



Aus dem Department für Pathobiologie
der Veterinärmedizinischen Universität Wien
Institut für Anatomie, Histologie und Embryologie
(Vorstand: Univ. Prof. Dr. med. vet. Sabine Kölle)

Beiträge zur Osteologie und Osteometrie des Schädels des Afrikanischen Elefanten

Diplomarbeit

zur Erlangung der Würde eines

MAGISTER MEDICINAE VETERINARIAE

der Veterinärmedizinischen Universität Wien

vorgelegt von

Bernd Schopf

Wien, im April 2010

Betreuer

Ao. Univ. Prof. Dr. Gerald Weissengruber

Gutachter

Univ. Prof. Dr. med. vet. habil. em. Horst Erich König

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	4
2. Tiere, Material und Methoden	5
3. Ergebnisse	7
3.1. Anatomische Beschreibung des Schädels von <i>L. africana</i>	7
3.1.1. Os occipitale (Hinterhauptsbein).....	7
3.1.2. Os parietale (Scheitelbein).....	8
3.1.3. Os interparietale (Zwischenscheitelbein).....	8
3.1.4. Os temporale (Schläfenbein).....	8
3.1.5. Os frontale (Stirnbein).....	9
3.1.6. Os basisphenoidale (Hinteres Keilbein).....	9
3.1.7. Os praesphenoidale (Vorderes Keilbein).....	10
3.1.8. Os pterygoideum (Flügelbein).....	10
3.1.9. Os ethmoidale (Siebbein).....	10
3.1.10. Vomer (Pflugscharbein).....	11
3.1.11. Os nasale (Nasenbein).....	11
3.1.12. Os lacrimale (Tränenbein).....	11
3.1.13. Os incisivum (Zwischenkieferbein).....	11
3.1.14. Os palatinum (Gaumenbein).....	12
3.1.15. Maxilla (Oberkieferknochen).....	12
3.1.16. Os zygomaticum (Jochbein).....	13
3.2. Definition der Messstrecken	21
3.3. Osteometrische Ergebnisse	30
3.3.1. <i>Loxodonta africana</i>	30
3.3.2. <i>Loxodonta cyclotis</i> im Vergleich zu <i>Loxodonta africana</i>	31
3.2.3. Entwicklung des Schädels	32
4. Diskussion	39
5. Zusammenfassung	45
6. Extended Summary	46
7. Literaturverzeichnis	48
Abkürzungsverzeichnis.....	50
Abbildungsverzeichnis.....	51
Tabellenverzeichnis.....	52

1. Einleitung

Der Elefant gehört als größtes Landsäugetier zur Familie der Rüsseltiere (Proboscidae). Es existieren derzeit drei Arten dieser Familie, nämlich der Asiatische Elefant (*Elephas maximus*), der Afrikanische Waldelefant (*Loxodonta cyclotis*, Forest elephant) und der Afrikanische Savannenelefant (*Loxodonta africana*, Bush elephant).

MOULIN veröffentlichte 1682 die ersten Darstellungen eines Schädel skelettes eines Elefanten. Im Jahre 1706 wurde der Schädel eines weiblichen Elefanten von Patrick BLAIR untersucht; man weiß allerdings nicht, ob es sich um einen Asiatischen oder Afrikanischen Elefanten handelte. MAYER beschrieb 1847 den Schädelknochen von afrikanischen und indischen Elefanten. BOAS und PAULLI beschreiben 1925 Befunde eines Afrikanischen Elefantenschädels in einer kurzen Übersicht und einer Abbildung. EALES untersuchte 1928 die Knochen eines afrikanischen und MARIAPPA 1986 jene eines indischen Elefantenfötus. SIKES Studie (1971) gibt nur einen Überblick über die Osteologie eines Afrikanischen Elefanten. VAN DER MERWE et al. (1995) veröffentlichten erstmals eine umfassende Studie über die Schädelosteologie des Afrikanischen Elefanten.

Bis in das Jahr 2001 wurde *L. cyclotis* (MATSCHIE, 1900) als Unterart von *L. africana* (BLUMENBACH, 1797) angesehen. GRUBB et al. (2000) formulierten die Hypothese, dass *L. cyclotis* morphologisch primitiver als *L. africana* sei, und eine eigene Art darstellt. ROCA et al. (2001) fanden genetische Hinweise für die Untermauerung dieser Hypothese. DEBRUYNE et al. (2003) sind allerdings weiterhin der Ansicht, dass der Walelefant und der Savannenelefant Unterarten seien. Eine eindeutige Klärung dieser taxonomischen Frage scheint zurzeit noch nicht möglich zu sein (SHOSHANI, 2005).

Die vorliegende Diplomarbeit soll den beschreibend-anatomischen Datenbestand zum Schädel des Afrikanischen Elefanten erweitern und umfassende osteometrische Daten für eine weitere Bearbeitung bzw. zu Vergleichszwecken liefern.

2. Tiere, Material und Methoden:

Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit gelangten neun mazerierte Schädel zur Untersuchung, die von der Säugetiersammlung des Naturhistorischen Museums Wien und vom Institut für Anatomie (Veterinärmedizinische Universität Wien) zur Verfügung gestellt wurden. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, gehörten sieben Schädel zur Art *Loxodonta africana* und zwei Schädel zur Art *Loxodonta cyclotis*. Bei den Exemplaren von *L. africana* handelte es sich um zwei männliche adulte, vier weibliche adulte und einen weiblichen juvenilen Schädel. Von *L. cyclotis* wurden ein adultes und ein juveniles Individuum untersucht. Beide waren unbestimmten Geschlechts. NMW 20999 und NMW 4141 wurden in der vorliegenden Arbeit mit Vornamen versehen. Die Unterkiefer werden in dieser Diplomarbeit nicht behandelt. Die anatomischen Bezeichnungen folgen den Angaben der NAV (2005) bzw. jenen in VAN DER MERWE et al. (1995).

Nach der adspektorischen Untersuchung am unzerteilten Schädel von außen und der anatomischen Beschreibung wurden 41 Messstrecken festgelegt, die mittels Schublehre (Abb. 1) vermessen wurden. Teilweise wurden bereits definierte Messstrecken gewählt (VON DEN DRIESCH, 1976), oftmals mussten die Messpunkte den anatomischen Gegebenheiten angepasst werden.

Abb. 1: Schublehre mit einer Maximallänge von zwei Metern:



Tab. 1: Überblick über die untersuchten Schädel:

Name / Samml.Nr.	Art	Geschlecht	Alter	Herkunft	Todesjahr	Sonstiges
Maximus (NMW 29600)	L. africana	männlich	adult	Simbabwe: Wankie National Park	1981	Wildfang • Schulterhöhe: 3,5m • Auge-Rüsselspitze: 2,75 • Schwanzlänge: 1,3m • Gesamtlänge: 5,6m • Gewicht: 5,5-6t
Neptun (NMW St 287)	L. africana	männlich	adult, 16 Jahre	Tiergarten Schönbrunn	1883	Wurde wegen „Bösartigkeit“ mit Zyankali euthanasiert.
Anna Institut für Anatomie	L. africana	weiblich	adult, 40 Jahre			Wildfang
Jumbo Institut für Anatomie	L. africana	weiblich	adult, 46 Jahre			
Pimpf (NMW 7233)	L. africana	weiblich	adult	Tiergarten Schönbrunn, vormals Sudan (Mongalla)	1944	• Kam 1924 nach Schönbrunn als Geschenk von Graf Khevenhüller. • Starb 1944 an einer Dickdarmverstopfung.
Kivu (NMW 45752)	L. africana	weiblich	adult	Tiergarten Schönbrunn, vormals Tiergarten Halle	1992	• Verstarb 1992 in Schönbrunn während einer Narkose durch Einengung der Brusthöhle durch eine untergeschlagene Vorderextremität und im Zusammenwirken mit einer Impressionsfraktur des Stirnbeins. • Litt an Polyarthrititis. • Gewicht: 3,5t (1992)
„Lucia“ (NMW 20999)	L. africana	weiblich	juvenil	Safaripark Gänserndorf	1976	
Kami (NMW 7519)	L. cyclotis	unbestimmt	adult	Kamerun		
„Juventus“ (NMW 4141)	L. cyclotis	unbestimmt	juvenil	Zentrales Westafrika	1992	

Samm.Nr. = Sammlungsnummer; NMW = Naturhistorisches Museum Wien; L = Loxodonta

3. Ergebnisse

3.1. Anatomische Beschreibung des Schädels von *L. africana*:

3.1.1. Os occipitale (Hinterhauptsbein):

Das unpaarige Hinterhauptsbein bildet die Nackenwand des Schädels und besteht aus der Squama occipitalis (Abb. 2; 1a), den paarigen Seitenstücken, Partes laterales (Abb. 2; 1b), und der Basis (Abb. 2; 1c), die das Foramen magnum (Abb. 2; 1d) umschließt.

- Die Squama occipitalis verschmilzt dorsal mit dem Os parietale und dem Os interparietale. Ventral der Squama liegt die Pars lateralis, ventrolateral das Os temporale. Os occipitale und Os parietale verschmelzen zur transversal verlaufenden Linea nuchalis (Abb. 2; 1e). Auf halber Höhe des Hinterhauptsbeines befinden sich mittig 2 tiefe Gruben, die durch die Crista occipitalis externa (Abb. 2; 1e) getrennt werden. Der dorsale Anteil der Squama occipitalis ist von rauher und grobhöckeriger Oberflächenbeschaffenheit, während der ventral liegende Anteil eine glatte Struktur besitzt.
- Die unpaarige Pars basilaris befindet sich auf der ventralen Seite des Schädels, rostral des Foramen magnum, und besitzt die Form eines Dreiecks, dessen Spitze rostral zeigt. Die Pars basilaris verschmilzt kaudal mit der Pars lateralis des Os occipitalis und liegt mit ihrer „Spitze“ am Os basisphenoidale. Seitlich wird sie vom Os temporale bzw. weiter rostral vom Os pterygoideum begrenzt. Zwischen der Pars basilaris und dem Os temporale liegt die Fissura tympanooccipitalis, in der kaudal das Foramen jugulare (Abb. 4; 1j) und rostral der Canalis caroticus (Abb. 4; 1i) liegen. Das Foramen jugulare wird beidseits von einem Höcker flankiert, der sich am Übergang zur Pars lateralis erhebt.
- Die Pars lateralis befindet sich zwischen der dorsal gelegenen Squama occipitalis und der ventral gelegenen Pars basilaris, mit der sie beim adulten Elefanten verschmolzen ist. Lateral wird sie vom Os temporale begrenzt. Als Grundlage für das atlantooccipitale Gelenk erhebt sich beidseits lateral des Foramen magnum ein Condylus occipitalis (Abb. 4; 1f), der eine ovale Form und eine glatte Oberfläche besitzt. Rostral davon liegt eine tiefe Grube, in der sich das Foramen stylomastoideum (Abb. 4; 1h) befindet. Der dorsale Teil dieses Knochens hat eine glatte Oberfläche, der ventrale und der am Os temporale angrenzende ist rau.

3.1.2. Os parietale (Scheitelbein):

Das paarige Scheitelbein liegt zwischen dem Os occipitale und dem Os frontale und bildet das Dach des Hirnschädels. Rostral verschmilzt es mit dem Os frontale, lateral mit der Pars squamosa des Os temporale und kaudal mit der Squama occipitalis. Die kammartige Linea temporalis (Abb. 3; 2a) teilt das Os parietale in einen dorsalen und einen lateralen Teil. Nahe der Sutura zwischen den beiden Ossa parietalia ist die Oberfläche sehr rau, während die lateralen Anteile von glatter Oberflächenbeschaffenheit sind. Kaudal an der oben genannten Sutura befindet sich eine Erhebung.

3.1.3. Os interparietale (Zwischenscheitelbein):

Das unpaarige Zwischenscheitelbein ist als eigenständiger Knochen nur bei jungen Tieren beurteilbar und befindet sich median zwischen der Squama occipitalis und dem Os parietale (VAN DER MERWE et al., 1995). Bei den für die vorliegende Untersuchung verwendeten Schädeln konnten die Grenzen des Os interparietale nicht dargestellt werden.

3.1.4. Os temporale (Schläfenbein):

Das Schläfenbein ist ein paariger Knochen und besteht aus der Pars squamosa (Abb. 3; 4a), der Pars tympanica und der Pars petrosa.

- Die Pars squamosa verschmilzt dorsal mit dem Os parietale, rostral mit dem Os frontale und ventral mit dem Os basisphenoidale und der Pars tympanica des Os temporale. Lateral setzt sich der Knochen als Processus zygomaticus (Abb. 3; 4d) fort, der sich mit dem Os zygomaticum (Abb. 3; 16) und mit dem Processus zygomaticus der Maxilla (Abb. 3; 15e) zum Arcus zygomaticus verbindet. Auf der Unterseite des Processus zygomaticus des Os temporale befindet sich die Fossa mandibularis (Abb. 4; 4e) mit der Facies articularis (Abb. 4; 4f) als Gelenkfläche für den Condylus mandibularis. Kaudal der Facies articularis liegt die Incisura tympanica (Abb. 4; 4i). Rostral der Incisura befindet sich der Processus retroarticularis und kaudal von ihr der Processus retrotympanicus. Dorsal der beiden Fortsätze liegt die knöcherne Öffnung zum Meatus acusticus externus (Abb. 3; 4l).
- Die Pars tympanica (Abb. 4; 4b) liegt lateral der Pars basilaris des Os occipitale sowie lateral des Os basisphenoidale. Kaudal wird sie durch die Pars lateralis des Os occipitale und die Squama occipitalis begrenzt. Lateral verschmilzt sie mit der Pars

squamosa des Os temporale. An der medialen Begrenzung liegt die Fissura petrooccipitalis (Abb. 4; 4h) mit dem kaudal gelegenen Foramen jugulare (Abb. 4; 1j). An der kaudolateralen Grenze befindet sich eine Vertiefung, in der das Foramen stylomastoideum (Abb. 4; 1h) liegt. Rostral liegt in der Furche zum Os basisphenoidale das Foramen ovale (Abb. 4; 6e). Der Canalis musculotubarius bildet rostromedial am Knochen die knöcherne Grundlage für einen Teil der Eustachischen Röhre.

- Die Pars petrosa (Felsenbein) befindet sich medial der Pars tympanica des Os temporale, umgibt das Innenohr und ist von außen nicht beurteilbar (siehe VAN DER MERWE et al., 1995).

3.1.5. Os frontale (Stirnbein):

Am paarigen Stirnbein kann man eine Squama frontalis (Abb. 3; 5a), eine Facies temporalis (Abb. 3; 5b) und eine Facies orbitalis (Abb. 3; 5c) beschreiben. Rostrodorsal verschmilzt es mit dem Os nasale und dem Os incisivum. Rostroventral verschmilzt es mit der Maxilla und dem Os lacrimale. Kaudovertral grenzt es an die Pars squamosa des Os temporale und an das Os parietale. Zwischen dem Os frontale und der Maxilla befindet sich die kaudovertral verlaufende Fissura orbitalis (Abb. 7; 6f).

Die Squama frontalis bildet im rostralen Bereich das Schädeldach. Die Crista orbitotemporalis (Abb. 3; 5d) ist eine scharfe Kante am lateralen Teil des Os frontale. Diese unterteilt den Knochen in eine kaudodorsal liegende Facies temporalis (Abb. 3; 5b) und eine rostroventral liegende Facies orbitalis (Abb. 3; 5c). Die Crista orbitotemporalis reicht bis zum Abgang des Processus zygomaticus rostral. Von diesem Fortsatz zieht die Linea temporalis kaudodorsal, der Margo supraorbitalis (Abb. 3; 5e) verläuft rostral.

3.1.6. Os basisphenoidale (Hinteres Keilbein):

Das hintere Keilbein besteht aus dem unpaaren Corpus (Abb. 4; 6a), den paarigen Alae (Abb. 4; 6b) und den paarigen Processus pterygoidei (Abb. 8; 6c).

- Das Corpus liegt rostral der Pars basalis des Os occipitale und verschmilzt weiter rostral mit dem Os praesphenoidale. Ventral vom Corpus entspringt das Vomer (Abb. 4; 10).
- Die beiden Alae sind relativ kleine Kochenteile, die zwischen dem Processus pterygoideus und der Facies articularis des Os temporale liegen. Kaudomedial liegt

das große Foramen ovale (Abb. 4; 6e), und rostral das Foramen alare caudale (Abb. 8; 6g), das über den horizontal verlaufenden Canalis alaris eine Verbindung zur Orbita herstellt.

- Die beiden Processus pterygoidei sind große abgeflachte Fortsätze, die sich lateral des Corpus vom Os basisphenoidale befinden und an die Alveolen der Molaren heranreichen. Rostral verschmilzt der Processus pterygoideus mit dem Os palatinum und dorsal mit der Pars squamosa des Os temporale.

3.1.7. Os praesphenoidale (Vorderes Keilbein):

Das vordere Keilbein besteht aus dem unpaarigen Corpus und den paarigen Alae. Rostral verschmilzt der Knochen mit dem Os frontale und dem Os ethmoidale, kaudal mit dem Corpus des Os basisphenoidale. Das Corpus trägt ebenso das Vomer. Die beiden Alae ziehen beidseits vom Corpus lateral und dorsal und werden vom Canalis opticus (Abb. 7; 7a) durchbohrt. Die Grenzen dieses Knochens sind in den vorliegenden Präparaten von außen nicht beurteilbar.

3.1.8. Os pterygoideum (Flügelbein):

Das Flügelbein ist ein kleiner, paariger Knochen, der sich beidseits als vertikale Knochenplatte zwischen dem Corpus des Keilbeins und dem Os palatinum bzw. weiter kaudal zwischen dem Corpus des Keilbeins und dem Processus pterygoideus des Keilbeins erstreckt. Im Bereich des Processus pterygoideus erhebt sich ein nach ventral gerichteter Fortsatz, der Hamulus pterygoideus (Abb. 4; 8a).

3.1.9. Os ethmoidale (Siebbein):

Das Siebbein besteht aus den paarigen Siebbeinplatten, Laminae cribrosae, die durch die vertikal gestellte Lamina perpendicularis getrennt werden. Von außen ist dieser Knochen kaum beurteilbar. Das knöcherne Nasenseptum (Abb. 6; 9a) ist eine rostrale Verlängerung der Lamina perpendicularis und im Cavum nasi als vertikal gestellte Platte ersichtlich.

