

**Rekonstruktion des Skelettes und der Biologie von  
*Anthracobunodon weigelti* (Artiodactyla, Mammalia) aus dem  
Eozän des Geiseltales**

***Reconstruction of the skeleton and biology of Anthracobunodon weigelti  
(Artiodactyla, Mammalia) from the Eocene of the Geiseltal (Germany)***

Mit 17 Abbildungen, 28 Tabellen und 12 Tafeln

JÖRG ERFURT

### Zusammenfassung

Ausgehend von radiologischen Studien eines Exemplars des Haplobunodontiden *Anthracobunodon weigelti* aus dem mittleren Eozän Europas wurde erstmals eine dreidimensionale Nachbildung des Skelettes angefertigt. Das in natürlicher Größe ausgeführte Modell setzt sich aus über 250 am Original abgeformten oder zuvor in Paraffin einzeln manuell modellierten Knochen zusammen. Die hierzu notwendigen anatomischen Grundlagen werden detailliert beschrieben. Das resultierende Gesamtskelett wird mit eozänen und rezenten Artiodactyla verglichen und unter paläoökologischen Aspekten interpretiert. *Anthracobunodon weigelti* war ein etwa 70 cm langer, schneller und wendiger Buschschlüpfer. Alle Extremitäten waren paraxonisch, mit einer längeren Hinter- als Vorderextremität. Der höchste Punkt des Rückens lag im Lumbalbereich bei etwa 30 cm. Der Schädel ist 15 cm lang und relativ gestreckt. Die Bezahnung mit incisiviformen Eckzähnen und schwach molarisierten Prämolaren kann als brachyodont – bunodont charakterisiert werden. *A. weigelti* hat sich selektiv von Blättern und Früchten ernährt, die zusammen mit tierischer Nahrung aus der oberen Laubstreu aufgenommen wurde. Von rezenten Artiodactyla unbekannt ist der über 20 cm lange Schwanz, der etwa 25% der Körperlänge ausmacht. Hiermit repräsentiert *A. weigelti* als der fossil im Geiseltal häufigste Artiodactyle, einen archaischen Wuchstyp, der heute nur von primitiven Mammaliern bekannt ist. Es deutet sich an, dass auch andere moderne Säugetiergruppen auf einen ähnlichen Grundbauplan zurückzuführen sind.

### Abstract

Based on radiological studies of one single specimen of the European middle Eocene haplobunodontid *Anthracobunodon weigelti*, a three-dimensional skeleton - replica was constructed for the first time. The full-scale model is composed of over 250 bones, which were either cast from the original or were separately moulded manually after first having a paraffin former made. The anatomical data that were used are described in detail. The reconstructed complete skeleton is compared with Eocene and recent artiodactyls and paleoecological aspects are interpreted. *Anthracobunodon weigelti* was a 70 cm long, quick and versatile mammal, which slipped through dense vegetation. All limbs are paraxonic with longer hindlimbs than forelimbs. The highest point of the back is at 30 cm and situated in the lumbar region near the pelvis. The skull was 15 cm in length and is relatively elongated. The dentition is brachyodont – bunodont with incisiviform canines and weakly molarised premolars. This most common artiodactyl in the Geiseltal is classified as a selected feeder. The diet consisted of leaves and fruits, which were taken from the uppermost layers of the litter, thereby including some animal parts. The tail is about 20 cm long and has 25% of the body length, which is unknown in recent artiodactyls. Therefore, *A. weigelti* represents an archaic growth type, which today is known in primitive mammals only. It is suggested, that other modern mammal groups are also based on a similar growth type.



# 1 Einführung

Graphische Rekonstruktionen von Mammaliern des Geiseltales wurden bereits gemeinsam mit taxonomischen Beschreibungen der Funde in der ersten Phase der Ausgrabungen zwischen 1925 und 1939 unternommen. Ausgehend von dem in dieser Zeit insbesondere von WEIGELT vorangetriebenen paläontologischen Ausgrabungen (WEIGELT 1933) erarbeitete bezüglich der Artiodactyla als erster HELLER (1934) einen Umriss des Kopfes von *Anthracobunodon*. Nach dem zweiten Weltkrieg entstanden unter Anleitung von GALLWITZ und MATTHES (MATTHES 1958) die von DOBRICK im Geiseltalmuseum Halle ausgeführten Wandbilder verschiedener Biotope des eozänen Geiseltales. Hier wurde erstmals *Anthracobunodon* komplett dargestellt. Als Vorlage dienten damals rezente Suiden. Speziellere Untersuchungen zur Morphologie der Artiodactyla des Geiseltales erfolgten dann durch FRANZEN & KRUMBIEGEL (1980), die Hinweise auf relativ grazile Vertreter der Ordnung lieferten.

Weiterführende Rekonstruktionen eozäner Artiodactyla erarbeitete GUTHRIE (1968) für nordamerikanische Vertreter, z.B. mit einer Studie des Tarsus von *Bunophorus*. Mit der graphischen Rekonstruktion des gesamten Körpers begann ROSE (1982) am Beispiel von *Diacodexis metsiacus*. Seine Untersuchungen ergaben, dass sich die frühen Artiodactyla im Gegensatz zu den rezenten durch verlängerte Hinterextremitäten auszeichnen. Europäische Vertreter der Ordnung wurden aus der mitteleozänen Fauna von Messel durch FRANZEN (1983, 1988) und TOBIEN (1985) bekannt. Die Arbeiten über *Messelobunodon* haben einen Körperumriss skizziert, der dem nordamerikanischen Dichobuniden ähnelt. Ausgehend von den über Jahrzehnte hinweg geborgenen Fossilien des Geiseltales wurde in der vorliegenden Studie versucht, erstmals ein dreidimensionales Modell eines mitteleozänen Artiodactylen zu erstellen. Hierfür bietet sich mit 3 fast vollständigen und 6 fragmentarischen Skeletten sowie verschiedenen einzelnen Knochen die Gattung *Anthracobunodon* aus der Familie Haplobunodontidae besonders an. Das in diesem Umfang und Erhaltung einzigartige Material erlaubt es, Messungen fast aller Skelettelemente vorzunehmen und damit Grundlagen für eine originalgetreue Nachbildung zu schaffen. Aus taxonomischen Gründen sollte diese jedoch im Wesentlichen auf nur einem Fossilfund basieren. Im Folgenden werden die für den Aufbau des Modells nötigen anatomischen Grundlagen dargestellt und im Anschluss ausgehend von aktualistischen Prinzipien erste Erkenntnisse zur funktionellen Anatomie und Ökologie des eozänen Haplobunodontiden *Anthracobunodon* abgeleitet. Aus einer zur Zeit noch laufenden Rekonstruktion der Weichteile soll später der Habitus des Tieres entworfen und umfassender funktionell-morphologisch interpretiert werden.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Materialbasis

Aus der Sammlung des Geiseltalmuseums der Martin – Luther - Universität Halle/Wittenberg (GMH) standen insgesamt 173 Fragmente von Artiodactyla zur Verfügung, die von 1930 bis 1980 ausgegraben wurden. Am häufigsten und relativ gut erhalten sind hierbei die Funde der Haplobunodontidae, insbesondere von *Anthracobunodon weigelti*, die aus der unteren und oberen Mittelkohle sowie dem Oberen Hauptmittel der Geiseltalschichten stammen. Nach HAUBOLD & THOMAE (1990: Tab. 2) werden diese Horizonte in das MP 12 und MP 13 gestellt. Bezüglich der anderen, für morphologische Vergleiche herangezogenen Artiodactyla des Geiseltales, wird die in Tabelle 1 angegebene Taxonomie nach ERFURT & SUDRE (1996) verwendet.

Die untersuchten Exemplare aus der Geiseltalsammlung (GMH) werden mit den Anfangsbuchstaben der jeweiligen Fundstelle innerhalb des Geiseltales, z.B. Ce für die Grube „Cecilie“ oder mit einer entsprechenden römischen Fundstellen-Nummer gekennzeichnet. Ergänzt wird diese Angabe durch fortlaufende arabische Stück-Nummer innerhalb der jeweiligen Fundstelle, s. HAUBOLD & KRUMBIEGEL (1984).

Die zum Vergleich herangezogenen fossilen und rezenten Mammalier aus Sammlungen (Slg.) anderer Institutionen werden wie folgt gekennzeichnet:

Slg. American Museum of Natural History; New York	AMNH
Slg. University of Michigan; Ann Arbor	UM
Slg. Muséum d'Histoire Naturelle; Bâle	MHNH
Slg. Field Museum of Natural History; Chicago	FMNH
Slg. Geiseltalmuseum der Martin - Luther - Universität Halle/Wittenberg; Halle	GMH
Slg. Geologisches Institut der Martin - Luther - Universität Halle/Wittenberg; Halle	GIH
Slg. Zoologisches Institut der Martin - Luther - Universität Halle/Wittenberg; Halle	ZIH
Slg. Staatliches Museum für Naturkunde; Karlsruhe	SMNK
Slg. Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft; Frankfurt/M.	SMF



**Tabelle 1: Systematische Übersicht der im Geiseltal gefundenen eozänen Artiodactyla.**

Die Ziffern geben die Anzahl der determinierten Funde an. Zur Stratigraphie und Profilgliederung s. HAUBOLD (1987: Tab. 1) und HAUBOLD & THOMAE (1990): uUK - untere Unterkohle, uMK - untere Mittelkohle, oMK - obere Mittelkohle, OHM - oberes Hauptmittel, uOK - untere Oberkohle, oOK - obere Oberkohle

Mammal age		Geiseltalium				Robiacum
MP – level		MP 11	MP 12	MP 13	MP 13/14	MP 14
Geiseltalprofil		uUK	uMK	oMK	OHM/uOK	oOK
Spezies	Familie					
<i>Rhagatherium</i> sp.	Haplobunodontidae	-	-	-	-	1
? <i>Lutzia</i> sp.	Diacodexidae	-	-	-	1	-
<i>Gervachoerus jaegeri</i>	Cebochoeridae	-	-	-	1	-
<i>Cebochoeridae</i> indet.	Cebochoeridae	-	-	1	-	-
<i>Hallebune krumbiegeli</i>	Haplobunodontidae	-	-	2	1	-
<i>Parahexacodus germanicus</i>	Dichobunidae	-	-	3	-	-
<i>Meniscodon picteti</i>	Dichobunidae	-	-	2	-	-
<i>Eurodaxis ceciliensis</i>	Dichobunidae	-	1	2	-	-
<i>Haplobunodon</i> cf. <i>mülleri</i>	Haplobunodontidae	-	1	3	-	-
<i>Anthracobunodon weigelti</i>	Haplobunodontidae	-	4	6	2	-
<i>Aumelasia maniai</i>	Diacodexidae	-	3	1	-	-
<i>Masillabune franzeni</i>	Haplobunodontidae	-	1	2	-	-
<i>Anthracobunodon neumarkensis</i>	Haplobunodontidae	-	1	-	-	-
<i>Aumelasia</i> aff. <i>menieli</i>	Diacodexidae	-	1	-	-	-
<i>Protodichobone</i> cf. <i>oweni</i>	Diacodexidae	1	-	-	-	-
<i>Buxobone</i> aff. <i>daubreei</i>	Diacodexidae	1	-	-	-	-
<i>Diacodexis</i> cf. <i>varleti</i>	Diacodexidae	1	-	-	-	-

Der vollständigste Fund von *A. weigelti* ist GMH Ce III-4221, eingeschlossen in eine etwa 60 x 30 cm große und ca. 6 cm dicke Paraffinplatte (Tafel 1: A). Sie beinhaltet ein fast vollständiges Skelett, das 1932 im sogenannten „Leichenfeld II“ der Grube Cecilie im Geiseltal gefunden wurde. Besonders wichtig sind Weichteilreste, die VOIGT (1936b: 319 ff.) im Bereich der rechten Hinterextremität sowie nahe der Rückenwirbel entdeckte. Die von VOIGT (1936a) gewonnenen Lackfilmpräparate zeigen weißlichgelbe Grannenhaare und dunkle Wollhaare. Weitere Fragmente sind noch im Paraffin zu erwarten. Aufgrund dieser besonders guten Erhaltung wird Ce III-4221 zum Referenzobjekt der vorliegenden Studie. Neben GMH Ce III-4221 wurden folgende Stücke betrachtet, wobei die mit \* gekennzeichneten röntgenologisch neu untersucht wurden.

