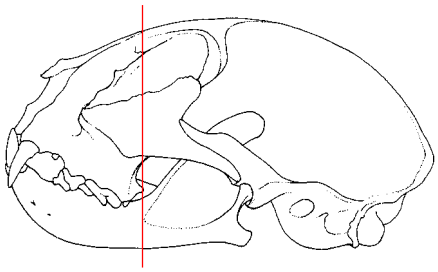


Abb. 10 Schnittebenen der CT-Bilder, Kopf, Katze

Querschnitt C1

Auf dem transversalen CT-Bild (Abb. C1b) durch die Orbita werden von den Strukturen des Auges die Linse, Lens oculi, der Glaskörper, Corpus vitreum, sowie das intraorbitale Fettgewebe, Corpus adiposum orbitae, abgebildet. Weiterhin sind die Stirnhöhle, Sinus frontalis, die Nasenmuscheln, Conchae nasales, der Oberkiefer, Maxilla, der Unterkiefer, Mandibula, und die Zunge, Lingua sichtbar.

ca. Schichtorientierung:



1	Sinus frontalis	7	Corpus adiposum orbitae
2	Septum nasi	8	Maxilla
3	Conchae nasales	9	Dens molaris
4	Vomer	10	Mandibula
5	Lens oculi	11	Lingua
6	Corpus vitreum	12	Palatum durum

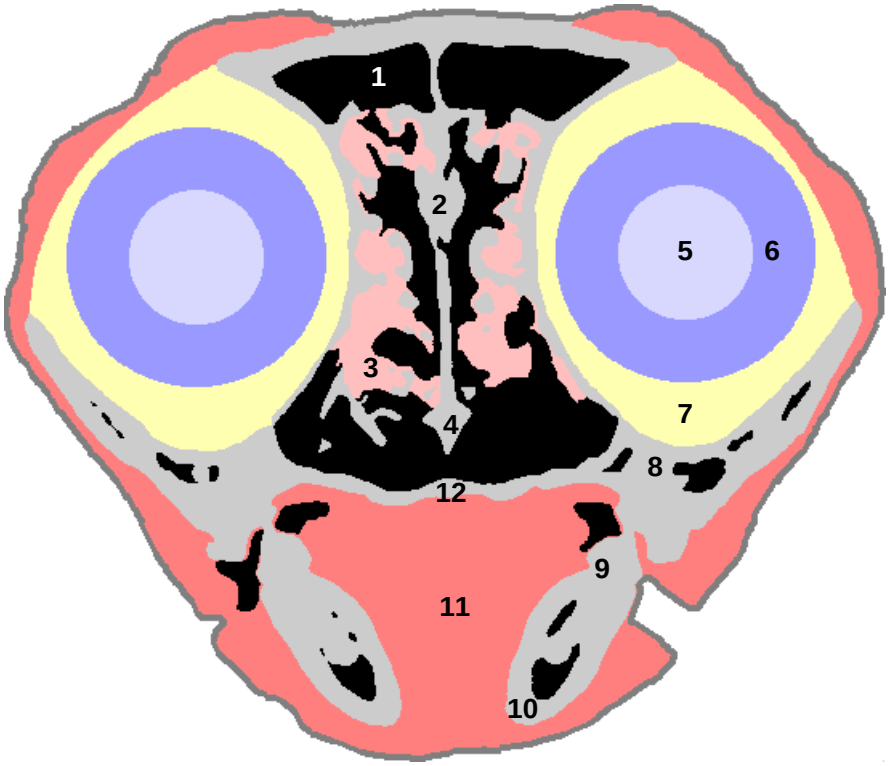


Abb. C1a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C1b

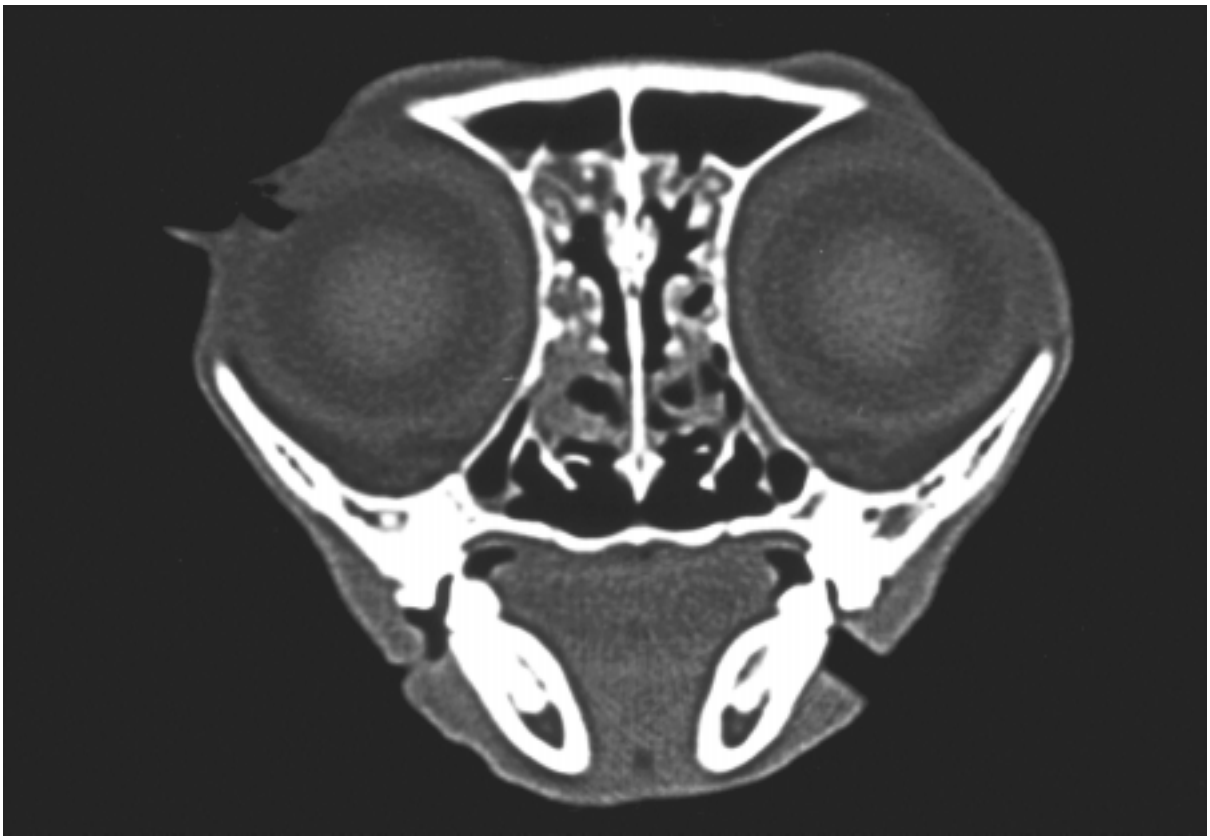


Abb. C1b Transversales CT-Bild durch die Orbita, Kopf, europäische Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

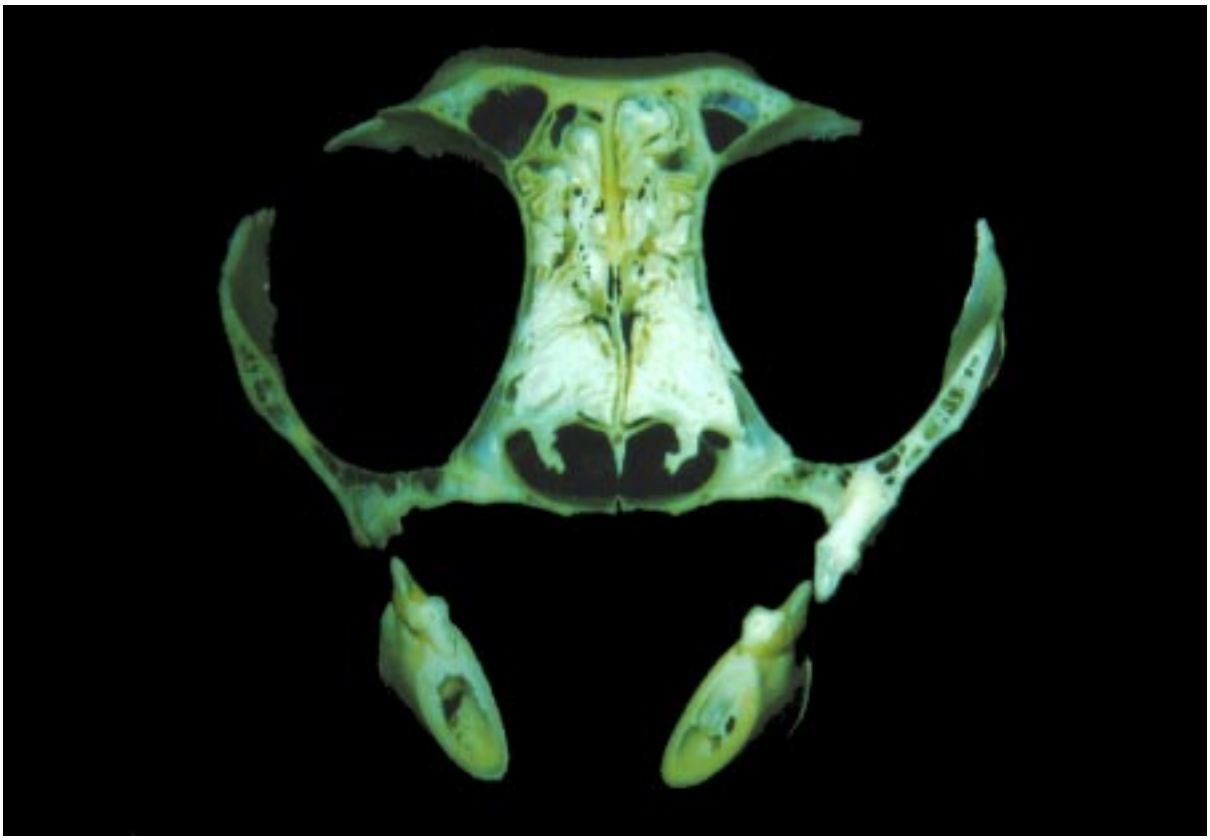
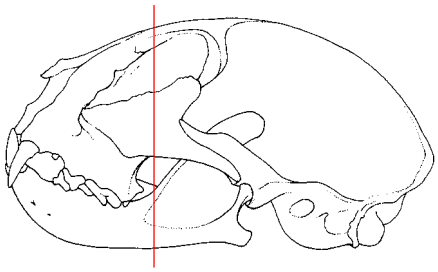


Abb. C1c Anatomisches Präparat zu Abbildung C1b

Querschnitt C2

Das transversale CT-Bild (Abb. C2b) befindet sich direkt kaudal des Querschnittes C1 (Abb. C1b) mit einer Schichtdicke von 2 mm. Es sind im wesentlichen die Linse, Lens oculi, der Glaskörper, Corpus vitreum, das intraorbitale Fettgewebe, Corpus adiposum orbitae, die Stirnhöhle, Sinus frontalis, die Nasenmuscheln, Conchae nasales, der Oberkiefer, Maxilla, der Unterkiefer, Mandibula und die Zunge, Lingua zu erkennen.

ca. Schichtorientierung:



1	Sinus frontalis	7	Corpus adiposum orbitae
2	Septum nasi	8	Maxilla
3	Conchae nasales	9	Dens molaris
4	Vomer	10	Mandibula
5	Lens oculi	11	Lingua
6	Corpus vitreum	12	Palatum durum

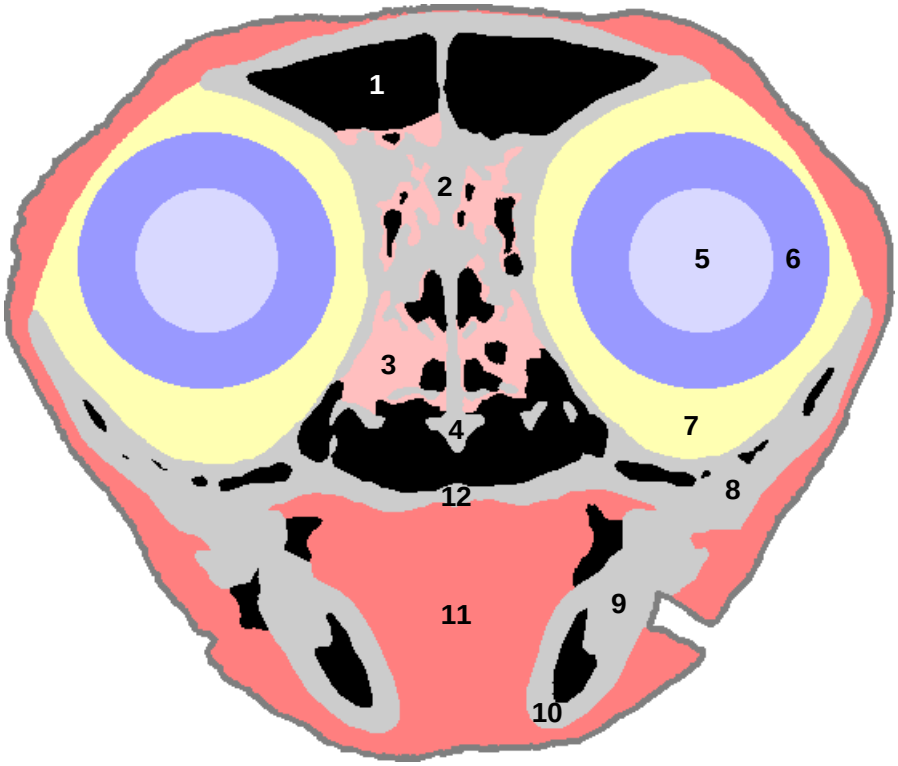


Abb. C2a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C2b

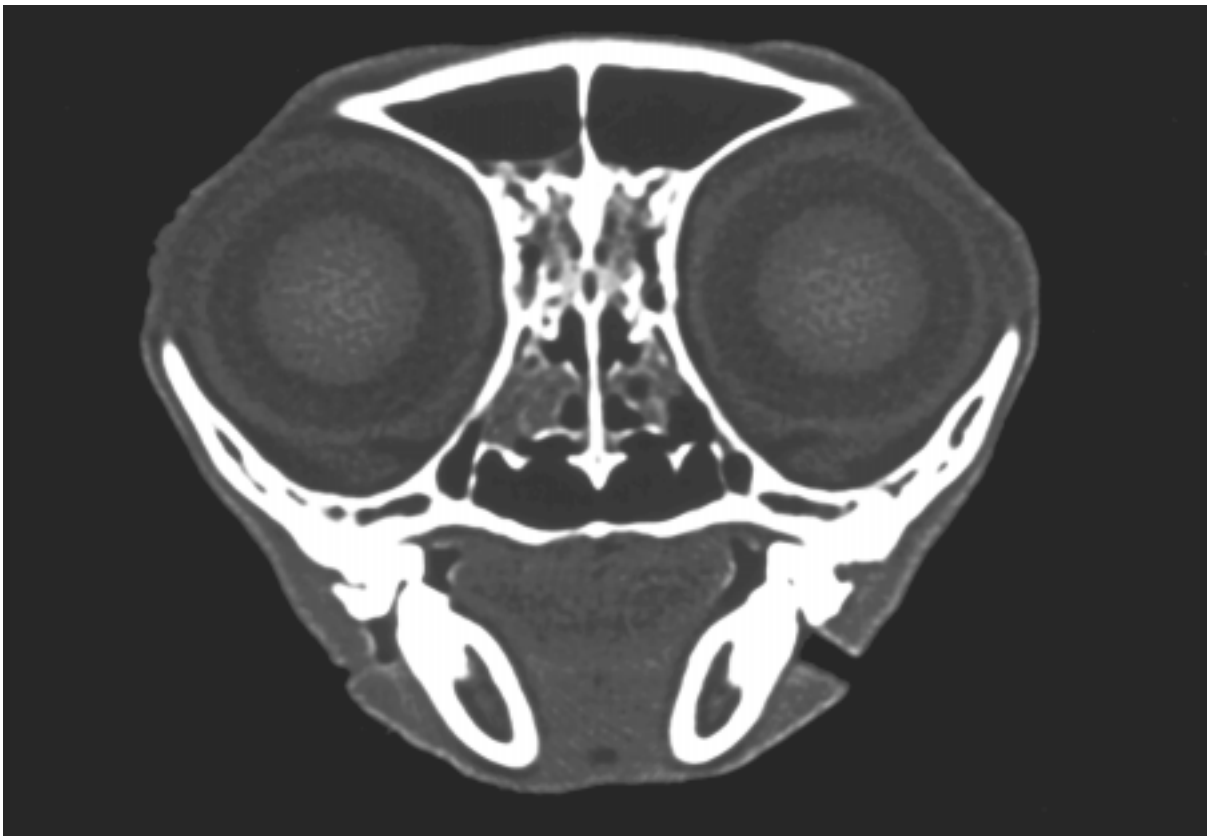


Abb. C2b Transversales CT-Bild durch die Orbita, Kopf, europäische Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

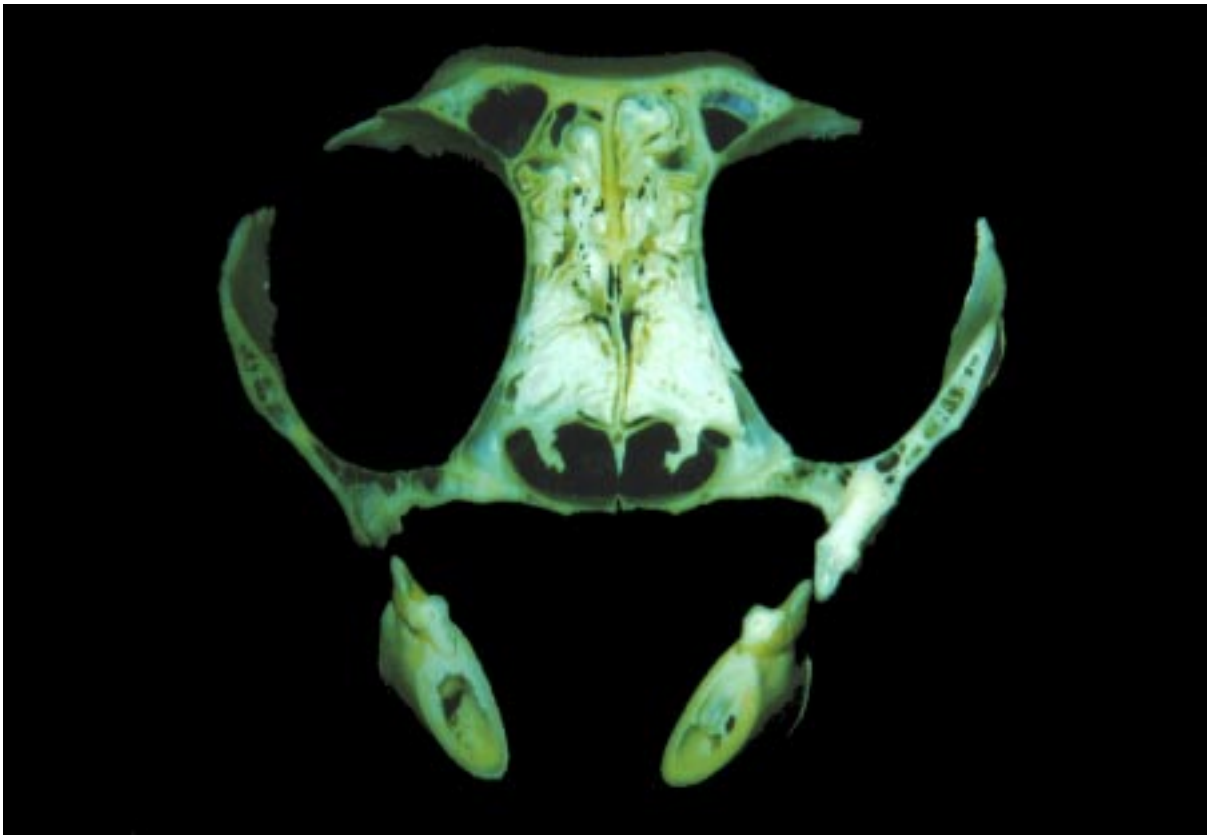
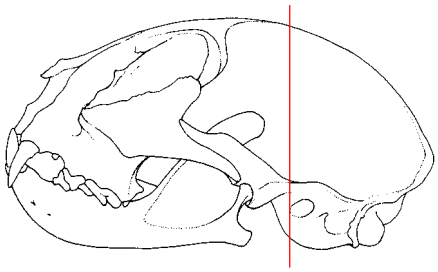


Abb. C2c Anatomisches Präparat zu Abbildung C2b

Querschnitt C3

Auf dem transversalen CT-Bild (Abb. C3b) werden von den knöchernen Strukturen im wesentlichen Schädelbasis und -wand, das Tentorium cerebelli osseum, das Os petrosum, das Cavum tympani mit der Paukenhöhlenscheidewand sowie Teile des Zungenbeins dargestellt. Weiterhin sind der Meatus acusticus externus und die Trachea sichtbar.

ca. Schichtorientierung:



1	Tentorium cerebelli osseum	6	Cavum tympani, laterale Etage
2	Os petrosum	7	Cavum tympani, kaudoventrale Etage
3	Os occipitale, Pars basilaris	8	Paukenhöhlenscheidewand
4	Auris externa	9	Cavum pharyngis
5	Meatus acusticus externus	10	Os hyoideum

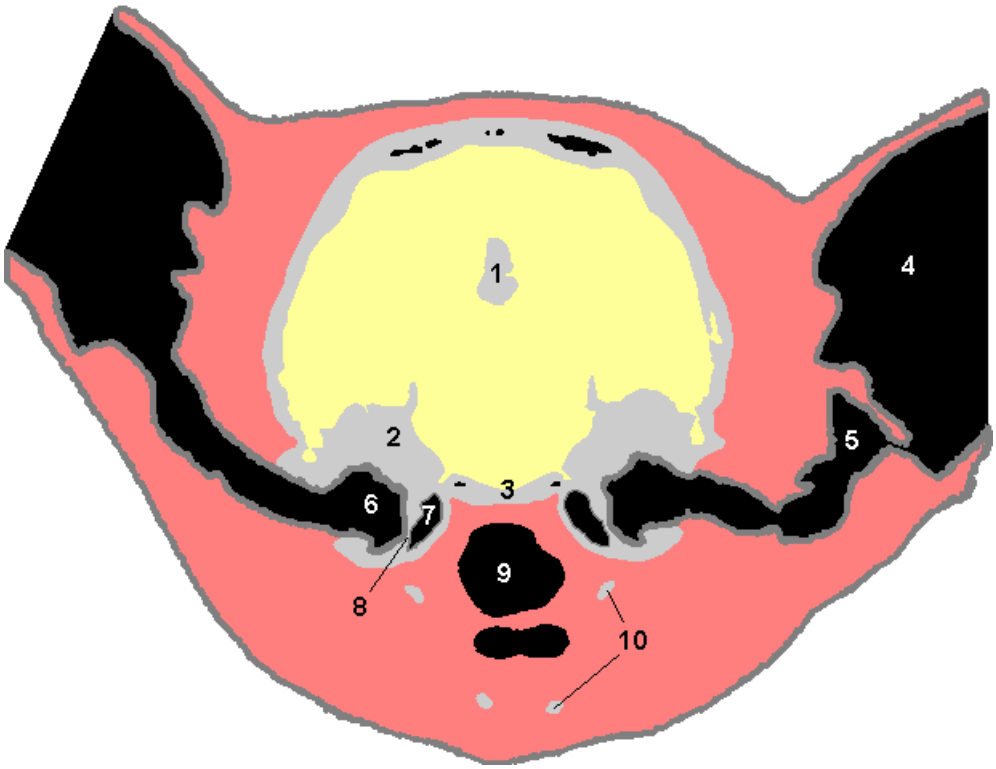


Abb. C3a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C3b

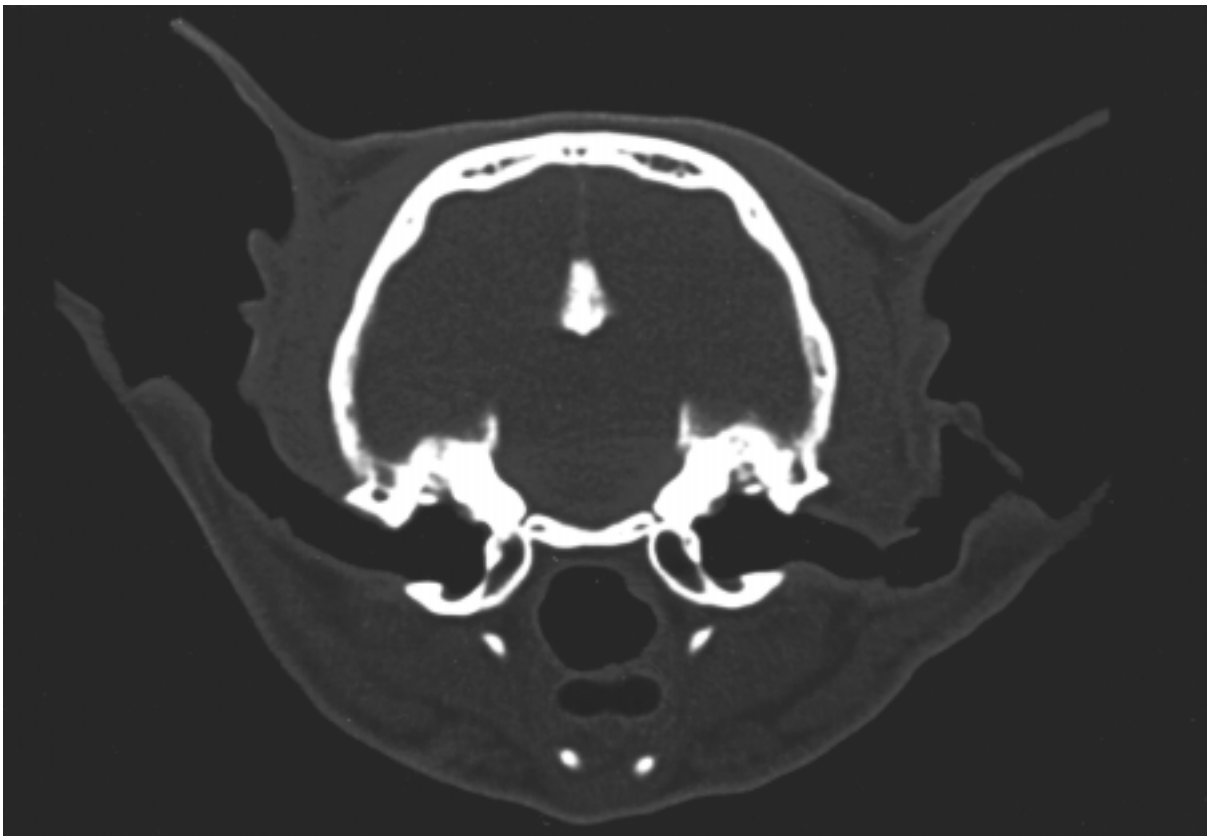


Abb. C3b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

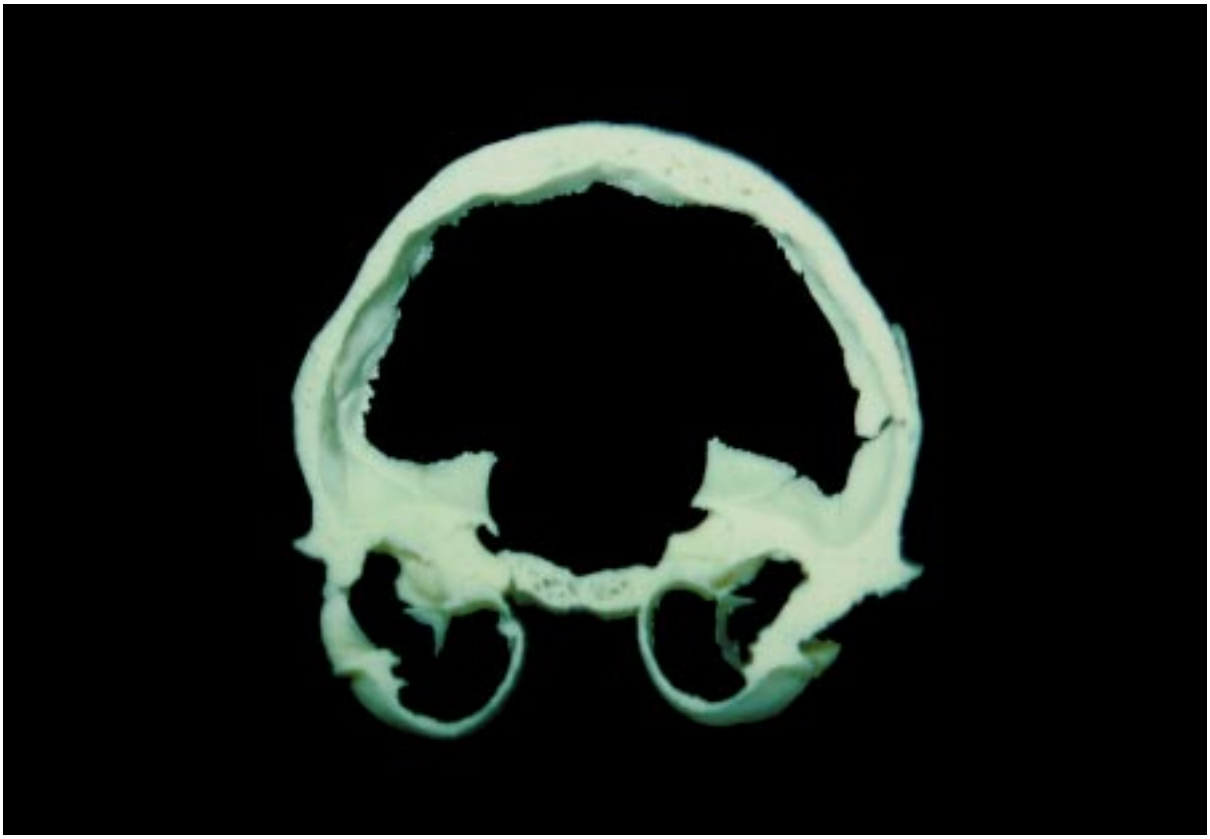
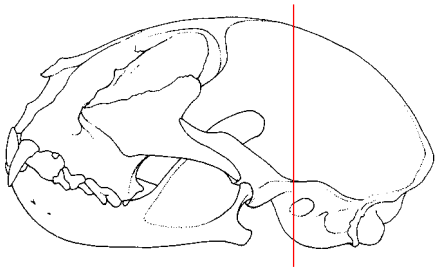


Abb. C3c Anatomisches Präparat zu Abbildung C3b

Querschnitt C4

Das transversale CT-Bild (Abb. C4b) durch den Meatus acusticus externus zeigt im wesentlichen Schädeldach und -wand, das Tentorium cerebelli osseum, das Os petrosum mit der Cochlea, das Cavum tympani mit der Paukenhöhlenscheidewand, Hammer und Amboß sowie Teile des Zungenbeins.

ca. Schichtorientierung:



1 Tentorium cerebelli osseum
2 Os petrosum
3 Cochlea
4 Hammer, Malleus
5 Amboß, Incus
6 Os occipitale, Pars basilaris
7 Auris externa
8 Meatus acusticus externus
9 Cavum tympani, laterale Etage
10 Cavum tympani, kaudoventrale Etage
11 Paukenhöhlenscheidewand
12 Cavum pharyngis
13 Os hyoideum

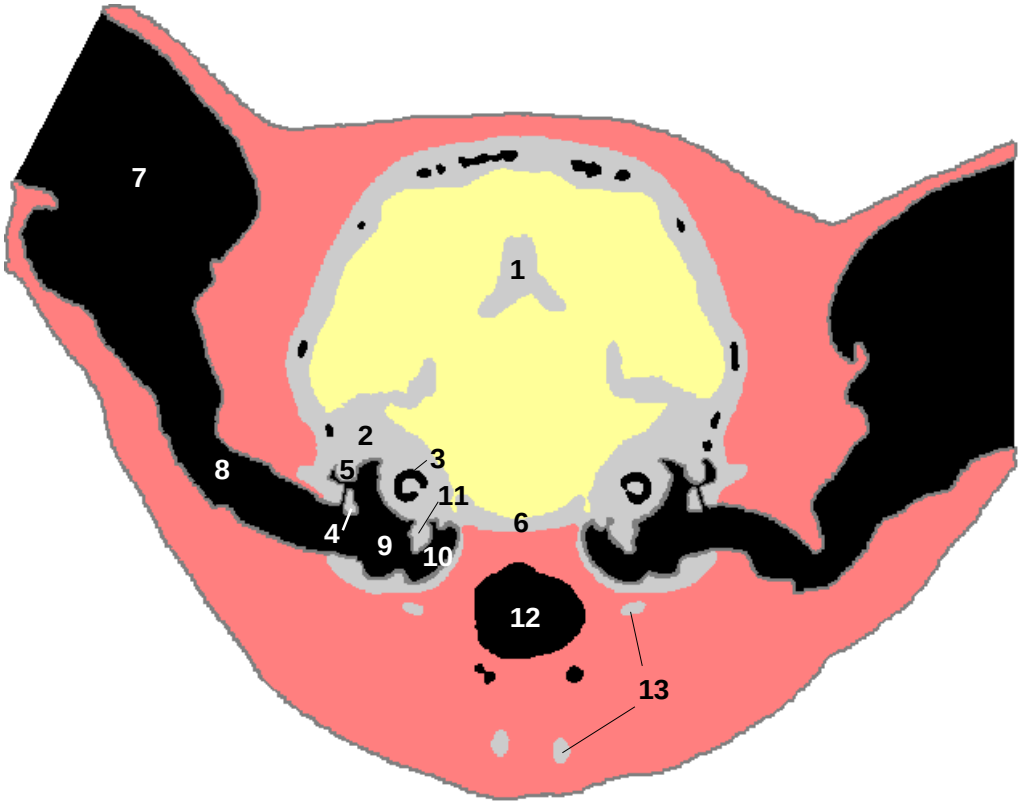


Abb. C4a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C4b

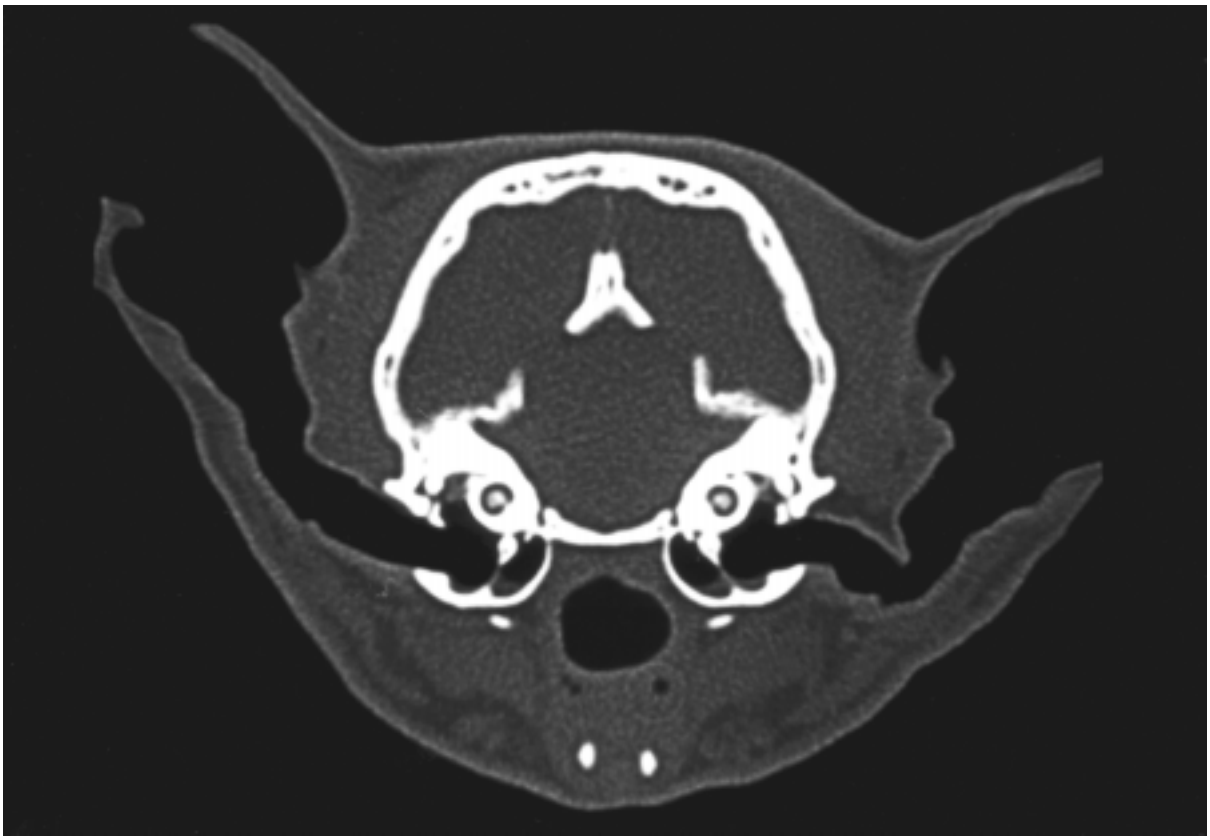


Abb. C4b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

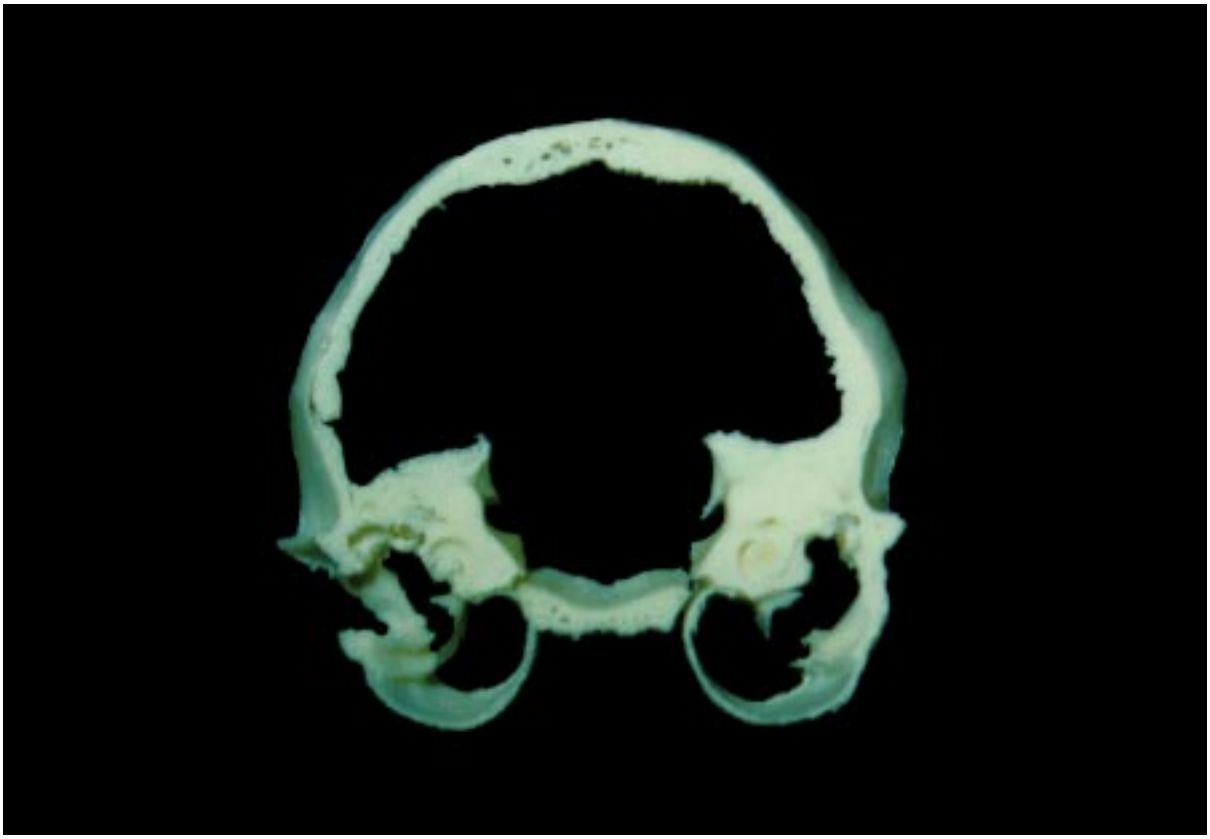
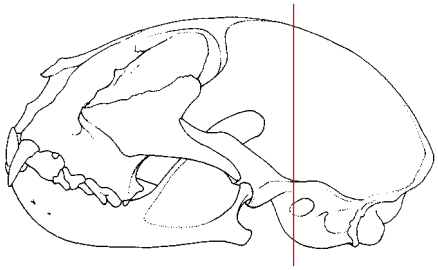


Abb. C4c Anatomisches Präparat zu Abbildung C4b

Querschnitt C5

Das transversale CT-Bild (Abb. C5b) wurde in der selben Schichtposition wie Querschnitt C4 aufgenommen. Es wurden jedoch andere Meßparameter verwendet (siehe Tabelle S.43).

ca. Schichtorientierung:



1	Tentorium cerebelli osseum	8	Meatus acusticus externus
2	Os petrosum	9	Cavum tympani, laterale Etage
3	Cochlea	10	Cavum tympani, kaudoventrale Etage
4	Hammer, Malleus	11	Paukenhöhlenscheidewand
5	Amboß, Incus	12	Cavum pharyngis
6	Os occipitale, Pars basilaris	13	Os hyoideum
7	Auris externa		