3.1.10. Vomer (Pflugscharbein):

Das Pflugscharbein (Abb. 8; 10) ist eine unpaarige vertikal stehende Knochenplatte, die die beiden Hälften der Nasenhöhle voneinander trennt. Mit seinem kaudalen Anteil verschmilzt es mit dem Corpus des Os praesphenoidale und rostral mit der Lamina perpendicularis des Os ethmoidale. Der ventrale Kamm des Vomer liegt mit seinen kaudalen Anteilen frei in einer Furche zwischen den Processus palatini der Maxillae.

3.1.11. Os nasale (Nasenbein):

Das Nasenbein ist ein paariger Knochen. Er verschmilzt kaudal mit dem Os frontale, ventrolateral mit dem Os incisivum, ventromedial mit dem Os ethmoidale und dorsomedial mit dem Os nasale der anderen Seite. Die paarigen Ossa nasalia bilden rostromedial einen Processus nasalis (Abb. 5; 11a). Beidseits führen drei Foramina in der lateralen Wand der Nasenhöhle in die Sinussysteme der pneumatisierten Schädelknochen (Abb. 6; 11b).

3.1.12. Os lacrimale (Tränenbein):

Das Tränenbein ist ein paariger Knochen, der einen Teil der knöchernen Orbita bildet und sich als dünner, länglicher Knochen zwischen dem Os frontale und der Maxilla befindet. Aus dem Knochen entspringt ein ventrolateral gerichteter Fortsatz. VAN DER MERWE et al. (1995) bezeichnen diesen Fortsatz als Processus dorsalis (Abb. 7; 12a). Der Fortsatz besitzt von kranial eine längliche, birnenförmige und von lateral eine ovale Form.

3.1.13. Os incisivum (Zwischenkieferbein):

Das paarige Zwischenkieferbein stellt den am weitesten rostral gelegenen Teil des Gesichtsschädels dar. Der Knochen besteht aus einem Corpus (Abb. 5; 13a), von dem sich kaudolateral der Processus nasalis (Abb. 5; 13d), rostromedial der Processus palatinus (Abb. 5; 13c) und rostromedial der Processus alveolaris (Abb. 5; 13b) erstreckt. Der Knochen verschmilzt kaudal mit dem Os nasale bzw. kaudolateral mit dem Os frontale. Lateral und im rostralen Anteil auch ventral verschmilzt das Os incisivum mit der Maxilla, medial mit dem Os incisivum der anderen Seite. Der Knochen bildet ventral und lateral die knöcherne Grundlage der Nasenhöhle. Zusammen mit der Maxilla bildet das Os incisivum die Alveole des Stosszahns.

3.1.14. Os palatinum (Gaumenbein):

Die Lamina horizontalis (Abb. 4; 14a) des paarigen Gaumenbeines bildet den kaudalen Anteil des harten Gaumens und die Lamina perpendicularis (Abb. 4; 14b) den kaudalen Abschnitt der Seitenwand der Choanen. Rostral und lateral verschmilzt die Lamina horizontalis mit dem Processus palatinus der Maxilla (Abb. 4; 15b). Zwischen diesen beiden Knochen befindet sich das Foramen palatinum major (Abb. 4; 14c). Median verschmelzen die beiden Laminae horizontales miteinander. Die Lamina perpendicularis verschmilzt kaudal mit des Os pterygoideum und lateral mit dem Tuber maxillae.

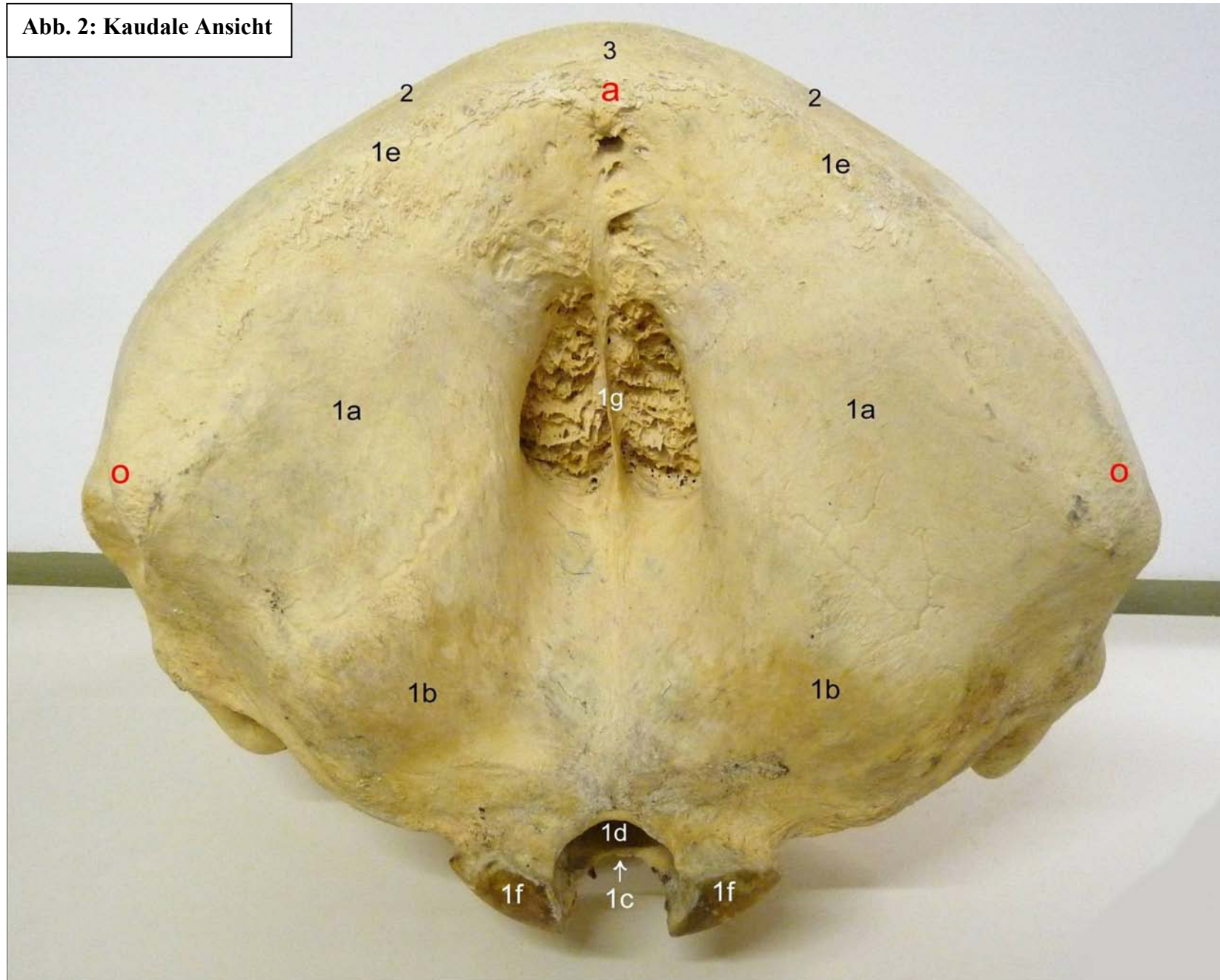
3.1.15. Maxilla (Oberkieferknochen):

Der paarige Oberkieferknochen besteht aus dem Corpus maxillae (Abb. 4; 15a), dem Processus frontalis (Abb. 5; 15d), dem Processus palatinus (Abb. 4; 15b), dem Processus zygomaticus (Abb. 4; 15e), dem Processus alveolaris (Abb. 3; 15c) und dem Tuber maxillae (Abb. 3; 15f). Das Corpus und der Processus palatinus verschmelzen dorsal mit dem Os incisivum und bilden den ventralen Teil der Stosszahnalveole. Der Processus palatinus liegt in der Ventralansicht medial vom Processus alveolaris des Os incisivum bzw. bildet er kaudomedial vom Corpus den rostralen, größten Teil des harten Gaumens. Während die Processus palatini der beiden Körperseiten kaudal miteinander verwachsen sind, verschmelzen sie im rostralen Bereich nicht durchgehend miteinander. Der Processus alveolaris erstreckt sich vom Corpus kaudolateral. Er trägt die Alveolen für die Backenzähne des Oberkiefers und endet kaudal als Tuber maxillae. Der Processus frontalis erstreckt sich vom Corpus dorsal. Er wird medial vom Os incisivum und kaudal von den Ossa lacrimalia begrenzt. Der Processus zygomaticus bildet den rostralen Anteil des Arcus zygomaticus. Er verschmilzt kaudal mit dem Os zygomaticum. Ventral der Verbindungsstelle zwischen dem Arcus zygomaticus und dem Corpus maxillae liegt das große Foramen infraorbitale (Abb. 5; 15g). Dieses bildet den Eingang in den horizontal verlaufenden Canalis infraorbitalis (Abb. 3; 15h), der kaudal im Foramen maxillare (Abb. 3; 15i) seinen Ausgang findet.

3.1.16. Os zygomaticum (Jochbein):

Das Jochbein (Abb. 3; 16) ist ein kleiner länglicher Knochen, der den mittleren Teil des Arcus zygomaticus bildet. Rostral verschmilzt dieser Knochen mit dem Processus zygomaticus der Maxilla und kaudal mit dem Processus zygomaticus des Os temporale.

Abb. 2: Kaudale Ansicht



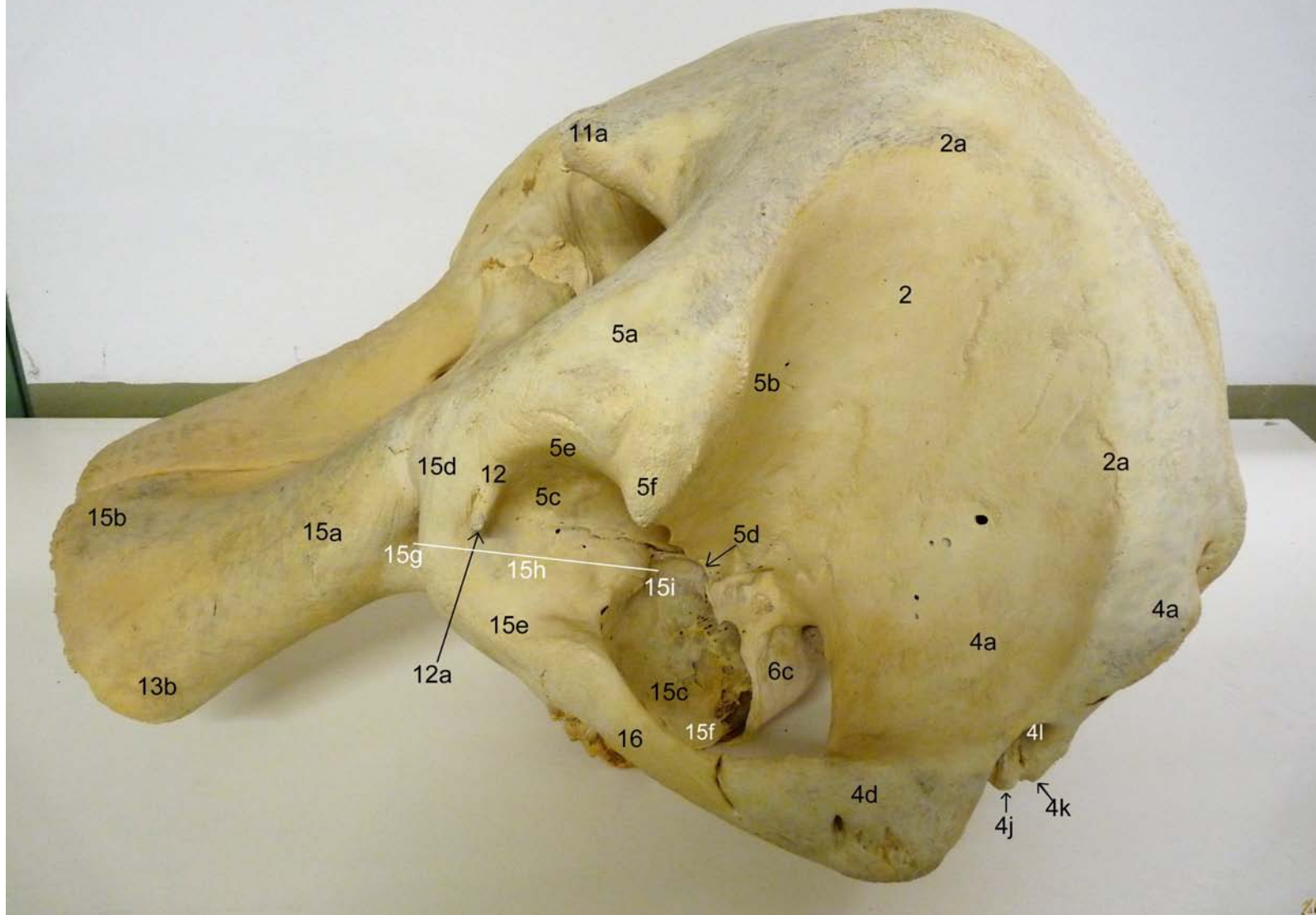
- 1 Os occipitale**
- 1a Squama occipitalis
 - 1b Pars lateralis
 - 1c Pars basalis
 - 1d Foramen magnum
 - 1e Linea nuchalis
 - 1f Condylus occipitalis
 - 1g Crista occipitalis externa

2 Os parietale

3 Os interparietale

o = Opisthokranion nach VON DEN DRIESCH (1976)
a = Akrokranium nach VON DEN DRIESCH (1976)

Abb. 3: Laterale Ansicht



2 Os parietale

2a Linea temporalis

4 Os temporale

4a Pars squamosa

4d Proc. zygomaticus

4j Proc. retroarticularis

4k Proc. retrotympanicus

4l Meatus acusticus externus

5 Os frontale

5a Squama frontalis

5b Facies temporalis

5c Facies orbitalis

5d Crista orbitotemporalis

5e Margo supraorbitalis

5f Proc. zygomaticus

6 Os basisphenoidale

6c Proc. pterygoideus

11 Os nasale

11a Proc. nasalis

12 Os lacrimale

12a Proc. dorsalis

13 Os incisivum

13b Proc. alveolaris

15 Maxilla

15a Corpus

15b Proc. palatinus

15c Proc. alveolaris

15d Proc. frontalis

15e Proc. zygomaticus

15f Tuber maxillae

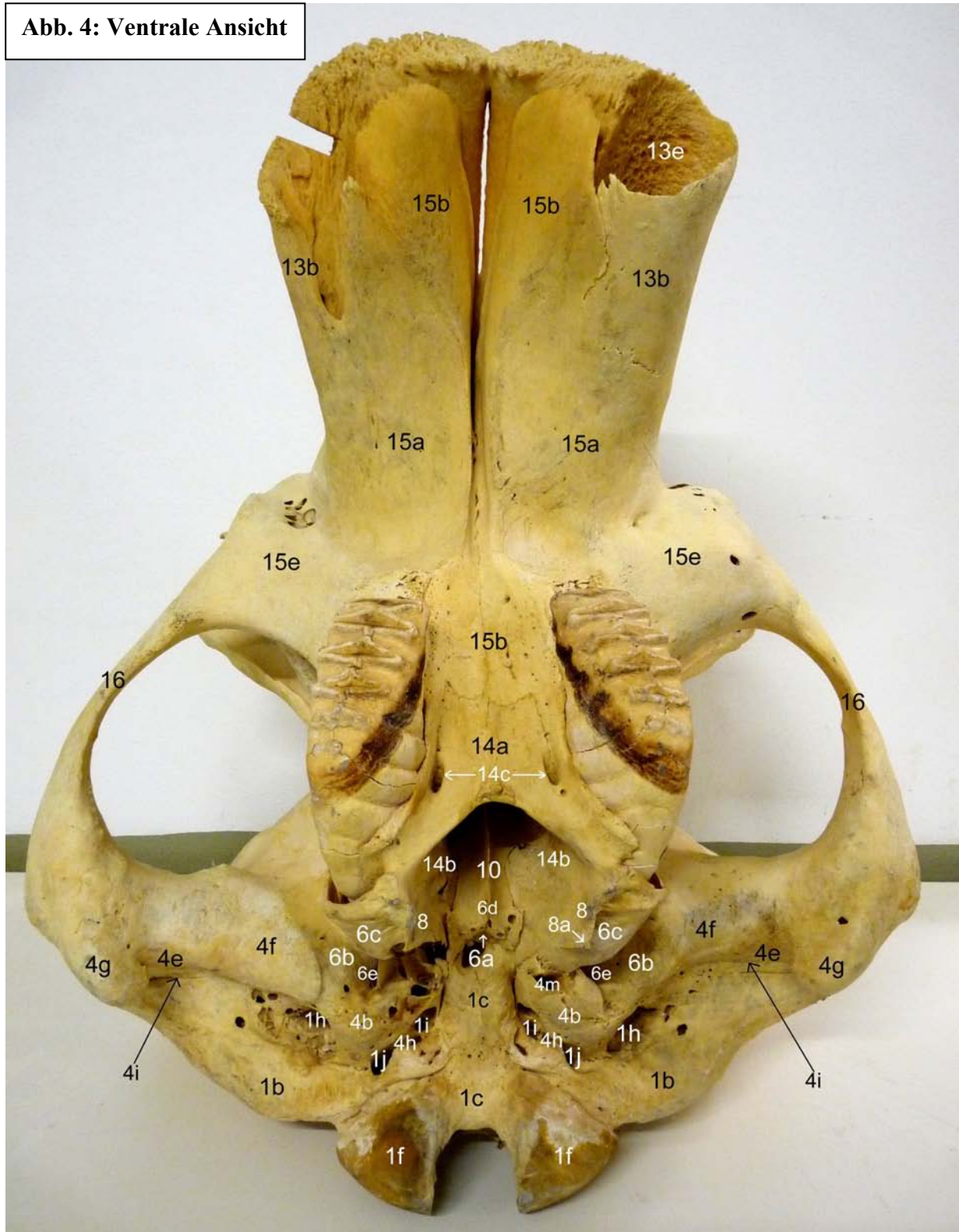
15g Foramen maxillare

15h Canalis infraorbitalis (weisse Linie)

