

Aus dem Department für Pathobiologie
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Morphologie
(Leiter: Univ.-Prof. Michal Kyllar)

**Vergleichend-anatomische Untersuchung der Scapula, des Humerus, des Radius und
der Ulna des Afrikanischen Savannenelefanten und des Asiatischen Elefanten**

Diplomarbeit
Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von
Juliana Phoebe Ngaio Pernhaupt
Wien, im Juli 2023

Betreuer: Ao.Univ.-Prof. Dr.med.vet. Gerald, Weissengruber
Institut für Morphologie
Department für Pathobiologie
Veterinärmedizinische Universität Wien

Begutachter: Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Priv.-Doz. Alfred, Galik
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Österreichisches Archäologisches Institut

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2.	MATERIAL UND METHODE	2
3.	LITERATURÜBERSICHT	5
3.1.	TAXONOMIE.....	5
3.2.	OSTEOLOGIE	7
3.2.1.	Scapula	7
3.2.2.	Humerus	8
3.2.3.	Radius und Ulna	9
4.	ERGEBNISSE	12
4.1.	SCAPULA	14
4.2.	HUMERUS	17
4.3.	RADIUS UND ULNA	22
5.	DISKUSSION	31
6.	QUELLENVERZEICHNIS.....	33

Abstract

In dieser Arbeit werden die morphologischen Unterschiede der Anatomie der langen Röhrenknochen sowie der Scapula des Afrikanischen Savannenelefanten (*Loxodonta africana*) genannt, sowie des Indischen Elefanten (*Elephas maximus*) behandelt. Die Knochen unterscheiden sich vor allem hinsichtlich ihrer Größe, die zum einen auf den Artenunterschied, zum anderen auf den Geschlechtsdimorphismus, zurückzuführen ist.

Bei der Scapula beispielsweise fällt auf, dass das *Tuberculum supraglenoidale* sowie auch der *Processus suprahumatus* beim Afrikanischen Elefanten weit prominenter ausfallen, als beim Asiatischen Elefanten. Zudem unterscheidet sich der Knochen hinsichtlich seiner Form von Art zu Art. Beim *Loxodonta africana* verläuft der *Margo cranialis* in einer konvexen Kurve, während er beim *Elephas maximus* eine wesentlich geradere Kante bildet.

Der Humerus des Asiatischen Elefanten ist deutlich stärker gewunden, als der des Afrikanischen Elefanten. Gleichzeitig bildet der *Epicondylus lateralis* des *Elephas maximus* eine scharfe Linie, während er beim *Loxodonta africana* zwei konvexe Ausläufer beschreibt die durch eine Einziehung voneinander getrennt werden.

Die *Processus coronarii* sind beim Afrikanischen Elefanten deutlich breiter, als die des asiatischen Verwandten. Die *Incisura trochlearis* ist beim *Elephas maximus* deutlich kürzer und verläuft deutlich konkaver als die des *Loxodonta africana*.

Die Tiere sind in völlig unterschiedlichen Lebensräumen zu Hause. Während der Indische Elefant sich im dichten Wald und Wiesen wohl fühlt, bevorzugt der Savannenelefant, wie der Name schon vermuten lässt, die Savannen Afrikas. Alleine der Untergrund bedarf einer unterschiedlichen Lastverteilung aber auch die unterschiedliche Ernährung hat einige Adaptionen der Anatomie hervorgebracht. Diese Variationen werden in dieser Arbeit schriftlich, bildlich und tabellarisch herausgearbeitet und zusammengefasst. Die Literatur dient hierbei als Stütze und Fundament der Arbeit.

In this work, the morphological differences of the anatomy of the long tubular bones as well as the scapula of the African bush elephant (Loxodonta africana) is discussed as well as those of the Indian elephant (Elephas maximus). Mainly, the bones differ with respect to their size, which is due to the difference in species, on the one hand, and to sexual dimorphism, on the other hand.

In the case of the scapula, for example, it is noticeable that the tuberculum supraglenoidale as well as the Processus suprahumeralis are far more prominent in the African elephant than in the Asian elephant. In addition, the bone differs in shape from species to species. In Loxodonta africana, the Margo cranialis runs in a convex curve, while in Elephas maximus it forms a much straighter edge.

The humerus of the Asian elephant is much more tortuous than that of the African elephant. At the same time, the Epicondylus lateralis of Elephas maximus forms a sharp line, while in Loxodonta africana it describes two convex extensions separated by a retraction.

The Processi coronarii of the African elephant are much broader than those of its Asian relative. The Incisura trochlearis is much shorter in Elephas maximus and runs much more concave than that of Loxodonta africana.

The animals live in completely different habitats. While the Indian elephant feels comfortable in dense forests and meadows, the African bush elephant, as the name suggests, prefers the wastelands of Africa. The base alone needs a different load distribution but also the different nutrition has produced some adaptations of the anatomy. These variations are worked out and summarized in this work in writing, pictorially and tabularly. Literature serves as a support and foundation of the thesis.

Abkürzungsverzeichnis

Abbreviation	Erklärung
HS	Höhe längs der Spina scapulae
GLP	Größte Länge des Processus articularis (Scapula)
BG	Breite der Gelenkfläche (Scapula)
LG	Länge der Gelenkfläche (Scapula)
GLI	Größte Länge lateral
Bd	Größte Breite distal
BT	Größte Breite der Trochlea
KD	Kleinste Breite der Diaphyse
GL	Größte Länge
Bp	Größte Breite proximal
BPc	Größte Breite über die Processus coronarii
NHM	Naturhistorisches Museum Wien
cm	Centimeter
Abb	Abbildung

1. Einleitung und Fragestellung

Elefanten gehören zu den bekanntesten Tieren unserer Welt. Durch ihre Größe, die außergewöhnliche Anatomie, Langlebigkeit und nicht zuletzt ihre sozialen Struktur ziehen sie die Aufmerksamkeit und das Interesse der Menschen seit Jahrhunderten auf sich. (1, 2)

Die Größe bringt eine enorme Kraft mit sich. In der Vergangenheit haben sich Elefanten als Kriegswaffen, Transportmittel für Menschen und ihre Güter, Arbeitstiere in der Holzwirtschaft und nicht zuletzt im Tourismus bewiesen. (2)

Trotz ihres großen Nutzens stoßen sie auch immer wieder auf Missfallen. Sie prägen die Landschaft, Pflanzen müssen sich anpassen, Bauern müssen kreativ werden, um ihre Ernte zu schützen. Obwohl Elefanten normalerweise sehr freundliche und neugierige Tiere sind, so können sie, vor allem wenn sie sich gerade in der Musth befinden oder auch einfach nur zum Schutz ihrer Familie und insbesondere Kälber, Menschen in Lebensgefahr bringen oder auch töten. (2, 1)

Obwohl Beiträge zum Skelett des Elefanten bis ins 18. Jahrhundert zurückgehen, sind anatomische bzw. gesicherte metrische Daten zu rezenten Elefantenarten in der wissenschaftlichen Literatur rar. Einzelne Knochenbeschreibungen sind zwar verfügbar, vergleichende Beschreibungen zum Afrikanischen Savannenelefanten (*Loxodonta africana*) und zum Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*) fehlen in der Literatur aber nahezu völlig. (2) Die Hypothese der Arbeit lautet, dass es sehr wohl Unterschiede zwischen den beiden Arten gibt. Es stellt sich die Frage, welche morphologischen beziehungsweise metrischen Unterschiede zwischen den Arten vorhanden sind. Ziel der Arbeit ist es, die langen Röhrenknochen der Vorderextremität, Scapula, Humerus, Radius und Ulna, vergleichend anatomisch darzustellen und osteometrisch zu bearbeiten und diese Fragestellung zu lösen. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden beschreibend sowie anhand ausgewählter Beispiele auch photographisch dargestellt. Zur Untersuchung gelangen anatomische Knochenpräparate, die bereits am Institut für Anatomie der Veterinärmedizinischen Universität Wien und am Naturhistorischen Museum Wien vorhanden sind.

2. Material und Methode

Bei dieser Arbeit standen zwei Präparate der Veterinärmedizinischen Universität Wien (VMU), eines Afrikanischen Elefantenbullens („Jumbo“) sowie einer Afrikanischen Elefantenkuh („Anna“), sowie vier Präparate des Naturhistorischen Museums (NHM) Wien zur Verfügung. Die Verteilung der Geschlechter ist in Tabelle 1 ersichtlich. Zusätzlich gab es noch ein zusammengesetztes Schaupräparat eines *Elephas maximus* der Veterinärmedizinischen Universität Wien, sowie ein rekonstruiertes Skelett eines Afrikanischen Elefanten des NHM. Die Knochen wurden mit Schublehren vermessen, mit einer Handkamera fotografiert und die makroskopischen, anatomischen Unterschiede schriftlich sowie tabellarisch herausgearbeitet.