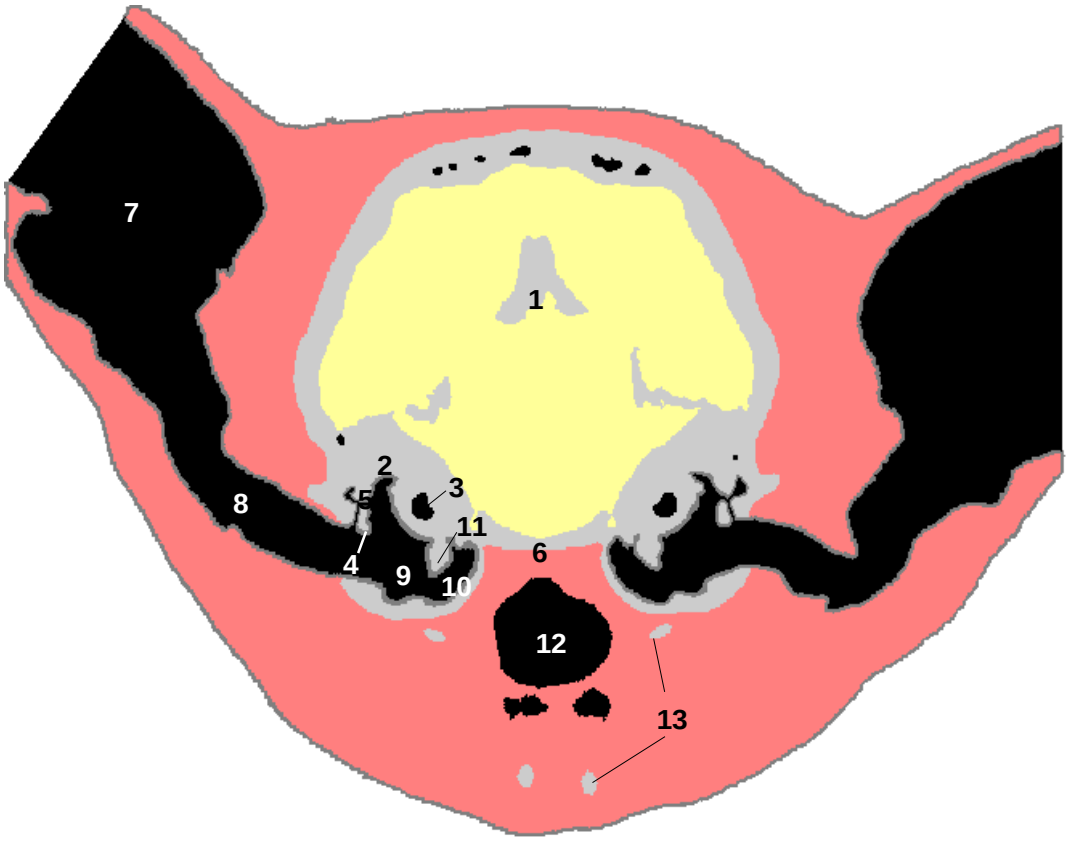


Abb. C5a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C5b

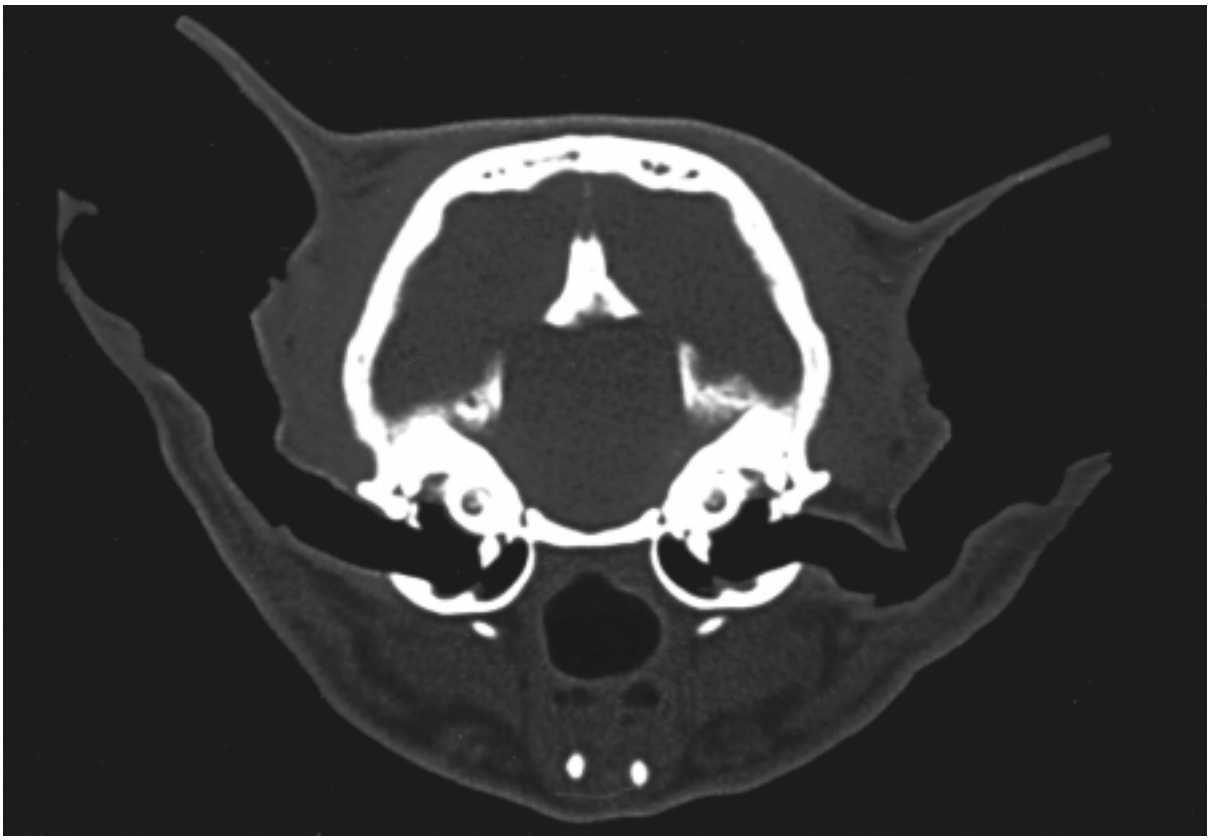


Abb. C5b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

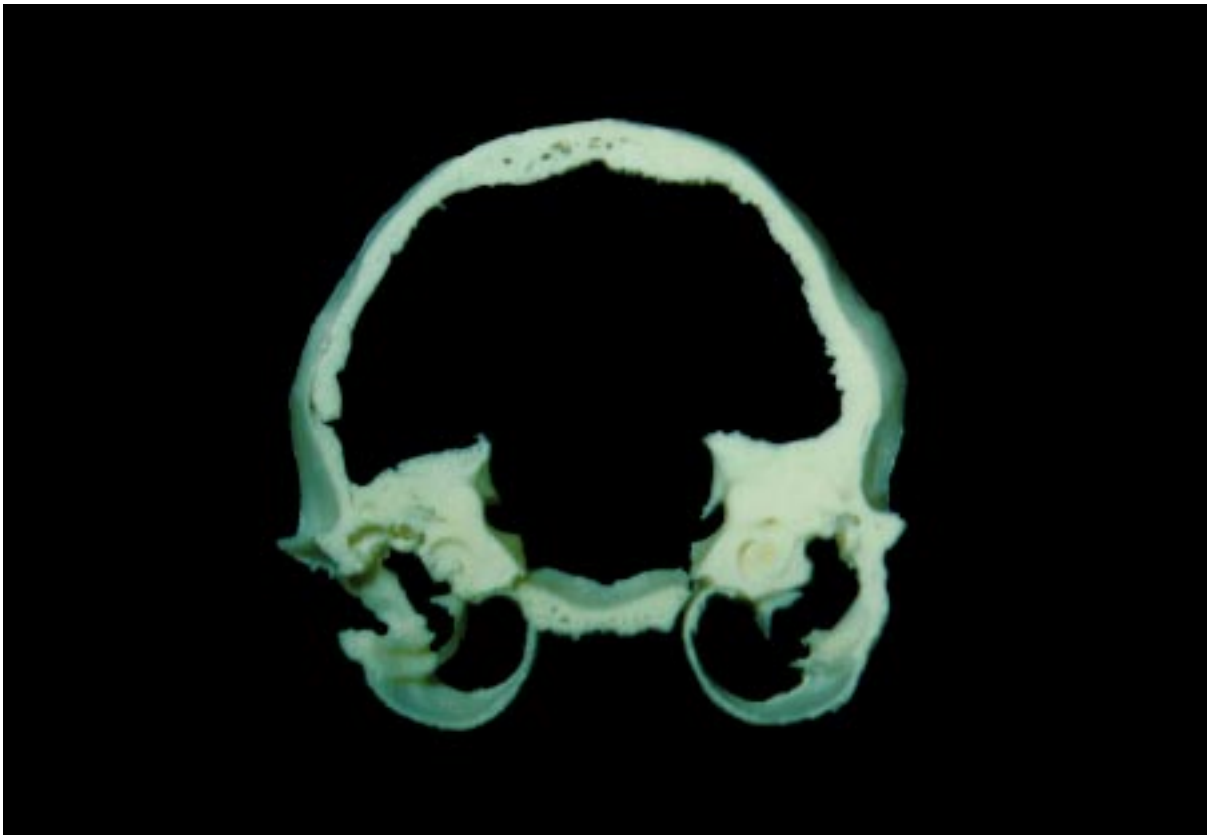
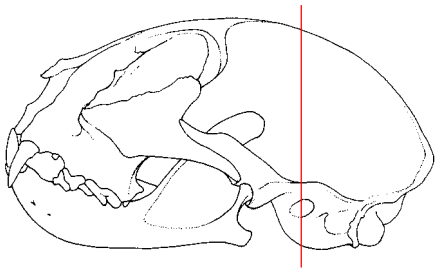


Abb. C5c Anatomisches Präparat zu Abbildung C5b

Querschnitt C6

Das transversale CT-Bild (Abb. C6b) durch den Meatus acusticus externus zeigt im wesentlichen Schädeldach und -wand, das Tentorium cerebelli osseum, das Os petrosum mit der Cochlea, das Cavum tympani mit der Paukenhöhlenscheidewand sowie Teile des Zungenbeins.

ca. Schichtorientierung:



1 Tentorium cerebelli osseum
2 Os petrosum
3 Cochlea
4 Os occipitale, Pars basilaris
5 Auris externa
6 Meatus acusticus externus
7 Cavum tympani, laterale Etage
8 Cavum tympani, kaudoventrale Etage
9 Paukenhöhlenscheidewand
10 Cavum pharyngis
11 Os hyoideum

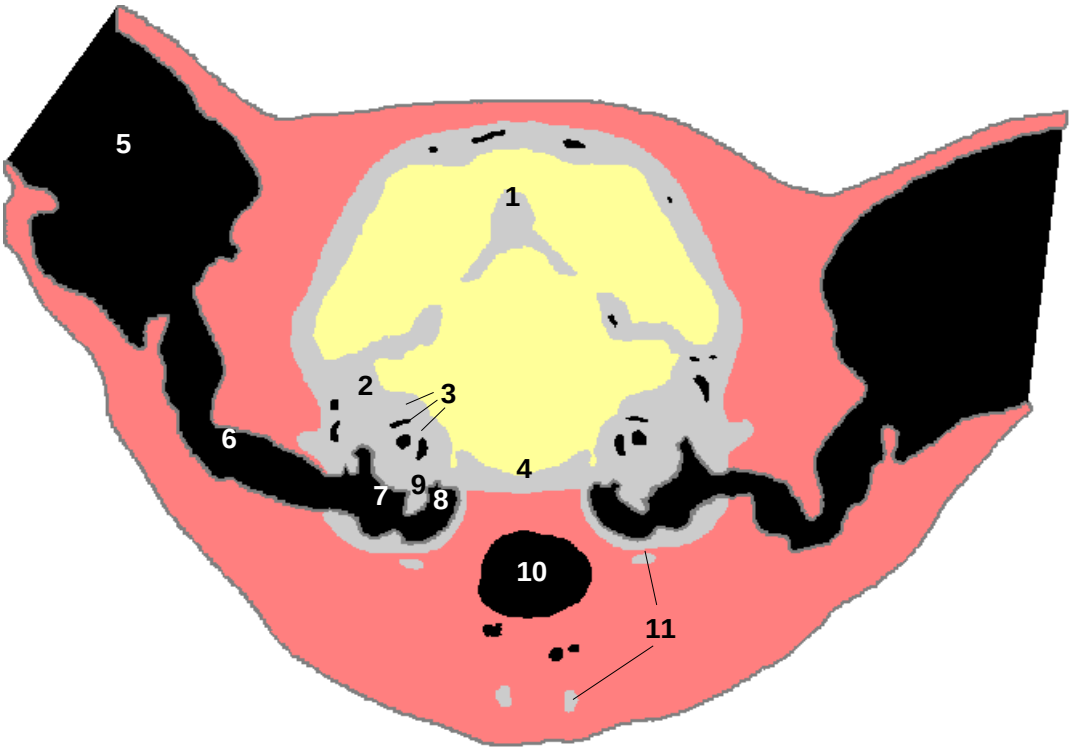


Abb. C6a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C6b

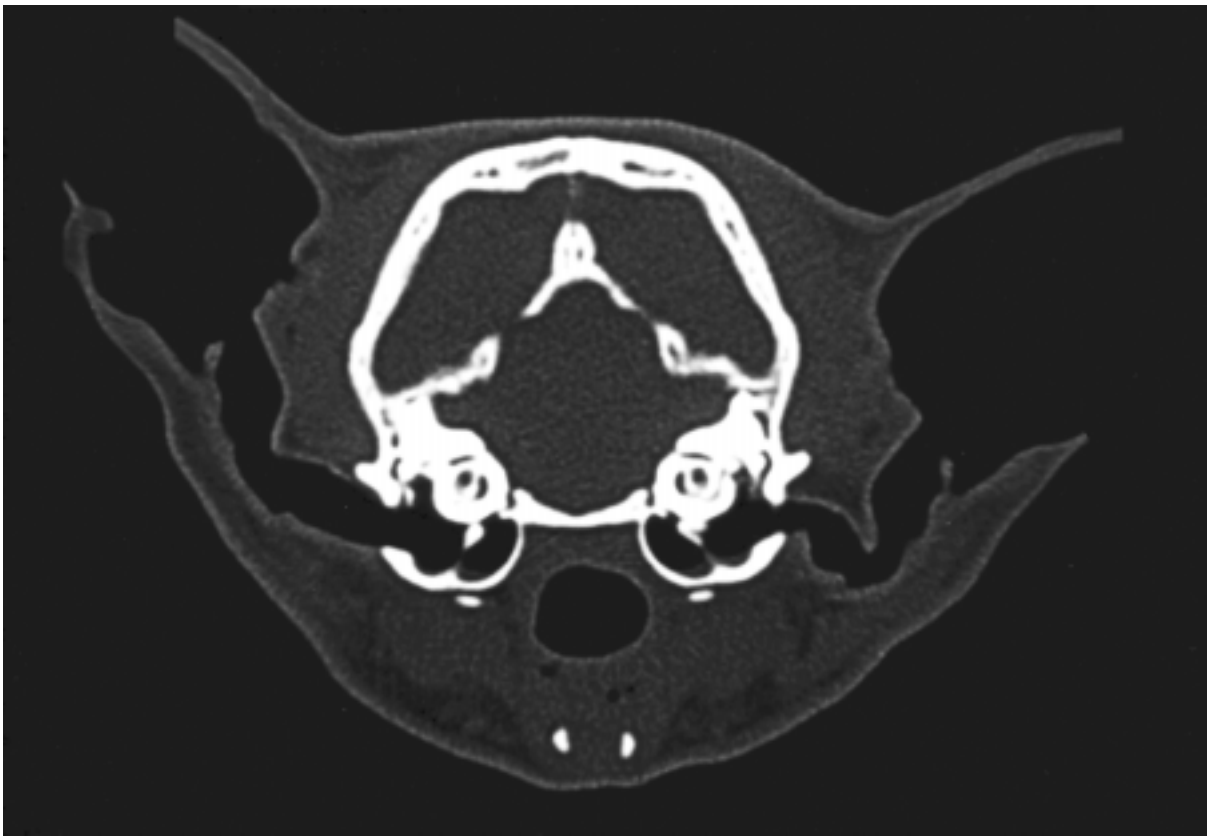


Abb. C6b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

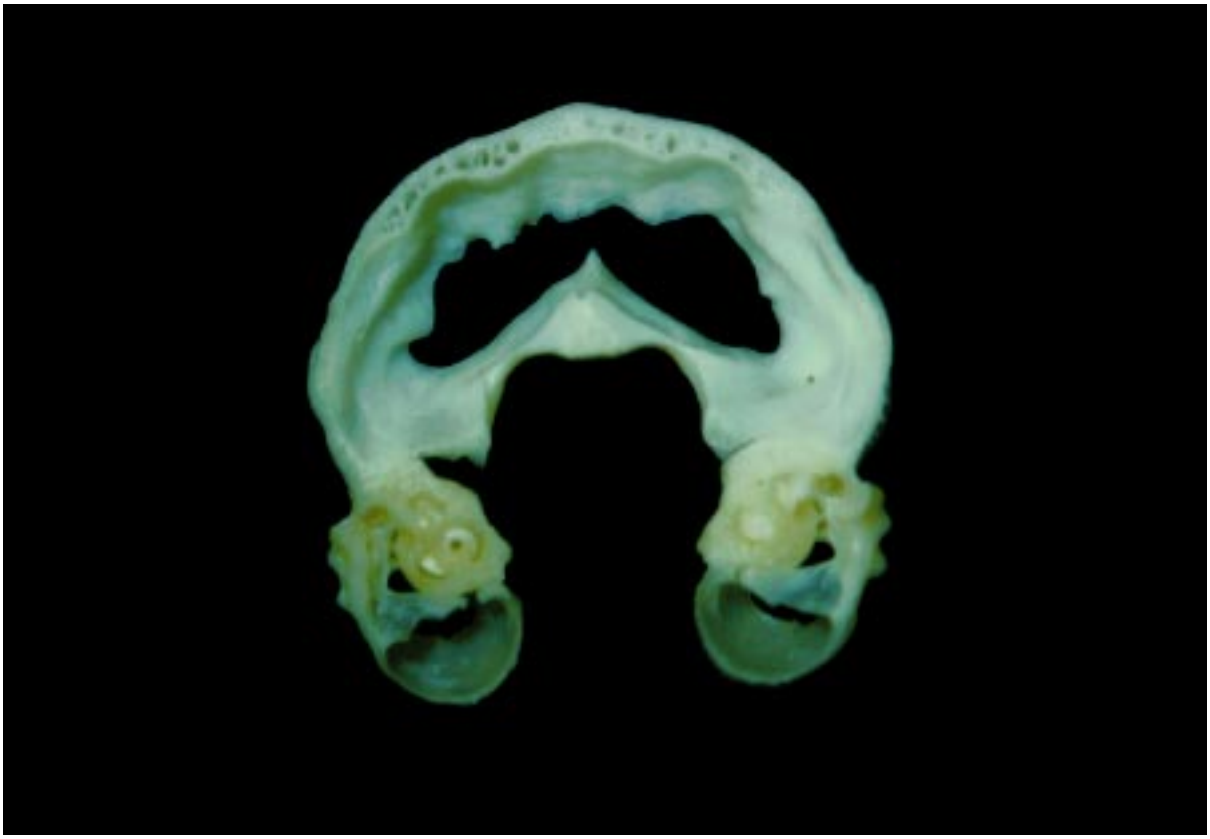
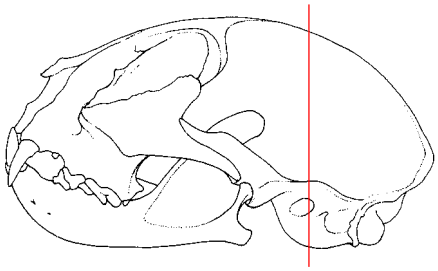


Abb. C6c Anatomisches Präparat zu Abbildung C6b

Querschnitt C7

Auf dem transversalen CT-Bild (Abb. C7b) sind neben Schädeldach und -wand, Tentorium cerebelli osseum und der Paukenhöhle besonders die Gehörknöchelchen, Amboß und Steigbügel, sowie die Scala tympani sichtbar.

ca. Schichtorientierung:



1	Tentorium cerebelli osseum	8	Auris externa
2	Os petrosum	9	Meatus acusticus externus
3	Scala tympani	10	Cavum tympani, laterale Etage
4	Ampulle des lateralen Bogenganges	11	Cavum tympani, kaudoventrale Etage
5	Amboß, Incus	12	Paukenhöhlenscheidewand
6	Steigbügel, Stapes	13	Cavum pharyngis
7	Os occipitale, Pars basilaris	14	Os hyoideum

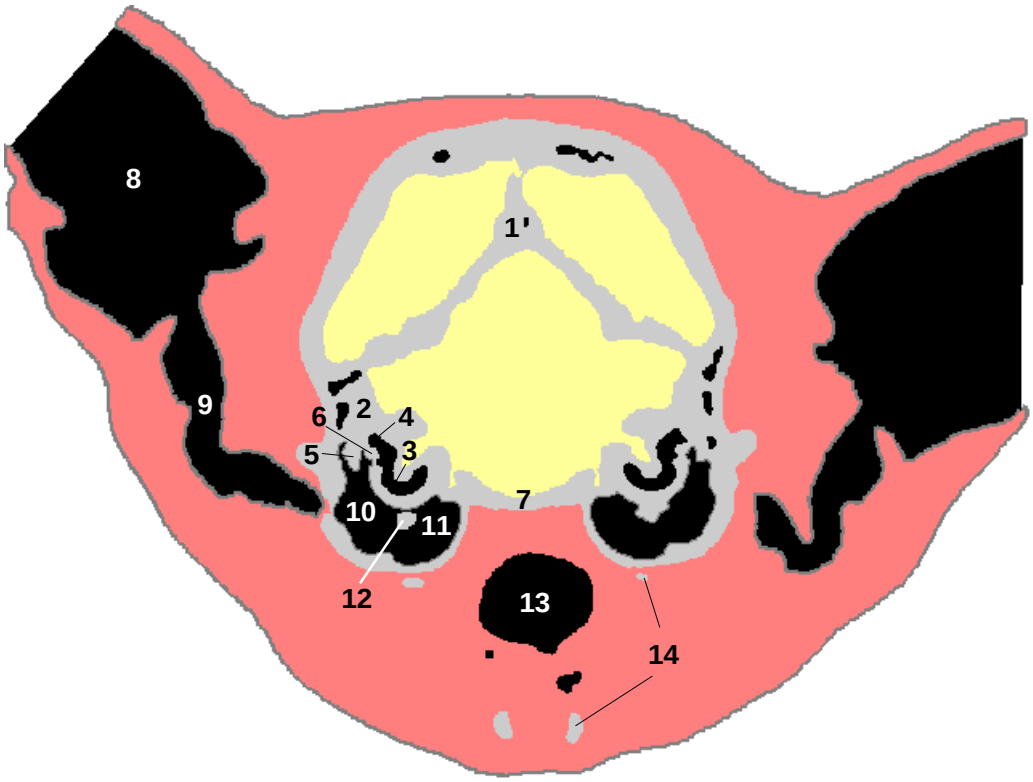


Abb. C7a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C7b

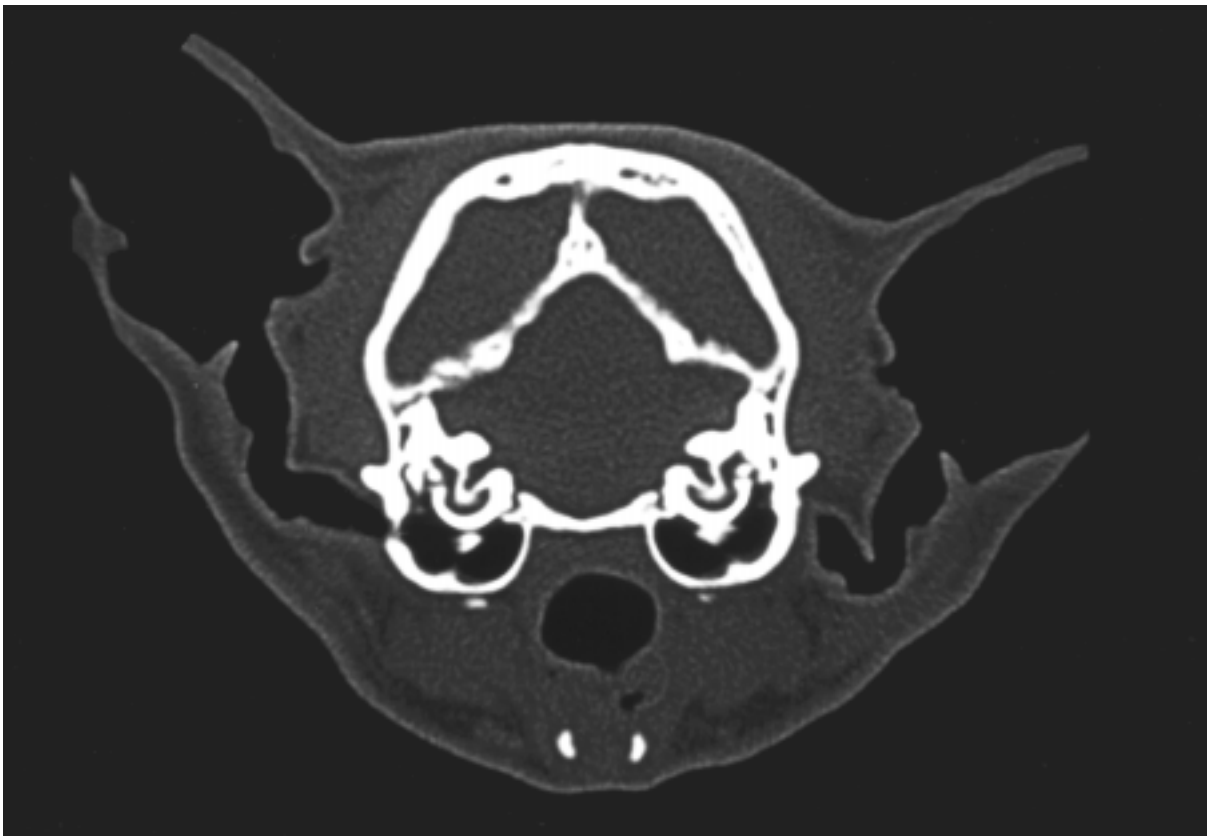


Abb. C7b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

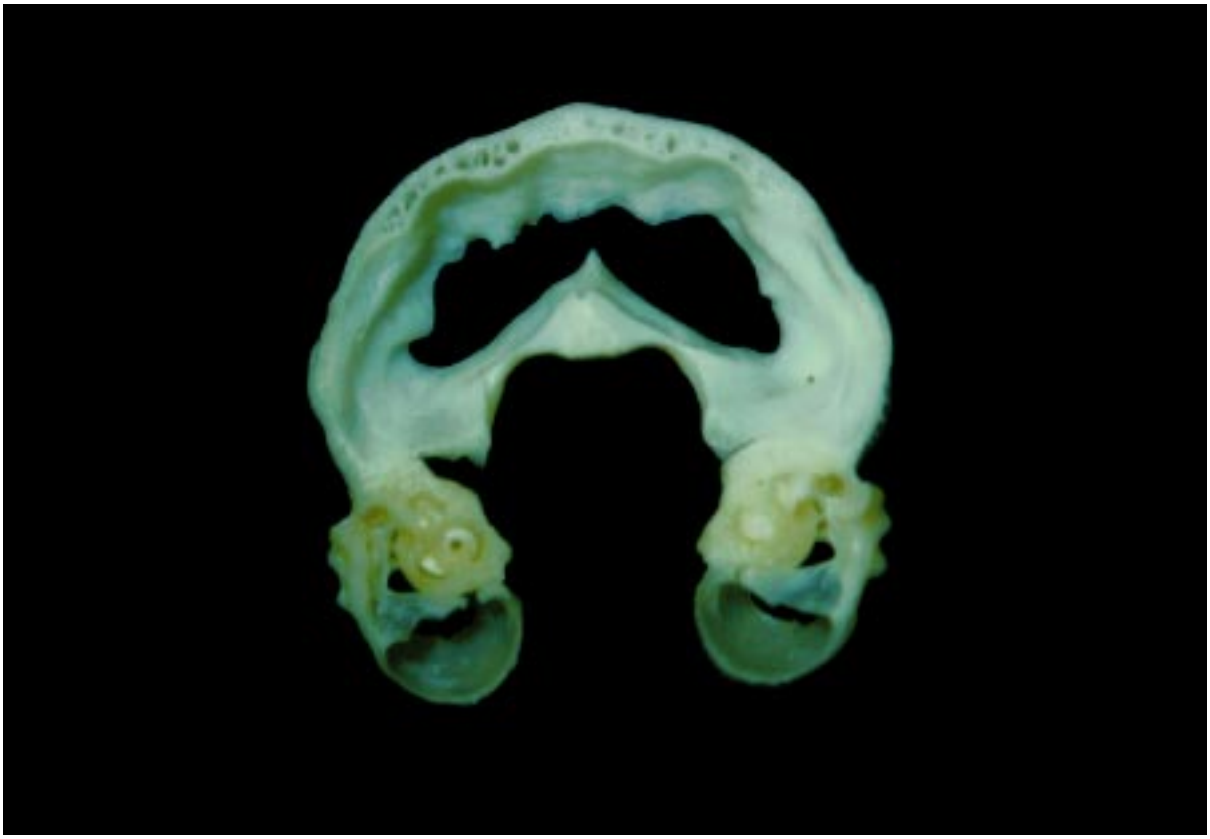
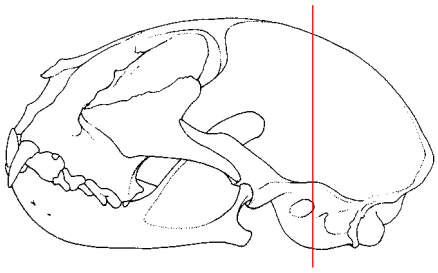


Abb. C7c Anatomisches Präparat zu Abbildung C7b

Querschnitt C8

Das transversale CT-Bild (Abb. C8b) durch den Meatus acusticus externus zeigt im wesentlichen Schädeldach und -wand, das Tentorium cerebelli osseum, das Os petrosum mit Strukturen des Innenohrs (Scala tympani und Vestibulum), das Cavum tympani mit der Paukenhöhlenscheidewand sowie Teile des Zungenbeins.

ca. Schichtorientierung:



1	Tentorium cerebelli osseum	7	Auris externa
2	Os petrosum	8	Meatus acusticus externus
3	Scala tympani	9	Cavum tympani
4	Vestibulum	10	Paukenhöhlenscheidewand
5	Recessus epitympanicus	11	Cavum pharyngis
6	Os occipitale, Pars basilaris	12	Os hyoideum

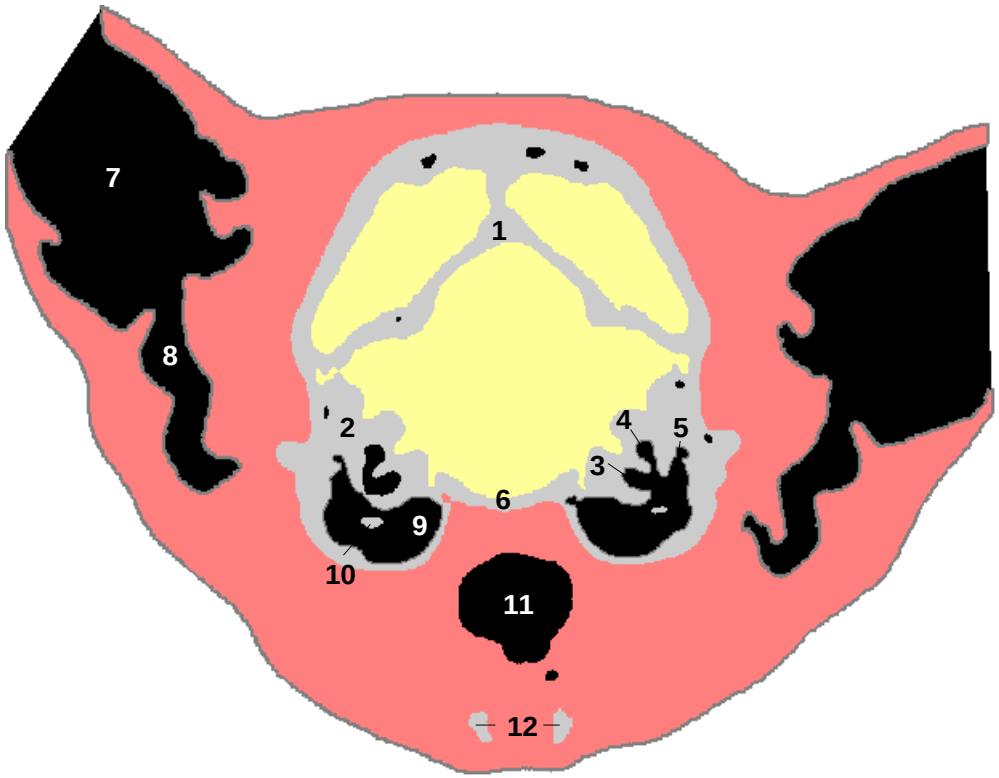


Abb. C8a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C8b

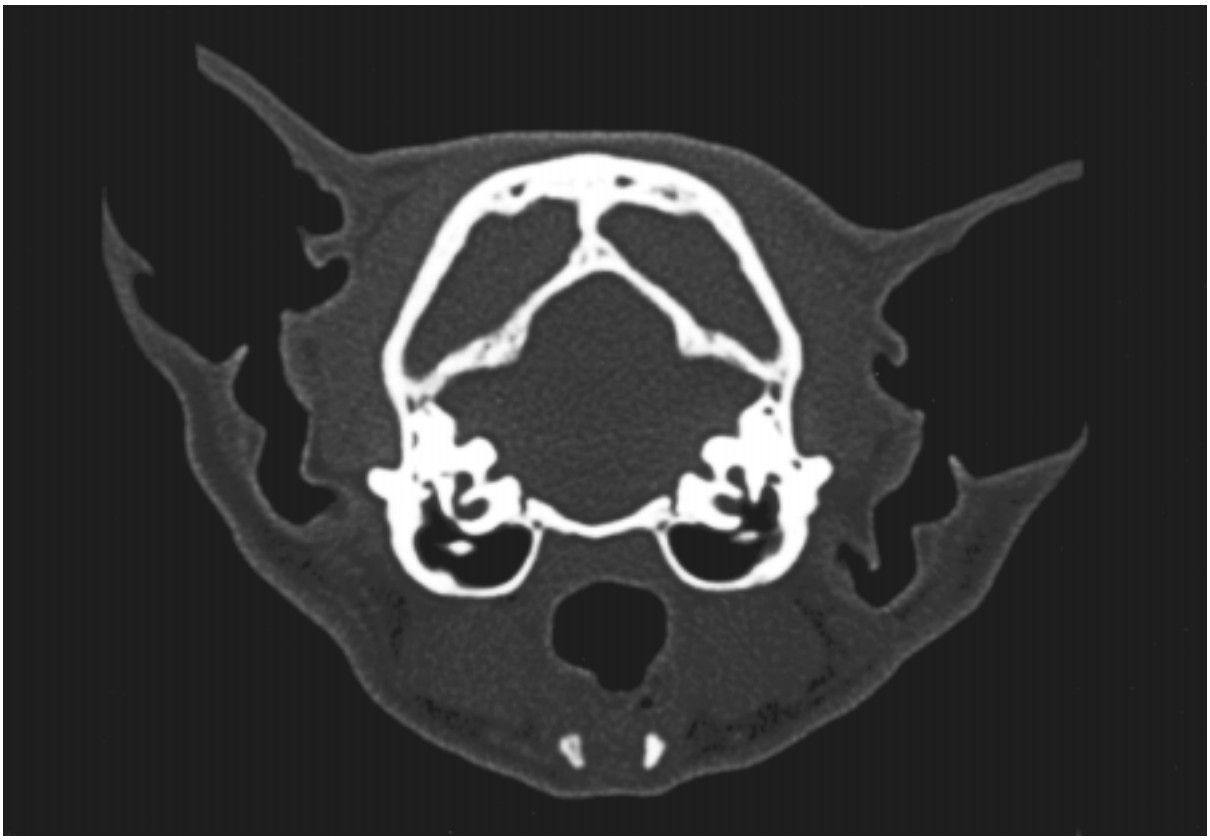


Abb. C8b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

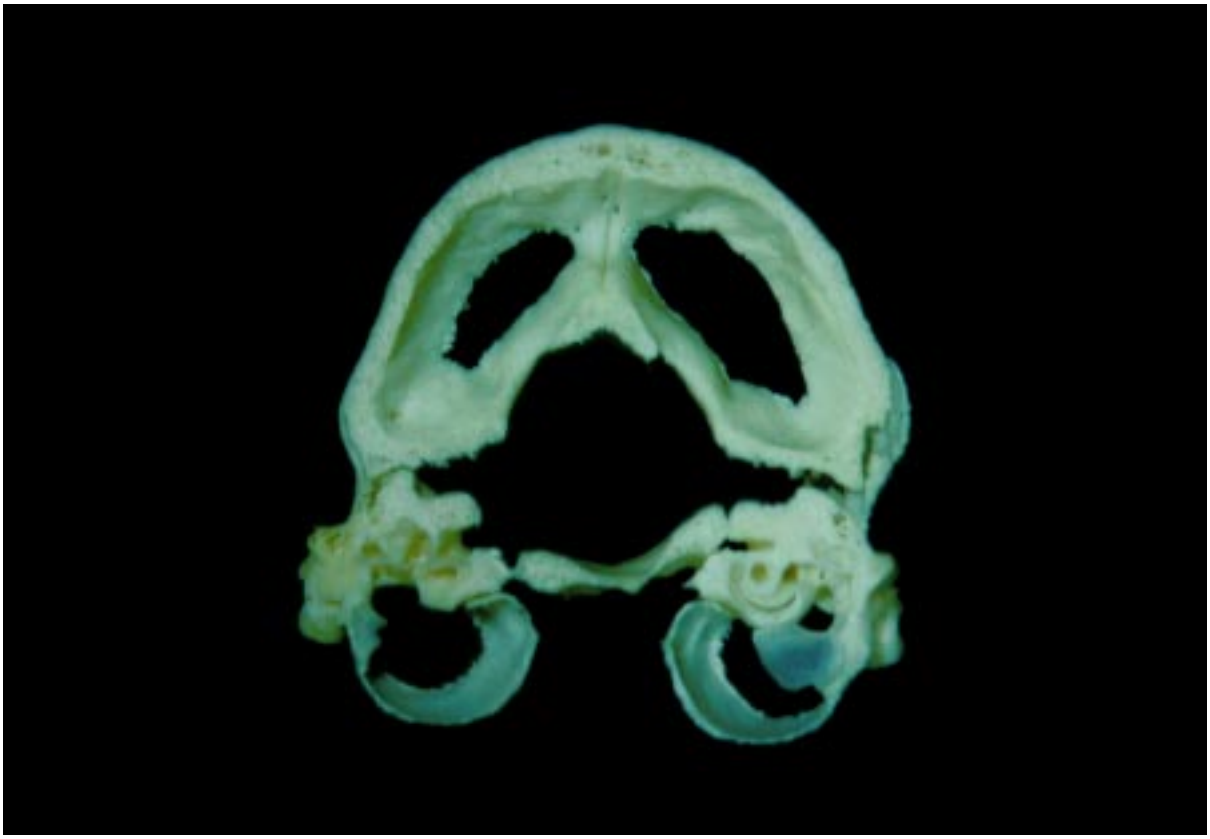
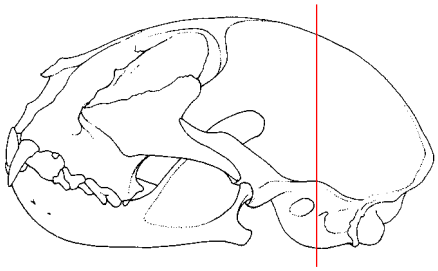


Abb. C8c Anatomisches Präparat zu Abbildung C8b

Querschnitt C9

Das transversale CT-Bild (Abb. C9b) zeigt im wesentlichen Schädeldach und -wand, das Tentorium cerebelli osseum, das Os petrosum mit Vestibulum, das Os occipitale, Pars basilaris, das Cavum tympani sowie Teile des Zungenbeins.

ca. Schichtorientierung:



1 Tentorium cerebelli osseum
2 Os petrosum
3 Vestibulum
4 Os occipitale, Pars basilaris
5 Auris externa
6 Meatus acusticus externus
7 Cavum tympani
8 Cavum pharyngis
9 Os hyoideum