15i Foramen maxillare

16 Os zygomaticum

Abb. 4: Ventrale Ansicht



1 Os occipitale

- 1b Pars lateralis
- 1c Pars basalis
- 1f Condylus occipitalis
- 1h Foramen stylomastoideum
- 1i Canalis caroticus
- 1j Foramen jugulare

4 Os temporale

- 4b Pars tympanica
- 4e Fossa mandibularis
- 4f Facies articularis
- 4g Condylus mandibularis
- 4h Fissura petrooccipitalis
- 4i Inzisura tympanica
- 4m Canalis musculotubarius

6 Os basisphenoidale

- 6a Corpus
- 6b Ala
- 6d kaudaler Anteil des Pflugscharbeins
- 6e Foramen ovale
- 6c Proc. pterygoideus

8 Os pterygoideum

- 8a Hamulus pterygoideus

10 Vomer

13 Os incisivum

- 13b Proc. alveolaris
- 13e Stosszahnalveole

14 Os palatinum

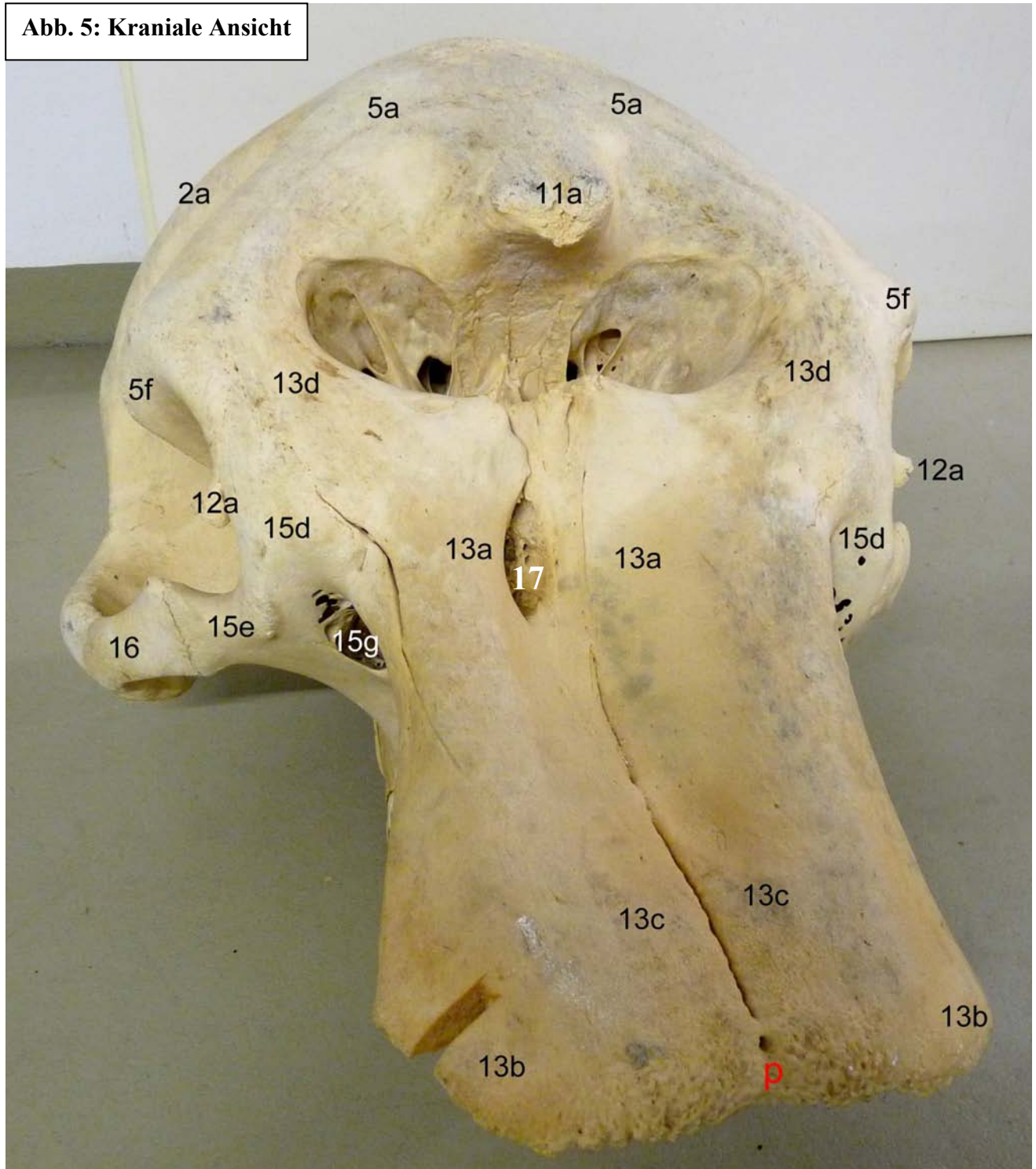
- 14a Lamina horizontalis
- 14b Lamina perpendicularis
- 14c Foramen palatinum major

15 Maxilla

- 15a Corpus
- 15b Proc. palatinus
- 15e Proc. zygomaticus

16 Os zygomaticum

Abb. 5: Kraniale Ansicht



2 Os parietale

2a Linea temporalis

5 Os frontale

5a Squama frontalis

5f Proc. zygomaticus

11 Os nasale

11a Proc. nasalis

12 Os lacrimale

12a Proc. dorsalis

13 Os incisivum

13a Corpus

13b Proc. alveolaris

13c Proc. palatinus

13d Proc. nasalis

15 Maxilla

15d Proc. frontalis

15g Foramen infraorbitale

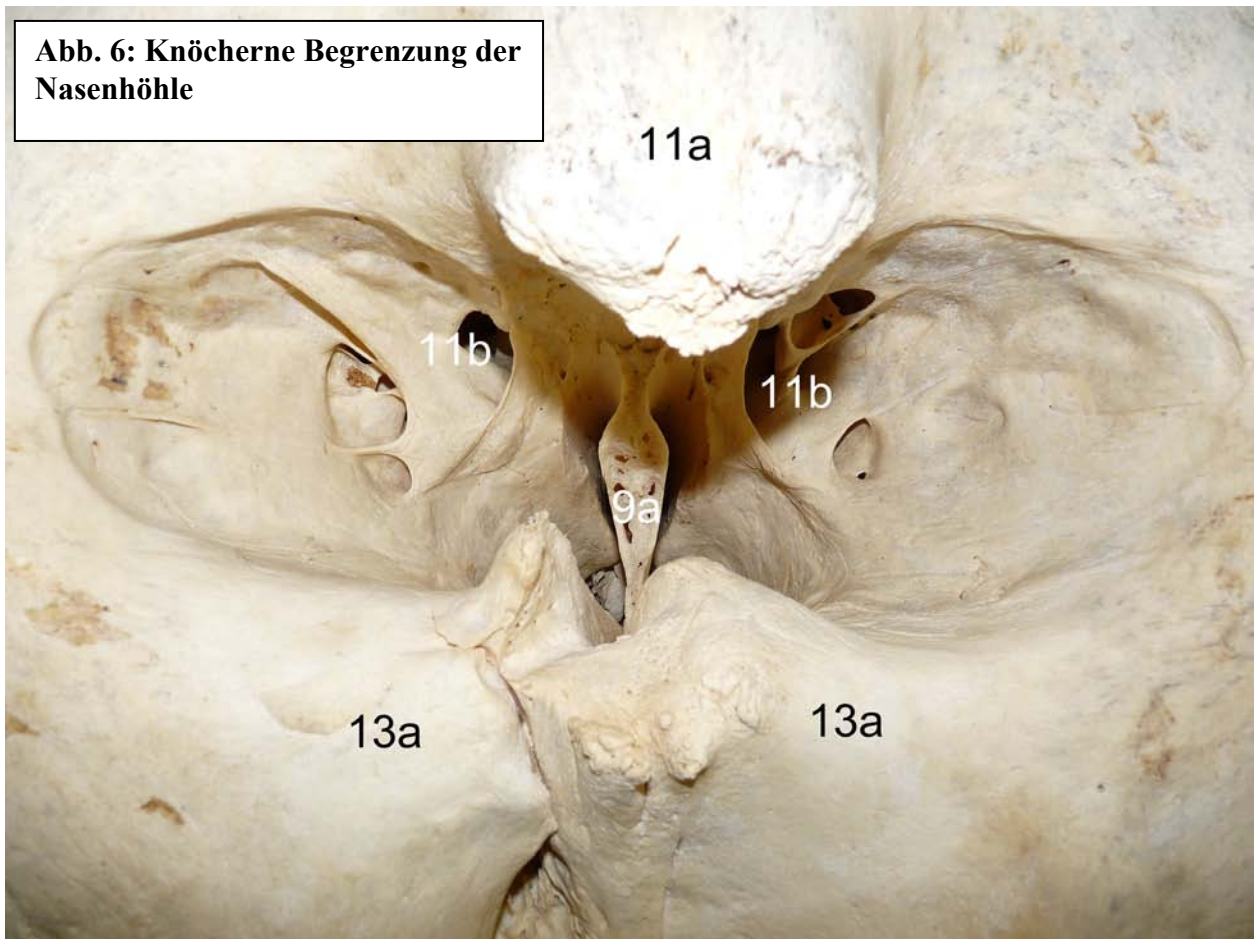
15e Proc. zygomaticus

16 Os zygomaticum

17 Pathologische Spaltbildung im Os incisivum (wahrscheinlich in Zusammenhang mit Verlust des Stosszahns)

p = Prosthion nach VON DEN DRIESCH (1976)

Abb. 6: Knöcherne Begrenzung der Nasenhöhle



9 Os ethmoidale

9a knöchernes Nasenseptum

11 Os nasale

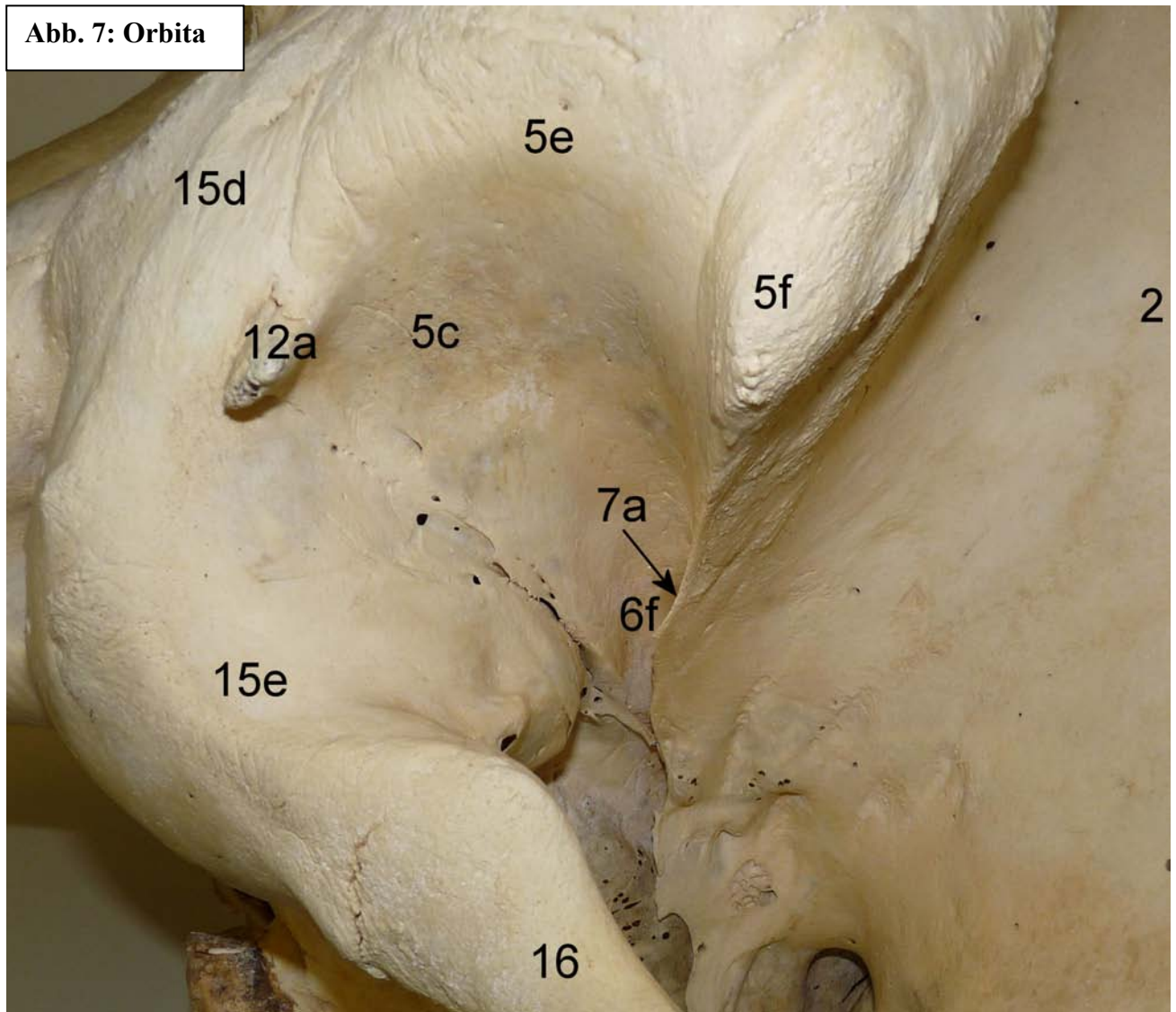
11a Proc. nasalis

11b Foramina zum Sinussystem des Schädelknochens

13 Os incisivum

13a Corpus

Abb. 7: Orbita



2 Os parietale

5 Os frontale

5c Facies orbitalis

5e Margo supraorbitalis

5f Proc. zygomaticus

6 Os basisphenoidale

6f Fissura orbitalis

7 Os praesphenoidale

7a Canalis opticus

12 Os lacrimale

12a Proc. dorsalis

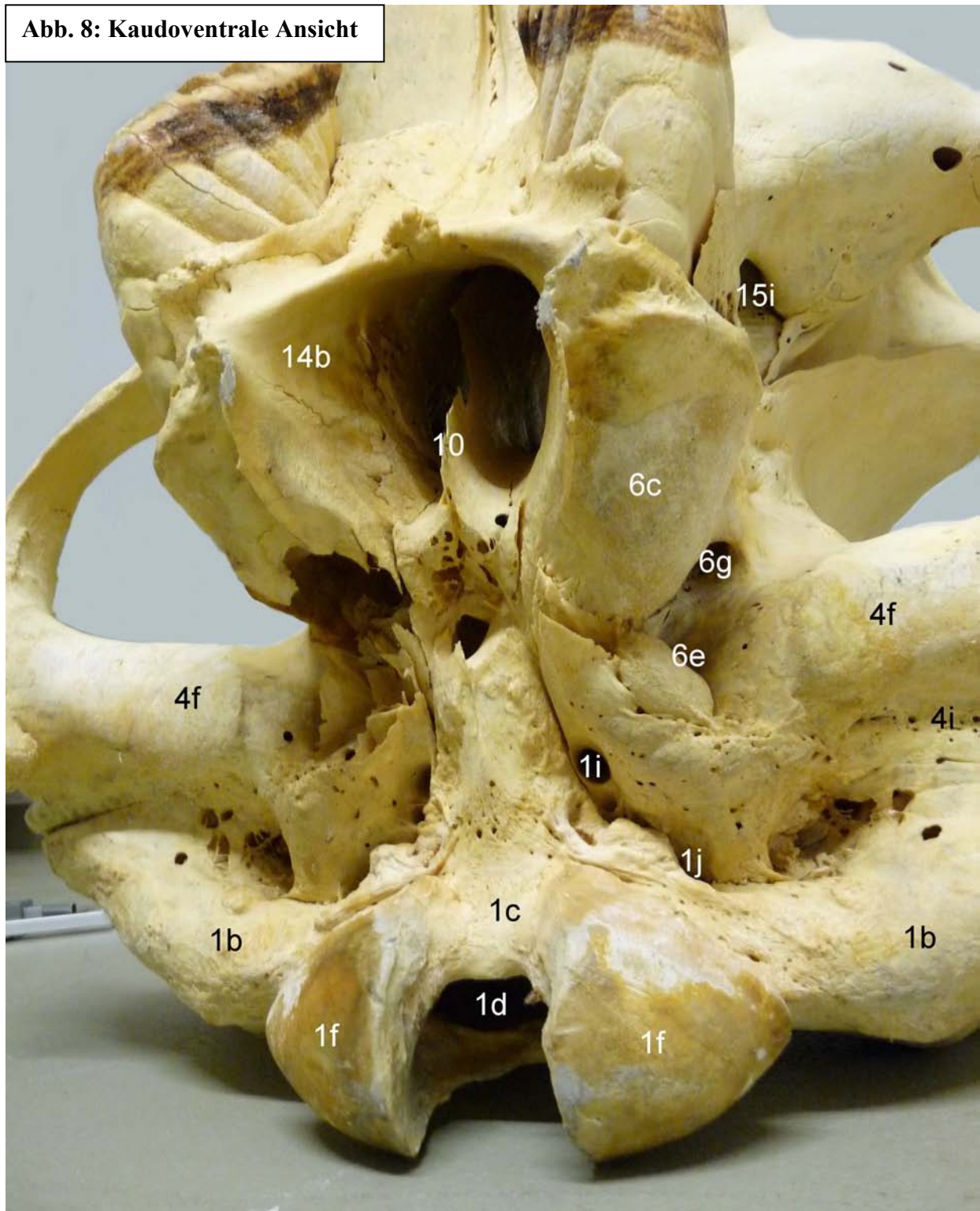
15 Maxilla

15d Proc. frontalis

15e Proc. zygomaticus

16 Os zygomaticum

Abb. 8: Kaudoventrale Ansicht



1 Os occipitale

- 1b Pars lateralis
- 1c Pars basalis
- 1d Foramen magnum
- 1f Condylus occipitalis
- 1i Canalis caroticus
- 1j Foramen jugulare