- Paraffinpräparate fast vollständig artikulierter Skelette: *A. weigelti*: Ce II- 4226 Paralectotypus, HELLER (1934: Taf. 21); Ce II-4219\*; Ce III-4225\* Lectotypus, HELLER (1934: Taf. 20), Ce IV-3826; Ce IV-4331; Ce IV-4334; Ce IV-4223\*; *Gervachoerus jaegeri*: Ce III-4227\*; *Masillabune franzeni*: VII-58\*
- Paraffinpräparate einzelner Skelettpartien mit artikulierte Elementen des Beckens und Hinterextremitäten: Haplobunodontidae?: Ce IV-4332\*, Ce III-4333
- frei präpariertes Skelett mit Schädel incl. Bezahnung, Teilen der Cervicalwirbelsäule, Scapulae, Pelvis, Vorderextremitäten und Hinterextremitäten: *Haplobunodon mülleri*: XXII-553
- frei präparierte Frag. Wirbelsäule und Vorderrumpf: *A. weigelti*: XLI-210\*
- frei präpariertes Frag. Humerus: *A. weigelti*: XVIII-164b; Haplobunodontidae: XXXVII-148, XXII-761
- frei präparierte Ulna: Haplobunodontidae?: LI-1; Artiodactyla?: XXXVI-5
- frei präparierte Frag. Becken und Hinterextremität: *A. weigelti*: XXII-790; Artiodactyla? XXVI-1
- frei präparierte Tibia s: Haplobunodontidae?: XXXVII-85
- frei präparierter Astragalus d: Haplobunodontidae?: XVIII-787, Ce IV-2767a, Ce III-4370, Ce IV-2767b, Ce IV-2851a, XXII-788, XXXVI-360; Diacodexidae?: Ce I-2768b; Artiodactyla: Leo I-7249b
- frei präparierter Astragalus s: Haplobunodontidae?: Ce IV-2851b, XIV-974, XXII-785, XXII-789, XXXVI-320, XXXVI-384
- frei präparierter Calcaneus d: *Anthracobunodon*?: XVIII-3605, XXXVII-126; Haplobunodontidae?: XXII-790
- frei präparierter Calcaneus s: Haplobunodontidae?: Leo III-2803; Artiodactyla: Leo I-2807, Leo I-7249a

Die bei *Anthracobunodon* nicht belegten Skelettelemente sind nach dem Vorbild anderer eozäner Artiodactyla, insbesondere von Haplobunodontidae des Geiseltales modelliert worden. Sofern auch hier die Materialgrundlage fehlte, wurden weitere paläogene Artiodactyla oder letztlich rezente Mammalier herangezogen:



- *Amphimeryx* sp. GIH Q-535 (Escamps, Eozän): isolierte Phalangen I der Mittelstrahlen
- *Plesiomeryx* sp. GIH Q-543 (Escamps, Eozän): isolierte Phalangen I, II der Seitenstrahlen
- *Plesiomeryx* sp. GIH Q-557 (Escamps, Eozän): isolierte Metatarsalia III, IV und V
- *Caenotherium elongatum* GIH Q-262 (Mouillac, Oligozän): isolierte Metatarsalia III, IV
- *Peroryctes raffayanus* SMNK 1822 (Neuguinea, rezent): komplettes Skelett
- *Nyctereutes procyonides* ZIH M-87/2 (Deutschland, rezent): komplettes Skelett
- *Procyon lotor* ZIH M-77/160 (Deutschland, rezent): komplettes Skelett

## 2.2 Präparative Methoden

Die meisten Funde sind nach der Paraffin - Gipsmethode nach WEIGELT (s. KRUMBIEGEL et al. 1983: 50 f.) und mit Geiseltallack (BRÜNING 1962) konserviert worden. Die Knochen sind mit Paraffin durchtränkt und daher der Einsatz modernerer Stabilisatoren (Kunstharze) problematisch. Auf eine nachträgliche Freilegung bestimmter Skelettpartien wurde verzichtet, da das Risiko der Zerstörung der wenig stabilisierten Knochen zu groß war. Nicht am Originalmaterial abgießbare Knochen mussten entsprechend den folgenden anatomischen Beschreibungen zuerst in Paraffin modelliert werden. Anschließend wurden diese Vorlagen in Silikon abgeformt und Duplikate aus Kunstharz (Rütapox) angefertigt. Im Anschluss erfolgte eine Überarbeitung hinsichtlich anatomischer Details. Hierzu sind die Rohlinge etwas größer hergestellt worden, um sie mit geeigneten Instrumenten wie Rosenbohrern oder Steinchen entsprechend zu modifizieren und dabei auf die gewünschte Größe zu verkleinern. Die überarbeiteten Abgüsse wurden auf Grundlage einer grafischen Rekonstruktion der Körperhaltung (s. 4.4) mit Heißkleber zusammengefügt. Der Klebstoff wurde bewusst sichtbar eingesetzt, um die zwischen den Knochen existierenden Knorpel anzudeuten. Als Stütze des Skelettes dient eine in der Höhe verstellbare Stahldrahtkonstruktion, die auf einer Holzunterlage montiert ist. Abschließend wurden die montierten Knochen – Abgüsse manuell koloriert.

## 2.3 Röntgenologische Methoden

Um die noch im Einbettungsmedium verborgenen Skelettpartien zu studieren, boten sich röntgenologische Verfahren an, da sie einen zerstörungsfreien Zugang zu den gewünschten morphologischen Details erlauben. Hierzu lagen bereits von den meisten der unter 2.1 genannten Funde konventionelle Röntgenaufnahmen vor, die 1986 und 1987 angefertigt wurden (ERFURT 1988). 1997 kamen zusätzlich Computer - Tomographien vom Referenzobjekt hinzu, die mit Unterstützung von Herrn OA Dr. BECK an einem „Somatom Plus S“ der Firma Siemens in der Klinik für Röntgendiagnostik der Martin - Luther - Universität Halle/Wittenberg erstellt wurden. Eine weitere Grundlage der Studie bildeten mikroradiographische Analysen, die insbesondere bei der Untersuchung des Basipodiums zum Einsatz kamen (ERFURT & HABERSETZER 1998). Bei der Computer Aided Contact Microradiography (CACM), s. HABERSETZER (1991) und MORLO & HABERSETZER (1999) wurden die Stücke auf einem doppelt beschichteten Film mit einem Hewlett Packard Faxitron 43855 geröntgt. Die speziell zu entwickelnden Planfilme werden über ein spezielles Scan - Verfahren digitalisiert und elektronisch nachbearbeitet. Bei der ebenfalls von HABERSETZER entwickelten Continuous Online Recalibrated Radiography (CORR) werden die mit einem Manipulator drehbaren Fossilien von einer Röntgenquelle frei durchstrahlt. Der sehr fein fokussierte Röntgenstrahl wird über einen Bildwandler visualisiert. Somit kann das Objekt unter verschiedenen Perspektiven sofort begutachtet und die gewonnenen Bilder computergestützt verarbeitet werden. Holographische Methoden (z.B. ELLIOTT & MORRIES 1987) waren bei dem vorliegenden Material nicht anwendbar. Die in jüngster Zeit angewendete Stereolithographie s. BENNETT et al. (1998) lieferte für die beabsichtigte Rekonstruktion keine brauchbaren Resultate, da bei dem untersuchten Geiseltalmaterial die Knochen häufig postmortal verformt sind. Eine direkte Übernahme deren Konturen ist daher nicht sinnvoll. Bisher ist es nur über eine manuelle Modellierung möglich, die ursprüngliche Knochenform nachzugestalten.

## 2.4 Mathematische Methoden

Am Referenzobjekt fehlende Messstrecken wurden aus Maßen anderer Individuen ermittelt. Zum Ausgleich alters- und geschlechtsgebundener Differenzen wurden diese Werte zu einem anderen Knochenmaß des Referenzobjektes ins Verhältnis gesetzt. Hierzu fand hauptsächlich die Länge der Tibia Verwendung, da sie einen großen Zahlenwert aufweist und dadurch mit einem relativ geringen Messfehler behaftet ist.

Bei der Messung von Knochen aus zweidimensionalen Röntgenaufnahmen tritt eine perspektivische Verkürzung der in der Tiefe liegenden Maße auf. Die meist in lateraler Lage eingebetteten Funde gestatten selten Messungen von Breiten. Um dennoch Näherungen der tatsächlichen Werte zu gewinnen, wird die verkürzt gesehene Länge der Knochenpartie durch den Sinus des Einbettungswinkels dividiert. Die Bestimmung dieses Winkels geschah, sofern nicht direkt messbar, anhand von Vergleichsbetrachtungen typischer osteologischer Merkmale (z. B. Sichtbarkeit bestimmter Foramini) an isoliert präparierten Knochen bzw. anhand rezenter Vergleiche. Auf diese



Weise ermittelte Werte haben den Charakter von Schätzungen und sind in den Messtabellen entsprechend gekennzeichnet. Für die statistischen Berechnungen wurde die Software SPSS 9.0 genutzt.

## 2.5 Anatomische Beschreibungen und Abkürzungen

Die anatomischen Termini sind DOBBERSTEIN & HOFFMANN (1961), STARCK (1979), NICKEL et al. (1992), BOYD & PATERSON (1995) sowie POPESKO (1998a-c) entnommen. Die Bezeichnungen der Messstrecken an den Knochen richten sich nach den Definitionen für Längen, Breiten und Höhen im Sinne von DRIESCH (1979). Hierbei verlaufen:

- Längen: parallel zur Medianebene von cranial nach caudal
- Breiten: senkrecht zur Medianebene von medial nach lateral
- Höhen: parallel zur Medianebene von ventral nach dorsal
- Diagonale: von o. g. Ebenen abweichende Messstrecke

Alle Größenangaben sind in mm. Die Messgenauigkeit der direkt an den Fundstücken mittels eines elektronischen Messschiebers gewonnenen Daten beträgt 0,1 mm. Die Genauigkeit der in Röntgenbildern vermessenen Strecken wird auf 0,5 mm geschätzt.

Im Kapitel 3 ist für jedes Skelettelement eine kurze Erläuterung zur fossilen Erhaltung vorangestellt. Die wiedergegebenen Lagebeschreibungen beziehen sich auf die jetzige Situation, d.h. nicht auf die Lage der Knochen in situ. Je nach angewandeter Bergungsmethode können die Stücke bei der Präparation gewendet worden sein und heute mit ihrer ehemaligen Unterseite zum Betrachter zeigen. Die Graphiken der Knochen wurden von A. FRANKE (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) als Grautonvorlagen angefertigt und über ein Scan-Verfahren zum Schwarz-Weißbild gerastert.

Folgende Abkürzungen fanden Anwendung:

Art., Artt.	Articulatio, Articulationes	MC	Metacarpus
dext.	dexter	M., Mm.	Musculus, Musculi
dist.	distal	MT	Metatarsus
Extr.	Extremitas	Proc., Procc.	Processus, Processus
Fac. art.	Facies articularis	prox.	proximal
For., Forr.	Foramen, Foramina	sin.	sinister
Frag., Fragg.	Fragment, Fragmente	Tub.	Tuberculum
Inc., Incc.	Incisura, Incisurae	Vert., Vertt.	Vertebra, Vertebrae

## 3 Rekonstruktion des Skelettes

Bisherige Rekonstruktionen eozäner Artiodactyla kommen für einen direkten Vergleich mit dem Geiseltalmaterial nur bedingt in Frage. Anhaltspunkte lieferte die Beschreibung der oligozänen Caenotheridae Europas durch HÜRZELER (1936). Bei diesen Artiodactyla handelt es sich jedoch bereits um eine höher evoluierte Gruppe mit speziellen cursorischen Anpassungen. Somit werden für die dreidimensional geplante Nachbildung des gesamten Skelettes des mitteleozänen Haplobunodontiden *Anthracobunodon* auch Vergleiche zu rezenten Gruppen notwendig, da nicht alle anatomische Details fossil belegt sind.

Viele Nonruminantia zeigen trotz Ähnlichkeiten in Bezug auf die unspezialisierten Zahnmerkmale hinsichtlich des postcranialen Skelettes Morphologien, die aus besonderen Lebensweisen (vgl. besondere Ausprägungen im Nacken- und Schädelbereich der Suidae) resultieren. Ruminantia weisen meist starke cursorische Adaptationen auf. Entfernt vergleichbar in Körpergröße und Körperhaltung sind Tragulidae, s. Kapitel 4. Bei anderen Ungulaten gibt es keine Spezies, die als Vergleichsobjekt näher in Betracht zu ziehen ist.

Ähnlichkeiten in Wuchsform und Größe bestehen dagegen zu anderen Placentaliern wie Procyonidae (Kleinbären). Ihr überbauter Rücken und der lange Schwanz lässt Analogien im Bau der Wirbel zu *Anthracobunodon* erwarten, die sich im Folgenden bei der Analyse der anatomischen Details bestätigen. Weitere Parallelen im Bau der Extremitäten existieren zu Marsupialiern der Familien Peramelidae (Beuteldachse), Peroryctidae (Nasenbeutler) und Dasyuridae (Raubbeutler). Die wegen ihrer verlängerten Hinterbeine äußerlich näher stehenden Peroryctidae leben sowohl in sandigen Wüstengebieten als auch in Regenwäldern Australiens und Neuguineas. Sie erreichen die Größe eines Dachses und ein Gewicht bis 5 kg. Ihr Schädel hat eine spitz ausgezogene Nasenregion. Ein langer, kräftiger und behaarter Schwanz deutet auf eine Steuerfunktion bei der Fortbewegung hin. Trotz der phylogenetischen Unterschiede zu den Artiodactyla ist diese Gruppe für morphologische Vergleiche mit *Anthracobunodon* geeignet, zumal die Peroryctidae eine Tendenz zur Reduzierung der lateralen Strahlen der Metapodien aufweisen. An den Vorderextremitäten sind der erste, fünfte und ggf. vierte Strahl, an der Hinterextremität der erste bis dritte und ggf. der fünfte geringer entwickelt bzw.



fehlend s. SZALAY (1994: Fig. 7/43). Letzteres lässt trotz der andersartigen Entwicklung der einzelnen Extremitätenstrahlen analoge Merkmale am Becken und Langknochen von *Anthracobunodon* erwarten.

### 3.1 Knochenskelett

Das der anatomischen Beschreibung zugrunde liegende, fast vollständige Skelett von *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221 ist seitlich stark komprimiert. Es umfasst den Schädel, den Rumpf mit beiden Vorderextremitäten, die rechte Hinterextremität und den Schwanz. Das Tier befindet sich in Seitenlage und zeigt mit der rechten Körperseite zum Betrachter. Durch den gesamten Fund verläuft ein Bruch, der auf jüngere Schrumpfung des zur Einbettung verwendeten Paraffins zurückzuführen ist, vgl. Tafel 1 gegenüber Tafel 2. Die scharfkantige Fraktur durchtrennt diagonal den vorletzten Thoracalwirbel, den Thorax, mehrere Costae, das Sternum und den rechten Vorderfuß.

#### 3.1.1 Skelett des Stammes

##### 3.1.1.1 Columna vertebralis, Wirbelsäule

Angaben zum kompletten Aufbau der Wirbelsäule paläogener Artiodactyla liegen mit Ausnahme der Untersuchungen der Messel - Fauna bisher kaum vor. Zur Abgrenzung der möglichen Anzahl bei *Anthracobunodon* werden zum Vergleich in Tabelle 2 die durchschnittlichen Wirbelzahlen rezenter Haustiere nach NICKEL et al. (1992) herangezogen (in Klammern: Schwankungsbereiche).