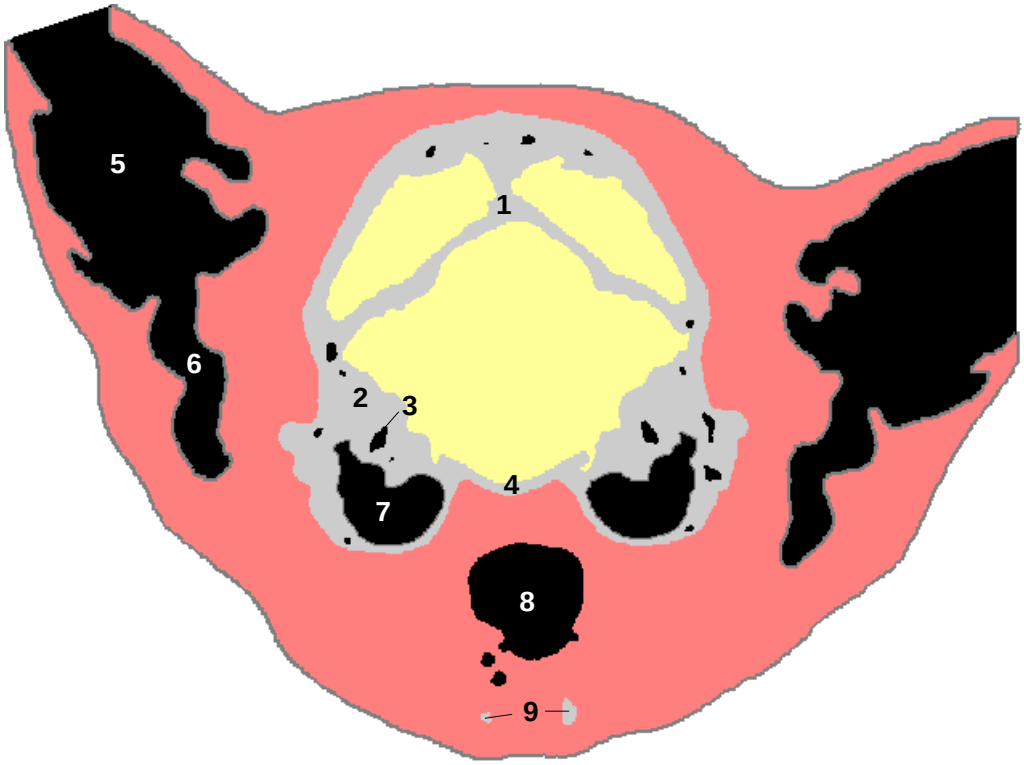


Abb. C9a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C9b

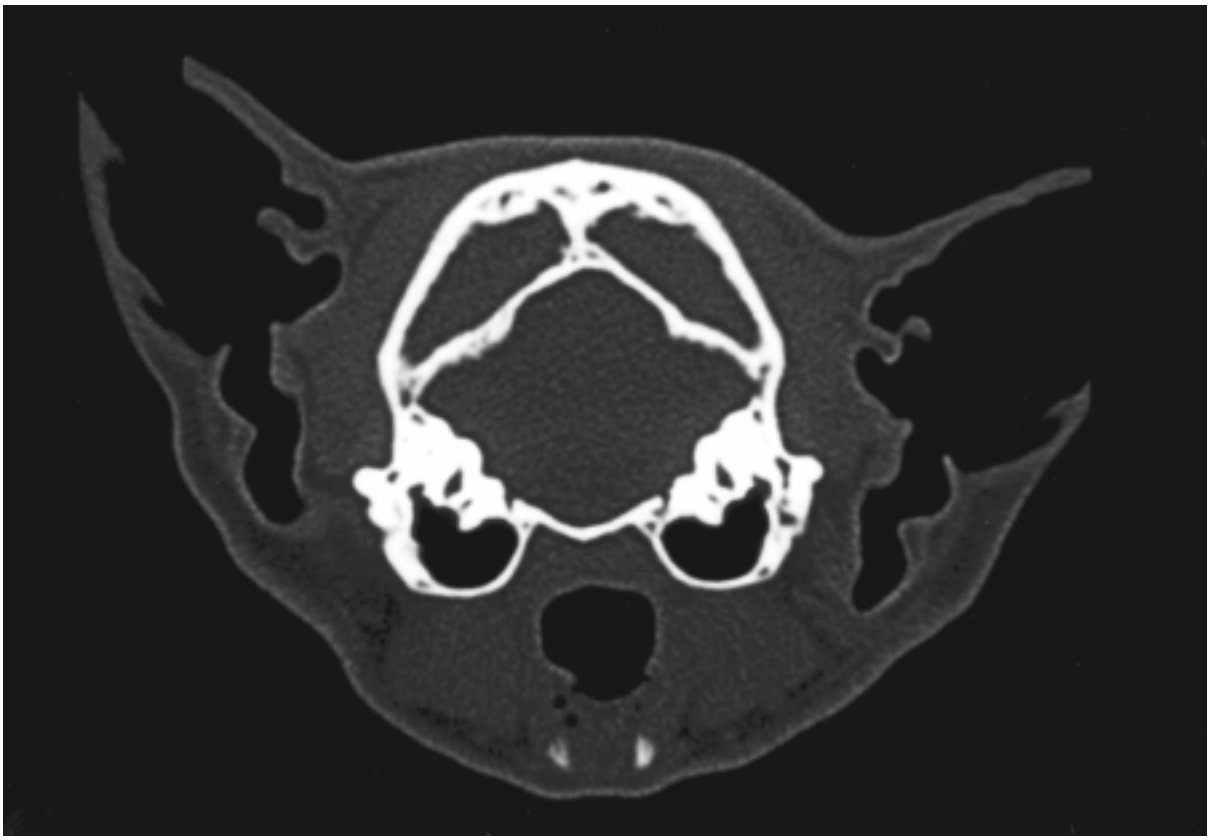


Abb. C9b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

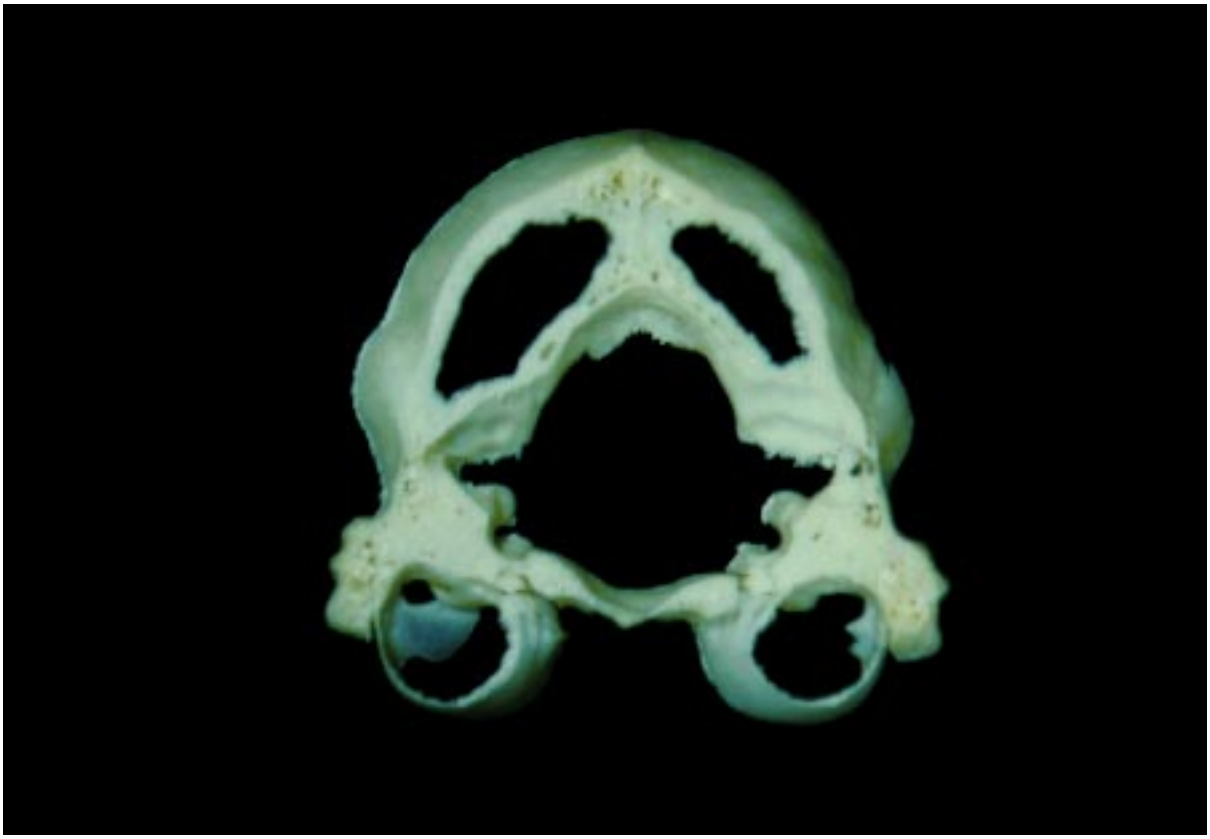
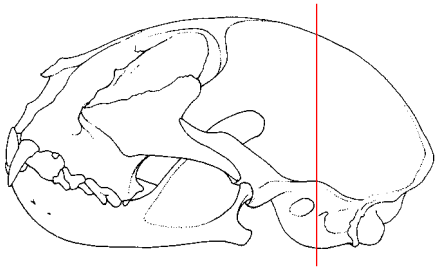


Abb. C9c Anatomisches Präparat zu Abbildung C9b

Querschnitt C10

Das transversale CT-Bild (Abb. C10b) wurde in der selben Schichtposition wie Querschnitt C9 aufgenommen. Es wurden jedoch andere Meßparameter verwendet (siehe Tabelle S.43).

ca. Schichtorientierung:



1	Tentorium cerebelli osseum	6	Meatus acusticus externus
2	Os petrosum	7	Cavum tympani
3	Vestibulum	8	Cavum pharyngis
4	Os occipitale, Pars basilaris	9	Os hyoideum
5	Auris externa		

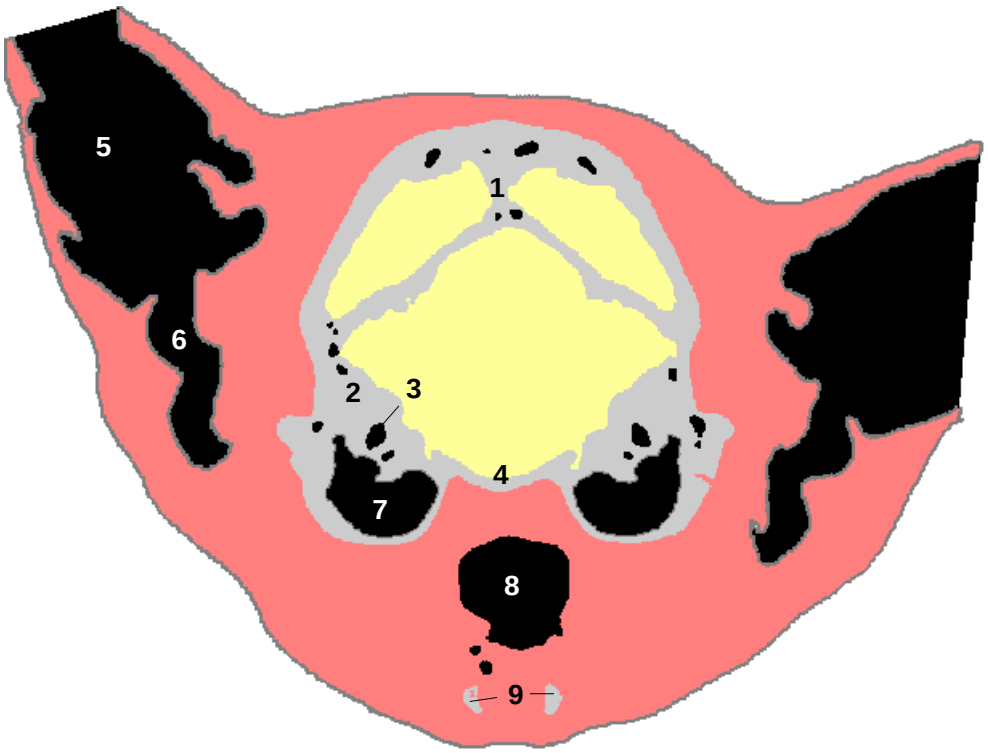


Abb. C10a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C10b

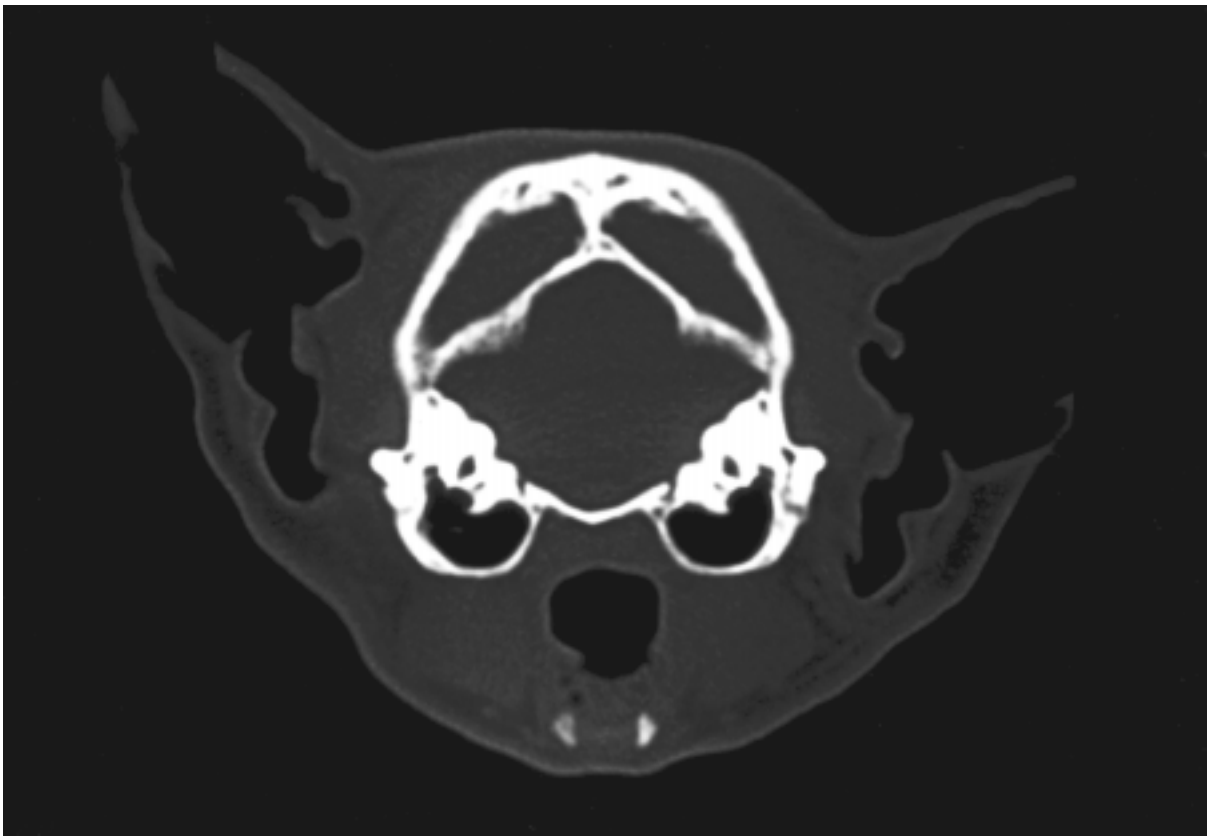


Abb. C10b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

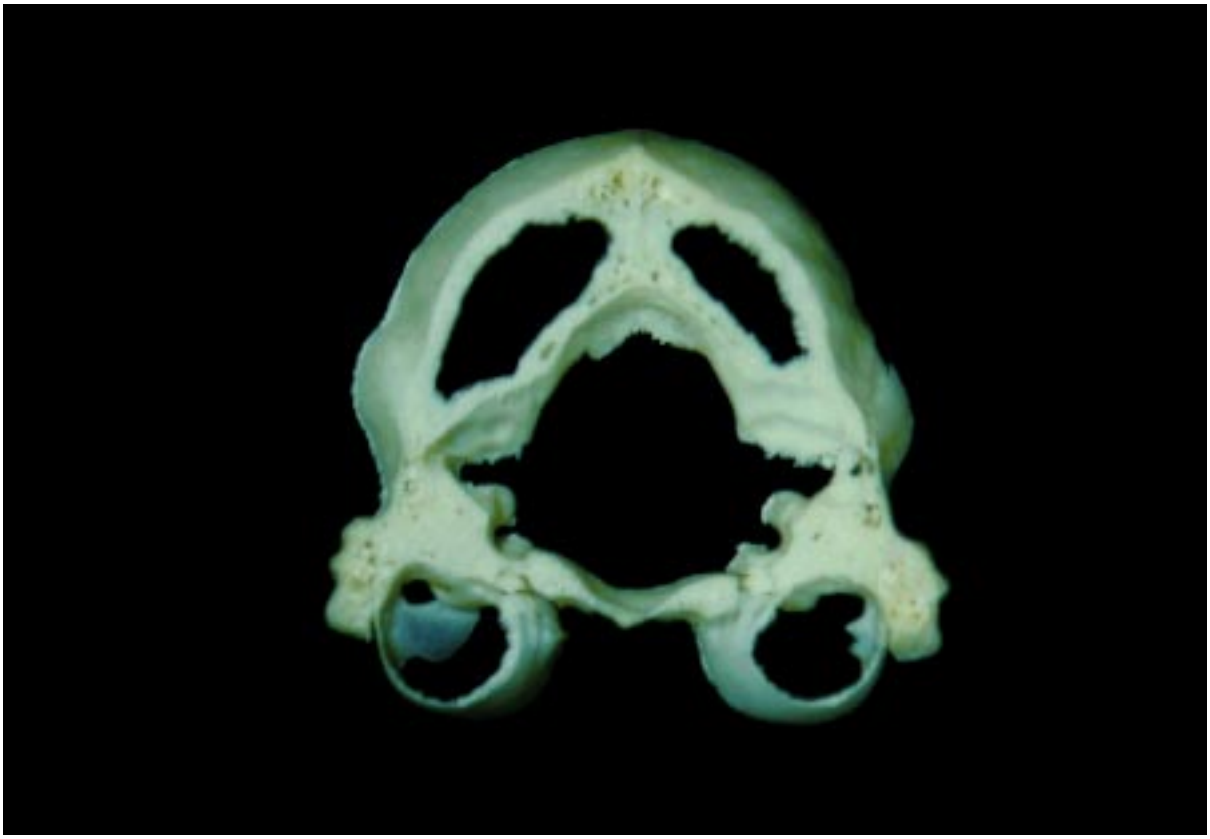
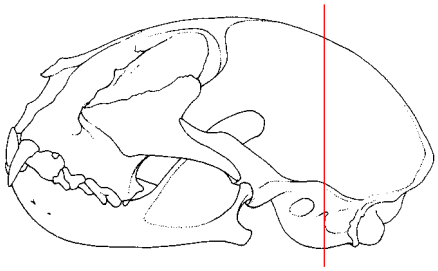


Abb. C10c Anatomisches Präparat zu Abbildung C10b

Querschnitt C11

Das transversale CT-Bild (Abb. C11b) zeigt im wesentlichen Schädeldach und -wand, das Tentorium cerebelli osseum, das Os petrosum mit Vestibulum, das Os occipitale, Pars basilaris, das Cavum tympani sowie den ersten Halswirbel, Atlas.

ca. Schichtorientierung:



1 Tentorium cerebelli osseum
2 Os petrosum
3 Vestibulum
4 Os occipitale, Pars basilaris
5 Auris externa
6 Meatus acusticus externus
7 Cavum tympani
8 Cavum pharyngis
9 Atlas

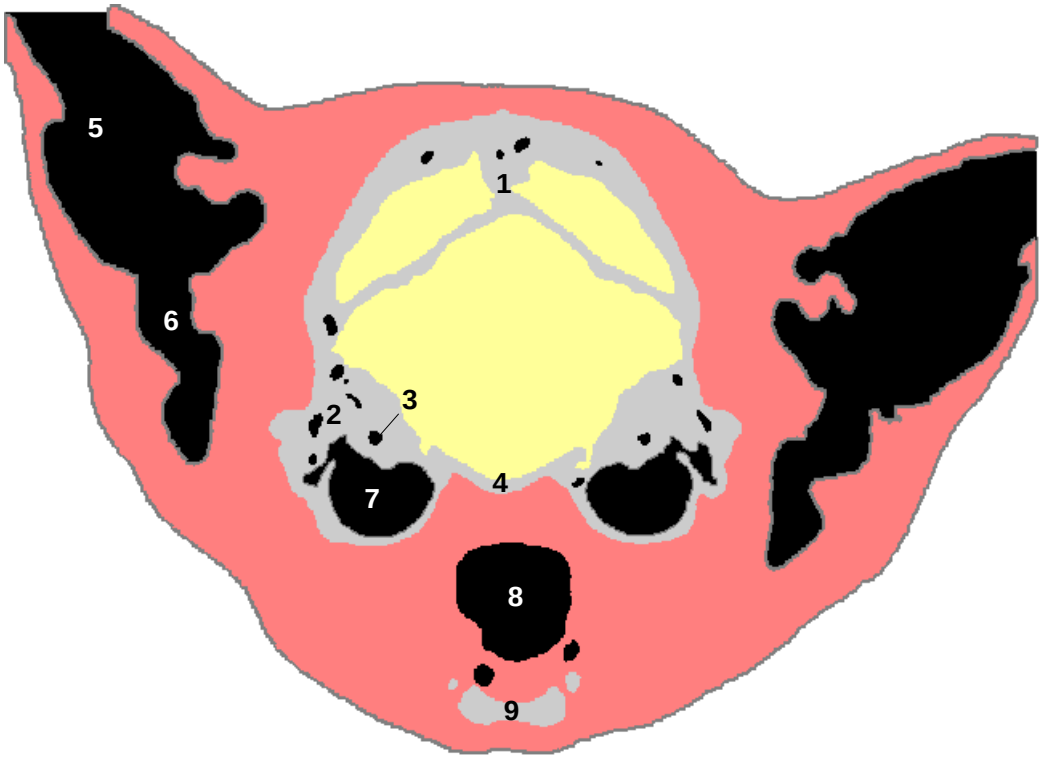


Abb. C11a Schematische Zeichnung zum CT-Bild Abbildung C11b

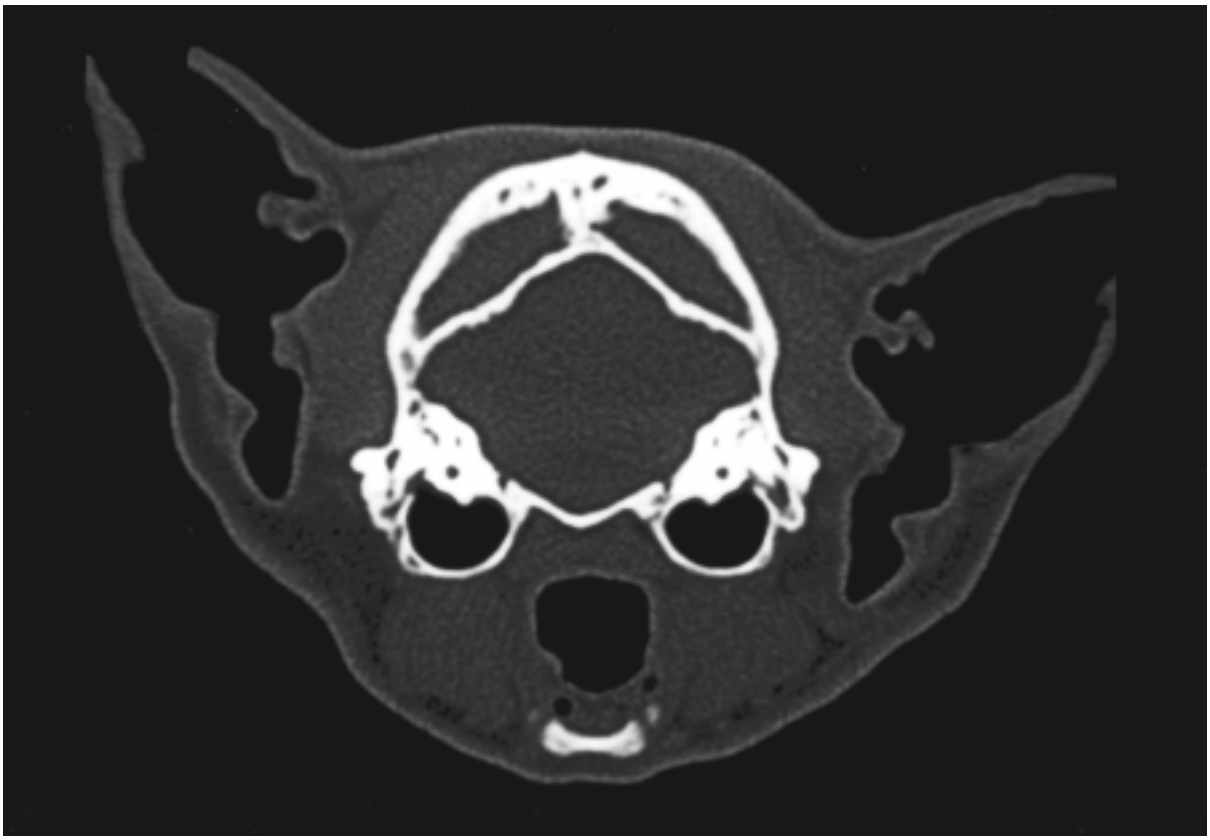


Abb. C11b Transversales CT-Bild durch den Gehörgang, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weiblich, ca. 2 Jahre

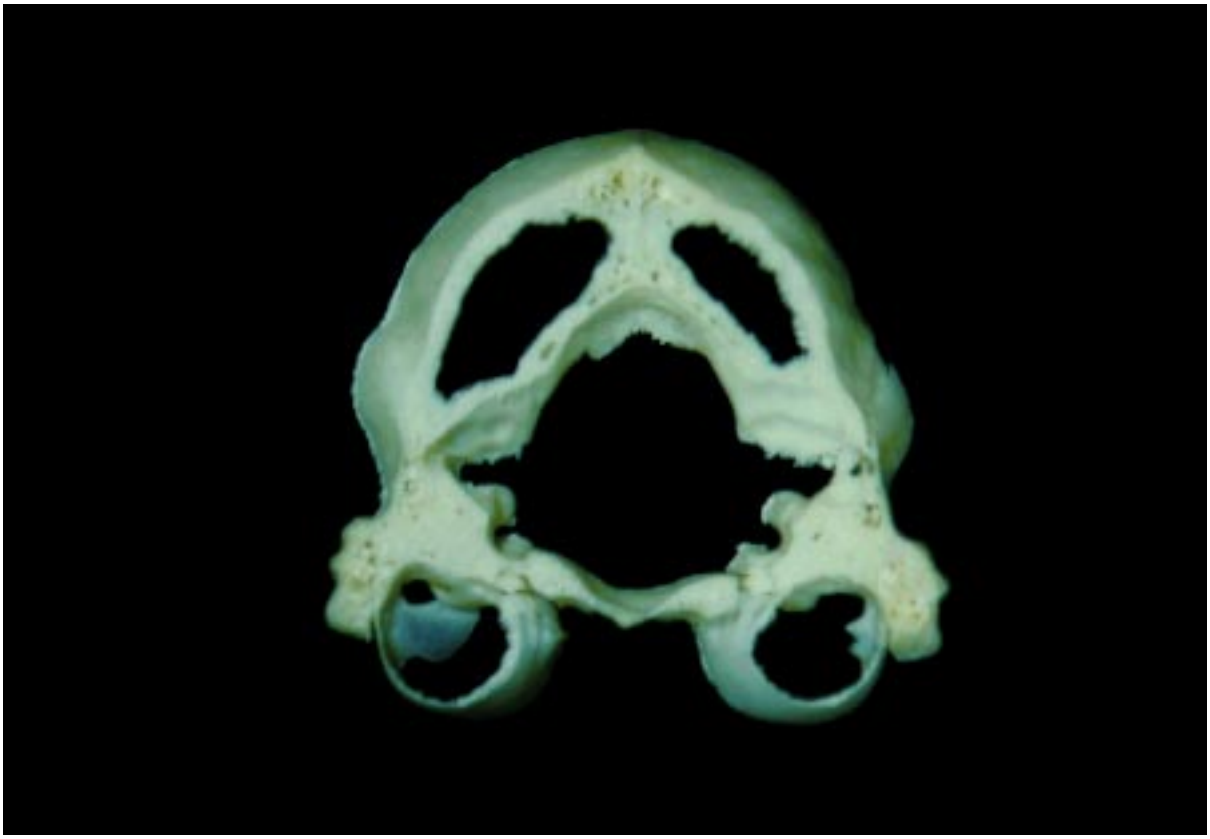


Abb. C11c Anatomisches Präparat zu Abbildung C11b

3.2.2 Querschnittanatomie mit entsprechenden MRT-Aufnahmen, transversal, sagittal, horizontal

Bei der kernspintomographischen Untersuchung wurden Transversalschnitte, Sagittalschnitte sowie Schnitte in schrägen Richtungen, die zur Horizontalebene einen Winkel von ca. 30° bilden, erstellt. Diese durch die Rückenlagerung der Katze bedingten schrägen Schnittrichtungen werden im folgenden als Horizontalschnitte bzw. horizontale MRT-Bilder bezeichnet.
Eine grobe Orientierung über die in der jeweiligen Schnittebene getroffenen Strukturen vermitteln die schematischen Projektionsbilder des Kopfes.

Meßparameter

MRT-Bild	TR in ms	TE in ms	SL in mm	FOV in mm
transversal				
M1	580	15	3,0	120
M2	580	15	3,0	120
M3	580	15	3,0	120
M4	580	15	3,0	120
M5	580	15	3,0	120
M6	580	15	3,0	120
M7	580	15	3,0	120
sagittal				
M8	2845	20	3,0	150
M9	2845	20	3,0	150
M10	2845	20	3,0	150
M11	2845	20	3,0	150
M12	2845	20	3,0	150
M13	2845	20	3,0	150
horizontal				
M14	2845	20	3,0	150
M15	2845	20	3,0	150
M16	2845	20	3,0	150
M17	2845	20	3,0	150
M18	2845	20	3,0	150
M19	550	15	2,0	150
M20	550	15	2,0	150
M21	550	15	2,0	150
M22	550	15	2,0	150
M23	550	15	2,0	150
M24	514	15	2,0	150

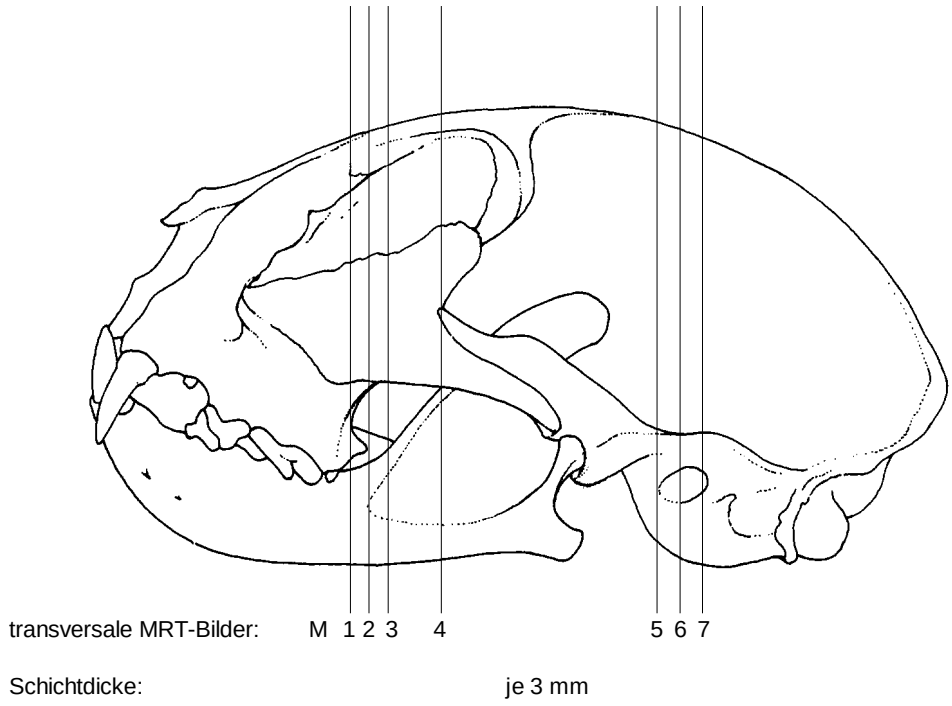
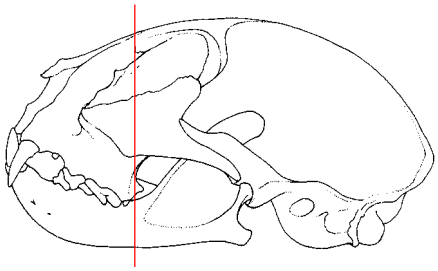


Abb. 11 Schnittebenen der T1-betonten transversalen MRT-Bilder, Kopf, Katze

Querschnitt M1

Auf dem transversalen T1-gewichteten MRT-Bild (Abb. M1b) durch die Orbita werden von den Strukturen des Auges die Linse, Lens oculi, der Glaskörper, Corpus vitreum, sowie das intraorbitale Fettgewebe, Corpus adiposum orbitae, abgebildet. Weiterhin sind die Schleimhaut der Nasenmuscheln, Conchae nasales, sowie die Gaumenschleimhaut sichtbar. Die Kortikalis des Unterkiefers, Mandibula, erscheint schwarz, während die Knochenmarkhöhle weiß dargestellt wird.

ca. Schichtorientierung:



1 Sinus frontalis
2 Septum nasi
3 Schleimhaut der Conchae nasales
4 Lens oculi
5 Corpus vitreum
6 Corpus adiposum orbitae
7 Schleimhaut des Palatum durum
8 Mandibula

Abb. M1a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M1b

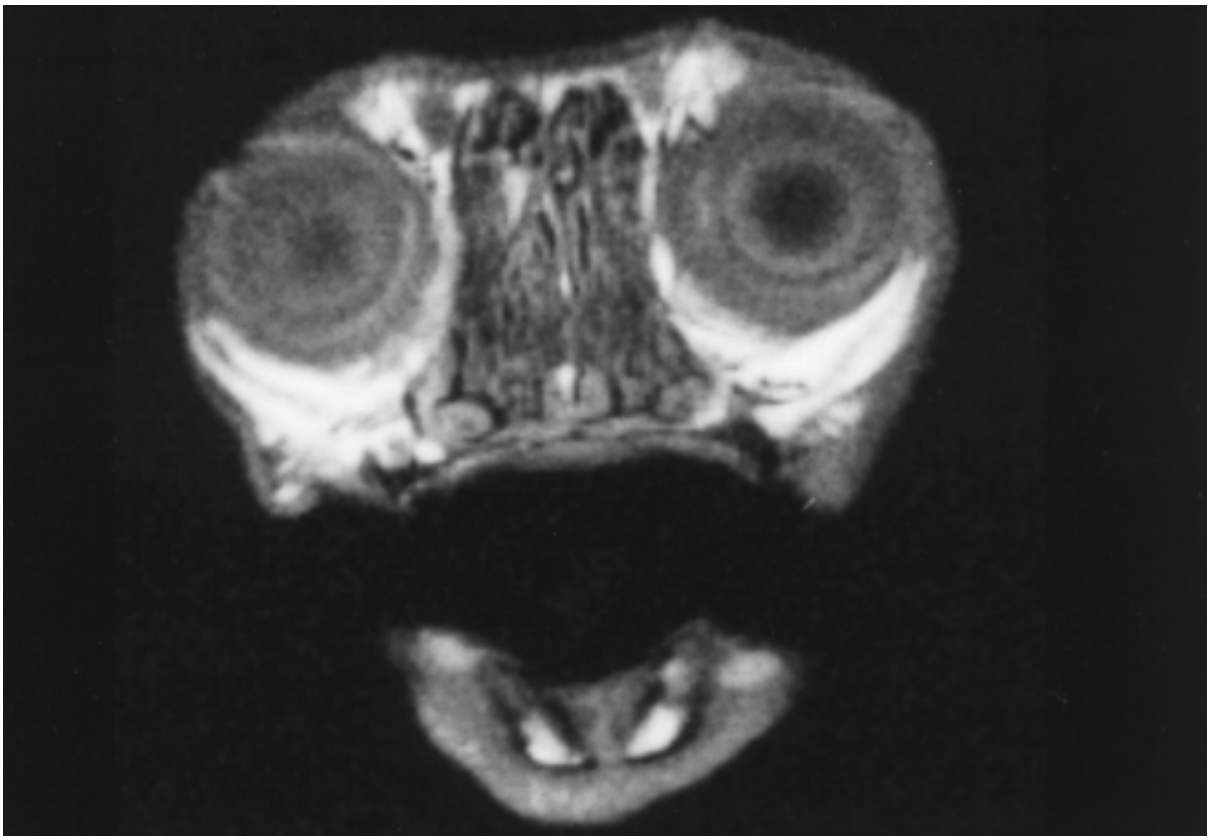


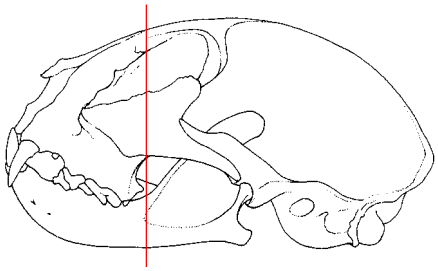
Abb. M1b Transversales T1-gew. MRT-Bild durch die Orbita, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 2 Jahre

Abb. M1c Anatomisches Präparat zu Abbildung M1b

Querschnitt M2

Das transversale T1-gewichtete MRT-Bild (Abb. M2b) durch die Orbita befindet sich kaudal des MRT-Bildes Abb. M1b bei einer Schichtdicke vom 3 mm. Es werden u.a. die Stirnhöhle, Sinus frontalis, die Nasenmuscheln, Conchae nasales, die Linse, Lens oculi, und der Glaskörper, Corpus vitreum, dargestellt. Als signalintensivste Zone erscheint das intraorbitale Fettgewebe, Corpus adiposum orbitae. Weiterhin sind die Zunge, Lingua, und der Unterkiefer, Mandibula, deutlich abgrenzbar.

ca. Schichtorientierung:



1 Sinus frontalis
2 Septum nasi
3 Schleimhaut der Conchae nasales
4 Lens oculi
5 Corpus vitreum
6 Corpus adiposum orbitae
7 Schleimhaut des Palatum durum
8 Mandibula
9 Lingua

Abb. M2a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M2b

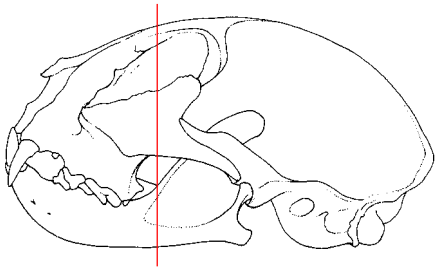
Abb. M2b Transversales T1-gew. MRT-Bild durch die Orbita, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 2 Jahre

Abb. M2c Anatomisches Präparat zu Abbildung M2b

Querschnitt M3

Auf dem transversalen T1-gewichteten MRT-Bild (Abb. M3b) durch die Orbita werden die Stirnhöhle, Sinus frontalis, die Nasenmuscheln, Conchae nasales, die Gaumenschleimhaut, der Glaskörper, Corpus vitreum, die Linse, Lens oculi, das intraorbitale Fettgewebe, die Zunge, Lingua, und der Unterkiefer, Mandibula, dargestellt.

ca. Schichtorientierung:



1 Sinus frontalis
2 Septum nasi
3 Schleimhaut der Conchae nasales
4 Lens oculi
5 Corpus vitreum
6 Corpus adiposum orbitae
7 Schleimhaut des Palatum durum
8 Mandibula
9 Lingua

Abb. M3a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M3b

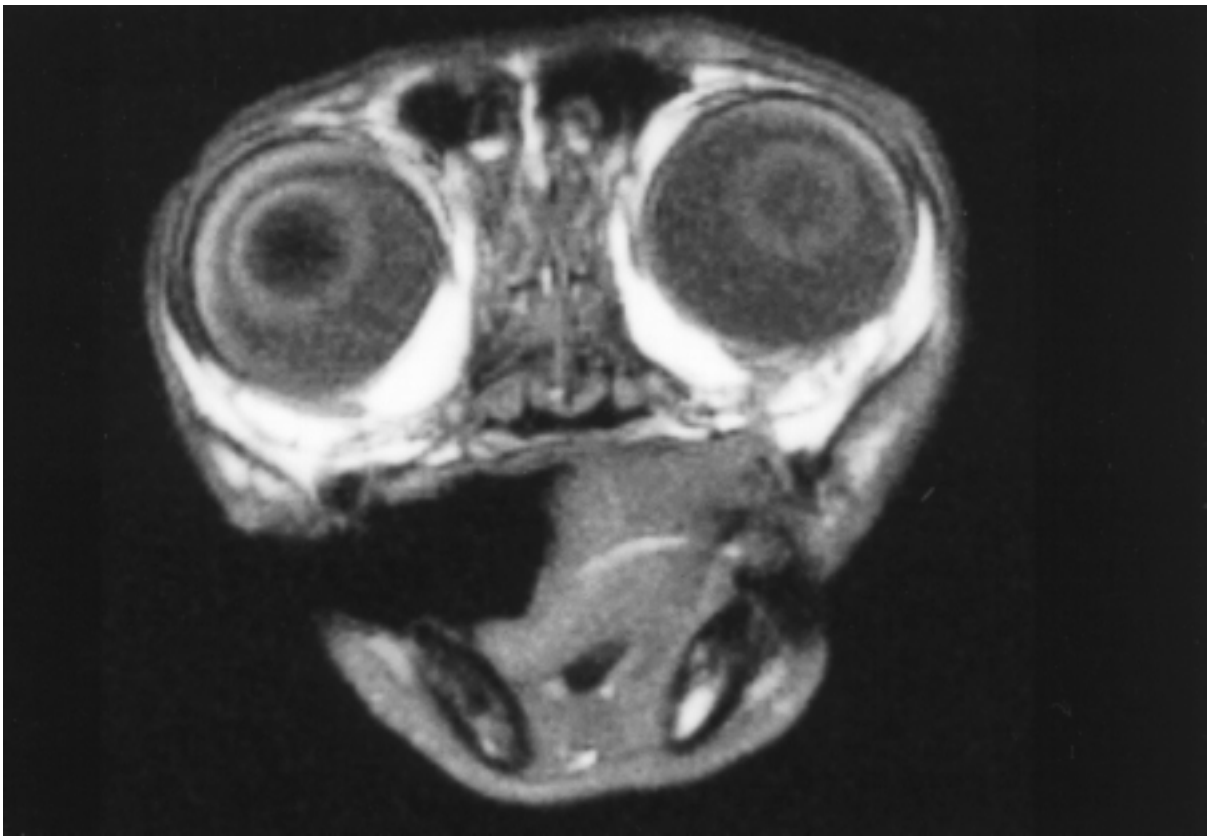


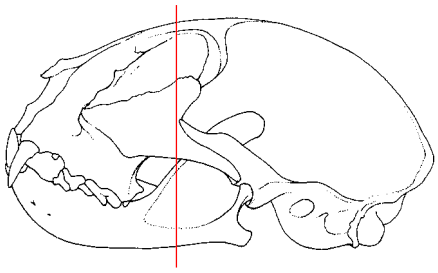
Abb. M3b Transversales T1-gew. MRT-Bild durch die Orbita, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 2 Jahre

Abb. M3c Anatomisches Präparat zu Abbildung M3b

Querschnitt M4

Das transversale T1-gewichtete MRT-Bild (Abb. M4b) durch den Kopf in Höhe des Bulbus olfactorius zeigt die Stirnhöhle, Sinus frontalis, den ventralen Nasengang, Meatus nasi ventralis, den Glaskörper, Corpus vitreum, das intraorbitale Fettgewebe, Corpus adiposum orbitae, den M. rectus ventralis sowie den M. rectus medialis. Außerdem sind die Zunge, Lingua, und der Unterkiefer, Mandibula, erkennbar.

ca. Schichtorientierung:



1 Sinus frontalis
2 Bulbus olfactorius
3 Ductus nasopharyngeus
4 Corpus vitreum
5 M. rectus medialis
6 M. rectus ventralis
7 Corpus adiposum orbitae
8 Lingua
9 Mandibula