4 Os temporale

- 4i Incisura tympanica
- 4f Facies articularis

6 Os basisphenoidale

- 6c Proc. pterygoideus
- 6g Foramen alare caudale
- 6e Foramen ovale

10 Vomer

14 Os palatinum

- 14b Lamina perpendicularis

15 Maxilla

- 15i Foramen infraorbitale

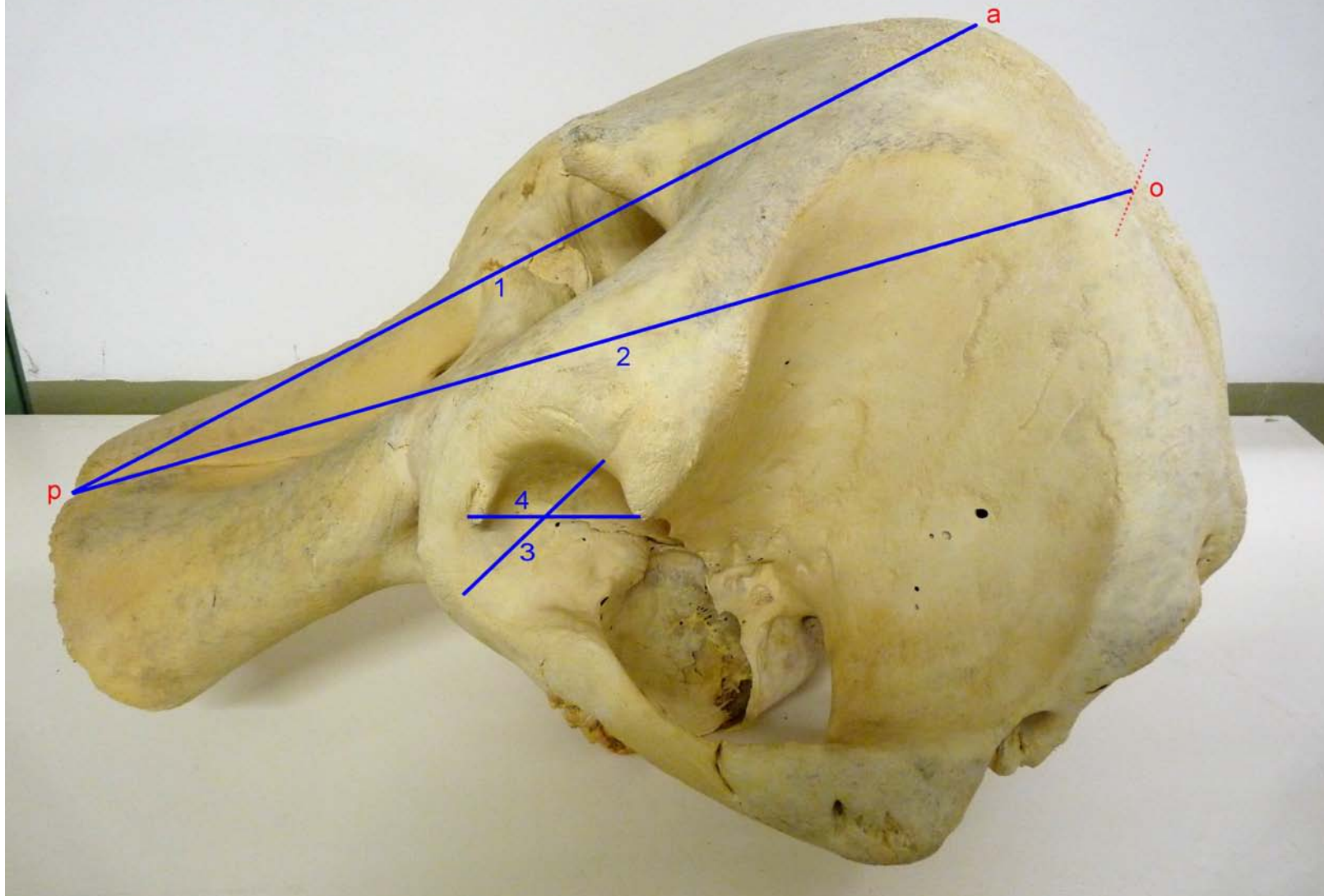
3.2. Definition der Messstrecken:

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden folgende Strecken vermessen, die durchlaufend nummeriert wurden:

- 1: Prosthion (p) – Akrokranion (a)
- 2: Prosthion – Opisthokranion (o)
- 3: Maximale Orbitabreite: Margo supraorbitalis – rostrale Kante des Proc. zygomaticus der Maxilla
- 4: Rostraler Rand des Processus lacrimalis – Spitze des Proc. zygomaticus des Os frontale
- 5: Prosthion - Spitze des Proc. zygomaticus des Os frontale
- 6: Spitze des Proc. zygomaticus des Os frontale – rostraler Rand des Meatus acusticus externus
- 7: Maximale Breite des Os occipitale zwischen der linken und rechten Linea nuchalis
- 8: Maximale Breite des Schädels zwischen der linken und rechten Pars squamosa des Os temporale
- 9: Kleinste Schädelbreite zwischen linker und rechter Linea temporalis des Os parietale
- 10: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Proc. zygomaticus des Os frontale
- 11: Maximale Breite des Cavum nasi, gemessen zwischen linkem und rechtem medialen Rand des Proc. nasalis des Os incisivum
- 12: Maximale Höhe des Cavum nasi gemessen zwischen dem ventralen Rand des Proc. nasalis des Os nasale und dem weitesten dorsalen Suturpunkt beider Corpora incisivi
- 13: Maximale Länge des Arcus zygomaticus zwischen dem rostralen Rand des Proc. zygomaticus der Maxilla und dem kaudalen Rand des Proc. zygomaticus des Os temporale
- 14: Minimale Breite zwischen linker und rechter Leiste, die am Übergang zwischen dem Proc. frontalis und Proc. zygomaticus der Maxilla liegt
- 15: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Processus dorsalis des Os lacrimale
- 16: Prosthion – am weitesten dorsal gelegener Punkt an der Suture zwischen beiden Corpora incisivi
- 17: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem lateralen Stosszahnalveolarrand
- 18: Minimale Breite zwischen linkem und rechtem medialen Stosszahnalveolarrand
- 19: Minimale Breite zwischen linkem und rechtem Foramen maxillare
- 20: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Processus zygomaticus des Os temporale
- 21: Prosthion – am weitesten kaudal gelegener Punkt an der Suture der beiden Laminae horizontales des Os palatinum
- 22: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Hamulus pterygoideus
- 23: Minimale Breite zwischen linkem und rechtem Foramen ovale
- 24: Maximale Länge zwischen dem Hamulus pterygoideus und dem am weitesten dorsal gelegenen Punkt der Linea temporalis einer Körperseite
- 25: Maximaler Durchmesser des Meatus acusticus externus an seiner Öffnung
- 26: Maximale Länge des Meatus acusticus externus
- 27: Maximale Tiefe der Stosszahnalveole
- 28: Maximale Breite zwischen den buccalen Rändern der Backenzahnalveolen
- 29: Minimale Breite zwischen der linken und der rechten Kante der Facies articularis des Os temporale
- 30: Maximale Höhe des Nasopharynx gemessen zwischen dem kaudalen Ende des harten Gaumens und dem Corpus des Os basisphenoidale
- 31: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Condylus occipitalis
- 32: Maximale Breite des Foramen magnum gemessen zwischen linkem und rechtem medialen Condylenrand
- 33: Maximale Höhe des Foramen magnum
- 34: Dorsaler Rand des Foramen magnum – kaudales Ende des harten Gaumens
- 35: Ventraler Rand des Foramen magnum – kaudales Ende des harten Gaumens
- 36: Dorsaler Rand des Foramen magnum – Akrokranion
- 37: Maximale Höhe der Vertiefungen am Os occipitale
- 38: Maximale Breite der Vertiefungen am Os occipitale
- 39: Maximaler Durchmesser der Stosszahnalveole an der rostralen Öffnung
- 40: Maximale Länge des Processus dorsalis des Os lacrimale
- 41: Maximale Breite des Processus dorsalis des Os lacrimale

Das Prosthion (p) wird als Mittelpunkt der Verbindungslinie der beiden am weitesten rostral gelegenen Punkte der Maxilla angesehen. Das Opisthokranion (o) ergibt sich aus dem Mittelpunkt der Verbindungslinie der beiden am weitesten kaudal gelegenen Punkte des Schädelknochens (VON DEN DRIESCH, 1976). Das Akrokranion (a) entspricht beim Elefantenschädel dem am weitesten dorsal gelegenen Punkt der Linea nuchae.

Abb. 9: Laterale Ansicht

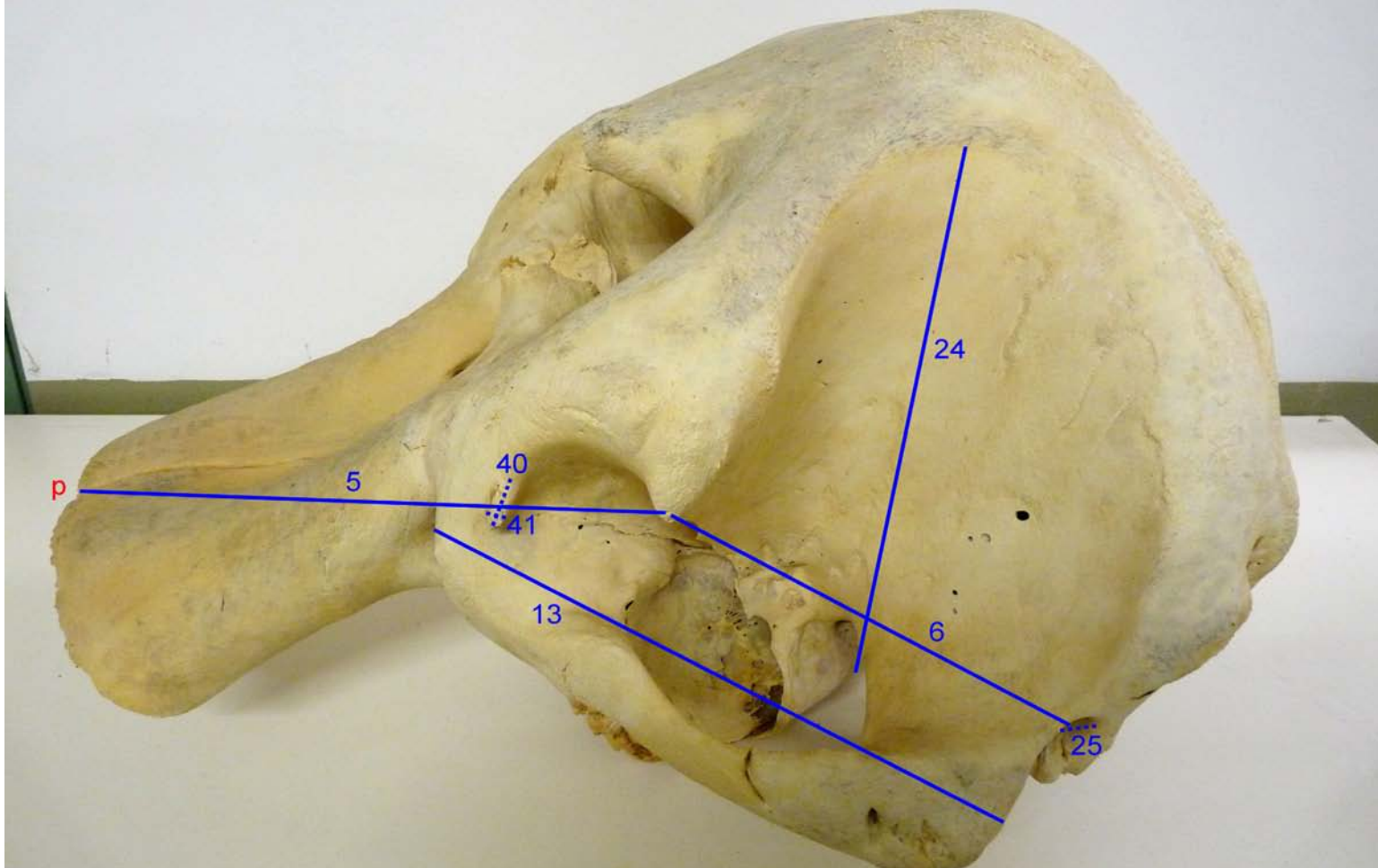


p = Prosthion
o = Opisthokranion
a = Akrokranium

- 1: Prosthion (p) – Akrokranium (a)
- 2: Prosthion – Opisthokranion (o)
- 3: Maximale Orbitabreite: Margo supraorbitalis – rostrale Kante des Proc. zygomaticus der Maxilla
- 4: Rostraler Rand des Proc. lacrimalis – Spitze des Proc. zygomaticus des Os frontale

Abb. 10: Dorsolaterale Ansicht

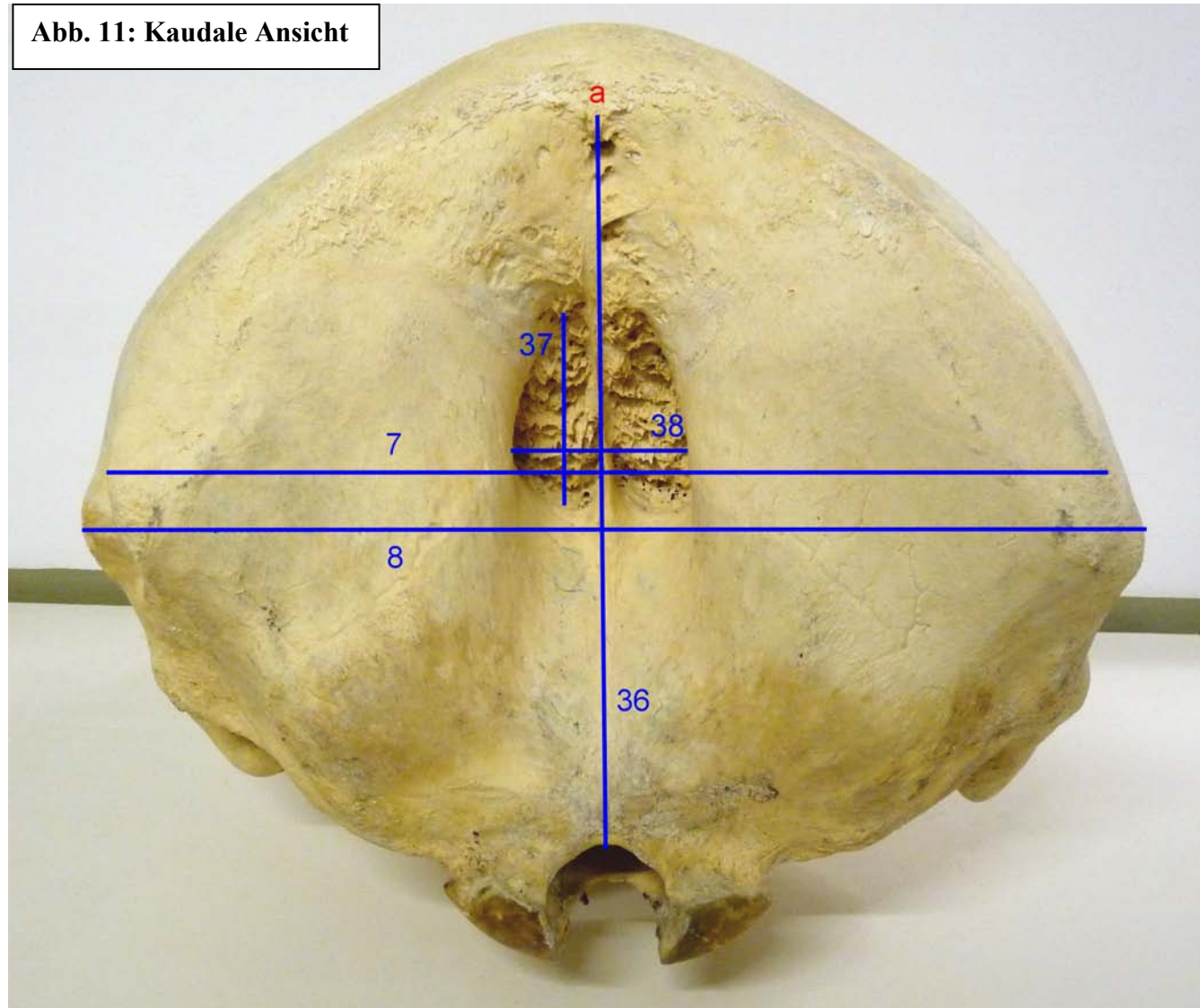
p = Prosthion



- 5: Prosthion - Spitze des Proc. zygomaticus des Os frontale
- 6: Spitze des Proc. zygomaticus des Os frontale – rostraler Rand des Meatus acusticus externus
- 13: Maximale Länge des Arcus zygomaticus zwischen dem rostralen Rand des Proc. zygomaticus der Maxilla und dem kaudalen Rand des Proc. zygomaticus des Os temporale
- 24: Maximale Höhe zwischen dem Hamulus pterygoideus und dem am weitesten dorsal gelegenen Punkt der Linea temporalis einer Körperseite
- 25: Maximaler Durchmesser des Meatus acusticus externus an seiner Öffnung
- 40: Maximale Länge des Proc. dorsalis des Os lacrimale (medial – lateral)
- 41: Maximale Breite des Proc. dorsalis des Os lacrimale (rostral – kaudal)

