

Department für Kleintiere und Pferde

Veterinärmedizinische Universität Wien

Institut für Kleintierchirurgie

(Leitung: Ass.-Prof. Dr.med.vet. Britta Vidoni)

**Vergleich der transfrontalen Zugänge nach Glass et al. (2000) und nach Kostolich und Dulisch (1978) mit dem Zugang von de Wet et al. (1982) bei brachyzephalen und mesozephalen Katzen**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Theresa Hödlmoser

Wien, 04.08.2021

**Betreuerin:** Dr. med. vet. Gabriele Gradner Dipl. ECVS

Klinik für Kleintierchirurgie, Veterinärmedizinische Universität Wien

**Abkürzungen**

BKH	Britisch Kurzhaar
CT	Computertomographie
EKH	Europäisch Kurzhaar
MRT	Magnetresonanztomographie
n. Chr.	nach Christus
NAV	Nomina Anatomica Veterinaria
PCA	Principal Component Analysis
TIS	Tierinformationssystem
v. Chr.	vor Christus
wk	weiblich / kastriert

## **Danksagung**

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr.med.vet.Gabriele Gradner Dipl.ECVS für die Betreuung meiner Diplomarbeit. Mit viel Verständnis für das Forschungsgebiet führte sie mich mit ihren Anregungen immer wieder auf den richtigen Weg und ich konnte mich dadurch auf die zentralen Fragestellungen der Arbeit konzentrieren.

Ganz besonders danke ich Herrn Dr.rer.nat.Stephan für die intensive Unterstützung und Betreuung bei der Bearbeitung des praktischen Teils meiner Diplomarbeit. Seine hervorragenden Anleitungen waren außerordentlich hilfreich und unterstützten mich bei der Visualisierung und Simulation.

Ganz besonders danke ich Herrn Lyrakis Emmanouil, PhD., und Herrn Tichy Alexander, Mag.phil. Dr.rer.nat. die es mir durch ihre Expertise ermöglicht haben, die erhobenen Daten statistisch korrekt auszuwerten.

Ich möchte mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben. Besonders möchte ich mich bei meinem Partner bedanken, der mich über meine gesamte Studienlaufbahn bekräftigt hat und mich immer auf dem Weg zu meinem Traumberuf unterstützt hat.



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	8
1.1	Mesozepale und brachyzepale Katzen.....	9
1.2	Anatomie des Katzenschädels .....	11
1.2.1	Muskeln, Gefäße und Nerven des Schädels .....	11
1.2.2	Knöcherne Grundlage des Schädels .....	12
1.2.3	Nasennebenhöhlen ( <i>Sinus paranasales</i> ) .....	12
1.2.4	Anatomie der Gehirnhäute.....	12
1.2.5	Anatomie des Gehirns .....	13
1.3	Transfrontale Zugänge bei Hunden .....	21
1.3.1	Zugang nach de Wet et al. (1982).....	21
1.3.2	Zugang nach Kostolich und Dulisch (1987).....	24
1.3.3	Zugang nach Glass.....	25
1.4	Kraniotomiezugänge bei Katzen .....	27
2	Material und Methode .....	30
2.1	Arbeitsablauf Amira .....	30
2.2	Messungen für den kranialen Index.....	32
2.3	Messung der Kraniotomie-Fläche und Schneiden des Kraniotomie-Fensters.....	34
2.4	Berechnungen und Statistische Analysen.....	38
2.4.1	Kranialer Index .....	38
2.4.2	Kraniotomiefläche .....	38
2.4.3	Zugängliche Gehirnfläche und Gyri .....	39
2.4.4	Erreichbarkeit des Frontallappens .....	39
3	Ergebnisse .....	40

3.1	Stichprobenbeschreibung.....	40
3.2	Kranialer Index .....	40
3.3	Kraniotomiefläche .....	41
3.4	Zugängliche Gyri auf dem Gehirn.....	42
3.5	Zugang zum Frontallappen.....	45
4	Diskussion .....	47
5	Zusammenfassung.....	50
6	Summary .....	51
7	Anhang .....	52
7.1	Detaillierte Beschreibung der Amira Arbeitsschritte: .....	52
7.1.1	Importieren und speichern der CT und MRT Sequenzen.....	52
7.1.2	Orientierung am globalen Koordinatensystem .....	52
7.1.3	Erstellen der Schädel- Landmarks.....	52
7.1.4	Messungen für den kranialen Index.....	55
7.1.5	Registrierung der CT- und MRT-Daten .....	56
7.1.6	Segmentieren und Freistellen des Gehirns .....	56
7.1.7	Freistellen des Gehirns und Erhöhung der MR- Bildauflösung .....	57
7.1.8	Erstellen der Hirnoberfläche.....	57
7.1.9	Messung der Oberflächen von Cortex sowie der einzelnen Gyri.....	57
7.1.10	Generierung des Schädelknochen- Modells sowie Messung der Kraniotomie- Fläche	59
7.1.11	Schneiden des Kraniotomiefensters.....	63
7.1.12	Messen der prozentuellen Gyriflächen in Kraniotomiefenster.....	64
7.2	Kranialer Index .....	65
7.3	Kraniotomiefläche .....	66

7.4	Zugängliche Gyri für jede Katze .....	67
8	Literaturverzeichnis.....	70
9	Abbildungsverzeichnis .....	74
10	Tabellenverzeichnis .....	76
11	Formelverzeichnis .....	78

## 1 Einleitung

Unter Kraniotomie versteht man die chirurgische Eröffnung der Schädelhöhle durch die Entfernung von Teilen des Schädeldaches. Die Knochenplatte kann zum Verschluss der Öffnung wieder eingesetzt werden. Wird auf diesen knöchernen Verschluss verzichtet, spricht man von einer Kraniektomie. (Fossum, 2009)

Die in der Veterinärmedizin verwendeten Kraniotomieverfahren sind von der Humanmedizin abgeleitet, obwohl es einige Faktoren gibt, die Kraniotomien bei Haustieren erschweren. Vor allem müssen sich Veterinärneurochirurgen mit unterschiedlichen Schädelformen und -größen, sowie mit anatomischen Unterschieden bei den Spezies, an denen sie operieren, auseinandersetzen. (Steyrer, 2018)

Die frühesten Belege für Schädelreparation beim Menschen stammen bereits aus dem Jahr 10.000 v. Chr. Folgend wurde die Praxis in der griechischen Ära von Hippokrates gut beschrieben. In der alexandrinischen Schule stammen die wichtigsten Aufzeichnungen, von Patienten mit Kopfverletzungen, von dem Gelehrten Aulus Aurelius Cornelius Celsus 25 v. Chr. - 50 n. Chr. (Rossini et al., 2019)

Gründe für eine Kraniotomie sind unter anderem die chirurgische Dekompression von Hämatomen, die Drainage von Abszessen, die Versorgung von Frakturen, die Entfernung von Fragmenten und die Entfernung oder die Biopsie von Massen. (Kramer et al., 2007) Intrakranielle Neoplasien bei Hunden werden häufig angetroffen, aber es fehlen groß angelegte Studien zur Prävalenz. (Song et al., 2013) Bei Katzen gibt es wenige Studien darüber, welche Kraniotomiezugänge praktikabel sind.

Ziel dieser Diplomarbeit ist es drei transfrontale Zugänge an Katzenschädeln zu vergleichen. Die Zugänge, welche verglichen werden, sind der transfrontale Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987), der modifizierte bilaterale transfrontale Zugang nach Glass et al. (2000) und der chirurgische Zugang zur Fossa cranialis rostralis durch die radikale transfrontale Kraniotomie von de Wet et al. (1982). Die aufgestellten Hypothesen lauten: Mit dem Zugang nach Glass et al. (2000) erhält man den größtmöglichen Zugang zu den kaudalen Anteilen des Lobus olfactorius. Der Zugang nach Glass et al. (2000) bietet eine bessere Übersicht und hat ein geringeres Risiko, die Kribriformplatte zu verletzen und mit dem Zugang von De Wet et al.

(1982) erhält man einen Zugang zum Bulbus olfactorius und zu dem kaudalen Anteil des Lobus olfactorius.

### 1.1 Mesocephale und brachycephale Katzen

Anatomische Anomalien, die mit der brachycephalen Schädelform verbunden sind, wurden erstmals 1957 bei Hunden beschrieben und umfassen stenotische Nasenlöcher, unterdimensionierte Nasenkammern und ein verlängertes Gaumensegel. (Leonard, 1957)

Seitdem hat sich die Forschung auf brachycephale Hunde konzentriert und eine Reihe damit assoziierter respiratorischer und okulärer Probleme aufgezeigt. Solche Probleme können auch bei brachycephalen Katzen vorkommen, sind aber noch nicht ausreichend erforscht. Es gibt nur wenige Arbeiten, die sich mit brachycephalen Katzen und den damit verbundenen Gesundheitsproblemen befassen. (Farnworth et al., 2016)

Brachycephale Katzenrassen wie Perser oder „Exotic Shorthair“ erfreuen sich jedoch immer größerer Beliebtheit. Der Schädel von brachycephalen Katzen zeichnet sich durch eine runde Form aus, die auf eine Verringerung der Länge des Gesichts und der Schädelhöhle zurückzuführen ist. Zu den offensichtlichen Unterschieden bei brachycephalen Katzen im Vergleich zu mesozephalen Katzen gehören die stark zurückgebildete äußere Nase und verfärbte Haare ventromedial der Augen, die durch einen Überlauf von Tränen verursacht werden. (Schlueter et al., 2009). Abbildung 1 zeigt die Unterschiede zwischen den Schädelformen mesozephaler Katzen und brachycephaler Katzen.



Abbildung 1: Röntgenbild einer mesozephalen Katze und einer brachycephalen Katze (Exotic shorthair) (Schlueter et al., 2009)

Schlueter et al. (2009) teilen brachycephale Katzen in vier Kategorien ein. (s. Abbildung 2)

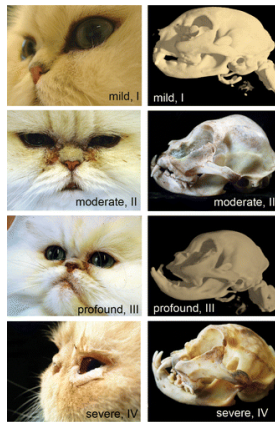


Abbildung 2: Einteilung brachycephaler Katzen nach Schlueter et. al.

Kategorie I: Leichte Brachyzecephalie, gekennzeichnet durch nahezu vertikal stehende obere Eckzähne und deutlich entwickelte Gesichts- und Schädelknochen.

Kategorie II: Mäßige Brachyzecephalie, gekennzeichnet durch eine leichte Dorsalrotation der oberen Eckzähne und des Kiefers, reduzierte Nasenknochen und abgerundete Schädelknochen.

Kategorie III: Tiefgreifende Brachyzecephalie, gekennzeichnet durch eine ausgeprägte Rotation des Kiefers sowie der oberen Eckzähne und durch reduzierte Nasen- und Schädelknochen. Aufgrund des nach dorsal gedrehten Oberkiefers befindet sich die Nasenspitze auf einem höheren Niveau als das untere Augenlid.

Kategorie IV: schwere Brachyzecephalie, gekennzeichnet durch eine extreme Form der für Kategorie III beschriebenen Merkmale. Diese Katzen zeigen fast waagrecht stehende obere Eckzähne und eine hochgradige Dorsorotation des Kiefers.

In einer Studie von Kuenzel et al. wurden insgesamt 17 Parameter verwendet, um die Form des Katzenschädels bei 69 reinrassigen Katzen zu charakterisieren und in drei Gruppen einzuteilen: rundlichen Schädel, dreieckigen Schädel und keilförmigen Schädel. (Kunzel et al., 2003)

Der Kopf von Perserkatzen ist durch eine Verkürzung der Gesichtsknochen und offene Orbitae gekennzeichnet. (Breit et al., 2003)

## 1.2 Anatomie des Katzenschädels

Für die chirurgische Intervention im Sinne einer Kraniotomie sind präzise anatomische Kenntnisse von Knochen, Muskeln, Gefäßen, Weichteilen und Nerven notwendig. Der Schädel der Katze wird zur Orientierung in Regionen unterteilt, wobei hier die wichtigsten für die transfrontale Kraniotomie angeführt werden:

Die *Regio parietalis* liegt über dem Scheitelbein und wird durch dieses auf beiden Seiten auch begrenzt. Sie macht den kaudalen Teil des Kopfes aus.

Die *Regio frontalis* liegt über dem Stirnbein und wird, ähnlich wie bei der *Regio parietalis*, vom linken und rechten Stirnbein begrenzt.

Die *Regio temporalis* wird von den linken und rechten Schläfenbeinen und den dazugehörigen Schläfenmuskeln gebildet. Dorsal wird die *Regio temporalis* von der *Linea temporalis* und ventral vom *Arcus zygomaticus* begrenzt.

Die *Regio orbitalis* wird von den knöchernen Rändern der Orbita, dem Margo *supra-* und *infraorbitalis*, gebildet.

Die *Regio auricularis* wird vom Ohr gebildet (König & Liebich, 2015); (Constantinescu & Habel, 2012)

### 1.2.1 Muskeln, Gefäße und Nerven des Schädels

Für eine transfrontale Kraniotomie zählt der *Musculus frontalis* zu den bedeutendsten Kopfmuskeln, welcher bei der Operation angehoben werden muss. Zusätzlich sind der *Musculus temporalis*, der *Musculus frontoscutularis*, der *Musculus interscutularis*, und der *Musculus levator anguli oculi medialis* in diesem Bereich zu finden.

Die *Arteria* und *Vena temporalis*, welche der *Arteria* und *Vena maxillaris* entspringen, versorgen das Gebiet um das Ohr mit ausreichend Blut. Die nervale Versorgung in diesem Areal erfolgt durch den *Nervus auriculopalpebralis*, welcher aus dem *Nervus facialis* entspringt. (König & Liebich, 2015); (Nickel et al., 1992a)

### 1.2.2 Knöcherne Grundlage des Schädels

Für den Zugang zum Gehirn im Sinne einer Kraniotomie werden die *Ossa frontalia* aufgefräst. Zu den angrenzenden Knochen an die *Ossa frontalia* zählen die *Ossa parietalia*, *Ossa temporalia*, *Ossa zygomatica*, *Ossa nasalia* und *Ossa maxillaria*.

Die *Ossa frontalia* sind mithilfe der *Sutura interfrontalis* verbunden. Lateral am *Os frontale* entspringt der *Processus zygomaticus*, an dem das *Ligamentum orbitale* sitzt, welches bei der Katze häufig verknöchert. Zwischen dem *Os frontale* und *Os parietale* liegt die *Linea temporalis*, die sich in die *Crista sagittalis externa* fortsetzt. Die *Ossa parietalia* bilden in der Schädelhöhle den *Processus tentorius*, der das knöcherne Kleinhirnzelt formt. Der *Processus zygomaticus* des *Os temporale* bildet gemeinsam mit dem Jochbein (*Os zygomaticum*) über eine Suture den *Arcus zygomaticus* (König & Liebich, 2015)

### 1.2.3 Nasennebenhöhlen (*Sinus paranasales*)

Die größten Sinusse der Katze stellen die paarigen *Sinus frontalia* dar, welche durch ein *Septum sinuum* vollständig getrennt sind. Im Vergleich zum Hund ist der *Sinus frontalis* nicht dreigeteilt, sondern eine einheitliche Höhle. Der *Sinus frontalis* wird rostral von der Nasenhöhle, ventral und lateral von der Orbita und kaudal von der Schädelhöhle begrenzt. Zusätzlich gibt es den *Recessus maxillaris*, der eine sehr weite Verbindung zur Nasenhöhle hat und deshalb nicht als Sinus bezeichnet wird. Dieser wird vom *Os ethmoidale*, lateral von der *Maxilla*, dem *Os lacrimale* und dem *Os palatinum* begrenzt. Die Katze besitzt außerdem noch einen *Sinus sphenoidalis*, der im *Os praesphenoidale* liegt. (Nickel et al., 1992a) (Salomon et al., 2015)

### 1.2.4 Anatomie der Gehirnhäute

Das gesamte Zentralnervensystem wird von drei übereinander liegenden bindegewebigen Hüllen (*Meninges*) umgeben. Die harte Hirnhaut, *Dura mater*, liegt außen. Ihr folgt in der Tiefe unmittelbar die *Arachnoidea*, darunter die *Pia mater*. Die *Arachnoidea* und die *Pia mater* werden zur weichen Gehirnhaut zusammengefasst. (König & Liebich, 2015)

Die *Dura mater* ist eine derbe, gefäßarme, fibröse Haut, die das Zentralnervensystem schlauchartig umschließt. An die ein- und austretenden Gehirn- und Rückenmarksnerven gibt die *Dura* die Durascheiden ab, welche an den Austrittsstellen am Schädel zum Teil mit dem



Periost verwachsen und sich dann im Perineurium allmählich verlieren. Die *Arachnoidea* ist eine dünne Bindegewebshaut, die der *Dura mater* dicht anliegt und mit der *Pia mater* über ein feines Maschenwerk in Verbindung steht. Die *Pia mater* liegt als dünnes, gefäßreiches Häutchen allen Oberflächen des Gehirns und Rückenmarkes unmittelbar auf. Sie umhüllt auch die Wurzeln der ein- und austretenden Gehirn und Rückenmarksnerven und begleitet eindringende und austretende Blutgefäße. (Nickel et al., 1992b)

### 1.2.5 Anatomie des Gehirns

Zwischen mesozephalen und brachycephalen Katzen treten anatomische Variationen im Schädel auf, die jedoch hauptsächlich die Gesichtsknochen betreffen. Das Gehirn kann in vier Hauptabschnitte unterteilt werden, welche in Abbildung 3 verdeutlicht werden (Mogicato et al., 2012):

- Telencephalon (Endhirn) – blau
- Diencephalon (Zwischenhirn) – grün
- Mesencephalon (Mittelhirn) – gelb
- Myelencephalon (Nachhirn) + Metencephalon (Hinterhirn) – rosa

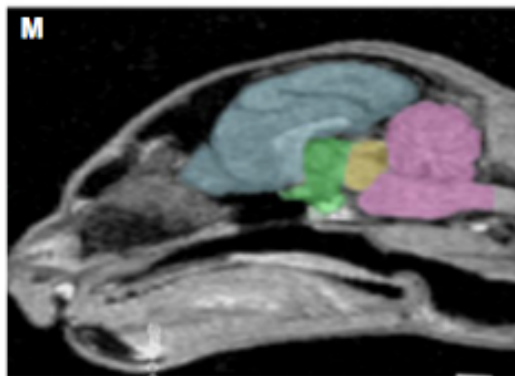


Abbildung 3: Die vier Hauptabschnitte des Gehirns (Mogicato et al., 2012)

Das Gehirn kann in fünf *Lobi* (*L.*) unterteilt werden: *L. frontalis*, *L. parietalis*, *L. occipitalis*, *L. temporalis* und *L. olfactorius*, basierend auf der „Nomina Anatomica Veterinaria“ (NAV, 2012). Eine Untersuchung des Kortex von 15 Katzen unterschiedlicher Rassen zeigte, dass die Identifikation der gängigen NAV-Begriffe bezüglich Gyri und Sulci zwar möglich ist, aber selbst für Spezialisten eine Herausforderung darstellt. Der *L. frontalis* enthält einen Teil des motorischen Kortex. (Hudson & Hamilton, 2010) Der *L. parietalis* ist mit motorischen und

somatischen Funktionen assoziiert. Der *L. occipitalis* ist mit der visuellen Funktion und der *L. temporalis* mit der Hörfunktion, sowie dem Verhalten und dem Gedächtnis assoziiert. Die Hauptfunktionen des *L. temporalis* und des *Bulbus olfactorius* sind der Geruchssinn und die Emotion. Die Lage dieser *Lobi* entspricht grob dem Bereich des Großhirns, die unter den gleichnamigen Knochen liegen, jedoch gibt es keine genauere Definition.

In der einschlägigen Literatur gibt es viele Unterschiede in der Terminologie der Gyri und Sulci. Abbildung 4 listet die verschiedenen Autoren und deren Benennung der Gyri und Sulci des Katzenhirns auf. (Pakozdy et al., 2015)

Nomina Anatomica Veterinaria (2012)	Winkler and Potter (1914)	Crouch and Lackey (1969)	Hudson (1993)	Nickel et al. (1992)
Fissura longitudinalis cerebri		Longitudinal fissure	Longitudinal fissure	Fissura longitudinalis cerebri
Fissura pseudosylvia	Sulcus sylvius	Sylvian (lateral) fissure	Pseudosylvian fissure	Fissura pseudosylvia
G. cinguli	G. fornicatus	Fornicatus gyrus	Cingulate gyrus	G. cinguli
G. compositus rostralis	G. orbitalis		Rostral compositus g.	G. compositus rostralis
G. ectomarginalis [ectosagittalis] caudalis	G. suprasylvius posterior	Suprasylvian gyrus	Ectomarginal g.	G. ectomarginalis
G. ectomarginalis [ectosagittalis] medius	G. suprasylvius medius	Suprasylvian g.	Ectomarginal g.	G. ectomarginalis
G. ectomarginalis [ectosagittalis] rostralis	G. suprasylvius anterior/ G. coronalis	Suprasylvian g./ coronal g.	Ectomarginal g.	G. ectomarginalis
Gyrus ectosylvius caudalis	G. ectosylvius posterior	Posterior sylvian g.	Ectosylvian g.	G. ectosylvius caudalis
G. ectosylvius medius	G. ectosylvius medius	Ectosylvian g.	Ectosylvian g.	G. ectosylvius medius
G. ectosylvius rostralis	G. ectosylvius anterior	Ectosylvian g.	Ectosylvian g.	G. ectosylvius rostralis
G. intersylvius	G. sylvius medius			G. intersylvius
G. occipitalis	G. postlateralis		Occipital g.	G. occipitalis
G. postcruciatius	G. sigmoideus posterior	Sigmoid g.	Postcruciate g.	G. postcruciatius
G. precruciatius	G. sigmoideus anterior	Sigmoid g.	Precruciate g.	G. precruciatius
G. sylvius caudalis	G. sylvius posterior	Posterior sylvian g.	Sylvian g.	G. sylvius caudalis
G. sylvius rostralis	G. sylvius anterior	Anterior sylvian g.	Sylvian g.	G. sylvius rostralis
S. ectosylvius caudalis	S. ectosylvius posterior	Posterior s.		S. ectosylvius caudalis
S. ectosylvius rostralis	S. ectosylvius anterior	Anterior s.		S. ectosylvius rostralis
S. marginalis	S. lateralis	Lateral s.	Marginal s.	S. marginalis
S. rhinalis lateralis – pars caudalis	S. rhinicus posterior	Posterior rhinal s.	Lateral rhinal s.	S. rhinalis lateralis
S. rhinalis lateralis – pars rostralis	S. rhinicus anterior	Anterior rhinal s.	Lateral rhinal s.	S. rhinalis lateralis
S. splenialis	S. splenialis	Splenia/cingulates.	Splenia s.	S. splenialis
S. suprasylvius caudalis	S. suprasylvius posterior	Posterior suprasylvian s.	Caudal suprasylvian s.	S. suprasylvius caudalis
S. suprasylvius rostralis	S. suprasylvius anterior	Anterior suprasylvian s.	Rostral suprasylvian s.	S. suprasylvius rostralis
S. corporis callosi	S. callosus	Supracallosal s.		S. corporis callosi

Abbildung 4: Terminologie des Katzenhirns unterschiedlicher Autoren (Pakozdy et al., 2015)

In Tabelle 1 sind die in dieser Arbeit verwendeten Bezeichnungen der unterschiedlichen Gyri angeführt.