Abb. M4a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M4b

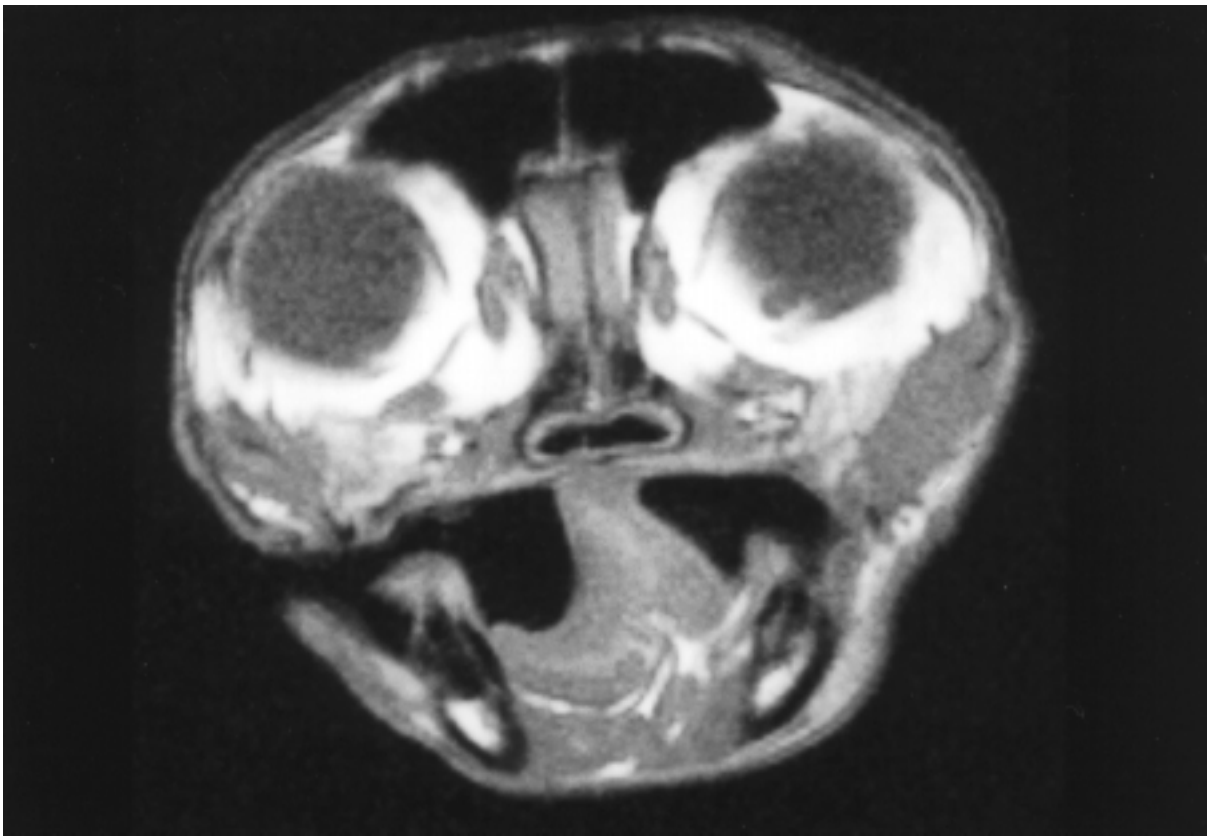


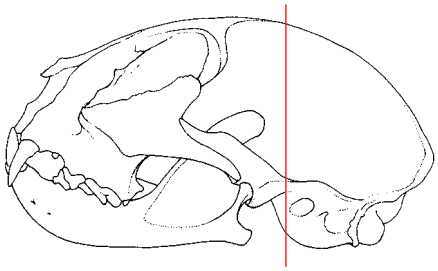
Abb. M4b Transversales T1-gew. MRT-Bild durch die Orbita, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 2 Jahre

Abb. M4c Anatomisches Präparat zu Abbildung M4b

Querschnitt M5

Auf dem transversalen T1-gewichteten MRT-Bild (Abb. M5b) lassen sich im wesentlichen das Großhirn, Cerebrum, Schädeldach und -wand, der M. temporalis, das Os occipitale, Pars basilaris, sowie die Paukenhöhle, Cavum tympani, und die Rachenhöhle, Cavum pharyngis, differenzieren.

ca. Schichtorientierung:



1 Os parietale
2 Os temporale
3 Cerebrum
4 Os occipitale, Pars basilaris
5 M. temporalis
6 Cavum tympani
7 Cavum pharyngis

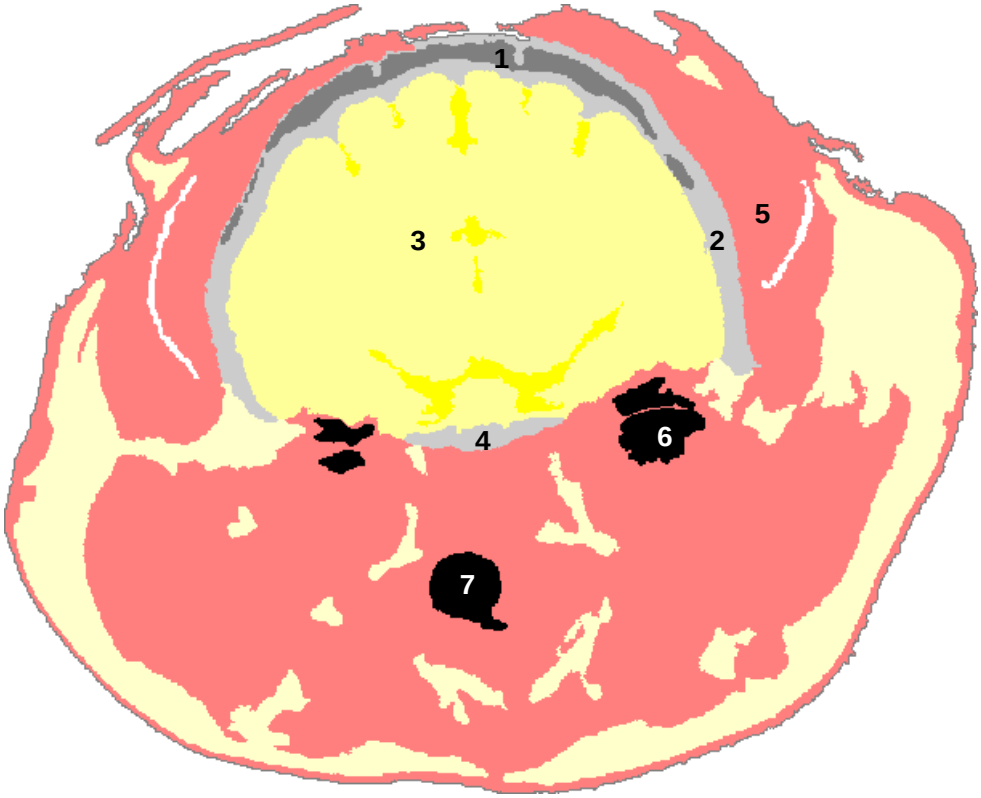


Abb. M5a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M5b

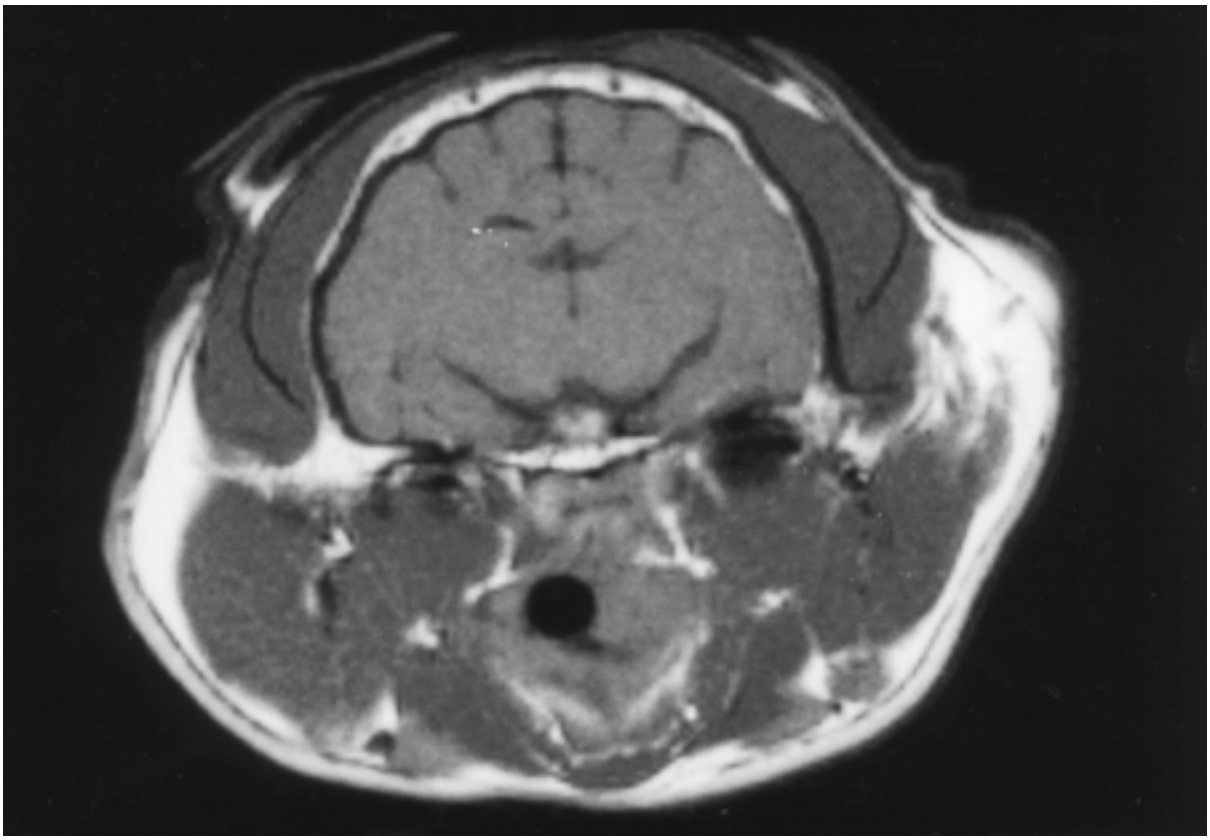


Abb. M5b Transversales T1-gew. MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 2 Jahre

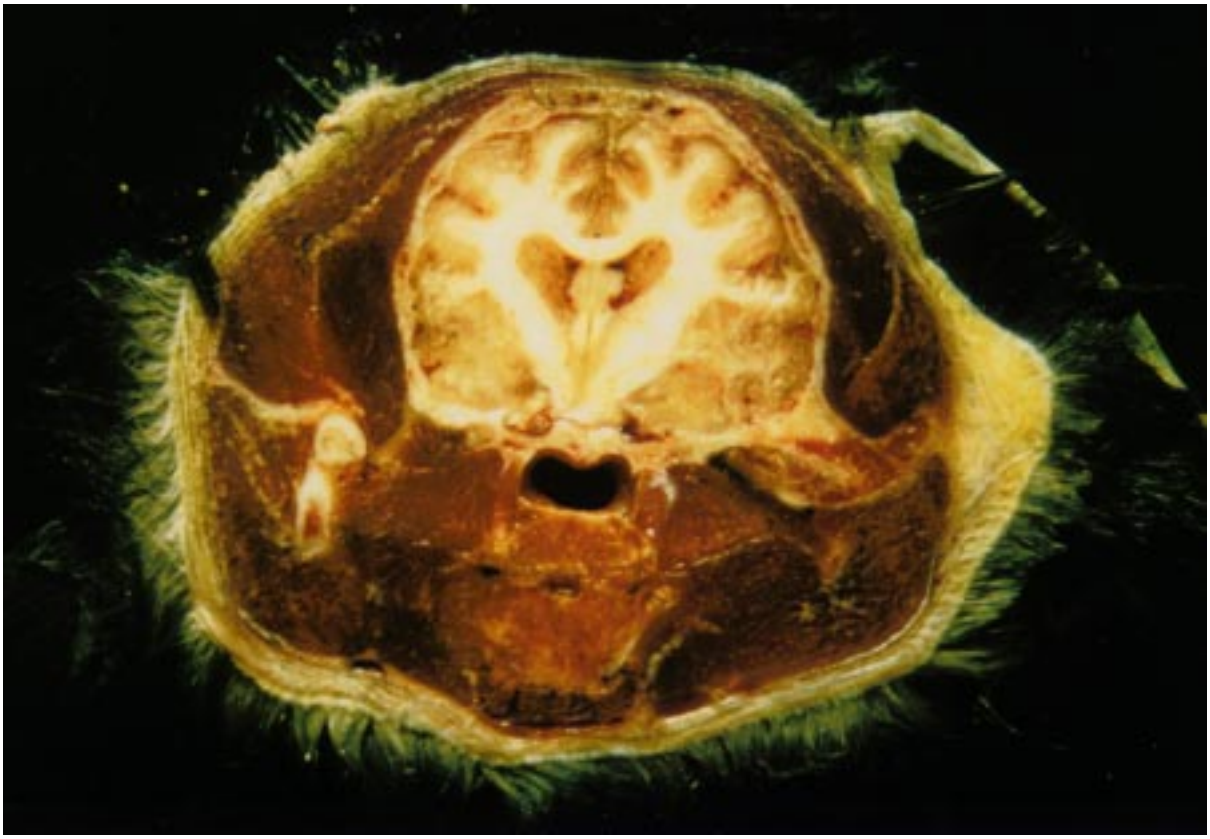
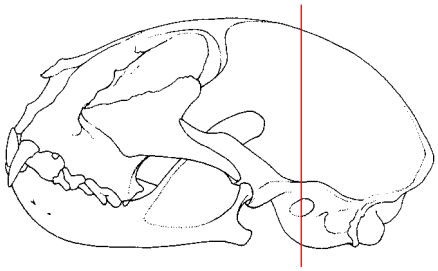


Abb. M5c Anatomisches Präparat zu Abbildung M5b

Querschnitt M6

Das transversale T1-gewichtete MRT-Bild (Abb. M6b) durch die Paukenhöhle zeigt von den Strukturen des Ohres die laterale und kaudoventrale Abteilung der Paukenhöhle, Bulla tympanica, die Paukenhöhlenscheidewand und einen Teil des äußeren Gehörganges, Meatus acusticus externus. Es sind außerdem M. temporalis, M. longus capitis, Os parietale, Os temporale, Os occipitale, Cerebrum, Aquaeductus cerebri und das Mesencephalon erkennbar.

ca. Schichtorientierung:



1 Os parietale
2 Os temporale
3 Cerebrum
4 Aquaeductus cerebri
5 Mesencephalon
6 M. temporalis
7 Bulla tympanica, laterale Abteilung
8 Paukenhöhlenscheidewand
9 Bulla tympanica, kaudoventrale Abteilung
10 Meatus acusticus externus
11 Os occipitale, Pars basilaris
12 M. longus capitis
13 Cavum pharyngis

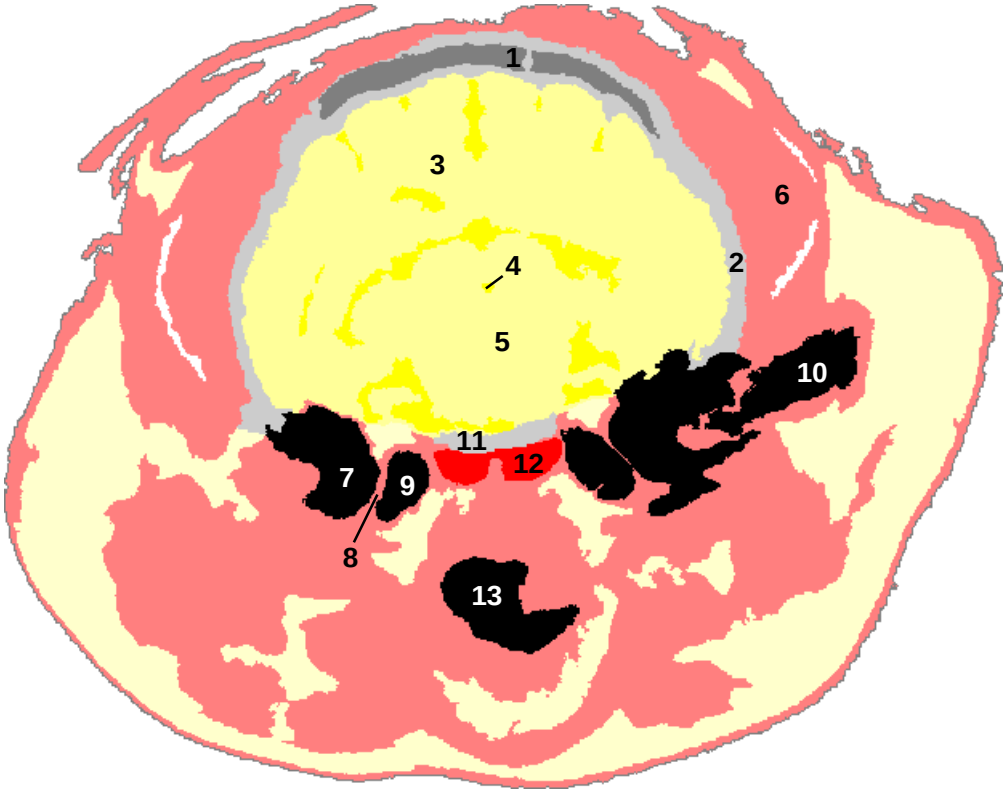


Abb. M6a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M6b

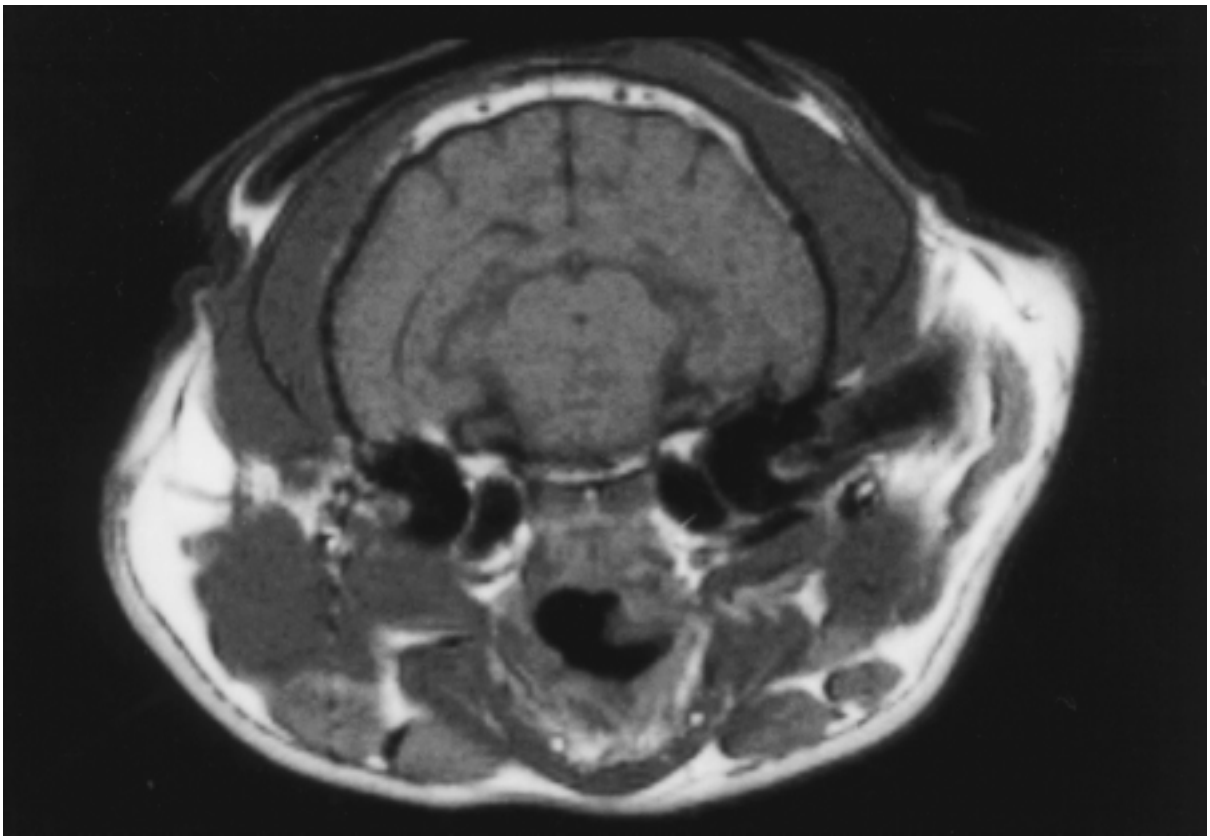


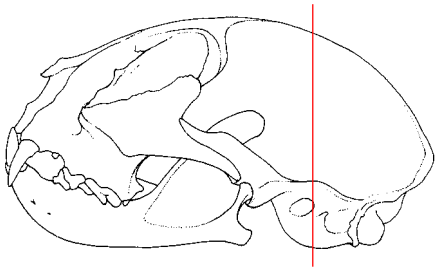
Abb. M6b Transversales T1-gew. MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 2 Jahre

Abb. M6c Anatomisches Präparat zu Abbildung M6b

Querschnitt M7

Das transversale T1-gewichtete MRT-Bild (Abb. M7b) durch die Paukenhöhle zeigt von den Strukturen des Ohres einen Teil des äußeren Gehörganges, Meatus acusticus externus, die Paukenhöhle, Cavum tympani, sowie das Os petrosum mit Strukturen des Innenohres. Eine genauere Differenzierung der Innenohrstrukturen ist nur durch die Aufnahme weiterer Bilder in dünneren Schichten und mehreren Ebenen möglich. Diese Möglichkeit bestand zum Zeitpunkt der Auswertung der Bilder leider nicht mehr. Weitere anatomische Details stellen sich wie bei Querschnitt M6 beschrieben dar.

ca. Schichtorientierung:



1 Os parietale
2 Os temporale
3 Cerebrum
4 Aquaeductus cerebri
5 Mesencephalon
6 M. temporalis
7 Cavum tympani
8 Meatus acusticus externus
9 Os occipitale, Pars basilaris
10 Cavum pharyngis
11 Os petrosum mit Innenohrstrukturen

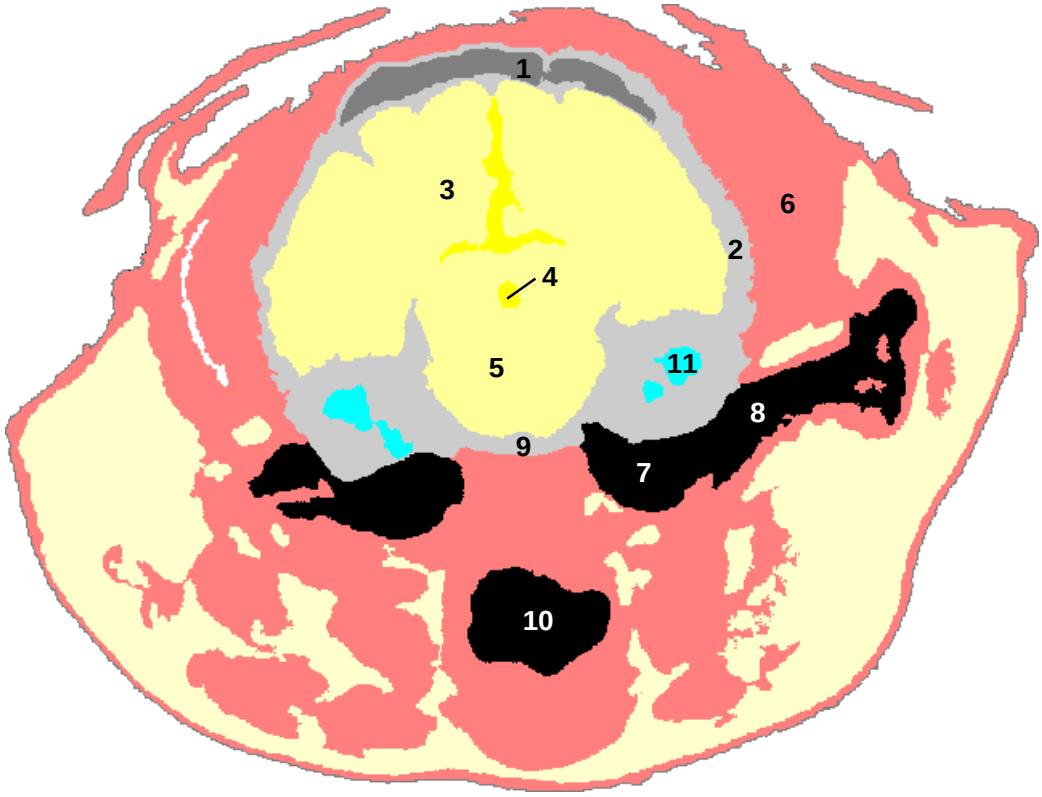


Abb. M7a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M7b

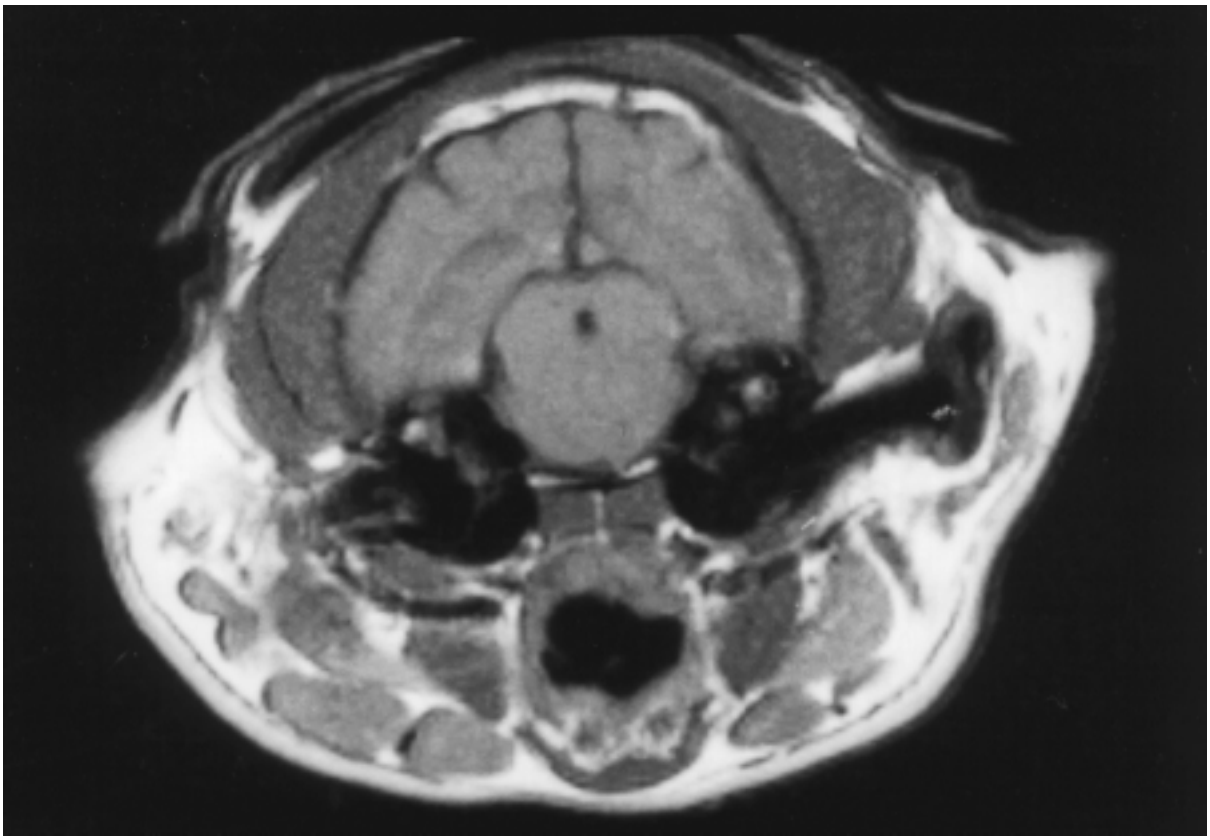


Abb. M7b Transversales T1-gew. MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 2 Jahre

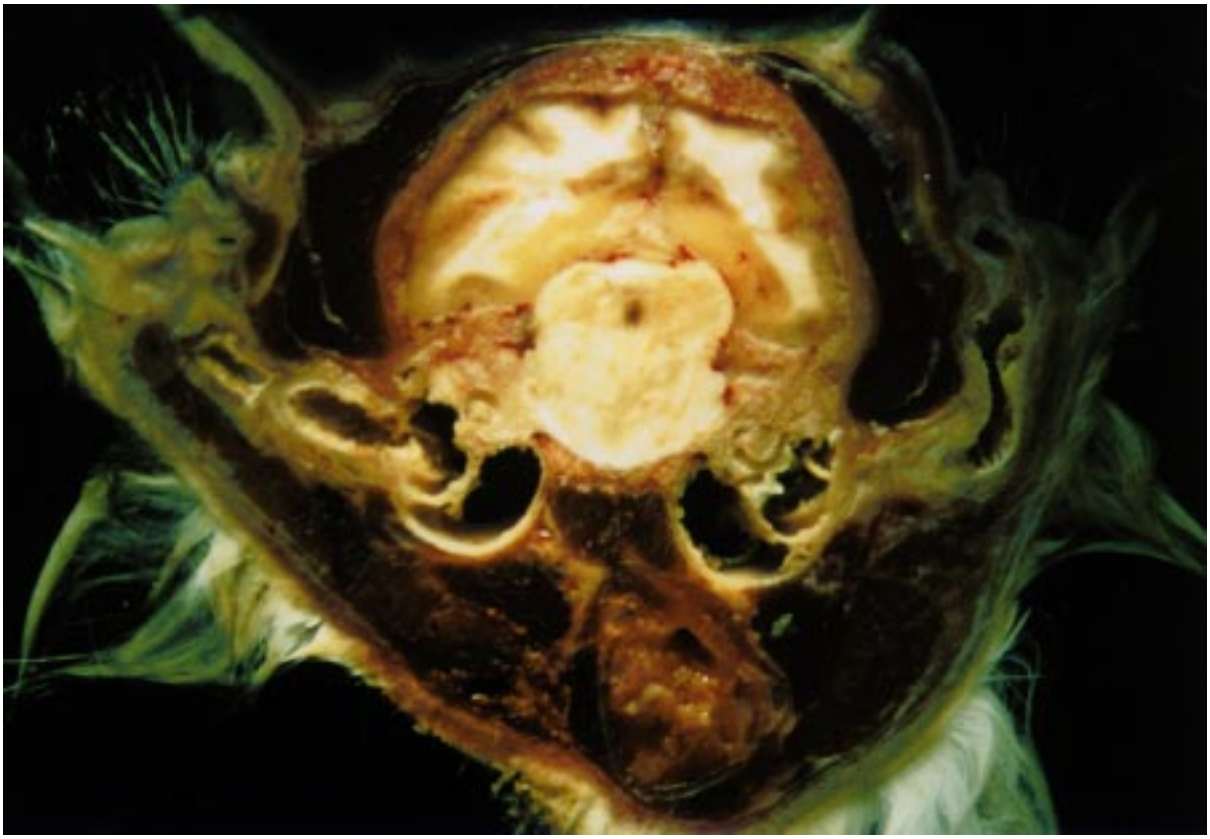


Abb. M7c Anatomisches Präparat zu Abbildung M7b

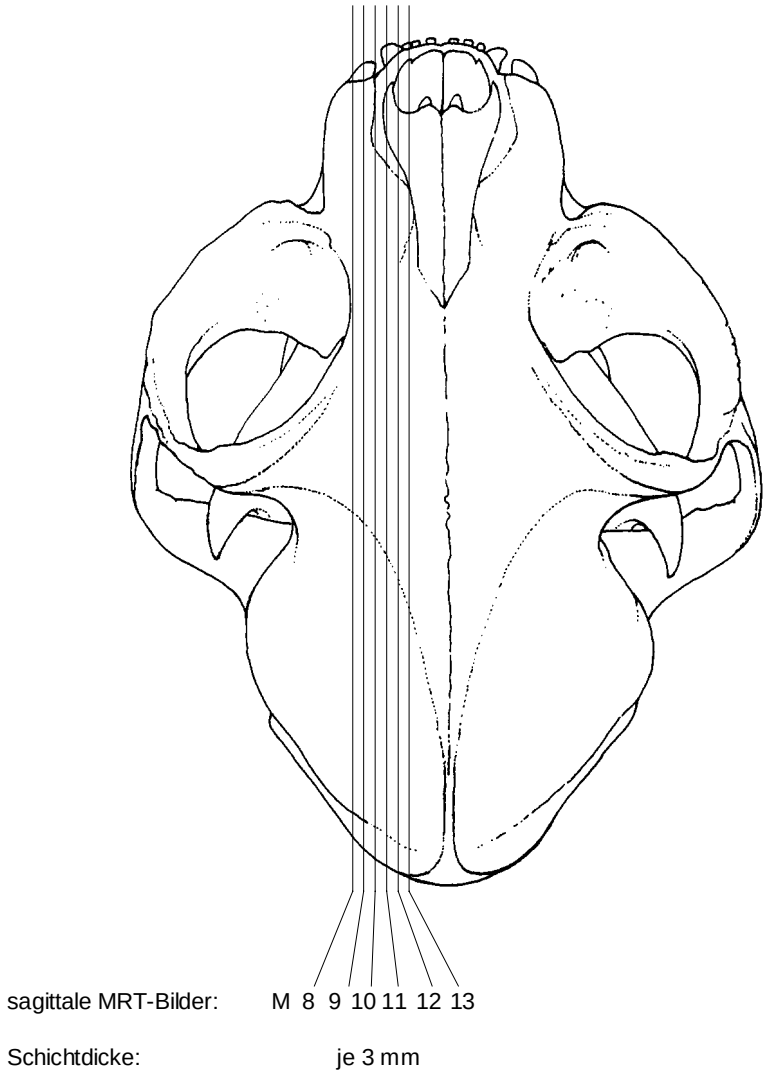


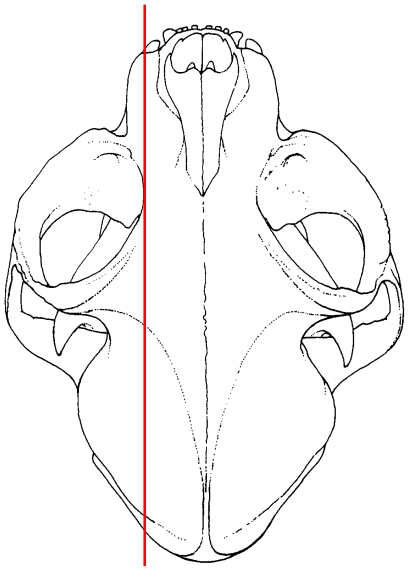
Abb. 12 Schnittebenen der T2-betonten sagittalen MRT-Bilder, Kopf, Katze

Querschnitt M8

Das sagittale T2-gewichtete MRT-Bild (Abb. M8b) zeigt von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens, Corpus vitreum, M. retractor bulbi und Corpus adiposum orbitae. Knöcherne Strukturen wie Schädeldach und -basis, Maxilla, Mandibula und Os petrosum werden wie die luftgefüllten Hohlräume Sinus frontalis und Cavum tympani schwarz dargestellt. Im Os petrosum sind die Strukturen des Innenohres, Cochlea und Vestibulum, erkennbar.

1 Camera anterior bulbi
2 Lens
3 Corpus vitreum
4 M. retractor bulbi
5 Corpus adiposum orbitae
6 Palpebra superior
7 Palpebra inferior
8 Cerebrum
9 Cerebellum
10 Maxilla
11 Mandibula
12 Lingua
13 M. geniohyoideus
14 Velum palatinum
15 Ductus nasopharyngeus
16 Os sphenoidale
17 Os petrosum
18 Cavum tympani
19 Sinus frontalis
20 Os frontale
21 Os parietale
22 Os occipitale
23 Cochlea
24 Vestibulum

ca. Schichtorientierung:



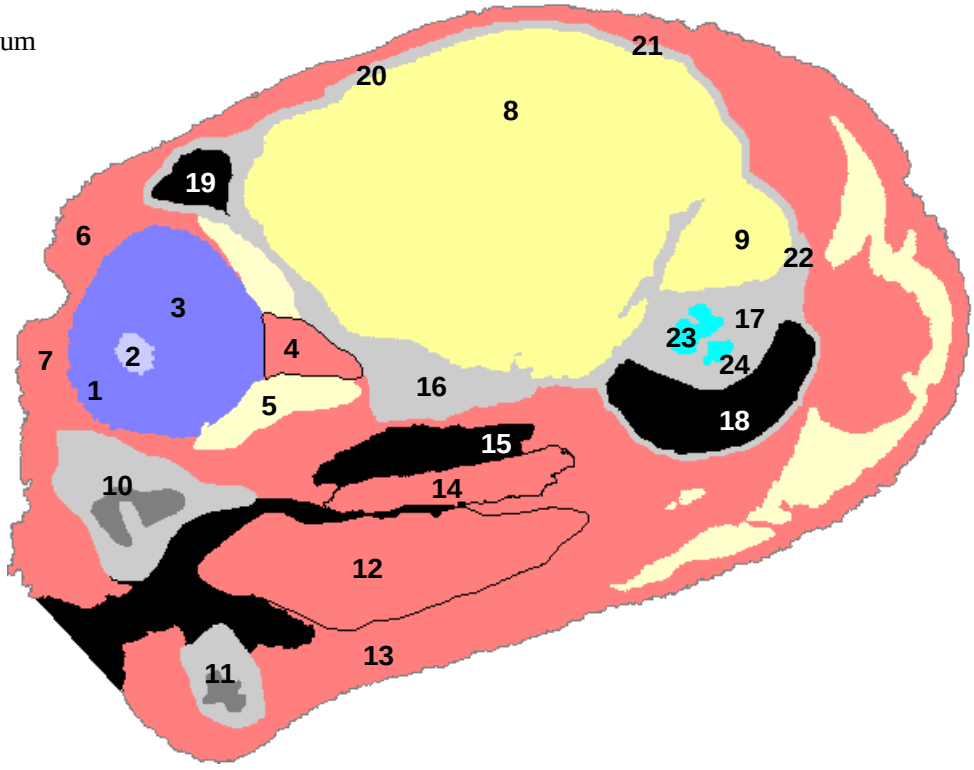


Abb. M8a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M8b

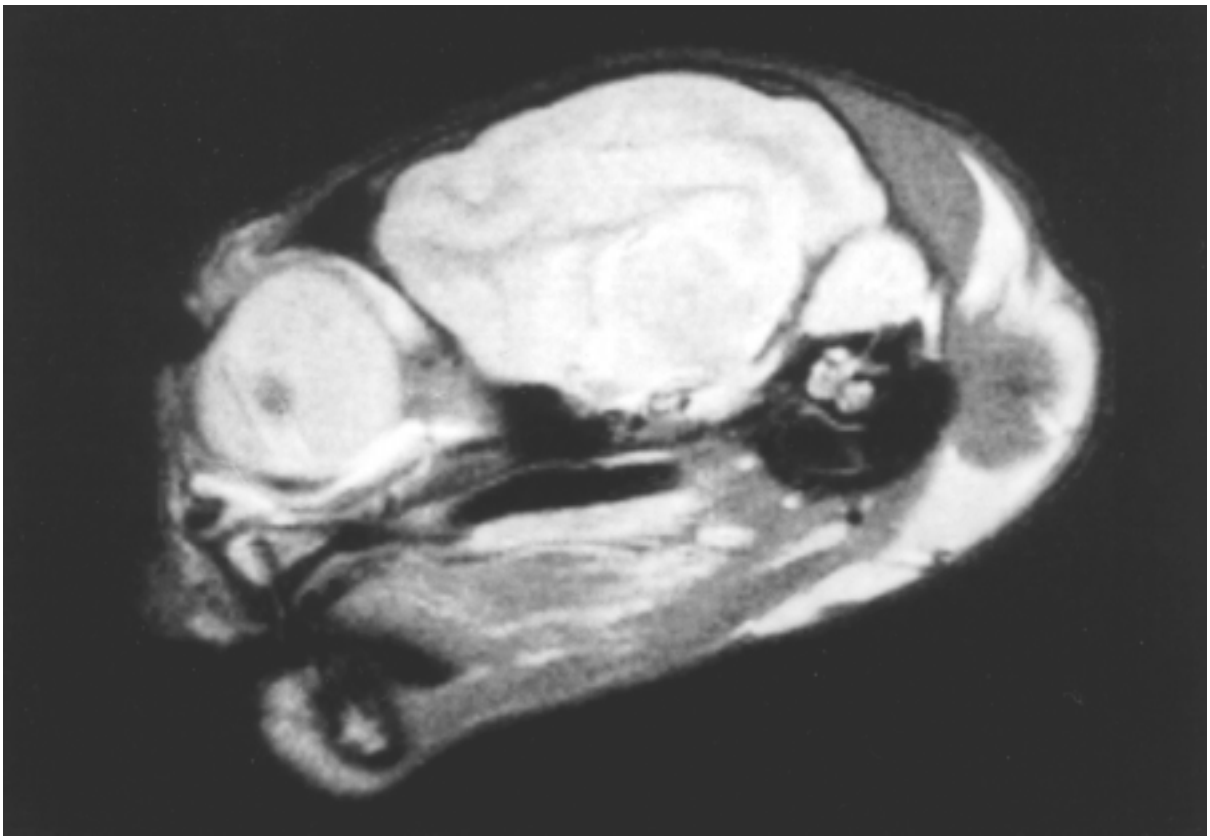


Abb. M8b Sagittales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

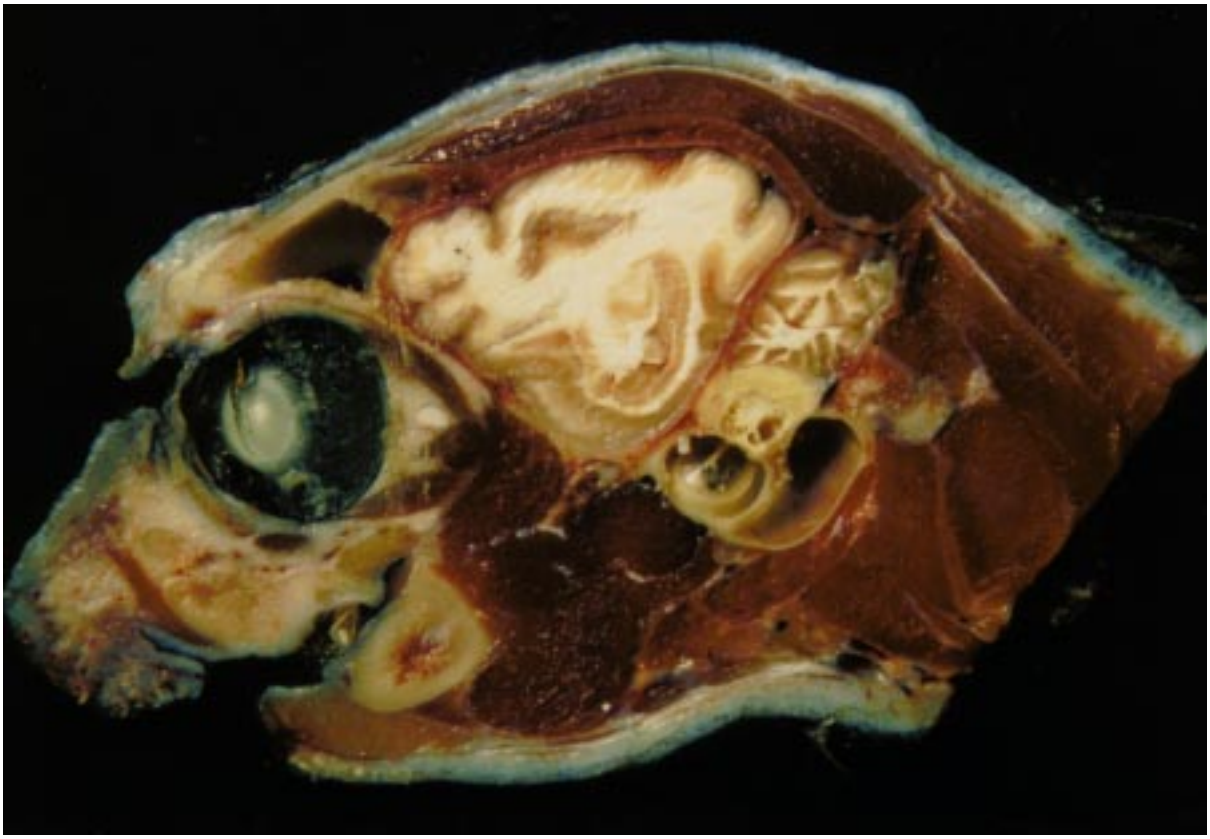


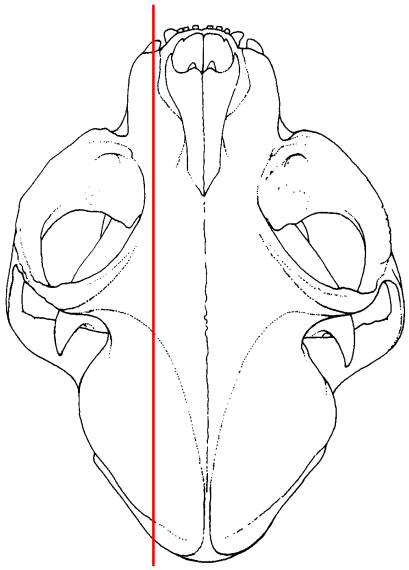
Abb. M8c Anatomisches Präparat zu Abbildung M8b

Querschnitt M9

Auf dem sagittalen T2-gewichteten MRT-Bild (Abb. M9b) sind von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens, Corpus vitreum, N. opticus, M. retractor bulbi, Palpebra superior und Palpebra inferior erkennbar. Von den knöchernen Strukturen werden Maxilla, Mandibula, Os sphenoidale, Os petrosum, Os frontale, Os parietale, Os occipitale durch den Kontrast des umliegenden Gewebes dargestellt.