Der eine Afrikanische Elefant der VMU, ein Weibchen, stammt aus dem Tiergarten Schönbrunn, während das männliche Tier aus einem Zoo in Deutschland kommt. Der Asiatische Elefant starb im 19. Jahrhundert im Tiergarten Schönbrunn. Wie aus den Karteien des Naturhistorischen Museums hervorgeht, stammen die Präparate zum Teil ebenfalls aus dem Tiergarten Schönbrunn sowie Elefanten aus Kenia, Zimbabwe, Somalia, die entweder bereits tot gefunden oder erschossen wurden. Die Tiere aus Schönbrunn sind teilweise eines natürlichen Todes gestorben, andere wurden getötet, weil sie sich zu aggressiven Individuen entwickelten und die Sicherheit der MitarbeiterInnen sowie BesucherInnen nicht mehr gegeben war. Die Vermessung der Knochen wurde mit dem Leitfaden „Das Vermessen von Tierknochen aus Vor- und Frühgeschichtlichen Siedlungen“ von Angela von den Driesch aus 1976 durchgeführt. Unterstützt werden die Ergebnisse durch diverse Literatur.

Mithilfe des Bildbearbeitungsprogramms von „Remove BG“ konnten die Bildhintergründe retouchiert werden, während für die Maßstäbe das Informatikprogramm „ImageJ“ genutzt wurde, um eine Relation zu den realen Maßen zu schaffen.

Tabelle 1: Geschlechterverteilung sowie Grad des Verschlusses der Epiphysenfugen (gg = größtenteils geschlossen; tg = teilweise geschlossen)

	29600	Anna	Jumbo	40828	80505	40102
Geschlecht	männlich	weiblich	männlich	männlich	männlich	weiblich
Tuberculum supraglenoidale	gg	gg	gg	gg	gg	gg
Proximale Epiphysenfuge Humerus	gg	gg	gg	gg	gg	gg
Mediale Epiphysenfuge Humerus	gg	gg	gg	gg	gg	gg
Condylus medialis humeri	gg	gg	gg	gg	gg	gg
Condylus lateralis humeri	gg	gg	gg	gg	gg	gg
Apophysis proximalis ulnae	tg	tg	tg	tg	tg	tg
Apophyse des Processus anconeus	tg	tg	tg	tg	tg	tg
Epiphysis proximalis radii	tg	tg	tg	tg	tg	tg

Epiphysis distalis radii	tg	tg	tg	tg	tg	tg
Epiphysis distalis ulnae	tg	tg	tg	tg	tg	tg

3. Literaturübersicht

3.1. Taxonomie

Elefanten zählen, genauso wie weitere 175 Spezies und Subspezies, zur Ordnung der Proboscidea. Es sind 42 Gattungen und 10 Familien. (3) Heute noch lebende Vertreter der Ordnung Proboscidea werden den Gattungen *Elephas* und *Loxodonta* zugeordnet.

Unter *Loxodonta* versteht man den Afrikanischen Elefanten. Man unterscheidet hierbei die Arten *Loxodonta cyclotis* (Waldelefanten), *Loxodonta africana* (Afrikanischer Elefant) mit den Unterarten *Loxodonta africana africana* (Kapelefant) und *Loxodonta africana oxyotis* (Steppenelefant). (4) *Elephas* bewohnt den asiatischen Kontinent. Zu ihnen zählt die Art *Elephas maximus* mit den Unterarten *Elephas maximus bengalensis*, *Elephas maximus hirsutus* (Malaya-Elefant), *Elephas maximus maximus* (Ceylon-Elefant) und *Elephas maximus sumatranus* (Sumatra-Elefant), wobei Indien mit Abstand den größten Anteil der Wildpopulation des *Elephas maximus* hat. (3, 5–7, 4)

Adulte Afrikanische Elefantenbullen gelten als die größten Landsäugetiere. Sie haben im Schnitt eine Schulterhöhe von 3-4 Metern und ein Gewicht von bis zu 7000kg (5, 4). Die Tiere wandern täglich weite Strecken im Schritt und Passgang. Per Definitionem, wird eine Bewegung erst dann als Laufen erkannt, wenn es eine Flugphase gibt, was wahrscheinlich auf die große Masse der Elefanten zurückzuführen ist. In der Literatur werden die Bewegungsmuster damit erklärt, dass das Bein beim Stehen, beziehungsweise in der Stützbeinphase beim Gehen gestreckter sein muss, je schwerer das Tier wird, weil es dadurch zur Kraftersparnis kommt. Das verlängerte Bein stellt dabei eine Art Hebelarm dar. Durch diesen ist ein schneller Schritt oder eben auch Passgang trotz der hohen Körpermasse, möglich.(8–10).

Das Elefantenskelett zählt mehr als 200 Knochen. Um das Gewicht tragen zu können, weist der Bewegungsapparat des Elefanten einige Modifikationen im Vergleich zu anderen Landsäugetieren auf. Man spricht von einer sogenannten Semi-Plantigradie der Hinterextremität, die sich durch die Körpermasse zu keiner echten Plantigradie, also sich auf den Zehen fortzubewegen entwickeln kann. Dem gegenüber steht die Vorderextremität, die

etwa 60% des Körpergewichts der Tiere trägt, sie wird als semiplantigrad beschrieben. (7, 11, 2, 12, 13).

Nach allgemeiner Übereinkunft spricht man im Alter von fünf bis zehn Jahren von juvenilen Elefanten. Als jugendlich werden sie im Alter von zehn bis zwanzig Jahren bezeichnet. Von zwanzig bis vierzig Jahren werden sie als adult definiert. Alle Elefanten über vierzig Jahren gelten als Senioren. (14, 15)

Obwohl freilebende Tiere dem größten Feind, dem Menschen, durch seine Jagd und ihre Infrastruktur, die die Landschaftstypen immer weiter zurückdrängt, bedroht wird, ist ihre Lebenserwartung bei weitem höher, als von Tieren, die in Zoos gehalten werden. Gründe dafür sind vor allem haltungsbedingte Schäden des Bewegungsapparats, die bei einer solch hohen Masse natürlich umso größere Probleme verursachen, als bei kleineren und leichteren Säugetieren. (16–19, 2). Vor allem die Vorderextremität scheint hier in Mitleidenschaft gezogen zu werden. (14)

Untersuchungen hinsichtlich der Morphologie von Elefanten fehlen in den gängigen Lehrbüchern zur Anatomie von Haussäugetieren vollständig oder werden nur in kurzen Sätzen abgehandelt. (2) Für eine Diagnose, Therapie und Prophylaxe ist aber ein genaues Verständnis und Wissen über die Physiologie aber unbedingt notwendig. Dadurch, dass der Elefant in Asien einen ganz anderen Stellenwert genießt, gibt es einzelne Beiträge zu Physiologie, Morphologie und Pathologie der Tiere aus ebendiesen Regionen. Dennoch sind es auch hier im Vergleich zu anderen Tierarten wenige Beiträge. Noch weniger wissenschaftliche Texte findet man zum Afrikanischen Elefanten.

3.2. Osteologie

3.2.1. Scapula

Die Scapula, ist ein unregelmäßiger, dreieckiger, flacher Knochen der kranial lateral dem Thorax aufliegt. Zusammen mit dem Humerus, dem Oberarmknochen, bildet sie das Schultergelenk, die *Articulatio humeri*. Die Scapula des Afrikanischen Savannenelefanten ist im Allgemeinen größer und breiter, als die des Asiatischen Elefanten. Die Scapula des Afrikanischen Savannenelefanten hat auch einen breiteren Hals und ein breiteres Acromion. Dorsal ist der Hals verhältnismäßig breiter als ventral. Der Knochen ist konvex geformt. (20, 21)

Die Scapula des Asiatischen Elefanten bildet drei Ränder, drei Winkel sowie zwei Flächen aus. Die dorsale Kante reicht von der ersten Rippe bis zur Mitte der sechsten Rippe. Der Scapulaknorpel verknöchert beim Afrikanischen Savannenelefant bereits im jungen Alter und hinterlässt eine Verwachsungsnaht. Beim *Elephas maximus* hingegen ist der Knorpel länger erhalten, geht aber spätestens durch die Präparation der Knochen verloren. Entlang des *Margo dorsalis* entspringt die *Spina scapulae*, die die laterale Ansicht des Knochens in zwei Partien teilt: Die *Fossa supraspinata* sowie die *Fossa infraspinata*. Beim Asiatischen Elefanten ist die *Fossa infraspinata* wesentlich breiter als bei seinem Artverwandten. Der distale Anteil der Spina formt sich zum Acromion, dem wiederum der *Processus hamatus* aufsitzt. Beim Afrikanischen Elefanten scheint zudem ein *Processus suprahamatus* ausgebildet zu sein. Der *Margo dorsalis* geht dann in eine Einziehung, die *Incisura scapulae*, über. Statt eines *Tuber spinae scapulae* ist ein *Processus coracoideus* ausgebildet. (20, 22, 21, 23–25, 16, 26)