Tabelle 1: Gyri des Gehirns von Katzen (Pakozdy et al., 2015)

Gyri
Gyrus marginalis
Gyrus ectomarginalis
Gyrus ectosylvius
Gyrus occipitalis
Gyrus praecruciatu
Gyrus posteruciatu
Gyrus compositus rostralis
Gyrus compositus caudalis
Gyrus proreus
Gyrus sylvius
Gyrus intersylvius
Gyrus cinguli

Abbildung 5 zeigt die Gyri und Sulci des Katzenhirns in dorsaler Ansicht, welche in Tabelle 2 aufgelistet sind:

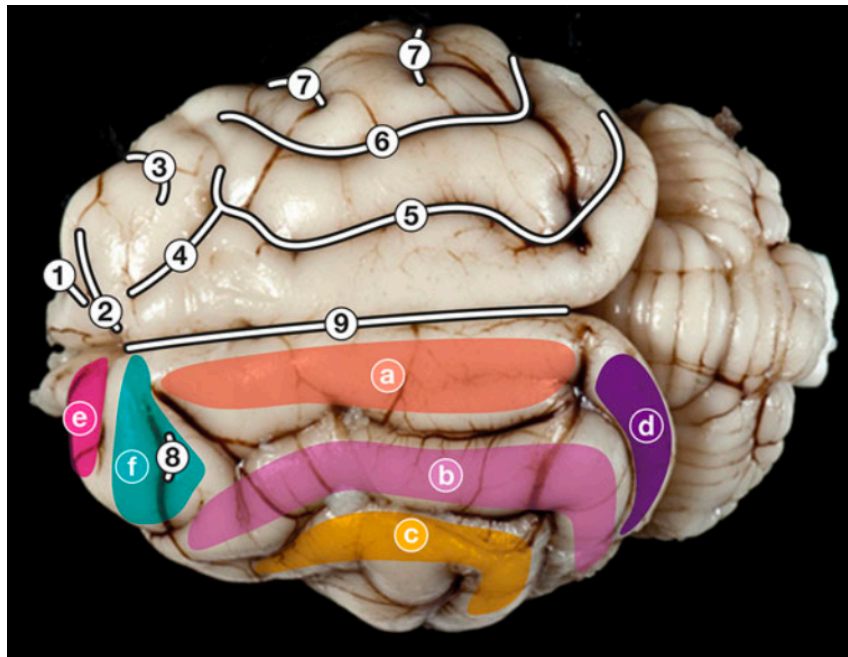


Abbildung 5: Gyri und Sulci des Katzenhirns (dorsale Ansicht)

Tabelle 2: erkennbare Gyri und Sulci bei dorsaler Ansicht

Gyri	Sulci
(a) G. marginalis	(1) S. praesylius
(b) G. ectomarginalis	(2) S. cruciatus
(c) G. ectosylvius	(3) S. coronalis
(d) G. occipitalis	(4) S. ansatus
(e) G. praecruciatu	(5) S. marginalis
(f) G. postcruciatu	(6) S. suprasylvius
	(7) S. ectosylvius

Abbildung 6 zeigt die Gyri und Sulci des Katzenhirns in rostraler Ansicht. Die Bezeichnungen dafür sind in Tabelle 3 aufgeführt.

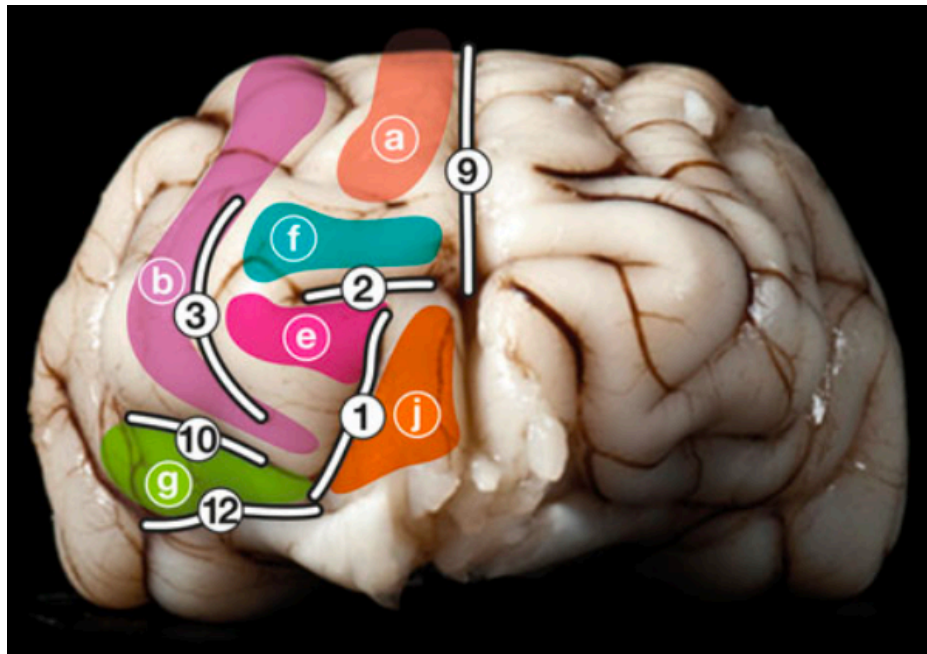


Abbildung 6: Gyri und Sulci des Katzenhirns (rostrale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015)

Tabelle 3: erkennbare Gyri und Sulci bei rostraler Ansicht

Gyri	Sulci
(a) G. marginalis	(1) S. praesylius
(b) G. ectomarginalis	(2) S. cruciatus
(e) G. praecruciatu	(3) S. coronalis
(f) G. postcruciatu	(9) Fissura longitudinalis cerebri
(g) G. compositu rostrali	(10) S. diagonalis
(j) G. proreus	(12) S. rhinalis laterali

Abbildung 7 zeigt die Gyri und Sulci des Katzenhirns in lateraler Ansicht. Eine Auflistung der Bezeichnungen verdeutlicht Tabelle 4.

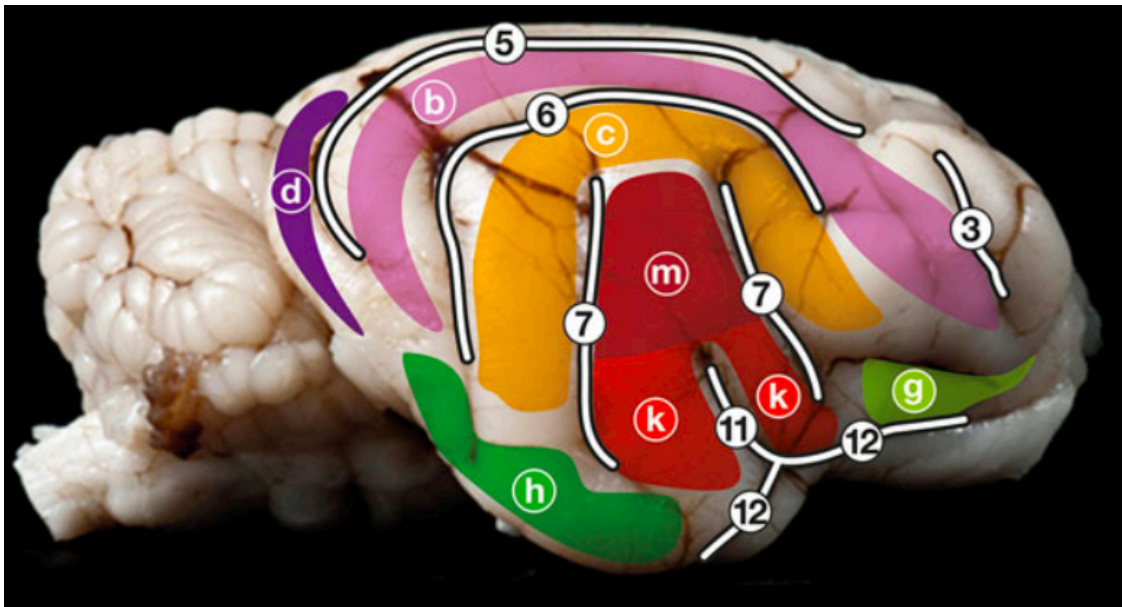


Abbildung 7: Gyri und Sulci des Katzengehirns (laterale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015)

Tabelle 4: erkennbare Gyri und Sulci bei lateraler Ansicht

Gyri	Sulci
(b) G. ectomarginalis	(3) S. coronalis
(c) G. ectosylvius	(5) S. marginalis
(d) G. occipitalis	(6) S. suprasylvius
(g) G. compositus rostralis	(7) S. ectosylvius
(h) G. compositus caudalis	(11) Fissura pseudosylvia
(k) G. sylvius	(12) Sulcus rhinalis lateralis
(m) G. intersylvius	

In Abbildung 8 und Tabelle 5 sind die Gyri und Sulci des Katzenhirns in kaudaler Ansicht zu sehen.

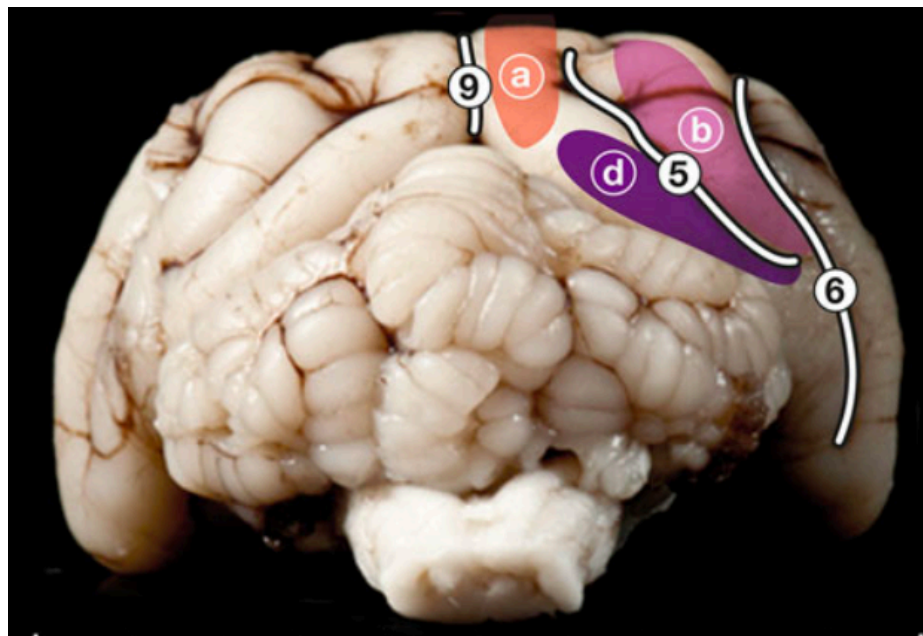


Abbildung 8: Gyri und Sulci des Katzenhirns (kaudale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015)



Tabelle 5: erkennbare Gyri und Sulci bei kaudaler Ansicht

Gyri	Sulci
(a) G. marginalis	(5) S. marginalis
(b) G. ectomarginalis	(6) S. suprasylvius
(d) G. occipitalis	(9) Fissura longitudinalis cerebri

Abbildung 9 zeigt die Gyri und Sulci des Katzenhirns in ventraler Ansicht, Tabelle 6 listet die Bezeichnungen dazu auf.

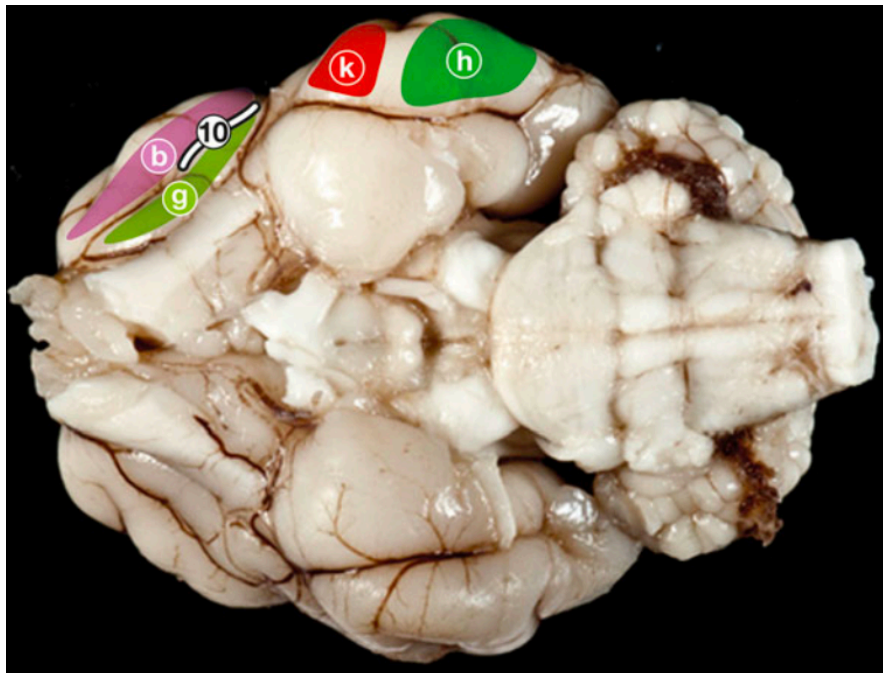


Abbildung 9: Gyri und Sulci des Katzenhirns (ventrale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015)

Tabelle 6: erkennbare Gyri und Sulci bei ventraler Ansicht

Gyri	Sulci
(b) G. ectomarginalis	(10) S. diagonalis
(g) G. compositus rostralis	
(h) G. compositus caudalis	
(k) G. sylvius	

Abbildung 10 zeigt die Gyri und Sulci des Katzenhirns in medialer Ansicht. Eine Auflistung der Bezeichnungen verdeutlicht Tabelle 7.

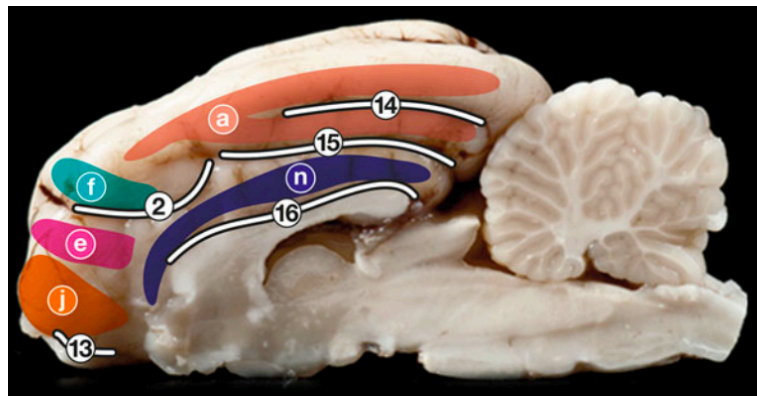


Abbildung 10: Gyri und Sulci des Katzenhirns (mediale Ansicht)

Tabelle 7: erkennbare Gyri und Sulci bei medialer Ansicht

Gyri	Sulci
(a) G. marginalis	(2) S. cruciatus
(e) G. praecruciatu	(13) S. rhinalis medialis
(f) G. postcruciatu	(14) S. suprasplenialis
(j) G. proreus	(15) S. splenialis
(n) G. cinguli	(16) S. corporis callosi



### 1.3 Transfrontale Zugänge bei Hunden

Eine der ersten Versuche transfrontal zum Gehirn zu gelangen wurde 1972 von Parker und Cunningham durchgeführt. (Parker & Cunningham, 1972)

Im Jahr 1982 kombinierte de Wet et al. einen unilateralen transfrontalen mit einem rostralen tentoriellen Zugang, der eine hervorragende Darstellung der Frontallappen ermöglicht. Eine adäquate Darstellung der Riechkolben, der kribriformen Platte und der rostralen Frontallappen wird jedoch nicht ermöglicht, es sei denn, der transfrontale Zugang wird rostral erweitert. Da es sich um einen unilateralen Zugang handelt, ist die Manipulation innerhalb des chirurgischen Fensters begrenzt und schwierig. (de Wet et al., 1982)

Ein modifizierter transfrontaler Zugang beim Hund wurde 1987 von Kostolich/Dulisch beschrieben. Bei diesem Zugang wird ein trapezförmiges Knochenfenster über die rostrale Ausdehnung des Stirnbeins und des Sinus gewählt. Dieses Verfahren bietet eine ausgezeichnete Visualisierung der Riechkolben und der kribriformen Platte, aber nur eine begrenzte Freilegung der Frontallappen. Zusätzlich führt es zu einer Zerstörung der kribriformen Platte. (Kostolich & Dulisch, 1987)

Der transfrontale Zugang nach Glass wurde im Jahr 2000 beschrieben. Dieser Zugang ist eine modifizierte bilaterale transfrontale Sinuskraniotomie und bietet einen ausgezeichneten Zugang zum *Bulbus olfactorius* und zum *Lobus frontalis* bei Hunden. (Glass et al., 2000)

Uriarte et al. beschrieb 2011 neben dem bilateralen transfrontalen Sinuszugang auch einen unilateralen sinotemporalen Zugang zum Frontallappen. Der chirurgische Zugang für den unilateralen sinotemporalen Eingriff ist ein halbdiamantförmiges Knochenfenster, welches sich vom Schläfenbein bis zum Stirnbein erstreckte. (Uriarte et al., 2011)

#### 1.3.1 Zugang nach de Wet et al. (1982)

Mit diesem Zugang wird die Eröffnung des *Sinus frontalis* mit einer lateralen rostrotentoriellen Kraniotomie kombiniert. Dies bietet ein adäquates chirurgisches Arbeitsfeld, gute Visualisierung der rostralen Schädelgrube und ihres Inhalts, entsprechende Asepsis, minimale Blutung und keine unerwünschten Komplikationen. Diese Technik eignet sich für neurochirurgische Anwendungen in der *Fossa cranialis rostralis* des Hundes.

Das Operationsfeld der ChirurgInnen ist vor allem im subfrontalen Bereich des Neurokraniums durch die unmittelbare Nähe der gespiegelten Temporalis-Muskelmassse und durch den weiter rostral gelegenen Orbitalkegel stark eingeschränkt, trotz des durch die Durchtrennung des Jochbogens gewonnenen zusätzlichen Raumes.

Die abgesunkene Lage des *Sinus sagittalis dorsalis* und der *Juga cerebri* trägt zusätzlich zu den chirurgischen Hindernissen bei einen vollständigen Frontalknochenlappen ohne Beschädigung der Dura und des Gehirns in dieser Region zu entwickeln.

Das Tier wird in Brust-Bauch-Lage gebracht und der Kopf in einer verstellbaren Kopfhalterung fixiert, um eine ungehinderte arterielle Versorgung und venösen Abfluss zu gewährleisten. Der Hautschnitt beginnt an der lateralen Lidkante des Auges und verläuft ca. 2 cm hinter dem dorsalen Lidrand bis zur Mittellinie zwischen den medialen Augenkommissuren. Der Schnitt verläuft nicht durch das subkutane Gewebe, um eine Durchtrennung der Äste des *Nervus frontalis* und des *Nervus palpebralis* des *Plexus auricularis rostralis* zu vermeiden, welche die Muskeln der oberen und unteren Augenlider innervieren. Nach kaudal wird der Schnitt an der Mittellinie des Kopfes bis zum Hinterhaupthöcker fortgesetzt und nach ventrolateral entlang der dorsalen Nackenlinie bis knapp dorsal der Ohrbasis weitergeführt.