1 Camera anterior bulbi
2 Lens
3 Corpus vitreum
4 N. opticus
5 M. retractor bulbi
6 Corpus adiposum orbitae
7 Palpebra superior
8 Palpebra inferior
9 Cerebrum
10 Cerebellum
11 Maxilla
12 Mandibula
13 Lingua
14 M. geniohyoideus
15 Velum palatinum
16 Ductus nasopharyngeus
17 Os sphenoidale
18 Os petrosum
19 Cavum tympani
20 Sinus frontalis
21 Os frontale
22 Os parietale
23 Os occipitale

ca. Schichtorientierung:



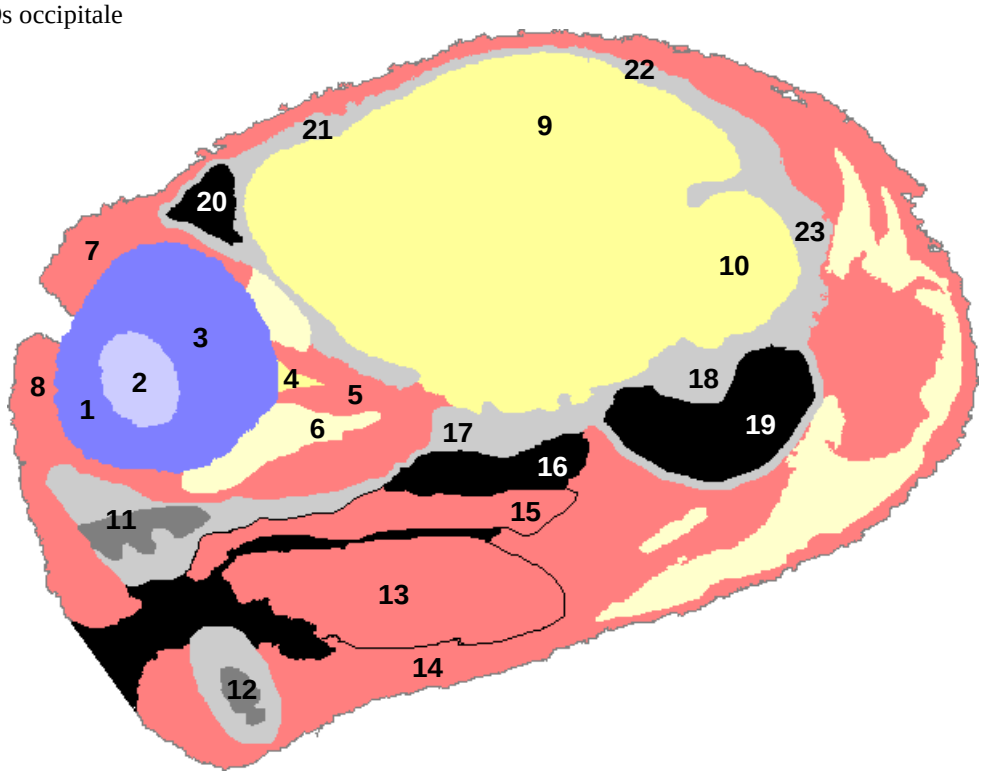


Abb. M9a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M9b

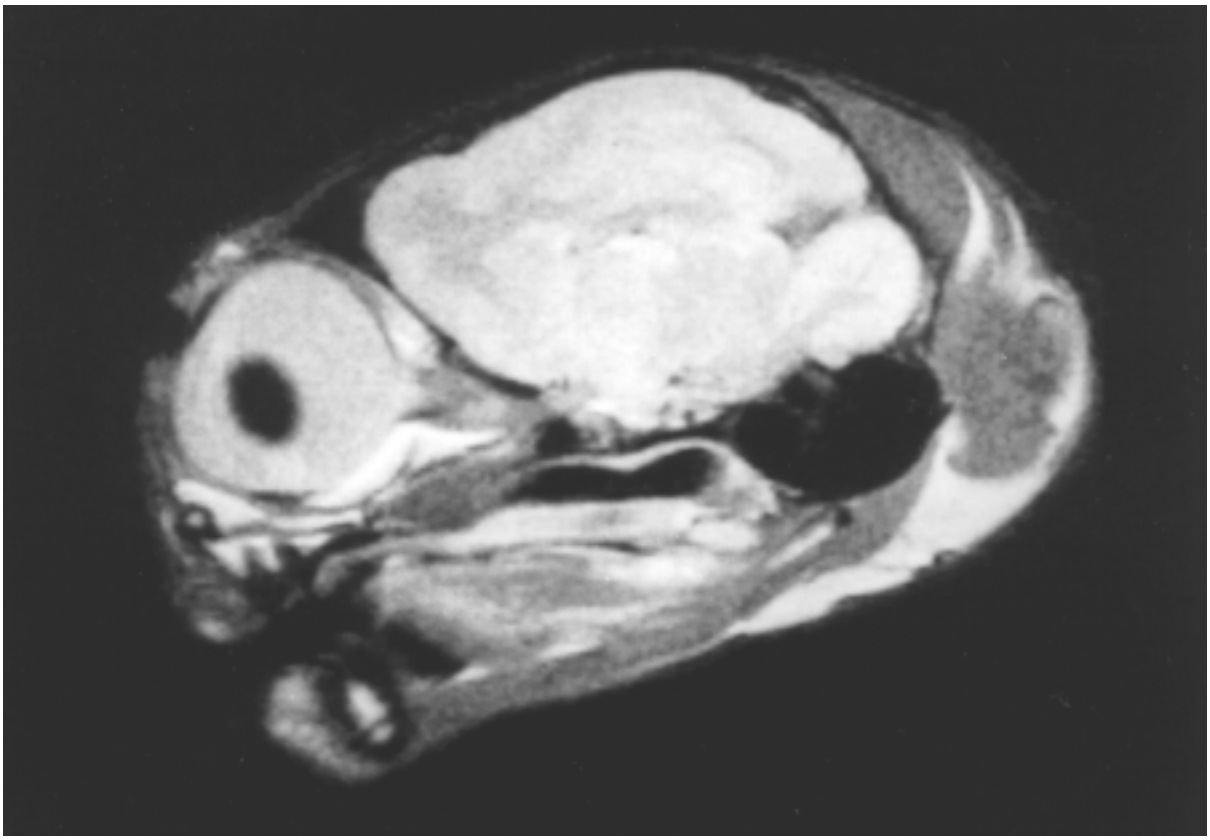


Abb. M9b Sagittales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

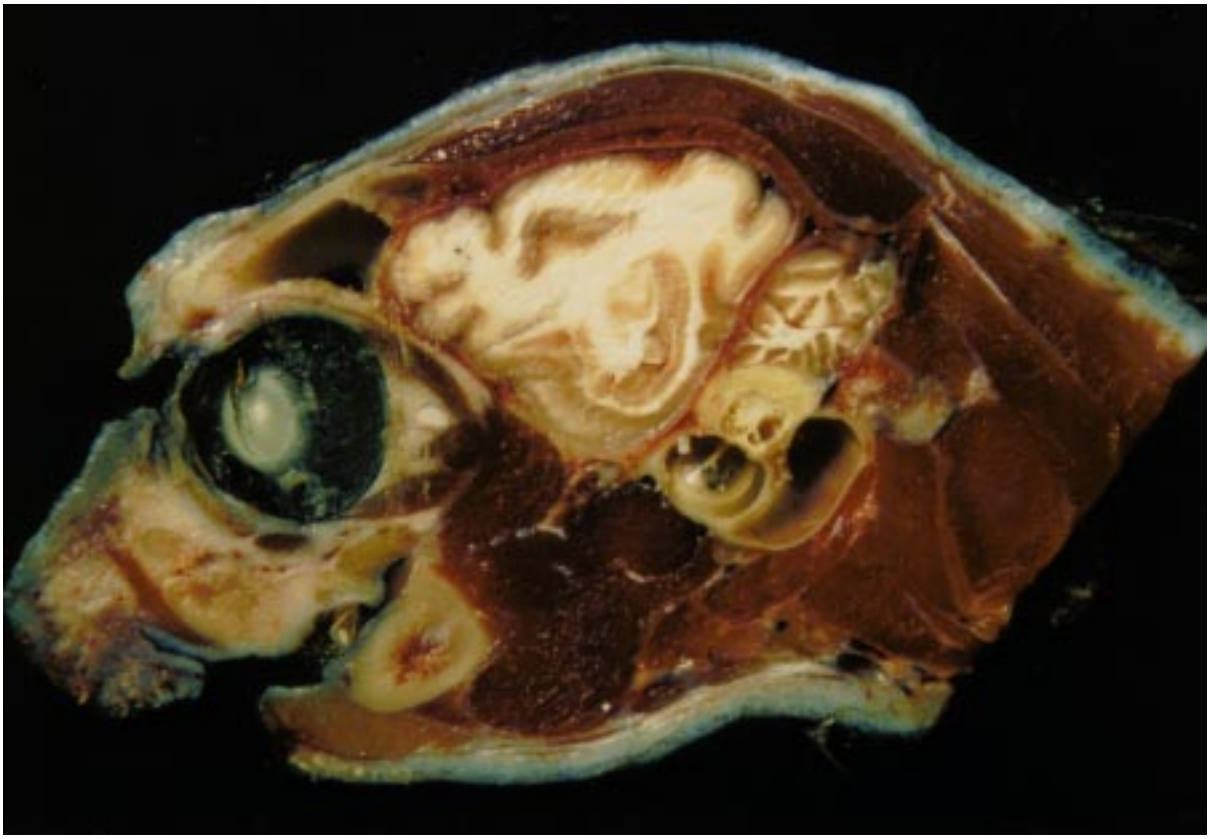


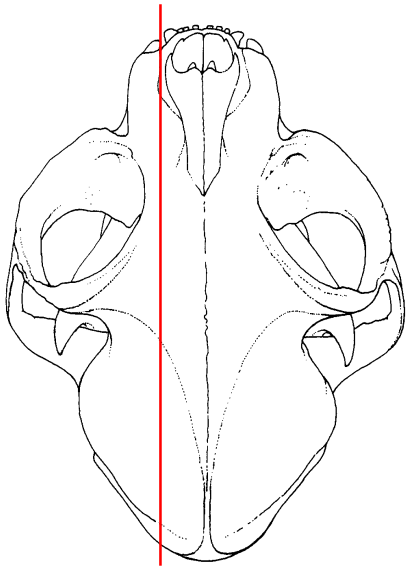
Abb. M9c Anatomisches Präparat zu Abbildung M9b

Querschnitt M10

Der Querschnitt M10 befindet sich medial des Querschnittes M9 mit einer Schichtdicke von 3 mm. Neben den beim Querschnitt M9 beschriebenen Strukturen werden auf dem sagittalen, T2-gewichteten MRT-Bild (Abb. M10b) M. rectus dorsalis und M. rectus ventralis dargestellt.

1 Camera anterior bulbi
2 Lens
3 Corpus vitreum
4 A. ophtalmica externa
5 M. rectus dorsalis
6 M. rectus ventralis
7 Palpebra superior
8 Palpebra inferior
9 Cerebrum
10 Cerebellum
11 Maxilla
12 Mandibula
13 Lingua
14 M. geniohyoideus
15 Velum palatinum
16 Ductus nasopharyngeus
17 Os sphenoidale
18 Os petrosum
19 Cavum tympani
20 Sinus frontalis
21 Os frontale
22 Os parietale
23 Os occipitale

ca. Schichtorientierung:



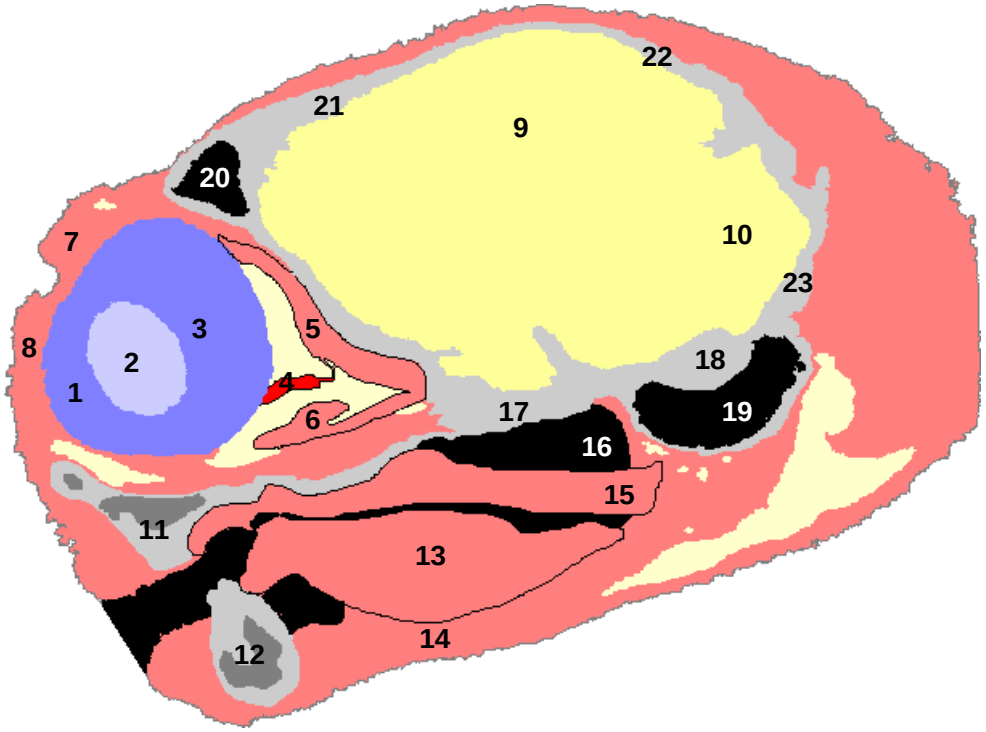


Abb. M10a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M10b

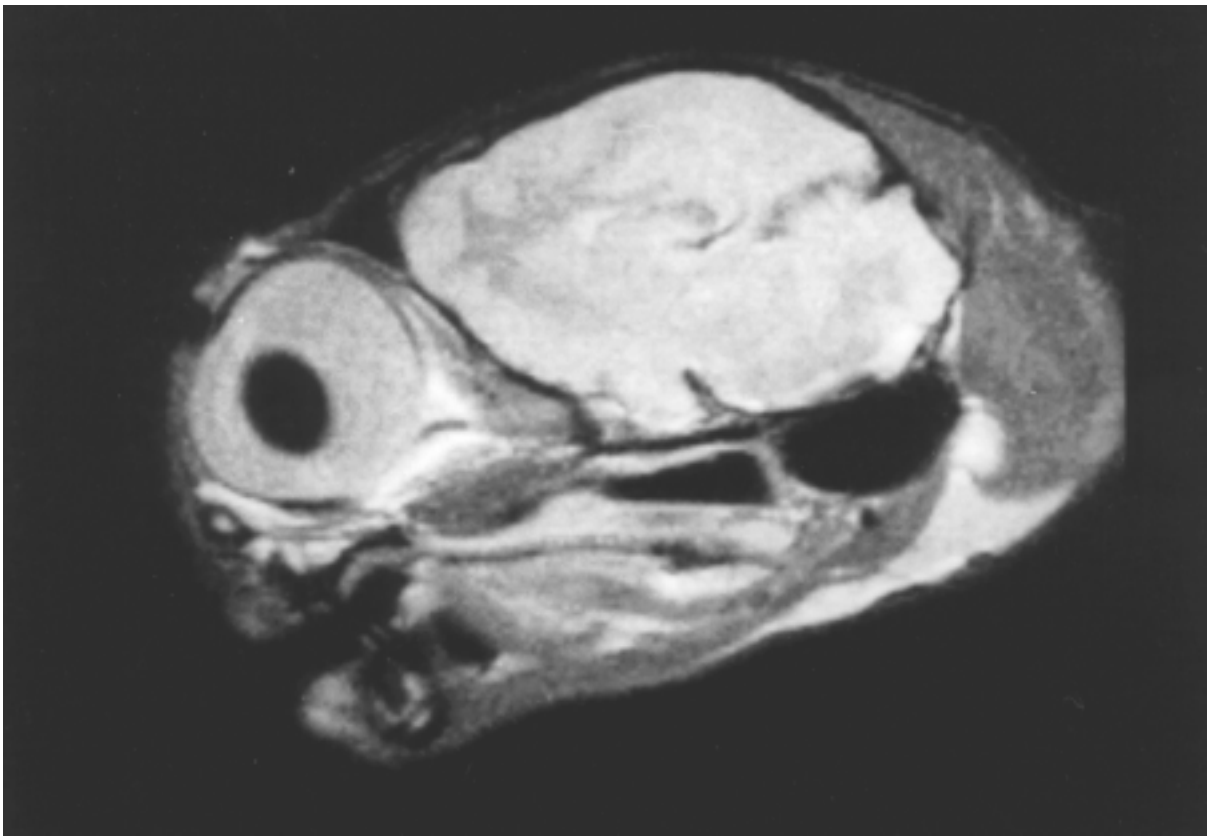


Abb. M10b Sagittales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

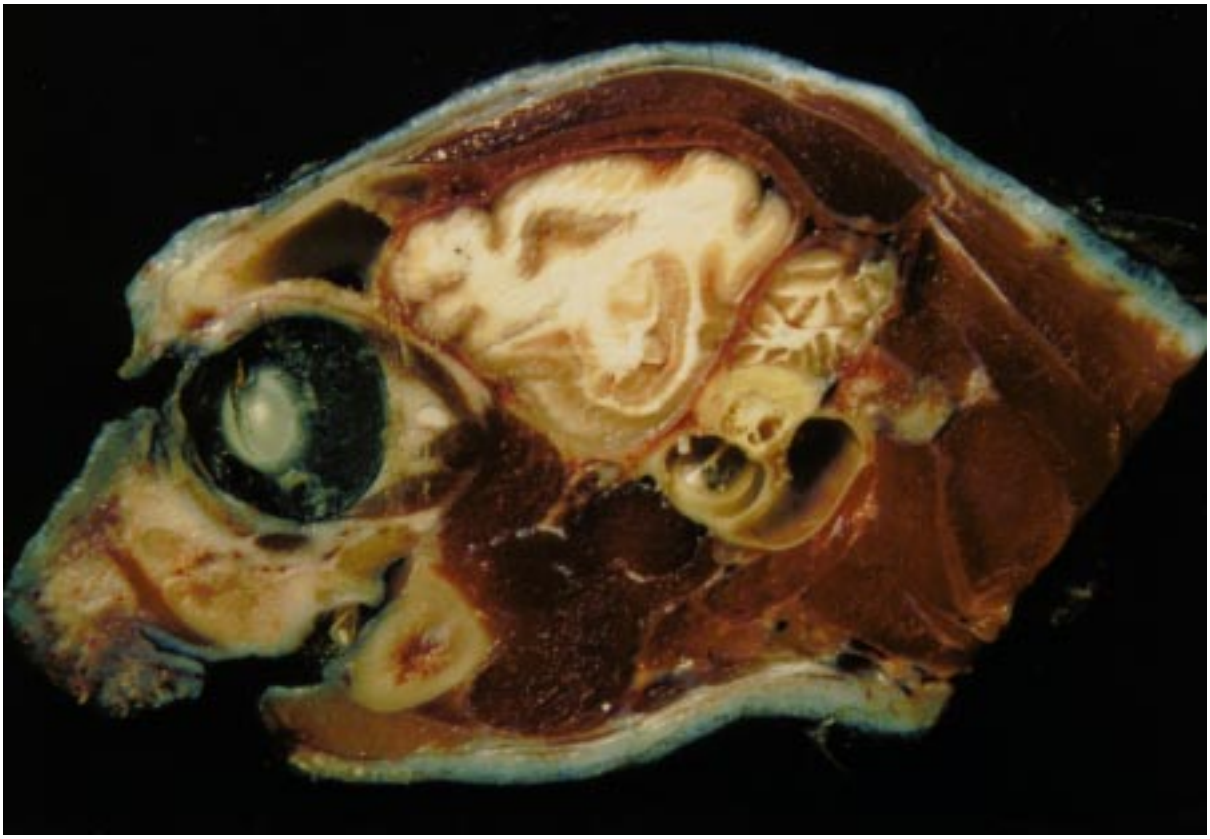


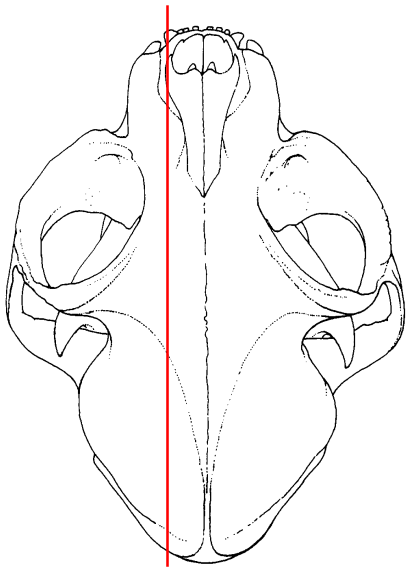
Abb. M10c Anatomisches Präparat zu Abbildung M10b

Querschnitt M11

Das sagittale T2-gewichtete MRT-Bild (Abb. M11b) zeigt von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens, Corpus vitreum, M. rectus dorsalis, M. rectus ventralis, N. opticus und Corpus adiposum orbitae. Es sind Cerebrum und Cerebellum differenzierbar. Von den knöchernen Strukturen werden Schädeldach, Schädelbasis, Os petrosum, Maxilla und Mandibula dargestellt. Weiterhin sind Pharynx, Lingua und Ductus nasopharyngeus zu erkennen.

1 Camera anterior bulbi
2 Lens
3 Corpus vitreum
4 M. rectus dorsalis
5 N. opticus
6 M. rectus ventralis
7 Corpus adiposum orbitae
8 Cerebrum
9 Cerebellum
10 Maxilla
11 Mandibula
12 Lingua
13 Pharynx
14 Velum palatinum
15 Ductus nasopharyngeus
16 Os sphenoidale
17 Sinus frontalis
18 Os frontale
19 Os parietale
20 Os occipitale

ca. Schichtorientierung:



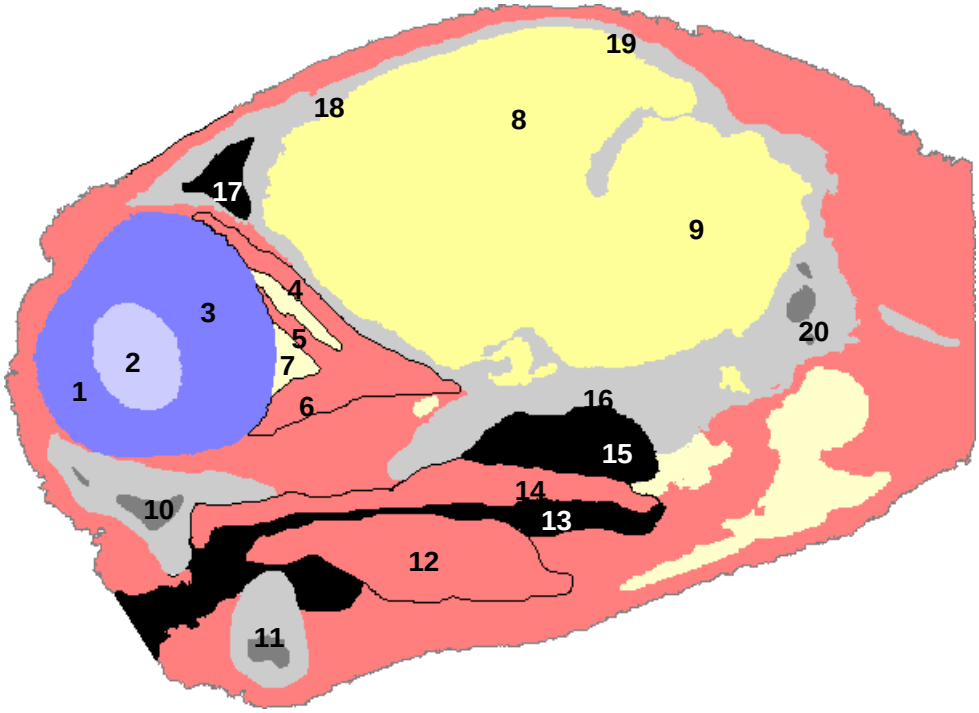


Abb. M11a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M11b

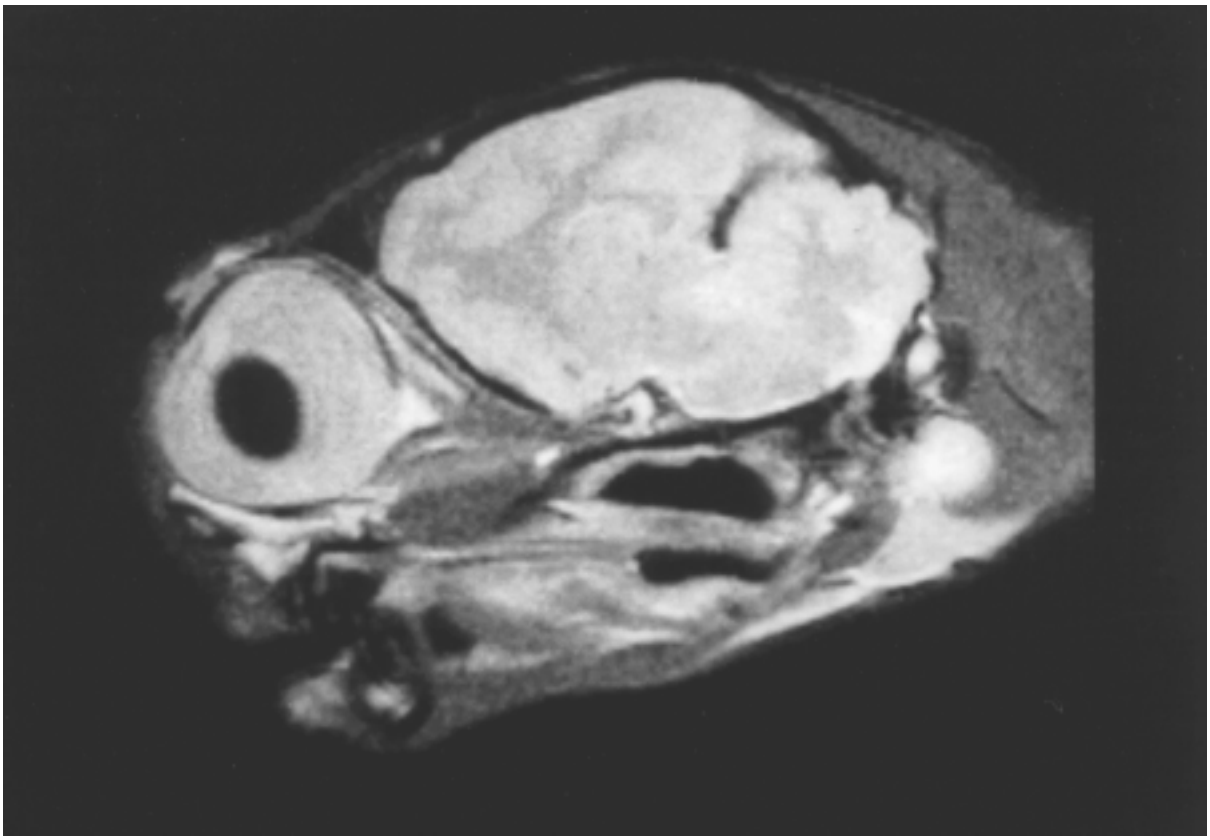


Abb. M11b Sagittales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

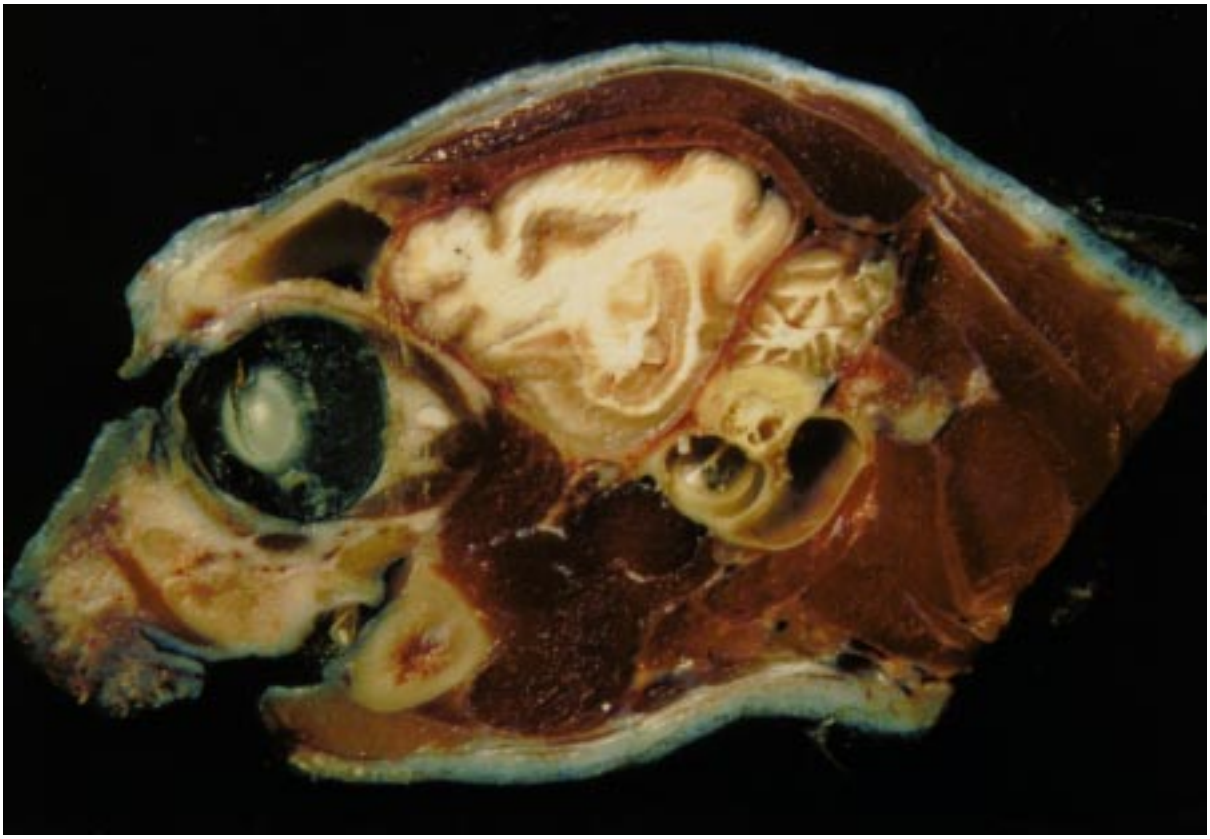


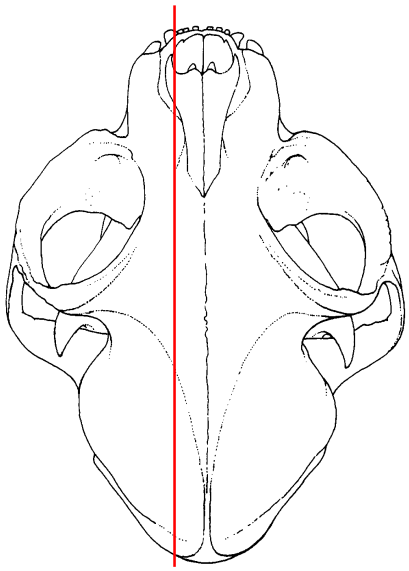
Abb. M11c Anatomisches Präparat zu Abbildung M11b

Querschnitt M12

Auf dem sagittalen T2-gewichteten MRT-Bild (Abb. M12b) durch die Orbita werden Camera anterior bulbi, Lens, Corpus vitreum, M. rectus ventralis, M. rectus dorsalis, N. opticus und Corpus adiposum orbitae dargestellt. Es sind weiterhin im wesentlichen Pharynx, Lingua, Ductus nasopharyngeus, Cerebrum und Cerebellum zu erkennen.

1 Camera anterior bulbi
2 Lens
3 Corpus vitreum
4 M. rectus dorsalis
5 N. opticus
6 M. rectus ventralis
7 Corpus adiposum orbitae
8 Cerebrum
9 Cerebellum
10 Maxilla
11 Mandibula
12 Lingua
13 Pharynx
14 Velum palatinum
15 Ductus nasopharyngeus
16 Os sphenoidale
17 Os petrosum
18 Sinus frontalis
19 Os frontale
20 Os parietale
21 Os occipitale

ca. Schichtorientierung:



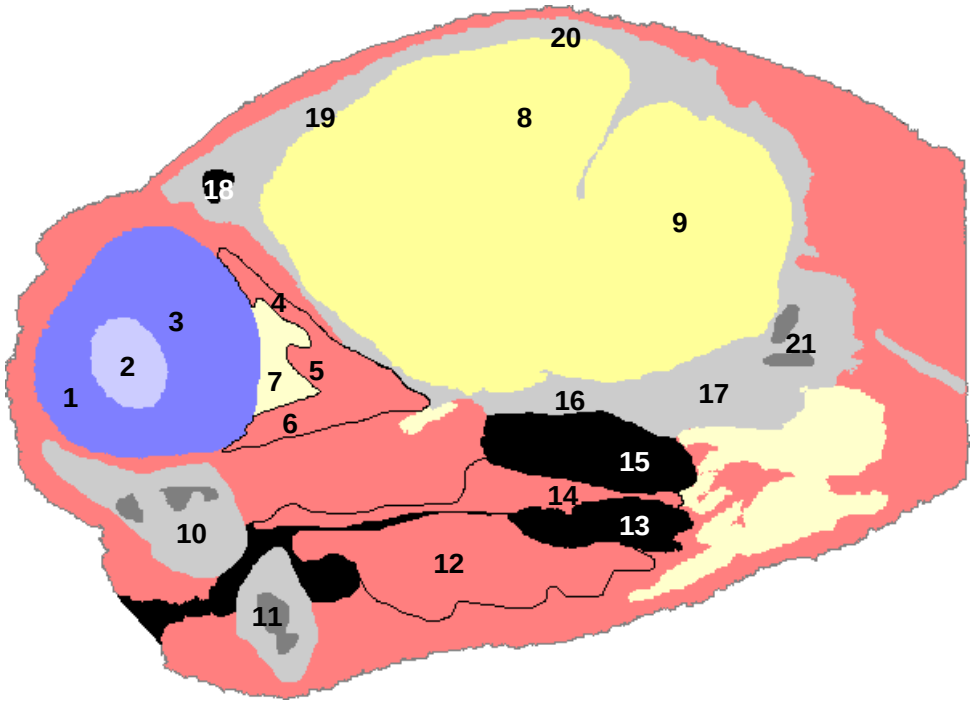


Abb. M12a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M12b

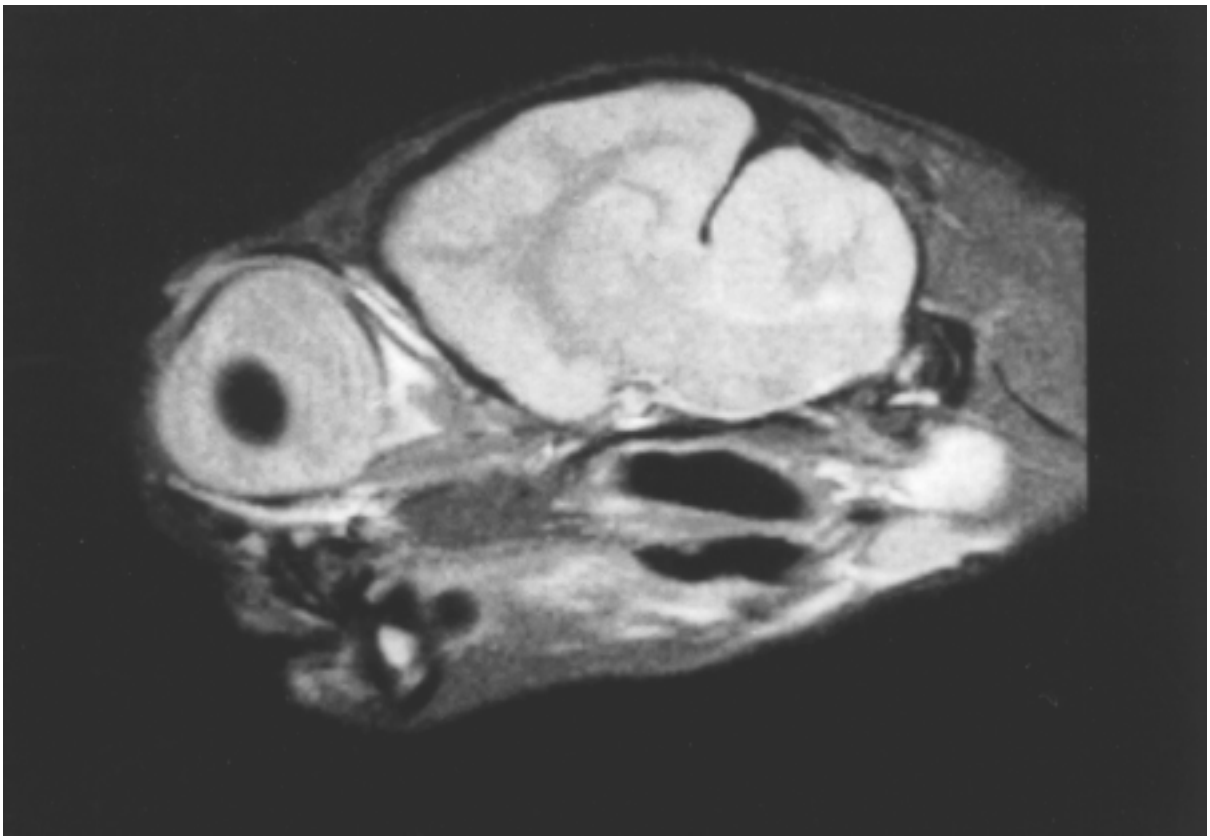


Abb. M12b Sagittales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

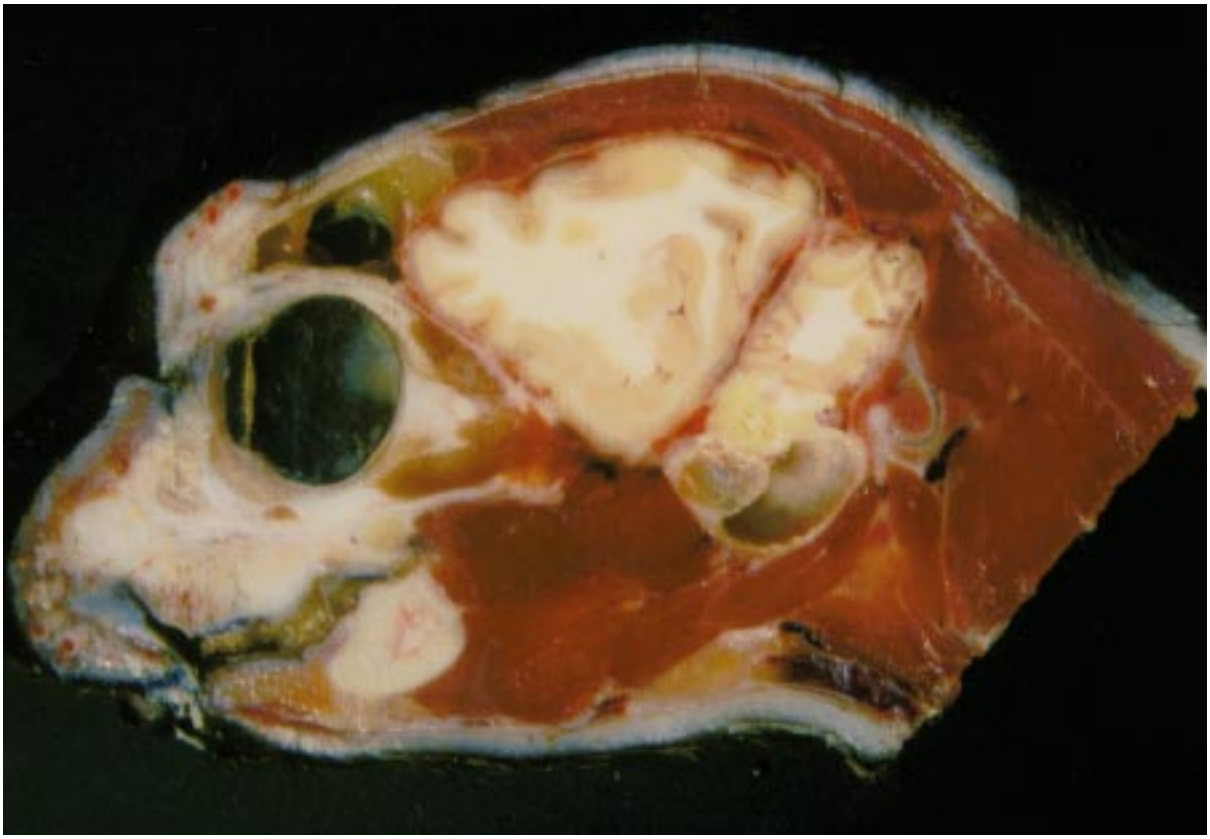


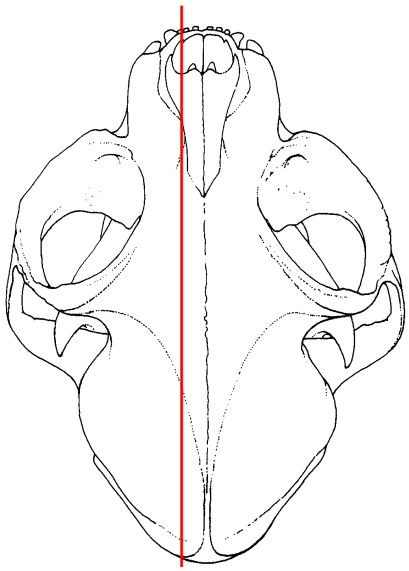
Abb. M12c Anatomisches Präparat zu Abbildung M12b

Querschnitt M13

Auf dem sagittalen T2-gewichteten MRT-Bild (Abb. M13b) sind Camera anterior bulbi, Lens, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae, M. rectus dorsalis, M. rectus ventralis und N. opticus zu erkennen. Weiterhin können Cerebrum, Cerebellum, Schädeldach, Schädelbasis, Maxilla und Mandibula differenziert werden. Die luftgefüllten Räume Pharynx und Ductus nasopharyngeus werden schwarz dargestellt.