Der *Margo dorsalis* ist beim Afrikanischen Savannenelefanten winkelig geformt und prominent. Diese Erhabenheit teilt den dorsalen Rand in einen kürzeren kranial gerichteten und längeren kaudal gerichteten Part. Bei beiden Tieren gibt es eine tiefe *Fossa subscapularis*. Sie ist geteilt in eine größere, dreieckige kaudale Fossa und eine kleinere kraniale Fossa, die einen Ansatzpunkt für diverse Muskeln darstellt. Das *Tuberculum supraglenoidale* ist am *Processus coracoideus* ausgebildet. (20, 21)

Der ventrale Winkel der Scapula artikuliert mit dem Humerus über die *Cavitas glenoidalis* der Scapula und dem *Caput humeri*. Die *Cavitas glenoidalis* ist kraniokaudal ausgerichtet und konkav geformt. Die Gelenksfläche ist in einen größeren medialen und eine kleinere laterale

Artikulationsfläche geformt – zwei Anteile, die durch eine sagittale Linie voneinander getrennt werden – genauso wie beim Afrikanischen Elefanten. (20)

3.2.2. Humerus

Im Allgemeinen ist der Humerus des Afrikanischen Savannenelefanten größer als der des Asiatischen Elefanten. Er ist der längste und stärkste Knochen der Vorderextremität und artikuliert proximal mit der Scapula und distal mit Radius und Ulna. Man kann die Diaphyse, das Corpus und eine proximale und distale Meta- und Epiphyse voneinander unterscheiden. (7, 20, 21)

In der kranialen Ansicht fällt auf, dass die *Tuberositas teres minor* beim Afrikanischen Savannenelefanten deutlich prominenter ausgebildet ist, als beim Asiatischen, bei dem sie eher flächig ausgebildet ist. Die Pars caudalis des *Tuberculum majus* ist weiter lateral und die *Crista tuberculi majoris* ist kantiger als beim *Loxodonta africana*. (7)

Die *Extremitas proximalis* des Humerus setzt sich aus einem *Caput humeri*, einem *Collum humeri* und zwei Tubercula – *Tuberculum major et minor* – zusammen. Die Tubercula sind dabei jeweils etwas höher positioniert, als der Kopf des Knochens. Der abgerundete Kopf ist kaudomedial situiert. In der *Incisura intertubercularis* verläuft die Ansatzsehne des *Biceps humeri*. Über den schmaleren Hals geht der Knochen dann in die Diaphyse oder auch *Corpus humeri* über. (21, 7, 3)

Das *Tuberculum majus* ist lateral des Kopfes zu finden. Er ist in einen großen kaudalen und kleineren kaudalen Anteil geteilt. Der *Sulcus intertubercularis* ist zwischen der *Pars cranialis* des *Tuberculum minus* und lateral zur *Pars cranialis* des *Tuberculum majus* zu suchen. Für den Ansatz des *Musculus infraspinatus* befindet sich lateral am *Tuberculum majus* eine kleine, ovale Insertionsfläche, die *Facies musculi infraspinati*. (20, 7, 21)

Die *Crista tuberculi majoris* zieht von kranial des *Caput humeri* bis zur Mitte des Humerusschaftes. Auch vom *Tuberculum minus* zieht die *Crista tuberculi minoris* weg, die in der *Tuberositas teres major* endet. Die *Foramina nutritiva* sind normalerweise kaudal dieser Tuberositas zu finden, wie bei Schafen. (27, 20, 22, 7, 21)

Wie überall, bildet natürlich auch das *Corpus humeri* Ansatzflächen für Muskeln aus. Da ist zum einen die *Tuberositas deltoidea* zu nennen, die im proximalen Anteil der Diaphyse zu finden ist. Sie ist als unscheinbare, raue Fläche ausgeprägt. (20, 21) Eine sagittale Rille teilt die Trochlea in eine kleinere mediale und größere laterale Partie. Der *Epicondylus lateralis* liegt genau über dem Condylus. Die muskuloskeletale Rille ist limitiert durch die *Crista supracondylaris lateralis* an der kaudalen Fläche des Schaftes. Die *Fossa olecrani* wird durch die beiden Epicondylen begrenzt. Der *Epicondylus medialis* ist eher klein und caudoproximal des lateralen situiert. Die *Fossa radialis* befindet sich kranial. Es ist kein *Foramen supratrochleare* ausgebildet. (20, 28, 7, 21)

3.2.3. Radius und Ulna

Radius und Ulna artikulieren proximal mit dem Humerus und distal mit den Carpalknochen. Der Radius artikuliert kraniomedial mit dem proximalen Anteil der Ulna. Die Diaphyse des Radius windet sich kranial über die Ulna und artikuliert distal mit dem medialen Aspekt der Ulna. (20, 21)

Der Radius artikuliert proximal zum einen mit dem Humerus, zum anderen mit dem medialen Anteil der Ulna. Distal artikuliert der Knochen mit den Karpalknochen. Man kann eine *Extremitas proximalis und distalis*, einen Schaft, auch *Corpus* bezeichnet, unterscheiden. Die proximale Extremitas ist kleiner als die distale. Wieder ist der Radius des Afrikanischen Savannenelefanten im Allgemeinen länger und dünner, als der des Asiatischen Elefanten. Der Radius des *Loxodonta africana* hat eine flachere distale Endfläche, als der des Asiatischen Elefanten. Über lateral nach distal windet er sich um seine longitudinale Achse. Die *Fovea capitis*, eine raue Fläche, ist gelenkig mit dem Humerus verbunden. (21, 3)

Das *Collum radii* setzt den Kopf des Radius vom Körper ab. Für die Verbindung mit der Ulna ist die Oberfläche unregelmäßig geformt. Die kraniale Fläche des proximalen Teils, auch *Tuberositas radii* genannt, ist ebenfalls angeraut, für den Ansatz diverser Muskeln. Das *Corpus radii* ist beidseitig komprimiert. Medial ist die Diaphyse konkav und rauh, während sie lateral konvex und glatt erscheint. (21)

Nahe der distalen Epiphyse gewinnt der Schaft wieder an Breite. Die *Extremitas distalis* ist unregelmäßig, dreieckig geformt – die Basis des Dreiecks weist nach kaudal und bildet den größten Anteil des Knochens. An dieser Stelle sind auch mehrere Foramina, vermutlich zur Versorgung des Knochens mit Nährstoffen, zu finden. Es ist eine ovale Artikulationsfläche distal der Epiphyse für die Ulna ausgebildet. (21) Der *Processus styloideus radii* ist durch zwei raue konvexe Flächen ausgeprägt, die durch eine kleine Abflachung des Knochens voneinander getrennt werden. (20, 21)

Die Ulna ist, wie bei Haussäugetieren, größer und kräftiger als der Radius. Auch hier sind wieder zwei Extremitas voneinander zu unterscheiden, die über das *Corpus ulnae* miteinander verbunden sind. Das Olekranon reicht proximal über den Radius hinaus. Das *Tuber olecrani* ist massiv, vor allem in seinem kaudolateralen Anteil. An der dorsalen Fläche des Olekranons wird der Knochen zum *Processus anconeus* hin immer schmaler. An besagter dorsaler Fläche sind wiederum mehrere Foramina zu sehen. (20, 22, 27, 21)

Unterhalb des *Tuber olecrani*, ist der Knochen bilateral komprimiert, was einen schmalen kaudalen Rand entlang des Schaftes bildet. Die *Incisura trochlearis* ist nach kranial gerichtet, mit einem verbreiterten proximalen Anteil und setzt sich nach medial und lateral über den *Processus coronoideus* fort und bildet so eine konkave Oberfläche. Der *Processus anconeus* ist breit und hat eine runde Form. (20, 21)

Kranial ist das *Corpus ulnae* abgeflacht, proximal bildet er eine dreieckige Form und distal erscheint er beinahe viereckig. Die kraniale Fläche ist angeraut, weil hier ligamentöse Verbindungen zwischen Radius und Ulna ausgebildet sind. Diese Einziehung wird auch als *Incisura radialis* bezeichnet. (20, 21)

Lateral ist die Diaphyse des Schafts gerade und die kraniale und kaudale Kontur ist leicht geneigt. Die mediale Fläche ist an ihrem distalen Ende wiederum höckerig für den Radius, der sich zur Epiphyse hin verbreitert. (20, 21)

Eine raue ovale Oberfläche zeigt sich an der *Extremitas distalis*, wiederum zur Artikulation mit dem Radius. *Processus styloideus ulnae* ist kaudal unter der Linie der Epiphyse zu finden und weist lateral eine gewisse Erhabenheit auf. Wiederum sind eine Reihe von Foramina zu

sehen. Weder beim Asiatischen noch beim Afrikanischen Savannenelefant ist ein *Spatium interosseum* ausgebildet. (20, 21)

Die Artikulationsfläche mit der proximalen Reihe der *Ossa carpi* erfolgt fast ausschließlich über die Ulna und nicht über den Radius, der nur an seiner medialen Seite eine Gelenksfläche hierfür ausgebildet hat. (16)

4. Ergebnisse

Die langen Röhrenknochen der Elefanten bestehen aus einem Schaft (Diaphyse), zwei Enden (Epiphysen) und einem Wachstumsbereich (Metaphyse). Der Schaft ist der längste Teil des Knochens und besteht aus der Knochenhöhle gefüllt mit Knochenmark, das von einer dicken Schicht aus Knochenmaterial umgeben ist. Die Epiphysen bilden die Gelenkflächen des Knochens und sind von einer dicken Knorpelschicht umgeben, die als Gelenkknorpel bekannt sind. Die Metaphyse ist der Bereich, in dem das Wachstum des Knochens über die Wachstumsfuge stattfindet.