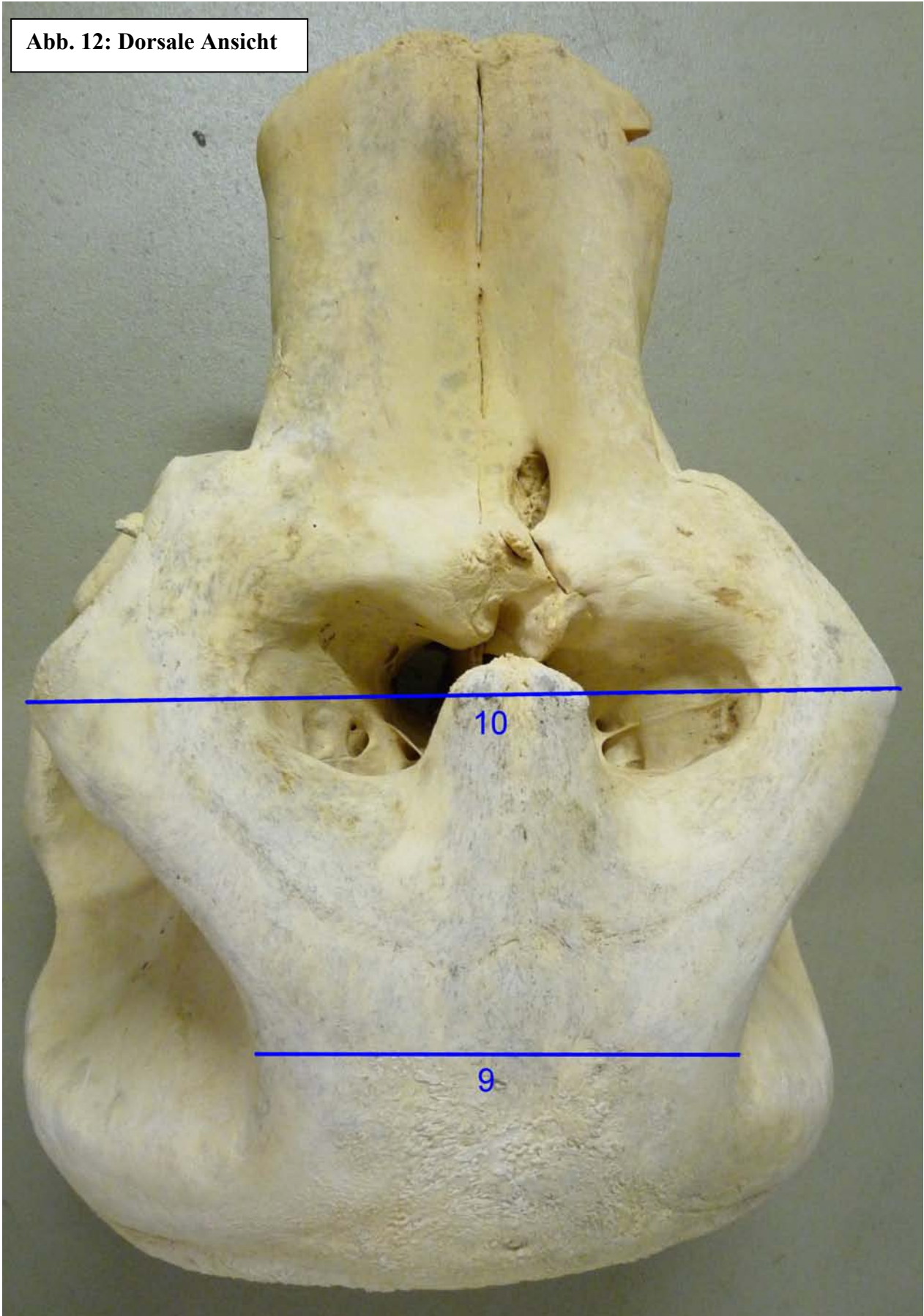
Abb. 11: Kaudale Ansicht

a = Akrokranion



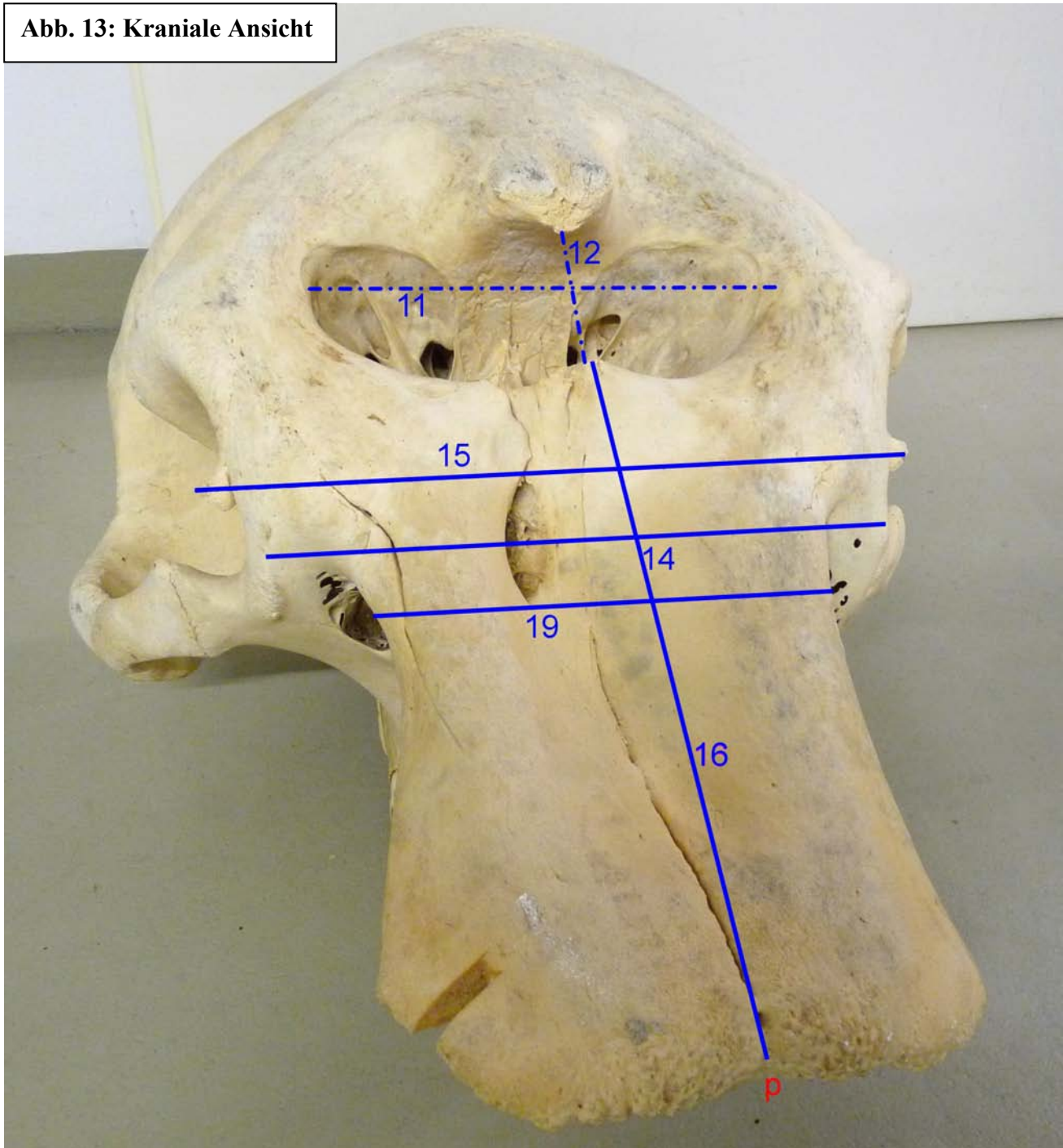
- 7: Maximale Breite des Os occipitale zwischen der linken und rechten Linea nuchalis
- 8: Maximale Breite des Schädels zwischen der linken und rechten Pars squamosa des Os temporale
- 36: Dorsaler Rand des Foramen magnum – Akrokranion
- 37: Maximale Höhe der Vertiefung am Os occipitale
- 38: Maximale Breite der Vertiefung am Os occipitale

Abb. 12: Dorsale Ansicht



- 9: Kleinste Schädelbreite zwischen linker und rechter Linea temporalis des Os parietale
10: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Proc. zygomaticus des Os frontale

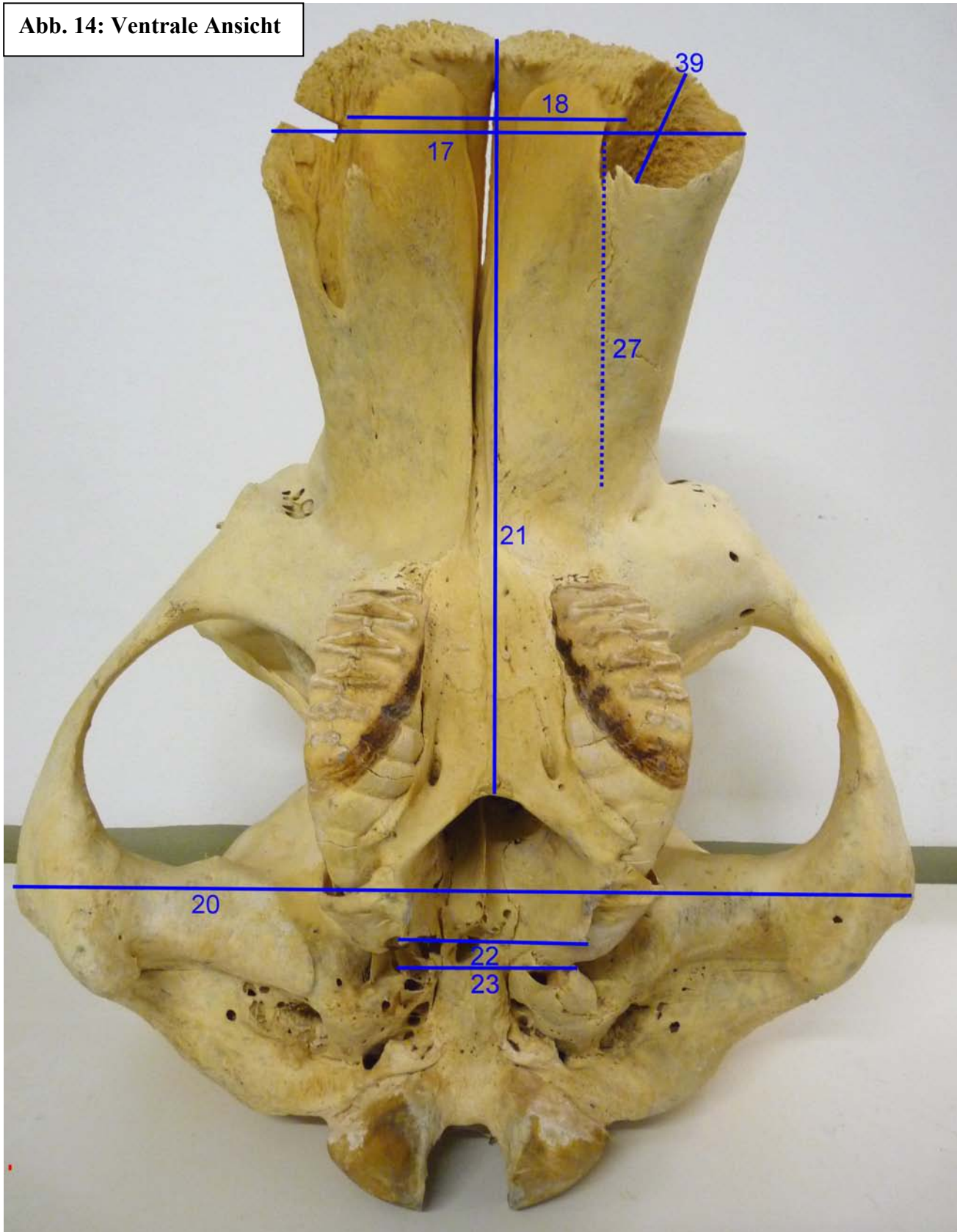
Abb. 13: Kraniale Ansicht



- 11: Maximale Breite des Cavum nasi, gemessen zwischen linkem und rechtem medialen Rand des Proc. nasalis des Os incisivum
- 12: Maximale Höhe des Cavum nasi gemessen zwischen dem ventralen Rand des Proc. nasalis des Os nasale und dem am weitesten dorsal gelegenen Suturpunkt beider Corpora ossis incisivi
- 14: Minimale Breite zwischen linker und rechter Leiste, die am Übergang zwischen dem Proc. frontalis und Proc. zygomaticus der Maxilla liegt
- 15: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Proc. dorsalis des Os lacrimale
- 16: Prosthion – am weitesten dorsal gelegener Punkt an der Suture zwischen beiden Corpora ossis incisivi
- 19: Minimale Breite zwischen dem linken und rechten Foramen maxillare

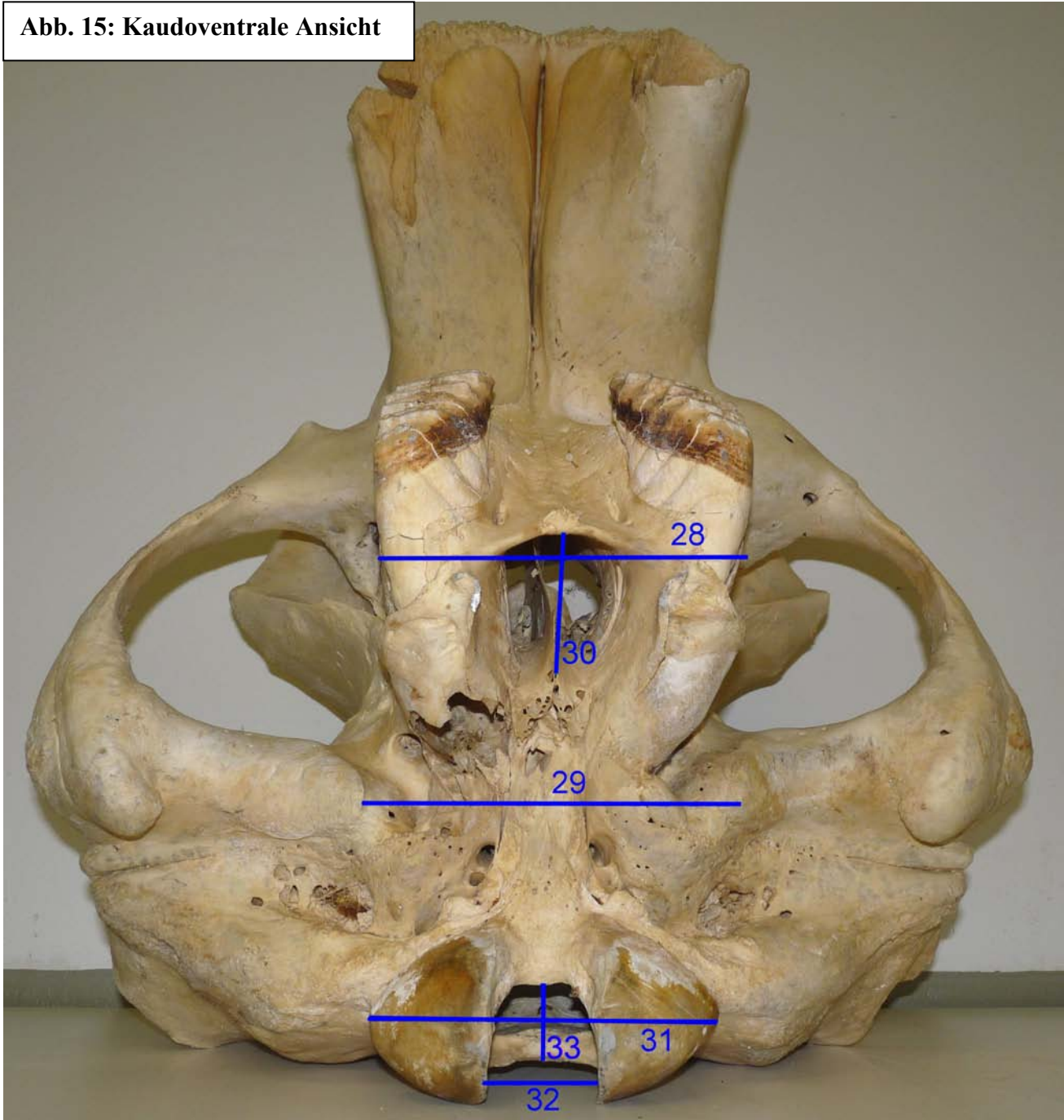
p = Prosthion

Abb. 14: Ventrale Ansicht



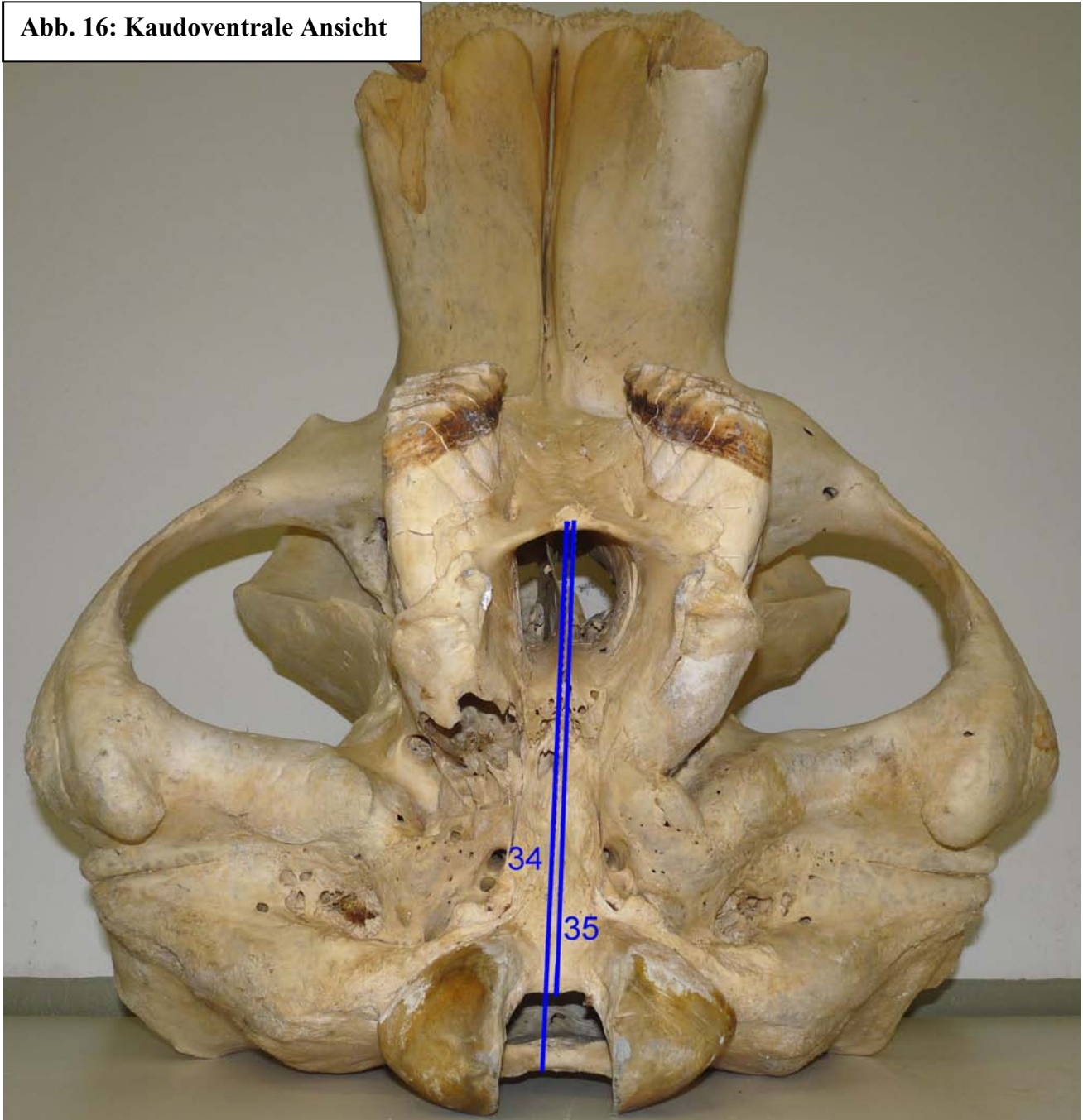
- 17: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem lateralen Stosszahnalveolarrand
- 18: Minimale Breite zwischen linkem und rechtem medialen Stosszahnalveolarrand
- 20: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Proc. zygomaticus des Os temporale
- 21: Prosthion – am weitesten kaudaler Suturpunkt beider Laminae horizontales des Os palatinum (kaudales Ende des harten Gaumens)
- 22: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Hamulus pterygoideus
- 23: Abstand zwischen linkem und rechtem Foramen ovale
- 27: Maximale Tiefe der Stosszahnalveole
- 39: Maximaler Durchmesser der Stosszahnalveole an der rostralen Öffnung