1 Camera anterior bulbi
2 Lens
3 Corpus vitreum
4 M. rectus dorsalis
5 N. opticus
6 M. rectus ventralis
7 Corpus adiposum orbitae
8 Cerebrum
9 Cerebellum
10 Maxilla
11 Mandibula
12 Lingua
13 Pharynx
14 Velum palatinum
15 Ductus nasopharyngeus
16 Os sphenoidale
17 Os frontale
18 Os parietale
19 Os occipitale

ca. Schichtorientierung:



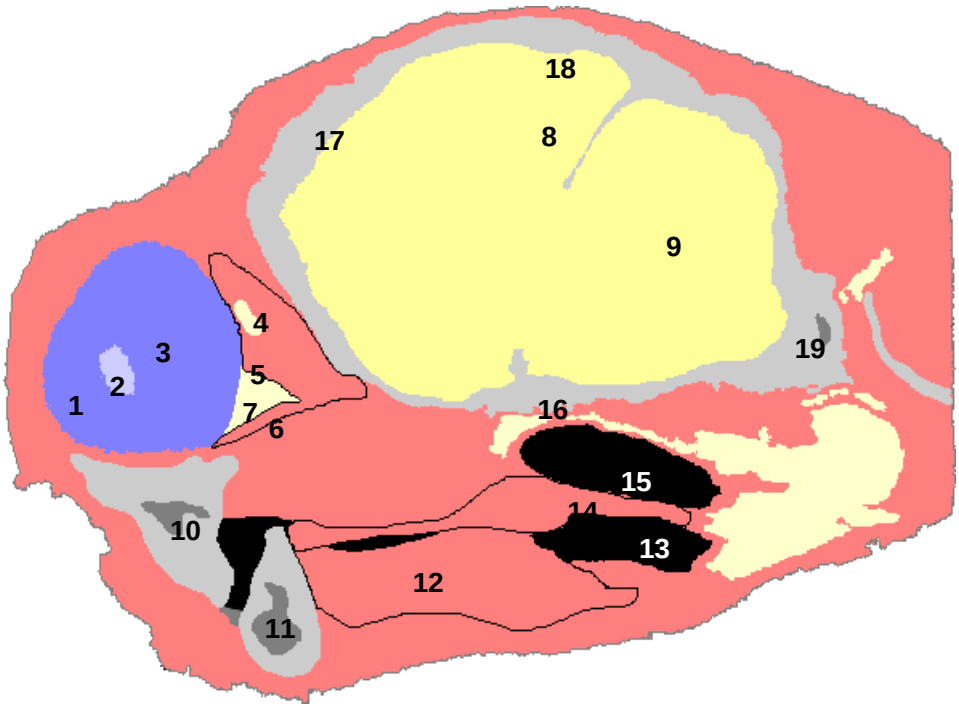


Abb. M13a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M13b

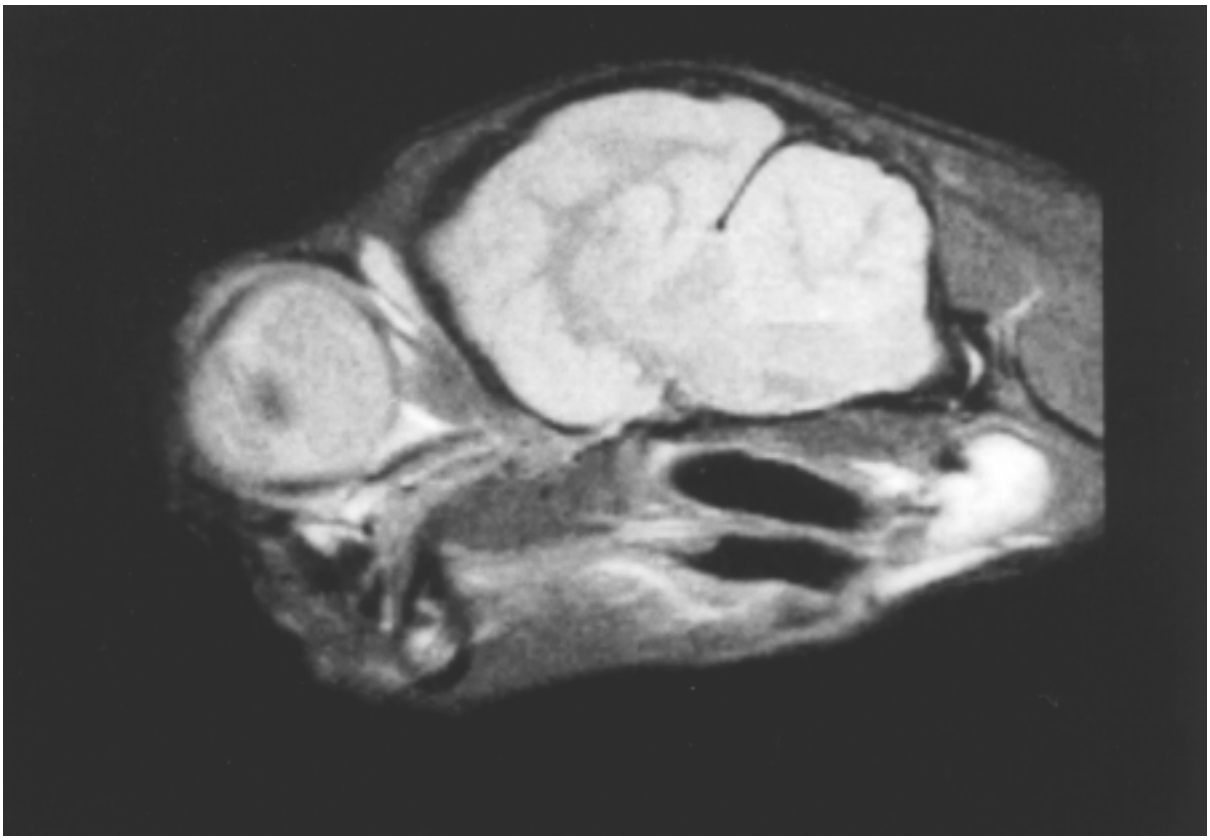


Abb. M13b Sagittales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

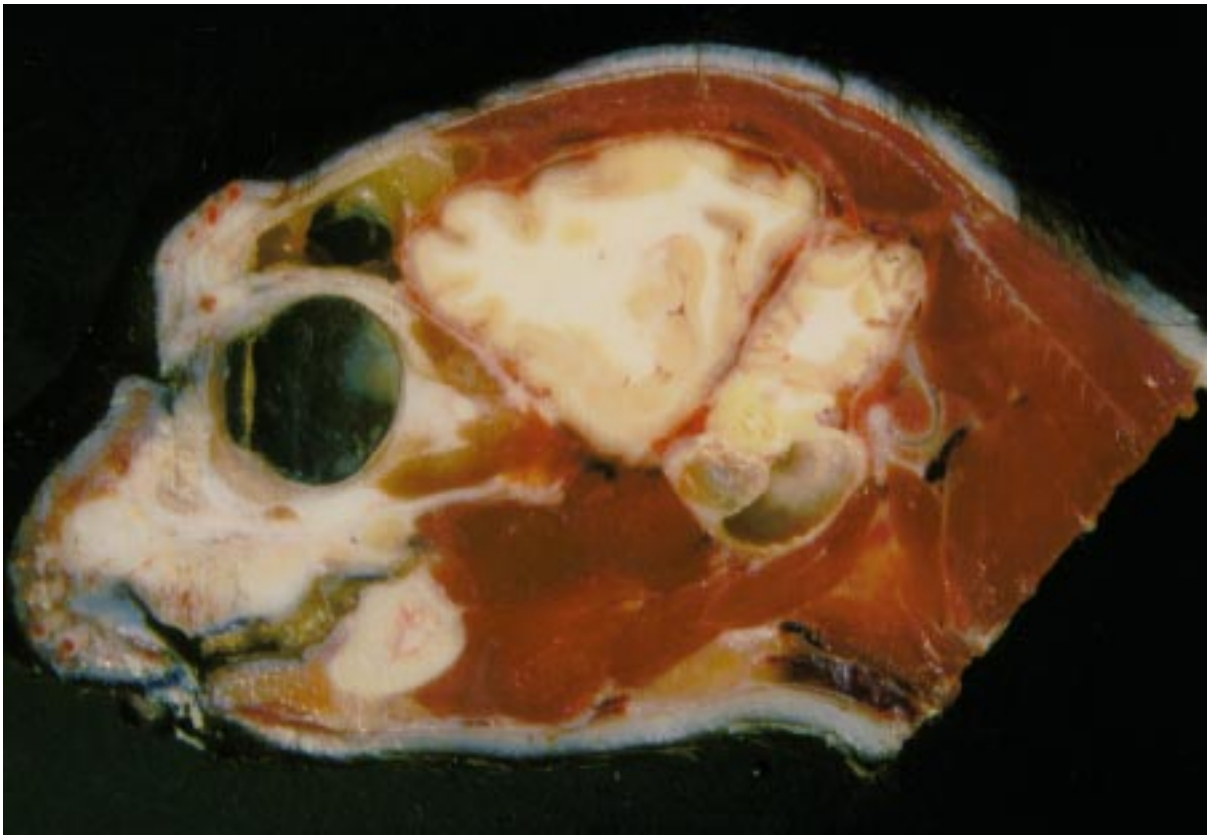


Abb. M13c Anatomisches Präparat zu Abbildung M13b

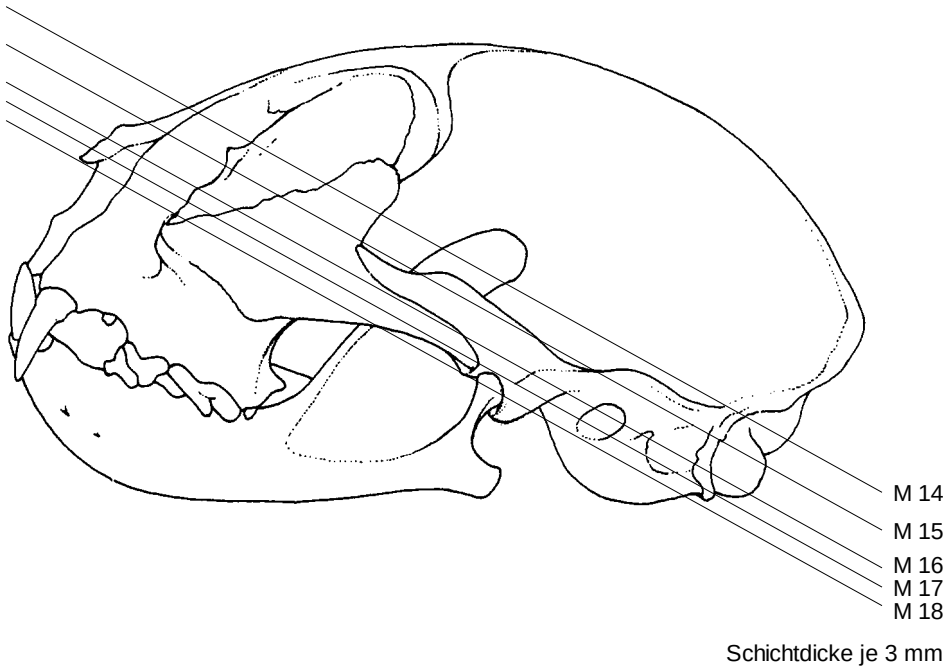
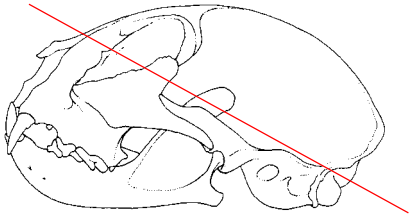


Abb. 13 Schnittebenen der T2-betonten horizontalen MRT-Bilder, Kopf, Katze

Querschnitt M14

Auf dem horizontalen T2-gewichteten MRT-Bild (Abb. M 14b) durch die Orbita und das Os temporale lassen sich von den Strukturen des Auges Bulbus oculi, Corpus adiposum orbitae und M. rectus dorsalis differenzieren. Von den knöchernen Strukturen werden Os ethmoidale, Ramus mandibulae, Os temporale und Os occipitale dargestellt. Außerdem sind Anschnitte des M. masseter, M. temporalis und der Mm. pterygoidei erkennbar.

ca. Schichtorientierung:



1	Schleimhaut der Conchae nasales	10	Mm. pterygoidei
2	Os ethmoidale	11	M. masseter
3	Bulbus oculi	12	M. temporalis
4	Bulbus olfactorius	13	Ramus mandibulae
5	Cerebrum	14	Bindegewebe
6	Cerebellum	15	Os temporale
7	Medulla oblongata	16	Os occipitale
8	Corpus adiposum orbitae	17	Auris externa
9	M. rectus dorsalis		

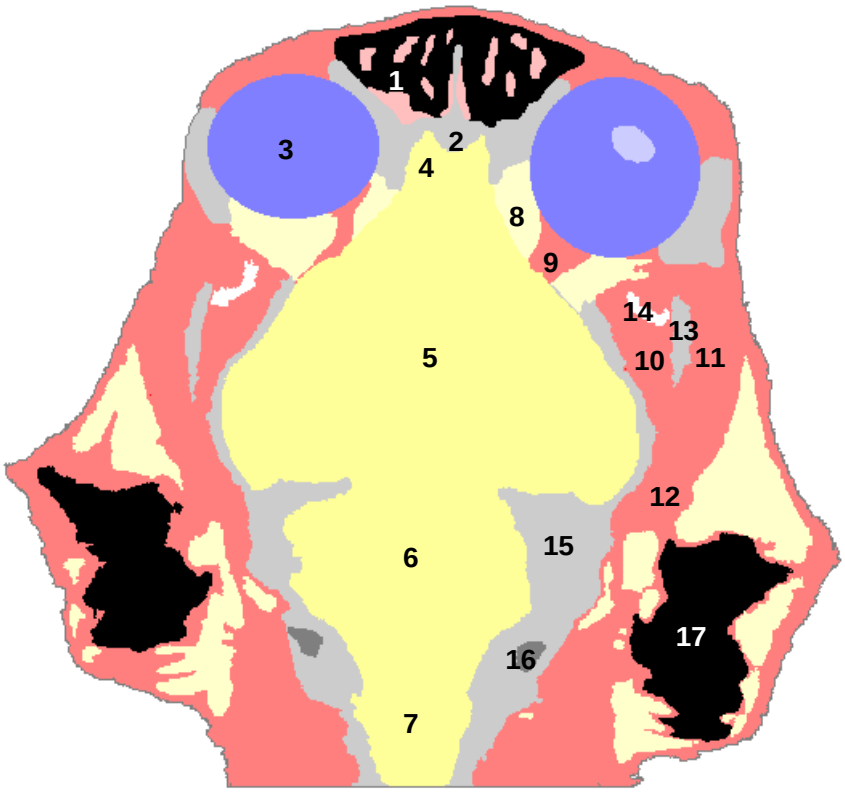


Abb. M14a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M14b

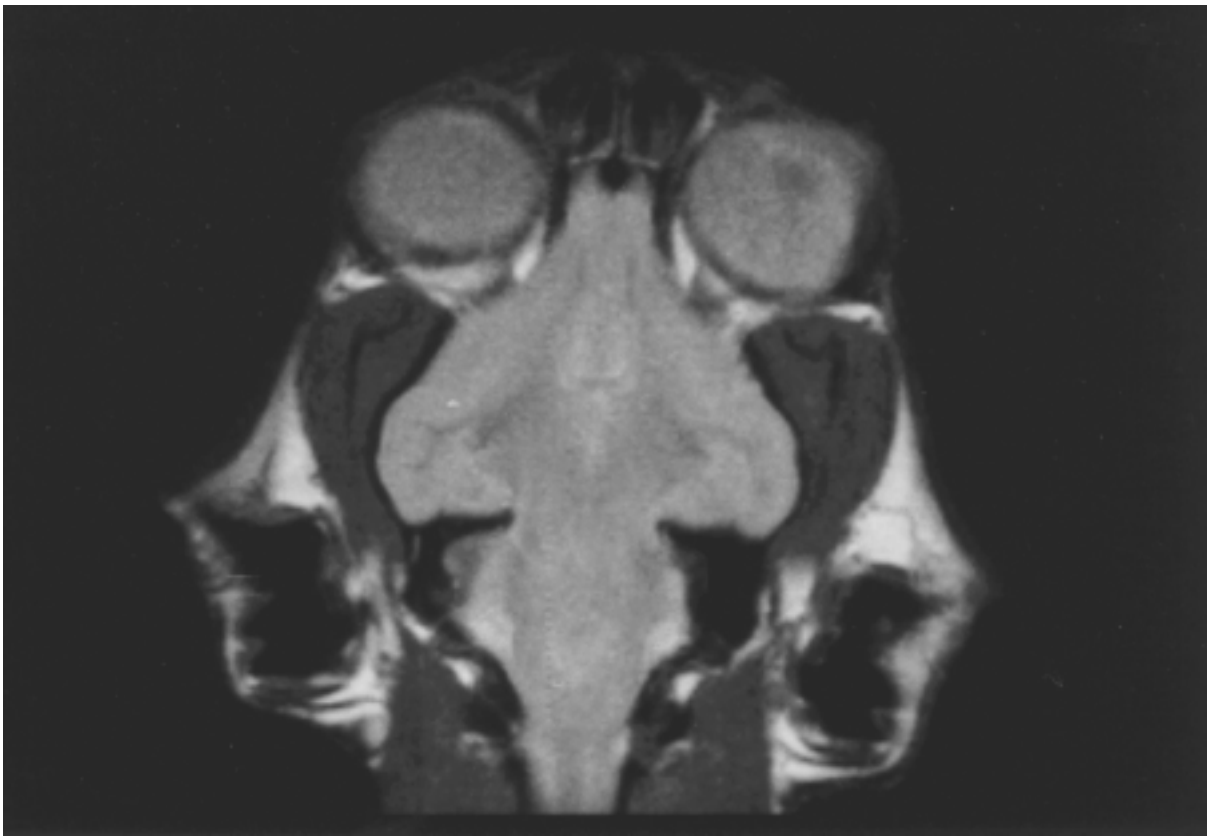


Abb. M14b Horizontales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 8 Jahre

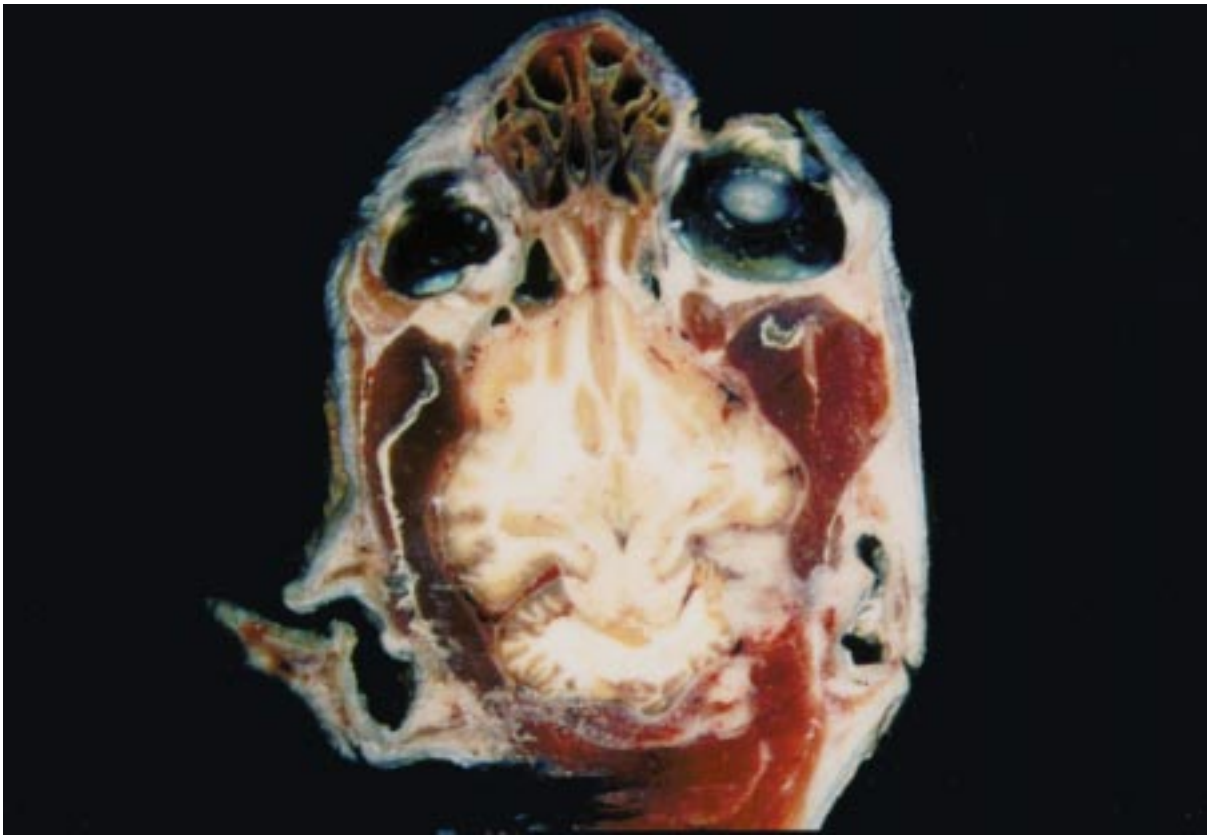
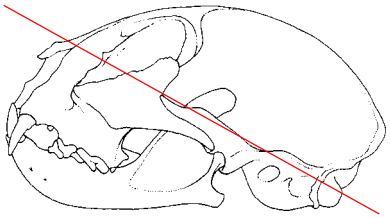


Abb. M14c Anatomisches Präparat zu Abbildung M14b

Querschnitt M15

Das horizontale T2-gewichtete MRT-Bild (Abb. M 15b) zeigt einen Schnitt durch Orbita, Cerebrum, Os temporale und Auris externa. Am Auge können Camera anterior bulbi, Lens oculi, Corpus vitreum und Corpus adiposum orbitae differenziert werden. Im Os temporale ist das Vestibulum erkennbar. Neben den bei Querschnitt M14 erwähnten knöchernen Strukturen wird der Arcus zygomaticus dargestellt.

ca. Schichtorientierung:



1 Schleimhaut der Conchae nasales
2 Os ethmoidale
3 Camera anterior bulbi
4 Lens oculi
5 Corpus vitreum
6 Corpus adiposum orbitae
7 Bulbus olfactorius
8 Cerebrum
9 Pons
10 Medulla ob[illegible]
11 Mm. pteryg

12 M. temporalis
13 M. masseter
14 Ramus mandibulae
15 Bindegewebe
16 Arcus zygomaticus
17 Os temporale, Pars petrosa
18 Vestibulum
19 Auris externa
20 Condylus occipitalis
21 Atlas

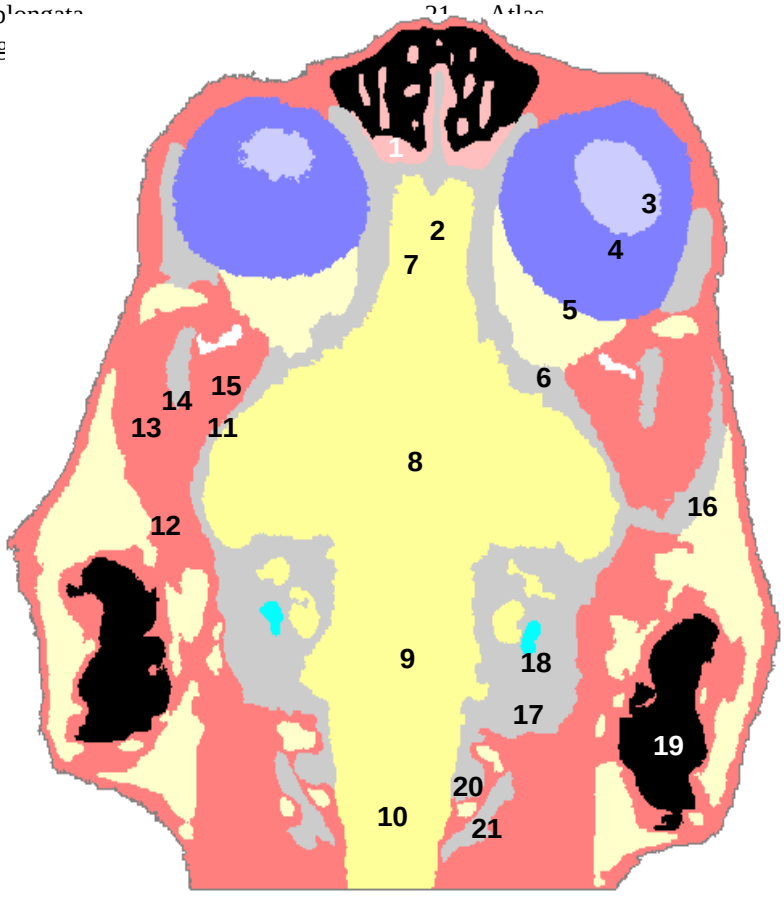


Abb. M15a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M15b

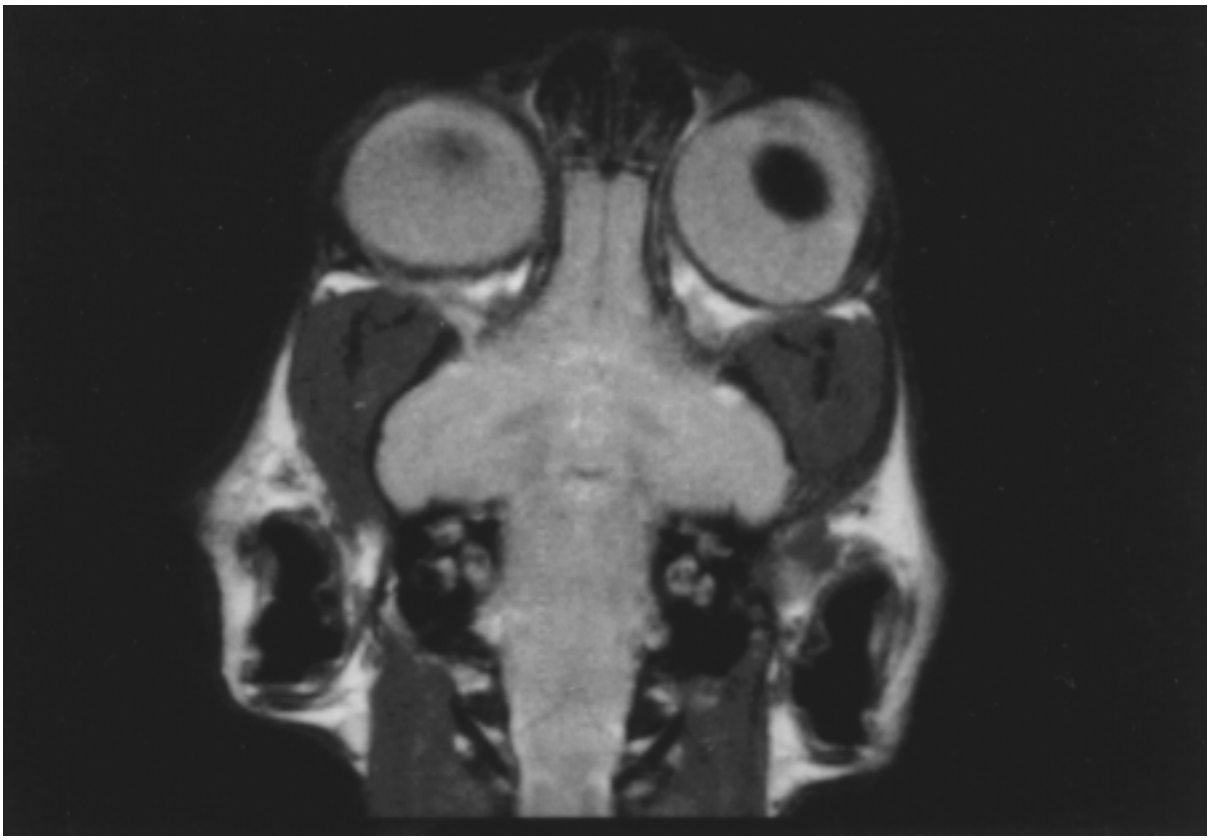


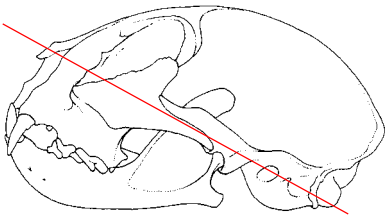
Abb. M15b Horizontales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 8 Jahre

Abb. M15c Anatomisches Präparat zu Abbildung M15b

Querschnitt M16

Das horizontale T2-gewichtete MRT-Bild (Abb. M16b) zeigt von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens oculi, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae, M. rectus medialis, M. rectus lateralis und N. opticus. In der Pars petrosa des Os temporale sind Anschnitte von Cochlea und Vestibulum zu erkennen. Außerdem werden von den Ohrstrukturen Meatus acusticus externus und Auris externa dargestellt.

ca. Schichtorientierung:



1	Schleimhaut der Conchae nasales	13	Pons
2	Os ethmoidale	14	Fett
3	Camera anterior bulbi	15	Mm. pterygoidei
4	Lens oculi	16	M. masseter
5	Corpus vitreum	17	Ramus mandibulae
6	Corpus adiposum orbitae	18	Bindegewebe
7	M. rectus medialis	19	Arcus zygomaticus
8	M. rectus lateralis	20	Os temporale, Pars petrosa
9	N. opticus	21	Vestibulum
10	Bulbus olfactorius	22	Cochlea
11	Cerebrum	23	Meatus acusticus externus
12	Hypophysis cerebri	24	Auris externa

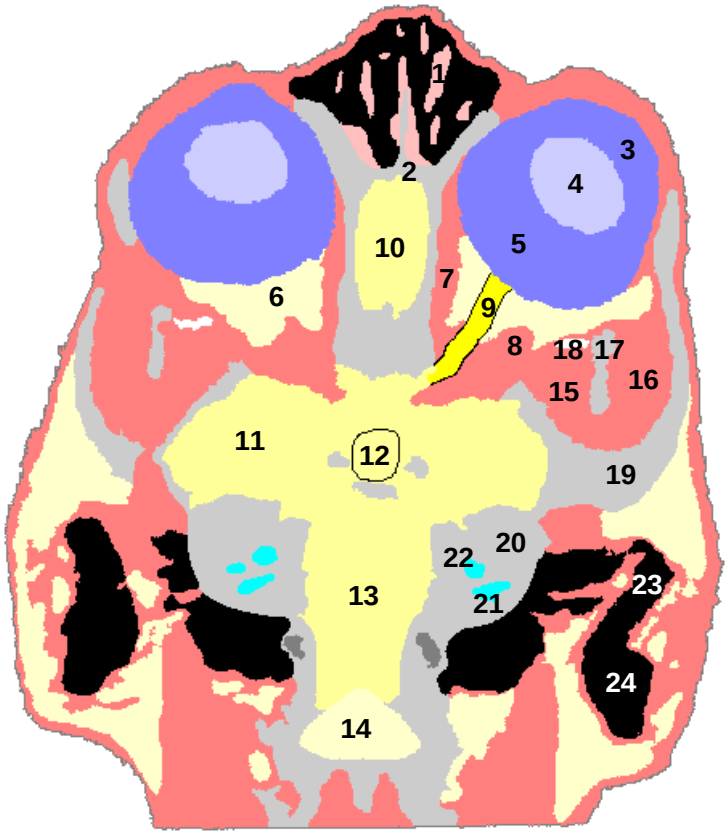


Abb. M16a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M16b

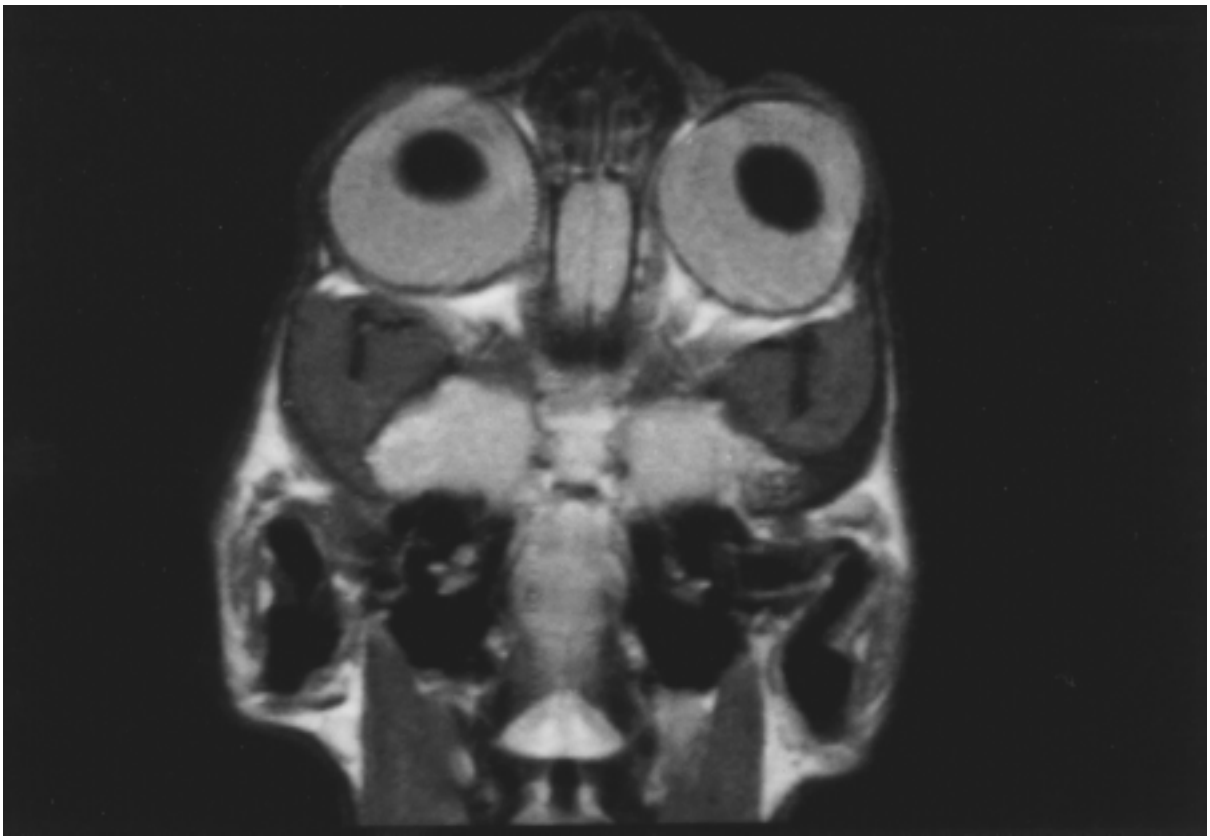


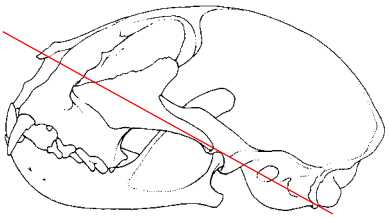
Abb. M16b Horizontales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 8 Jahre

Abb. M16c Anatomisches Präparat zu Abbildung M16b

Querschnitt M17

Auf dem horizontalen T2-gewichteten MRT-Bild (Abb. M17b) durch die Orbita und das Cavum tympani lassen sich von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens oculi, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae und M. rectus ventralis differenzieren. Im Bereich des Ohres werden ein Teil des Meatus acusticus externus sowie das Cavum tympani mit einem Anschnitt der Paukenhöhlenscheidewand dargestellt.

ca. Schichtorientierung:



1	Septum nasi	11	Hypophysis cerebri
2	Schleimhaut der Conchae nasales	12	Arcus zygomaticus
3	Os sphenoidale	13	M. masseter
4	Camera anterior bulbi	14	Ramus mandibulae
5	Lens oculi	15	Bindegewebe
6	Corpus vitreum	16	Mm. pterygoidei
7	Corpus adiposum orbitae	17	Auris externa
8	M. rectus ventralis	18	Meatus acusticus externus
9	Cerebrum	19	Cavum tympani mit Paukenhöhlenscheidewand
10	Chiasma opticum		

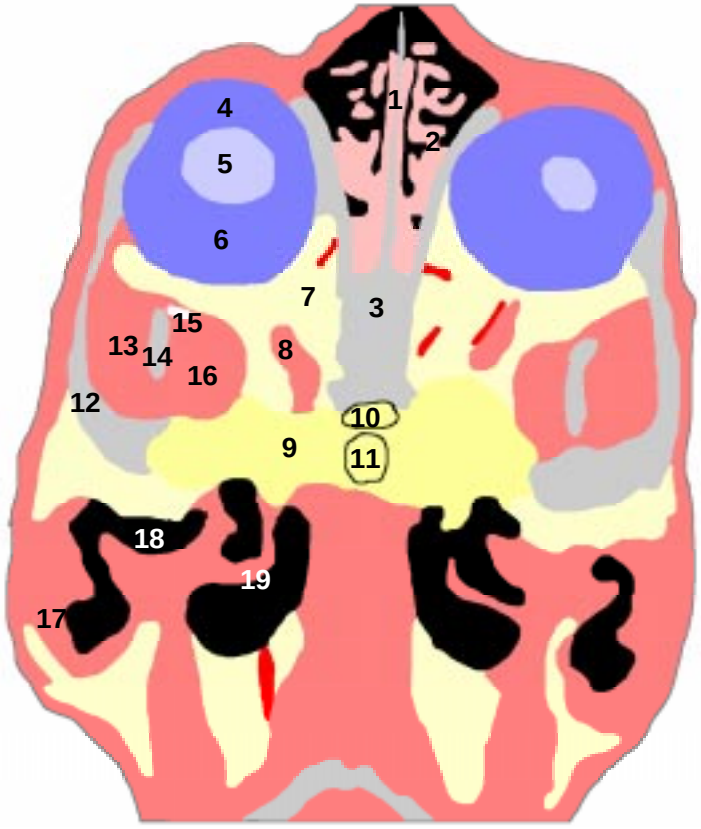


Abb. M17a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M17b

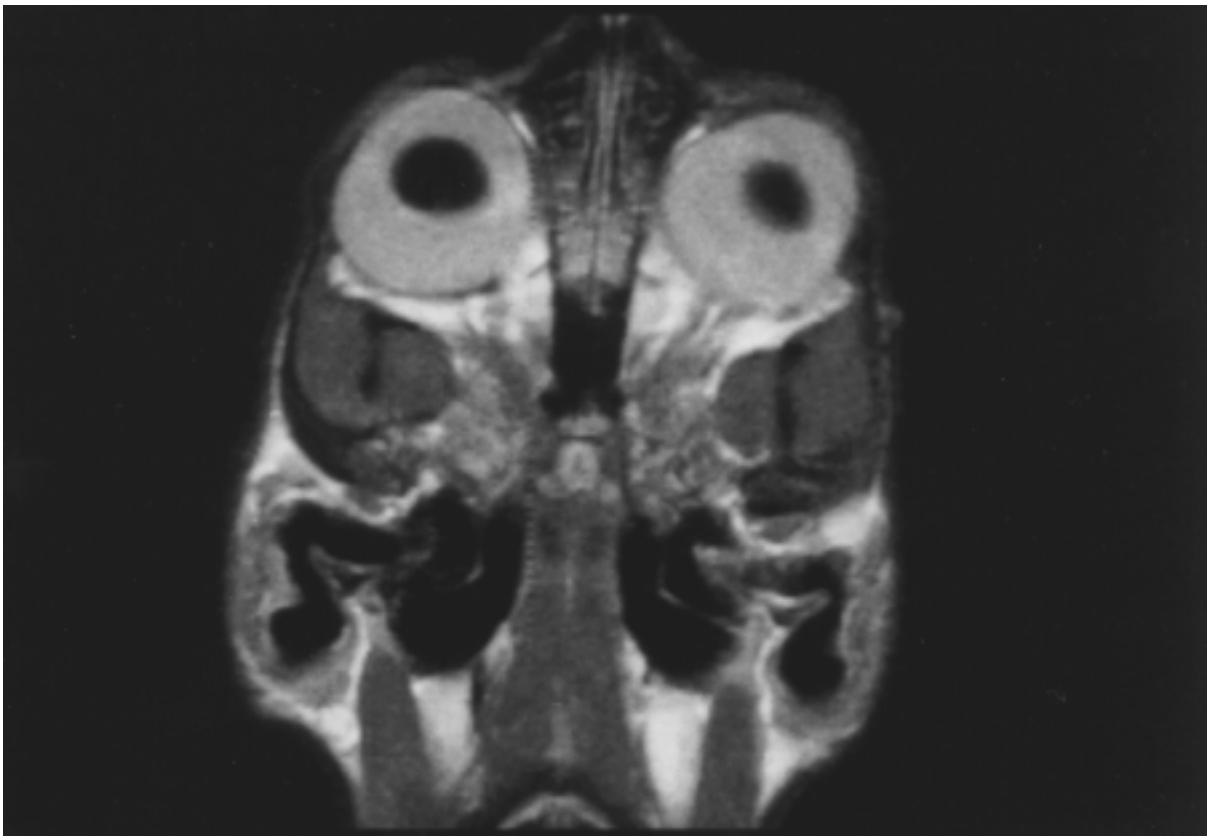


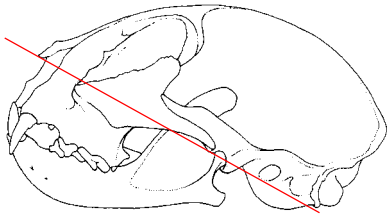
Abb. M17b Horizontales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 8 Jahre