Der Asiatische Elefant (*Elephas maximus*) ist im Durchschnitt deutlich kleiner als der Afrikanische Elefant (*Loxodonta africana*). Das zeigt sich auch in der Größe ihrer langen Röhrenknochen. Die Knochen des Asiatischen Elefanten sind im Allgemeinen kürzer und dünner als die des Afrikanischen Elefanten.

Auch die Form der langen Röhrenknochen des Asiatischen Elefanten unterscheidet sich von der des Afrikanischen Elefanten. Die Knochen des Asiatischen Elefanten haben einen länglichen, schlanken Schaft und kürzere, dicker aussehende Enden. Im Gegensatz dazu haben die Knochen des Afrikanischen Elefanten einen kürzeren, stämmigeren Schaft und längere, schmalere Enden.

Die Gelenke der langen Röhrenknochen des Asiatischen Elefanten sind anders geformt als die des Afrikanischen Elefanten. Die Gelenkflächen des Asiatischen Elefanten sind flacher und breiter als die des Afrikanischen Elefanten. Die Knochen des Afrikanischen Elefanten sind schwerer als die des Asiatischen Elefanten.

Im Folgenden wird nur noch auf die allgemeinen makroskopischen Unterschiede der langen Röhrenknochen der Elefanten eingegangen und nicht mehr auf eine allgemeine deskriptive Anatomie.

Die anatomischen Variationen und vor allem die unterschiedlichen Größen sind jeweils in Tabellen herausgearbeitet. Gemessen wurde an den Präparaten „29600, Anna und Jumbo“ (*Loxodonta africana*), sowie „40828, 80505 und 40102“ (*Elephas maximus*) aus der Sammlung für Säugetiere des Naturhistorischen Museums Wien sowie aus dem Archiv des Instituts für Morphologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien.

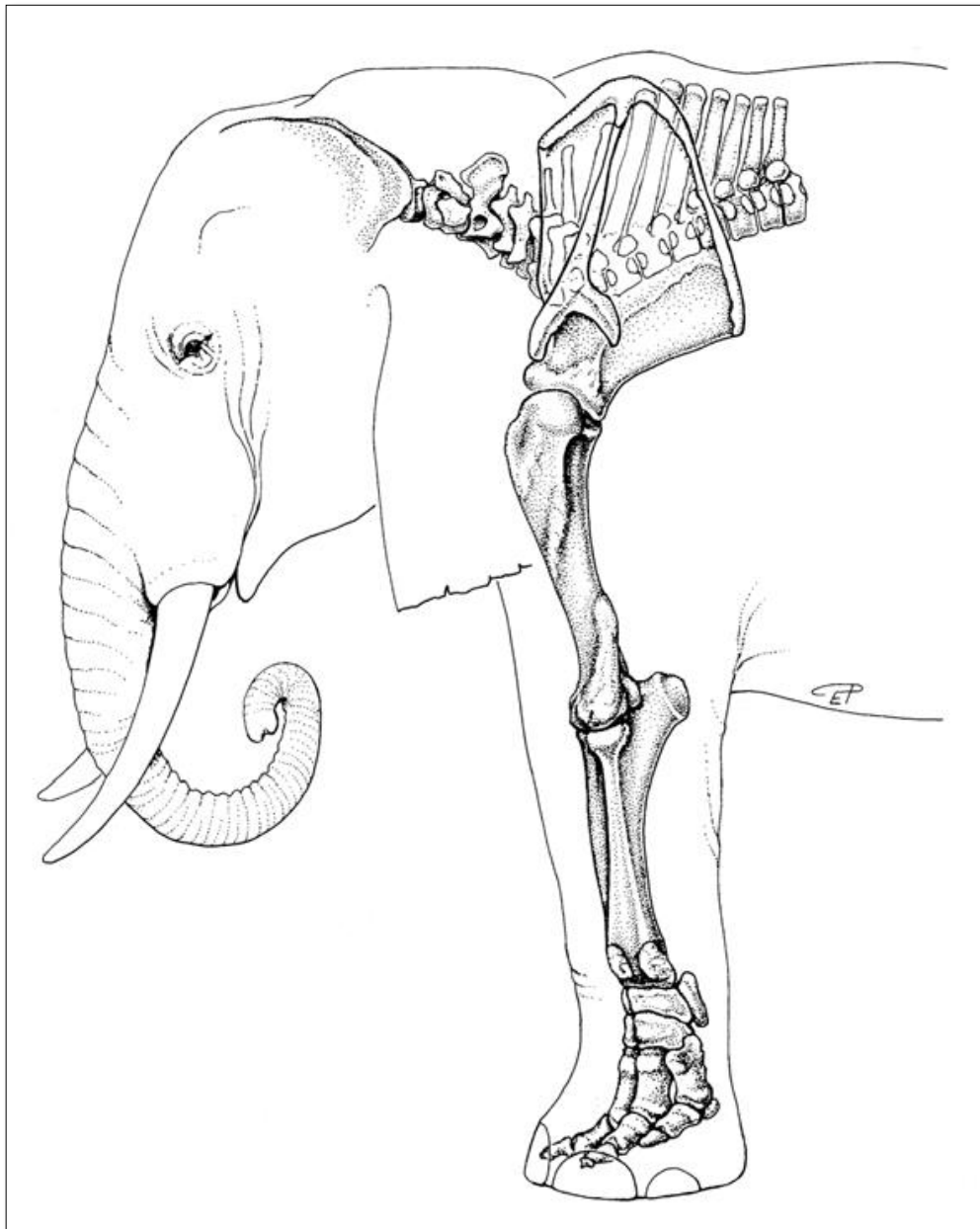


Abbildung 1: Linke Vorderextremität, adulter Afrikanischer Elefant. Ansicht von lateral. Zeichnung: Dr. Eva Polsterer, Institut für Anatomie, Veterinärmedizinische Universität Wien. (4)

4.1. Scapula

Die Scapula des Afrikanischen Elefanten ist wesentlich größer, als die des asiatischen Elefanten. (Tab. 2) Der *Margo cranialis* zieht in einem leicht konvexen Bogen hin zum *Angulus cranialis*. Dieser Winkel geht dann sanft in den *Margo caudalis* über. Die *Spina scapulae* teilt die *Facies lateralis* in die *Fossa infraspinata* sowie *Fossa supraspinata*. Die *Fossa supraspinata* erhält dabei durch den beinahe gerade verlaufenden Rand des *Margo dorsalis* mehr Fläche, als die des asiatischen Verwandten. Die *Spina scapulae* weist bereits im proximalen Drittel eine kleine flächige Auftreibung auf, bildet dann aber erst im zweiten und dritten Anteil ein Acromion aus, dem der *Processus hamatus* sowie *suprahamatus* aufsitzt. Wie bereits weiter oben erwähnt, ist der *Processus suprahamatus* beim Afrikanischen Elefanten weit prominenter ausgebildet, da er hier einem wichtigen Muskel als Ansatzpunkt dient. Der *Margo cranialis* geht distal über die *Incisura scapulae* in das *Tuberculum supraglenoidale* über, das beim Afrikanischen Elefanten wiederum wesentlich größer ausgebildet ist. (Abb. 2)

Der *Margo cranialis* verläuft beim Asiatischen Elefanten in einer geraden Linie hin zum *Angulus cranialis*, der sich eher prominent im Vergleich zum Afrikanischen Elefanten abhebt. Caudal dieses Angulus zieht der *Margo dorsalis* in einer konvexen Linie zum *Angulus caudalis*. Dieser ist im Gegensatz zum *Loxodonta africana* spitz. (Abb. 2, Abb. 4)

Die *Spina scapulae* geht bereits im ersten Drittel sanft in eine flächige Auftreibung über, die sich dann sofort in ein *Acromion*, sowie einen *Processus hamatus* aufteilen. Anders als in der Literatur beschrieben, ist auch beim Asiatischen Elefanten ein *Processus suprahamatus* ausgebildet, der jedoch weit kürzer ist und einen sanfteren Winkel hin zum *Acromion* ausgebildet hat. Die *Incisura scapulae* ist weniger tief und das *Tuberculum supraglenoidale* weniger prominent. (Abb. 2, Abb. 3)

Tabelle 2: Vergleichende Maße der Scapula des *Loxodonta africana* (29600, Anna, Jumbo) und des *Elephas maximus* (40828, 80505, 40102). Angaben in cm

	29600	Anna	Jumbo	40828	80505	40102
HS	88	76,9	81,3	60,4	63,7	60,1
GLP	25	13,7	19,2	16,2	18	15,8
BG	8,4	4,2	5,4	5,5	6,4	5
LG	17,8	10,4	15,2	12,5	14,3	11,7



Abbildung 2: Scapula des *Elephas maximus* (links) und des *Loxodonta africana* (rechts). Ansicht von lateral



Abbildung 3: distales Ende der linken Scapula des *Elephas maximus*. Ansicht von lateral



Abbildung 4: distales Ende der linken Scapula des *Loxodonta africana*. Ansicht von lateral.