**Tabelle 2: Übersicht der Zusammensetzung der Wirbelsäule bei verschiedenen Artiodactyla.**

<sup>(1)</sup> NICKEL et al. (1992), <sup>(2)</sup> HÜRZELER (1936), <sup>(3)</sup> FRANZEN (1981), <sup>(4)</sup> FRANZEN (1983), <sup>(5)</sup> TOBIEN (1985); Klammerangaben beschreiben Schwankungsbereiche

Durchschnittswerte je Gattung / konkrete Angaben je Spezies	Cervical-wirbel	Thoracal-wirbel	diaphragmatischer Wirbel	Lumbal-wirbel	Sacral-wirbel	Caudal-wirbel
<i>Bos</i> <sup>1</sup>	7	13 (12-14)	T 12 (11)	6	5	18-20
<i>Ovis</i> <sup>1</sup>	7	13	T 12 (11)	6 (7)	4	3-24
<i>Capra</i> <sup>1</sup>	7	13	T 12 (11)	6 (7)	5	12-16
<i>Capra ibex</i> GIH W-96	7	13	T 12	6	5	6
<i>Cervulus muntjacus</i> GIH W-97	7	13	T 11	6	4	14
<i>Cephalophorus dorsalis</i> GIH W-101	7	14	T 11(12)	5	4	ohne Angabe
<i>Capreolus capreolus</i> GIH W-285	7	13	T 11	6	4	5
<i>Tragulus javanicus</i> GIH W-234	7	13	T 11	6	4	15
<i>Sus scrofa</i> <sup>1</sup>	7	14-15 (13-16)	T 12 (11)	6 (7)	4	20-23
<i>Sus scrofa</i> GIH W-247	7	14	T 11	6	4	18
<i>Caenotherium</i> sp. <sup>(2)</sup>	7	13		6	3	13-16
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510 <sup>(3)</sup>	7	13	ohne Angabe	6	(3)	24
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001 <sup>(4)</sup>	7	13	T 11	6	?	23
<i>Masillabune martini</i> <sup>(5)</sup>	7	13	ohne Angabe	7	?	16

Nach NICKEL et al. (1992) deutet sich an, dass die intraspezifische Variabilität bei rezenten Artiodactyla hoch ist. Dies beschränkt sich nicht nur auf die Zahl der Caudalwirbel, sondern auch auf das Verhältnis zwischen Thoracal- und Lumbalwirbeln. Für *Anthracobunodon weigelti* kann von einer Konstellation ausgegangen werden, die allen in der Tabelle genannten Mammaliern gemeinsam ist. Danach waren 7 Cervical-, 13 Thoracal-, und 4 Sacralwirbel mindestens vorhanden. Darüber hinaus sind bei GMH Ce III-4221 in der Lumbalregion 7 und am Schwanz noch 18 Wirbel überliefert. Damit reiht sich *Anthracobunodon* in das Spektrum rezenter Ruminantia, insbesondere von *Ovis*, ein. Aussagen zur Variabilität sind jedoch nicht möglich, da keine weiteren Funde eine Zählung erlauben.

##### 3.1.1.1.1 Vertebrae cervicales, Halswirbel

Am Referenzobjekt befindet sich die Cervicalwirbelsäule noch größtenteils im Einbettungsmedium und wird durch mehrfach übereinander liegende Knochen des Schädels verdeckt, s. Tafel 2. Details der hinteren Cervicalwirbel zeigen sich nur undeutlich im CT. Zwischen dem ventralen Rand des Neurocraniums und der Zahnreihe der Mandibula sin. zeichnet sich eine spongiöse Knochensubstanz ab, die durch spitze Procc. gekennzeichnet ist. Hierin werden Reste der Cervicalwirbel 3 bis 7 gesehen, vgl. Tafel 4: A-20. Die im rechten Winkel hieran angrenzenden Fragmente gehören zum Atlas und Axis. Sie sind untereinander artikuliert und befinden sich ihrerseits ca. im rechten Winkel zum Hinterhaupt. Der Hals ist somit zwischen Atlas und Os occipitale sowie dem 2. und 3. Cervicalwirbel überstreckt und der Schädel insgesamt 180° nach caudal gedreht, vgl. Tafel 3.



Beim Referenzobjekt und GMH Ce IV-4223 zeigen die als Atlas interpretierten Wirbelfragmente die typische Differenzierung in Arcus ventralis et dorsalis sowie die Alae atlantis, allerdings ist der Knochenring des Atlas gesprengt (Abbildung 14). Die Stärke des Arcus ventralis schwankt nach CT-Untersuchungen zwischen ca. 3 und 4 mm. Die Ala atlantis sin. fehlt. Rechts ist die Ala nahe des F. transversarium abgebrochen. Dieses Foramen hatte einen ovalen Umriss und war latero-caudal orientiert. Seine größte Diagonale dürfte ca. 5 mm betragen haben. Oberhalb dieses Foramens befindet sich eine Einschnürung, die an eine Incisura alare erinnert. Dabei muss offen bleiben, ob es sich tatsächlich um eine Incisura oder ein aufgebrochenes Foramen alare handelt. Aus dem Abstand beider Gefäßöffnungen ergibt sich eine Schätzung der Länge einer Ala von etwa 13 mm. Die cranialen Gelenkflächen sind an diesem Stück nicht zu identifizieren, dennoch kann ein innerer Durchmesser des Wirbelbogens von mindestens 17 mm angenommen werden. Erkennbar ist die Ausbildung eines winzigen Tuberculum ventrale. Die laterale Begrenzung der Facies articularis caudalis deutet sich als Vorsprung am caudalen Rand der linken Ala an. Danach ist mit einem Durchmesser dieses Gelenkes von ca. 15 mm zu rechnen. Die Gesamtbreite des Atlas muss mindestens 44 mm eingenommen haben. Auf ähnliche Dimensionen des Atlas verweist GMH Ce IV-4223. Die cranialen Gelenkflächen vereinigen sich innerhalb des Arcus ventralis nicht. Der Rand dieses Arcus ist leicht nach caudal ausgeschnitten. Der Arcus dorsalis hat an seiner schmalsten Stelle eine Länge von mindestens 6 mm. Auch bei diesem Fund scheint es sich um eine Incisura alaris zu handeln, die rezent nur von Carnivora bekannt ist. Ähnliche Beobachtungen machte FRANZEN (1981, 1983) für *Messelobunodon*.

**Tabelle 3: Maße der Cervicalwirbel eoäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Corpus vertebrae bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221  
 B größte Länge des Corpus vertebrae bei *Masillabune franzeni* VII-58  
 C größte Länge des Corpus vertebrae bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-510  
 D größte Länge x Breite des Corpus vertebrae bei *M. schaeferi* SMF ME-1001  
 E größte Länge x Breite des Corpus vertebrae bei *Diacodexis metsiacus* USGS 2352, ROSE (1985: Tab. 1)  
 F größte diagonale Höhe am Caudalrand des Corpus vertebrae bei *A. weigelti* Ce III-4221

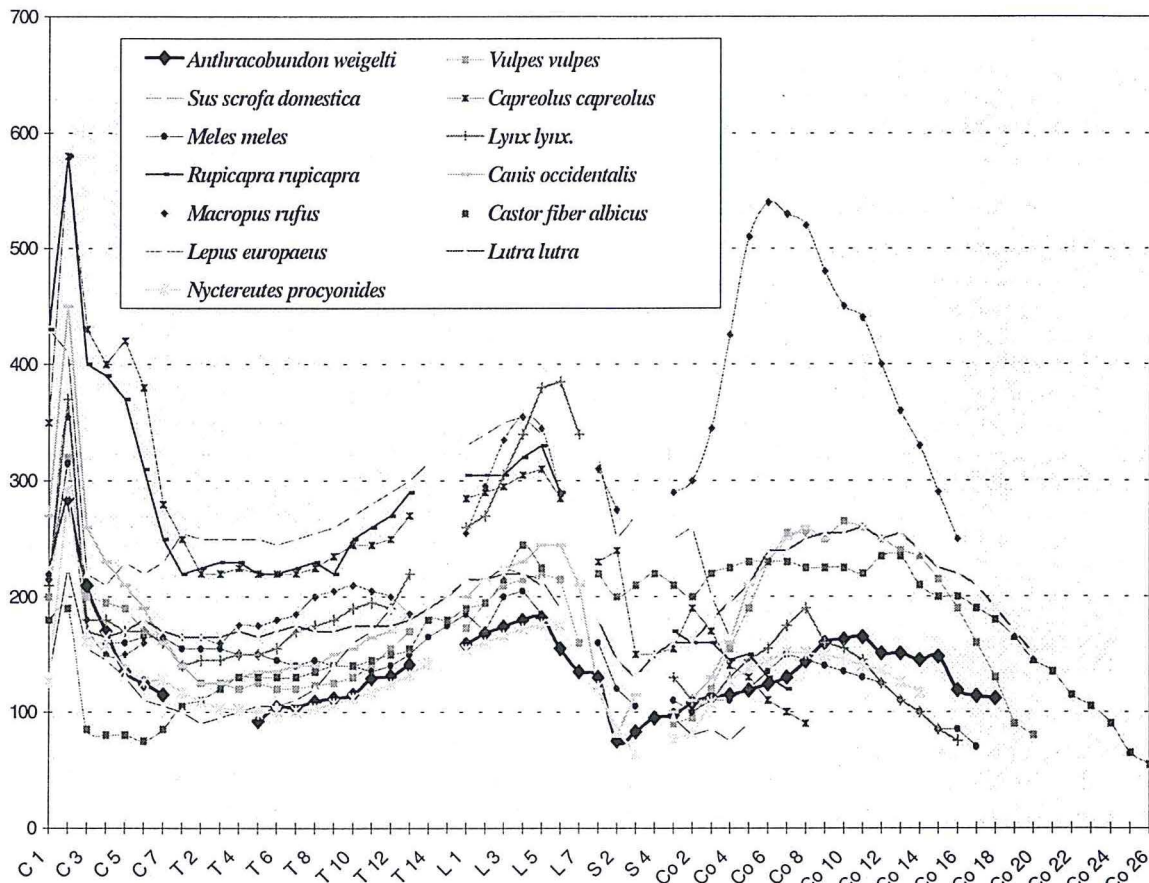
Vertebra	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
Atlas	-	-	-	14,2 x -	10 x 20	-	nicht messbar
Axis	28,5	(28)	-	17,5 x -	11 x 11,4	-	A,B,E X-Ray; C: Wirbel zerbrochen
Vert. cervicalis 3	(21)	(12)	8,0	- x -	-	5,5	A,B,E X-Ray, A: Corpus in 2 Teilen
Vert. cervicalis 4	(17)	(10)	8,5	- x -	-	7,0	A,B,E X-Ray, verdeckt; C: zerbrochen
Vert. cervicalis 5	13,5	(8)	7,5	(8 x 11)	-	7,5	A,B,E X-Ray, C: Wirbel zerbrochen
Vert. cervicalis 6	12,5	(8)	-	(8 x 13,6)	-	6,0	A,B,E X-Ray, C: Wirbel zerbrochen
Vert. cervicalis 7	11,5	(7)	-	9,5 x -	-	-	A,B X-Ray, C: Wirbel zerbrochen

Der Axis liegt beim Referenzobjekt leicht gekippt, mit der ventralen Seite nach oben. Durch den Knochenring des Atlas ist die Fac. art. cranialis des Axis und der Dens zu sehen (Tafel 4: A-1, A-2). Der kammförmige Proc. spinalis ist zertrümmert. Zum dritten Cervicalwirbel ist der Axis fast rechtwinklig angeordnet. Diese Disartikulation lässt auf eine starke Krafteinwirkung auf die vordere Halsregion schließen. Der etwa 3,5 mm lange und an der Basis 3 mm breite Dens ist ähnlich ?*Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001 und *Diacodexis metsiacus* USGS 2352 zapfenförmig und geschlossen. Die bei *Caenotherium*, *Sus* und *Tragulus* zu beobachtende löffelförmige, dorsale Öffnung fehlt. Der Dens ist bei *A. weigelti* der Fac. art. cranialis durch eine sehr schmale, sich von ventral röntgenologisch abzeichnende sichtbare Einkerbung abgesetzt, die ebenfalls bei SMF ME-1001 auftritt. Im Anschluss geht er in die latero-caudad orientierte Fac. art. cranialis über, die wie ein Kragen auf dem Wirbelkörper sitzt, vgl. *A. weigelti* GMH Ce II-4219 auf Tafel 4: B-4, B-11. Hierdurch ergibt sich in ventraler Ansicht eine Einschnürung des Corpus. An diesem Punkt entspringen die Procc. transversales, die als zugespitzte Flügel ebenfalls latero-caudad abstehen. Sie enden noch vor der Fac. terminalis caudalis. Dorsal des linken Proc. transversalis zeichnet sich ein etwa 3 mm breites und 3,5 mm langes For. ab. Aufgrund der vom Proc. transversus abgesetzten Position wird es als For. vertebrale laterale angesehen. Ein For. transversarium ist nicht erkennbar bzw. wäre in der zu erwartenden Position durch den Proc. transversus verdeckt. Median ist am Corpus eine scharfkantige Crista ventralis erkennbar, die in die dorso-ventral abgesschrägte und konkave Facies terminalis caudalis übergeht. An diesem Punkt ist die Crista zu einem kleinen dreieckigen Vorsprung vergrößert. Der Proc. spinosus umgreift den Arcus dorsalis des Atlas und ragt mit seiner dorsalen Kante seitlich unter dem Atlas hervor. Die Höhe des Axis ist aufgrund der schrägen Einbettung nur auf 20 mm schätzbar. Beim Vergleich zum insgesamt kleineren SMF ME-1001, dass bereits 19 mm Höhe aufweist, muss der o.g. Wert als minimale Angabe angesehen werden. Der Axis der Messeler Form erinnert eher an den hoch aufragenden Umriss von *Diacodexis* als an die gestrecktere Form modernerer Ruminantia. Der Proc. spinosus überragt dabei den Dens cranial nicht. Am Referenzobjekt gabelt er sich caudal und geht in je einen sehr kurzen Proc. art. caudalis über, der seinerseits die Facies art. caudalis trägt. Diese Gelenkflächen stehen fast senkrecht, d.h. sie weisen ebenfalls wie bei *Sus*



caudad und nicht wie bei *Bos* und *Capra* ventrad. Insgesamt überragen der Proc. spinosus bzw. die Procc. art. caudales die Fac. terminalis caudalis nicht.