Abb. M17c Anatomisches Präparat zu Abbildung M17b

Querschnitt M18

Das horizontale T2-gewichtete MRT-Bild (Abb. M18b) zeigt einen Schnitt durch den ventralen Bereich der Orbita und des Cavum tympani. Bedingt durch die minimale Seitwärtsdrehung des Kopfes ist die Schichtführung etwas schräg, d.h. die abgebildete rechte Kopfhälfte befindet sich ventral der abgebildeten linken Kopfhälfte. Am Auge können Camera anterior bulbi, Lens oculi, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae und M. rectus ventralis
differenziert werden.

ca. Schichtorientierung:



1 Septum nasi
2 Schleimhaut der Conchae nasales
3 Camera anterior bulbi
4 Lens oculi
5 Corpus vitreum
6 Corpus adiposum orbitae
7 M. rectus ventralis
8 Ductus nasopharyngeus
9 Velum palatinum
10 Arcus zygomaticus
11 M. masseter
12 Ramus mandibulae
13 Mm. pterygoidei
14 Cerebrum
15 Auris externa
16 Cavum tympani mit Paukenhöhlenscheidewand

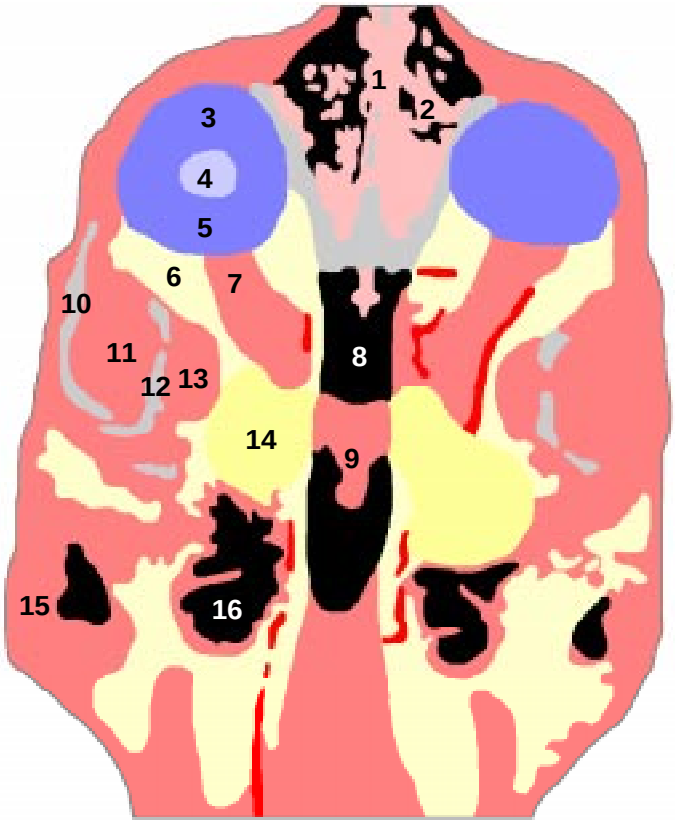


Abb. M18a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M18b

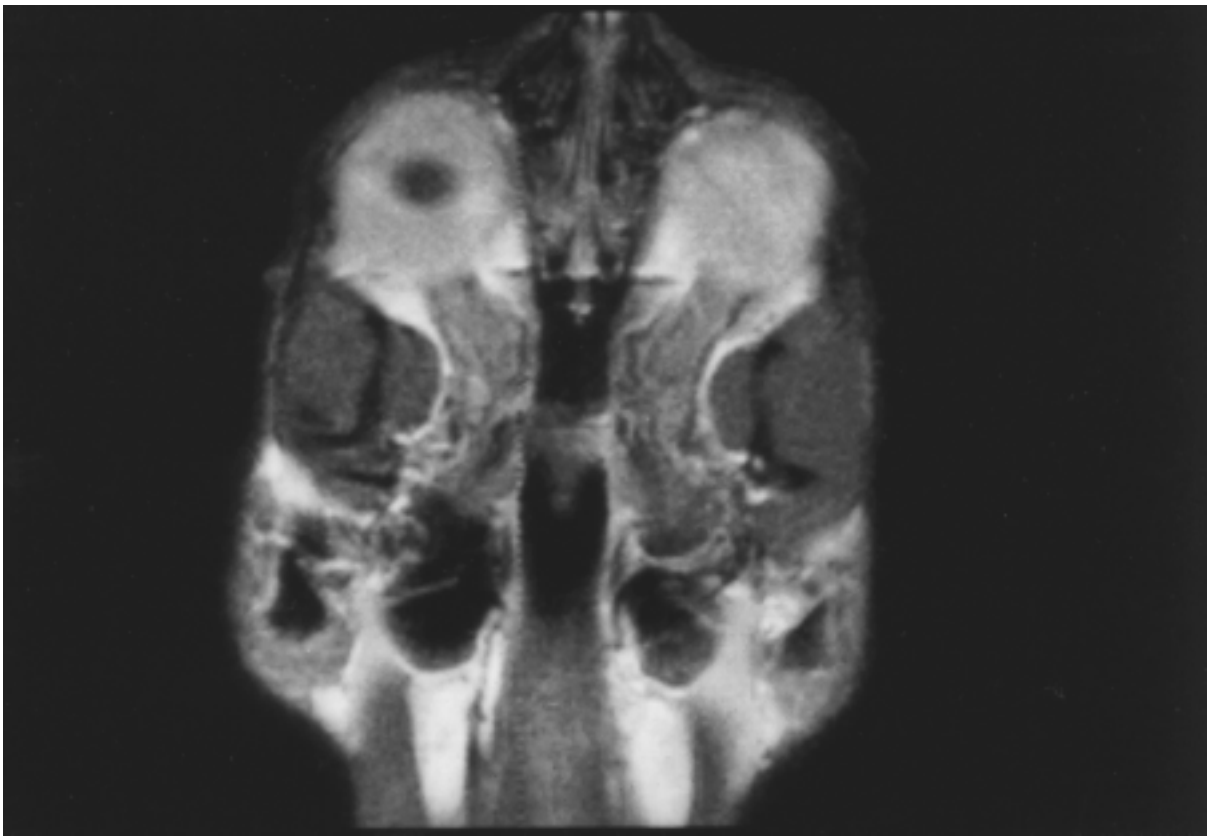


Abb. M18b Horizontales T2-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 8 Jahre

Abb. M18c Anatomisches Präparat zu Abbildung M18b

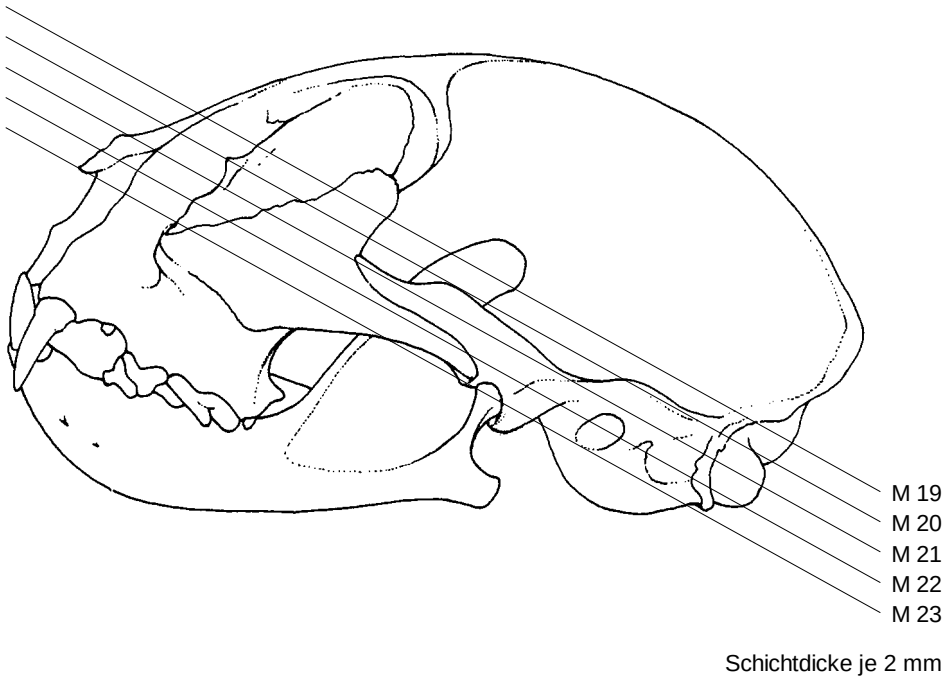
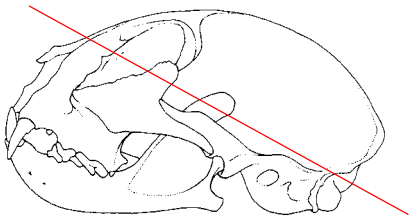


Abb. 14 Schnittebenen der T1-betonten horizontalen MRT-Bilder, Kopf, Katze

Querschnitt M19

Auf dem horizontalen T1-gewichteten MRT-Bild (Abb. M19b) durch die Orbita, das Cerebrum und Cerebellum können von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens oculi, Capsula lentis, Corpus ciliare, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae und im Ansatz der M. rectus dorsalis differenziert werden. Die Sehnenplatten im M. temporalis werden ebenso wie die luftgefüllten Räume im Cavum nasi, Meatus acusticus externus sowie die knöcherne Be-grenzung des Gehirns schwarz dargestellt. Fettgewebe und das Knochenmark erscheinen weiß.

ca. Schichtorientierung:



1 Septum nasi
2 Schleimhaut der Conchae nasales
3 Camera anterior bulbi
4 Lens oculi
5 Capsula lentis
6 Corpus ciliare
7 Corpus vitreum
8 Corpus adiposum orbitae
9 M. rectus dorsalis
10 Bulbus olfactorius
11 Cerebrum
12 Cerebellum
13 Os temporale
14 M. temporalis
15 Bindegewebe (Sehnenplatte) im M. temporalis
16 Auris externa

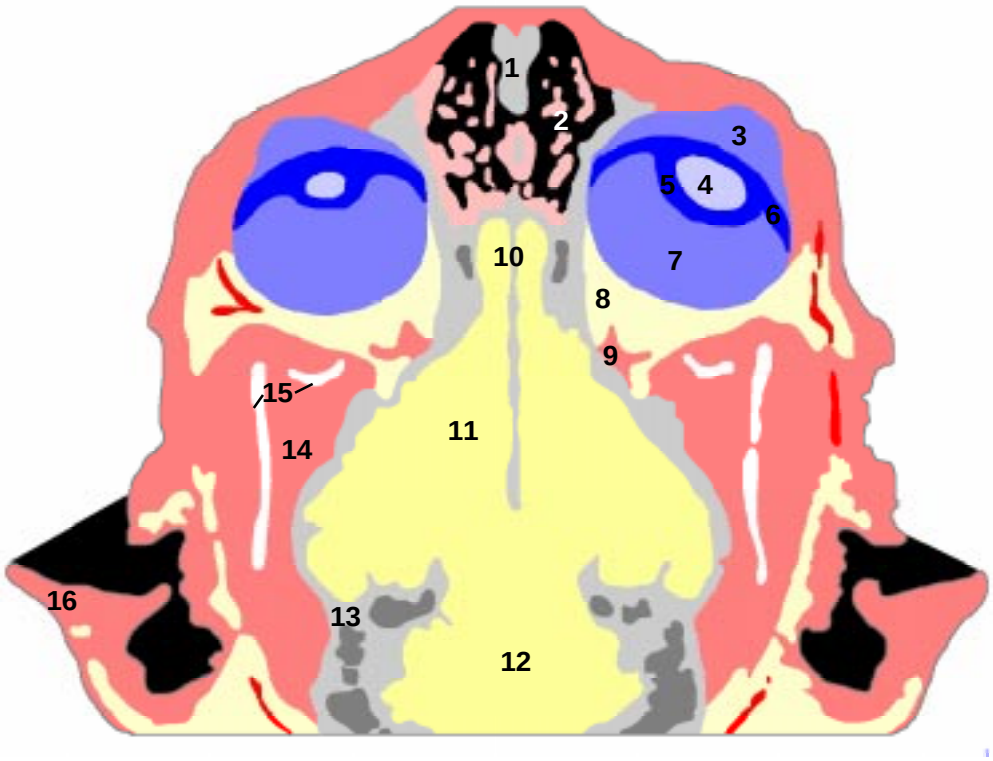


Abb. M19a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M19b

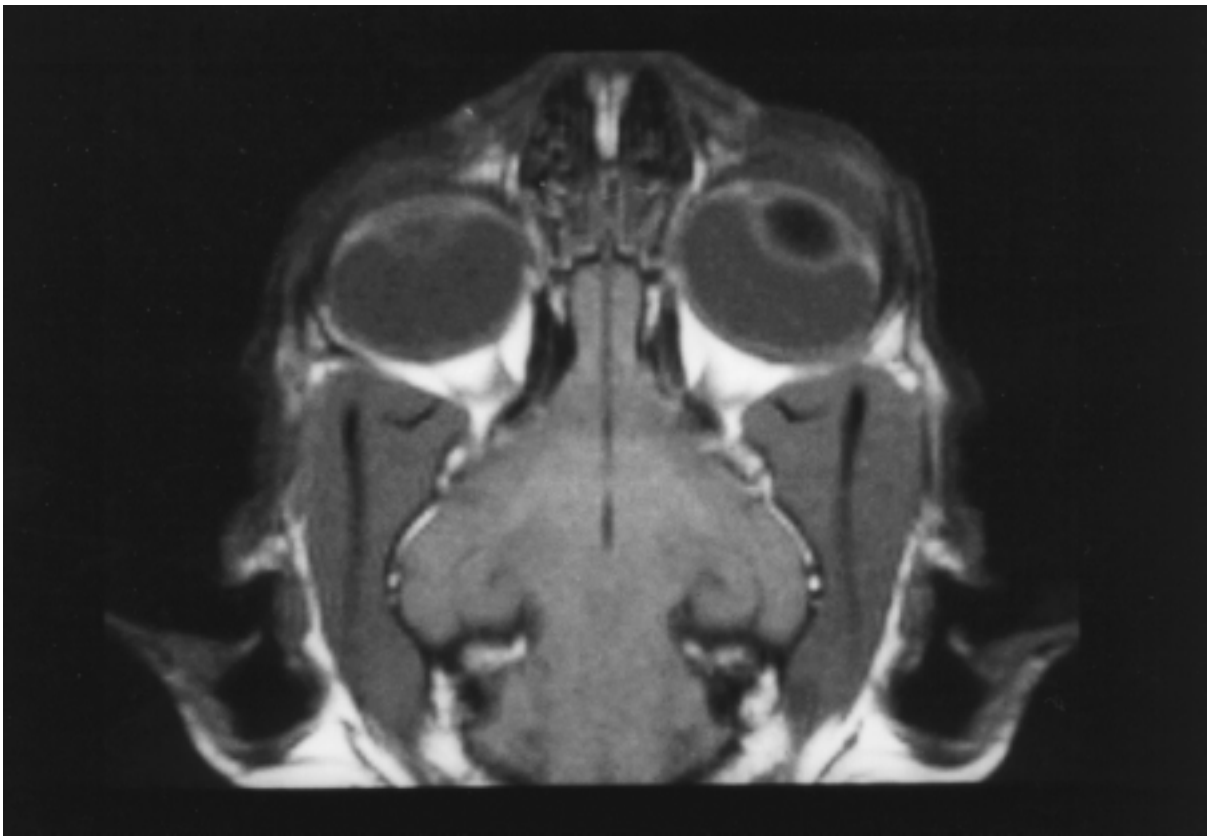


Abb. M19b Horizontales T1-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

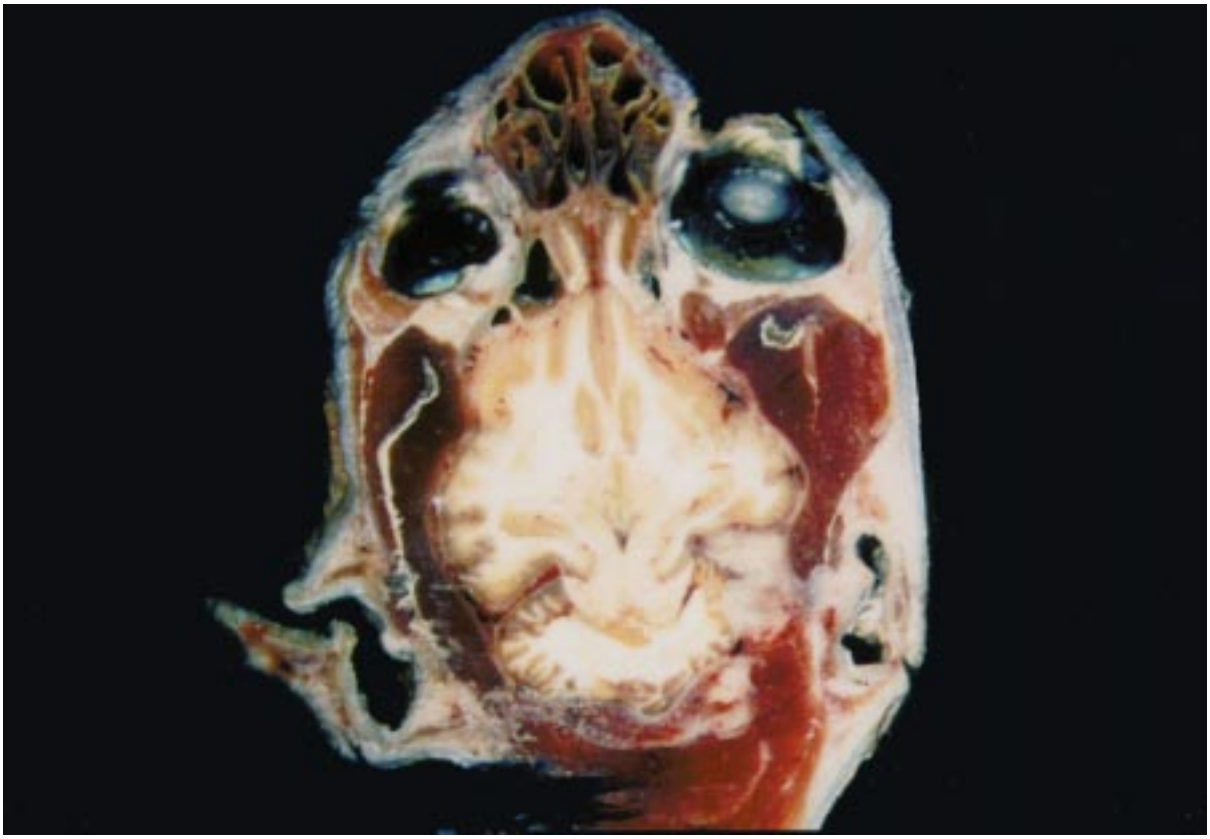
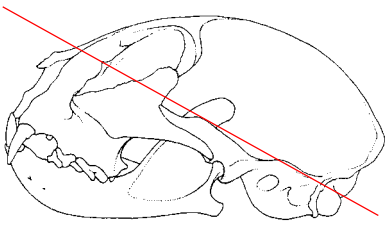


Abb. M19c Anatomisches Präparat zu Abbildung M19b

Querschnitt M20

Das horizontale T1-gewichtete MRT-Bild (Abb. M20b) zeigt von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens oculi, Capsula lentis, Corpus ciliare, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae, M. rectus medialis und N. opticus. In der Pars petrosa des Os temporale sind Anschnitte der Bogengänge zu erkennen. Für eine genauere Differenzierung wären weitere MRT-Aufnahmen in dünneren Schichten und mehreren Ebenen nötig.

ca. Schichtorientierung:



1	Septum nasi	13	Cerebrum
2	Schleimhaut der Conchae nasales	14	Hypophysis cerebri
3	Camera anterior bulbi	15	Pons
4	Lens oculi	16	N. facialis et N. vestibulocochlearis
5	Capsula lentis	17	Anschnitte der Bogengänge (Canales semicirculares)
6	Corpus ciliare		
7	Corpus vitreum	18	Arcus zygomaticus
8	Corpus adiposum orbitae	19	M. temporalis
9	M. rectus medialis	20	Ramus mandibulae
10	N. opticus	21	Bindegewebe (Sehnenplatte) im M. temporalis
11	Bulbus olfactorius		
12	Os sphenoidale	22	Auris externa

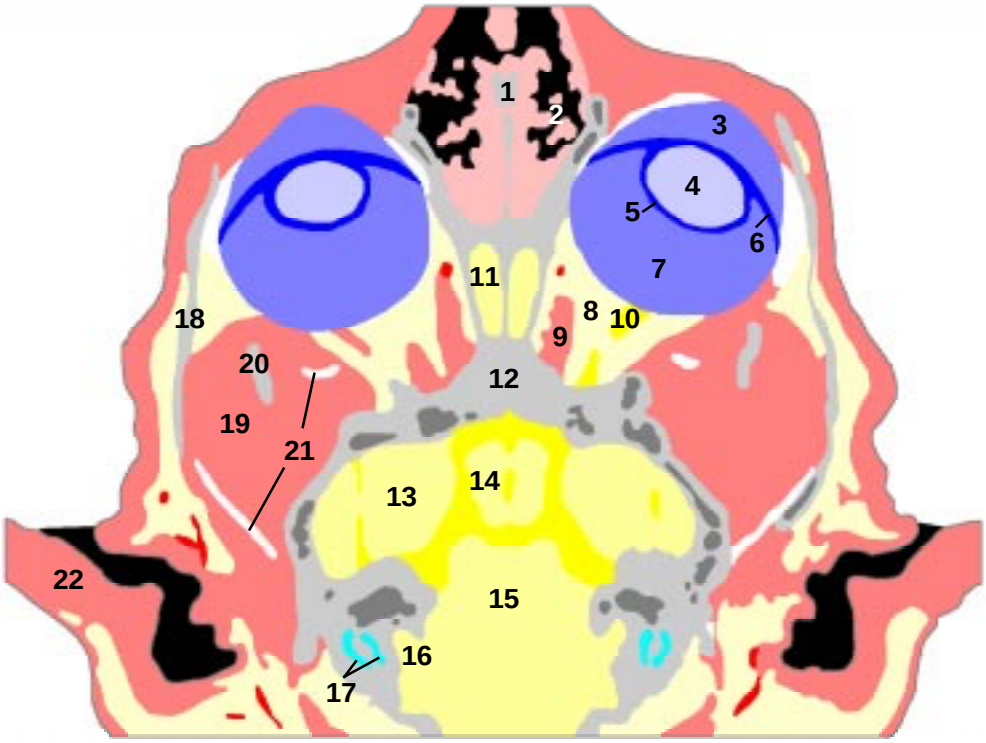


Abb. M20a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M20b

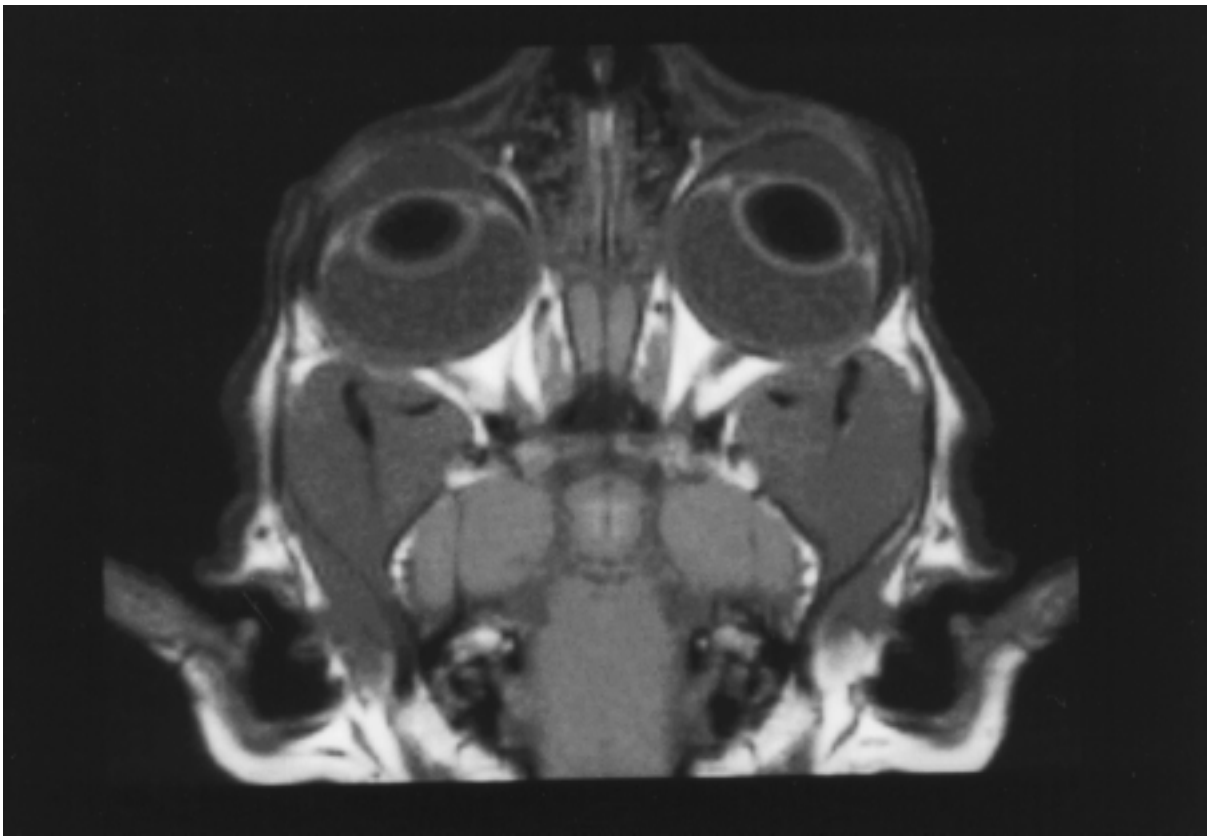


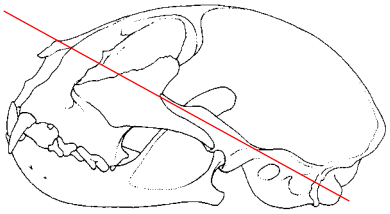
Abb. M20b Horizontales T1-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

Abb. M20c Anatomisches Präparat zu Abbildung M20b

Querschnitt M21

Auf dem horizontalen T1-gewichteten MRT-Bild (Abb. M21b) durch die Orbita, die Hypophyse und das Os temporale, Pars petrosa lassen sich von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Lens oculi, Capsula lentis, Corpus ciliare, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae, M. rectus medialis, M. rectus lateralis und ein Teil des N. opticus differenzieren. Die Pars petrosa des Os temporale wird schwarz dargestellt. Die flüssigkeitsgefüllten Innenohrstrukturen erscheinen hellgrau.

ca. Schichtorientierung:



1	Septum nasi	13	Cerebrum
2	Schleimhaut der Conchae nasales	14	Hypophysis cerebri
3	Camera anterior bulbi	15	Pons
4	Lens oculi	16	Os temporale, Pars petrosa
5	Capsula lentis	17	Cochlea
6	Corpus ciliare	18	Vestibulum
7	Corpus vitreum	19	Arcus zygomaticus
8	Corpus adiposum orbitae	20	M. masseter
9	M. rectus medialis	21	Ramus mandibulae
10	N. opticus	22	Bindegewebe
11	M. rectus lateralis	23	Mm. pterygoidei
12	Os sphenoidale	24	Auris externa

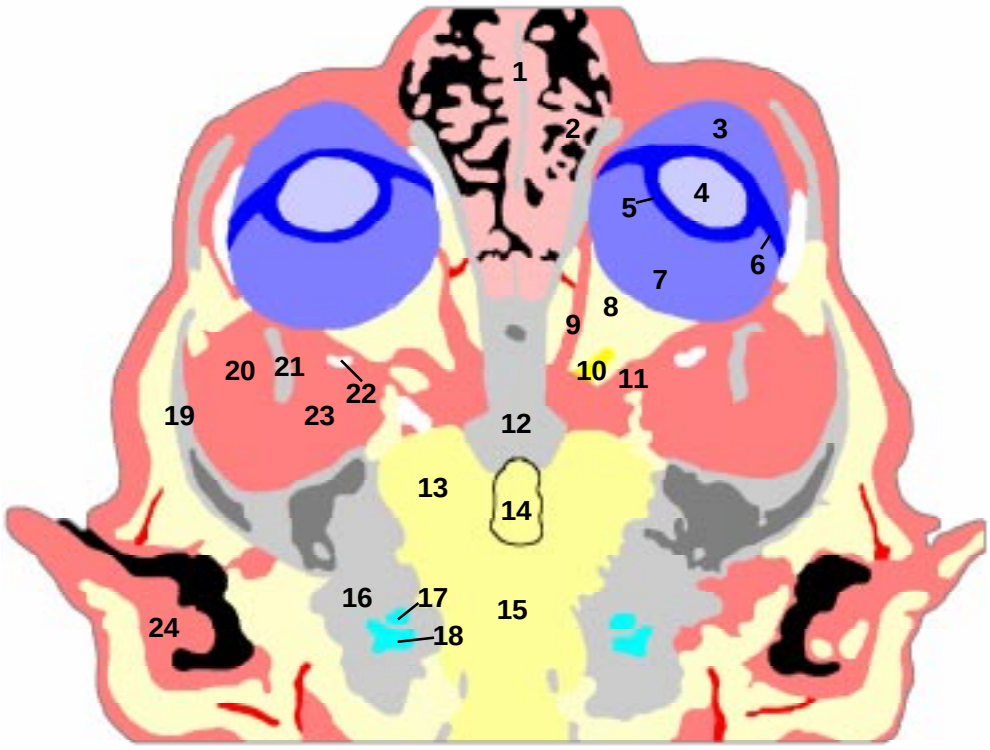


Abb. M21a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M21b

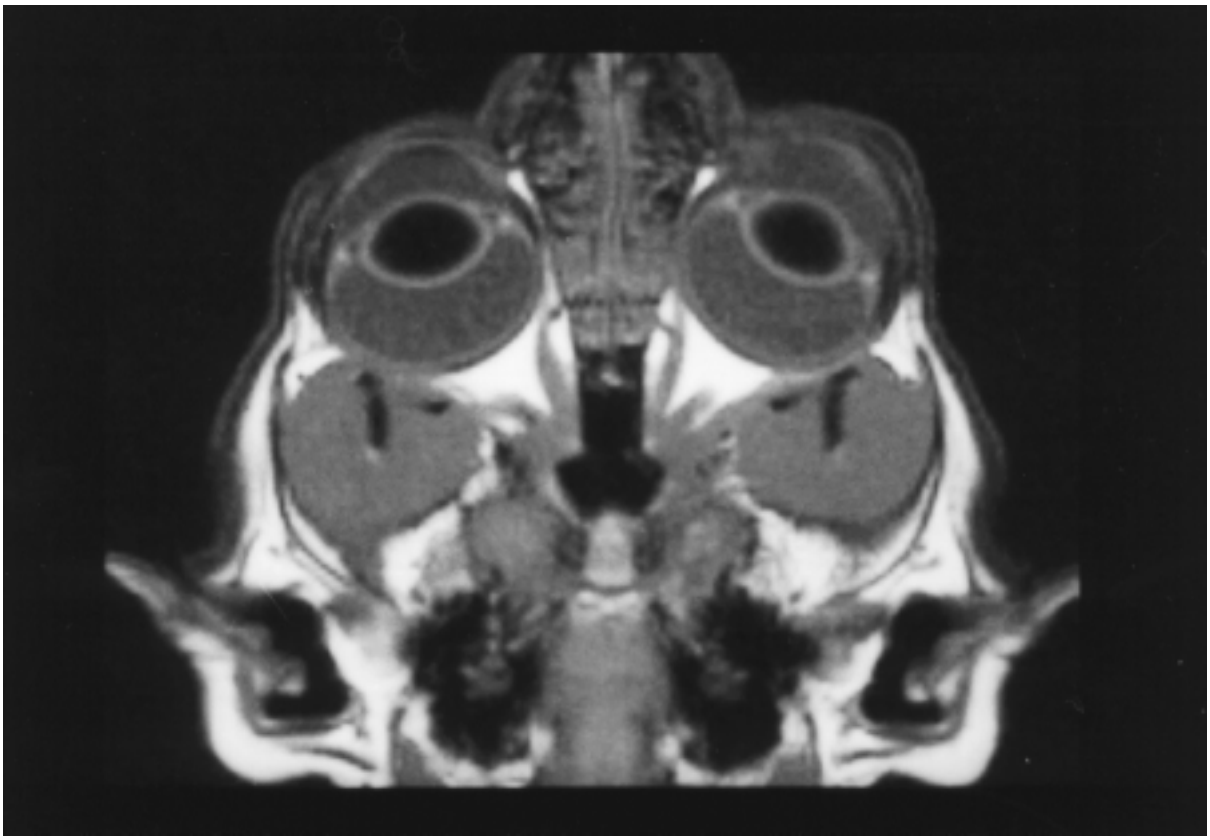


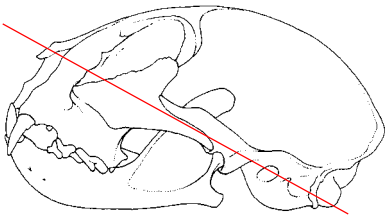
Abb. M21b Horizontales T1-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

Abb. M21c Anatomisches Präparat zu Abbildung M21b

Querschnitt M22

Von den Strukturen des Auges werden auf dem horizontalen T1-gewichteten MRT-Bild (Abb. M22b) Camera anterior bulbi, Lens oculi, Capsula lentis, Corpus ciliare, Corpus vitreum und Corpus adiposum orbitae dargestellt. Weiterhin sind im wesentlichen das Cavum nasi mit den Conchae nasales, M. masseter, Mm. pterygoidei, der Meatus acusticus externus und das Cavum tympani erkennbar.

ca. Schichtorientierung:



1	Septum nasi	11	Cerebrum
2	Schleimhaut der Conchae nasales	12	Hypophysis cerebri
3	Camera anterior bulbi	13	Arcus zygomaticus
4	Lens oculi	14	M. masseter
5	Capsula lentis	15	Ramus mandibulae
6	Corpus ciliare	16	Bindegewebe
7	Corpus vitreum	17	Mm. pterygoidei
8	Corpus adiposum orbitae	18	Meatus acusticus externus
9	Os praesphenoidale	19	Cavum tympani
10	Os basisphenoidale		

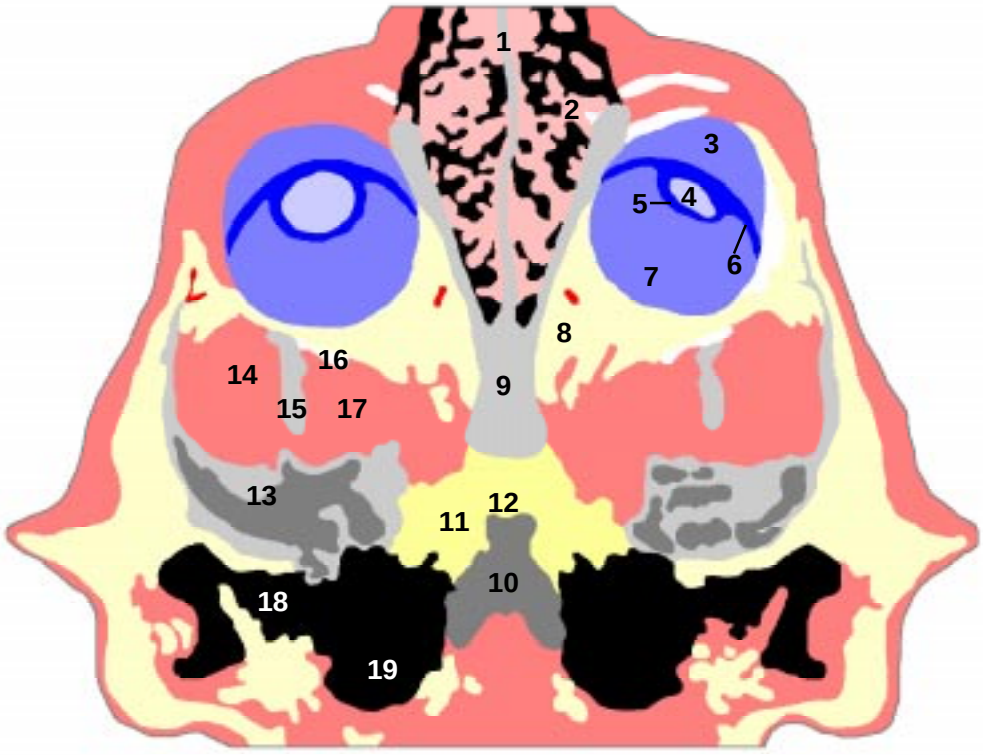


Abb. M22a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M22b

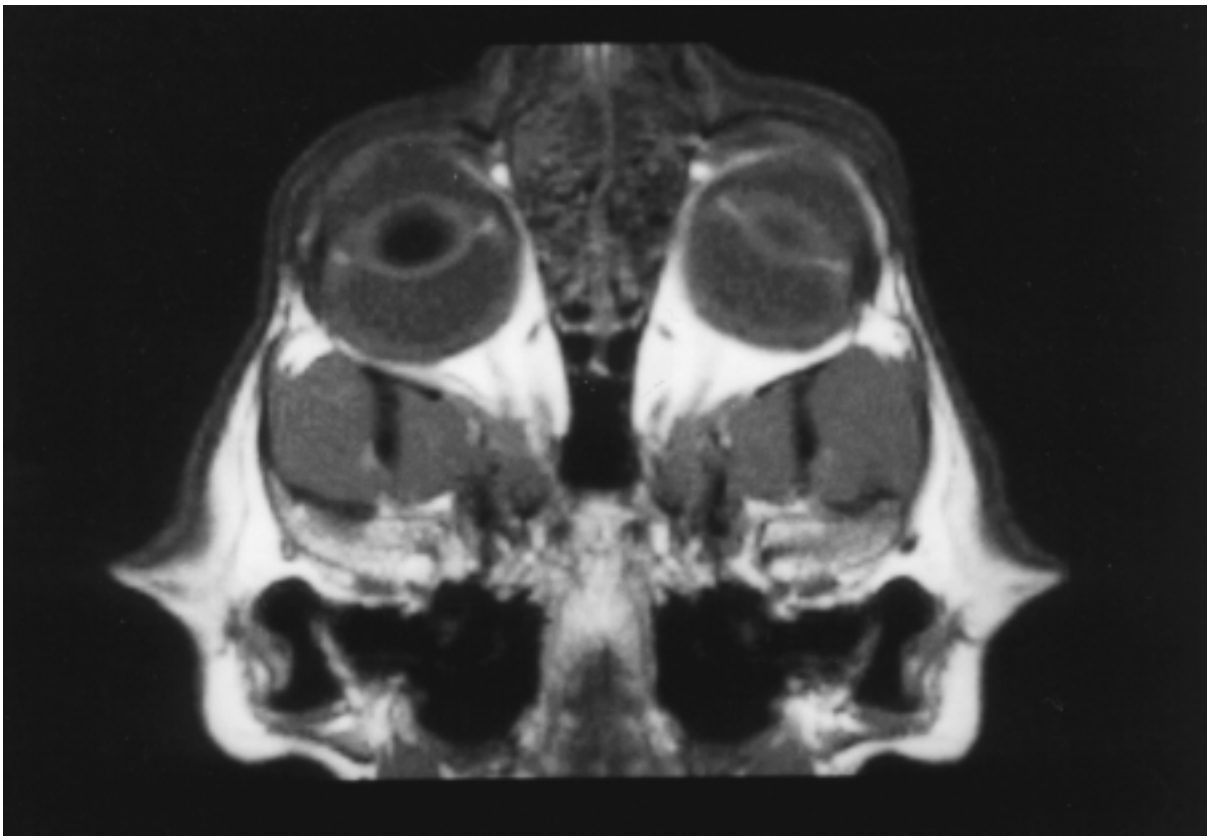


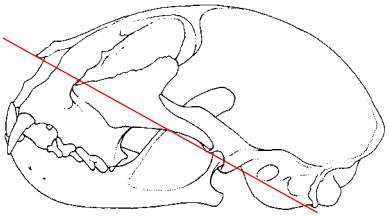
Abb. M22b Horizontales T1-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

Abb. M22c Anatomisches Präparat zu Abbildung M22b

Querschnitt M23

Auf dem horizontalen T1-gewichteten MRT-Bild (Abb. M23b) werden von den Strukturen des Auges Camera anterior bulbi, Corpus ciliare, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae und M. rectus ventralis dargestellt. Es sind außerdem das Cavum nasi mit den Conchae nasales, der Ductus nasopharyngeus, M. masseter, Mm. pterygoidei, Mandibula, Meatus acusticus externus und das Cavum tympani sichtbar.

ca. Schichtorientierung:



1 Septum nasi
2 Schleimhaut der Conchae nasales
3 Camera anterior bulbi
4 Corpus ciliare
5 Corpus vitreum
6 Corpus adiposum orbitae
7 M. rectus ventralis
8 Ductus nasopharyngeus
9 M. masseter
10 Mandibula
11 Mm. pterygoidei
12 Meatus acusticus externus
13 Cavum tympani