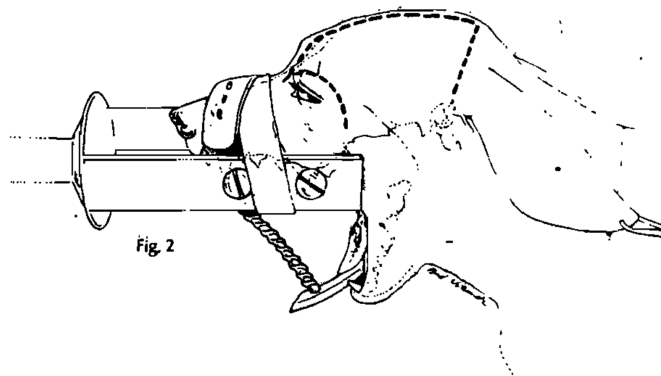


Abbildung 11: Hautschnitt Zugang nach de Wet et al. (1982)

Der Hautlappen wird ventrolateral gespiegelt, der selbststabilisierende Wundspreizer von de Wet am rechten Jochbeinbogen positioniert und der linke Jochbeinbogen rostral durchtrennt. Die Weichteile (oberflächliche Faszie, *Musculus frontalis*, *Musculus interscutularis*) werden präpariert, der *Plexus auricularis* wird verschont und nach lateral geschoben, sodass das Dach

des *Sinus frontalis* freigelegt wird. *Arteria* und *Vena temporalis superficialis* und *Processus zygomaticus* des *Os temporale* werden freigelegt. Die Arterie wird ligiert und der Schläfenfortsatz durchtrennt. Der freiliegende *Musculus temporalis* wird durchtrennt und mit einem Periostschaber vom Neurokranium getrennt. Der Orbitalkegel wird in der *Fossa orbitalis* mit einem gebogenen Gehirnretractor oder einem Fingerhakenretractor vorsichtig nach lateral zurückgezogen, um die *Arteria ethmoidalis externa*, die *Vene ethmoidalis* und den *Nervus ethmoidalis* freizulegen, die von der Periorbita umhüllt sind. Die an den Konus angrenzenden Arterien, Venen und Nerven werden ligiert, um Refluxblutungen in die *Fossa orbitalis* zu verhindern.

Im folgenden Schritt wird ein dreieckiger Knochendeckel in das Dach der Stirnhöhle gefräst, indem drei kleine Bohrlöcher in die Spitzen des Dachs gebohrt werden und der Schnitt mit einer Gigli-Säge durchgeführt wird. Ein kleines Fräsloch (Nr.1) mit 5 mm Durchmesser wird weit rostral in den Boden des Sinus gebohrt, medial zum *Processus supraorbitalis*, in der ventrolateralen Verlängerung des Sinusbodens. Ein subfrontaler Sinus-Dural-Elevator wird durch das Loch eingeführt, um die Dura, die das Loch umgibt, zu trennen, bevor das Loch mit einem Kerrison-Laminat-Rongeurs in medialer Richtung bis zum Septum des *Sinus frontalis* erweitert wird. Ein weiteres kleines 5 mm Fräsloch (Nr.2) wird subfrontal über die *Foramina ethmoidalis* gesetzt. Das nächste Bohrloch (Nr. 3) wird ventrorostral zum Rand des Jochbeinfortsatzes des Schläfenbeins platziert. Zwei große Bohrlöcher mit 10 mm Durchmesser werden, 10 mm rostral zum Scheitelbeinvorsprung (Nr. 4) und das andere (Nr. 5) 15 mm kaudal zur kaudalen Grenze der Stirnhöhle und 7 mm paramedian zum äußeren Sagittalkamm platziert. (de Wet et al., 1982)

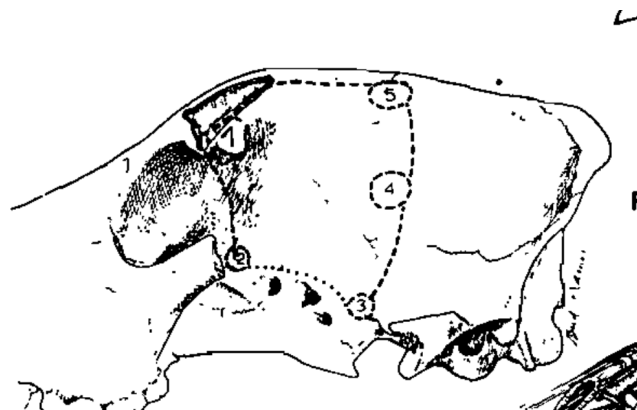


Abbildung 12: Zugang nach de Wet et al. (1982)

### 1.3.2 Zugang nach Kostolich und Dulisch (1987)

Dieser Zugang wurde 1987 an vier Hunden beschrieben, welche aufgrund von generalisierten Anfallsgeschehen vorgestellt wurden. Bei allen Hunden wurden Läsionen im Bereich des rechten *Bulbus olfactorius* diagnostiziert.

Für die Operation werden die Hunde in Brust-Bauch-Lage gebracht, wobei der Kopf in einem gepolsterten Kopfhalter immobilisiert wird. Es wird ein halbkreisförmiger Hautschnitt vorgenommen, der am rostralen Rand des linken Ohrs beginnt, die Mittellinie auf Höhe des lateralen Kanthus des rechten Auges überquert und zur Mittellinie zurückkehrt, wo er bis zum Mittelpunkt der Nasenknochen fortgesetzt wird. Das subkutane Gewebe, der *Musculus frontalis*, die Ohrmuschelmuskeln sowie das Periost werden nach links gespiegelt. Ein Knochendeckel wird mit einem Osteotom und einem Hammer geschnitten, beginnend mit einem transversalen Schnitt auf Höhe der Jochbeinfortsätze der Stirnbeine. Der Schnitt erstreckt sich rostromedial bis auf Höhe des kaudalen Drittels des Nasenbeins und verläuft dann wieder transversal. Die Entfernung der Knochenplatte legt die Stirnhöhlen, die kribriiforme Platte des Siebbeins und die Siebbeinmuschel frei. Mit einem kleinen Rongiergerät werden die Siebbeinmuschel und die Kribriiformplatte entfernt, um den Riechkolben freizulegen.

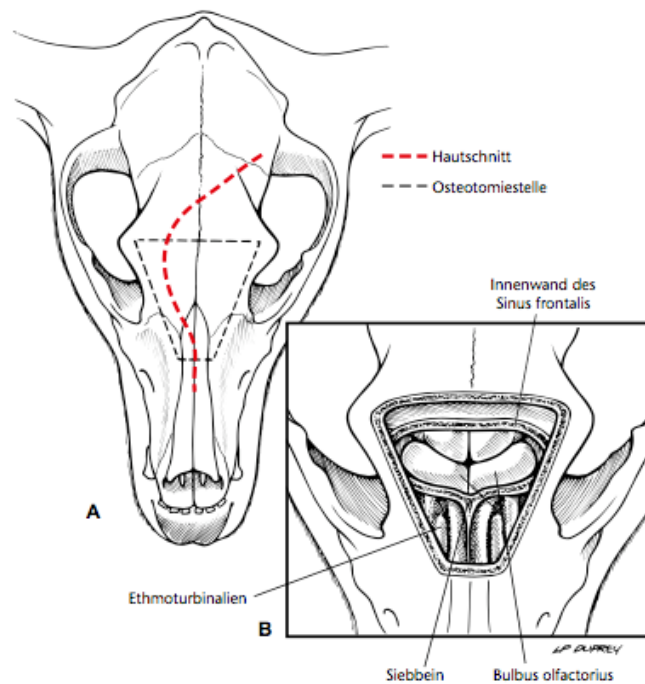


Abbildung 13: Transfrontaler Zugang nach Kostolich/Dulisch 1987 (Fossum 2009)

Nachdem Erreichen der Blutstillung, wird ein freies Faszien-Fett-Transplantat aus der lumbodorsalen Faszie über den Defekt in der Kribriformplatte platziert. Die Knochenplatte wird dann an den vier Ecken mit orthopädischem Draht aus rostfreiem Stahl der Stärke 24 wieder mit dem Schädel verdrahtet. Die Muskulatur, das subkutane Gewebe und die Haut werden mit einfachen chirurgischen Nähten versorgt. (Kostolich & Dulisch, 1987)

### 1.3.3 Zugang nach Glass

Der transfrontale Zugang nach Glass wurde an fünf Hunden durchgeführt. Involvierte knöcherne Strukturen sind das Stirnbein und das Nasenbein. Zu berücksichtigende Knochenpunkte sind das Bregma, das Nasion und die Jochbeinfortsätze des Stirnbeins.

Der Hund wird in Brust-Bauch-Lage mit erhöhter Kopfposition positioniert, um die Visualisierung der rostralen Ausdehnung des *Bulbus olfactorius* und der kribriformen Platte zu erleichtern. Der Hauteinschnitt in der Mittellinie wird vom kaudalen Rand der Nasenbeine auf Höhe des medialen Augenkantus nach kaudal bis zur kaudalen Ausdehnung des *Sinus frontalis* durchgeführt. Das darunter liegende subkutane Gewebe, der *Musculus frontalis* und das Periost werden seitlich der Inzision gespiegelt. Ein diamantförmiges Knochenstück wird mit einer oszillierenden Knochensäge, beginnend an der Bregma- Markierung, entfernt. Das Sägeblatt

wird ca. 20° bis 30° abgeschrägt, um den Austausch und den festen Verschluss der Knochenplatte am Ende des Eingriffs zu erleichtern. Der Schnitt erstreckt sich rostralateral bis zum Jochbeinfortsatz des Stirnbeins und rostromedial bis zur Verbindung der Nasenbeine auf der Mittellinie. Das Gleiche wird auf der gegenüberliegenden Seite des Schädels durchgeführt, um die beiden Knochenschnitte zu vereinen.

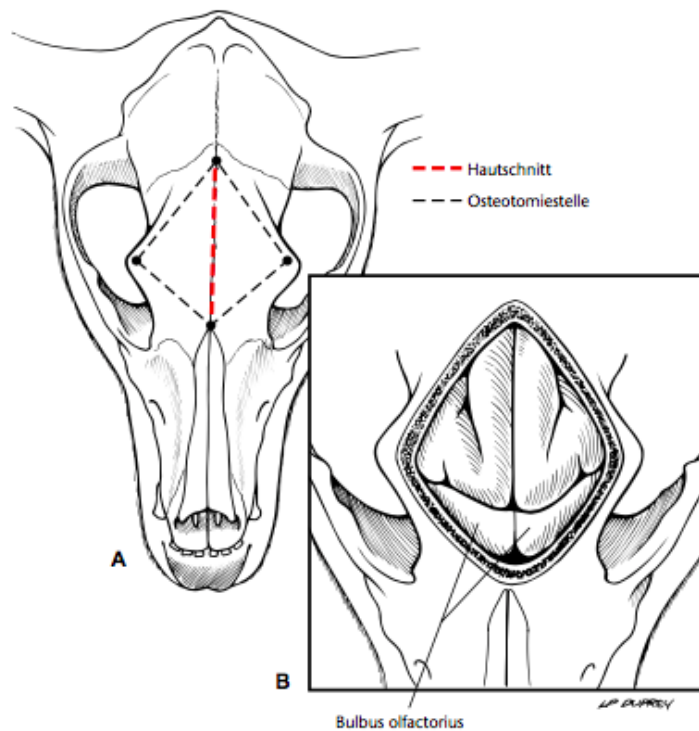


Abbildung 14: Transfrontaler Zugang nach Glass et al. 2000 (Fossum 2009)

Nach Durchtrennung der Gehirnhäute und Entfernung der sichtbaren Tumoren, wird die Knochenplatte wieder zurückgesetzt und mit einem orthopädischen Draht aus rostfreiem Stahl der Stärke 22 bis 24 wieder am Schädel befestigt. Der *Musculus frontalis* und das subkutane Gewebe werden mit Einzelknopfnähten wieder adaptiert und die Haut mit Hautklammern verschlossen.

Alle Hunde in dieser Studie gehörten mesocephale Rassen an, und die Lage des Sinus frontalis war nicht problematisch. Der modifizierte transfrontale Sinuszugang stellt bei brachycephalen Rassen aufgrund der geringeren Größe des *Sinus frontalis* eine größere Herausforderung dar. (Glass et al., 2000)

#### 1.4 Kraniotomiezugänge bei Katzen

Zahlreiche chirurgische Zugänge zum Gehirn wurden bereits bei Hunden beschrieben. Von diesen wurden einige bei der Katze bereits erfolgreich angewandt, wie zum Beispiel der rostrotentorielle Zugang, um Neoplasien zu erreichen, die das Großhirn betreffen. Es wurden jedoch nur wenige Modifikationen der anderen chirurgischen Zugänge bei der Katze untersucht. (Kent et al., 2020)

Die transfrontale Kraniotomie zur Entfernung von Neoplasien, die den *Bulbus olfactorius* und die Frontallappen betreffen, wurde ebenfalls nur bei Hunden beschrieben. Obwohl dieser Ansatz in einer großen Serie von Katzen mit Meningeomen erwähnt wurde, fehlt eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens. (Günther et al., 2020)

In einer Studie von Gordon et al. (1994) welche zwischen 1985 und 1991 durchgeführt wurde, beschreibt er die Entfernung von Meningeomen, die an 42 Katzen durchgeführt wurde. Die Lage der zerebralen Masse bestimmte den verwendeten chirurgischen Ansatz. Ein unilateraler rostrotentorieller Zugang bot bei den meisten Katzen eine ausreichende Möglichkeit der Exploration. Um die rostrotentorielle Kraniotomie bei Katzen mit präfrontalen Massen zu erweitern, wurde ein partieller transfrontaler Zugang gewählt. Bei einigen wenigen Katzen mit Meningeomen der *Falx cerebri* war ein bilateraler rostrotentorieller Zugang erforderlich. Die Größe und Ausdehnung der Kraniotomie wurde durch die Lage der dural-venösen Sinusse (*Sinus transversus*, *Sinus confluens sinuum* und der dorsale *Sinus petrosus*) begrenzt. Die Kraniotomie wurde, falls erforderlich, mit einer Rongeur-Zange erweitert. (Gordon et al., 1994)

Forterre et al. beschrieb 2006 die chirurgische Technik zur Entfernung von tentoriellen Meningeomen an sechs Katzen mit einem unilateralen temporal-suprazerebellären transtentoriellen Zugang. Der chirurgische Zugang, kombiniert mit einer zisteralen oder ventrikulären Liquorpunktion und einer Open-Window-Technik (Tumorenfenestration und Enukektion), ermöglichte eine ausreichende Sicht und Zugänglichkeit des Tumors ohne übermäßige Manipulation des Hirnparenchyms. (Forterre et al., 2006)

2009 berichtete Forterre et al. über einen modifizierten temporalen Zugang für ein rostrotentorales basales Meningeom bei einer Katze. Dazu wurde ein linksseitiger suprazygomatischer temporobasaler Zugang zum Jochbeinbogen gewählt, da dieser weniger

Weichteilschäden verursacht. Ein gerader 2 cm langer vertikaler Hautschnitt wurde dorsal des Jochbeins durchgeführt. Der *Nervus temporalis superficialis* und der *Nervus auricularis rostralis* wurden nach kaudal und der Jochbeinast des *Nervus facialis* nach kranial zurückgezogen. Nach Inzision des zygomaticischen Ansatzes des *Musculus temporalis* wurde dessen kaudaler Rand stumpf vom Schläfenbein angehoben. Eine 1,5 cm große Kraniektomie wurde dorsal bis zum kaudalen Ansatz des Jochbogens durchgeführt. Die mediale Meningealarterie wurde identifiziert und ligiert. Nach der Durektomie wurde der Piriformlappen leicht angehoben und mikrochirurgische Tupfer und Okularstäbchen unter dem Gehirn platziert, um eine bessere Darstellung des Tumors zu ermöglichen. (Forterre et al., 2009)

Im Jahr 2020 beschrieb Günther et al. erstmals die Technik der transfrontalen Kraniotomie an einer zehnjährigen Katze mit linksseitigen Frontallappenmeningeom. Nach Definition der anatomischen Orientierungspunkte des Katzenschädels ermöglichte eine bilaterale transfrontale Kraniotomie die En-bloc-Entfernung des Meningeoms. Das chirurgische Vorgehen orientierte sich weitgehend an der Beschreibung einer modifizierten transfrontalen Kraniotomie bei Hunden. Die anatomischen Orientierungspunkte bei Katzen unterscheiden sich von denen bei Hunden. Bei Hunden markiert das Bregma die kaudale Ausdehnung des *Sinus frontalis*. Bei Katzen kann dieser Punkt kaum ertastet werden. Stattdessen wurde eine Querlinie von der rostralen Grenze des Jochbeinfortsatzes an der Ansatzstelle des Stirnbeins zur anderen Seite gezogen, um die kaudale Ausdehnung des *Sinus frontalis* zu bestimmen. Der Hautschnitt wurde an der Mittellinie gesetzt, die sich 4 cm kaudal vom kaudalen Ende der Nasenbeine erstreckt. Subkutis, Faszie und Periost wurden stumpf mit einem Raspatorium zurückgezogen. Das erste Bohrloch wurde in der Mitte der oben erwähnten gedachten Linie gebohrt. Der Schnitt wurde rostrolateral in einem Winkel von 30° und einer Länge von 0,5 cm fortgesetzt und dann in rostromedialer Richtung bis zur Verbindung der Nasenbeine zurückgeführt. Das gleiche Verfahren wurde auf der gegenüberliegenden Seite durchgeführt. Durch den Schnitt entstand eine rautenförmige Knochenplatte, die mit einem Raspatorium entfernt wurde. Die Entfernung des relativ dünnen Knochens wurde durch feste Verwachsungen mit darunter liegenden knöchernen Septen und Siebbeinmuscheln innerhalb der Stirnhöhle erschwert. Nach sorgfältiger Entfernung der Siebbeinmuscheln und Freilegung der inneren Platte des Sinus wurde die Schädelhöhle mit einer 2,0 mm Knochenfräse geöffnet. Wichtige Unterschiede zum Verfahren bei Hunden sind das Fehlen nützlicher anatomischer Orientierungspunkte wie der



Bregma-Linie und der größere Öffnungswinkel des *Sinus frontalis* an seiner kaudalen Grenze. Trotz der geringen Abmessungen des feline *Sinus frontalis* ist der Zugang zu den Frontallappen über diesen Zugang adäquat und ermöglichte die vollständige Resektion eines unilateralen Meningeoms ohne übermäßige Schädigung angrenzender Strukturen. (Günther et al., 2020) Abbildung 15 zeigt den verwendeten Zugang von Günther et al. (2020)

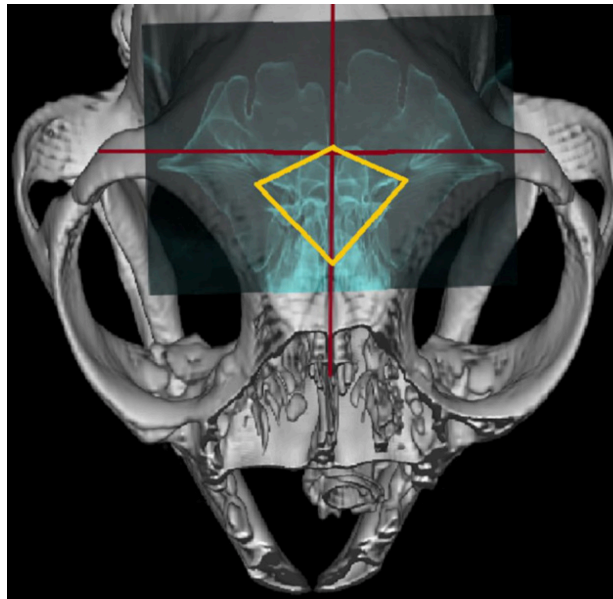


Abbildung 15: transfrontaler Zugang von Günther et al. 2020

Katzen, die sich einer Exzision von intrakraniellen Meningeomen unterzogen haben, hatten eine geringe perioperative Mortalität und eine durchschnittliche Langzeitprognose von mehr als 3 Jahren. (Cameron et al., 2015)

In einer Studie von Troxel et al. 2003 wurde die Häufigkeit verschiedener Tumortypen von Katzen mit intrakraniellen Neoplasien bestimmt und versucht, Signalement, Tumorgröße und -lokalisierung sowie Überlebenszeit für jeden Tumor zu korrelieren. Die häufigsten Tumorarten waren Meningeome (n = 93, 58,1%), Lymphome (n = 23, 14,4%), Hypophysentumore (n = 14, 8,8%) und Gliome (n = 12, 7,5%). (Troxel et al., 2003)

## 2 Material und Methode

In dieser Arbeit wurden mithilfe von Computertomographie- (CT) und Magnetresonanztomographiebildern (MRT) von Katzenschädeln die transfrontalen Zugänge nach Glass et al. (2000) und nach Kostolich/ Dulisch (1987) mit dem Zugang von de Wet et al. (1982) bei brachycephalen und mesozephalen Katzen verglichen. Die für diese Studie verwendeten Katzen wurden aus dem Datenprogramm der Veterinärmedizinischen Universität Wien TIS (Tierinformationssystem) ausgewählt. Teilnahme Kriterium war das Vorhandensein von CT Bildern und MRT Bildern des vollständigen Schädels. Zudem durften die CT und MRT Bilder keine Pathologien aufweisen. Mit folgenden Katzen wurde gearbeitet:

Tabelle 8: Informationen zu Katzen (wk = weiblich/ kastriert; EKH = Europäisch Kurzhaar; BKH = Britisch Kurzhaar)

Katze	TIS- Nummer	Rasse	Geschlecht	Alter
1	T2016 003396	Main Coon	wk	2J 4M
2	T2016 014151	Abessinier	wk	5M
3	T2016 005395	EKH	wk	3J
4	T2018 005044	EKH	wk	11J 2M
5	T2016 0011771	BKH	wk	9J
6	T2017 015302	BKH	wk	7J 2M

Die CT- und MRT-Bilder wurden vom Institut für Radiologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien zur Verfügung gestellt. Die benötigten Dateien wurden über die Plattform „VetCore“ eingelesen und anschließend mithilfe der Software „Amira“ bearbeitet. „Amira“ ist eine Software zur 3D und 4D Visualisierung und Analyse. Eine genaue Anleitung bzw. die Funktionsweise der Software wurde von Dr. Stephan Handschuh durchgeführt.

### 2.1 Arbeitsablauf Amira

Im Anhang ist eine genaue Beschreibung der einzelnen Schritte, welche mit Amira durchgeführt wurden.

Zunächst wurden alle Bilddateien in die Software „Amira“ importiert, nach den unterschiedlichen Katzenschädeln abgespeichert und in für Amira verwendbare Formate

konvertiert. Die Bilder wurden anschließend am globalen Koordinatensystem orientiert, um die Blickwinkel aller Dateien zu normieren.