Im Gegensatz zu *Sus* ist bei *Anthracobunodon* wie auch bei *Messelobunodon* der Atlas kürzer als der Axis. *Anthracobunodon* folgt somit der Tendenz der Verstärkung des Axis, die bei rezenten Ruminantia noch deutlicher wird. In Abbildung 1 ist der abrupte Anstieg der Kurve zu Beginn der Cervicalwirbelsäule erkennbar. Der verbreiterte Atlas bei *Sus* wird als spezielle Anpassung im Zusammenhang mit der wühlenden Ernährungsweise vieler Suidae gesehen. Die Längen der 3. bis 7. Cervicalwirbel sind am Referenzobjekt nicht eindeutig messbar. Die Corpora vertebrae zeigen im Gegensatz zu allen anderen Wirbeln einen opisthocoealen Bau. Außerdem stehen die Extr. craniales et caudales schräg zum Corpus. Im Zusammenhang mit der angenommenen Ruptur des Halses von Ce III-4221 ist die Zerteilung des 3. Wirbels zu sehen. Insgesamt nahm die Länge der Cervicalwirbel kontinuierlich wie bei *Masillabune* ab, vgl. Tabelle 3.



**Abbildung 1: Wirbellängen von *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221 und ausgewählter rezenter Mammalier.**

Am dritten und vierten Wirbel ist kaum ein Proc. spinalis ausgebildet. Dafür zeichnen sich latero-caudad abgewinkelte Procc. transversi ab. In Höhe der dorsalen Kante des jeweiligen Corpus vertebrae erstrecken sie sich im Röntgenbild von *A. weigelti* GMH Ce II-4219 (Tafel 4: B-5, B-10) ähnlich einer Leiste und streichen cranial spitz aus. Analoge Verhältnisse zeigen *Messelobunodon* SMF ME-501 und 1001. Hier ragen diese Procc. über die Fac. art. cranialis hinweg. Die Procc. articulares craniales reichen als spatelförmige Längsfortsätze über den Corpus vertebrae. Dorsal tragen sie flache, elliptische Facc. art. craniales, die unter die Facc. art. caudales des vorhergehenden Wirbels greifen. Die caudalen Gelenkflächen befinden sich auf den vergleichsweise kürzeren Procc. art. caudales, die bei diesen Cervicalwirbeln noch in den Arcus vertebrae integriert sind. Ab dem fünften Cervicalwirbel zeigen sich caudad verlängerte Procc. mit flügelartigem Umriss. Auch der Proc. transversus dieses Wirbels zeigt die Tendenz, sich caudad zu verlängern und ragt über die Extr. caudalis hinaus. Der Proc. spinalis ist wie bei Cervicalwirbel 3 und 4 nicht spitz ausgezogen, sondern als niedrige Leiste. Breitenangaben sind nur bei diesem Wirbel näherungsweise möglich. Nach dem CT ergibt sich ein Abstand zwischen den Lateralfortsätzen und dem Corpus von ca. 9 mm. Die Gesamtbreite dürfte somit mindestens 20 mm betragen haben. Dieser Wert wird durch *M. schaeferi* SMF ME-501 bestätigt. Bereits bei dieser insgesamt kleineren Spezies erreicht diese Breite ca. 18 mm. Ab dem sechsten Wirbel ist mit einem noch relativ kurzem, leicht caudad



orientiertem Proc. spinalis zu rechnen. Bei SMF ME-1001 entspricht dieser in seiner diagonal gemessenen Länge etwa der Länge des Corpus vertebrae. Typisch ist die Lamina ventralis (=Proc. costotransversarius) als rechteckig - plattenförmiger latero-ventraler Fortsatz. Bei Ce III-4221 sind Fragmente dieses Proc. oberhalb des P/4 sin. im CT zu identifizieren. Sie lassen auf eine Länge und Höhe von 8 x 6 mm schließen. Der letzte Cervicalwirbel trägt bereits einen ca. 9 mm hohen Proc. spinalis. Der Arcus ventralis und dessen Procc. leiten im Grundaufbau zu Thoracalwirbeln über. Deutlich ist ein Proc. transversus als kurzer, stabförmiger Querfortsatz zu erkennen. Er trägt eine cranio-caudal orientierte Gelenkfläche von 7 mm Länge und 2 mm Höhe.

### 3.1.1.1.2 Vertebrae thoracicae, Brustwirbel

Im Anschluss an die Cervicalwirbelsäule folgt die aus mindestens 13 (fraglich 14) Wirbeln aufgebaute und fast vollständig artikulierte Thoracalwirbelsäule (Tafel 4: A). Ihre genaue Zusammensetzung ist am Referenzobjekt nicht feststellbar, da ihr cranialer Abschnitt vom Schädel sowie Teilen der Vorderextremität überlagert wird. Andere Artiodactyla des Geiseltales geben hierzu ebenfalls keinen Aufschluss, jedoch vergleichbare Taxa anderer Fundstellen, vgl. Tabelle 4. Am Referenzobjekt sind die letzten 10 Wirbel nachweisbar. Sie sind zusammen mit den zugehörigen Costae und Procc. spinosi von lateral zu sehen. Weiter cranial existieren weitere Hinweise auf Procc. spinosi und Wirbelkörper, deren Länge insgesamt drei weitere Wirbel möglich erscheinen lässt. In Fortsetzung der Cervicalwirbelsäule ist der Anfang der Thoracalwirbelsäule bis zum 4. Thoracalwirbel dorsal konkav, weiter in Richtung Lumbalwirbel konvex durchgebogen.

Der erste Thoracalwirbel zeichnet sich am Referenzobjekt undeutlich unter Fragmenten des Visceralcraniums in Fortsetzung des 7. Cervicalwirbels ab (Tafel 4: A-6). Er weist mit der Extr. cranialis zum Betrachter und lässt einen kolbenförmigen Proc. transversus erkennen, der leicht dorsad gerichtet ist. Seine Breite liegt bei 5 mm, die gesamte Breite über den Corpus bei 17 mm. Die Struktur des zweiten Thoracalwirbels ist problematisch. Unter der Oberkante des Nasale ragen Fragmente der Procc. spinosi mit je ca. 12 mm hervor. Es ist nicht sicher zu entscheiden, ob sie zu einem oder zwei Wirbeln gehören. Die Dislokation vom ersten Thoracalwirbel deutet auf eine Gewalteinwirkung, welche ebenfalls die Aufspaltung des zweiten Wirbels möglich werden ließe. Wenn es sich um nur einen derart zertrümmerten Wirbel handelt, ergibt sich nach den caudal folgenden 11 Wirbeln mit Artikulationsflächen für die Costae die favorisierte Anzahl von 13 Thoracalwirbeln. Die volle Länge des Proc. spinosus dieses zweiten Wirbels müsste etwa das Doppelte des sichtbaren Teils betragen haben.

**Tabelle 4: Maße der Thoracalwirbel eoazäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Corpus vertebrae bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221  
 B größte Höhe des Corpus vertebrae gemessen an der Extr. cranialis bei *A. weigelti* Ce III-4221  
 C größte, diagonal gemessene Höhe des Proc. spinalis bei *A. weigelti* Ce III-4221  
 D größte Länge des Corpus vertebrae bei *Diacodexis metsiacus* USGS 2352, ROSE (1985: Tab. 1)

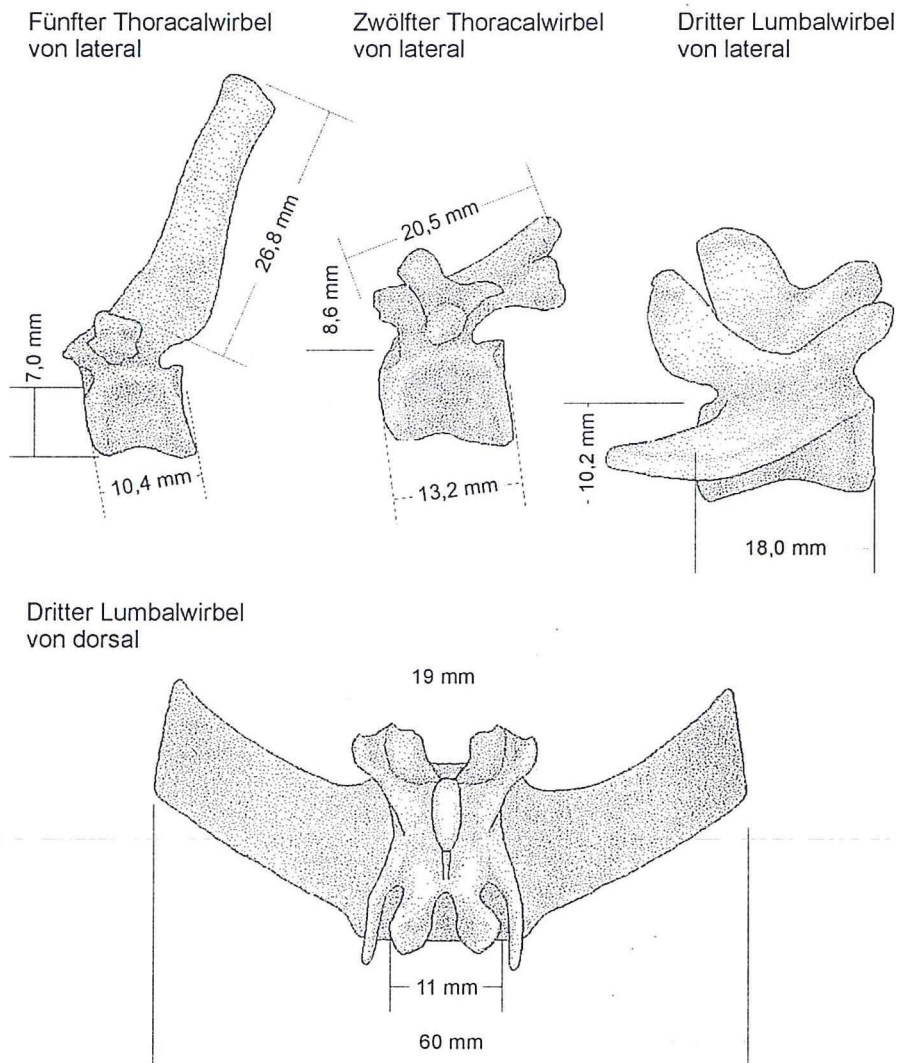
Vertebra	A	B	C	D	Bemerkungen
Vert. thoracialis 1- 2	-	-	-	-	vom Schädel verdeckt
Vert. thoracialis 3	-	-	(31)	-	Wirbel zerbrochen und disloziert
Vert. thoracialis 4	-	-	(29)	-	A - C X-Ray; Wirbel zerbrochen und disloziert
Vert. thoracialis 5	(9,2)	6,6	27,8	-	A - C X-Ray; Wirbel gebrochen
Vert. thoracialis 6	10,4	7,0	26,8	-	A - C X-Ray
Vert. thoracialis 7	10,4	7,0	25,6	-	A - C X-Ray
Vert. thoracialis 8	10,9	7,3	24,5	-	A - C X-Ray
Vert. thoracialis 9	11,2	7,3	21,8	-	A - C X-Ray
Vert. thoracialis 10	11,5	7,5	(17)	-	A - C X-Ray; Proc. spinalis stark gedreht
Vert. thoracialis 11	12,9	8,3	(13)	9,5	A - C X-Ray; Proc. spinalis stark gedreht
Vert. thoracialis 12	(13,1)	8,5	-	10	A - C X-Ray; Extr. articularis cranialis abgebrochen
Vert. thoracialis 13	14,1	8,8	(11)	11	A - C X-Ray; Proc. spinalis verdeckt

Die Procc. spinosi sind am Anfang der Thoracalwirbelsäule hoch und relativ spitz auslaufend, s. Tafel 4: A-8. Sie nehmen vom ersten Thoracalwirbel bis etwa zum dritten (vierten) stark an Höhe zu und danach allmählich wieder ab. Der höchste Fortsatz misst vom Arcus vertebrae bis zur Spitze mindestens 29 mm. Das dazugehörige Corpus ist 12 mm hoch (Verhältnis 1 : 2,4). Caudad werden die Procc. zunehmend stumpfer und verstärken sich gleichzeitig bis auf die Breite der Procc. spinosi der Lumbalwirbel. Sie tragen an ihrem Ende eine verdickte Tuberositas procc. spinosi. Die Procc. stehen zu Beginn des Thorax fast senkrecht zur Längsachse der Wirbelsäule. Danach werden sie bis zum 10. Wirbel zunehmend flacher caudad abgewinkelt. Am Ende der Thoracalwirbelsäule richten sie sich wieder auf, um beim letzten Thoracalwirbel senkrecht zu stehen (diaphragmatischer Wirbel). Die Corpora vertebrae aller Thoracalwirbel werden caudad länger, vgl. Abbildung 1. Gleichzeitig nimmt ihre Höhe zu, wodurch ein Übergang zu den massiven Lumbalwirbeln geschaffen wird. Die Fac. terminalis cranialis ist im vorderen Drittel der Thoracalwirbelsäule leicht konvex gewölbt, alle folgenden Gelenkflächen sind mehr oder minder plan. Der Querschnitt der Corpora ist anfänglich dorso-ventral



komprimiert. Die letzten Thoracalwirbel sind dagegen rundlicher. Im Röntgenbild ist in der Medianebene mancher Corpora ein F. nutricium zu erkennen.

Die Procc. transversi stellen sich als an den Enden verdickte Querfortsätze dar, die von cranial nach caudal in ihrer Größe abnehmen. Von den vorderen Thoracalwirbeln trägt jeder dieser Procc. die Gelenkfläche für das Tuberculum costae. Im Bereich der Wirbel 10 bis 13 haben sich die Procc. transversi bis auf eine nicht zu differenzierende Erhebung reduziert. Über die Breite der Procc. geben Thoracalwirbel von Ce IV-4223 Auskunft (Tafel 4: C), die aus dem vorderen und mittleren Abschnitt der Thoracalwirbelsäule stammen. Ihre Breite über beide Procc. transversi nimmt caudad von ca. 17 mm auf ca. 21 mm ab. Hierbei entfallen maximal auf einen einzelnen lateralen Proc. 5,5 mm. Das entsprechende Corpus vertebrae ist 10 mm breit und 7 mm hoch. Die Gesamthöhe eines anderen, von caudal sichtbaren Wirbels (Tafel 4: C-14) beträgt 35 mm, wobei der Proc. spinosi 21 mm ausmacht. Das F. vertebrale (Tafel 4: C-10) ist rundlich und hat einen Durchmesser von ca. 7 mm. Am Referenzobjekt sind Messungen der Breiten der Wirbelkörper nur im CT möglich und ergeben etwas kleinere Werte zwischen 7 und 8 mm.