4.2. Humerus

Wiederum zeigt sich, dass der Humerus des Afrikanischen Elefanten wesentlich größer ist, als der des Asiatischen. (Tab. 3) In der kranialen Ansicht blickt man direkt auf den *Sulcus intertubercularis*, der eher flach im Vergleich zum *Elephas maximus* nach distal verläuft. Lateral des Sulcus zieht die *Tuberositas deltoidea* nach distal. Diese ist sehr prominent ausgebildet und weist kranial eine aufgeraute Fläche auf, die bereits in der Literatur beschrieben wird. (21) Der *Epicondylus lateralis* zieht in einer konkaven Linie nach proximal um dort dann, etwa am Übergang zwischen dem dritten und dem zweiten Drittel eine prominente Ausziehung nach lateral aufzuweisen. (Abb. 5, Abb. 6)

Die artikulierende proximale Gelenksfläche ist beim Afrikanischen Savannenelefanten breiter ausgebildet, als beim Asiatischen Elefanten. In der kaudalen Ansicht zeigt sich der *Epicondylus lateralis* sehr deutlich. Zudem sieht man, dass die *Fossa olecrani* weit tiefer ist, als beim *Elephas maximus*. (Abb. 5, Abb. 6)

Neben der Größe fällt auf, dass die *Tuberositas deltoidea* beim *Elephas maximus* eine unauffällige Leiste bildet. Der *Epicondylus lateralis* ist eine gerade Kante, die sich nach proximal erstreckt um nach dem distalen Drittel eckig zu enden. (Abb. 5, Abb. 6)

Das *Tuberculum majus* hat an seinem höchsten Punkt einen Kamm ausgeprägt, der von der *Pars cranialis*, zur *Pars caudalis* zieht und dann in die *Crista tuberculi majoris* übergeht. Zudem fällt auf, dass der Humerus des Asiatischen Elefanten eine wesentlich stärkere Windung durch den, im Vergleich tieferen, *Sulcus musculi brachialis* erfährt. (Abb. 5, Abb. 6)

Tabelle 3: Vergleichende Maße des Humerus des *Loxodonta africana* (29600, Anna, Jumbo) und des *Elephas maximus* (40828, 80505, 40102). Angaben in cm

	29600	Anna	Jumbo	40828	80505	40102
GLI	107,8	90,4	102,3	91,5	94,7	89,6
BD	25,1	20,2	22,7	23,5	26,3	23,2
BT	20,4	12	14,9	16,4	19,4	16,1
KD	9,5	5,6	7,3	6,1	9,5	5,8



Abbildung 5: Kaudale Ansicht des rechten Humerus des Afrikanischen Elefanten (links) und des Asiatischen Elefanten (rechts).

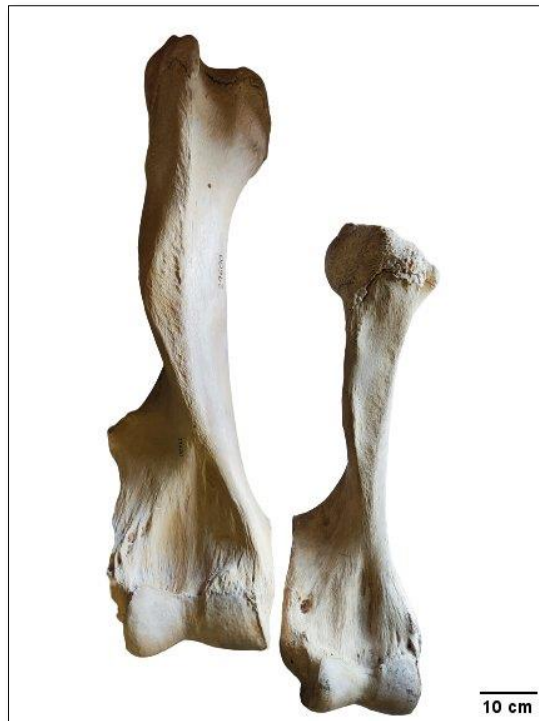


Abbildung 6: Kraniale Ansicht des rechten Humerus des Afrikanischen Elefanten (links) und des Asiatischen Elefanten (rechts).

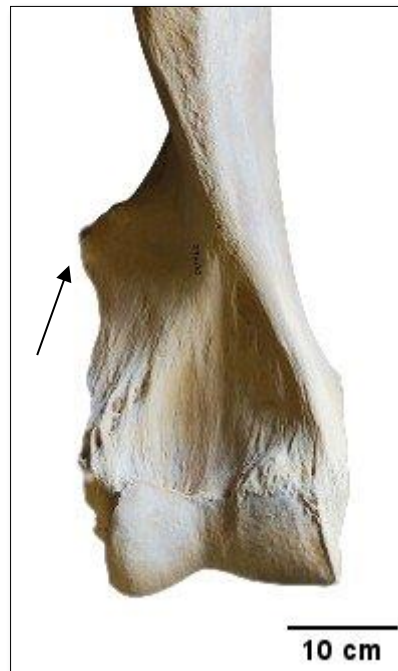


Abbildung 7: *Epicondylus lateralis* (siehe schwarzer Pfeil) mit *Crista supracondylaris lateralis* des *Loxodonta africana*. Ansicht von kranial.

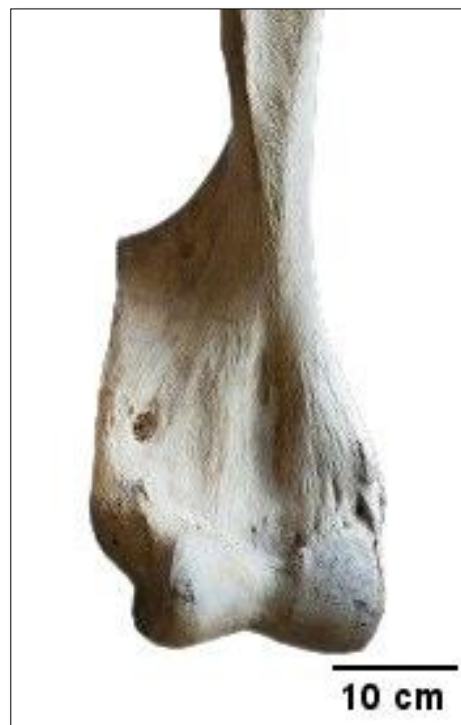


Abbildung 8: *Epicondylus lateralis* (siehe schwarzer Pfeil) mit *Crista supracondylaris* des *Elephas maximus*. Ansicht von kranial.

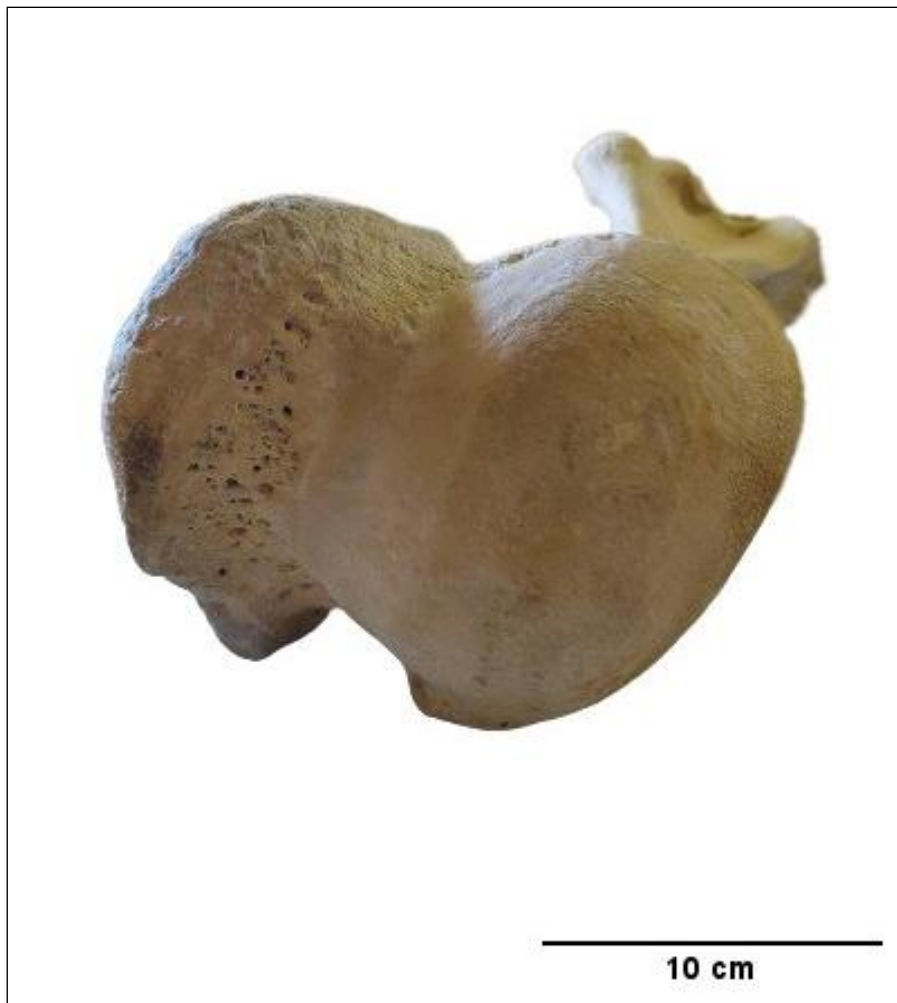


Abbildung 9: Extremitas proximalis humeri des *Loxodonta africana*. Ansicht von oben.