Abb. 15: Kaudoventrale Ansicht



- 28: Maximale Breite zwischen den buccalen Rändern der Backenzahnalveolen
- 29: Minimale Breite zwischen der linken und der rechten Kante der Facies articularis des Os temporale
- 30: Maximale Höhe des Nasopharynx gemessen zwischen dem kaudalen Ende des harten Gaumens und dem Corpus des Os basisphenoidale
- 31: Maximale Breite zwischen linkem und rechtem Condylus occipitalis
- 32: Maximale Breite des Foramen magnum gemessen zwischen linkem und rechtem medialen Condylenrand
- 33: Maximale Höhe des Foramen magnum

Abb. 16: Kaudoventrale Ansicht



- 34: Dorsaler Rand des Foramen magnum – kaudales Ende des harten Gaumens
- 35: Ventraler Rand des Foramen magnum – kaudales Ende des harten Gaumens

3.3. Osteometrische Ergebnisse:

Die Ergebnisse (Messstrecken) der Schädelvermessungen werden in den Tabellen 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 wiedergegeben.

3.3.1. *Loxodonta africana*:

Unter den Savannenelefanten ist Lucia das weitaus jüngste Individuum. Neptun wird mit 16 Jahren zu den adulten Tieren gerechnet, obwohl die Schädelgröße und die Schädelform nicht mit jener von Maximus übereinstimmen.

Vergleicht man die verschiedenen Messstrecken der Schädelknochen von *L. africana*, so sieht man einen eindeutigen Unterschied zwischen dem männlichen, „ausgewachsenen“ Individuum Maximus und den restlichen Tieren. Maximus hat einen wesentlich längeren Schädel als die weiblichen Exemplare dieser Art (Tab. 3; Strecke 1; Maximus: 105,2 cm; z.B. Kivu: 86,6 cm). Einen vergleichbaren Unterschied sieht man auch an der Schnauzenlänge (Tab. 4; Strecke 16; Maximus: 59 cm; z.B. Kivu: 43,8 cm) und an der Schnauzenbreite (Tab. 4; Strecke 17; Maximus: 62,7 cm; z.B. Kivu: 44,1 cm). Maximus hat einen höheren (Tab. 3; Strecken 24 und 36; Maximus: 66,8 cm und 53,6 cm; z.B. Anna: 56,6 cm und 43,7 cm) und breiteren (Tab. 3; Strecken 7, 8, 9, 10, 15, und 20) Schädel als die adulten Weibchen. Obwohl er in den meisten Messungen deutlich größere Werte als die Weibchen erzielt, ist es sehr interessant, dass die Schädelenge (Tab. 3; Strecke 9; Maximus: 31,6 cm) kleiner als jene der Weibchen (35,7 cm; 32,7 cm; 32,4 cm; 29,2 cm) und jene von Neptun (34,4 cm) ist. Setzt man die Schädelhöhe (Strecken 24 und 36) in ein Verhältnis zur Schädellänge, so sieht man, dass Maximus einen längeren Schädel hat, aber alle adulten Weibchen mit Ausnahme von Kivu einen höheren Schädel besitzen (Tab. 7). Gleiches gilt, wenn man die Schädelbreiten (Strecken 7, 8, 9, 10, 20) in ein Verhältnis zur Schädellänge (Strecken 1 und 2) setzt, wobei wiederum die Weibchen einen breiteren Schädel besitzen.

Der Schädel von Kivu ist der längste und breiteste unter den weiblichen Individuen, jedoch weitaus nicht der höchste.

Im Vergleich zu Maximus ist Neptuns Schädel in allen Messungen mit Ausnahme der Schädelenge (Strecke 9) und des Abstandes zwischen dem linken und rechten Hamulus pterygoideus (Strecke 22) kleiner.

Der Schädel des juvenilen, weiblichen Savannenelefanten Lucia ist der kleinste unter den untersuchten Individuen.

Die am Schädel von Neptun gemessenen Werte befinden sich zumeist im Bereich jener von weiblichen adulten Elefanten mit Ausnahme der Strecken 11, 12, 31 und 32. Bei letzteren lässt sich ein auffällender Unterschied zwischen den männlichen und den weiblichen Individuen erkennen (Tab. 5). Die Strecken 11 und 12 beschreiben das Cavum nasi und die Strecken 31 und 32 definieren die Größe des Foramen magnum bzw. den äußeren Abstand zwischen den Condyli occipitales. Die Strecke 32 (Tab. 5) beträgt sowohl bei Maximus als auch bei Neptun 8,6 cm. Die Strecken 11, 12, 31 und 32 sind bei den männlichen Individuen größer.

3.3.2. *Loxodonta cyclotis* im Vergleich zu *Loxodonta africana*:

Im Vergleich zu Maximus besitzt Kami einen wesentlich kleineren Schädel. Verwendet man als Maß für die Länge die Strecken 1 und 2, für die Höhe die Strecken 24 und 36 und für die Breite die Strecken 7, 8, 9, 10, 15 und 20 (Tab. 3) und vergleicht diese Werte mit dem Schädel von Maximus, so ist der Schädel des Savannenelefanten länger, breiter und höher als z.B. Kamis Schädel. Einzig allein die Schädelenge (Tab. 3; Strecke 9) ist bei Kami breiter als bei Maximus. Der Größenunterschied zwischen Kami und Neptun bzw. Kami und den weiblichen, adulten Savannenelefanten ist nicht eindeutig. Obwohl Kami in der Länge, in der Höhe und auch in der Breite einen kleineren Schädel als die durchschnittliche Savannenelefantenkuh besitzt, sind die Größenunterschiede gering. Deutliche Unterschiede sieht man an den Strecken, die die Form des Gesichtsschädels (bzw. der Schnauze) definieren (Tab. 4; Tab. 8). Die Strecken 17, 18 und 19, die die Schnauzenbreite charakterisieren, sind bei Kami größer als bei den weiblichen, adulten Savannenelefanten, obwohl Kami einen insgesamt kleineren Schädel besitzt. Dagegen sind die Strecken 16 und 21, die sich auf die Schnauzenlänge beziehen, bei Kami deutlich kleiner. Die Schädelenge (Strecke 9) ist breiter als bei Maximus, Neptun und den Savannenelefantenkühen. Einzig und allein Kivu besitzt eine breitere Schädelenge als Kami (Tab. 8). Setzt man die Schädelenge ins Verhältnis zur Schädellänge (Tab. 7; Verhältnis der Strecken 9 zu 1), erkennt man einen deutlichen Unterschied zwischen den Waldelefanten und den Savannenelefanten. Kami besitzt demnach eine relativ breite Schädelenge. Weiters interessant sind in diesem Zusammenhang die maximale Breite des Cavum nasi (Strecke 11) und der Durchmesser der Stosszahnalveole (Strecke 39). Hier besitzt Kami nach Maximus die größten Werte (Tab. 8).

Vergleicht man die beiden juvenilen Exemplare Lucia und Juventus miteinander, so besitzt der Savannenelefant Lucia einen größeren Schädel (Länge, Höhe, Breite). Der juvenile Waldelefant besitzt allerdings einen größeren Durchmesser am Alveolarrand der Stosszahnalevole (Strecke 39; Tab. 8). Zwischen Lucia und Juventus kann man ebenso Unterschiede in der

Schnauzenbreite und Schnauzenlänge erkennen. Auch beim juvenilen Waldelefanten ist die Schnauze breiter. Die Länge ist allerdings kürzer als beim juvenilen Savannenelefanten. Die Form der Schnauze scheint ein deutliches Unterscheidungskriterium zwischen Savannen- und Waldelefanten zu sein. Meist kann man den Unterschied schon bei der Adspektion erkennen, da der Waldelefant im Schnauzenbereich einen gedrungeneren Eindruck vermittelt. Setzt man die beiden Strecken 16 und 21 (Schnauzenlänge) in ein Verhältnis zur rostralen Schnauzenbreite (Strecke 17), so ist das Ergebnis beim Waldelefanten wesentlich kleiner als beim Savannenelefanten.

Vergleicht man den Schädel eines Waldelefanten in seiner kaudalen Ansicht mit dem eines Savannenelefanten, so besitzt der Waldelefant einen breiten und niedrigen Schädel. Um dies darzustellen, kann man die Strecken 7 und 8 als kaudale Schädelbreite in ein Verhältnis zur Strecke 36 (kaudale Schädelhöhe) setzen. Tabelle 6 zeigt im Artenvergleich eine wesentlich größere kaudale Schädelbreite und Höhe sowohl beim adulten als auch beim juvenilen Waldelefanten.

Vergleicht man bei den adulten Elefanten die Schädellänge (Strecke 1) mit verschiedenen Schädelbreiten (Strecke 7, 8, 9 und 10) so erkennt man, dass der Waldelefant einen verhältnismäßig kurzen Schädel hat (Tab. 7). Der gesamte Schädel des Waldelefanten macht auch rein adspektorisch einen gedrungeneren Eindruck als jener des Savannenelefanten.

3.2.3. Entwicklung des Schädels:

Abb. 17 zeigt, wie sich die Schädellänge (Strecke 1) zur Höhe (Strecken 24 und 36) in Abhängigkeit vom Zahnalter des Elefanten entwickelt. Das Verhältnis zwischen Schädellänge und Höhe ist bei Lucia weitaus kleiner als bei den untersuchten adulten Tieren. Wahrscheinlich manifestiert sich das Längenwachstum in überwiegendem Maße im Bereich der Schnauze. Man erkennt dies sehr gut in Tabelle 7 anhand der Verhältnisse der Schnauzenlängen (Strecke 16 und 21) zu den Schädelhöhen (Strecke 24 und 36). Im juvenilen Alter ist die Schnauze noch wesentlich kürzer als die Schädelhöhe, bei adulten Tieren ist erstere gleich groß oder größer.

Die Streckenverhältnisse 16 zu 17 (Breite) und 21 zu 17 (Tab. 4) zeigen bei juvenilen Elefanten eine zur Schnauzenlänge (Strecke 16 und 21) geringere rostrale Schnauzenbreite (Strecke 17). Bei adulten Elefanten ist der Unterschied zwischen rostraler Schnauzenbreite und Schnauzenlänge wesentlich geringer. Bei Maximus, Neptun, Kivu und Jumbo ist die Schnauze sogar breiter als lang (Verhältnis der Messstrecken 16 zu 17). Die kaudale Schnauzenbreite (Strecke 19) ist immer kleiner als die rostrale, jedoch ist der Unterschied bei juvenilen

Elefanten geringer als bei adulten Tieren. Anhand des Streckenverhältnisses 17 zu 19 (Tab. 4) sieht man, dass die Schnauze im rostralen Bereich weitaus mehr in die Breite wächst als im kaudalen Bereich. Dies dürfte mit der Entwicklung der Stoßzähne zusammenhängen.

Eine große Divergenz zwischen juvenilen und adulten Elefanten findet man, wenn man die Schädellänge in ein Verhältnis zur Schädelenge (Strecke 9) setzt. Während die Schädelenge beim juvenilen Schädel 44% der Schädellänge ausmacht, so ist es bei Neptun noch 40%, bei den adulten Weibchen noch 39% und bei Maximus nur noch 30% (Tab. 7).

Die beiden rostralen Schädelbreiten (Strecken 10 und 20) sind bei juvenilen Elefanten im Verhältnis zur Schädellänge geringgradig größer und nehmen im Laufe des Wachstums prozentuell ab. Weiters nimmt die kaudale Schädelbreite (Strecke 7) im Vergleich zur Schädellänge im Laufe des Alters geringgradig zu (Tab. 7).

Tab. 2: Gesamtübersicht aller gemessenen Strecken, Angaben in cm.																											
Strecken	Maximus			Neptun			Anna			Jumbo			Pimpf			Kivu			Lucia			Kami			Juventus		
	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re
1		105,2			85,6			84,5			80,5			82,1			86,6			41,5			65,8			40,4	
2		106,5			88,2			88,6			83,5			82,5			87,4			44,6			72,2			45,5	
3	20,3		20,3	17,1		x	16		15,9	15,8		17,9	18,9		18,4	18,4		18,4	10,4		10,4	17,3		17	10,1	10,3	
4	13,7		14	11,9		x	12		11,6	10		10,7	11,2		11,8	11,4		11,3	7,5		7,4	10,3		10,7	7,5	7,2	
5	70,5		71	58,6		58	56		56,4	52,6		52,8	52,5		53,1	56		56	25,2		25,4	44,3		44,1	26,1	26	
6	35,9		34,8	27,7		x	28		28,9	30,1		28,9	30,1		29,6	28		28,7	15,4		15,7	29,5		29	15	14,8	
7		64,4			55,4			55,1			59,6			54,5			60,6			24,2			54,3			23,2	
8		72,2			64,8			63,7			67,4			62,4			67,2			30,6			59,6			29,2	
9		31,6			34,4			29,2			32,7			32,4			35,7			18,3			34,9			15,8	
10		64,3			57,1			55,2			55,4			53			58			27,9			52,5			26,2	
11		42,2			32,3			31			29,6			30,9			28,4			14,7			34,4			13,4	
12		14			12,8			9,5			8,9			9,9			11,3			5,5			8,1			6,1	
13	48,8		49,9	40,7		x	42		40,6	39		39,8	40,8		40,3	39,7		39,5	23,3		23,4	38,2		37,8	22,4	22	
14		52,8			43			42,4			41,2			40,1			42,9			18,8			41,8			18,9	
15		56			47,3			47,3			46,2			42,3			47,4			21,1			43,5			20,6	
16		59			42,6			41,6			41,2			42,1			43,8			17,8			36,2			16,5	
17		62,7			41			33,2			42,5			38,3			44,1			14,4			47,1			17	
18		34,6			23,1			16,6			23,6			21,5			24,3			8,5			28			8	
19		40,4			32,2			26,7			31,3			28,8			31,4			11,9			35,7			13,8	
20		79,2			67,2			69,3			70,1			68,3			68,8			35,5			62,5			34,2	
21		63,7			50,5			51,4			50,6			47,9			52,6			24,1			41,8			24,8	
22		10,1			12,1			11,5			12,7			9,5			10,3			5,8			8,9			7,7	
23		13,9			13,8			14,3			13,4			13,3			13,8			9,2			13			9,9	
24	66,8		66,2	56		x	57		58,7	56,5		57,6	53,3		53,6	56,6		56,3	29,5		29,6	52		51,5	27,2	27,5	
25	3,9		2,6	3		2,7	2,5		2	2,7		2,1	3,6		2,5	3,7		2,8	1,7		1,4	3,4		3,2	1,8	1,8	
26	26		25,5	24,5		x	26		25,5	25,4		26	24,2		24,5	25		x	10,5		10,8	23		22,5	12,5	x	
27		63						38			40			41			46							37,5			
28		25,4			23,8			22,4			20,7			22,1			23,4			14,2			21,9			14,1	
29		32,6			29,7			24,3			26,3			27,2			28,4			15,5			24,8			15,1	
30		14,8			10,1			10			9,9			11,5			10,1			6,4			10,1			5,3	
31		24,7			22,8			20,6			19,2			19,7			19,8			13,1			19,4			13,2	
32		8,6			8,6			6,2			6			7,6			7,1			6,5			6,4			6,2	
33		7,6			x			7,1			7,1			7,5			6,8			5,3			7,5			5,4	
34		40,9			x			33,4			32,9			34,2			35,7			25,3			34,4			24,9	
35		33,9			27			27,5			27			28,5			29,1			20,3			27,5			19,5	
36		53,6			41,7			43,7			42,4			43,6			39,4			23,5			36,4			19,4	
37		21,5			17			14			16,9			16			17,6			6,5			15,2			5,4	
38		10,3			10,2			10,7			9,8			9,6			10,7			4			10,2			5,2	
39	11,8		11,7	8,8		x	9,6		x	9,1		9,3	9,6		7,4	9,4		9,3	2,7		2,2	10,7		10	4	x	
40	3,2		3	2,9		x	2,3		2,7	2,5		2,8	3,5		3,7	2,9		2,8	1,4		1,4	2,9		3,5	1,7	x	
41	3		2,4	1,7		x	2,1		1,9	1,6		1,6	1,4		1,4	1,7		1,8	0,8		0,9	0,8		0,6	0,7	x	
li = linke Gesichtshälfte vermessen; me = in der Medianen vermessen; re = rechte Gesichtshälfte vermessen; x = Wert nicht messbar																											

li = linke Gesichtshälfte vermessen; me = in der Medianen vermessen; re = rechte Gesichtshälfte vermessen; x = Wert nicht messbar