**Abbildung 2: Rekonstruktion ausgewählter Wirbel von *Anthracobunodon weigelti*.**

Die Procc. art. craniales und caudales verändern sich stark von cranial nach caudal in Größe und Form. Bei GMH Ce IV-4223 (Tafel 4: C-11) zeigt sich, dass die cranialen Artikulationsflächen der vorderen Thoracalwirbel in Form eines kleinen Flügels cranial verlängert waren. Auf ihrer medialen, sagittal gedrehten Seite tragen sie eine Gelenkfläche. Bei den am Referenzobjekt sichtbaren 4. bis 10. Wirbel ist dieser Proc. in den cranialen Rand des Arcus vertebrae bzw. der Basis des Proc. spinalis eingeschmolzen. Die Procc. tragen flache bis konvexe Gelenkflächen, die nach dorsal weisen und durch einen Schlitz getrennt sind. Sie greifen in der Incisura vertebralis unter die Procc. art. caudales der vorhergehenden Wirbel. Ab dem 10. Thoracalwirbel bilden sie eine konkave Gelenkgrube, in der die Procc. art. caudales des Vorgängers von oben einrastet. Die seitliche



Begrenzung der Gelenkgrube wird durch die Procc. mamillares gebildet. Die Procc. art. caudales sind ebenfalls in den Arcus vertebrae integriert. Ihre flachen bis leicht konkaven Gelenkflächen bilden die Überdachung der Incisura vertebrae und weisen nach ventral. Analog der Procc. art. craniales sind auch ihre Gelenkflächen durch eine median verlaufende Rinne unterteilt. Sie sind etwa 5 x 3 mm groß und haben elliptischen Umriss. Der diesbezügliche Bau des ersten Thoracalwirbels ist unbekannt. An den letzten vier Thoracalwirbeln werden die Procc. zunehmend länger und überragen den Caudalrand des Proc. spinalis. Die genannten Gelenkflächen treten aus der Incisura vertebrae nach lateral heraus. Sie befinden sich nun auf den zunehmend flügelartig werdenden Procc., die zum Bauplan der Lumbalwirbel überleiten. Die an den Lumbalwirbeln deutliche Crista ventralis setzt sich bei den hinteren Thoracalwirbeln fort (Tafel 4: C-14). Craniad zeichnet sie sich im Röntgenbild nicht mehr ab, da die betreffenden Thoracalwirbel lateral liegen. Vermutlich war sie vorhanden, wie die an den Cervicalwirbeln sichtbare Crista. Die Incisura vertebralis cranialis et caudalis liegen sich gegenüber und bilden ein ca. 1,5 mm großes Foramen intervertebrale. Die Incisurae sind beiderseitig offen, nicht wie bei *Equus* durch einen Knochensteg verschlossen. Am caudo-ventralen Rand der Incisura vertebralis caudalis sind die Foveae costales caudales insbesondere am 9. bis 11. Wirbel durch deren Drehung gut zu sehen. Eine Unterteilung des F. intervertebrale wie bei *Dama* wird jedoch nicht erreicht. Die Foveae zeigen hier einen Querschnitt von 3,5 mm. Am 8. bis 12. Wirbel sind sie nur etwa 2-3 mm groß.

### 3.1.1.1.3 Vertebrae lumbales, Lendenwirbel

Die Lumbalwirbel sind am Referenzobjekt wie die Thoracalwirbel von der rechten Seite zu erkennen und nach ventral gekippt. Die Procc. costalis (= Procc. transversi) sind abgebrochen und unter bzw. auf die Wirbelkörper gepresst. Zwischen dem letzten durch eine Fazies costalis kenntlichen Thoracalwirbel und dem Sacrum werden 7 Vert. lumbales identifiziert, wobei Vert. lumbalis VI diagonal zerbrochen ist (Tafel 7: A).

Dieser Teil der Wirbelsäule ist wie bei den meisten Mammaliern der am kräftigsten entwickelte. Die Extremitates craniales et caudales der Wirbelkörper sind flach. Die hohen Wirbelbögen bilden einen besonders weiten Canalis vertebralis. Analog rezenten Mammaliern befindet sich hier, wie bei den vorderen Thoracalwirbeln, eine Anschwellung des Rückenmarkes. Eine Crista ventralis ist makroskopisch am Referenzobjekt erkennbar. Beide Epiphysen des Corpus vertebrae, insbesondere die der Extr. cranialis, laufen ventral in einer tropfenförmigen Verbreiterung aus. Hierdurch ist der Verlauf der Crista in Lateralansicht je Wirbelkörper konkav.

**Tabelle 5: Maße der Lumbalwirbel eoziäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Corpus vertebrae bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221
- B größte Länge des Corpus vertebrae bei *Anthracobunodon weigelti* Ce II-4219
- C größte Länge des Corpus vertebrae bei *Masillabune martini* (TOBIEN 1985: Tab. 3)
- D größte Länge des Corpus vertebrae bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001 (FRANZEN 1983: Tab. 4)
- E größte Länge des Corpus vertebrae bei *Diacodexis metsiacus* USGS 2352 (ROSE 1985: Tab. 1)
- F größte Höhe des Corpus vertebrae gemessen an der Extr. cranialis bei *A. weigelti* Ce III-4221
- G größte, diagonal gemessene Länge eines Proc. transversus bei *A. weigelti* Ce III-4221
- H diagonal gemessene Breite eines Proc. transversus bei *A. weigelti* Ce III-4221 an dessen Ende

Vertebra	A	B	C	D	E	F	G	H	Bemerkungen
Vert. lumbalis 1	15,9	15,0	15,4	12,5	11,6	8,5	15,0	6,3	A,B,F,G X-Ray
Vert. lumbalis 2	16,8	15,2	13,5	13,0	12,4	8,8	15,8	7,5	A,B,F,G X-Ray
Vert. lumbalis 3	17,4	15,5	13,9	13,0	12,6	9,2	16,2	11,8	A,B,F,G X-Ray
Vert. lumbalis 4	18,0	16,1	13,3	13,0	12,8	9,6	16,5	13,1	A,B,F,G X-Ray
Vert. lumbalis 5	18,2	(15,8)	15,7	13,0	10,7	10,2	16,7	9,5	A,B,F X-Ray
Vert. lumbalis 6	15,5	18,9	15,1	13,0	9,2	9,4	19,1	6,7	A,B,F X-Ray; B: Proc. unvollständig
Vert. lumbalis 7	13,5	22,9	14,2	-	-	9,2	18,6	5,2	A,B,F,G X-Ray

Bei GMH Ce II-4219 sind größere Forr. nutricei nahe dieser Crista erkennbar. Besonders auffällig ist ein ca. 2 mm großes For. nahe der Fac. terminalis craniales des dritten Lumbalwirbels. In ihrer Länge nehmen die Lumbalwirbel bis zum fünften zu, vgl. Tabelle 5 und Tafel 3. Danach verkürzen sie sich relativ stark und leiten in das Sacrum über. Auffällig sind die abgeflachten Procc. costarii. Im Gegensatz zu *Bos* und *Equus*, deren Procc. rechtwinkelig abstehen, sind sie craniad gerichtet. Der Winkel zur Körperlängsachse wird caudad von ca. 70° auf ca. 50° immer kleiner. Derartige, relativ spitzwinkelige Verhältnisse sind rezent nur von Carnivora und *Sus* bekannt. Die Bruchstücke der Procc. und ihre Ansatzflächen sind am Referenzobjekt z. T. auf beiden Körperseiten messbar. Caudad nimmt ihre Gesamtbreite zu, gleichzeitig werden sie dünner. Unter Berücksichtigung der Breite des Corpus vertebrae dürfte sich eine totale Breite über die Procc. von mindestens 60 mm ergeben.

Kräftig zeichnen sich im Röntgenbild die zylindrischen Procc. articularis cranialis und caudalis ab (Tafel 4: C-17), die sich mit den jeweiligen Procc. des vorhergehenden Wirbels in der bereits bei den letzten Thoracalwirbeln beschriebenen Art verzahnen. Bei den Lumbalwirbeln sind die Procc. articularis cranialis an



ihrem Ende dreieckig verdickt. Sie umschließen Procc. art. caudalis sowie einen Proc. accessorius, der z.B. bei *Sus* fehlt. Dieser Proc. ist als caudal orientierter spitzer Dorn ausgebildet. Die Procc. articularis sind durch die Incisurae vertebrales craniales et caudales eingeschnürt, die sich gegenüberstehen. Hierdurch resultiert in der Röntgenaufnahme der täuschende Eindruck eines Foramens. Problematisch ist die Form und Größe der meist verdeckten Procc. spinosi. Da sie am Referenzobjekt kaum unter den Procc. costalis hervorragen, können sie unter Berücksichtigung der perspektivischen Verkürzung nicht wesentlich höher gewesen sein als die Procc. costalis breit. Auch bei GMH Ce IV-4223 (Tafel 4: C-16) und GMH XLI-210 (Tafel 4: D-2, D-3) treten sie gegenüber den lateralen Fortsätzen zurück und müssen als sehr niedrig angenommen werden. Ihre Länge ist im Bereich des 3. bis 5. Lumbalwirbels am größten, die Orientierung schwach cranial geneigt. Der am 4. Lumbalwirbel des Referenzobjektes erkennbare Rest eines Proc. spinalis endete dorsal stumpf und hatte eine Höhe und Länge von ca. 8 mm. Eine Verdickung des Kammes analog der Thoracalwirbel wird angenommen.

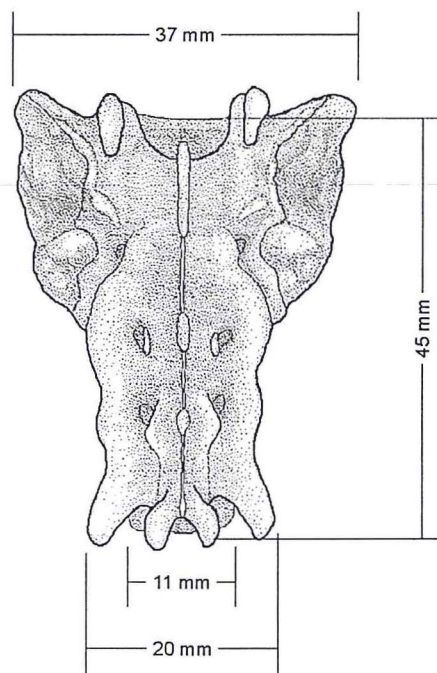
**3.1.1.1.4 Vertebrae sacrales, Kreuzbeinwirbel**

Die Vertt. sacrales sind bei *A. weigelti* zu einem Sacrum verwachsen, von dem am Referenzobjekt nur das Promontorium und Teile der Ala sacralis sin. teilweise frei liegen (Tafel 3). Die übrigen Wirbel sind von Beckenknochen verdeckt. Durch das Sacrum verläuft ein Bruch, der den ersten Sacralwirbel zerteilt. Die rechte Ala sacralis ist zerdrückt, ihre Fragmente können nicht eindeutig unter dem Ilium dext. identifiziert werden. Die Abgrenzung der Sakralwirbelsäule ist bei GMH Ce III-4221 problematisch. Es deuten sich wie bei *Sus* insgesamt 4 Wirbel an. Bestätigt wird diese Vermutung durch GMH Ce IV-4223 (Tafel 6). Das von ventral sichtbare Sacrum besteht aus 4 Wirbeln. Röntgenologisch sind die ersten drei nur aufgrund der paarigen Forr. sacralia ventralia zu differenzieren. Der Durchmesser der Forr. nimmt caudad von ca. 3 mm auf 1,5 mm ab.

**Tabelle 6: Maße der Sacralwirbel von *Anthracobunodon* in [mm].**

- A größte Länge des Corpus vertebrae bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221
- B größte Länge des Corpus vertebrae bei *A. weigelti* Ce IV-4223
- C größte Breite über den Wirbel gesamt bei *A. weigelti* Ce III-4221
- D größte Breite über den Wirbel gesamt bei *A. weigelti* Ce IV-4223
- E größte Breite der Extr. cranialis bei *A. weigelti* Ce III-4221
- F größte Breite der Extr. cranialis bei *A. weigelti* Ce IV-4223

Vertebra	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
Vert. sacralis 1	(9)	10	-	37	8,8	12	A - E X-Ray; D: entspricht Breite Alae sacralis
Vert. sacralis 2	10	11	-	27	-	10	A - E X-Ray
Vert. sacralis 3	11	12,5	14	20	5,8	8,5	A - E X-Ray
Vert. sacralis 4	14	16,5	13	16	5,5	7,5	A - E X-Ray



**Abbildung 3: Rekonstruktion des Sacrum von *Anthracobunodon weigelti*.**



Nach Spalte A in Tabelle 6 folgt eine Länge des Sacrum vom Promontorium bis zu seinem Caudalrand von ca. 45 mm für das Referenzobjekt. Vergleichsweise gibt ROSE (1985) für das kleinere *Diacodexis metsiacus* eine Gesamtlänge von 22,8 mm an.

Die Alae sacralis ragten bei *Anthracobunodon* craniad über die Fac. terminalis cranialis hinaus. Die größte proximale Breite über die Alae sacralis betrug beim Referenzobjekt unter Verwendung eines Einbettungswinkels von etwa 50°, mindestens 37 mm. Die distale Breite über das letzte Sacralsegment dürfte nach analoger Berechnung bei etwa 21 mm liegen, wobei die Fac. terminalis caudalis mit 9 - 11 mm klein ist. Der Umriss der Facies auricularis ist unregelmäßig oval, sie wird aus dem ersten und zweiten Wirbel gebildet. Es deutet sich wie bei *Sus* eine Unterteilung in eine Pars lateralis und cranialis an, s. Abbildung 3. Weitere Details liefert das von dorsal frei liegende Sacrum von *A. weigelti* GMH Ce IV-4223. Die Procc. articularis craniales sind hier als knaufförmige Verlängerungen ausgebildet, auf deren Innenseite sich die tief konkave Gelenkfläche für den letzten Lumbalwirbel befindet. Ihr Abstand zueinander beträgt 15 mm. Obwohl alle dorsalen Procc. eingedrückt sind, ist nach den schmalen Bruchflächen die Crista sacralis im Gegensatz zu rezenten Ruminantia niedrig gewesen. Lediglich im Bereich des dritten Sacralwirbels zeichnet sich ein flacher und dünner Proc. spinalis ab. Bei dem anschließenden Wirbel des Sacrum und der sich anschließenden Caudalwirbel verliert dieser Proc. rasch an Höhe und verschwindet vollständig.