Im nächsten Schritt wurden 27 festgelegte „landmarks“ in einer bestimmten Reihenfolge mithilfe eines „Isosurface“ Tools auf den Schädel gesetzt. (In Abbildung 24 bis Abbildung 27 sind alle „landmarks“ verdeutlicht).

Für die weiteren Schritte mussten die CT- und MRT-Scans überlappt werden. Dazu wurden die MRT-Dateien grob nach den CT-Bildern ausgerichtet und die Ausrichtung wurde in allen drei Ansichtsebenen (XY, XZ, YZ) überprüft. Mittels eines „Register Images“ Moduls wurden die Dateien verknüpft und registriert.

Um im Weiteren das Gehirn freistellen zu können wurde zuerst mit den importierten MRT-Bildern ein „Labelfield“ generiert. Etwaige Verbindungen zwischen Gehirn und umliegenden Weichteilstrukturen wurden manuell mit einem Pinselwerkzeug entfernt. Kleine Löcher im Gehirn wurden mit der Option „Fill holes“ gefüllt und die Kontur des Gehirns wurde um ein Voxel ausgedehnt.

Anschließend wurden die beiden Gehirnhälften einzeln selektiert, gespeichert und gemessen. Die einzelnen Gyri wurden in einer zuvor festgelegten Reihenfolge eingezeichnet, die Sulci dienten als „Abstandhalter“ zwischen den Gyri. Tabelle 9 zeigt die Reihenfolge der Gyri und die Farben, mit denen die Gyri eingezeichnet wurden.

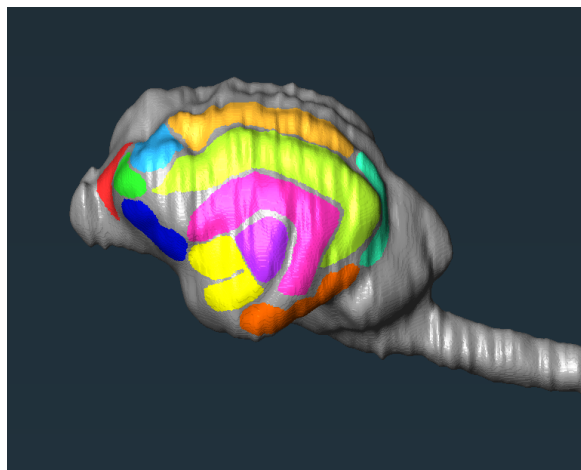


Abbildung 16: Eingezeichnete Gyri auf Gehirn

Tabelle 9: Reihenfolge der Gyri sowie die verwendeten Farben

Gyrus	Farbe
<i>Gyrus marginalis</i>	Dunkelgelb
<i>Gyrus ectomarginalis</i>	Hellgrün
<i>Gyrus ectosylvius</i>	Rosa
<i>Gyrus occipitalis</i>	Türkis
<i>Gyrus postcruciatu</i>	Hellblau
<i>Gyrus praecruciatu</i>	Grün
<i>Gyrus proreus</i>	Rot
<i>Gyrus intersylvius</i>	Lila
<i>Gyrus sylvius</i>	Gelb
<i>Gyrus compositus rostralis</i>	Dunkelblau
<i>Gyrus compositus caudalis</i>	Orange

Nachdem alle Gyri auf der linken Gehirnhälfte markiert waren, wurden die Flächen der Gyri gemessen. Dazu wurde eine Auswertungsdatei generiert. Die gleichen Schritte wurden nochmals für die rechte Gehirnhälfte und für den *Bulbus olfactorius* durchgeführt.

## 2.2 Messungen für den kranialen Index

Einige der zuvor gesetzten Landmarks wurden verwendet, um die Messungen für den kranialen Index durchzuführen. Folgende Distanzen wurden gemessen: (Onar, 1999)

Tabelle 10: Messungen für den kranialen Index

Maß	Landmarks	Ansicht
Gesichtslänge	<i>Nasion zu Prosthion</i>	dorsal
Gesichtsbreite	weitester Abstand zwischen den <i>Processi zygomaticus</i>	dorsal
Länge Schädelhöhle	<i>Inion zu Nasion</i>	dorsal
Breite Schädelhöhle	weitester interparietaler Abstand	dorsal
Höhe Schädelhöhle	Mitte des <i>Meatus acusticus externus</i> bis zum <i>Bregma</i>	lateral
gesamte Schädelhöhe	<i>Inion zu Prosthion</i>	dorsal
Länge der Schädelbasis	<i>Basion zu Prosthion</i>	ventral

Die Indizes wurden mit folgenden Formeln berechnet:

$$\text{kranialer Index} = \frac{\text{Breite Schädelhöhle}}{\text{Länge Schädelhöhle}} \times 100$$

Formel 1: Kranialer Index

$$\text{zephaler Index} = \frac{\text{Gesichtsbreite}}{\text{Gesichtshöhe}} \times 100$$

Formel 2: Zephaler Index

### 2.3 Messung der Kraniotomie-Fläche und Schneiden des Kraniotomie-Fensters

Im nächsten Schritt wurden die Bohrlöcher für die verschiedenen Zugänge gesetzt. Für den Zugang nach Glass et al. (2000) wurden die in Tabelle 11 aufgelisteten „Landmarks“ gesetzt, wie Abbildung 17 zeigt:

Tabelle 11: Bohrlöcher für den Zugang nach Glass et al. (2000)

1	<i>Bregma</i>
2	<i>Nasion</i>
3	<i>Processus zygomaticus des Os frontale rechts</i>
4	<i>Processus zygomaticus des Os frontale links</i>

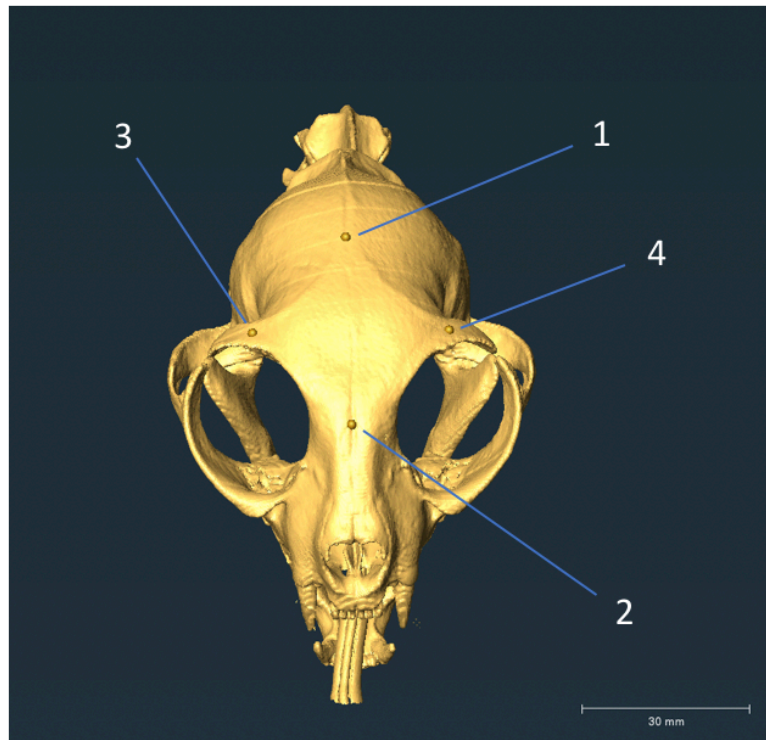


Abbildung 17: Bohrlöcher beim Zugang nach Glass et al. (2000)

Tabelle 12 und Abbildung 18 zeigen die Bohrlöcher für den Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987).

Tabelle 12: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987)

1	rechts kaudal: Linie zwischen linker und rechter Spitze des <i>Proc. zygomaticus</i> 18 mm rechts von der Mediannaht
2	links kaudal: Linie zwischen linker und rechter Spitze des <i>Proc. zygomaticus</i> 18 mm links von der Mediannaht
3	rechts kranial: Linie zwischen beiden medialen Augenknanthi an der Kreuzung mit der nasalen Suture parallel zur ersten Linie
4	links kranial: (gleiche wie rechts kranial gespiegelt)

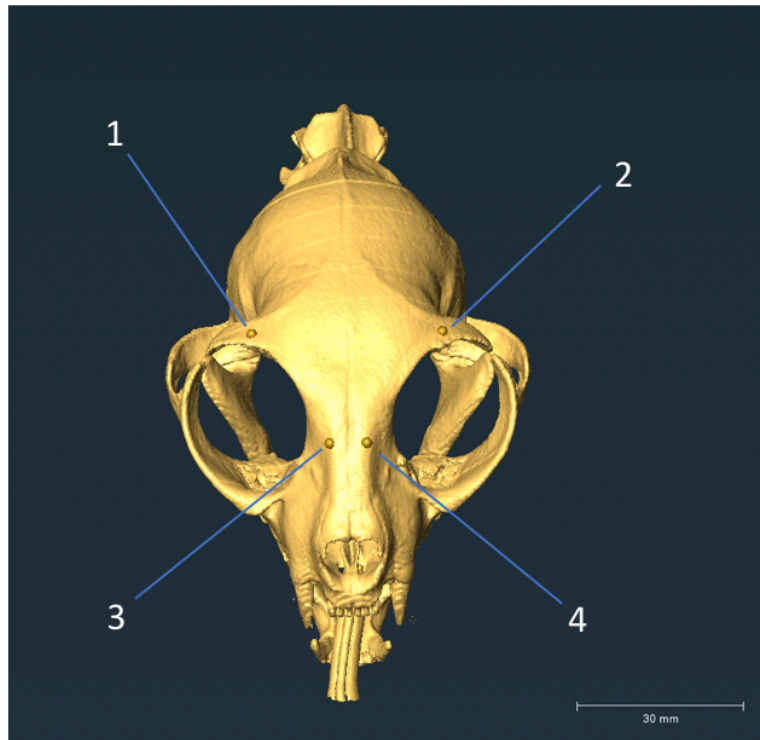


Abbildung 18: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987)

Die Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet sind in Tabelle 13 aufgeführt und in Abbildung 19 veranschaulicht.

Tabelle 13: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982)

1	Basis des <i>Processus zygomaticus</i> des <i>Os frontale</i>
2	auf Höhe des <i>Articulatio temporomandibularis</i>
3	10 mm hinter Ende des <i>Sinus frontalis</i> 5 mm paramedian
4	8 mm paramedian von <i>Bregma</i>

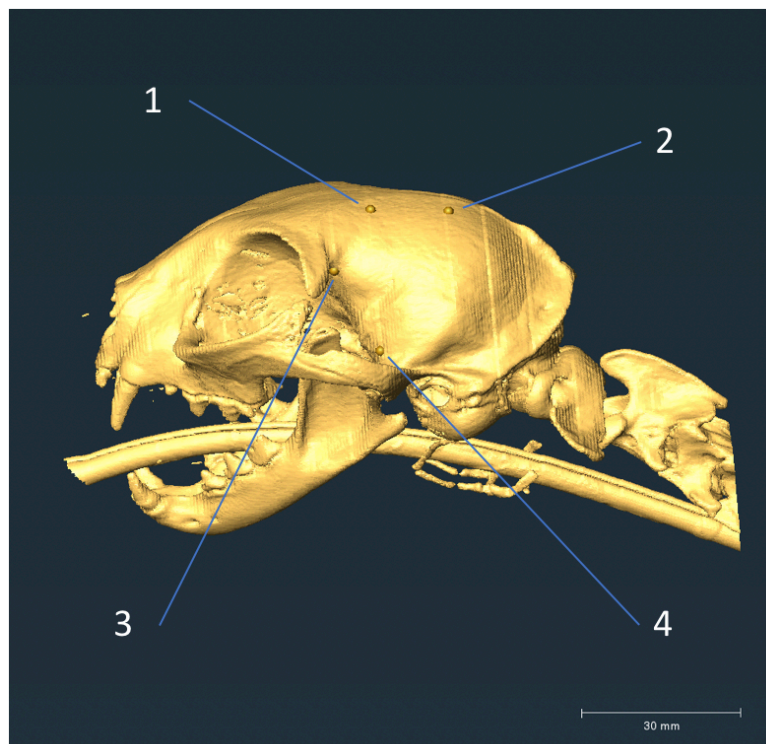


Abbildung 19: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982)



Anschließend wurde die Größe der Landmarken auf 0,5 angepasst, die Bohrlöcher verbunden und die gesamte Kraniotomiefläche markiert. Nun konnte mithilfe des „Surface Area Volume“ Tools die Fläche des Kraniotomie-Fensters gemessen werden.

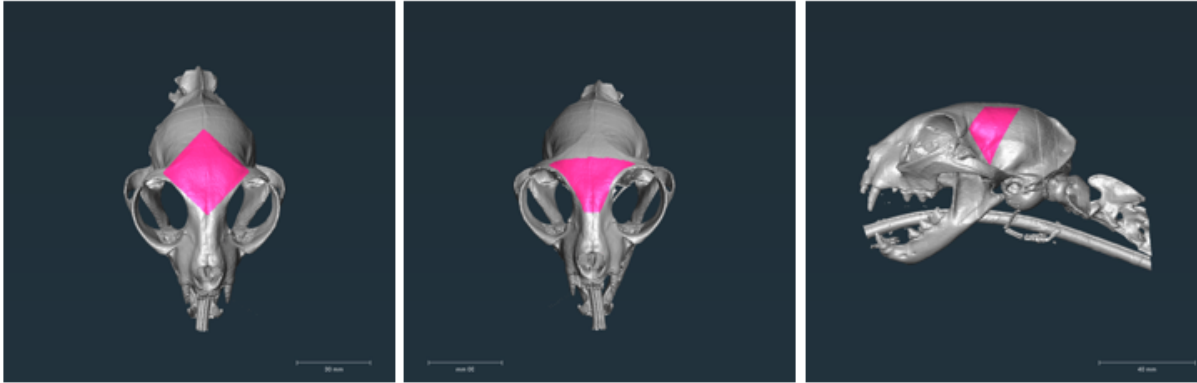


Abbildung 20 - Katzenschädel mit unterschiedlich eingezeichneten Zugängen (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet linke Gehirnhälfte (1982))

Im Folgenden wurde das eingezeichnete Fenster aus dem Knochen herausgeschnitten und somit das darunterliegende Gehirn mit den eingezeichneten Gyri sichtbar.

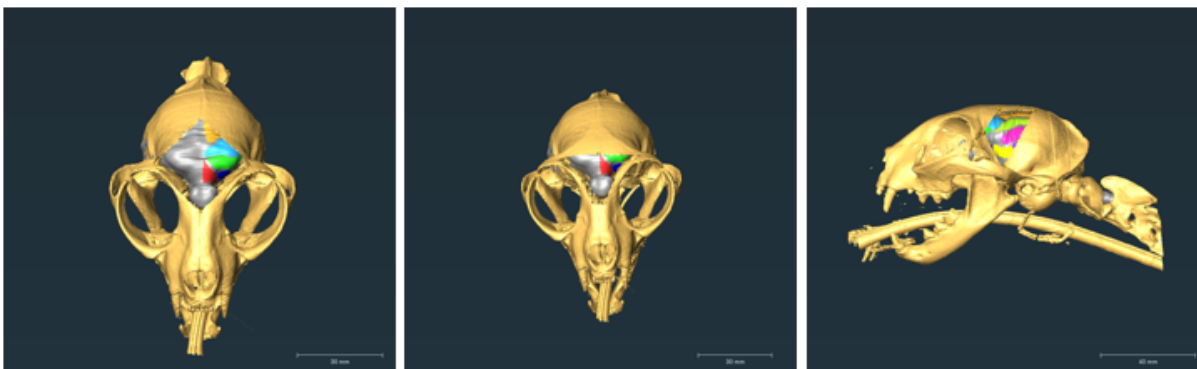


Abbildung 21 – Kraniotomiefenster (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet (1982))

Die unter dem Fenster sichtbare Gehirnfläche und die sichtbaren Gyri konnten nun gemessen werden und mit den absoluten Gyriflächen verglichen werden. Die Messwerte wurden jeweils von der linken Gehirnhälfte, von der rechten Gehirnhälfte und vom *Bulbus olfactorius* in eine Excel© Tabelle übertragen und der freigelegte Anteil wurde in Prozent errechnet.

Die einzelnen Schritte wurden für jeden der drei Zugänge wiederholt. Abbildung 22 zeigt das Kraniotomiefenster nach Glass et al. (2000) mit dem darunter eingezeichneten *Bulbus olfactorius*.

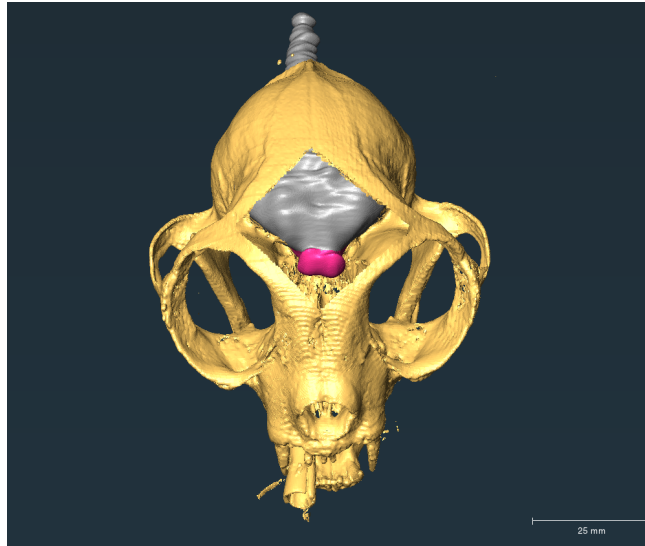


Abbildung 22 - Kraniotomiefenster nach Glass et al. (2000) mit darunter eingezeichnetem *Bulbus olfactorius*

## 2.4 Berechnungen und Statistische Analysen

Folgende Berechnungen und statistischen Analysen wurden mithilfe von Excel© und dem Statistikprogramm SPSS (IBM SPSS Statistics 27) durchgeführt.

### 2.4.1 Kranialer Index

Der Schädelindex ist das Verhältnis zwischen der maximalen Breite des Schädels und seiner maximalen Länge. Die Messungen wurden in Tabelle 28 verdeutlicht, welche sich im Anhang befindet. Zur Veranschaulichung wurden die statistischen Kennwerte Mittelwert, Minimum, Maximum und Standardabweichung berechnet.

### 2.4.2 Kraniotomiefläche

Die Kraniotomiefläche wurde für jeden Zugang an den Schädeloberflächen gemessen. Zur Markierung der Fläche wurden die „landmarks“ auf den Schädel gesetzt und mit Linien verbunden. Anschließend wurden für die resultierenden Flächen sowohl die Mittelwerte als auch die Standardabweichungen und die 95% Konfidenzintervalle berechnet.

Es wurde ein T- Test für abhängige Stichproben durchgeführt, um die Mittelwerte der Zugänge nach Glass und nach Kostolich/Dulisch zu vergleichen.

#### 2.4.3 Zugängliche Gehirnfläche und Gyri

Der zugängliche Hirnbereich wurde ermittelt indem die Fläche hinter dem ausgeschnittenen Fenster zuerst markiert und anschließend zu einer neuen „Boundary ID“ hinzugefügt wurde. Die neu generierte Auswertungstabelle enthielt nun die Flächen aller eingezeichneten Gyri, die Flächen des Kraniotomiebereichs und die Flächen der durch die Kraniotomie sichtbar gewordenen Gyri.

Für den *Bulbus olfactorius* wurde dasselbe Verfahren mit einer neuen Hirnoberfläche angewandt, auf welcher nur der *Bulbus olfactorius* aufgezeichnet wurde.

Um zu überprüfen mit welchem Zugang die beste Zugänglichkeit zum *Bulbus olfactorius* besteht, wurde ebenfalls ein T- Test für abhängige Stichproben durchgeführt.

#### 2.4.4 Erreichbarkeit des Frontallappens

Im nächsten Schritt wurde die Erreichbarkeit des Frontallappens berechnet. Hierbei wurde überprüft welcher Zugang die größte Fläche des Frontallappens freilegt. Die Ergebnisse wurden mittels T-Tests auf ihre Signifikanz geprüft.

### 3 Ergebnisse

Im Folgenden wird auf die Ergebnisse, welche mittels Excel© und der Statistiksoftware SPSS© erarbeitet wurden, eingegangen.

#### 3.1 Stichprobenbeschreibung

Insgesamt wurden CT- und MRT-Bilder von sechs verschiedenen Katzenschädeln bearbeitet, davon entsprachen vier Schädel dem mesozephalen Typ und zwei Schädel dem brachyzephalen Typ. Für jeden Katzenschädel wurden folgende transfrontale Zugänge zum Gehirn virtuell erprobt:

- Zugang nach Glass et al. (2000)
- Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987)
- Zugang nach de Wet et al. (1982), sowohl an der linken als auch an der rechten Schädelseite

#### 3.2 Kranialer Index

Im Anhang 7.2 sind die Messungen in mm aller sechs Katzen verdeutlicht. Tabelle 14 zeigt die statistischen Kennwerte: Mittelwert, Minimum, Maximum und Standardabweichung aller Messungen, unterschieden in mesozephalen Typ und brachyzephalen Typ.