*Abbildung 10: Extremitas proximalis humeri des Elephas maximus.
Ansicht von oben.*

4.3. Radius

Sowohl Radius, als auch Ulna des *Loxodonta africana* sind weit größer als die des Asiatischen Elefanten. (Tab. 5) Die *Trochlea radii* ist in sagittaler Richtung länger und wirkt beim Afrikanischen Elefanten abgeflacht. Die Diaphyse des Radius verläuft beim Afrikanischen Elefanten konkav nach lateral. Die *Tuberositas radii* ist beim *Loxodonta africana* rau ausgeprägt, während sie beim Asiatischen Elefanten glatt ausgebildet ist. Der *Processus styloideus* wird beim Afrikanischen Savannenelefanten durch zwei erhabene konvexe Erhebungen gebildet, die durch eine kleine Einziehung voneinander getrennt werden. Beim Asiatischen Elefanten sind diese Erhebungen wesentlich zarter ausgebildet und weniger ungleichmäßig. (Abb. 11, Abb. 12, Abb. 15, Abb. 16)

Wie auf den Abbildungen 11 und 12 ersichtlich, ist die proximale Epiphysenfuge von Präparat 29600 vollständig abgebrochen. Die Gelenksfläche konnte daher nicht zusammen mit dem restlichen Knochen fotografiert werden, konnte aber separat vermessen werden.

Tabelle 5: Vergleichende Maße des Radius des *Loxodonta africana* (29600, Anna, Jumbo) und des *Elephas maximus* (40828, 80505, 40102). Angaben in cm

	29600	Anna	Jumbo	40828	80505	40102
GL	86,2	78,4	83,9	65,0	69,4	63,7
Bp	15,4	12,1	9,7	10,1	14,3	9,5
Bd	9,0	7,6	8,4	6,2	9,8	8,1
KD	7,6	6,2	6,4	5,3	7,3	4,6



Abbildung 11: Laterale Ansicht des linken Radius des *Loxodonta africana* (oben) und des *Elephas maximus* (unten). Kaudale Ansicht. Proximale Epiphyse fehlt beim Präparat des Afrikanischen Elefanten.



Abbildung 12: Mediale Ansicht des linken Radius des *Loxodonta africana* (oben) und des *Elephas maximus* (unten). Kaudale Ansicht. Proximale Epiphyse fehlt beim Präparat des Afrikanischen Elefanten.

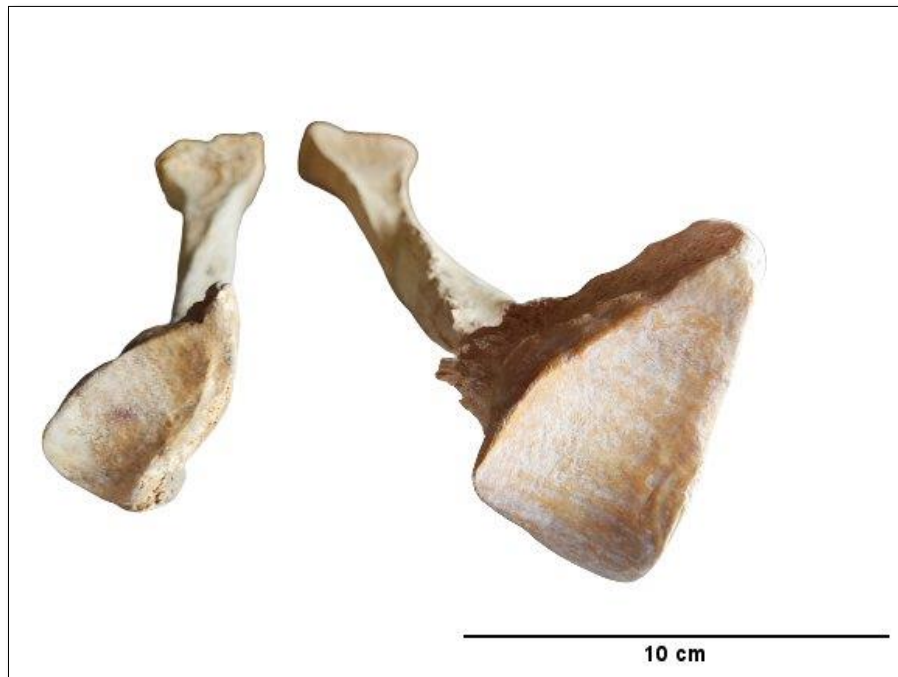


Abbildung 13: Trochlea radii des *Loxodonta africana* (rechts) und des *Elephas maximus* (links). Ansicht von proximal

4.4. Ulna

Das *Tuber olecrani* erscheint beim Afrikanischen Elefanten abgerundet, während es beim asiatischen Verwandten hakenförmig ausgeprägt ist. Der Rand des Olecranon vom *Tuber olecrani* zum *Processus anconeus* verläuft beim Afrikanischen Elefanten stärker eingezogen und endet in einer nach dorsal abgerundeter Kante. Die *Incisura trochlearis* verläuft sanft konkav. Beim Asiatischen Elefanten ist ebendiese Inzisur deutlich kürzer und zieht an ihrem tiefsten konkaven Punkt weit mehr nach kaudal als beim verwandten Afrikaner, woraus sich die stärkere Kante dorsal ergibt. Die *Processus coronarii lateralis et medialis* sind beim Afrikanischen Elefanten im Vergleich stark verbreitert. (Abb. 14, Abb. 17, Abb. 18., Abb. 19)

Wie auch beim Radius blieb auch hier bei der Ulna des Präparats 29600 die distale Gelenksfläche nicht mit Knochen verbunden. Teilweise war eine Rekonstruktion möglich, fehlt aber auch hier in Abbildung 16. Ebenso konnten die Messungen separat vorgenommen werden. (Tab. 4)

Tabelle 4: Vergleichende Maße der Ulna des *Loxodonta africana* (29600, Anna, Jumbo) und des *Elephas maximus* (40828, 80505, 40102). Angaben in cm

	29600	Anna	Jumbo	40828	80505	40102
GL	94,1	83,7	90,2	75,1	80,6	74,1
BFp	182,7	154,3	178,2	100,5	107,2	98,6
BPc	19,7	16,4	17,0	14,4	17,4	13,8
Bp	198,1	188,3	195,4	150,9	157,3	148,7
KD	102,2	94,2	97,4	80,0	87,2	78,4



Abbildung 14: Vergleichende laterale Ansicht der Ulna des *Loxodonta africana* (links) und des *Elephas maximus* (rechts).