### 3.1.1.1.5 Vertebrae coccygeae, Schwanzwirbel

Bis auf den Bereich des Schwanzansatzes sind alle Wirbel noch in natürlicher Folge, teils artikuliert, am Referenzobjekt erhalten, vgl. Tafel 3. Da die Sitzbeinregion eingedrückt ist, wurde auch der Schwanzansatz beeinträchtigt. Problematisch ist die Differenzierung des letzten Sacralwirbels vom ersten Caudalwirbel. Nach den röntgenologischen Befunden von *A. weigelti* GMH Ce IV-4223 existieren nur vier synostierte Wirbel, die zum Sacrum zu zählen sind. Auch am Referenzobjekt folgt nach 4 synostierten Wirbel ein dislozierter, vgl. Tafel 7: A-12. Es ist wahrscheinlicher, diesen als ersten Caudalwirbel zu interpretieren als hierin ein Fragment des Sacrum zu sehen.

**Tabelle 7: Maße der Caudalwirbel eoazäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Corpus vertebrae bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221  
 B größte prox. Breite des Corpus vertebrae einschließlich lateraler Fortsätze bei *A. weigelti* Ce III-4221  
 C größte dist. Breite des Corpus vertebrae einschließlich lateraler Fortsätze bei *A. weigelti* Ce III-4221  
 D größte Länge des Corpus vertebrae bei *Gervachoerus jaegeri* GMH Ce III-4227 (Anzahl unvollständig)  
 E größte Länge des Corpus vertebrae bei *Masillabune martini* nach TOBIEN (1985: Tab. 4)  
 F größte Länge des Corpus vertebrae bei *M. schaeferi* SMF ME-501 nach FRANZEN (1981: Tab. 3)  
 G größte Länge des Corpus vertebrae bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001 (1983: Tab. 4)  
 H größte Länge des Corpus vertebrae bei *Aumelasia gabineaudi* SMF ME-1527 nach FRANZEN (1988: Tab. 1)

Vertebra	A	B	C	D	E	F	G	H	Bemerkungen
Vert. coccygis 1	9,7	-	-	?	12,3	9,5	-	10,5	A – C: X-Ray; E: gestaucht
Vert. coccygis 2	10,8	-	-	10,2	14,1	12,5	-	8,6	A – C: X-Ray; E: Wirbel unvollständig
Vert. coccygis 3	11,3	7,3	7,0	-	17,4	15,0	9,0	7,9	A – C: X-Ray
Vert. coccygis 4	11,5	7,0	6,8	(14)	15,6	18,0	13,5	8,3	A – D: X-Ray
Vert. coccygis 5	11,9	6,8	6,5	15,4	14,2	18,0	14,0	-	A – C, G: X-Ray; E: Wirbel deformiert
Vert. coccygis 6	12,4	6,6	6,5	-	13,0	18,0	15,0	12,9	A – C: X-Ray; E: Wirbel deformiert
Vert. coccygis 7	13,0	6,4	-	(21)	11,4	18,0	14,0	12,8	A – D, G: X-Ray
Vert. coccygis 8	14,4	-	5,6	21,4	13,5	-	15,0	13,1	A – C, G: X-Ray
Vert. coccygis 9	16,0	6,4	5,6	21,1	17,0	-	15,0	13,5	A – C, G: X-Ray; E: diagenetisch verformt
Vert. coccygis 10	16,3	5,8	5,1	-	17,5	19,0	17,0	13,5	A – C, G: X-Ray; E: diagenetisch verformt
Vert. coccygis 11	16,5	5,0	4,8	-	9,1	19,0	17,5	14,0	A – C, G: X-Ray
Vert. coccygis 12	15,1	4,8	4,3	20,1	8,1	15,5	16,5	-	A – C, G: X-Ray
Vert. coccygis 13	15,1	4,7	4,2	20,5	6,5	15,5	15,0	17,3	A – C, G: X-Ray
Vert. coccygis 14	14,5	4,4	3,4	19,3	5,3	15,5	14,0	-	A – C, G: X-Ray
Vert. coccygis 15	14,8	3,7	3	19,0	4,4	15,5	-	11,8	A – C: X-Ray
Vert. coccygis 16	11,9	3,1	2,2	18,8	2,6	13,5	11,5	11,1	A – C: X-Ray
Vert. coccygis 17	11,4	2,0	2,0	(18)	-	13,0	9,5	-	A – D: X-Ray
Vert. coccygis 18	11,2	1,5	1,3	(17)	-	11,0	9,0	10,9	A – D: X-Ray
Vert. coccygis 19	-	-	-	16,0	-	10,5	8,0	9,8	A – C: X-Ray
Vert. coccygis 20	-	-	-	(15)	-	8,5	7,5	9,3	A – D: X-Ray
Vert. coccygis 21	-	-	-	15,8	-	7,5	6,0	8,0	A – C: X-Ray
Vert. coccygis 22	-	-	-	15,4	-	6,5	5,0	6,9	A – C: X-Ray
Vert. coccygis 23	-	-	-	14,5	-	6,0	4,0	5,5	A – C: X-Ray
Vert. coccygis 24	-	-	-	?	-	1,5	-	4,3	Weiterer Verlauf bei D unbekannt
Summe der Länge	238	-	-	-	182	178	60,5	54,7	



Insgesamt ergeben sich damit 18 Caudalwirbel, deren Längen in Abbildung 1 dargestellt sind. Da die letzten Wirbel mit ca. 1,5 mm bis 2 mm Querschnitt relativ dünn sind, könnten während der Bergung bzw. Präparation weitere vom Schwanzende verloren gegangen sein. Hierfür spricht der fragmentarische Zustand des letzten Wirbels, der in zwei voneinander getrennten Stücken vorliegt. Vergleichsweise sind von *Messelobunodon schaeferi* 24 Caudalwirbel bekannt (Tabelle 7). Die übrigen Wirbel des Referenzobjektes sind weitgehend artikuliert. Eine Ausnahme bilden der 7./8. sowie die 13./14. Wirbel. Dort befinden sich die Gelenkenden der jeweils aufeinanderfolgenden Wirbel übereinander. Darüber hinaus ist der Schwanz zwischen dem 4. und 5. Wirbel verdreht, da hier die proximalen Wirbel latero-ventral liegen, die darauf folgenden Wirbel dagegen dorsal. Der erste bis sechste Caudalwirbel ist relativ massiv, die Breiten-/Längenrelation ist etwa 1 : 1,5. An diesem Teil des Schwanzes sind die lateralen Procc. noch gut entwickelt. Bis zum 11. Wirbel nimmt die Länge kontinuierlich zu, danach werden die Caudalwirbel zunehmend kürzer. Gleichzeitig werden die Wirbel im Umriss stabförmig, d.h. die Querfortsätze werden deutlich kleiner (Tafel 7: B). Die letzten Wirbel sind gestreckt und dünn, ihr Verhältnis von Breite zu Länge ist etwa 1 : 7,2. Ähnlich den Querfortsätzen sind am vorderen Teil des Schwanzes noch deutliche Procc. articularis am caudalen Ende des Corpus vertebrae entwickelt. Diese werden bei den folgenden Wirbeln allmählich kleiner und fehlen ab Vert. coccygis 12 gänzlich. Im Gegensatz zu *Bos* und *Sus* deutet sich in diesen Relationen eine deutlich stärkere Ausbildung der Schwanzmuskulatur an, als von rezenten Haustieren bekannt.

### 3.1.1.2 Costae, Rippen

Die Costae beider Körperseiten sind mehrfach zertrümmert und z. T. ineinander gepresst. Hinweise auf ihre Anzahl geben deren teils noch in Artikulation befindlichen Fragmente und die Thoracalwirbel. Danach hatte *Anthracobunodon weigelti* insgesamt 13 paarige Costae, s. Tafel 3. Hiervon artikulieren 7 mit dem Sternum, 6 sind asternal. Unter Addition der als zusammengehörig angesehenen Teile gelangt man zu Längenangaben, die mit einem Fehler von ca. 2 bis 3 mm behaftet sein dürften.

In Spalte A von Tabelle 8 wurde die auf diese Weise sich ergebende (in Seitenlage) erkennbare größte Diagonale vom distalen Ende des Corpus costae bis zum Capitulum costae für das Referenzobjekt ermittelt. Alle Maße stellen eine Mindestangabe dar, da alle Costae fragmentarisch sind. Um fehlende Werte zu schätzen, wurden mit den verfügbaren Werten Regressionsanalysen nach den Modellen linear, logarithmisch, invers, quadratisch, kubisch, potenziell, zusammengesetzt, S-Kurve, logistisch, Wachstum sowie exponentiell durchgeführt. Die besten Anpassungen lieferten mit einem Korrelationskoeffizienten um 0,92 die quadratische und mit 0,95 die kubische Funktion. Die in Spalte B ermittelten Werte erfüllen die Gleichung  $X = 0,0583x^3 - 2,7229x^2 + 28,6387x + 3,8431$ . Für x ist die Nummer der jeweiligen Costa, von cranial nach caudal gezählt, einzusetzen. Spalte C und D enthalten die theoretischen Schwankungsbereiche für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

**Tabelle 8: Maße der Costae von *Anthracobunodon* in [mm].**

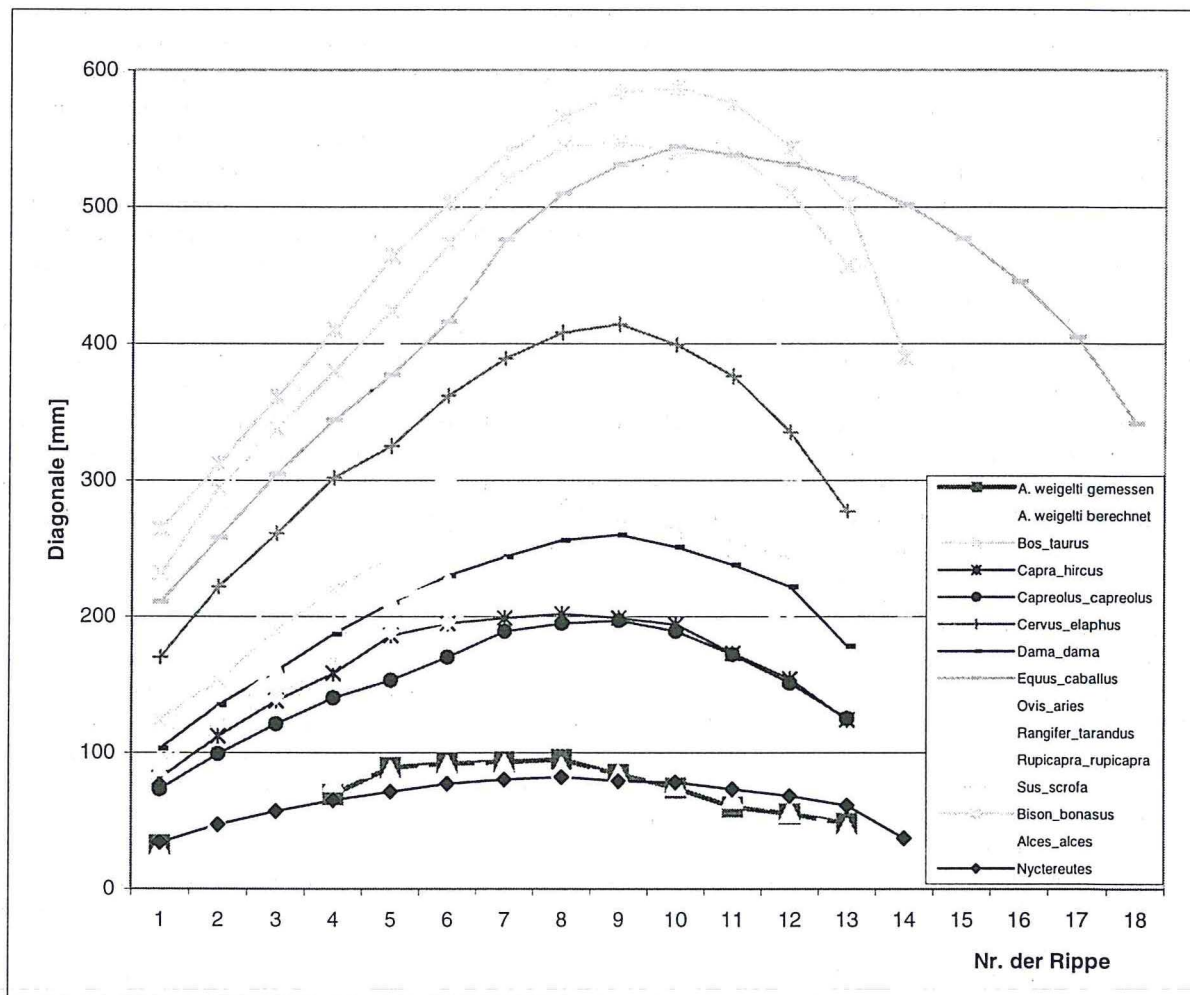
- A größte Diagonale vom Capitulum costae bis zum distalen Ende des Corpus costae bei *A. weigelti* GMH Ce III-4221  
 B berechnete Diagonale vom Capitulum costae bis zum distalen Ende des Corpus costae in [mm]; Erläuterungen s. Text  
 C unteres Konfidenzintervall für Wert B bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 95%  
 D oberes Konfidenzintervall für Wert B bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 95%  
 E größte cranio-caudale Stärke (Länge) des Os costale bei *A. weigelti* GMH Ce III-4221  
 F größte Breite des Os costale bei *A. weigelti* GMH Ce III-4221  
 G größte Diagonale vom Capitulum costae bis zum distalen Ende des Corpus costae *A. weigelti* GMH Ce II-4329  
 H größte Breite des Os costale bei *A. weigelti* GMH Ce II-4329