Tabelle 14: Deskriptive Statistik kranialer Index

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>mesozephal</b>	Gesichtslänge	4	16	23	20	3.1
	Gesichtsbreite	4	54	72	65	7.5
	Länge Schädelhöhle	4	62	74	69.4	5.5
	Breite Schädelhöhle	4	42	44	43.1	0.9
	Höhe Schädelhöhle	4	33	37	35.5	1.9
	gesamte Schädellänge	4	77	95	88.5	7.8
	Länge Schädelbasis	4	32	38	35.8	2.9
<b>brachyzephal</b>	Gesichtslänge	2	18	18	18.4	3.1
	Gesichtsbreite	2	71	75	73	7.5
	Länge Schädelhöhle	2	73	73	73	5.5
	Breite Schädelhöhle	2	43	46	44.6	0.9
	Höhe Schädelhöhle	2	38	40	39.2	1.9
	gesamte Schädellänge	2	91	92	91.1	7.8
	Länge Schädelbasis	2	36	37	36.3	2.9

### 3.3 Kraniotomiefläche

Eine Auflistung der Kraniotomiefläche der einzelnen Katzen in mm<sup>2</sup>, sowie die Mittelwerte, Medianwerte und die Varianzwerte unterschieden nach mesozephalen und brachycephalen Katzen bei den verschiedenen Zugängen, ist im Anhang in Tabelle 29 zu finden.

Die größte Kraniotomiefläche erhält man beim Zugang nach Glass bei einer Fläche von durchschnittlich 703,03 mm<sup>2</sup>. Beim Zugang nach Kostolich/Dulisch beträgt die mittlere Kraniotomiefläche 568,13 mm<sup>2</sup>. Beim Zugang nach de Wet liegen die Mittelwerte bei 395,61 mm<sup>2</sup> und 410,28 mm<sup>2</sup> für die jeweils linke und rechte Schädelseite. (s. Tabelle 15)

Tabelle 15: Kraniotomiefläche in mm<sup>2</sup> nach den verschiedenen Zugängen

Zugänge	Mittelwert	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
Glass	703.03	56.77	557.09	848.96
Kostolich	568.13	59.18	416.01	720.25
de Wet (links)	395.61	13.55	360.78	430.45
de Wet (rechts)	410.28	16.48	367.93	452.64

Es wurde ein T- Test durchgeführt, um die Mittelwerte der Kraniotomiefläche nach Glass und Kostolich/Dulisch miteinander zu vergleichen. Der errechnete P-Wert liegt bei 0.063.

In Abbildung 23 ist eine graphische Darstellung der Kraniotomieflächen nach den verschiedenen Zugängen. Die größte Kraniotomiefläche wurde mit dem Zugang nach Glass erreicht, gefolgt vom Zugang nach Kostolich/Dulisch. Die geringste Kraniotomiefläche wurde mit dem Zugang nach de Wet gemessen.

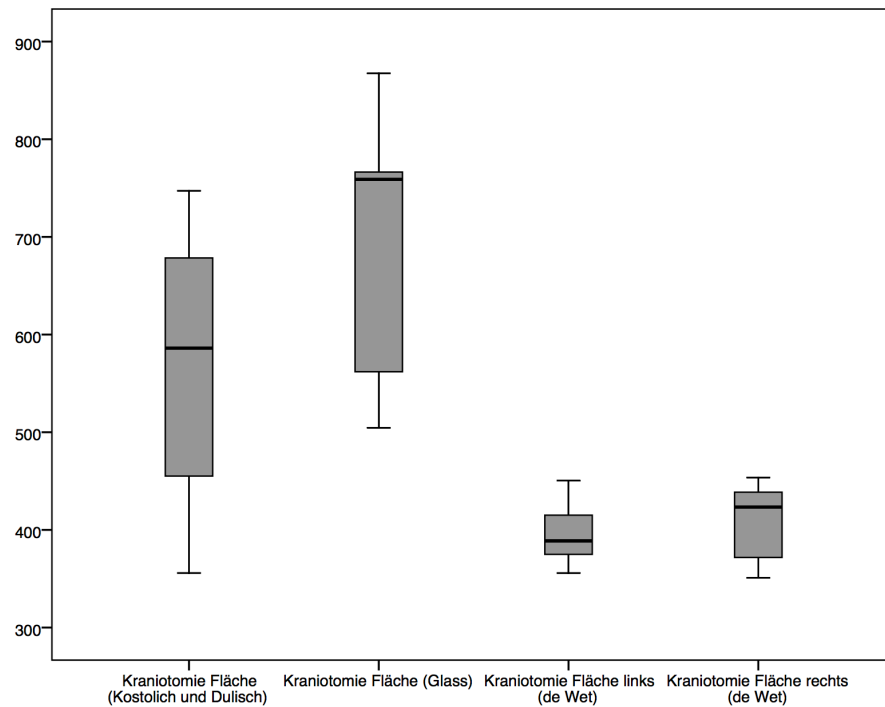


Abbildung 23: Grafische Darstellung der Kraniotomieflächen der verschiedenen Zugänge

Tabelle 16 zeigt die Kraniotomiefläche unterteilt in mesozephalen und brachycephalen Schädeltyp.

Tabelle 16: Kraniotomiefläche unterteilt nach mesozephalen und brachycephalen Typ

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>mesozephal</b>	Glass	4	356	678	527.4	148.4
	Kostolich	4	505	766	646.1	132.5
	de Wet (links)	4	356	450	393.3	40.8
	de Wet (rechts)	4	351	454	398.1	45.9
<b>brachycephal</b>	Glass	2	552	747	649.6	148.4
	Kostolich	2	766	867	816.9	132.5
	de Wet (links)	2	385	415	400.2	40.8
	de Wet (rechts)	2	431	439	434.7	45.9

### 3.4 Zugängliche Gyri auf dem Gehirn

Die Tabelle 17 zeigt die Ergebnisse der Zugänglichkeit der verschiedenen Gyri sowohl in mm<sup>2</sup> als auch in % nach den verschiedenen Zugängen.

Der *Gyrus occipitalis*, der *Gyrus compositus caudalis* und der *Gyrus compositus rostralis* zeigen bei keinem der Zugänge eine gute Zugänglichkeit.

Der *Gyrus ectomarginalis*, und der *Gyrus ectosylvius* sind nur beim Zugang nach de Wet zugänglich. Dabei wurden im Durchschnitt 38,53 % des *Gyrus ectomarginalis* auf der linken Gehirnhälfte und 40,57 % des *Gyrus ectomarginalis* auf der rechten Gehirnhälfte erreicht. 33,15 % des *Gyrus ectosylvius* wurden im Durchschnitt auf der linken Gehirnhälfte zugänglich und 39,03 % des *Gyrus ectosylvius* auf der rechten Gehirnhälfte. Auch der *Gyrus intersylvius* und der *Gyrus sylvius* werden nur mit dem Zugang nach de Wet erreicht. Dabei wurden im Durchschnitt 18,03 % des *Gyrus intersylvius* auf der linken Gehirnhälfte erreicht und 29,72 % des *Gyrus intersylvius* auf der rechten Gehirnhälfte erreicht. 48,25 % der Gesamtfläche des *Gyrus sylvius* wurden auf der linken Gehirnhälfte freigelegt und 55,29 % des *Gyrus sylvius* auf der rechten Gehirnhälfte.

Der *Gyrus proreus* und der *Bulbus olfactorius* sind nur mit den Zugängen nach Glass und nach Kostolich/Dulisch sichtbar. Mit dem Zugang von Kostolich/Dulisch wurde die größte Fläche des *Gyrus proreus* und des *Bulbus olfactorius* freigelegt. Von den *Gyri praecruciatius* und *postcruciatius* erreicht man die durchschnittlich größte Fläche mit dem Zugang nach Glass.

Die Ergebnisse brachyzephaler Katzen zeigen ein ähnliches Bild wie die Ergebnisse mesozephaler Katzen. Bei brachyzephalen Katzen wurden, in dieser Arbeit, mit dem Zugang nach Glass 100 % des *Gyrus praecruciatius* erreicht. Auch vom *Gyrus proreus* ist bei brachyzephalen Katzen mit dem Zugang nach Glass eine größere Fläche erreichbar, als bei mesozephalen Katzen. Im Vergleich, bei mesozephalen Katzen erreicht man vom *Gyrus proreus* an der linken Gehirnhälfte rund 48,22 % und 42,25 % an der rechten Gehirnhälfte, bei brachyzephalen Katzen wurden an der linken Gehirnhälfte im Durchschnitt 87,32 % und an der rechten Gehirnhälfte 96,03 % freigelegt.

Mit den Bohrpunkten, welche für den Zugang nach de Wet bei der Katze verwendet wurden, konnten, sowohl bei mesozephalen als auch bei brachyzephalen Katzen, Flächen folgender Gyri freigelegt werden: *Gyrus compositus rostralis*, *Gyrus ectomarginalis*, *Gyrus ectosylvius*, *Gyrus intersylvius*, *Gyrus marginalis*, *Gyrus posteruciatius* und *Gyrus sylvius*. Zum *Bulbus olfactorius* gelangt man mit diesem Zugang nicht. Beim Zugang nach de Wet gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen mesozephalen und brachyzephalen Katzenrassen.

Tabelle 17: Ergebnisse der Zugänglichkeit der verschiedenen Gyri in mm<sup>2</sup> und %

Mittelwert Gyri														
Gyrus	Gesamtfläche Gyri		zugängliche Fläche in mm <sup>2</sup>						zugängliche Fläche in %					
	in mm <sup>2</sup>		Glass		Kostolich		de Wet		Glass		Kostolich		de Wet	
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
mesozepale Katzen														
<i>Gyrus marginalis</i>	161.10	151.30	10.59	12.45	n/a	n/a	30.85	32.50	6.58	8.23	n/a	n/a	19.15	21.48
<i>Gyrus ectomarginalis</i>	218.68	216.31	n/a	n/a	0.62	n/a	84.26	87.75	n/a	n/a	0.28	n/a	38.53	40.57
<i>Gyrus ectosylvius</i>	171.47	173.30	n/a	n/a	n/a	n/a	56.84	67.65	n/a	n/a	n/a	n/a	33.15	39.03
<i>Gyrus occipitalis</i>	59.82	64.88	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<i>Gyrus postcruciatius</i>	61.56	70.07	29.36	49.37	n/a	8.21	33.26	16.00	47.70	70.47	n/a	11.72	54.03	22.84
<i>Gyrus praecruciatius</i>	45.74	43.56	35.10	38.95	32.26	36.42	7.30	0.51	76.75	89.42	70.53	83.62	15.96	1.18
<i>Gyrus proreus</i>	39.32	44.18	18.96	18.66	29.92	24.52	n/a	n/a	48.22	42.25	76.09	55.51	n/a	n/a
<i>Gyrus intersylvius</i>	45.24	47.81	n/a	n/a	n/a	n/a	8.16	14.21	n/a	n/a	n/a	n/a	18.03	29.72
<i>Gyrus sylvius</i>	74.41	90.61	n/a	n/a	n/a	0.46	35.90	50.10	n/a	n/a	n/a	0.50	48.24	55.29
<i>Gyrus compositus rostralis</i>	54.91	54.08	2.65	14.62	7.23	5.28	4.95	10.79	4.83	27.04	13.16	9.76	9.01	19.95
<i>Gyrus compositus caudalis</i>	85.93	77.70	n/a	n/a	n/a	n/a	1.84	0.09	n/a	n/a	n/a	n/a	2.14	0.11
<i>Bulbus olfactorius</i>	271.73		96.76		125.24		n/a		35.61		46.09		n/a	
brachyzepele Katzen														
Gyrus	Gesamtfläche Gyri		zugängliche Fläche in mm <sup>2</sup>						zugängliche Fläche in %					
	in mm <sup>2</sup>		Glass		Kostolich		de Wet		Glass		Kostolich		de Wet	
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
<i>Gyrus marginalis</i>	163.34	167.02	13.90	13.69	n/a	n/a	53.46	47.13	8.51	8.20	n/a	n/a	32.73	28.22
<i>Gyrus ectomarginalis</i>	287.87	268.42	n/a	3.67	n/a	n/a	117.98	109.87	n/a	1.37	n/a	n/a	40.99	40.93
<i>Gyrus ectosylvius</i>	152.74	206.20	n/a	n/a	n/a	n/a	53.22	51.45	n/a	n/a	n/a	n/a	34.85	24.95
<i>Gyrus occipitalis</i>	73.04	64.60	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<i>Gyrus postcruciatius</i>	60.74	66.75	41.24	49.57	n/a	8.58	4.11	3.14	67.90	74.26	n/a	12.86	6.77	4.70
<i>Gyrus praecruciatius</i>	44.66	35.73	44.66	35.73	25.71	34.47	n/a	n/a	100.00	100.00	57.57	96.47	n/a	n/a
<i>Gyrus proreus</i>	32.96	39.47	28.78	37.90	25.08	29.92	n/a	n/a	87.32	96.03	76.09	75.80	n/a	n/a
<i>Gyrus intersylvius</i>	58.66	60.88	n/a	n/a	n/a	n/a	3.37	27.53	n/a	n/a	n/a	n/a	5.74	45.22
<i>Gyrus sylvius</i>	82.90	87.55	n/a	n/a	n/a	n/a	37.92	62.22	n/a	n/a	n/a	n/a	45.74	71.07
<i>Gyrus compositus rostralis</i>	66.95	61.73	15.86	19.56	1.41	11.04	11.73	11.70	23.69	31.68	2.11	17.89	17.52	18.96
<i>Gyrus compositus caudalis</i>	77.20	99.83	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<i>Bulbus olfactorius</i>	326.90		103.13		153.43		n/a		31.55		46.93		n/a	

Tabelle 18 zeigt die Anzahl der Katzen, bei welchen die verschiedenen Gyri erreicht wurden, nach den unterschiedlichen Zugängen. Der *Gyrus praecruciatius* wurde z.B. bei den Zugängen nach Glass und Kostolich/Dulisch bei allen sechs Katzen getroffen und beim Zugang nach de Wet nur bei zwei Katzen. Es ist zu erkennen, dass die Gyri, welche den Frontallappen bilden mit den Ansätzen von Glass und Kostolich/Dulisch am besten zu erreichen sind.

Tabelle 18: Anzahl der Katzen bei welchen die verschiedenen Gyri erreicht wurden nach den unterschiedlichen Zugängen

	Glass	Kostolich	de Wet	Total
<i>Gyrus compositus caudalis</i>	0	0	2	2
<i>Gyrus compositus rostralis</i>	4	6	6	16
<i>Gyrus ectomarginalis</i>	1	2	6	9
<i>Gyrus ectosylvius</i>	0	0	6	6
<i>Gyrus intersylvius</i>	0	0	6	6
<i>Gyrus marginalis</i>	6	0	6	12
<i>Gyrus occipitalis</i>	1	1	1	3
<i>Gyrus postcruciatius</i>	5	2	3	10
<i>Gyrus praecruciatius</i>	6	6	2	14
<i>Gyrus proreus</i>	6	6	0	12
<i>Gyrus sylvius</i>	0	1	6	7



Der *Bulbus olfactorius* konnte nur mit den Zugängen nach Glass und nach Kostolich/Dulisch erreicht werden. Mit dem Zugang nach Glass erreichte man im Durchschnitt 33,8 % des *Bulbus olfactorius* mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch im Durchschnitt 46,47 %. Alle Ergebnisse befinden sich in Tabelle 19.

Es wurde ein T- Test durchgeführt, um die Mittelwerte der erreichten Bulbusfläche nach Glass und nach Kostolich/Dulisch miteinander zu vergleichen. Der errechnete P-Wert liegt bei 0.034.

Tabelle 19: Zugänglichkeit zum *Bulbus olfactorius*

	N	Minimum (mm <sup>2</sup> )	Maximum (mm <sup>2</sup> )	Standardabweichung (mm <sup>2</sup> )	Mittelwert (mm <sup>2</sup> )	Sichtbarkeit %
Gesamtfläche <i>Bulbus olfactorius</i>	5	133.62	348.83	91.18	293.79	100
Glass (2000)	5	87.33	112.17	10.37	99.30	33.80
Kostolich (1987)	5	87.50	171.41	35.26	136.51	46.47

In Tabelle 20 wurden die Ergebnisse im Vergleich zwischen mesozephalen und brachzephalen Katzen aufgelistet.

Tabelle 20: Zugänglichkeit zum *Bulbus olfactorius* unterteilt in mesozephal und brachzephal Katzen

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>mesozephal</b>	Gesamtfläche <i>Bulbus olfactorius</i>	3	134	345	271.7	119.7
	Glass	3	87	112	96.8	13.5
	Kostolich	3	87	171	125.2	42.6
<b>brachycephal</b>	Gesamtfläche <i>Bulbus olfactorius</i>	2	305	349	326.9	31
	Glass	2	100	106	103.1	4.4
	Kostolich	2	139	167	153.4	19.8

### 3.5 Zugang zum Frontallappen

Mit dem Zugang von Glass wurde bei jeder der sechs Katzen der *Lobus frontalis* getroffen, im Durchschnitt erreicht man 69,30 % des Frontallappens mit dem Zugang nach Glass.

Auch mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch wurde bei jedem der sechs Katzen der *Lobus frontalis* getroffen, im Durchschnitt trifft man mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch 42,43 % des Frontallappens.

Mit dem Zugang nach de Wet wurde der Frontallappen auf der linken Gehirnhälfte nur drei Mal getroffen, auf der rechten Gehirnhälfte vier Mal. Dabei wurden jeweils nur 16,94 % des *Lobus frontalis* an der linken Gehirnhälfte und 7,99 % an der rechten Gehirnhälfte getroffen. (s. Tabelle 21)

Da der Zugang nach de Wet bei der Erreichbarkeit des Frontallappens weit abgeschlagen ist, wurden im Folgenden nur der Zugang nach Glass und der Zugang nach Kostolich/Dulisch mit einem T- Test verglichen. Der errechnete P- Wert liegt bei 0.022.

Tabelle 21: Erreichbarkeit des Frontallappens durch die verschiedenen Zugänge

	N	Minimum (mm <sup>2</sup> )	Maximum (mm <sup>2</sup> )	Standardabweichung (mm <sup>2</sup> )	Mittelwert (mm <sup>2</sup> )	Sichtbarkeit %
Gesamtfläche Lobus frontalis	6	251.41	357.22	39.12	296.38	100.00
Glass (2000)	6	113	253.07	51.58	206.24	69.30
Kostolich (1987)	6	90.78	157.95	21.87	124.64	42.43
de Wet (links) (1982)	3	4.11	44.38	21.39	28.41	16.94
de Wet (rechts) (1982)	4	3.14	25.9	10.90	13.04	7.99

Tabelle 22 zeigt die Unterschiede zwischen den mesozephalen und brachyzephalen Katzen.

Tabelle 22: Erreichbarkeit des Frontallappens unterteilt nach mesozephalem und brachyzephalen Typ

		N	Minimum (mm <sup>2</sup> )	Maximum (mm <sup>2</sup> )	Standardabweichung (mm <sup>2</sup> )	Mittelwert (mm <sup>2</sup> )
<b>mesozephal</b>	Gesamtfläche Lobus frontalis	4	251.41	357.22	46.43	304.37
	Glass (2000)	4	113.00	250.61	57.26	190.42
	Kostolich (1987)	4	90.78	157.95	27.75	127.23
<b>brachyzephal</b>	Gesamtfläche Lobus frontalis	2	266.12	294.51	20.07	280.32
	Glass (2000)	2	222.70	253.07	21.47	237.89
	Kostolich (1987)	2	119.11	119.83	0.51	119.47

#### 4 Diskussion

Aufgrund aktueller Verfahren in der bildgebenden Diagnostik wie CT und MRT können Neoplasien im Gehirn von Katzen immer besser diagnostiziert und klassifiziert werden. Die operative Therapie stellt mittlerweile einen wichtigen Bestandteil in der Behandlung von Gehirntumoren dar. Bei Hunden wurden bereits einige Studien für den operativen Zugang zum Gehirn durchgeführt. Für die operative Therapie bei Katzen gibt es derzeit noch wenig erprobte Zugänge.

Bei der Betrachtung der Messwerte des kranialen Index kann ein geringer Unterschied zwischen den Schädeltypen mesozephal und brachyzephal erkannt werden. Es konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Schädeltypen gemessen werden, welcher eine eindeutige Einteilung in die zwei Gruppen mesozephal und brachyzephal rechtfertigen würde. Da für diese Arbeit nur zwei brachyzephe Katzen zur Verfügung standen, konnten in weiterer Folge keine statistisch aussagekräftigen Tests zwischen mesozephalen und brachyzephalen Katzen durchgeführt werden, deshalb wurde dieser Vergleich in weiterer Folge nur deskriptiv beschrieben.

Beim Vergleich der Kraniotomiefläche zwischen den Zugängen nach Glass und Kostolich/Dulisch ist deutlich zu erkennen, dass die Kraniotomiefläche beim Zugang nach Glass immer größer ist. Anhand der Ergebnisse konnte jedoch keine Signifikanz nachgewiesen werden ( $p=0,063$ ). Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einem größeren Stichprobenumfang, die Ergebnisse in Richtung Signifikanz gehen würden.

Die Hypothese, dass der Zugang nach Glass eine bessere Übersicht bietet und den größtmöglichen Zugang zum *Bulbus olfactorius* bietet, kann in dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass der Zugang nach Kostolich/Dulisch einen besseren Zugang zum *Bulbus olfactorius* bietet als der Zugang nach Glass. Der errechnete P-Wert liegt bei 0.034 und ist somit signifikant. Die Überprüfung der Zugänglichkeit zum *Bulbus olfactorius* stellte sich jedoch als Herausforderung dar. Die virtuelle Freilegung des *Bulbus olfactorius* mittels Amira durchzuführen erwies sich als schwierig, da dieser fest mit dem Siebbein verwachsen ist. Darunter könnte die Präzision der Extraktion gelitten haben. Aufgrund des Freistellungsprozesses des Gehirns war es nicht möglich, einen paarigen Riechkolben zu erhalten, da sie miteinander verbunden waren. Dies könnte dazu geführt haben, dass die Fläche

des Riechkolbens nicht wahrheitsgetreu ist. Katze 1 wurde aus den Messungen des *Bulbus olfactorius* ausgeschlossen, da die Freilegung bei dieser Katze nicht möglich war. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass man den besten Zugang zum *Bulbus olfactorius* über den Zugang nach Kostolich/Dulisch erhält. Mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch erhält man Zugang zu durchschnittlich 46,74 % des *Bulbus olfactorius*, mit dem Zugang nach Glass im Mittel nur 33,80 %. Des Weiteren kann man erkennen, dass es keinen großen Unterschied zwischen mesozephalen und brachycephalen Katzen gibt. Bei mesozephalen Katzen gelangt man mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch zu 46,09 % und bei brachycephalen Katzen zu 46,93 % an den *Bulbus olfactorius*. Beim Zugang nach Glass erhält man lediglich zu 35,61 % bei mesozephalen Katzen und 31,55 % bei brachycephalen Katzen Zugang zum *Bulbus olfactorius*.