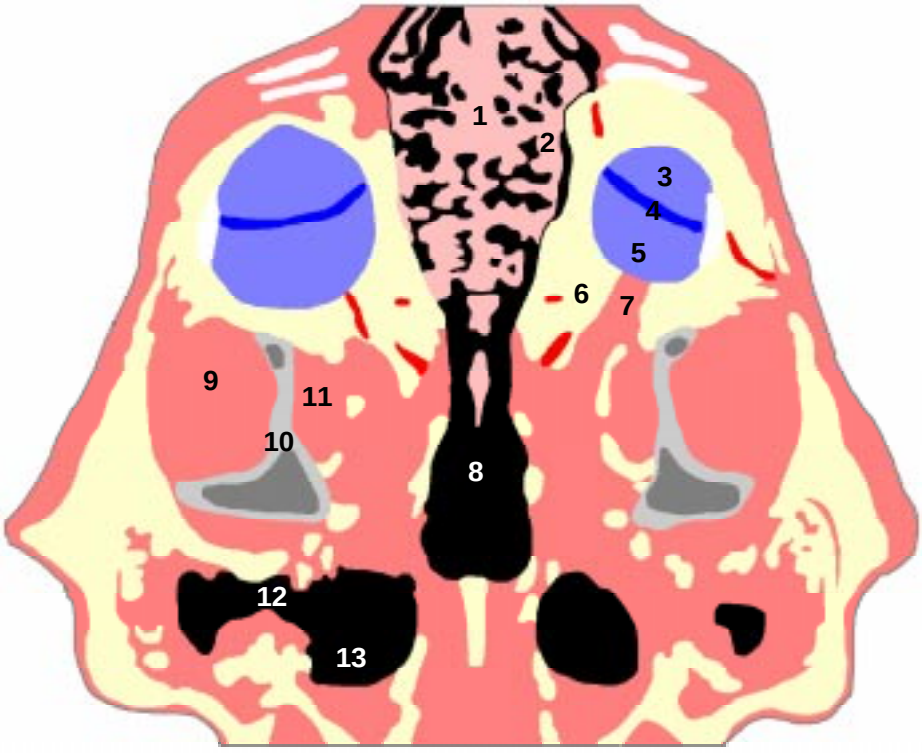


Abb. M23a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M23b

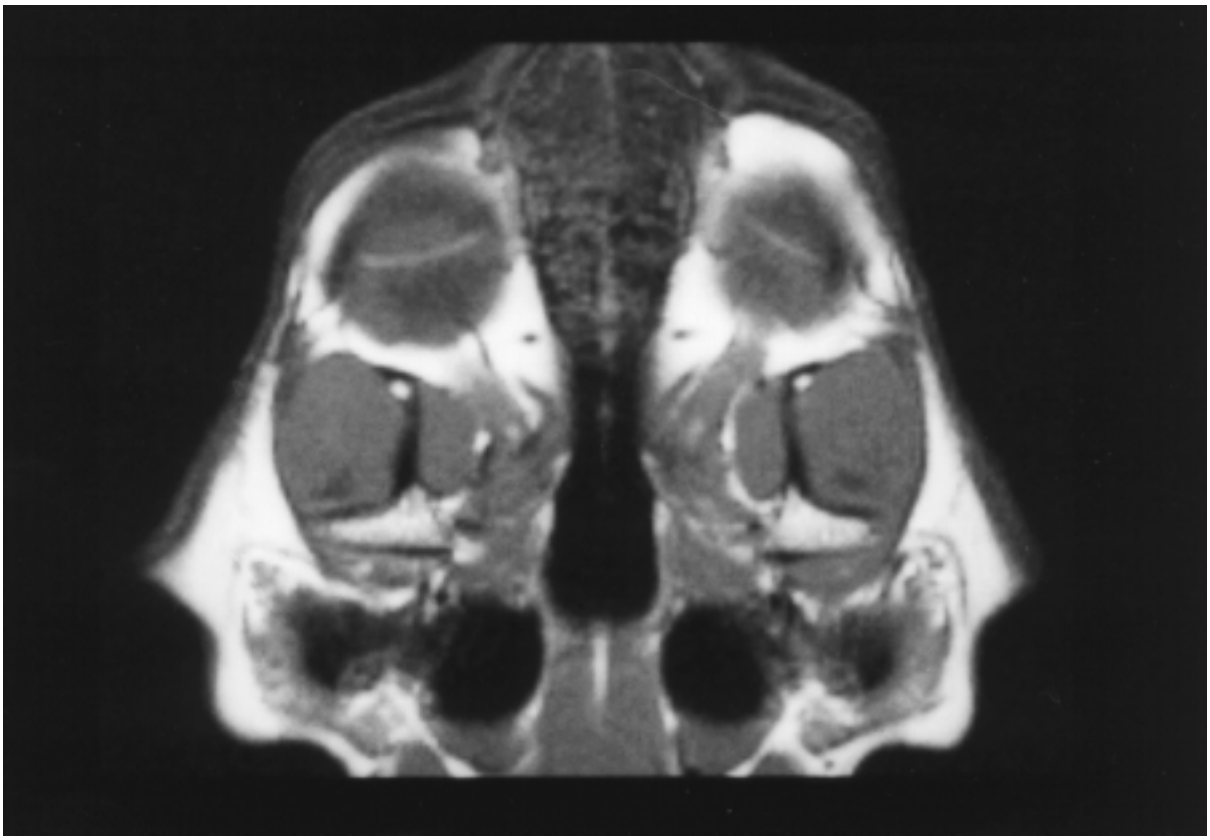


Abb. M23b Horizontales T1-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

Abb. M23c Anatomisches Präparat zu Abbildung M23b

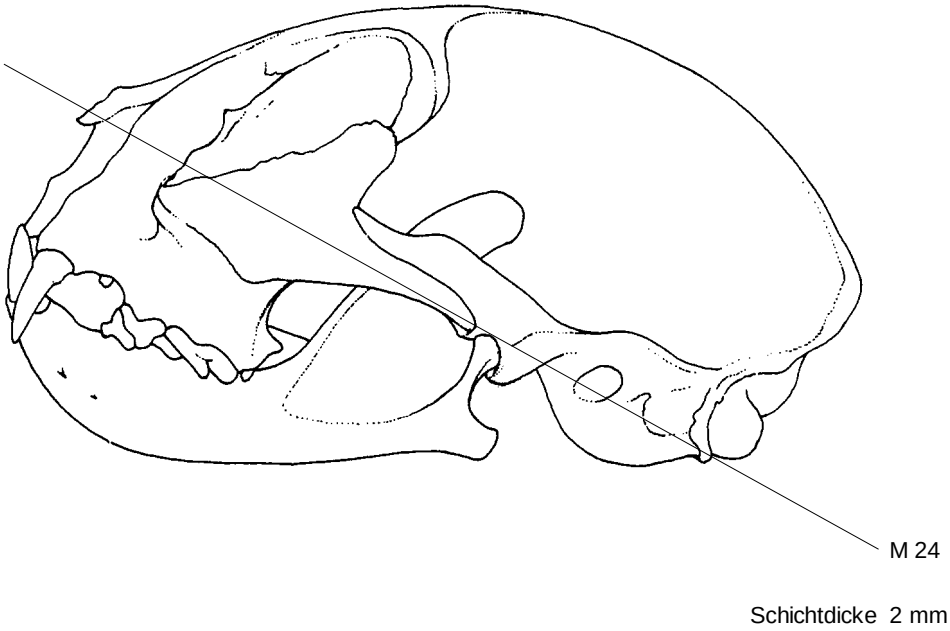
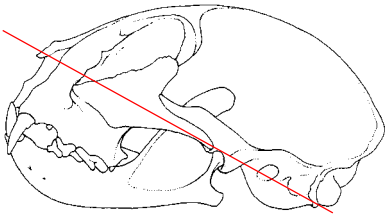


Abb. 15 Schnittebene des T1-betonten horizontalen MRT-Bilds, Kopf, Katze

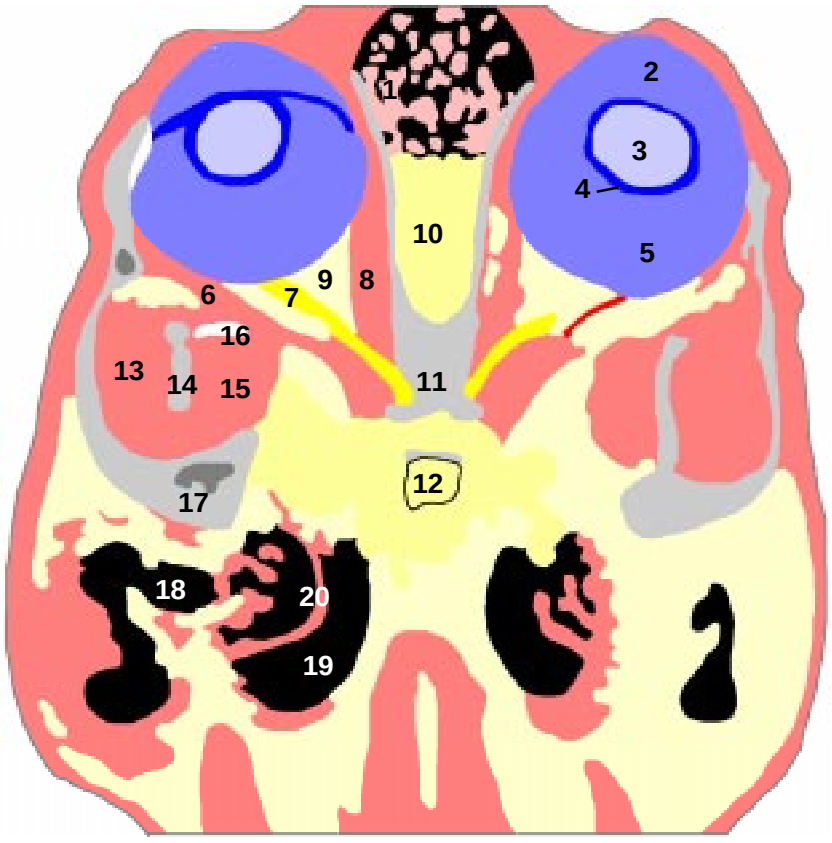
Querschnitt M24

Das horizontale T1-gewichtete MRT-Bild (Abb. M24b) zeigt einen Schnitt durch die Orbita, die Hypophyse und das Cavum tympani. Der Bulbus oculi stellt sich signalarm (dunkel) dar. Von den Strukturen des Auges sind Camera anterior bulbi, Lens oculi, Capsula lentis, Corpus vitreum, Corpus adiposum orbitae, M. rectus lateralis, M. rectus medialis und N. opticus differenzierbar. Im Cavum tympani wird die Paukenhöhlenscheidewand dargestellt.

ca. Schichtorientierung:



1	Schleimhaut der Conchae nasales	11	Os sphenoidale
2	Camera anterior bulbi	12	Hypophysis cerebri
3	Lens oculi	13	M. masseter
4	Capsula lentis	14	Ramus mandibulae
5	Corpus vitreum	15	Mm. pterygoidei
6	M. rectus lateralis	16	Bindegewebe
7	N. opticus	17	Arcus zygomaticus
8	M. rectus medialis	18	Meatus acusticus externus
9	Corpus adiposum orbitae	19	Cavum tympani
10	Bulbus olfactorius	20	Paukenhöhlenscheidewand



.

Abb. M24a Schematische Zeichnung zum MRT-Bild Abbildung M24b

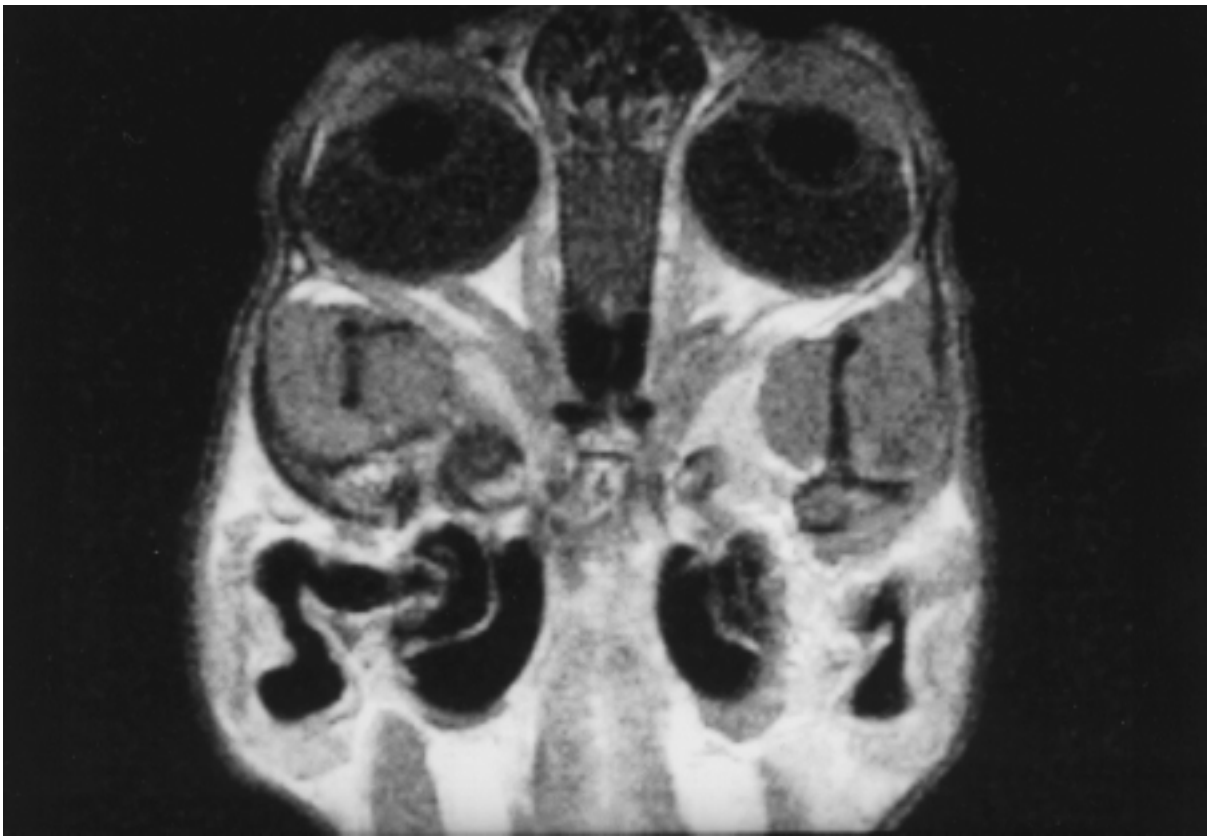


Abb. M24b Horizontales T1-gewichtetes MRT-Bild, Kopf, europ. Kurzhaarkatze, weibl., 5 Jahre

Abb. M24c Anatomisches Präparat zu Abbildung M24b

4 Diskussion

Die Zielsetzung dieser Arbeit war es, die topographische und angewandte Anatomie des Auges und Ohres der Katze darzulegen sowie diese Strukturen mit Hilfe moderner bildgebender Verfahren wie der Computertomographie (CT) und der Kernspintomographie (KST) darzustellen.
Diese Untersuchungsverfahren werden in der Forschung und Diagnostik der Humanmedizin schon seit Jahren routinemäßig angewendet. Der Einsatz der Computertomographie und der Kernspintomographie in der Veterinärmedizin steht dagegen erst am Anfang der Entwicklung.
Wesentliche Voraussetzungen für die erfolgreiche Anwendung dieser modernen bildgebenden Verfahren sind neben den Kenntnissen der Technik der CT und KST sowie der Darstellung der verschiedenen Gewebe vor allen Dingen detaillierte Kenntnisse der Querschnittanatomie des Auges und Ohres der Katze.
Der in dieser Arbeit vorliegende Literaturüberblick über die topographisch-anatomischen Verhältnisse der Strukturen des Sehorgans sowie des Gleichgewichts- und Gehörorgans der Katze und die Zeichnungen dienen als Grundlage für die Auswertung der computertomographischen und kernspintomographischen Aufnahmen.

In einer Reihe von Lehrbüchern und Atlanten der Anatomie der Katze werden das Auge sowie das Ohr der Katze entweder gar nicht beschrieben oder nur am Rande erwähnt. Zu diesen zählen z.B. Rosenzweig (1990) und Boyd (1991).
Andere ausführliche Werke der Anatomie der Katze äußern sich über das Auge und Ohr allgemein (Walker, 1967, Crouch, 1969).
Detaillierte Angaben zum Thema finden sich z.B. in den Lehrbüchern der vergleichenden Anatomie der Haustiere von Ellenberger und Baum (1943), Nickel et al. (1992) sowie in den Lehrbüchern von König (1992), Frewein und Vollmerhaus (1994), Berg (1995).

Zur Darstellung der knöchernen Wand der Orbita eignet sich von den modernen bildgebenden Verfahren besonders die Computertomographie. Transversalschnitte durch die Orbita liefern die CT-Bilder C1 und C2 dieser Arbeit.
Die Muskeln des Augapfels der Katze sind mit Hilfe der Kernspintomographie darstellbar. Dazu eignen sich am besten Horizontalschnitte, aber auch Sagittalschnitte.

Der Sehnerv, N. opticus, hebt sich bei MRT-Bildern in allen Spinechosequenzen deutlich vom orbitalen Fettgewebe ab.

Der Augapfel, Bulbus oculi, der Katze hat annähernd Kugelgestalt. Den Inhalt des Augapfels bilden der Glaskörper, Corpus vitreum, die Linse, Lens, mit ihrem Aufhängeapparat und das Kammerwasser in der vorderen und hinteren Augenkammer. Diese Strukturen des Auges der Katze werden in der vorliegenden Arbeit anhand von CT- und MRT-Bildern sowie entsprechenden anatomischen Querschnittpräparaten bildlich dargestellt.

Glaskörper, Kammerwasser und Linse sind sowohl in transversalen CT-Bildern als auch in transversalen, sagittalen und horizontalen MRT-Bildern dieser Arbeit zu erkennen. Die Kugelgestalt des Augapfels konnte dabei bestätigt werden.

Die Linsenrinde und der Ziliarkörper heben sich in den T1-betonten, horizontalen MRT-Bildern M19 bis M23 am besten vom Glaskörper und Kammerwasser ab.

5 Zusammenfassung

Die topographische und angewandte Anatomie des Auges und Ohres der Katze wurden nach Literaturangaben zusammenfassend und detailliert beschrieben.
Es erfolgten zeichnerische Darstellungen der knöchernen Anteile der Orbita, des Schädels der Katze in lateraler und dorsaler Ansicht, der Muskeln des Augapfels, des Tränenapparates, der Meßlinien des Augapfels sowie der eröffneten Paukenhöhle. Dies ermöglicht eine bessere Orientierung bei den Abbildungen zur Querschnittanatomie der Katze.
Mit der genauen Beschreibung der Strukturen des Auges und Ohres der Katze wurde die anatomische Grundlage für die Auswertung der CT- und MRT-Bilder des Kopfes der Katze gegeben.
Eine weitere Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung dieser modernen bildgebenden Verfahren sind jedoch auch Kenntnisse der Technik der Computertomographie und Kernspintomographie. Daher wurden diese Untersuchungsverfahren erläutert und die Darstellung der verschiedenen Gewebe sowie die bisherige Anwendung in der Veterinärmedizin dargelegt.

Es wurden CT- und MRT-Bilder des Kopfes von drei gesunden Europäischen Kurzhaarkatzen verschiedenen Alters und Geschlechts (eine ca. 2 Jahre alte weibliche Katze, eine ca. 5 Jahre alte weibliche Katze und ein ca. 8 Jahre alter Kater) angefertigt.
Dazu wurden die Katzen mittels intramuskulär verabreichter Ketamin-Rompun-Injektion in Narkose gelegt.
Die computertomographischen und kernspintomographischen Untersuchungen wurden in der Radiologischen Abteilung des Universitätsklinikums "Benjamin Franklin" der Freien Universität Berlin durchgeführt. Es wurden die Geräte "Siemens Somatom Plus" bzw. "Siemens Magnetom GBS II" verwendet.
Von ca. 100 Aufnahmen verschiedener Schichtorientierungen und Meßtechniken wurden 11 CT-Bilder und 24 MRT-Bilder ausgewählt und ausgewertet. Zu jedem Bild wurde eine computertechnische Schemazeichnung und eine Darstellung der Schichtorientierung angefertigt.

Zum Vergleich der CT- bzw. MRT-Bilder mit entsprechenden anatomischen Querschnittpräparaten wurden Gefrierschnitte von Katzenköpfen in der jeweiligen Schichtorientierung angefertigt und fotografiert.
Da bei den CT-Bildern besonders die Knochenstrukturen in Erscheinung treten, wurden von einem Teil der Gefrierschnitte Knochenpräparate erstellt und fotografiert.

Im Bildteil der Arbeit werden das CT- bzw. MRT-Bild mit dem dieser Schichtorientierung am naheliegendsten anatomischen Präparat, die Beschreibung des jeweiligen CT- bzw. MRT-Bildes, die Darstellung der Schichtorientierung und die entsprechende Schemazeichnung dargestellt.
Individuelle Unterschiede im Vergleich der drei untersuchten Katzen konnten nicht festgestellt werden. Die Computertomographie und die Kernspintomographie sind geeignete Untersuchungsmethoden, um die Anatomie des Auges und Ohres der Katze in Querschnitten detailliert darzustellen.

6 Summary

Topographical and applied anatomy of the feline eye and ear with particular reference to modern imaging methods (CT and MRI)

The topographical and applied anatomy of the feline eye and ear are summarizingly described on the base of literature references.
It is followed by drawings of the bones of the orbita, the feline skull in lateral and dorsal view, the ocular muscels, the lacrimal apparatus, the metric lines of the eyeball as also by the opened tympanic cavity. This essables a better understanding of the figures of the cross-sectional anatomy of the cat.
The anatomical base for the evaluation of the CT- and MR-images of the feline head is given by the exact discription of the structures of the feline eye and ear.
A further requirement for successfull application of the modern imaging methods is the knowledge of the technique of the computed tomography and magnetic resonance imaging. That is why these methods of study as well as the presentation of the different tissues and the application in veterinary medicine till now were explained.

CT- and MR-images of the heads of three healthy European short-haired cats of different age and sex (one approximately two years old female cat, one approximately five years old female cat and one approximately eight years old tomcat) were made.
The cats were anaesthetized by intramusculary administered Ketamin-Rompun injection.
The CT- and MRI-studies were carried out in the Radiology Division of the University Clinics "Benjamin Franklin" of the Freie Universität Berlin. The "Siemens Somatom Plus" resp. "Siemens Magnetom GBS II" were used.
From approximately 100 images of different layer orientations and measuring techniques, eleven CT-images and twenty-four MR-images were selected and evaluated. From each image a corresponding computer-technical schematical drawing and a presentation of the layer orientation were made.
For the comparison of the CT- resp. MR-images with the corresponding cross-sectional specimens frozen section of the feline heads in the according layer orientation were made and photographed.

In the illustration part of the thesis the CT- resp. MR-image together with the anatomical specimen, which is nearest to this layer orientation, the description of the corresponding CT- and MR-image, the presentation of the layer orientation and the corresponding schematic drawing are represented.

By comparing the three examined cats no individual differences could be observed. The CT- and MRI are suitable methods of examination for the detailed representation of the feline eye and ear in cross-sections.

Literaturverzeichnis

Abrams, K. L. (1990):
Ultrasound/CT Diagnosis
Vet. Rad. 31, 186-188

Assheuer, J., Sager, M. (1997):
MRI and CT Atlas of the Dog
Blackwell, Berlin

Bauer, R., van de Flierdt, E., Mörike, K., Wagner-Manslau, C. (1993):
MR-Tomographie des Zentralnervensystems
Gustav Fischer, Stuttgart-Jena-New York

Berg, R. (1995):
Angewandte und topographische Anatomie der Haustiere
Gustav Fischer, Jena, Stuttgart

Bilaniuk, L. T., Schenck, J. F., Zimmermann, R. A., Hart, H. R., Foster, T. H.,
Edelstein, W. A., Goldberg, H. I., Grossmann, R. I. (1985):
Ocula and orbital Lesions: Surface coil MR imaging
Radiology 156, 669-674

Boas, J. E. V. (1907):
Zur vergleichenden Anatomie des Ohrknorpels der Säugetiere
Anat. Anz. 30, 434-442

Boas, J. E. V. (1912):
Ohrknorpel und äußeres Ohr der Säugetiere, eine vergleichend-anatomische Untersuchung
Selbstverlag, Kopenhagen

Bondy, G. (1908):
Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Gehörorgans der Säuger
(Tympanicum, Membrana shrapnelli und Chordaverlauf)
Anat. Hefte 1. Abt., 106. Heft (35. Bd. H. 2)

Borbe, H.-J. (1989):
Untersuchungen über den präokularen Tränenfilm der Katze und dessen Drainage unter besonderer Berücksichtigung des Schirmer Tränentests
Wiener Tierärztliche Monatsschrift 76:9, 313-314

Boyd, J. S. (1991):
A Color Atlas of Clinical Anatomy of the Dog and Cat
Wolfe Publishing Ltd, London

Braitinger, S., Pahnke, J. (1995):
MR-Atlas der HNO-Anatomie
Schattauer, Stuttgart-New York

Brant-Zawadzki, M. (1988):
MR imaging of the brain
Radiology 166, 1-10

Bratton, G. R., Hudson, L. C., Klemm, W. R., Dziezyc, J. (1988):
The Origins of Innervation of the Feline Eyelids
Anat. Histol. Embryol. 17(4), 362

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten:
Tierschutzbericht 1997

Calia, C. M., Kirschner, S. E., Baer, K. E., Stefanicci, J. D. (1994):
The use of computed tomography scan for the evaluation of orbital disease in cats and dogs
Veterinary & Comparative Ophtalmology 4:1, 24-30

Ceckler, T. L., Karino, K., Kador, P. F., Balaban, R. S. (1991):
Magnetic resonance imaging of the rabbit eye. Improved anatomical detail using magnetization transfer contrast
Invest. Ophtalmol. Vis. Sci. 32, 12, 3109-13

Crass, J. R., Genovese, R. L., Render, J. A., Bellon, E. M. (1992):
Magnetic resonance, ultrasound and histopathologic correlation of acute and healing equine tendon injuries
Veterinary Radiology and Ultrasound 33, 206-216

Crouch, J. E. (1969):
Text-atlas of cat anatomy
Lea & Febiger, Philadelphia

Curthoys, I. S., Blanks, I., Markham, C. H. (1971):
The orientation of middle and inner ear structures in cat and man. A photographic atlas
University of California Los Angeles, Brain Information Service, Brain Research Institute Publication Office, NINDS Neurological Information Network, Los Angeles

Curthoys, I. S., Blanks, I., Markham, C. H. (1982):
Semicircular canal structure during postnatal development in cat and guinea pig
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 91, 185-192

Davey, L. M. (1979):
An atlas of microscopic dissection following the attic approach to the cats middle ear
J. Am. Audiol. Soc. 5, 138-148

Davidson, H. J., Kraft, S. L. (1994):
Imaging diagnosis - retrobulbar mass
Veterinary Radiology and Ultrasound 35: 4, 282-284

Davies, A. S., Garden, K. L., Young, M. J., Reid, C. S. W. (1987):
An Atlas of x-ray tomographical anatomy of the sheep
Department of Scientific and Industrial Research, Wellington, New Zealand

Dennis, R. (1993):
Die Kernspinresonanztomographie und ihre Anwendung in der Veterinärmedizin
Veterinary International 2, 3-11

Ellenberger, W., Baum, H. (1943):
Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere
18. Aufl. Reprint 1974, Springer, Berlin

El-Mofty, A., El-Serafy (1967):
The ossicular chain in mammals
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 76, 903-909

Fath el Bab, M. R., Misk, N. A., Hifny, A., Kassem, A. M. (1981):
Surgical anatomy of the lens in different domestic animals
Zbl., Vet.Med., R.C., Anat. Histol. Embryol. 11, 27-31

Feeney, D. A., Fletcher, T. F., Hardy, R. M. (1991):
Atlas of correlative imaging anatomy of the normal dog, ultrasound and computed tomography
Saunders, Philadelphia

Fike, J. R., LeCouteur, R. A., Cann, C. E. (1981):
Anatomy of the canine brain using high resolution computed tomography
Veterinary Radiology 22, 236-43

Fike, J. R., LeCouteur, R. A., Cann, C. E., Pflugfelder, C. M. (1981):
Computerized Tomography of Brain Tumors of the Rostral and Middle Fossas in the Dog
Am. J. Vet. Res. 42, 275-81

Freund, L. (1910):
Zur Morphologie des äußeren Gehörganges der Säugetiere
Beitr. Anat. Ohr 3, 1-34

Frewein, J., Vollmerhaus, B. (1994):
Anatomie von Hund und Katze
Blackwell, Berlin

Girgis, I. H., Maurice, M. (1982):
The ossicular system of cats
J. Laryngol. Otol. 96, 195-203

Groterjahn, G. (1922):
Über den Bau der Paukenhöhle bei Pferd, Rind, Schaf, Schwein, Hund und Katze
Vet.med.Diss., Göttingen

Han, J. S., Benson, J. E., Bohnstelle, C. T., Alfidi, R. J., Kaufman, B., Levine, M. (1984):
Magnetic resonance imaging of the orbit: a preliminary experiance
Radiology 150, 755-759

Hartmann, F. D. (1992):
Zur topographischen Anatomie des Gleichgewichts- und Gehörorgans der Hauskatze
Vet.med.Diss., München

Hawkes, R. C., Holland, G. N., Moore, W. S., Risk, S., Worthington, B. S., Kean, D. M. (1983):
NMR imaging in the evaluation of orbital tumors
Am. J. Neuroradiol. 4, 254-256

Holz, K. (1931)
Vergleichend anatomische und topographische Studien über das Mittelohr der Säugetiere
Vet. med. Diss., Berlin

Hoskinson, J. J. (1993):
Imaging Techniques in the Diagnosis of Middle Ear Disease
Semin Vet Med Surg (Small Anim) 8 (1), 10-16

Hyrtl, J. (1854):
Vergleichend-anatomische Untersuchungen über das innere Gehörorgan des Menschen und der Säugethiere
Friedrich Ehrlich, Prag

Inada, S., Mochizuki, M., Izumo, S., Kuriyama, M., Sakamoto, H., Kawasaki, Y. (1996):
Study of hereditary cerebellar degenerations in cats
Am. J. Vet. Res. 57 (3), 296-301

Just, M., Zapf, S. (1988):
Einführung in die Magnetresonanztomographie
MTA 3, 638-644

Karkkainen, M., Punto, L. U. (1993):
Magnetresonanztomographie in der Diagnose von Hirntumoren beim Hund
Kleintierpraxis 38: 2, 65-66, 68, 70

Khalil, M. A., Spector, M. (1985):
The conical cartilage of the cats middle ear
J. Laryngol. Otol. 99, 831-838

Koblik, P. D., Berry, C. R. (1990):
Dorsale Schnittlegung bei computertomographischer Darstellung der ethmoidalen Region zur Diagnostizierung chronischer Erkrankungen der Nase beim Hund
Kleintierpraxis 2, 91, 62

Koch, T., Berg, R. (1993):
Lehrbuch der Veterinäranatomie, Band III, 5. Aufl.
Gustav Fischer, Jena, Stuttgart

König, H. E. (1992):
Anatomie der Katze
Gustav Fischer, Jena, Stuttgart

Kraft, S., Gavin, P., Wendling, L., Reddy, V. (1989):
Canine brain anatomy on magnetic resonance images
Veterinary Radiology 30, 147-158

Kresken, J. G., Baulain, U., Köstlin, R. G. (1993):
Kernspintomographie, Magnetresonanztomographie (MRT), Nuclear Magnetic Resonance Imaging (NMR)
Tierärztl. Prax. 21, 559-565

Küpper, W. (1973):
Die Darstellung des Tränennasenganges bei der Katze
Kleintierpraxis 18, 42-44

Lang, J., Huber, P., Vandevelde, M. (1988):
Erfahrungen mit der Computertomographie in der Kleintierneurologie
Schweiz Arch. Tierheilkd. 130, 167-83

Le Couteur, F. A., Fike, J. R., Scagliotti, R. H., Cann, C. E. (1982):
Computed tomography of orbital tumors in the dog
J. Am. Vet. Med. Assoc. 180 (8), 910-913

Loden, D., Norten, F., Wolfla, L. H., Ford, R.B. (1983):
Diagnosis of Intracranial Lesions by Computerized Tomography in Three Dogs
J. Am. Vet. Med. Assoc. 19, 303-8

Love, N. E., Kramer, R. W., Spodnick, G. J., Thrall, D. E. (1995):
Radiographic and computed tomographic evaluation of otitis media in the dog
Veterinary Radiology and Ultrasound 36:5, 375-379

Marciani, L., Baldassari, A. M., Mertel, L., Cammarata, G., Boicelli, A. (1995):
Metastatic hemangiosarcoma in a canine eye: proton and sodium magnetic resonance imaging with histologic correlation
Veterinary & Comparative Ophtalmology 5: 1, 13-17

Margulius, A. R., Crooks, L. E. (1988):
Present and future status of mr imaging
Am. J. Roentgen 150, 487-492

Markmiller, U. (1991):
Kernspintomographische Darstellung der Anatomie der Ratte
und Ausblick für den Einsatz der Kernspintomographie in der Tiermedizin
Vet.med.Diss., München

Mc.Calla, T. L., Moore, C. P. (1989):
Exophtalmos in Dogs and Cats. Part I, Anatomic and Diagnostic Considerations
Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 11, 7, 784-792

Meuer, D. (1987):
Die Computertomographie der Wirbelsäule zur Diagnose von Bandscheibenerkrankungen beim Hund. Erste Ergebnisse anhand eines Fallbeispiels
Kleintierpraxis 32, 25-32

Milner, R. J., Engela, J., Kirberger, R. M. (1996):
Arachnoid cyst in cerebellar pontine area of a cat: Diagnosis by magnetic resonance imaging
Veterinary Radiology & Ultrasound 37 (1), 34-36

Moore, M. P., Gavin, P. R., Kraft, S. L., Dehaan, C. E., Leathers, C. W., Dorn, R. V. (1991):
MR, CT and clinical features from four dogs with nasal tumors involving the rostral cerebrum
Veterinary Radiology 32, 19-25

Morgan, R. V., Daniel, G. B., Donnell, R. L. (1993):
Magnetic resonance imaging of the normal eye and orbit of the horse
Prog. Vet. Comp. Ophtalmol. 3: 4, 127-133

Morgan, R. V., Daniel, G. B., Donnell, R. L. (1994):
Magnetic resonance imaging of the normal eye and orbit of the dog and cat
Veterinary Radiology and Ultrasound 35: 2, 102-108

Morgan, R. V., Daniel, G. B., Donnell, R. L. (1994):
Magnetic resonance imaging of the normal eye and orbit of a screech owl (Otus asio)
Veterinary Radiology and Ultrasound 35: 5, 362-367

Moseley, I., Brant-Zawadzki, M., Mills, C. (1983):
Nuclear magnetic resonance imaging of the orbit
Br. J. Ophthalmol. 67, 333-342

Nadjmi, M., Piepgras, U., Vogelsang, H. (1981):
Kranielle Computertomographie
Thieme, Stuttgart-New York

Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E. (1992):
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen
Bd. IV, 3. Aufl., Paul Parey, Berlin und Hamburg

Park, R., Nelson, T., Hoopes, J. (1987):
Magnetic resonance imaging of the normal equine digit and metacarpophalangeal joint
Veterinary Radiology 28, 105-116

Ramsey, D. T., Gerding, P. A., Losonsky, J. M., Kuriashkin, I. V., Clarkson, R. D. (1994):
Comparative value of diagnostic imaging techniques in a cat with exophtalmos
Veterinary & Comparative Ophtalmology 4:4, 198-202

Rohde, U. (1980):
Computertomographie des Abdomens beim Menschen und Hund - Eine vergleichende Studie
Kleintierpraxis 3.80, 135-142

Rosenzweig, L. J. (1990):
Anatomy of the cat. Text and dissection guide
Wm. C. Brown Publishers, Minnesota

Salvatore, M., Lorizio, R., Barile, V., Corona, A., Potena, A. (1987):
Nuclear magnetic resonance: theoretical principles and first results in the neuroradiological anatomy of the dog
Acta Med. Vet. 33: 3, 169-178

Sassani, J. W., Osbaken, M. D. (1984):
Anatomic futures of the Eye disclosed with nuclear magnetic resonance imaging
Arch. Ophthalmol 102, 541-546

Schenck, J. F., Hart, H. R., Foster, T. H., Edelstein, W. A., Bottomley, P. A.,
Redington, R. W., Hardy, C. J., Zimmermann, R. A., Bilaniuk, L. T. (1985):
Improved MR imaging of the orbit at 1.5 Tesla with surface coils
Am. J. Roentgenol. 144, 1033-1036

Schmidt, J. (1902):
Vergleichend-anatomische Untersuchungen über die Ohrmuschel verschiedener Säugetiere
Vet. med. Diss., Leipzig

Schmidt, V. (1988):
Augenkrankheiten der Haustiere
Ferdinand Enke, Stuttgart

Schulte-Spechtel, M.-T., Wesemeier, H.-H., Baulain, U., Henning, M., Ellendorff, F. (1997):
A Magnetic Resonance Tomographic Atlas of the Turkey (Meleagris gallopavo)
Landbauforschung Völkenrode
Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig Völkenrode (FAL), Selbstverlag

Schwartz-Porsche, D. (1992):
Riechschleimhauttumor (Ästhesioneuroepitheliom) mit ZNS-Einbruch beim Hund - eine Fallstudie mit kernspintomographischer Tumordarstellung
Kleintierpraxis 10, 679-686

Seitz, S. E., Losonsky, J. M., Marretta, S. M. (1996):
Computed tomographic appearance of inflammatory polyps in 3 cats
Veterinary Radiology and Ultrasound 37: 2, 99-104

Sobel, D. F., Mills, C., Char, D., Norman, D., Brant-Zawadzki, M., Kaufman, L., Crooks, L. (1984):
NMR of the normal and pathologic eye and orbit
Am. J. Neuroradiol. 5, 345-350

Stickle, R. L., Hathcock, J. T. (1993):
Interpretation of computed tomographic images
Vet Clin North Am Small Anim Pract 23 (2), 417-35

Swengel, J. R. (1982):
Computerized tomography for diagnosis of brain tumor in a dog
J. Am. Vet. Med. Assoc. 181, 605

Tellhelm, B. (1985):
Tomographie in der Veterinärmedizin. Anwendungsmöglichkeiten dieser Röntgentechnik am Beispiel der Wirbelsäule des Hundes
Tierärztl. Prax. 2.85, 217-223

Thiet, W., Baulain, U. (1992):
Technik und Anwendungsmöglichkeiten der Kernspintomographie beim Hund
Kleintierpraxis 37 (10), 695-700

Tipold, A., Tipold, E. (1991):
Computertomographische Untersuchungen des Zentralnervensystems bei Kleintieren
Tierärztl. Prax. 19, 183-191

Turrel J. M., Fike, J. R., Le Couteur, R. A., Higgins, R. J. (1986):
Computed tomographic characteristics of primary brain tumors in 50 dogs
J. Am. Vet. Med. Assoc 188, 851-6

Ulmer, M. J., Haupt, R. E., Hicks, E. A. (1971):
Anatomy of the cat, an Atlas and Dissection guide
Harper & Row, New York, San Francisco, London

Van Kampen, P. N. (1905):
Die Tympanalgegend des Säugetierschädels
Morph. Jahrb. 34, 501-508

Vau, E. (1940):
Zur Frage der Morphologie des knöchernen äußeren Gehörgangs bei der Katze
Tierärztl. Rundschau 43, 479-482

Vogl, T. J. (1991):
Kernspintomographie der Kopf-Hals-Region
Springer, Berlin, Heidelberg

Wakuri, H. (1984):
A morphological study on the concave contour of the auricle of domestic mammals
Kitasato Arch. of Exp. Med. 57, 27-47

Walker, W. F. (1967):
A study of the cat
W.B. Saunders Company, Philadelphia and London

Wiegand, W. (1990):
Kernspintomographie von Auge, Orbita und Sehnerv
Ferdinand Enke, Stuttgart

Williams, T. R., Perry, B. C., Koenig, J. L. (1990):
1H magnetic resonance imaging study of bovine ocular tissue
Ophthalmic Res. 22, 2, 89-94

Wollensak, J., Seiler, T. (1983):
Kernspintomographie am menschlichen Auge
Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 220, 71-73

Wolter, M. (1997):
Schnittbildanatomie des Rumpfbereiches des Schweines anhand der Magnetresonanztomographie
Vet. med. Diss., Giessen

Danksagung

Herrn Professor Dr. R. Berg möchte ich für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit während ihrer Entstehung, vor allem für die jederzeit freundlich gewährte Hilfe und verständnisvolle Unterstützung sehr herzlich danken.

Frau Dr. H. Hünigen danke ich für die sehr hilfreiche Beratung und freundliche Betreuung meiner Arbeit.

Des weiteren gilt mein Dank Frau Dr. S. Wagner für die Anfertigung der CT- und MRT-Bilder in der Radiologischen Abteilung des Universitätsklinikums "Benjamin Franklin" der Freien Universität Berlin.

Für die mit großer Sorgfalt und Genauigkeit angefertigten Zeichnungen der vorliegenden Arbeit möchte ich mich bei Frau Jahrmärker bedanken.

Auch den Präparatoren des Institutes für Anatomie am Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin Herrn Dressel, Herrn Seifert und Herrn Hofmann danke ich für die bereitwillige Hilfe.

Ebenfalls gilt mein Dank meinem Bruder, Herrn Andreas Schiller, für die Hilfe bei der computertechnischen Bearbeitung der Fotos und Zeichnungen.

Schließlich möchte ich mich herzlichst bei meinen Eltern für die Unterstützung bedanken.

Lebenslauf

Am 24. Januar 1971 wurde ich als Tochter des Diplomingenieurs Heinz Schiller und seiner Ehefrau Ursula Schiller, geb. Trosin, in Wernigerode geboren.

1977 - 1987	Besuch der Allgemeinbildenden Polytechnischen Oberschule "A.-H.-Francke", Wernigerode
1987 - 1989	Besuch der Erweiterten Oberschule "Gerhart Hauptmann", Wernigerode
28.06.1989	Abitur
1989-1990	Praktisches Jahr in der Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaft (LPG) Wildau, Ausbildung zum Facharbeiter für Tierproduktion
Okt. 1990	Beginn des Studiums der Veterinärmedizin an der Humboldt-Universität zu Berlin bzw. des Fachbereichs Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin
01.09.1992	Tierärztliche Vorprüfung
14.03.1996	Tierärztliche Prüfung
24.04.1996	Approbation als Tierärztin
seit Aug. 1996	Werkvertrag bei der Erna-Graff-Stiftung für Tierschutz, Berlin für das Projekt "Tierschutzunterricht"