Costa	A	B	C	D	E	F	G	H	Bemerkungen
Costa I	32	29,8	11,0	48,6	5,7		-	-	A, E,F: X-Ray
Costa II	-	50,7	34,4	66,9	(5,8)	2,0	-	-	A, E,F: X-Ray; D: CT – Messung
Costa III	-	66,8	51,0	82,6	(5,5)		-	-	A, E,F: X-Ray
Costa IV	69	78,6	62,9	94,2	5,6		-	-	A, E,F: X-Ray; A: 2 Fragmente addiert
Costa V	89	86,2	71,0	101,5	5,6		79,8	8,5	A, E,F: X-Ray; A: 2 Fragmente addiert
Costa VI	92	90,2	75,4	105,0	5,8		83,5	6,6	A, E,F: X-Ray; A: 3 Fragmente addiert
Costa VII	93	90,9	76,3	105,4	5,6		81,5	4,7	A, E,F: X-Ray; A: 4 Fragmente addiert
Costa VIII	95	88,5	73,9	103,1	5,0	2,7	79,7	4,4	A, E,F: X-Ray; A: 4 Fragmente addiert
Costa IX	84	83,5	68,6	98,4	(4,6)	2,7	75,2	3,7	A, E,F: X-Ray; A: 3 Fragmente addiert
Costa X	74	76,2	61,2	91,2	4,5		69,6	3,2	A, E,F: X-Ray; A: 3 Fragmente addiert
Costa XI	60	66,9	52,0	81,8	4,2		(65)	3,0	A, E,F: X-Ray; A: 3 Fragmente addiert
Costa XII	55	56,1	41,0	71,2	4,2	2,5	-	-	A, E,F: X-Ray
Costa XIII	48	43,9	26,3	61,6	3,5		-	-	A, E,F: X-Ray; A: 2 Fragmente addiert

Hinweise auf die Richtigkeit der unter A gemessenen Werte geben weitere Exemplare von *A. weigelti*. Bei GMH Ce IV-4223 sind isolierte Costae erkennbar, die nach der Struktur der prox. Gelenke zum mittleren Thorax



gehören. Sie weisen mit einer Länge um 90 mm eine ähnliche Größenordnung auf, wie für das Referenzobjekt angegeben. Ein isolierter Thorax GMH Ce II-4329 weist Costae ähnlicher Dimensionen wie *A. weigelti* auf, s. Tabelle 8, Spalten G und H. Eine Bestätigung des mathematischen Modells liefert eine Vergleichsrechnung mit den Messungen von WOLSAN (1982: Tab.1). Bei den von ihm untersuchten 13 Spezies rezenter Artio- und Perissodactyla liefert eine kubische Funktion Werte, die mit den realen Maßen Korrelationen zwischen 0,94 und 0,99 erzielt. In Abbildung 4 sind die gemessenen (große Quadrate, durchgezogene Linie) und berechneten (große Dreiecke, gestrichelt) Diagonalen für GMH Ce III-4221 eingezeichnet. Zum Vergleich der Längenrelationen bei anderen Säugern sind die Daten von WOLSAN (1982) ebenfalls berücksichtigt.



**Abbildung 4: Costae von *Anthracobunodon weigelti* und ausgewählten rezenter Mammaliern.**

Die Maße rezenter Tiere wurden WOLSAN (1982) entnommen.

Die Messungen der rezenter Spezies wurden entlang der Krümmung der Costae vorgenommen und sind daher nicht direkt mit denen der Tabelle 8 vergleichbar. Dennoch zeigen die Kurven bei *Capreolus*, *Dama*, *Rupicapra*, *Ovis* und *Sus* einen ähnlichen Anstieg und Kulminationspunkt wie bei *Anthracobunodon*. Weiterhin steht *Anthracobunodon* neben diesen relativ leicht gebauten Artiodactyla auch *Nyctereutes* nahe, nicht aber den größeren Artiodactyla und Perissodactyla wie *Alces*, *Bos*, *Cervus* und *Equus*. Bei ihnen nehmen die Werte stärker bis zur neunten bzw. zehnten Costa zu und danach wieder stärker ab. Die längste Costa ist am Referenzobjekt die achte, die kürzeste die erste. Zu den im Diagramm verwendeten Maßen kommen die Anteile des Cartilago costales hinzu, vgl. 3.2.1. Die Krümmung der Costae ist unterschiedlich. Im mittleren Thorax, d. h. etwa bei Costa VII bis XI sind sie gleichmäßig bogenförmig. Im cranialen Abschnitt des Thorax ist der Umriss stärker L-förmig, d. h. dorsal der halben Höhe des Corpus costae biegt das prox. Ende fast rechtwinklig ab. Ventrad zeigen sie einen relativ gerade verlaufenden Rand. Trotz der Deformationen des vorderen Thorax am Referenzobjekt und der dadurch eventuell verfälschten Angaben in Tabelle 8 ist erkennbar, dass die sternalen Costae caudad geringfügig an Breite zunehmen. Bei den asternalen Costae besteht eine stärkere Tendenz sich zu verschmälern.



Die größte Breite liegt bei allen Costae nahe des distalen Endes des Os costale. Der eckige Querschnitt von Costae I bis X erinnert an *Sus*, weniger an die relativ rundlichen Querschnitte rezenter Ruminantia. Nur die letzten drei Costae sind bei *A. weigelti* rundlich. Anatomische Details des proximalen Teils der Costae zeigen sich am Referenzobjekt nur am relativ unverdeckten caudalen Abschnitt des Thorax. Hier geht das Collum costae bogenförmig aus dem Corpus hervor und trägt das Capitulum mit seiner rundlichen Gelenkfläche. Das Capitulum ist nicht wie bei rezenten Haustieren verdickt. Bei *A. weigelti* GMH Ce IV-4223 ist ersichtlich, dass auch im mittleren Thorax keine stärkere Aufwölbung dieses Gelenkkopfes existiert, sondern die Costae sich am Ende verjüngen. Der Durchmesser des Capitulum erreicht am Referenzobjekt bei Costa IX etwa 3,5 mm. Ab dieser Stelle ist außerdem deutlich ein im Querschnitt rundliches Tuberculum costae ausgebildet. Es nimmt bei den cranial folgenden Costae an Höhe zu und erhebt sich ab Costa VII über die Ebene des Collum. Aus dem Fehlen des Tuberculum bei Costa XIII bis mindestens XI folgt, dass an den gleichzähligen Thoracalwirbeln nicht mit den korrespondierenden Foveae costales transversales zu rechnen ist. Die Breite über die Fac. art. tuberculi costae und Fac. art. capituli costae beträgt bei Costa IX ca. 8,5 mm. Die Gelenkfläche des Capitulum besteht aus je einer halbmondförmigen Fac. art. costae cranialis et caudalis, die durch einen weniger als 1 mm breiten Sulcus interarticularis getrennt werden. Distal des Tuberculum costae ist eine schmale, ca. 4 mm lange Vertiefung erkennbar. Details der prox. Abschnitte der weiter cranial befindlichen Costae liefert das Referenzobjekt nur noch für Costa I. Hier gleicht dieser Abschnitt durch einen ca. 5 mm hohen Tuberculum costae insgesamt einer Gabel. Das Tuberculum ist gerade abgeschnitten und trägt dorsal eine länglich ovale Fac. art. tuberculi costae. Das Capitulum costae hat einen Querschnitt von 2,5 x 5 mm.

Distal sind alle Costae mehr oder minder rechtwinklig begrenzt. Manche (z. B. Costa IX und X) erreichen an ihrem Ende die größte Breite, andere (Costa XII) verjüngen sich geringfügig. Keine Costae des Referenzobjektes zeigen eine direkte Artikulation mit dem Sternum. Daraus folgt, dass bei der Kalkulation der Höhe des Thorax mit einem knorpeligen Anteil zu rechnen ist. Nach dem Abstand der Enden der sternalen Costae zum Sternum scheint dieser Anteil jedoch nicht höher als 5 mm gewesen zu sein. Costa I verjüngt sich ventral und artikuliert mit dem Praesternum etwa in dessen Mitte. An der Verbindungsstelle des Praesternums mit dem ersten Sternebra artikuliert Costa II. Im Anschluss ist jedem Sternalglied ein Paar Costae zuzuordnen. Darüber hinaus artikuliert das letzte Sternalglied an seinem caudalen Rand mit Costa VII.

### 3.1.1.3 Sternum, Brustbein

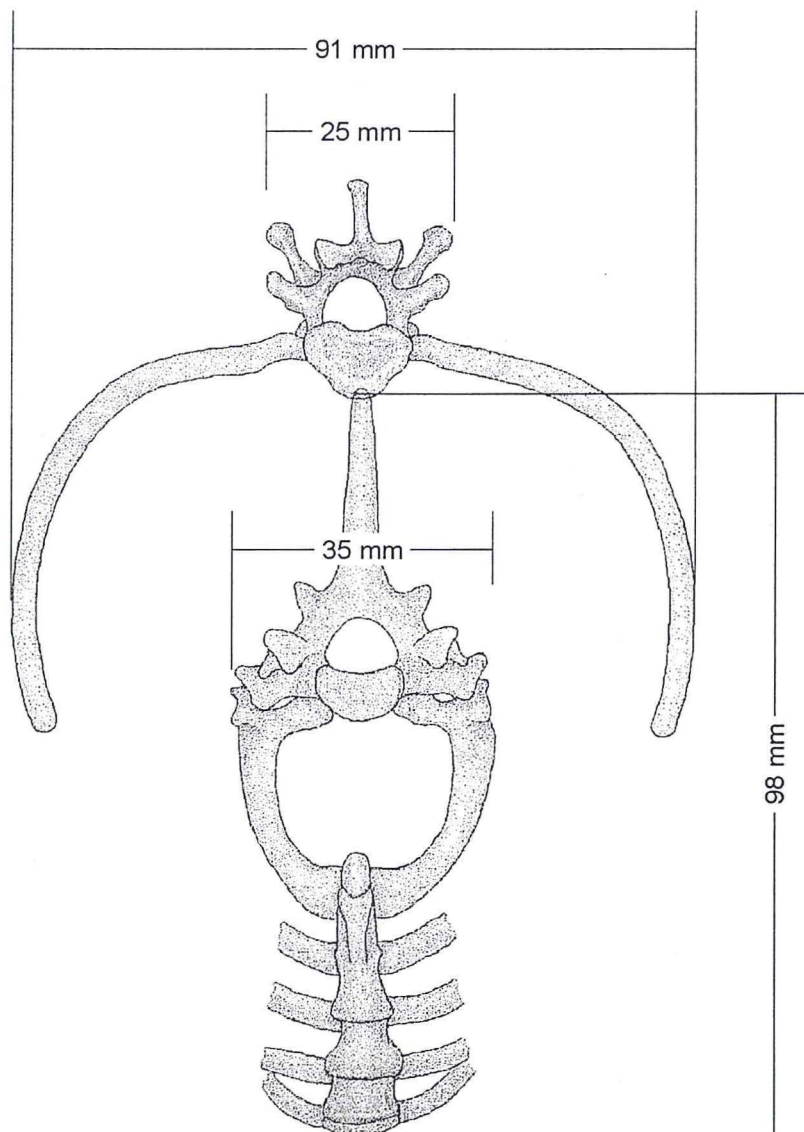
Das Sternum ist von ventral fast in voller Länge sichtbar (Tafel 5). Die bereits bei der Thoracalwirbelsäule beschriebene Ruptur setzt sich hier in einem Versatz der caudalen Sternalglieder fort. Insgesamt sind 6 Teile zu unterscheiden, die trotz des adulten Status des Tieres nicht miteinander verwachsen sind. Zwischen beiden Humeri liegen vier Elemente frei. Ein weiteres wird vom rechten Unterarmknochen verdeckt. Im Anschluss folgen caudal mehrere spangenförmige Gebilde, die Verbindung zu Costae zeigen. Sie werden dem Xiphosternum zugeordnet. Das Mesosternum besteht, wie bei *Sus*, aus 4 Elementen. Vergleichsweise sind von *Equus* 5 und von *Canis* 6 bekannt.

In Artikulation mit diesen Sternalgliedern befindet sich cranial das Praesternum (Manubrium sterni), das vom prox. Schaft des Humerus sin. und der Mandibula sin. verdeckt wird (Tafel 5: A-14). Dieser Knochen hat einen keilförmigen Umriss, der ebenfalls für *Sus* typisch ist. Seine Länge dürfte um 12 mm und die Breite an der Basis um 7 mm betragen haben. Nach CT-Messungen ist der Querschnitt des Praesternum trapezförmig, mit einer sich ventrad verjüngenden Kante. Die Höhe liegt bei 4 mm. Kurz vor dem caudalen Ende zeigt das Manubrium eine konkave Einbuchtung, die als Gelenk für die erste Costa interpretiert wird.

Das Corpus sterni besteht aus vier dorso-ventral abgeflachten, plattenförmigen Sternebrae, deren laterale Seiten konkav sind (Tafel 5: A-13). Das erste hat einen trapezförmigen Umriss und ist ca. etwa 15 mm lang. Es zeigt eine deutliche Verjüngung von seiner 11 mm breiten distalen zur etwa 6 mm breiten cranialen Kante. Der Querschnitt ist dort subrectangulär mit einer Höhe von etwa 4 mm (CT). In Artikulation folgen zwei untereinander recht ähnliche, im Umriss subquadratische Elemente. Sie zeigen eine Länge und Breite von 13 x 11 mm sowie 14,5 x 12 mm. An den prox. und dist. ausgestellten Kanten sind die Ansatzstellen der Costae als kleine Foveae erkennbar. Zwei weitere Knochenstücke befinden sich caudo-ventral von ihnen. Sie gehören zum letzten Sternebra, das durch die genannte Ruptur zweiteilig erscheint. Auch dieses letzte Sternalglied setzt die Tendenz der Verbreiterung fort. Beide Teile zusammengesetzt, ergeben eine Länge von etwa 14 mm und eine größte Breite distal von 17 mm (Tafel 5: A-9, A-10).

Caudal des Corpus sterni sind Umrisse eines länglichen Xiphosternums erkennbar. Eine Abgrenzung der knorpeligen Anteile des Arcus costarum ist problematisch. Es wird vermutet, dass die Länge des Xiphosternums etwa 20 mm betragen hat. Die Breite des prox. Ansatzes ist aufgrund der lateralen Ansicht nicht genau messbar, sie dürfte mindestens 10 mm betragen haben. Caudal streicht das Xiphosternum spitz aus und ragt in den Zwischenraum der sich dreieckig aufspannenden falschen Costae hinein.