Tab. 3: Längen, Höhen und Breiten des Schädels:

Schädel		Maximus ♂ ad. L. afr.	Neptun ♂ ad. L. afr.	Anna ♀ ad. L. afr.	Jumbo ♀ ad. L. afr.	Pimpf ♀ ad. L. afr.	Kivu ♀ ad. L. afr.	Kami ♂ ad. L. cycl.	Juventus juv. L. cycl.	Lucia ♀ juv. L. afr.
	Strecken									
Länge	1	105,20	85,60	84,50	80,50	82,10	86,60	65,80	40,40	41,50
	2	106,50	88,20	88,60	83,50	82,50	87,40	72,20	45,50	44,60
	Mittelwert	105,85	86,90	86,55	82,00	82,30	87,00	69,00	42,95	43,05
Höhe	24	66,80	56,00	56,60	56,50	53,30	56,60	52,00	27,20	29,50
	36	53,60	41,70	43,70	42,40	43,60	39,40	36,40	19,40	23,50
	Mittelwert	60,20	48,85	50,15	49,45	48,45	48,00	44,20	23,30	26,50
Breite	7	64,40	55,40	55,10	59,60	54,50	60,60	54,30	23,20	24,20
	8	72,20	64,80	63,70	67,40	62,40	67,20	59,60	29,20	30,60
	9	31,60	34,40	29,20	32,70	32,40	35,70	34,90	15,80	18,30
	10	64,30	57,10	55,20	55,40	53,00	58,00	52,50	26,20	27,90
	15	56,00	47,30	47,30	46,20	42,30	47,40	43,50	20,60	21,10
	20	79,20	67,20	69,30	70,10	68,30	68,80	62,50	34,20	35,50
	Mittelwert	61,28	54,37	53,30	55,23	52,15	56,28	51,22	24,87	26,27

♂ = männlich; ♀ = weiblich; ad. = adult; juv. = juvenil; L. afr. = Loxodonta africana; L. cycl. = Loxodonta cyclotis

Tab. 4: Strecken an der Schnauze und deren Verhältnisse zueinander:

Schnauze		Maximus ♂ ad. L. afr.	Neptun ♂ ad. L. afr.	Anna ♀ ad. L. afr.	Jumbo ♀ ad. L. afr.	Pimpf ♀ ad. L. afr.	Kivu ♀ ad. L. afr.	Kami ♂ ad. L. cycl.	Juventus juv. L. cycl.	Lucia ♀ juv. L. afr.
	Strecken									
Schnauzenlänge	16	59,00	42,60	41,60	41,20	42,10	43,80	36,20	16,50	17,80
	21	63,70	50,50	51,40	50,60	47,90	52,60	41,80	24,80	24,10
	27	63,00		38,00	40,00	41,00	46,00	37,50		
Schnauzenbreite	17	62,70	41,00	33,20	42,50	38,30	44,10	47,10	17,00	14,40
	18	34,60	23,10	16,60	23,60	21,50	24,30	28,00	8,00	8,50
	19	40,40	32,20	26,70	31,30	28,80	31,40	35,70	13,80	11,90
Verhältnisse	16 : 17	0,94	1,04	1,25	0,97	1,10	0,99	0,77	0,97	1,24
	21 : 17	1,02	1,23	1,55	1,19	1,25	1,19	0,89	1,46	1,67
	17 : 1	0,60	0,48	0,39	0,53	0,47	0,51	0,72	0,42	0,35
	19 : 17	0,64	0,79	0,80	0,74	0,75	0,71	0,76	0,81	0,83
	16 : 19	1,46	1,32	1,56	1,32	1,46	1,39	1,01	1,20	1,50
	17 : 19	1,55	1,27	1,24	1,36	1,33	1,40	1,32	1,23	1,21
	21 : 1	0,61	0,59	0,61	0,63	0,58	0,61	0,64	0,61	0,58

♂ = männlich; ♀ = weiblich; ad. = adult; juv. = juvenil; L. afr. = Loxodonta africana; L. cycl. = Loxodonta cyclotis

Tab. 5: Messstrecken am Cavum nasi und Foramen magnum:

		Maximus ♂ ad. L. afr.	Neptun ♂ ad. L. afr.	Anna ♀ ad. L. afr.	Jumbo ♀ ad. L. afr.	Pimpf ♀ ad. L. afr.	Kivu ♀ ad. L. afr.	Kami ♂ ad. L. cycl.	Juventus juv. L. cycl.	Lucia ♀ juv. L. afr.
	Strecken									
Cavum Nasi	11	42,2	32,3	31	29,6	30,9	28,4	34,4	13,4	14,7
	12	14	12,8	9,5	8,9	9,9	11,3	8,1	6,1	5,5
Foramen magnum	31	24,70	22,80	20,60	19,20	19,70	19,80	19,40	13,20	13,10
	32	8,60	8,60	6,20	6,00	7,60	7,10	6,40	6,20	6,50

♂ = männlich; ♀ = weiblich; ad. = adult; juv. = juvenil; L. afr. = Loxodonta africana; L. cycl. = Loxodonta cyclotis

Tab. 6: Schädelbreitenmaße im Verhältnis zu Schädelhöhenmaßen:

	Maximus ♂ ad. L. afr.	Neptun ♂ ad. L. afr.	Anna ♀ ad. L. afr.	Jumbo ♀ ad. L. afr.	Pimpf ♀ ad. L. afr.	Kivu ♀ ad. L. afr.	Kami ♂ ad. L. cycl.	Juventus juv. L. cycl.	Lucia ♀ juv. L. afr.
Strecken									
7 : 36	1,20	1,33	1,26	1,41	1,25	1,54	1,49	1,20	1,03
8 : 36	1,35	1,55	1,46	1,59	1,43	1,71	1,64	1,51	1,30
7 : 24	0,96	0,99	0,97	1,05	1,02	1,07	1,04	0,85	0,82
8 : 24	1,08	1,16	1,13	1,19	1,17	1,19	1,15	1,07	1,04

♂ = männlich; ♀ = weiblich; ad. = adult; juv. = juvenil; L. afr. = Loxodonta africana; L. cycl. = Loxodonta cyclotis

Tab. 7: Messstrecken im Verhältnis zueinander:

Verhältnisse	Maximus ♂ ad. L. afr.	Neptun ♂ ad. L. afr.	Anna ♀ ad. L. afr.	Jumbo ♀ ad. L. afr.	Pimpf ♀ ad. L. afr.	Kivu ♀ ad. L. afr.	Kami ♂ ad. L. cycl.	Juventus juv. L. cycl.	Lucia ♀ juv. L. afr.
Strecken									
1 : 24	1,57	1,53	1,49	1,42	1,54	1,53	1,27	1,49	1,41
1 : 36	1,96	2,05	1,93	1,90	1,88	2,20	1,81	2,08	1,77
24 : 36	1,25	1,34	1,30	1,33	1,22	1,44	1,43	1,40	1,26
1 : 7	1,63	1,55	1,53	1,35	1,51	1,43	1,21	1,74	1,71
1 : 8	1,46	1,32	1,33	1,19	1,32	1,29	1,10	1,38	1,36
1 : 9	3,33	2,49	2,89	2,46	2,53	2,43	1,89	2,56	2,27
1 : 10	1,64	1,50	1,53	1,45	1,55	1,49	1,25	1,54	1,49
1 : 15	1,88	1,81	1,79	1,74	1,94	1,83	1,51	1,96	1,97
1 : 20	1,33	1,27	1,22	1,15	1,20	1,26	1,05	1,18	1,17
36 : 1	0,51	0,49	0,52	0,53	0,53	0,45	0,55	0,48	0,57
24 : 1	0,63	0,65	0,67	0,70	0,65	0,65	0,79	0,67	0,71
7 : 1	0,61	0,65	0,65	0,74	0,66	0,70	0,83	0,57	0,58
8 : 1	0,69	0,76	0,75	0,84	0,76	0,78	0,91	0,72	0,74
9 : 1	0,30	0,40	0,35	0,41	0,39	0,41	0,53	0,39	0,44
10 : 1	0,61	0,67	0,65	0,69	0,65	0,67	0,80	0,65	0,67
20 : 1	0,75	0,79	0,82	0,87	0,83	0,79	0,95	0,85	0,86
16 : 24	0,88	0,76	0,73	0,73	0,79	0,77	0,70	0,61	0,60
16 : 36	1,10	1,02	0,95	0,97	0,97	1,11	0,99	0,85	0,76
21 : 24	0,95	0,90	0,91	0,90	0,90	0,93	0,80	0,91	0,82
21 : 36	1,19	1,21	1,18	1,19	1,10	1,34	1,15	1,28	1,03
37 : 38	2,09	1,67	1,31	1,72	1,67	1,64	1,49	1,04	1,63

♂ = männlich; ♀ = weiblich; ad. = adult; juv. = juvenil; L. afr. = Loxodonta africana; L. cycl. = Loxodonta

cyclotis

Tab. 8: Vergleichsstrecken zwischen L. africana und L. cyclotis:

		Maximus ♂ ad. L. afr.			Neptun ♂ ad. L. afr.			Anna ♀ ad. L. afr.			Jumbo ♀ ad. L. afr.			Pimpf ♀ ad. L. afr.	
Strecken	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re
11		42,2			32,3			31			29,6			30,9	
17		62,7			41			33,2			42,5			38,3	
18		34,6			23,1			16,6			23,6			21,5	
19		40,4			32,2			26,7			31,3			28,8	
39	11,8		11,7	8,8		x	9,6		x	9,1		9,3	9,6		7,4
		Kivu ♀ ad. L. afr.			Lucia ♀ juv. L. afr.			Kami ♂ ad. L. cycl.			Juventus juv. L. cycl.				
Strecken	li	me	re	li	me	re	li	me	re	li	me	re			
11		28,4			14,7			34,4			13,4				
17		44,1			14,4			47,1			17				
18		24,3			8,5			28			8				
19		31,4			11,9			35,7			13,8				
39	9,4		9,3	2,7		2,2	10,7		10	4		x			

li = linke Gesichtshälfte vermessen; me = in der Medianen vermessen; re = rechte Gesichtshälfte vermessen; x = Wert nicht messbar; ♂ = männlich; ♀ = weiblich; ad. = adult; juv. = juvenil; L. afr. = Loxodonta africana; L. cycl. = Loxodonta cyclotis

4. Diskussion:

Die ersten Darstellungen des Elefantenschädels in der greifbaren Literatur stammen von MOULIN (1682). BOAS und PAULLI (1925) beschreiben morphologische Unterschiede zwischen Afrikanischen und Indischen (bzw. Asiatischen) Elefanten und stellen einen Afrikanischen Elefantenschädel in einer Zeichnung in der Ansicht von kranial dar. VAN DER MERWE et al. (1995) beschreiben die Schädelknochen des Afrikanischen Elefanten detailliert und stellen ihn in mehreren Ansichten dar.

Im Rahmen von Felduntersuchungen kann es wichtig sein, anhand des Kopfskeletts bzw. anderer Knochen eine Geschlechtsbestimmung durchzuführen (LAWS et al., 1975). Die meisten Verfahren sind nach den Angaben von LAWS et al. (1975) nur bei älteren Elefanten anwendbar, da sich juvenile Elefantenschädel in ihrer Größe und Form noch zu sehr ähneln.

Nach den Angaben von CORFIELD (1973) kann die Tiefe der Stosszahnalveole zur Geschlechtsbestimmung herangezogen werden. Hierbei besteht jedoch oft das Problem, dass durch gewaltsames Entfernen des Stosszahns (z.B. im Rahmen der illegalen Beschaffung von Elfenbein) die Alveole für eine genaue Messung zu stark beschädigt ist (VILJOEN, 1990).

Letztgenannter Autor beschreibt eine weitere Methode: Man misst den Abstand des linken und rechten Unterkiefers ventral der Condylen und kann so zwischen männlichen und weiblichen Savannenelefanten ab einem Alter von 15 Jahren differenzieren.

GRUBB et al. (2000) erarbeiteten nicht nur morphologische Unterschiede zwischen *Loxodonta africana* und *cyclotis*, sondern wiesen auch darauf hin, dass männliche Afrikanische Elefanten im Gegensatz zu den Weibchen lebenslang wachsen und das sowohl im Hinblick auf die Körpergröße als auch auf die Stosszähne. Dadurch besitzen Elefantenbullen ab einem gewissen Alter eine größere Schädellänge und einen größeren Durchmesser der Stosszahnalveole.

Die rechte Grafik in Abb. 17 zeigt die Schädellänge von einigen männlichen und weiblichen *L. africana* bzw. *L. cyclotis* im Verhältnis zu ihrem Alter. Das Alter wurde hierbei durch das Bestimmen des Zahnalters nach der Methode von LAWS (1966) festgelegt. Demnach kann man bei *L. africana* ab einem Zahndurchbruchstadium 6 - einem Alter von ungefähr 26 Jahren (siehe Abb. 18) - einen Elefantenbullen allein durch das Messen der Schädellänge von einer Kuh unterscheiden. In diesem Zahnalter liegt die Schädellänge des Männchens laut GRUBB

et al. (2000) bei ungefähr 90 cm. Ähnliche Verhältnisse liegen auch hinsichtlich des Durchmessers der Stosszahnalveolen vor (Abb. 17). Der limitierende Durchmesser liegt zwischen 9 und 10 cm; die Werte für Bullen liegen darüber.

Abb. 17 zeigt darüber hinaus, dass die Schädellänge von *L. cyclotis* bis zum Zahndurchbruchstadium 8 kein geschlechtsdifferenzierender Faktor ist. Im Gegensatz dazu kann man einen männlichen von einem weiblichen Waldelefanten relativ früh anhand des Durchmessers der Stosszahnalveole unterscheiden. Ab einem Zahndurchbruchstadium 4 – einem Alter von ungefähr 10 Jahren (Abb. 18) – besitzt ein männlicher Waldelefant einen signifikant größeren Durchmesser. Der limitierende Durchmesser beträgt ungefähr 8 cm.

In der vorliegenden Studie wurde der Schädel von Maximus mit einer Länge von 105,2 cm vermessen. Dies entspricht nach Abb. 17 (GRUBB et al., 2000) einem Zahndurchbruchstadium 8 bis 9 und einem Alter von mindestens 36 Jahren (Abb. 18).

Neptun besitzt eine Schädellänge von 85,60 cm. Dies entspricht laut GRUBB et al. (2000) einem Zahndurchbruchstadium 5 und 6 bzw. einem Alter von 10 bis 26 Jahren (Abb. 18). Somit stimmt das bekannte Alter von Neptun (16 Jahre) mit den nach GRUBB et al. (2000) berechneten Angaben überein.

Während sich mit der von GRUBB et al. (2000) beschriebenen Methode der Schädel von Maximus eindeutig dem männlichen Geschlecht zuordnen lässt, fällt dies bei Neptun weitaus schwerer. Neptun ist mit 16 Jahren unterhalb jenes Schwellenwertes, ab dem die männlichen Elefanten signifikant größer als die weiblichen sind. Die Maße des Schädels von Neptun befinden sich noch im Bereich der adulten Weibchen. Auch die für adulte Savannenelefantenbulln typische Schädelform mit schmaler Schädelenge und nach rostral breiter werdender Schnauze ist bei Neptuns Schädel noch nicht feststellbar. Interessanterweise gibt es nur 4 Strecken (11, 12, 31, 32), die bei beiden untersuchten Männchen größer sind als bei den weiblichen Tieren. Die Strecken 31 und 32 beschreiben die Breite des Foramen magnum bzw. den Abstand zwischen dem Außenrand beider Condyli occipitales. Die Strecken 11 und 12 beschreiben Höhe und Länge des Cavum nasi. Aufgrund dieser Ergebnisse aus der vorliegenden Arbeit ist es denkbar, die oben genannten Strecken zu einer Geschlechtsbestimmung bereits in jüngerem Alter als nach der von GRUBB et al. (2000) beschriebenen Methode heranzuziehen. Weiterführende Untersuchungen an mehreren Schädeln bekannten Alters und Geschlechtes wären wünschenswert.

Beim Waldelefanten Kami wurde eine Schädellänge von 65,8 cm gemessen. Wie schon erwähnt kann man das Geschlecht anhand der Schädellänge in diesem Größenbereich bei *L.*

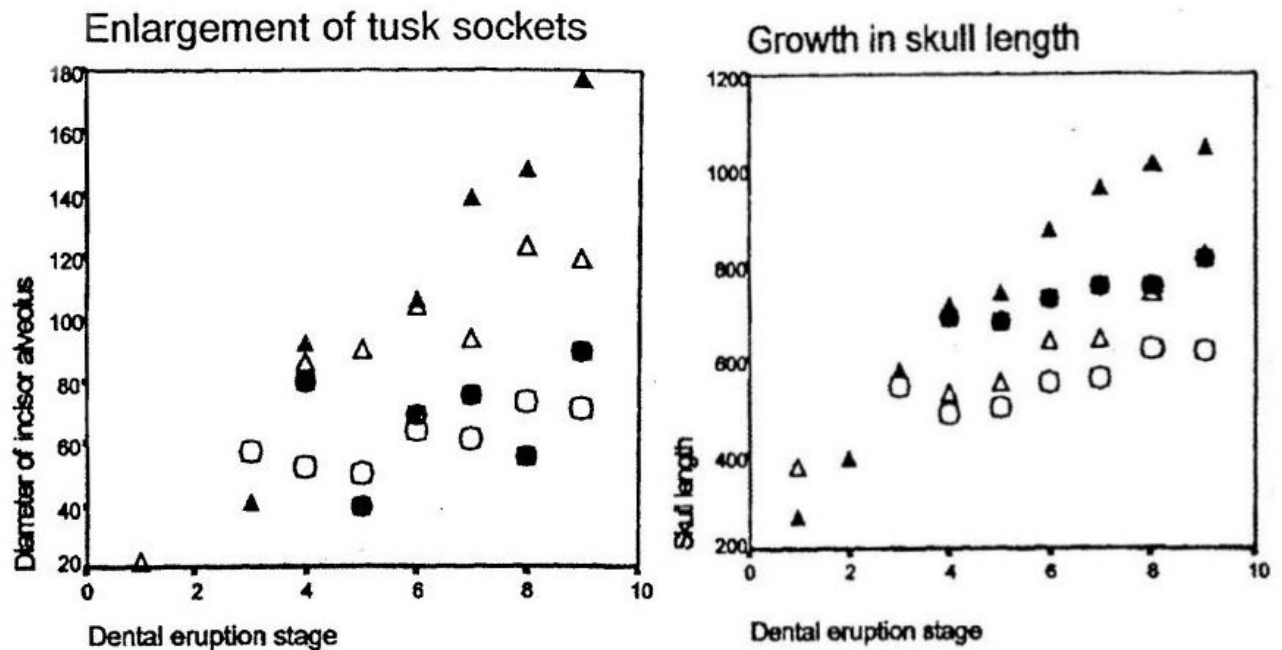
cyclotis noch nicht bestimmen. Erst bei einer Schädellänge von 75 – 80 cm kann man davon ausgehen, dass es sich um einen männlichen Waldelefanten handelt (siehe Abb. 17 nach GRUBB et al., [2000]).