Die Hypothese, dass man mit dem Zugang nach de Wet, einen Zugang zum *Bulbus olfactorius* und zu den kaudalen Anteilen des *Lobus frontalis* erhält, wurde in dieser Arbeit widerlegt. Bei allen sechs Katzen wurde mit dem Zugang nach de Wet der Frontallappen nur jeweils drei Mal an der linken Gehirnhälfte und vier Mal an der rechten Gehirnhälfte getroffen. Wurde der Frontallappen getroffen konnten durchschnittlich nur 16,94 % des Frontallappens an der linken Gehirnhälfte und 7,99 % des Frontallappens an der rechten Gehirnhälfte freigelegt werden. Somit ist der Zugang nach de Wet nicht geeignet für die Erreichbarkeit des Frontallappens.

In der Fragestellung welcher Zugang eine bessere Übersicht über den Frontallappen bietet wurde somit nur noch der Zugang nach Glass mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch verglichen. Der errechnete P- Wert ( $p=0,022$ ) beweist, dass der Zugang nach Glass eine signifikant bessere Erreichbarkeit des Frontallappens ermöglicht.

Eine weitere Schwierigkeit bei dieser Arbeit stellte das Setzen der Bohrlöcher dar. Einige Katzen wiesen anatomische Besonderheiten auf, welche das Setzen der „landmarks“ an immer dieselbe Stelle erschwerte. Bei einigen Katzen war das *Ligamentum orbitale* zwischen dem *Processus zygomaticus* des *Os frontale* und dem *Processus zygomaticus* des *Os temporale* verknöchert. Das Setzen des dritten und vierten Bohrloches beim Zugang nach Glass und des ersten und zweiten Bohrloches beim Zugang nach Kostolich/Dulisch erwiesen sich als schwierig.

Die Voxelgröße und die Auflösung der CT- und MRT- Scans unterschieden sich zum Teil deutlich, was zu einer teilweise schlechteren Hirnoberfläche bei der Extraktion geführt haben könnte. Außerdem litt die Fähigkeit, Gyri zu differenzieren, unter einer geringeren Auflösung. Das für die MRT-Scans verwendete Kontrastmittel könnte ebenfalls einen negativen Einfluss gehabt haben.

Diese Arbeit bietet einen ersten Überblick darüber, wie viel man von welchen Strukturen mit den unterschiedlichen Zugängen erreichen kann. Da sich die Zugänge nach Glass und Kostolich/Dulisch sehr von dem Zugang nach de Wet unterschieden, war der Vergleich aller drei Zugänge miteinander sehr schwer. Im Laufe der Arbeit wurden folglich nur noch der Zugang nach Glass mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch verglichen. Ein weiterer großer Nachteil bei dieser Arbeit war, dass die Gruppe der brachyzephalen Katzen nur aus zwei Tieren bestand und sich somit eine statistische Vergleichbarkeit von brachyzephalen und mesozephalen Katzen als unmöglich herausstellte. Der Vergleich von brachyzephalen und mesozephalen Katzen konnte nur deskriptiv veranschaulicht werden.

## 5 Zusammenfassung

Für diese Diplomarbeit wurden Schädel CTs und MRTs von vier mesozephalen und zwei brachycephalen Katzen verwendet, die von der Abteilung für Bildgebende Diagnostik der Veterinärmedizinischen Universität Wien, zur Verfügung gestellt wurden. Drei unterschiedliche, bereits bei Hunden beschriebene transfrontale Kraniotomiezugänge, wurden virtuell untersucht: Der Zugang von Glass et al. (2000), von Kostolich/Dulisch (1987) und von de Wet et al. (1982). Die Verarbeitung der CT- und MRT-Bilder erfolgte mithilfe der Software Amira.

Die Modelle wurden einheitlich ausgerichtet, um für die weiteren Arbeitsschritte vergleichbar zu sein. Auf den Schädelmodellen wurden Markierungen gesetzt, um die Schädel einheitlich vermessen zu können. Das Gehirn wurde aus den MRT Bildern extrahiert und die Auflösung digital erhöht. Auf den Gehirnen wurden weiter die Gyri eingezeichnet und farblich markiert.

Danach wurden die drei Zugänge virtuell an allen Schädeln simuliert und die Kraniotomieflächen sowie die freigelegte Fläche des Gehirns und der Gyri ausgemessen. Weiterführend wurden die drei Zugänge miteinander verglichen und statistisch ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigen, dass man mit dem Zugang nach Glass die größte Kraniotomiefläche erzielt. Der Zugang nach Glass bietet ebenfalls die beste Übersicht über den Frontallappen. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass der Zugang zum *Bulbus olfactorius* am besten mit dem Zugang nach Kostolich/Dulisch gelingt. Mit dem Zugang nach de Wet bekommt man keinen Zugang zum *Bulbus olfactorius* oder den kranialen Gyri am Gehirn. Außerdem gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen mesozephalen und brachycephalen Katzenrassen.

Der Vergleich aller drei Zugänge miteinander war sehr schwer, da sich der Zugang nach de Wet sehr von den anderen unterscheidet. Ein weiterer großer Nachteil war, dass die Gruppe der brachycephalen Katzen nur aus zwei Tieren bestand und sich somit eine statistische Vergleichbarkeit von brachycephalen und mesozephalen Katzen als unmöglich herausstellte.

## 6 Summary

For this diploma thesis, skull CTs and MRIs of four mesocephalic and two brachycephalic cats were used, which were provided by the Department of Diagnostic Imaging of the University of Veterinary Medicine Vienna. Three different transfrontal craniotomy approaches, already described in dogs, were examined virtually: The approach of Glass et al. (2000), of Kostolich/Dulisch (1987) and of de Wet et al. (1982). The CT and MRI images were processed using Amira software.

The models were aligned uniformly in order to be comparable for the further work steps. Markings were placed on the skull models in order to be able to measure the skulls uniformly. The brain was extracted from the MRI images and the resolution was digitally increased. The gyri were further marked on the brains and colour coded.

Afterwards, the three approaches were virtually simulated on all skulls and the craniotomy areas as well as the exposed area of the brain and the gyri were measured. The three approaches were then compared with each other and statistically evaluated.

The results show that the largest craniotomy area is obtained with the Glass approach. The Glass approach also offers the best overview of the frontal lobe. They also show that the best approach to the olfactory bulb is the Kostolich/Dulisch approach. The de Wet approach does not provide access to the olfactory bulb or the cranial gyri on the brain. Furthermore, there are no significant differences between mesocephalic and brachycephalic cat breeds.

Comparing all three approaches with each other was very difficult, as the de Wet approach is very different from the others. Another big disadvantage was that the group of brachycephalic cats consisted of only two animals and thus a statistical comparability of brachycephalic and mesocephalic cats turned out to be impossible.

## 7 Anhang

### 7.1 Detaillierte Beschreibung der Amira Arbeitsschritte:

#### 7.1.1 Importieren und speichern der CT und MRT Sequenzen

Zunächst wurden alle Bilddateien in die Software „Amira“ importiert und nach den unterschiedlichen Katzenschädeln abgespeichert. Als Erstes wurden die nicht brauchbaren Bilddateien (z.B. nicht der gesamte Katzenschädel wurde gescannt) herausgefiltert und aus der Software entfernt. Von insgesamt 47 Katzenschädeln konnten am Ende nur sechs weiterverarbeitet werden. Um eine konkrete Übersicht zu erlangen wurden folgende Speichernamen gewählt:

- CT:            „*Tiername\_CT.am*“
- MRT:           „*Tiername\_T2\_TSE\_SPACE*“ oder  
                  „*Tiername\_T1\_GRE\_TurboFlash\_WE*“

#### 7.1.2 Orientierung am globalen Koordinatensystem

Zur Orientierung am globalen Koordinatensystem wurde die Ansicht im 3D Viewer auf „ViewXZ“ und „Orthographic“ gesetzt und der CT Stapel mit dem Tool „Isosurface“ dargestellt. Der untere Schwellenwert wurde auf 134 geändert.

Anschließend wurde mittels des „Transform Editor“ der Schädel durch Rotation und Translation so ausgerichtet, dass sich *Prosthion* und *Meatus acusticus externus* in der XZ-Ansicht, horizontal auf einer Linie befinden. Zur Überprüfung der korrekten Ausrichtung des Schädels in der XY- und YZ-Ansicht wurden die „Scalebars“ benutzt.

Mithilfe von „Dialog“ wurde die Korrektheit der Skalierung nochmals geprüft. Der Skalierungsfaktor musste immer 1 sein.

Abschließend wurde die Datei neu abgespeichert.

#### 7.1.3 Erstellen der Schädel- Landmarks

In diesem Schritt wurden 27 festgelegte Landmarks in einer bestimmten Reihenfolge mithilfe des Isosurface Tools auf den Schädel gesetzt.





Abbildung 24: Schädel-Landmarks frontal/ okzipital

(Quelle: Hödlmoser, 2021)

In Abbildung 24 sind folgende Landmarks grafisch dargestellt:

- 1: *Prosthion*
- 2: vorderste Grenze der Naht zwischen den beiden *Os nasale*
- 5: *Protuberantia occipitalis externa*

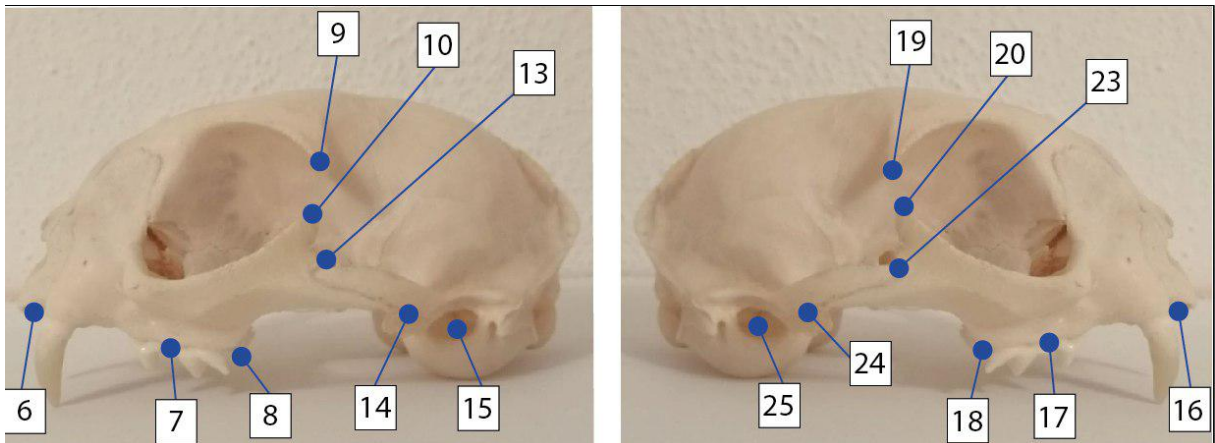


Abbildung 25: Schädel-Landmarks lateral

(Quelle: Hödlmoser, 2021)

Abbildung 25 zeigt die Landmarks:

- 6: rostralster Punkt an der Basis des Caninus am *Os maxillare* (links)
- 7: Mittelpunkt zwischen P3, P4 und *Os maxillare* (links)

- 8: hintere Grenze der Alveole des P4 (links)
- 9: Spitze des *Processus zygomaticus* des *Os frontale* (links)
- 10: Spitze des *Processus zygomaticus* des *Os zygomaticum* (links)
- 13: dorsaler Teil der am *Arcus zygomaticus* (links)
- 14: ventraler Teil der temporal-zygomatischen Suture am *Arcus zygomaticus* (links)
- 15: *Porus acusticus externus* (Mittelpunkt; links)
- 16: rostralster Punkt an der Basis des Caninus am *Os maxillare* (rechts)
- 17: Mittelpunkt zwischen P3, P4 und *Os maxillare* (rechts)
- 18: hintere Grenze der Alveole des P4 (rechts)
- 19: Spitze des *Processus zygomaticus* des *Os frontale* (rechts)
- 20: Spitze des *Processus zygomaticus* des *Os zygomaticum* (rechts)
- 23: dorsaler Teil der temporal-zygomatischen Suture am *Arcus zygomaticus* (rechts)
- 24: ventraler Teil der temporal-zygomatischen Suture am *Arcus zygomaticus* (rechts)
- 25: *Porus acusticus externus* (Mittelpunkt; rechts)

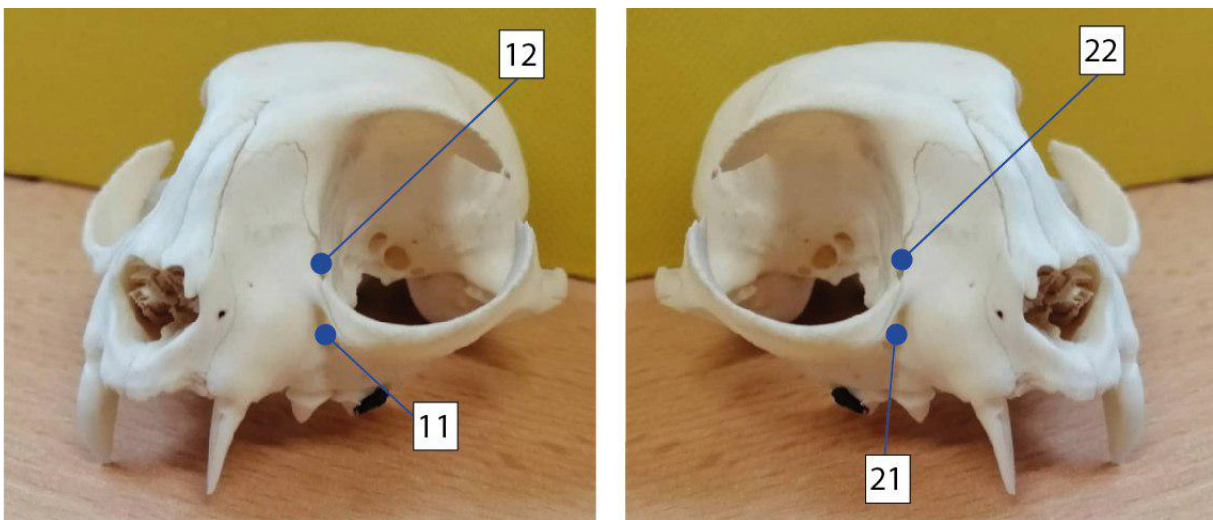


Abbildung 26: Schädel-Landmarks lateral von vorne

(Quelle: Hödlmoser, 2021)

In Abbildung 26 sind folgende Landmarks dargestellt:

- 11: *Foramen infraorbitale* (links)
- 12: *Fossa sacri lacrimalis* (links)

- 21: *Foramen infraorbitale* (rechts)
- 22: *Fossa sacri lacrimalis* (rechts)

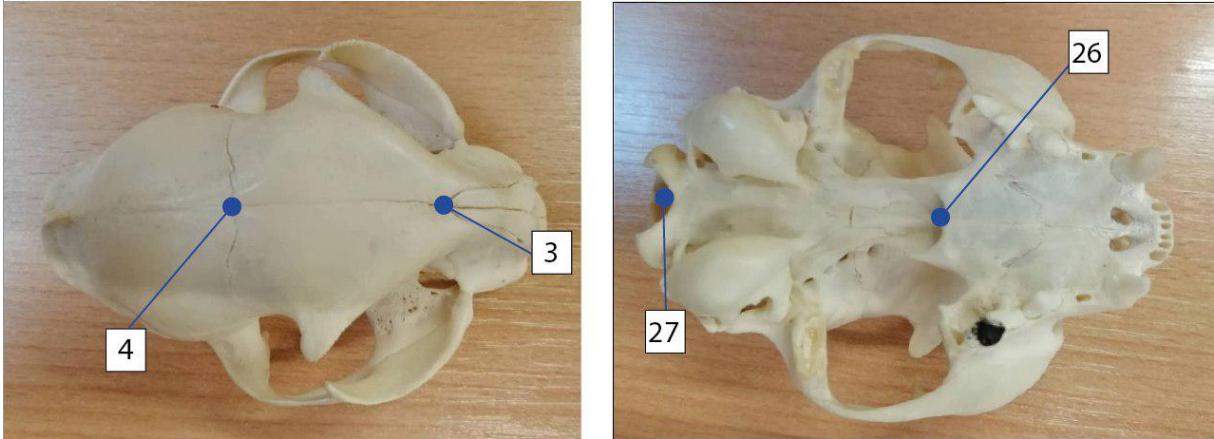


Abbildung 27: Schädel - Landmarks dorsal / ventral

(Quelle: Hödlmoser, 2021)

In Abbildung 27 sind folgende Landmarks grafisch dargestellt:

- 3: *Nasion* (Schnittpunkt des Os nasale und des Os frontale)
- 4: *Bregma* (Schnittpunkt der frontoparietalen Naht)
- 26: *Basion*
- 27: *Lamina perpendicularis ossis palatini*

Nachdem die 27 Landmarks markiert wurden, wurde die Datei unter dem Dateinamen: „Name\_morphometric\_landmarks\_landmarkAscii“ abgespeichert.

#### 7.1.4 Messungen für den kranialen Index

Um die Messung des kranialen Index durchzuführen muss eine Scalebar erstellt werden und der Schädel so orientiert werden, dass die gewünschten Distanzen abgelesen werden können.

Folgende Strecken wurden gemessen: (Onar, 1999)

Tabelle 23: Messungen für den kranialen Index

Maß	Landmarks	Ansicht
Gesichtslänge	<i>Nasion zu Prosthion</i>	dorsal
Gesichtsbreite	weitester Abstand zwischen den <i>Processi zygomaticus</i>	dorsal
Länge Schädelhöhle	<i>Inion zu Nasion</i>	dorsal
Breite Schädelhöhle	weitester interparietaler Abstand	dorsal
Höhe Schädelhöhle	Mitte des <i>Meatus acusticus externum</i> bis zum <i>Bregma</i>	lateral
gesamte Schädellänge	<i>Inion zu Prosthion</i>	dorsal
Länge der Schädelbasis	<i>Basion zu Prosthion</i>	ventral

### 7.1.5 Registrierung der CT- und MRT-Daten

Für die weiteren Schritte mussten die CT- und MRT-Scans überlappt werden. Hierfür wurde das Tool „Volren“ genutzt, um die beide Bilddateien zu visualisieren. Für die genaue Zuordnung der Bilder wurden diese farblich eingefärbt oder mit einem Transparent hinterlegt. Nun wurden die MRT-Dateien grob nach den CT-Bildern ausgerichtet und die Ausrichtung wurde in allen drei Ansichtsebenen (XY, XZ, YZ) überprüft.

Mittels des Moduls „Register Images“ wurden die Dateien verknüpft und registriert. Anschließend wurde die Qualität der Registrierung überprüft, indem die beiden „Volren-Module“ transpariert wurden. Im nächsten Schritt wurde noch ein „Colorwash“ generiert. Abschließend fand nochmals eine Überprüfung der Qualität mit dem Tool „Orthoslice“ statt. Besonders wichtig, war die Überprüfung der Übereinstimmung von Schädelknochen und Hirnkontur.

### 7.1.6 Segmentieren und Freistellen des Gehirns

Um das Gehirn freistellen zu können wurde zuerst mit den importierten MRT-Bildern ein „Labelfield“ generiert. Dadurch wechselte Amira automatisch in die Registerkarte

„Segmentation“. Mithilfe des „Threshold“-Tools wurden die Schwellenwerte für den Hintergrund von -114 bis 175 festgelegt. Anschließend konnte das Gehirn selektiert werden. Etwaige Verbindungen zwischen Gehirn und umliegenden Weichteilstrukturen wurden manuell mit einem Pinselwerkzeug entfernt. Anschließend wurden etwaige Löcher im Gehirn mit der Option „Fill holes“ gefüllt und die Kontur des Gehirns wurde um ein Voxel ausgedehnt. Zuletzt wurde das „Labelfield“ unter dem Namen „*Tiername\_MRT\_Info\_labels.am*“ gespeichert.

#### 7.1.7 Freistellen des Gehirns und Erhöhung der MR- Bildauflösung

Im nächsten Schritt wurde mithilfe des „Arithmetic“- Moduls das Bildvolumen neu generiert, sodass nur noch das Gehirn, welches man mithilfe eines „Volren“ Tools visualisieren konnte, enthalten war. Um anschließend die Voxeldichte mithilfe des Werkzeugs „Resample“ künstlich zu erhöhen wurde zunächst mit dem „Crop Editor“ das Bildvolumen genau auf die Größe des Gehirns zugeschnitten. Die Voxelgröße wurde auf 0,2 festgelegt.

Das neu generierte Bildvolumen wurde gespeichert unter dem Namen „*Name\_MRI-Sequence\_brain\_resampled.am*“. Die Datei „Results“ wurde unter dem Namen: „*Name\_MRI-Sequence\_brain.am*“ gespeichert.

#### 7.1.8 Erstellen der Hirnoberfläche

In diesem Schritt wurde an der Datei „*Name\_MRI-Sequence\_brain\_resampled.am*“ ein neues „Labelfield“ generiert. Anschließend wurde die Hirnkontur geglättet und das „Labelfield“ unter dem Namen „*Name\_MRI-Sequence\_brain\_resampled.label\_brain-contour.am*“ neu abgespeichert.

Mit dieser Datei wurde eine neue Oberfläche generiert, welche auf 300.000 Flächen reduziert wurde. Diese vereinfachte Oberfläche wurde unter dem Namen „*Name\_brain.surf*“ gespeichert. Beim Speichern wurde das Format „HxSurface-binary(\*.surf)“ gewählt.