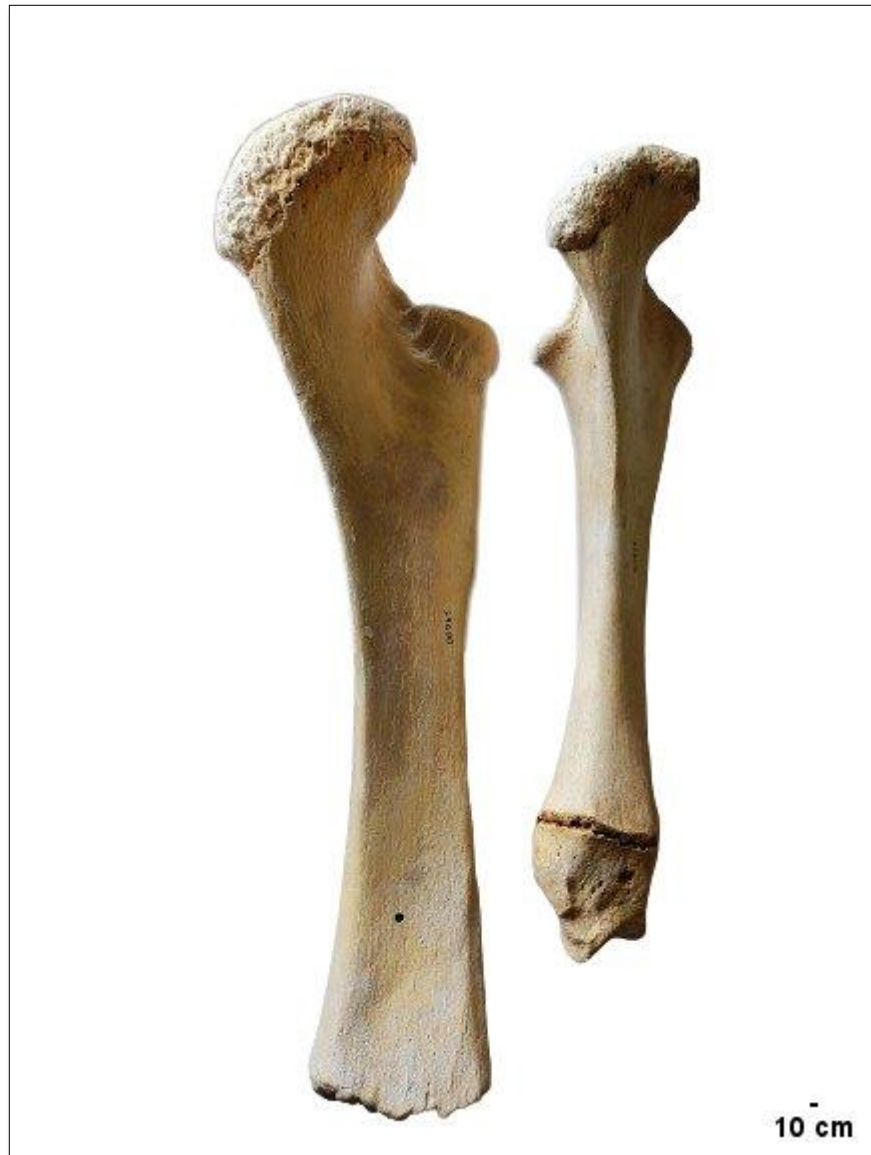


Abbildung 15: Vergleichende caudale Ansicht der Ulna des *Loxodonta africana* (links) und des *Elephas maximus* (rechts)

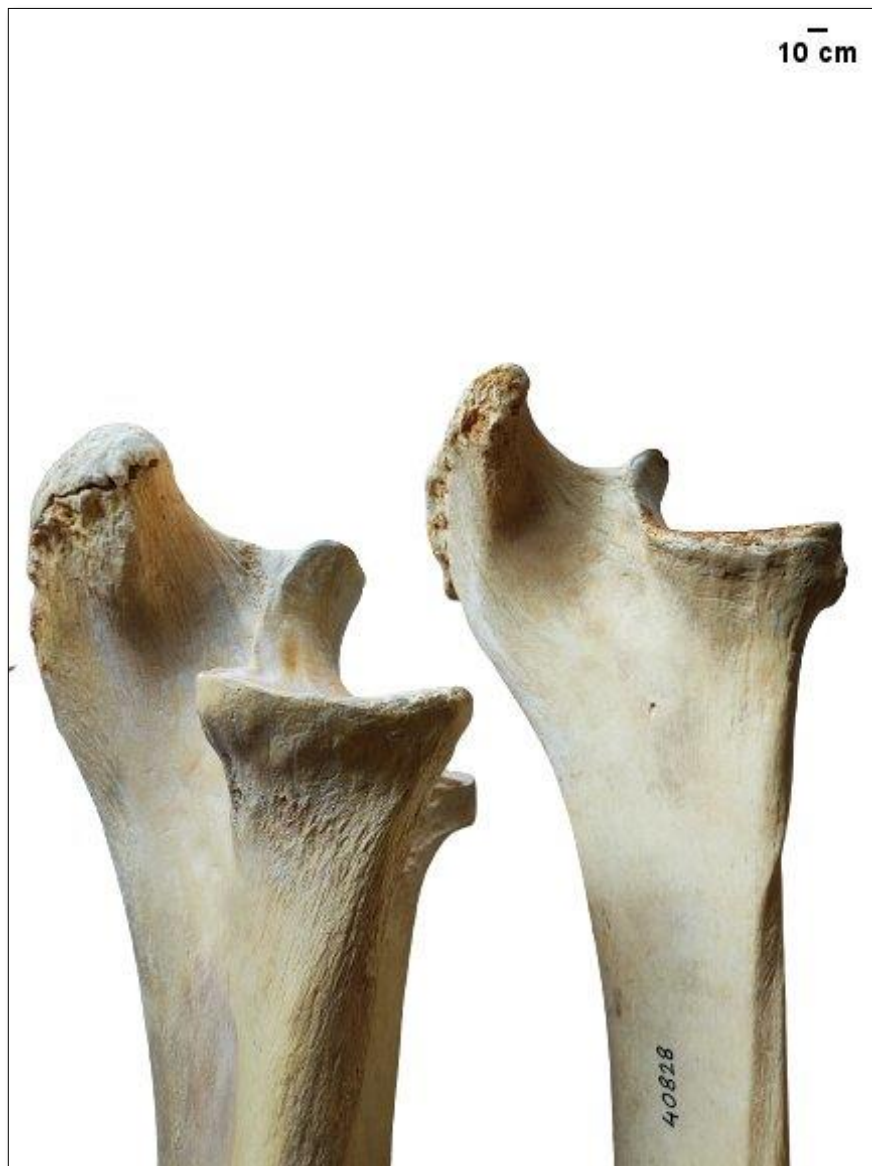


Abbildung 16: Vergleichende mediale Ansicht der Extremitas proximalis des *Loxodonta africana* (links) und des *Elephas maximus* (rechts)



Abbildung 17: Extremitas proximalis ulnae des *Elephas maximus* (links) und des *Loxodonta africana* (rechts) - Ansicht von oben.



Abbildung 18: Processus anconeus des *Loxodonta Africana*.

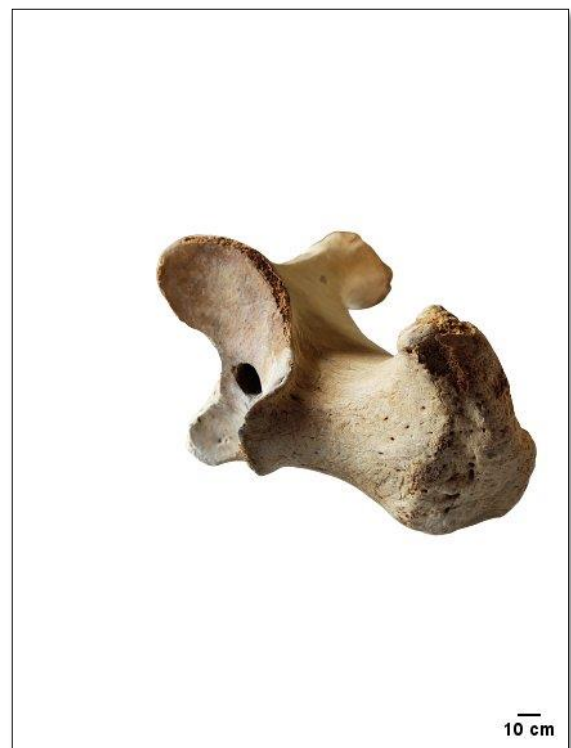


Abbildung 19: Processus anconeus des *Elephas maximus*.



Abbildung 20: Zusammengesetzte Vorderextremität des *Loxodonta africana*. Aus der Schausammlung des Naturhistorischen Museums.

5. Diskussion

Die anatomische Struktur der Scapula, des Humerus, des Radius und der Ulna unterscheidet sich vom Afrikanischen Elefanten zum Asiatischen Elefanten. Die Scapula von *Loxodonta africana* ist bei beiden Geschlechtern größer und breiter (Tab. 2) als jene bei *Elephas maximus*. Auch der Humerus ist bei den Afrikanischen Savannenelefanten deutlich größer (Tab. 3). Der Radius und die Ulna von *Loxodonta africana* ist länger und dünner (Tab. 4, Tab. 5, Abb. 11, Abb. 12, Abb. 15, Abb. 16). Die Ulna weist bei *Elephas maximus* eine flachere Olekranonspitze (Abb. 17, Abb. 18, Abb. 19) auf. Diese Unterschiede könnten auf ihre unterschiedlichen Lebensräume und Lebensweisen zurückzuführen sein. (1, 20)

Die *Spina scapulae* geht bei *Loxodonta africana* bereits im ersten Drittel sanft in eine flächige Auftreibung über, die sich dann sofort in ein *Acromion*, sowie einen *Processus hamatus* und *Processus suprahamatus* aufteilen. Anders, als in der Literatur beschrieben (7, 20), ist auch beim Asiatischen Elefanten ein *Processus suprahamatus* ausgebildet, der jedoch kürzer ausgebildet ist. Wie auch die Literatur schreibt, ist die *Incisura scapulae* beim Asiatischen Elefanten flacher und das *Tuberculum supraglenoidale* weniger prominent. (Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4)