Der Durchmesser der Stosszahnalveole von Maximus beträgt links 11,8 cm und rechts 11,7 cm und ordnet ihn somit nach der Methode von GRUBB et al. (2000) eindeutig den Bullen zu. Neptun ist mit einem Alveolendurchmesser von 8,8 cm auch für diese Methode noch zu jung, um eindeutig als Bulle identifiziert werden zu können. Anna, Jumbo, Pimpf und Kivu besitzen Stosszahnalveolen mit einem Durchmesser von 7,4 bis 9,4 cm und gelten somit als adulte Weibchen (Abb. 17 und 18).

Die Stosszahnalveole des Waldelefanten Kami beträgt links 10,7 und rechts 10 cm. Mit der von GRUBB et al. (2000) beschriebenen Methode kann man daher Kami, dessen Geschlecht unbekannt war, nun als männlichen Elefanten identifizieren.

Auch der juvenile Waldelefant Juventus ist unbekannten Geschlechtes. Da es für die Schädel von Elefanten dieses Alters derzeit keine geschlechtsdifferenzierenden, morphologischen Methoden gibt, kann das Geschlecht von Juventus osteometrisch nicht bestimmt werden.

Abb. 17: Darstellung des Durchmessers der Stosszahnalveole und der Schädellänge in Relation zum Zahndurchbruchstadium bei Afrikanischen Elefanten (GRUBB et al., 2000)



▲ = *L. africana* männlich; ● = *L. africana* weiblich; △ = *L. cyclotis* männlich; ○ = *L. cyclotis* weiblich

Dental eruption stage = Zahndurchbruchstadium:

Stadium 1: Molar 2 in Position

Stadium 2: Molar 2 wird gewechselt, Molar 3 kommt in Position

Stadium 3: Molar 3 in Position

Stadium 4: Molar 3 wird gewechselt, Molar 4 kommt in Position

Stadium 5: Molar 4 in Position

Stadium 6: Molar 4 wird gewechselt, Molar 5 kommt in Position

Stadium 7: Molar 5 in Position

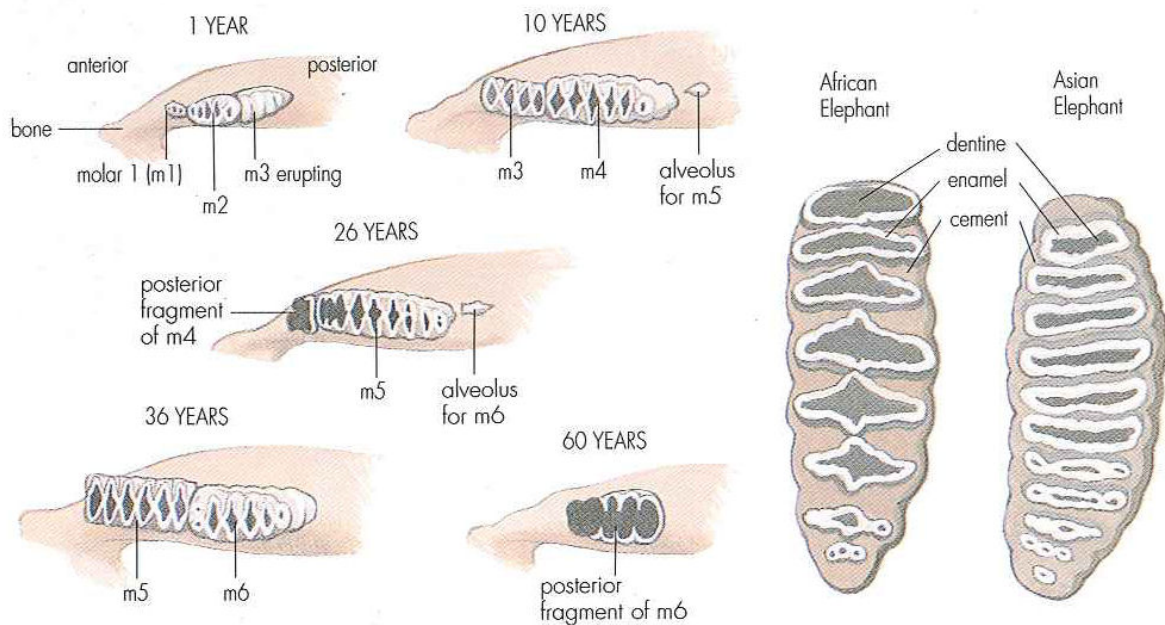
Stadium 8: Molar 5 wird gewechselt, Molar 6 kommt in Position

Stadium 9: Molar 6 in Position

Diameter of incisor alveolus = Durchmesser der Stosszahnalveole (Strecke 39);

Skull length = Schädellänge (Strecke 1)

Abb. 18: Zahnalter nach SHOSHANI (2000)



Neben der Geschlechtsdifferenzierung anhand von Skelettelementen wäre die Etablierung von verlässlichen osteologischen Kriterien zur Unterscheidung der Arten bzw. Unterarten des Taxons *Loxodonta* für die biologische Forschung von einiger Bedeutung. In der Arbeit von GRUBB et al. (2000) wird angegeben, dass man *L. africana* und *L. cyclotis* anhand von vier Messstrecken unterscheiden kann. Diese Messstrecken sind die Schädellänge, die Okzipitalhöhe, die Schädelenge und die Schnauzenbreite. Nach den Angaben von GRUBB et al. (2000) hat *L. africana* einen längeren und höheren Schädel und *L. cyclotis* eine breitere Schädelenge und Schnauze. Auch TODD (2010) beschreibt eine zur Schädellänge verhältnismäßig geringe Schädelenge bei Savannenelefanten. Diese Befunde decken sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit.

Darüber hinaus kann die Schnauzenlänge (Strecken 16 und 21) in Relation zur Schnauzenbreite (Strecke 17) auch zur Altersunterscheidung herangezogen werden. Juvenile Elefanten besitzen im Vergleich zur Schnauzenbreite eine wesentlich längere Schnauze als adulte Tiere. Dies trifft bei den vermessenen Exemplaren für *L. africana* als auch für *L. cyclotis* zu. Das Verhältnis der rostralen Schnauzenbreite (Strecke 17) zur Schnauzenlänge (Strecken 16 und 21) führt bei einem Vergleich des Waldelefanten Kami zu den untersuchten Savannenelefanten zu dem Ergebnis, dass Kami eine zur Schnauzenbreite verhältnismäßig kurze Schnauze besitzt. Untersuchungen mit einer weitaus höheren Anzahl an vermessbaren Individuen wären auch in dieser Hinsicht wünschenswert.

Interessant ist auch die während des Wachstums stattfindende Entwicklung des Verhältnisses der Schädelenge zur Schädellänge, welches bei adulten Savannenelefanten wesentlich geringer ist als bei juvenilen. Dies steht im Gegensatz zu den Verhältnissen bei *L. cyclotis*, bei welchen das Maß der Schädelenge mit der Schädellänge zunimmt.

Nach TODD (2010) ist die größte Breite des gesamten Schädels bei Savannenelefanten an der Orbita zu finden, bei Waldelefanten am Processus zygomaticus des Os lacrimale. Bei den für die vorliegende Arbeit untersuchten Tieren kann man diese Angaben nicht vorfinden. In beiden Fällen, sowohl bei Savannen- als auch bei den Waldelefanten, befindet sich die maximale Schädelbreite zwischen dem linken und rechten Processus zygomaticus des Os temporale (Messstrecke 20) zu finden. Weiters beschreibt TODD (2010) die Ausprägung der Vertiefungen am Os occipitale beim Savannenelefanten als schmal und beim Waldelefanten als breit. Diese Beschreibung trifft auf fünf von sechs untersuchten, adulten Savannenelefanten zu (Tab. 7; Strecke 37 im Verhältnis zur Strecke 38). Anna besitzt trotz geringer Länge (14 cm) der Vertiefungen eine verhältnismäßig große Breite (10,7 cm), was nach den Angaben von TODD (2010) einem Waldelefanten entspräche.

5. Zusammenfassung:

Die greifbare Literatur über die Osteologie des Schädels der Afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana* und *Loxodonta cyclotis*) ist sehr spärlich. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen umfassenden craniometrischen Datensatz zu erstellen und die Morphologie des Schädelknochens kurz gefasst zu beschreiben. Die erarbeiteten Ergebnisse werden vor allem im Hinblick auf Kriterien zur Determination der Art bzw. Unterart, des Alters und des Geschlechts mit Ergebnissen aus der vorhandenen Literatur diskutiert.

Zur Untersuchung gelangten sieben Schädel der Art *Loxodonta africana* und zwei Schädel der Art *Loxodonta cyclotis*, die entweder aus dem Institut für Anatomie der Veterinärmedizinischen Universität Wien oder dem Naturhistorischen Museum in Wien stammten. Sämtliche Schädel wurden mittels Schublehre vermessen, die Messstrecken fotografisch dokumentiert und die Messergebnisse in Tabellen dargestellt.

Manche erstmals in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Messstrecken dürften geeignet sein, bereits in einem deutlich jüngeren Alter als nach den bisher beschriebenen Methoden eine Geschlechtsbestimmung beim Schädel des Savannenelefanten durchführen zu können. Anhand der Ausprägung des Gesichtsschädels scheint weiters eine Zuordnung der Schädel entweder zu *Loxodonta africana* oder zu *Loxodonta cyclotis* möglich zu sein. Die Beurteilung des Gesichtsschädels und der Schädelänge lässt zumindest eine grobe Altersschätzung zu.

6. Extended summary:

Introduction:

Existing Literature concerning the osteology of the African Elephant (*Loxodonta africana*, bush elephant and *Loxodonta cyclotis*, forest elephant) skull is very rare. The aim of this study is to generate a comprehensive craniometrical dataset and describe the skull's morphology. The final results are discussed with data from literature dealing with determination of species or subspecies, age and sex.

Materials and methods:

For this study, seven skulls of *L. africana* and two skulls of *L. cyclotis* belonging to the Institute of Anatomy of the University of Veterinary Medicine Vienna or the National Museum of Natural History in Vienna were examined. The measurements were taken with a caliper and illustrated in photos. The metrical data was documented in tables.

Results:

The skull of a 16 years old male *Loxodonta africana* has a size comparable to that of female adult skulls. Among the measurements, only the width of the foramen magnum, the occipital condyles, the size of the cavum nasi and the tusk alveole are greater in males. The least width of the neurocranium compared to the length of the skull is smaller in the adult male *Loxodonta africana* than in younger males and females. The viscerocranium of juvenile *Loxodonta africana* is relatively longer than in adults.

The skull of the bush and the forest elephant differ in a few traits. Forest elephants have a shorter and wider viscerocranium and the least width of the neurocranium is wider than in bush elephants.

In adults, the skull is longer and the ratio of the least width of the neurocranium compared to the skull length is smaller than in juveniles.

Conclusion:

In this study, a method to distinguish between forest and bush elephant by means of considering measurements of the viscerocranium is described.

The age of an individual might be estimated using measurements of the viscerocranium also and of the least width of the neurocranium.

Some measurements described in this study could be useful for sex determination at earlier individual ages than mentioned in literature.

7. Literaturverzeichnis:

BLAIR, P. (1706): Osteographia elephantina. A full and exact description of all the bones of an elephant, which died near Dundee, April the 27th, 1706, with their several dimensions. Communicated in a letter to Dr. Hans Sloane, Royal Society's Secretary. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 27, 51-168.

BOAS, J.E.V., PAULLI, S. (1925): The Elephant's Head. The Carlsberg Fund, Copenhagen, S. 98-101.

CORFIELD, T.F. (1973): Elephant mortality in Tsavo National Park, Kenya. East African Wildlife Journal 11, 339-368.

DEBRUYNE, R., HOLT, A., BARRIEL, V., TASSY, P. (2003): Status of the so-called African pygmy elephant (*Loxodonta pumilio* (NOACK 1906)): phylogeny of cytochrome b and mitochondrial control region sequences. Comptes Rendus de Biologie 326(7), 687-697.

EALES, N.B. (1926): The Anatomy of a foetal African Elephant. *Elephas africanus* (*Loxodonta africana*) (Part 1). Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 54(3), 491-551.

GRUBB, P., GROVES, P.C., DUDLEY, J.P., SHOSHANI, J. (2000): Living African elephants belong to two species: *Loxodonta africana* (BLUMENBACH, 1797) and *Loxodonta cyclotis* (MATSCHIE, 1900). Elephant, 2, 1-4.

LAWS, R.M., (1966): Age criteria for the African Elephant. East African Wildlife Journal 4, 1-37.

LAWS, R.M., PARKER, I.S.C., JOHNSTONE, R.C.B. (1975): Elephants and their habitats. Clarendon Press, Oxford, S. 376.

MARIAPPA, D. (1986): Anatomy and Histology of the Indian Elephant. Indira Publishing House, S. 1-209.

MAYER, F.J.C. (1847): Beiträge zur Anatomie des Elefanten und der übrigen Pachydermen. Nova Acta Leopoldina 22, 1-88.

MOULIN, A. (1682): An Anatomical Account of the Elephant Burnt in Dublin. London.

- NAV (2005): Nomina Anatomica Veterinaria. 5th Edition, World Association of Veterinary Anatomists, www.wava-amav.org/downloads/nav_2005.pdf.
- ROCA, A.L., GEORGIADIS, N., PECON-SLATTERY, J., O'BRIEN, S.J. (2001): Genetic evidence for two species of Elephant in Africa. *Science* 293, 1473-1477.
- SHOSHANI, J. (2000): Anatomy and Physiology. In: SHOSHANI, J.: Elephants: Majestic creatures of the world. Revised edition, Checkmark Books, New York, S. 70.
- SHOSHANI, J. (2005): Order Proboscidea. In: WILSON, D.E., REEDER, D.M. (eds): Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. 3rd Edition, Volume 1, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, S. 90.
- SIKES, S.K.: (1971): The boundary and framework of the body. In: SIKES, S.K.: The Natural History of the African Elephant. Weidenfeld & Nicolson, London, S. 25-75.
- TODD, N. E. (2010): Qualitative Comparison of the Cranio-Dental Osteology of the Extant Elephants, *Elephas Maximus* (Asian Elephant) and *Loxodonta africana* (African Elephant). *The Anatomical Record* 293, 62-73.
- VAN DER MERWE, N.J., BEZUIDENHOUT, A.J., SEEGER, C.D. (1995): The skull of the African elephant (*Loxodonta africana*). *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 62, 245-260.
- VILJOEN, P.J. (1990): A method of skull-based sex determination of elephant carcasses. *South African Journal of Wildlife Research* 20(3), 118-119.
- VON DEN DRIESCH, A. (1976): A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin* 1, S. 1-136.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:

Abb. Abbildung

L. Loxodonta

lat. Lateinisch

Tab. Tabelle

p. Prosthion

a. Akrokranion

o. Opisthokranion

bzw. beziehungsweise

ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

Abb. 1: Schublehre mit einer Maximallänge von zwei Metern.....	S. 5
Abb. 2: Kaudale Ansicht.....	S. 14
Abb. 3: Laterale Ansicht.....	S. 15
Abb. 4: Ventrale Ansicht.....	S. 16
Abb. 5: Kraniale Ansicht	S. 17
Abb. 6: Knöcherne Begrenzung der Nasenhöhle	S. 18
Abb. 7: Orbita.....	S. 19
Abb. 8: Kaudoverale Ansicht.....	S. 20
Abb. 9: Laterale Ansicht.....	S. 22
Abb. 10: Dorsolaterale Ansicht.....	S. 23
Abb. 11: Kaudale Ansicht.....	S. 24
Abb. 12: Dorsale Ansicht.....	S. 25
Abb. 13: Kraniale Ansicht.....	S. 26
Abb. 14: Ventrale Ansicht.....	S. 27
Abb. 15: Kaudoverale Ansicht.....	S. 28
Abb. 16: Kaudoverale Ansicht.....	S. 29
Abb. 17: Darstellung des Durchmessers der Stosszahnalveole und der Schädellänge in Relation zum Zahndurchbruchstadium bei Afrikanischen Elefanten (GRUBB et al., 2000).....	S. 42
Abb. 18: Zahnalter nach SHOSHANI (2000).....	S. 43

TABELLENVERZEICHNIS:

Tab. 1: Überblick über die untersuchten Schädel.....	S. 6
Tab. 2: Gesamtübersicht aller gemessenen Strecken, Angaben in cm.....	S. 34
Tab. 3: Längen, Höhen und Breiten des Schädels.....	S. 35
Tab. 4: Strecken an der Schnauze und deren Verhältnisse zueinander.....	S. 35
Tab. 5: Messstrecken am Cavum nasi und Foramen magnum.....	S. 36
Tab. 6: Schädelbreitenmaße im Verhältnis zu Schädelhöhenmaßen.....	S. 36
Tab. 7: Messstrecken im Verhältnis zueinander.....	S. 37
Tab. 8: Vergleichsstrecken zwischen <i>L. africana</i> und <i>L. cyclotis</i>	S. 38