#### 7.1.9 Messung der Oberflächen von Cortex sowie der einzelnen Gyri

Mit folgenden zwei Dateien wurde im nächsten Schritt weitergearbeitet.

- „*Tiername\_brain.surf*“
- „*Tiername\_MRT-Sequenzname\_brain\_resampled.am*“

In diesem Schritt wurden die beiden Gehirnhälften einzeln selektiert und gespeichert. Mit dem „Surface Editor“ wurde zuerst die rechte Gehirnhälfte, anschließend die linke Gehirnhälfte abgegrenzt. Die neuen Oberflächen wurden unter dem Namen „*Tiername\_brain\_left.surf*“ und „*Tiername\_brain\_right.surf*“ gespeichert. Beim Speichern wurde wieder darauf geachtet, dass das Format „HxSurface binary \*.surf“ verwendet wurde.

Weiteres wurde die Fläche der beiden Cortexhälften gemessen und die einzelnen Gyri eingezeichnet. Die Gyri wurden dabei in einer zuvor festgelegten Reihenfolge eingezeichnet, die Sulci dienten als „Abstandhalter“ zwischen den Gyri. Wichtig dabei war es, dass es zu keinen Überschneidungen zwischen den Gyri kommt. Tabelle 24 zeigt die Reihenfolge der Gyri und die Farben, mit denen die Gyri eingezeichnet wurden.

Tabelle 24: Reihenfolge der Gyri sowie die verwendeten Farben

Gyrus	Farbe
Gyrus marginalis	Dunkelgelb
Gyrus ectomarginalis	Hellgrün
Gyrus ectosylvius	Rosa
Gyrus occipitalis	Türkis
Gyrus postcruciatu	Hellblau
Gyrus praecruciatu	Grün
Gyrus proreus	Rot
Gyrus intersylvius	Lila
Gyrus sylvius	Gelb
Gyrus compositus rostralis	Dunkelblau
Gyrus compositus caudalis	Orange



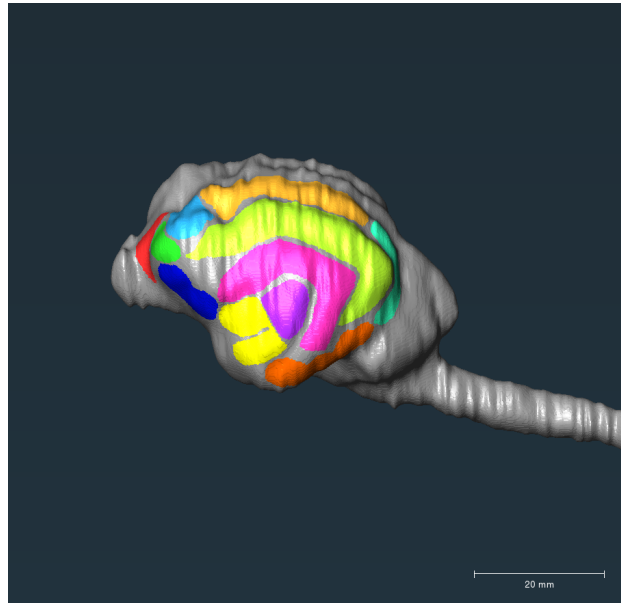


Abbildung 28: Eingezeichnete Gyri auf Gehirn

Nachdem alle Gyri auf der linken Gehirnhälfte eingezeichnet markiert waren, wurden die Flächen der Gyri gemessen. Dazu wurde eine Auswertungsdatei generiert und dieses unter dem Namen „*Tiername\_brain\_left\_gyri.statistics.am*“ gespeichert. Die gleichen Schritte wurden anschließend für die rechte Gehirnhälfte wiederholt.

Für den *Bulbus olfactorius* wurde ebenfalls eine separate Oberfläche nach den oben genannten Schritten erstellt und diese unter dem Namen „*Tiername\_olfactorybulb.surf*“ gespeichert.

#### 7.1.10 Generierung des Schädelknochen- Modells sowie Messung der Kraniotomie- Fläche

Zunächst wird für das CT Volumen eine neue Surface erstellt und diese unter „*Tiername\_CT\_skull.surf*“ gespeichert. Jetzt können die Bohrlöcher für die verschiedenen Zugänge gesetzt werden. Dazu muss ein „Set Landmarks“ generiert werden und die Bohrlöcher werden in einer bestimmten Reihenfolge gesetzt.

Für den Zugang nach Glass et al. (2000) wurden die in Tabelle 25 aufgelisteten Landmarks gesetzt, wie Abbildung 29 zeigt:

Tabelle 25: Bohrlöcher für den Zugang nach Glass et al. (2000)

1	<i>Bregma</i>
2	<i>Nasion</i>
3	<i>Processus zygomaticus</i> des <i>Os frontale</i> rechts
4	<i>Processus zygomaticus</i> des <i>Os frontale</i> links

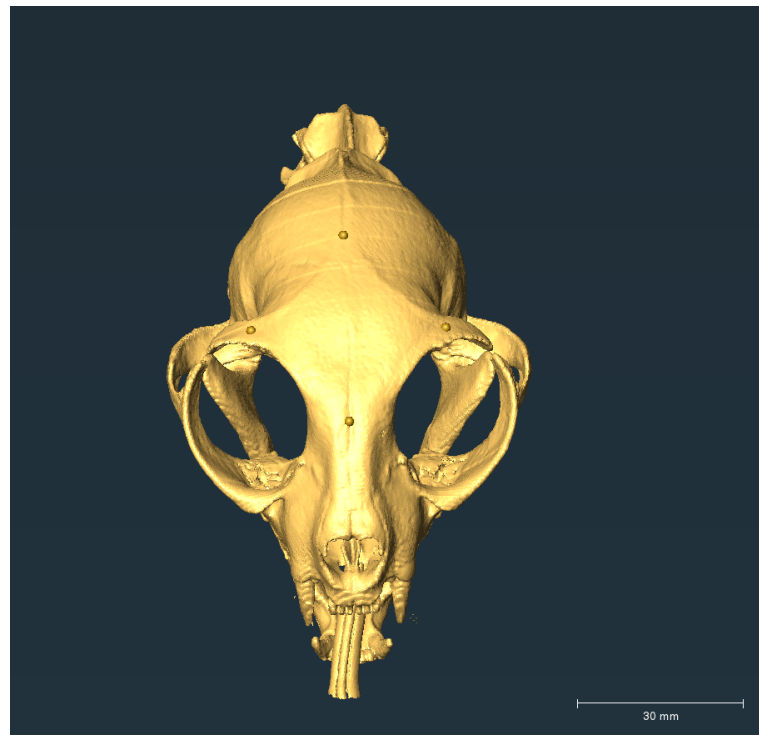


Abbildung 29: Bohrlöcher beim Zugang nach Glass et al. (2000)

Tabelle 26 und Abbildung 30 zeigt die Bohrlöcher für den Zugang von Kostolich/Dulisch (1987).

Tabelle 26: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987)

1	rechts kaudal: Linie zwischen linker und rechter Spitze des <i>Processus. zygomaticus</i> 18 mm rechts von der Mediannaht
2	links kaudal: Linie zwischen linker und rechter Spitze des <i>Processus zygomaticus</i> 18 mm links von der Mediannaht
3	rechts kranial: Linie zwischen beiden medialen Augenkantus an der Kreuzung mit der nasalen Suture parallel zur ersten Linie
4	links kranial: (gleiche wie rechts kranial gespiegelt)



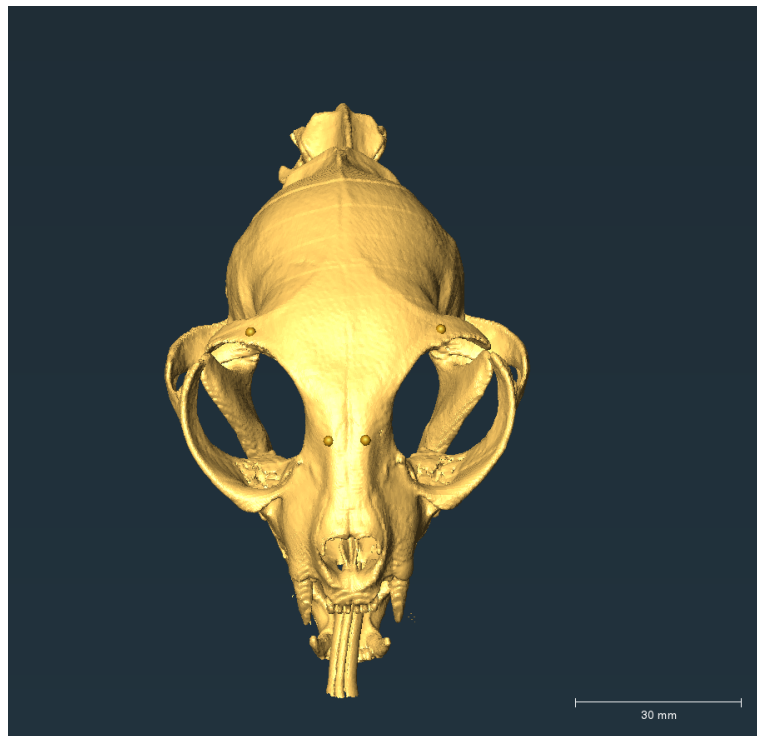


Abbildung 30: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987)

Die Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet sind in Tabelle 27 aufgeführt und in Abbildung 31 veranschaulicht.

Tabelle 27: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982)

1	Basis des <i>Processus zygomaticus</i> des <i>Os frontale</i>
2	auf Höhe des <i>Articulatio temporomandibularis</i>
3	10 mm hinter Ende des <i>Sinus Frontalis</i> 5 mm paramedian
4	8 mm paramedian von <i>Bregma</i>

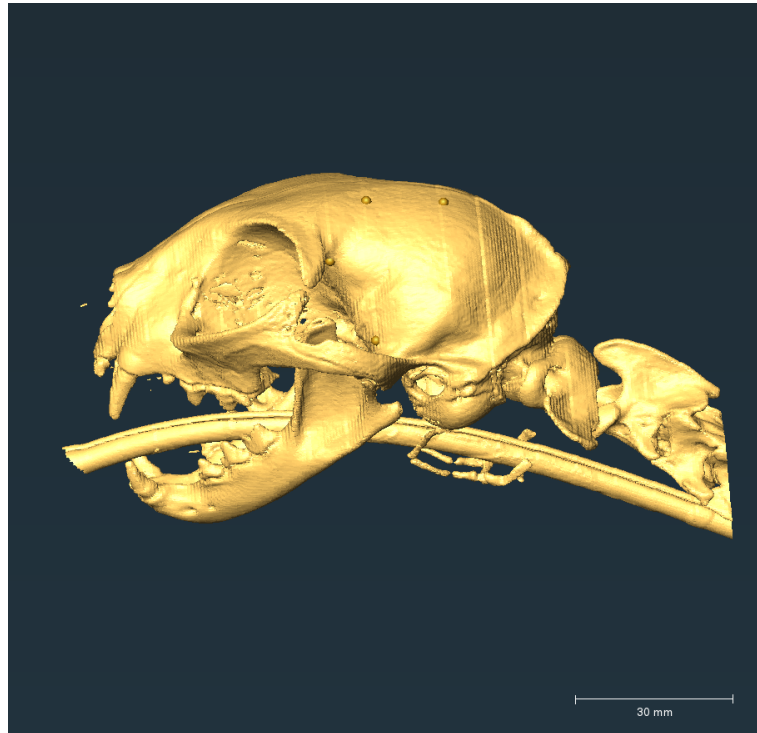


Abbildung 31: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982)

Nach dem Einzeichnen der Bohrlöcher wurden die einzelnen „Landmarks“ unter „*Tiername\_CT\_drillholes\_Zugang.landmark.Ascii*“ gespeichert. Anschließend wurde die Größe der Landmarks auf 0,5 angepasst und mithilfe des „Surface Editors“ und dem Werkzeug „Draw contour to highlight faces“ wurden die Bohrlöcher verbunden und die gesamte Kraniotomiefläche markiert. Dabei war zu beachten, dass die Funktion „visible triangles only“ aktiviert war. Das markierte Fenster wurde anschließend zu einer neuen „Boundary ID“ zugeordnet und die Oberfläche unter dem Namen „*Tiername\_CT\_skull\_craniotomy\_Zugang.surf*“ gespeichert. Beim Speichern wurde wieder darauf geachtet, dass das Format „HxSurface binary“ verwendet wurde. Nun konnte mithilfe des „Surface Area Volume“ Tools die Fläche des Kraniotomie-Fensters gemessen werden und die dabei generierte Auswertungstabelle wurde unter dem vorgeschlagenen Namen gespeichert.

Die einzelnen Schritte wurden jeweils für den Zugang nach Glass, den Zugang nach Kostolich /Dulisch und den Zugang nach de Wet für die jeweils rechte und linke Gehirnhälfte wiederholt.

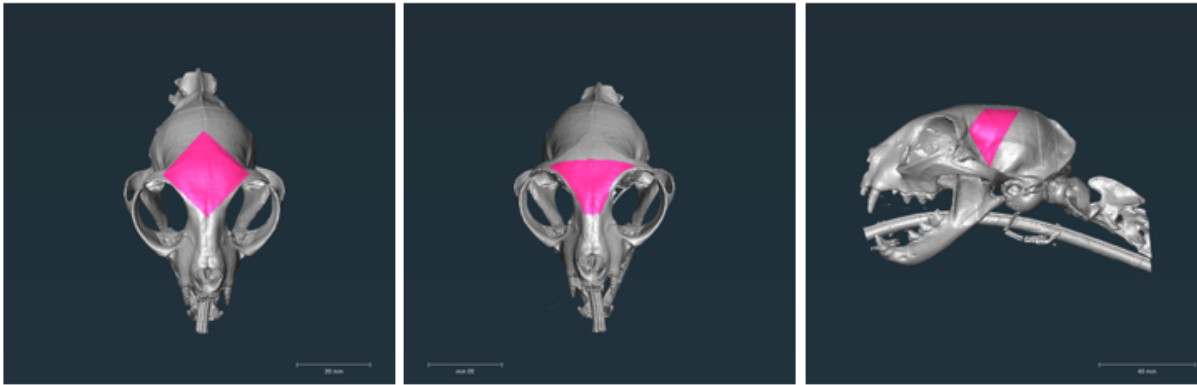


Abbildung 32 - Katzenschädel mit unterschiedlich eingezeichneten Zugängen (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet (1982))

#### 7.1.11 Schneiden des Kraniotomiefensters

Zum Schneiden des Kraniotomiefensters muss die Oberfläche „*Tiername\_CT\_skull.surf*“ sowie das Landmark File „*Tiername\_CT\_drillholes\_Zugang.landmarks.Ascii*“ geöffnet werden. Jetzt wurden die Schritte wie in 7.1.10 beschrieben wiederholt, mit dem Unterschied, dass diesmal die Option „visible triangles only“ deaktiviert wurde, um auch die innere Knochenkante zu markieren. Falsch markierte Bereiche auf der gegenüberliegenden Seite des Schädels wurden mit der Taste „Strg“ und der gedrückten linken Maustaste wieder entfernt. Mit der Funktion „Delete highlighted faces“ wurde ein Fenster in den Schädel geschnitten. Die neue Oberfläche wurde unter dem Namen „*Tiername\_CT\_craniotomy\_window\_Zugang\_left.surf*“ gespeichert.

Die einzelnen Schritte wurden jeweils für den Zugang nach Glass, den Zugang nach Kostolich/Dulisch und den Zugang nach de Wet für die jeweils rechte und linke Gehirnhälfte wiederholt.

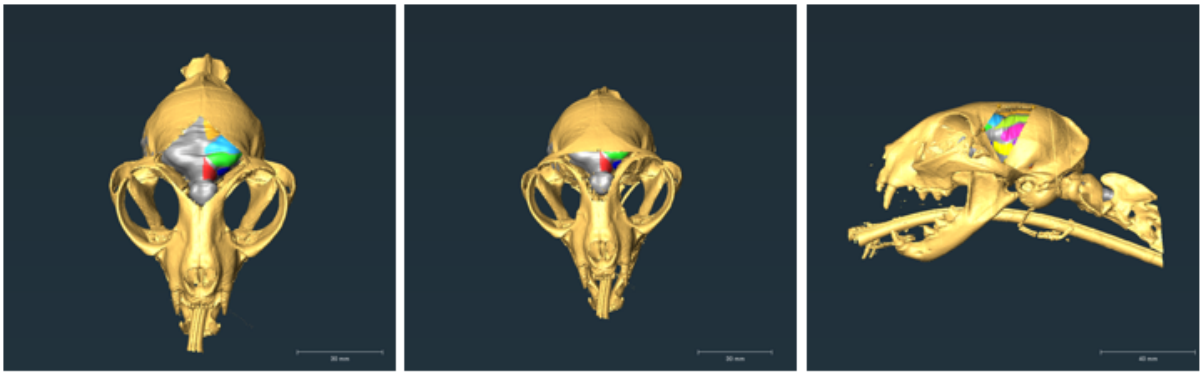


Abbildung 33 – Kraniotomiefenster (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet (1982))

#### 7.1.12 Messen der prozentuellen Gyriflächen in Kraniotomiefenster

Die Oberflächen „*Tiername\_CT\_skull\_craniotomy\_window\_Zugang\_left.surf*“ und „*Tiername\_brain\_left\_gyri.surf*“ wurden im „Surface View“ geöffnet. Im „Surface Editor“ mit dem Werkzeug „Draw contour to highlight faces“ kann nun das Kraniotomie Fenster auf der Gehirnoberfläche nachgezeichnet werden. Diesmal ist die Funktion „Visible triangles only“ wieder aktiviert. Die markierte Fläche hinter dem Fenster wird zu einer neuen „Boundary ID“ hinzugefügt, die neue Oberfläche unter dem Namen „*Tiername\_brain\_left\_gyri\_Window.surf*“ gespeichert und die Flächen mithilfe von „Surface Area Volume“ gemessen. Die generierte Auswertungstabelle wurde wieder unter vorgeschlagenen Namen gespeichert.

Alle Messwerte wurden in eine Excel Tabelle übertragen und mit den absoluten Gyriflächen verglichen.

Die einzelnen Schritte wurden jeweils für den Zugang nach Glass et al. (2000), den Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987) und den Zugang nach de Wet et al. (1982) für die jeweils rechte und linke Gehirnhälfte wiederholt. Zusätzlich wurden die einzelnen Schritte mit der Oberfläche „*Tiername\_olfactorybulb.surf*“ wiederholt. Abbildung 34 zeigt das Kraniotomiefenster nach Glass et al. (2000) mit dem darunter eingezeichneten *Bulbus olfactorius*.