Der Humerus des *Elephas maximus* weist eine stärkere Windung auf, als die des *Loxodonta africana*. Ein Detail, auf das die Literatur überhaupt nicht eingeht. (Abb. 5., Abb. 6). So fällt beispielsweise bei der kranialen Ansicht des Humerus auf (Abb. 6), dass man bei Afrikanischen Elefanten proximal auf den *Sulcus intertubercularis* sieht, während dieser sich beim asiatischen Verwandten noch weiter lateral befindet. Wie in der Literatur nachzulesen ist, sieht man genauso in der kaudalen Ansicht, dass der *Epicondylus lateralis* beim *Loxodonta africana* deutlich lateral liegt, während er beim *Elephas maximus* eher nach kaudal gerichtet ist. (Abb. 5.) Dieser Unterschied kann wiederum mit der unterschiedlichen Größe der Knochen begründet werden. Der Knochen des *Elephas maximus* wirkt im Allgemeinen etwas gestauchter. (29)

Die *Tuberositas radii* beim *Loxodonta africana* erscheint aufgeraut, während sie beim *Elephas maximus* annähernd glatt verläuft. Die Literatur beschreibt den Unterschied, geht aber nicht darauf ein, warum dieses Merkmal anders ausgeprägt ist, es könnte aber durch eine geringgradig unterschiedlich Lastverteilung und insofern anderen Winkel der Gelenke begründet werden. (7, 21)

Darüber hinaus fällt auf, dass die Apophyse am *Olecranon* des *Elephas maximus* fester verwachsen ist, während der Afrikanische Savannenelefant hier einen deutlich größeren Epiphysenspalt zeigt. Dieser osteologische Unterschied ist sehr wahrscheinlich auf das Alter und weniger auf den Artenunterschied der Individuen zurückzuführen. (Abb. 14, Abb. 15) (29)

Das, sowie auch der Größenunterschied aufgrund des Geschlechtsdimorphismus, machen eine wissenschaftliche Arbeit schwierig. Daher wurden für den Größenvergleich dieser Arbeit die Knochen von vier Bullen und zwei Elefantenkühen herangezogen. Das genaue Alter der Tiere, ist nicht klar. Da aber bei allen Präparaten die Epiphysenfugen noch offen waren, kann man sagen, dass sie sich noch im Wachstum befunden haben müssen. Zudem ist oft nicht klar, woher die Elefanten genau stammen, beziehungsweise wie das Forschungsinstitut oder das Museum überhaupt zu diesen Knochen gekommen ist, weil es oft Jahrzehnte lang zurückliegt und nicht ausreichend dokumentiert wurde. Die Aufarbeitung, Sammlung und Konservierung der Präparate, der Daten und der Fakten bedarf einiges an Organisation und Genauigkeit. Das Skelett eines ganzen Elefanten zu transportieren und zu lagern ist aufwändig und oft logistisch nicht möglich. (2, 30, 29)

Elefanten, egal ob aus Asien oder aus Afrika, wachsen einen Großteil ihres Lebens. Aus der Literatur geht nicht klar hervor, wann das Wachstum tatsächlich abgeschlossen ist, aber es gibt viele Funde von zwanzig bis dreißig Jahre alten Tieren, die noch Epiphysenfugen ausgebildet haben, was darauf hinweist, dass sie in diesem Alter noch nicht ihre endgültige Größe erreicht haben. Bei den zur Verfügung gestandenen Präparaten war kein einziges Individuum adult, wie alt sie genau waren, ist aber nicht bekannt. (2, 29)

Abschließend kann gesagt werden, dass sich die Hypothese bestätigt hat. Die Knochen weisen oft deutliche Unterschiede auf, was wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Lebensweisen zurückzuführen ist. Warum diese anatomischen Differenzen bestehen, sprengt jedoch den Rahmen dieser Arbeit. Es besteht noch Forschungsbedarf. (30, 2, 4)

Quellenverzeichnis

1. Guldemond A. R. A., Robert A. R., Purdon A. A systematic review of elephant impact across Africa. PLoS One 2017; 12(6):e0178935.
2. Fowler M. E., Mikota S. K., editors. Biology, Medicine, and Surgery of Elephants; 2006.
3. Shoshani J., Tassy P. Advances in proboscidean taxonomy & classification, anatomy & physiology, and ecology & behavior. Quaternary International 2005; 126-128:5–20.
4. Elsässer L. M. Makroskopische und mikroskopische anatomische Untersuchungen der Gelenke der Vorderextremität des afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana*) [Doktorarbeit]. Wien: Veterinärmedizinische Universität Wien; 2011.
5. Shoshani J. Order Proboscidea. In: Wilson, D.E. (Eds.), Reeder, D.A.M, editor.
6. Wilson D. E., Reeder D. M. Mammal species of the world: A Taxonomic and Geographic Reference. 3rd ed. Baltimore; 2005. (vol 1).
7. Lakshmishree K. T., Dhoolappa M., Ganganaik S., Mutturaj R. P., Yuvaraj. Osteomorphometry of Humerus of Indian Elephant (*Elephas maximus indicus*). Indian Journal of Veterinary Anatomy 2021; (33):67–9.
8. Nickel R., editor. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere: Bewegungsapparat. 8th ed. Parey; 2003.
9. Kroll W. Der Waldelefant von Crumstadt: Ein Beitrag zur Osteologie der Waldelephanten [*Elephas (Palaeoloxodon) antiquus*]. Falconer&Cautley.
10. Nauck E. T. Extremitätenskelett der Tetrapoden. In: Bolk L., Göppert E., Kallius E., Lubosch W., editors. Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. p. 71–248.
11. Mikota S. K., Sargent E. L., Ranglack G. S. The Musculoskeletal System: Medical management of the elephant. Indira Publishing House 1994:137–50.
12. Weissengruber G. E., Forstenpointner G. Musculature of the crus and pes of the African elephant (*Loxodonta africana*): Insight into semiplantigrade limb architecture. Anat. Embryol 2004; (204):451–61.
13. Alexander R. McN. Mechanical stresses in fast locomotion of buffalo (*Syncerus caffer*) and elephant (*Loxodonta Africana*). J. Zool. 1979; (189):135–44.
14. Siegal-Willott J., Isaza R., Johnson R., Blaik M. Distal limb radiography ossification, and growth plate closure in the juvenile asian elephant (*Elephas maximus*). Journal of Zoo and Wildlife Medicine 2008; (39):320–34.
15. Mikota S. K., Sargent E. L., Ranglack G. S. The reproductive system: Medical management of the elephant. Indira Publishing House 1994:159–86.
16. Ruthe H. Fußleiden der Elefanten [Dissertation]. Berlin: Humboldt-Univ. Berlin; 1961.

17. Hittmair K. M., Vielgrader H. Radiographic diagnosis of lameness in African elephants (*Loxodonta Africana*). *Veterinary Radiology and Ultrasound* 2000; (42):511–5.
18. Gage L. J. Techniques for radiographing the elephant foot and carpus using a portable equine radiographic unit. *Proc. Amer. Assoc. of Zoo Vet*; (190).
19. Benz A. The elephant's hoof: Macroscopic and microscopic morphology of defined locations under consideration of pathological changes [Dissertation]. Zürich: Veterinär-Anatomisches Institut der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich; 2005.
20. Lutful A. S. M., Quasem A., Rahman M. L., Hasan R. B., Golam G., Shil S. K. Macroanatomy of the Bones of Thoracic Limb of an Asian Elephant (*Elephas maximus*). *Int. J. Morphol* 2016; (34):909–17.
21. Smuts M. M., Bezuidenhout A. J. Osteology of the thoracic limb of the African elephant (*Loxodonta africana*). *Onderstepoort J Vet Res* 1993; 60(1):1–14.
22. Minneapolis BPC, editor. *Bovine Anatomy*.
23. Flower S. S. Notes on age at sexual maturity gestation period and growth of the Indian Elephant, *Elephas maximus*. *Proc. Zool. Soc.* 1943-1944; (113):21–6.
24. Lydekker R. Local variation in the African elephant. *Knowledge and Scientific News* 1907; (4):267–70.
25. Schröder H. Die äußere Form des Herzens bei einem erwachsenen indischen Elefanten [Dissertation]. Münster: Wilhelms-Universität; 1938.
26. Mariappa D. The anatomy of a Foetal Indian Elephant: Part I: The Bones and Joints of the Fore-Limb. *Indian Vet. J.* 1955; (32):94–104.
27. Sisson S., Grossmann J. D., Getty R., editors. *Sisson and Grossman's: The Anatomy of the Domestic Animals*. 5th ed. Philadelphia, Saunders; 1975.
28. Salomon F. V., Geyer H., Gille U. *Anatomie für die Tiermedizin*. 3rd ed. Stuttgart: Enke; 2015.
29. Mumby H. *Elefanten: Das Leben der Riesen zwischen Geburt, Familie und Tod*. 1st ed. München: Carl Hanser Verlag; 2021.
30. Güßgen B. Vergleichende Zusammenstellung der Literaturbefunde über die Anatomie des Indischen und Afrikanischen Elefanten als Grundlage für tierärztliches Handeln [Doktorarbeit]. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 1988.