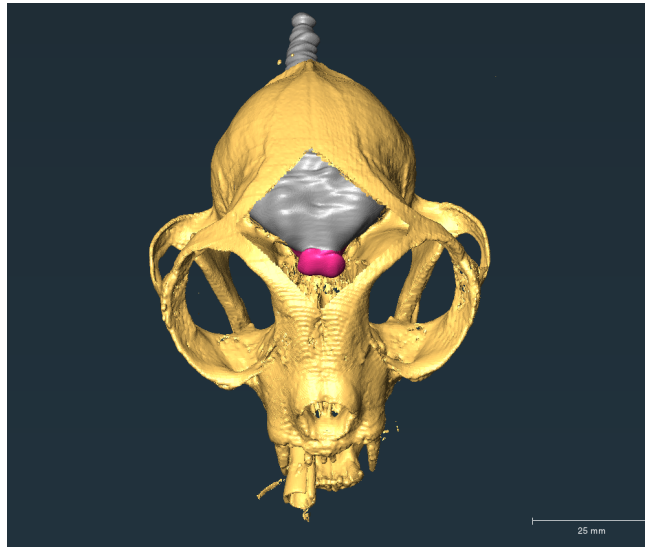


Abbildung 34 - Kraniotomiefenster nach Glass et al. (2000) mit darunter eingezeichnetem Bulbus olfactorius

## 7.2 Kranialer Index

Tabelle 28: Messungen kranialer Index

Messungen Cranial Index in mm									
	Gesichtslänge	Gesichtsbreite	Länge Schädelhöhle	Breite Schädelhöhle	Höhe Schädelhöhle	gesamte Schädellänge	Länge der Schädelbasis	Cranial Index	Cephalic Index
Katze 1	21.36	66.29	73.05	43.10	36.06	94.54	37.66	59.00	70.12
Katze 2	16.16	54.34	61.63	42.05	32.66	77.12	32.07	68.23	70.46
Katze 3	23.36	67.42	69.30	43.04	36.50	90.30	38.37	62.11	74.66
Katze 4	19.00	72.03	73.60	44.34	36.70	92.09	35.15	60.24	78.22
Katze 5	18.34	74.60	73.34	43.08	38.03	91.56	36.84	58.74	81.48
Katze 6	18.37	71.34	72.60	46.08	40.35	90.65	35.85	63.47	78.70

### 7.3 Kraniotomiefläche

Tabelle 29: Kraniotomiefläche, in  $\text{mm}^2$  sowie Mittelwerte, Medianwerte und Varianzwerte unterteilt nach Schädeltyp und kranialem Zugang

Katze	Schädeltyp	Kraniotomiefläche			
		Fläche in $\text{mm}^2$			
		Glass	Kostblich/Dulisch	de Wet (links)	de Wet (rechts)
Katze 1	mesozephal	561.92	678.45	392.15	416.01
Katze 2		504.60	355.87	374.94	371.76
Katze 3		751.37	455.10	355.84	350.91
Katze 4		766.40	620.22	450.40	453.65
Katze 5	brachyzephal	854.50	551.90	415.08	430.77
Katze 6		867.47	747.24	385.27	438.60
Mittelwert		717.71	568.13	395.61	410.28
<b>Mittelwert für jeden Schädeltyp</b>					
Katze 1	mesozephal	646.07	527.41	393.33	398.08
Katze 2					
Katze 3					
Katze 4					
Katze 5	brachyzephal	860.98	649.57	400.18	434.69
Katze 6					
<b>Medianwert für jeden Schädeltyp</b>					
Katze 1	mesozephal	656.64	537.66	383.54	393.88
Katze 2					
Katze 3					
Katze 4					
Katze 5	brachyzephal	860.98	649.57	400.18	434.69
Katze 6					
<b>Varianzwert für jeden Schädeltyp</b>					
Katze 1	mesozephal	17553.53	22027.29	1667.16	2109.00
Katze 2					
Katze 3					
Katze 4					
Katze 5	brachyzephal	84.12	19078.78	444.31	30.67
Katze 6					

## 7.4 Zugängliche Gyri für jede Katze

Tabelle 30: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 1

Katze 1	Gehirnfläche		Glass		Kostolich/Dulisch		de Wet	
	Fläche in mm <sup>2</sup>							
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
Gesamtfläche	11942.61		116.83		150.05		435.47	
undefiniert	5077.35	5102.44						
Cortex								
Gyrus marginalis	139.34	123.39	1.20	2.63			19.73	16.78
Gyrus ectomarginalis	195.13	165.31			0.84		71.50	61.58
Gyrus ectosylvius	147.37	145.12					60.79	60.71
Gyrus occipitalis	39.53	44.46						
Gyrus postcruciatius	47.33	50.66	23.90	29.73		8.97		4.92
Gyrus praecruciatius	44.45	30.65	30.03	19.33	43.76	30.65		
Gyrus proreus	39.15	39.17	6.86	3.16	32.84	17.10		
Gyrus intersylvius	44.69	46.82					24.94	16.89
Gyrus sylvius	46.38	111.14				0.46	27.56	63.31
Gyrus compositus rostralis	62.19	42.06			12.13	3.31	4.90	
Gyrus compositus caudalis	88.39	70.08					1.84	
Bulbus olfactorius								

Tabelle 31: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 2

Katze 2	Gehirnfläche		Glass		Kostolich/Dulisch		de Wet	
	Fläche in mm <sup>2</sup>							
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
Gesamtfläche	15703.81		301.97		210.62		471.53	
undefiniert	4293.39	4170.07						
Cortex	4889.84							
Gyrus marginalis	148.91	178.11	15.17	3.32			14.28	52.26
Gyrus ectomarginalis	214.83	229.93					93.20	99.27
Gyrus ectosylvius	157.75	171.50					65.31	69.44
Gyrus occipitalis	70.41	73.34						
Gyrus postcruciatius	49.19	75.28	28.99	44.44				
Gyrus praecruciatius	30.20	48.61	24.55	43.42	13.23	34.53		
Gyrus proreus	36.21	44.10	33.14	18.53	28.39	14.62		
Gyrus intersylvius	22.00	38.68					2.35	7.77
Gyrus sylvius	46.94	63.83					22.90	34.69
Gyrus compositus rostralis	67.60	61.32	3.07		2.87	0.17	6.75	3.23
Gyrus compositus caudalis	97.17	79.83						0.09
Bulbus olfactorius	344.76		87.33		116.80			

Tabelle 32: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 3

Katze 3	Gehirnfläche		Glass		Kostolich/Dulisch		de Wet	
	Fläche in mm <sup>2</sup>							
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
Gesamtfläche	18171.15		431.36		326.05		534.50	
undefiniert	4978.36	4953.10						
Cortex	5720.25							
Gyrus marginalis	158.03	132.90	17.18	34.55			46.40	20.43
Gyrus ectomarginalis	208.89	242.22					68.43	95.56
Gyrus ectosylvius	173.31	197.57					44.49	75.35
Gyrus occipitalis	73.99	78.78						
Gyrus postcruciatus	84.34	89.41	39.00	73.66			38.55	24.93
Gyrus praecruciatus	58.69	50.13	50.57	50.13	27.20	35.67	5.83	0.98
Gyrus proreus	35.61	39.04	20.57	16.67	30.20	33.80		
Gyrus intersylvius	55.18	39.60					0.28	10.40
Gyrus sylvius	95.86	100.00					38.11	51.33
Gyrus compositus rostralis	48.55	55.28	2.23	14.62	10.61	17.15	0.13	13.30
Gyrus compositus caudalis	86.23	79.03						
Bulbus olfactorius	336.80		112.17		171.41			

Tabelle 33: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 4

Katze 4	Gehirnfläche		Glass		Kostolich/Dulisch		de Wet	
	Fläche in mm <sup>2</sup>							
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
Gesamtfläche	17147.23		313.88		249.62		615.57	
undefiniert	4556.92	4617.92						
Cortex	5582.12							
Gyrus marginalis	198.10	170.82	8.82	9.30			42.99	40.54
Gyrus ectomarginalis	255.86	227.77			0.39		103.92	94.57
Gyrus ectosylvius	207.45	179.00					56.76	65.08
Gyrus occipitalis	55.34	62.94						
Gyrus postcruciatus	65.36	64.92	25.57	49.67		7.46	27.97	18.16
Gyrus praecruciatus	49.62	44.85	35.26	42.91	44.85	44.85	8.77	0.05
Gyrus proreus	46.32	54.40	15.28	36.30	28.24	32.56		
Gyrus intersylvius	59.07	66.14					5.06	21.76
Gyrus sylvius	108.48	87.47					55.02	51.06
Gyrus compositus rostralis	41.31	57.66			3.30	0.48	8.01	15.83
Gyrus compositus caudalis	71.92	81.86						
Bulbus olfactorius	133.62		90.77		87.50			



Tabelle 34: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 5

Katze 5	Gehirnfläche		Glass		Kostolich/Dulisch		de Wet	
	Fläche in mm <sup>2</sup>							
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
Gesamtfläche	19445.57		427.65		278.50		688.23	
undefiniert	5360.65	5318.18						
Cortex	6176.88							
Gyrus marginalis	160.66	166.96	19.30	16.11			44.57	37.43
Gyrus ectomarginalis	285.74	262.17					121.86	106.60
Gyrus ectosylvius	169.26	192.18					68.63	99.76
Gyrus occipitalis	65.97	45.53						
Gyrus postcruciatus	73.27	71.58	57.34	57.44				
Gyrus praecruciatus	41.11	31.19	41.11	31.19	30.00	28.87		
Gyrus proreus	33.87	43.49	25.51	40.49	23.61	36.63		
Gyrus intersylvius	51.54	66.42					2.65	46.11
Gyrus sylvius	78.36	97.92					45.54	86.31
Gyrus compositus rostralis	72.84	66.37	20.11	19.06		19.94	20.21	8.57
Gyrus compositus caudalis	88.59	119.85						
Bulbus olfactorius	304.97		99.99		139.45			

Tabelle 35: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 6

Katze 6	Gehirnfläche		Glass		Kostolich/Dulisch		de Wet	
	Fläche in mm <sup>2</sup>							
	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH	linke GH	rechte GH
Gesamtfläche	18163.57		384.07		290.79		494.21	
undefiniert	4973.62	4901.80						
Cortex	5705.69							
Gyrus marginalis	166.03	167.07	8.50	11.28			62.35	56.83
Gyrus ectomarginalis	290.00	274.67		3.67			114.11	113.15
Gyrus ectosylvius	136.22	220.23					37.82	3.14
Gyrus occipitalis	80.10	83.67						
Gyrus postcruciatus	48.20	61.93	25.14	41.70		8.58	4.11	3.14
Gyrus praecruciatus	48.21	40.28	48.21	40.28	21.42	40.08		
Gyrus proreus	32.05	35.45	32.05	35.32	26.55	23.20		
Gyrus intersylvius	65.79	55.34					4.09	8.95
Gyrus sylvius	87.44	77.19					30.30	38.14
Gyrus compositus rostralis	61.06	57.09	11.61	20.05	1.41	2.14	3.25	14.84
Gyrus compositus caudalis	65.81	79.81						
Bulbus olfactorius	348.83		106.26		167.41			

## 8 Literaturverzeichnis

- Breit, S., Kunzel, W., & Oppel, M. (2003). The Course of the Nasolacrimal Duct in Brachycephalic Cats. *Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine Series C*, 32(4), 224–227. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.2003.00464.x>
- Cameron, S., Rishniw, M., Miller, A. D., Sturges, B., & Dewey, C. W. (2015). Characteristics and Survival of 121 Cats Undergoing Excision of Intracranial Meningiomas (1994-2011): Outcome of Surgery for Feline Meningioma. *Veterinary Surgery*, 44(6), 772–776. <https://doi.org/10.1111/vsu.12340>
- Constantinescu, G. M., & Habel, R. E. (Eds.). (2012). *Illustrated veterinary anatomical nomenclature* (3., rev. ed). Enke.
- de Wet, P. D., Ali, I. I., & Peters, D. N. (1982). Surgical approach to the rostral cranial fossa by radical transfrontal craniotomy in the dog. *Journal of the South African Veterinary Association*, 53(1), 40–51.
- Farnworth, M. J., Chen, R., Packer, R. M. A., Caney, S. M. A., & Gunn-Moore, D. A. (2016). Flat Feline Faces: Is Brachycephaly Associated with Respiratory Abnormalities in the Domestic Cat (*Felis catus*)? *PLOS ONE*, 11(8), e0161777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161777>
- Forterre, F., Fritsch, G., Kaiser, S., Matiasek, K., & Brunnberg, L. (2006). Surgical approach for tentorial meningiomas in cats: A review of six cases. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 8(4), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2006.01.002>
- Forterre, F., Jaggy, A., Rohrbach, H., Dickomeit, M., & Konar, M. (2009). Modified temporal approach for a rostro-temporal basal meningioma in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11(6), 510–513. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2008.11.002>
- Fossum, T. W. (Ed.). (2009). *Chirurgie der Kleintiere* (2. Aufl). Elsevier, Urban & Fischer.
- Glass, E., Kapatkin, A., Vite, C., & Steinberg, S. (2000). A modified bilateral transfrontal sinus approach to the canine frontal lobe and olfactory bulb: Surgical technique and five cases. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 36(1), 43–50. <https://doi.org/10.5326/15473317-36-1-43>

- Gordon, L. E., Thacher, C., Matthiesen, D. T., & Joseph, R. J. (1994). Results of Craniotomy for the Treatment of Cerebral Meningioma in 42 Cats. *Veterinary Surgery*, 23(2), 94–100. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1994.tb00452.x>
- Günther, C., Beckmann, K. M., & Steffen, F. (2020). Formation of a meningoencephalocele after removal of a frontal lobe meningioma by transfrontal craniotomy in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 6(2), 205511692095719. <https://doi.org/10.1177/2055116920957195>
- Hudson, L. C., & Hamilton, W. P. (Eds.). (2010). *Atlas of feline anatomy for veterinarians* (2. ed). Teton NewMedia.
- Kent, M., Glass, E. N., & Schachar, J. (2020). A lateral approach to the feline cerebellar fossa: Case report and identification of an external landmark for the tentorium ossium. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(4), 358–365. <https://doi.org/10.1177/1098612X19869699>
- König, H. E., & Liebich (Eds.). (2015). *Anatomie der Haussäugetiere: Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis; mit 53 Tabellen; ; + Vet-Anatomie online; [plus Online-Bilddatenbank: 1000 ergänzende Abbildungen und Texte]* (6., überarb. und erw. Aufl). Schattauer.
- Kostolich, M., & Dulisch, M. L. (1987). A Surgical Approach to the Canine Olfactory Bulb for Meningioma Removal. *Veterinary Surgery*, 16(4), 273–277. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1987.tb00952.x>
- Kramer, J., Coates, J. R., Hoffman, A. G., & Frappier, B. L. (2007). Preliminary Anatomic Investigation of Three Approaches to the Equine Cranium and Brain for Limited Craniectomy Procedures. *Veterinary Surgery*, 36(5), 500–508. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2007.00297.x>
- Kunzel, W., Breit, S., & Oppel, M. (2003). Morphometric Investigations of Breed-Specific Features in Feline Skulls and Considerations on their Functional Implications. *Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine Series C*, 32(4), 218–223. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.2003.00448.x>

- Leonard, H. C. (1957). Eversion of the lateral ventricles of the larynx in dogs; five cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 131(2), 83–84.
- Mogicato, G., Conchou, F., Layssol-Lamour, C., Raharison, F., & Sautet, J. (2012). Normal Feline Brain: Clinical Anatomy Using Magnetic Resonance Imaging: MRI of Normal Feline Brain. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 41(2), 87–95. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2011.01106.x>
- Nickel, R., Schummer, A., & Seiferle, E. (1992a). *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 1: Bewegungsapparat / von R. Nickel* (7., durchges. Aufl). Parey.
- Nickel, Schummer, & Seiferle. (1992b). *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 4: Nervensystem, Sinnesorgane, endokrine Drüsen / von E. Seiferle* (3., völlig neubearb. Aufl). Parey.
- Onar, V. (1999). A Morphometric Study on the Skull of the German Shepherd Dog (Alsatian). *Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine Series C*, 28(4), 253–256. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.1999.00202.x>
- Pakozdy, A., Angerer, C., Klang, A., König, E. H., & Probst, A. (2015). Gyration of the Feline Brain: Localization, Terminology and Variability. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 44(6), 422–427. <https://doi.org/10.1111/ahe.12153>
- Parker, A., & Cunningham, J. (1972). Transfrontal craniotomy in the dog. *Veterinary Record*, 90(22), 622–624. <https://doi.org/10.1136/vr.90.22.622>
- Rossini, Z., Nicolosi, F., Koliass, A. G., Hutchinson, P. J., De Sanctis, P., & Servadei, F. (2019). The History of Decompressive Craniectomy in Traumatic Brain Injury. *Frontiers in Neurology*, 10, 458. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00458>
- Salomon, F.-V., Geyer, H., Gille, U., & Achilles, W. (Eds.). (2015). *Anatomie für die Tiermedizin* (3., aktualisierte und erw. Aufl). Enke.
- Schlueter, C., Budras, K. D., Ludewig, E., Mayrhofer, E., Koenig, H. E., Walter, A., & Oechtering, G. U. (2009). Brachycephalic Feline Noses: CT and Anatomical Study of the Relationship between Head Conformation and the Nasolacrimal Drainage System. *Journal of*

*Feline Medicine and Surgery*, 11(11), 891–900. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.09.010>

Song, R. B., Vite, C. H., Bradley, C. W., & Cross, J. R. (2013). Postmortem Evaluation of 435 Cases of Intracranial Neoplasia in Dogs and Relationship of Neoplasm with Breed, Age, and Body Weight. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27(5), 1143–1152. <https://doi.org/10.1111/jvim.12136>

Steyrer, C. (2018). *Evaluation of a newly described rostromentorial craniotomy approach in mesaticephalic dogs, regarding its safety and constancy of accessible brain regions.*

Troxel, M. T., Vite, C. H., Winkle, T. J., Newton, A. L., Tiches, D., Dayrell-Hart, B., Kapatkin, A. S., Shofer, F. S., & Steinberg, S. A. (2003). Feline Intracranial Neoplasia: Retrospective Review of 160 Cases (1985-2001). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 17(6), 850–859. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2003.tb02525.x>

Uriarte, A., Moissonnier, P., Thibaud, J.-L., Reyes-Gomez, E., Devauchelle, P., & Blot, S. (2011). Surgical treatment and radiation therapy of frontal lobe meningiomas in 7 dogs. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*, 52(7), 748–752.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Röntgenbild einer mesozephalen Katze und einer brachycephalen Katze (Exotic shorthair) (Schlueter et al., 2009) .....	9
Abbildung 2: Einteilung brachycephaler Katzen nach Schlueter et. al. ....	10
Abbildung 3: Die vier Hauptabschnitte des Gehirns (Mogicato et al., 2012) .....	13
Abbildung 4: Terminologie des Katzenhirns unterschiedlicher Autoren (Pakozdy et al., 2015) .....	14
Abbildung 5: Gyri und Sulci des Katzenhirns (dorsale Ansicht) .....	15
Abbildung 6: Gyri und Sulci des Katzenhirns (rostrale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015) .....	16
Abbildung 7: Gyri und Sulci des Katzenshirns (laterale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015).....	17
Abbildung 8: Gyri und Sulci des Katzenhirns (kaudale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015).....	18
Abbildung 9: Gyri und Sulci des Katzenhirns (ventrale Ansicht) (Pakozdy et al., 2015).....	19
Abbildung 10: Gyri und Sulci des Katzenhirns (mediale Ansicht).....	20
Abbildung 11: Hautschnitt Zugang nach de Wet et al. (1982).....	22
Abbildung 12: Zugang nach de Wet et al. (1982) .....	24
Abbildung 13: Transfrontaler Zugang nach Kostolich/Dulisch 1987 (Fossum 2009) .....	25
Abbildung 14: Transfrontaler Zugang nach Glass et al. 2000 (Fossum 2009).....	26
Abbildung 15: transfrontaler Zugang von Günther et al. 2020 .....	29
Abbildung 16: Eingezeichnete Gyri auf Gehirn .....	31
Abbildung 17: Bohrlöcher beim Zugang nach Glass et al. (2000).....	34
Abbildung 18: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987) .....	35
Abbildung 19: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982) .....	36
Abbildung 20 - Katzenschädel mit unterschiedlich eingezeichneten Zugängen (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet linke Gehirnhälfte (1982)).....	37
Abbildung 21 – Kraniotomiefenster (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet (1982)) .....	37
Abbildung 22 - Kraniotomiefenster nach Glass et al. (2000) mit darunter eingezeichnetem Bulbus olfactorius.....	38
Abbildung 23: Grafische Darstellung der Kraniotomieflächen der verschiedenen Zugänge...42	
Abbildung 24: Schädel-Landmarks frontal/ okzipital .....	53

Abbildung 25: Schädel-Landmarks lateral .....	53
Abbildung 26: Schädel-Landmarks lateral von vorne .....	54
Abbildung 27: Schädel - Landmarks dorsal / ventral .....	55
Abbildung 28: Eingezeichnete Gyri auf Gehirn .....	59
Abbildung 29: Bohrlöcher beim Zugang nach Glass et al. (2000) .....	60
Abbildung 30: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987) .....	61
Abbildung 31: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982) .....	62
Abbildung 32 - Katzenschädel mit unterschiedlich eingezeichneten Zugängen (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet (1982)) .....	63
Abbildung 33 – Kraniotomiefenster (von links nach rechts: Zugang nach Glass et al. (2000); Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987); Zugang nach de Wet (1982)) .....	64
Abbildung 34 - Kraniotomiefenster nach Glass et al. (2000) mit darunter eingezeichnetem Bulbus olfactorius .....	65

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gyri des Gehirns von Katzen (Pakozdy et al., 2015) .....	15
Tabelle 2: erkennbare Gyri und Sulci bei dorsaler Ansicht.....	16
Tabelle 3: erkennbare Gyri und Sulci bei rostraler Ansicht .....	17
Tabelle 4: erkennbare Gyri und Sulci bei lateraler Ansicht .....	18
Tabelle 5: erkennbare Gyri und Sulci bei kaudaler Ansicht.....	19
Tabelle 6: erkennbare Gyri und Sulci bei ventraler Ansicht .....	20
Tabelle 7: erkennbare Gyri und Sulci bei medialer Ansicht .....	20
Tabelle 8: Informationen zu Katzen (wk = weiblich/ kastriert; EKH = Europäisch Kurzhaar; BKH = Britisch Kurzhaar).....	30
Tabelle 9: Reihenfolge der Gyri sowie die verwendeten Farben .....	32
Tabelle 10: Messungen für den kranialen Index .....	33
Tabelle 11: Bohrlöcher für den Zugang nach Glass et al. (2000).....	34
Tabelle 12: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987).....	35
Tabelle 13: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982) .....	36
Tabelle 14: Deskriptive Statistik kranialer Index .....	40
Tabelle 15: Kraniotomiefläche in mm <sup>2</sup> nach den verschiedenen Zugängen .....	41
Tabelle 16: Kraniotomiefläche unterteilt nach mesozephalen und brachyzephalen Typ .....	42
Tabelle 17: Ergebnisse der Zugänglichkeit der verschiedenen Gyri in mm <sup>2</sup> und %.....	44
Tabelle 18: Anzahl der Katzen bei welchen die verschiedenen Gyri erreicht wurden nach den unterschiedlichen Zugängen .....	44
Tabelle 19: Zugänglichkeit zum Bulbus olfactorius.....	45
Tabelle 20: Zugänglichkeit zum Bulbus olfactorius unterteilt in mesozephal und brachyzephal Katzen.....	45
Tabelle 21: Erreichbarkeit des Frontallappens durch die verschiedenen Zugänge .....	46
Tabelle 22: Erreichbarkeit des Frontallappens unterteilt nach mesozephal und brachyzephal Typ.....	46
Tabelle 23: Messungen für den kranialen Index .....	56
Tabelle 24: Reihenfolge der Gyri sowie die verwendeten Farben .....	58
Tabelle 25: Bohrlöcher für den Zugang nach Glass et al. (2000).....	60
Tabelle 26: Bohrlöcher beim Zugang nach Kostolich/Dulisch (1987).....	60



Tabelle 27: Bohrlöcher beim Zugang nach de Wet (1982) .....	61
Tabelle 28: Messungen kranialer Index.....	65
Tabelle 29: Kraniotomiefläche,in mm <sup>2</sup> sowie Mittelwerte, Medianwerte und Varianzwerte unterteilt nach Schädeltyp und kranialem Zugang .....	66
Tabelle 30: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 1 .....	67
Tabelle 31: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 2.....	67
Tabelle 32: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 3.....	68
Tabelle 33: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 4.....	68
Tabelle 34: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 5.....	69
Tabelle 35: Zugängliche Gyrifläche für jeden Zugang verglichen mit der Gesamtgyrifläche von Katze 6.....	69

**11 Formelverzeichnis**

Formel 1: Kranialer Index .....	33
Formel 2: Zephaler Index .....	33