**Abbildung 5: Rekonstruktion des Thorax von *Anthracobunodon weigelti*.**

Von cranial gesehen sind die jeweiligen Schnittebenen entsprechend ihrer Lage im Rumpf übereinander projiziert und demonstrieren die relative Höhe der Wirbel zueinander.

#### 3.1.1.4 Thorax, Brustkorb

Am Referenzobjekt ist der gesamte Thorax größtenteils artikuliert erhalten, d.h. Costae, Thoracalwirbel und Sternum stehen noch in Verbindung. Die Costae der rechten Seite liegen größtenteils oberflächlich frei. Nur der craniale Bereich des Thorax wird durch die rechte Vorderextremität und den Kopf überlagert. Röntgenologisch zeichnet sich die im Paraffin befindliche linke Thoraxhälfte ab (Tafel 2). Zu der größtenteils parallelen Anordnung der Costae zueinander gibt es eine auffällige Abweichung: Analog zu der unter 3.1.1.1.2 beschriebenen Ruptur zwischen dritten und vierten Thoracalwirbel sind Costa IV und V samt zugehörigen Sternalgliedern von den nachfolgenden Skelettelementen getrennt.

Die Länge des Thorax ergibt sich aus den in Tafel 3 ersichtlichen Abständen zwischen den Costae, die im vorderen Bereich des Thorax durch die Längen der Sternalglieder definiert sind und den aus Tabelle 8 Spalte E ersichtlichen Werten der Ossa costalis. Nach einer graphischen Rekonstruktion würde sich ein cranio-caudaler Abstand zwischen der ersten und letzten Costa von 160 mm ergeben. Eine Schätzung der gesamten Breite des Thorax ist aus dem Krümmungsradius der Costae, der Breite des Sternums und der Breite der Thoracalwirbel ableitbar. Danach dürfte der größte Abstand beider Thoraxwände zwischen 80 und 90 mm betragen haben. Diese Angabe wird durch Maße von *A. weigelti* GMH Ce II-4219 unterstützt, bei dem ein Teil des Thorax cranio-dorsal einsehbar ist. Die Costae der rechten Körperhälfte sowie die von medial sichtbare Scapula sin. markieren



eine Diagonale der Hälfte des inneren Thoracalraumes von 35 mm. Unter Berücksichtigung der perspektivischen Verkürzung und des juvenilen Alters des Individuums bestätigt diese Angabe die vorige Schätzung für das Referenzobjekt. Aus der Projektion von Thoracalwirbel 1 mit Costae vor Thoracalwirbel 12 mit Costae in Abbildung 5 lässt sich die Zunahme der Breite des Thorax von cranial nach caudal zeigen. Im hinteren Abschnitt des Thorax dürfte sich demnach ein Querschnitt von etwa 90 x 100 mm ergeben haben. Hieraus ergibt sich als Anhaltspunkt für die Breite des Bauchraumes ein Wert von 90 mm zuzüglich der Auflage des M. latissimus dorsi und Haut.

### 3.1.2 Skelett der Gliedmaßen

#### 3.1.2.1 Ossa extremitatis thoracicae, Vorderextremität

Von der Scapula dext. liegt am Referenzobjekt ein Drittel oberflächlich frei, alle anderen Partien werden vom Visceralcranium sowie Costae und Wirbeln teils mehrfach überlagert (Tafel 2). Die Vorderextremitäten sind am Referenzobjekt in leicht unter dem Körper eingezogener Haltung fast komplett erhalten. Die Ober- und Unterarme stehen im Winkel von 80° (d) bzw. 50° (s) zueinander und weisen mit dem Ellenbogen nach caudo-dorsal. Die Vorderfüße sind caudad orientiert und im Carpalgelenk zwischen 90° (d) und 50° (s) zu den Unterarmknochen abgewinkelt. Die von lateral sichtbare rechte Extremität steht noch im Zusammenhang mit der Scapula und überlagert den Thorax. Die von medial einsehbare linke Extremität ist vermutlich unter dem Thorax hervor gepresst worden.

##### 3.1.2.1.1 Ossa scapulae, Schultergürtel

Der Gesamtumriss der Scapula ist bei keinem der untersuchten Funde erhalten, meist fehlt der dorsale Rand. Dennoch lassen sich aus der Kontur vorhandener Fragmente die Gesamtmaße abschätzen, vgl. Tafel 3. Hinweise auf ein Coracoid als eigenständiges Element des Schultergürtels fehlen bei *Anthracobunodon*. Dieser Knochen war, wie bei den meisten Placentalia, bereits reduziert. Sehr wahrscheinlich gilt dies auch für die Clavicula, die ebenfalls bei anderen mitteleozänen Artiodactyla wie *Messelobunodon* s. FRANZEN (1983: 416) nicht nachgewiesen werden konnte. Bei untereozyänen Spezies, wie *Diacodexis pakistanensis* erwähnen THEWISSEN & HUSSAIN (1990: 42) jedoch ein solches Element des Schultergürtels. Ebenfalls weist ROSE (1985: 1209) auf einen stabförmigen Knochen bei *Diacodexis metsiacus* USGS 2352 hin, der zwischen Humerus und Scapula liegt und als Clavicula interpretiert werden könnte. Da bei keinem Exemplar von *Anthracobunodon* der vordere Thorax so eindeutig überliefert ist, dass eine Clavicula definitiv ausgeschlossen werden könnte, bleibt die Frage ihrer Existenz offen.

**Tabelle 9: Maße der Scapula von *Anthracobunodon* und anderer eozyäner Artiodactyla in [mm].**

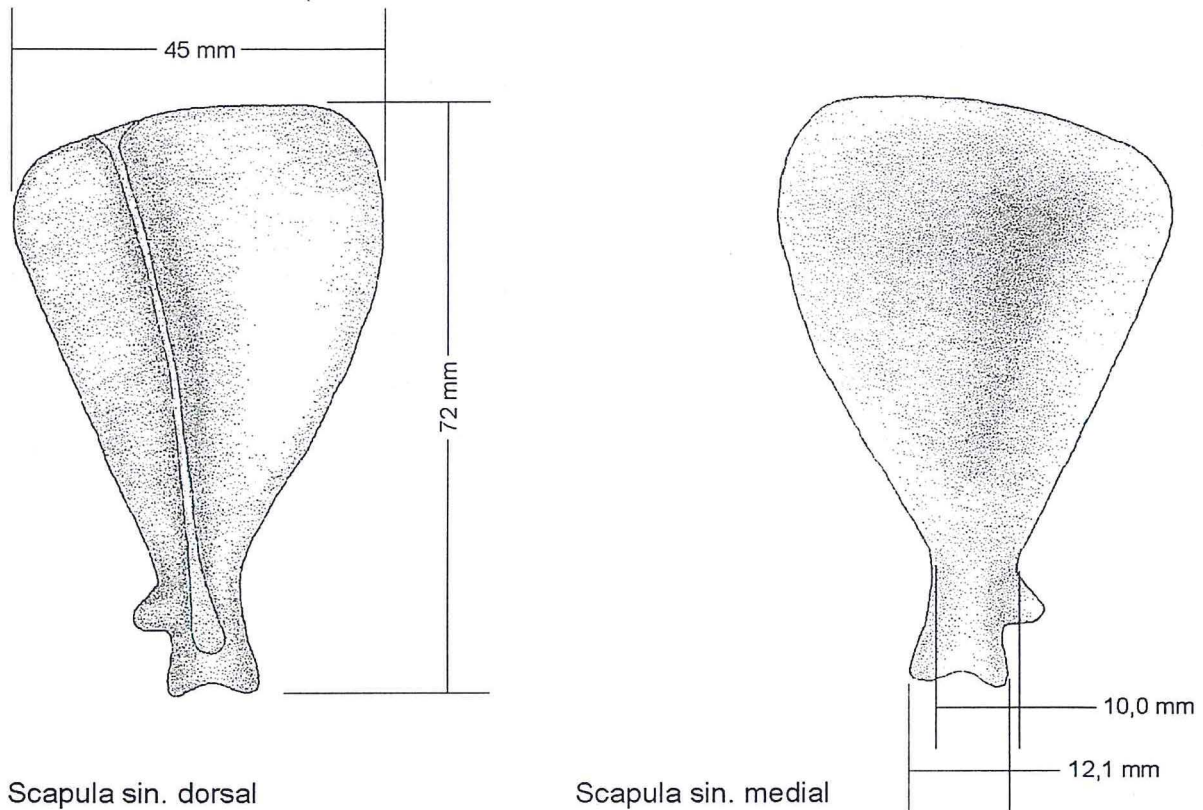
- A größte Länge der Scapula von der Fossa articularis bis zum Margo vertebralis  
 B größte Breite der Scapula vom Angulus cervicalis bis Angulus thoracicus  
 C kleinste Breite der Scapula an der Incisura scapulae  
 D größte Länge der Fossa articularis

Art	A	B	C	D	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	-	-	10,5	12	A - D X-Ray; Dorsalrand fehlt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4219	(44)	(26)	7,8	10,5	A - D X-Ray; Dorsalrand fehlt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4223	(70)	(45)	9,5	12,5	A,B: X-Ray; Dorsalrand gedehnt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-3826	63,5	(40)	9,5	11,7	A - D X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce III-4225	(45)	-	9,7	12,5	A - D X-Ray; Dorsalrand fehlt
<i>Gervachoerus jaegeri</i> GMH Ce III-4220	-	-	(8)	10,5	A - D X-Ray; Dorsalrand fehlt
<i>Haplobunodon?</i> GMH XLI – 210	68	(33)	11	12,2	
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	-	-	(9)	11,8	
<i>Masillabune franzeni</i> GMH VII-58	(60)	(33)	9,5	(9,5)	A - D X-Ray; stark fragmentarisch
<i>Masillabune martini</i>	44	27	-	-	nach TOBIEN (1985: Tab. 5)
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. Pohl	54	26,5	-	-	nach FRANZEN (1988: Tab. 1)
<i>Aumelasia gabineaudi</i> SMF ME-1527	48	27,5	-	-	nach FRANZEN (1988: Tab. 1)
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510	(56)	(30)	(10)	14,5	
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	50,5	30,5	8,5	9,0	

Aus den Maßen für die Scapula von GMH CeIV-4223 dürfte sich nach der Korrelation über die Tibia (s. 2.4) eine Länge für das Referenzobjekt zwischen 70 und 75 mm und eine größte Breite um 45 mm ergeben. Der Umriss war gestreckt dreieckig mit abgerundeten Kanten an der dorsalen Seite. Der Margo vertebralis ist konvex und bei GMH Ce II-4219 geringfügig bis auf ca. 2 mm verdickt. Hierdurch wird die Ansatzfläche für den Cartilago scapulae gebildet, vgl. 3.2.3. Die Kanten der Längsseiten der Scapula sind wie bei *Messelobunodon?* SMF ME-1001 abgerundet und gehen ebenfalls mit einer Rundung aus der Margo vertebralis hervor. Hinweise



auf einen eckig ausgebildeten Angulus cervicalis wie bei *Bos* oder *Equus* fehlen. Die Kontur der Margo cervicalis ist relativ geradlinig und verläuft in einem Zuge leicht konvex bis zur Incisura scapulae. Es fehlt ein deutlicher Einschnitt, der das Collum scapulae wie bei *Sus* und *Nyctereutes* markiert. Der Margo thoracicus verläuft ebenfalls relativ geradlinig und bildet am Referenzobjekt einen fast rechtwinkligen Angulus thoracicus. Die Facies lateralis ist durch eine markante, leicht craniad geschwungene Spina scapulae charakterisiert, die in der Mitte des Collums steil aufsteigt und an der Margo vertebralis flach ausstreicht. Die Dicke der Spina beträgt ca. 1,5 mm, ihre Höhe über dem Niveau der Facies lateralis muss mindestens 7 mm erreicht haben. Eine Verbreiterung der Spina in der Mitte in eine Tuberositas bzw. Tuber analog von *Sus* ist nicht festzustellen. Dagegen zeigt sie bei GMH Ce II-4219 ähnlich *Messelobunodon* SMF ME-501, *Nyctereutes* und *Canis* eine Verbreiterung ihres Endabschnittes und eine nasenförmige Verlängerung zum Acromion. Weitere Differenzierungen sind nicht erkennbar. Ventral der Basis der Spina zeichnet sich im Bereich des Collums ein 0,5 mm großes Foramen ab.



**Abbildung 6: Rekonstruktion von Scapula von *Anthracobunodon weigelti*.**

Details der Facies medialis sind bis auf den deutlichen Proc. coracoideus nicht überliefert. Dieser sitzt dem Tuberculum supraglenoidale (=Tuber scapulae) medial auf und ist bei Ce II-4219 als rundlicher Höcker von etwa 4 mm Durchmesser ausgebildet. Analog rezenten Artiodactyla kann von der Existenz einer gestreckten Fossa subscapularis ausgegangen werden. Die Fossa articularis stellt sich als konkaves Gelenk mit ovalem Umriss dar. Die größte Breite liegt nach dem CT in der Mitte der Fossa mit 9 – 10 mm. Hieraus folgt eine Relation von Länge zu Breite von etwa 2:1. Bei dem o. g. Fund zeichnet sich an der dem Tuberculum entgegengesetzten Seite der Fossa articularis eine Tuberositas infrarticularis bzw. eine kleine Vertiefung ab. Sie könnte als Ansatz des Caput longum des Musculus triceps gedeutet werden. Zwischen dem Tuberculum supraglenoidale und der Fossa articularis existiert ein Einschnitt, der das Tuberculum hakenförmig hervortreten lässt. Diese Konstellation im Zusammenhang mit dem deutlichen Proc. coracoideus belegt Gemeinsamkeiten von *Anthracobunodon* mit Carnivora, die bei rezenten Artiodactyla nicht mehr auftreten.

### 3.1.2.1.2 Os humeris, Oberarmbein

Die Humeri sind am Referenzobjekt im prox. Bereich der Diaphyse und an den dist. Gelenken zerquetscht. Dennoch zeichnen sich im Röntgenbild Umrisse und anatomische Details ab, vgl. Tafel 5: A. Isolierte Humeri, die aufgrund ihrer Größe zu *Anthracobunodon* oder *Haplobunodon* gestellt werden, liefern weitere Anhaltspunkte, s. Tabelle 10.

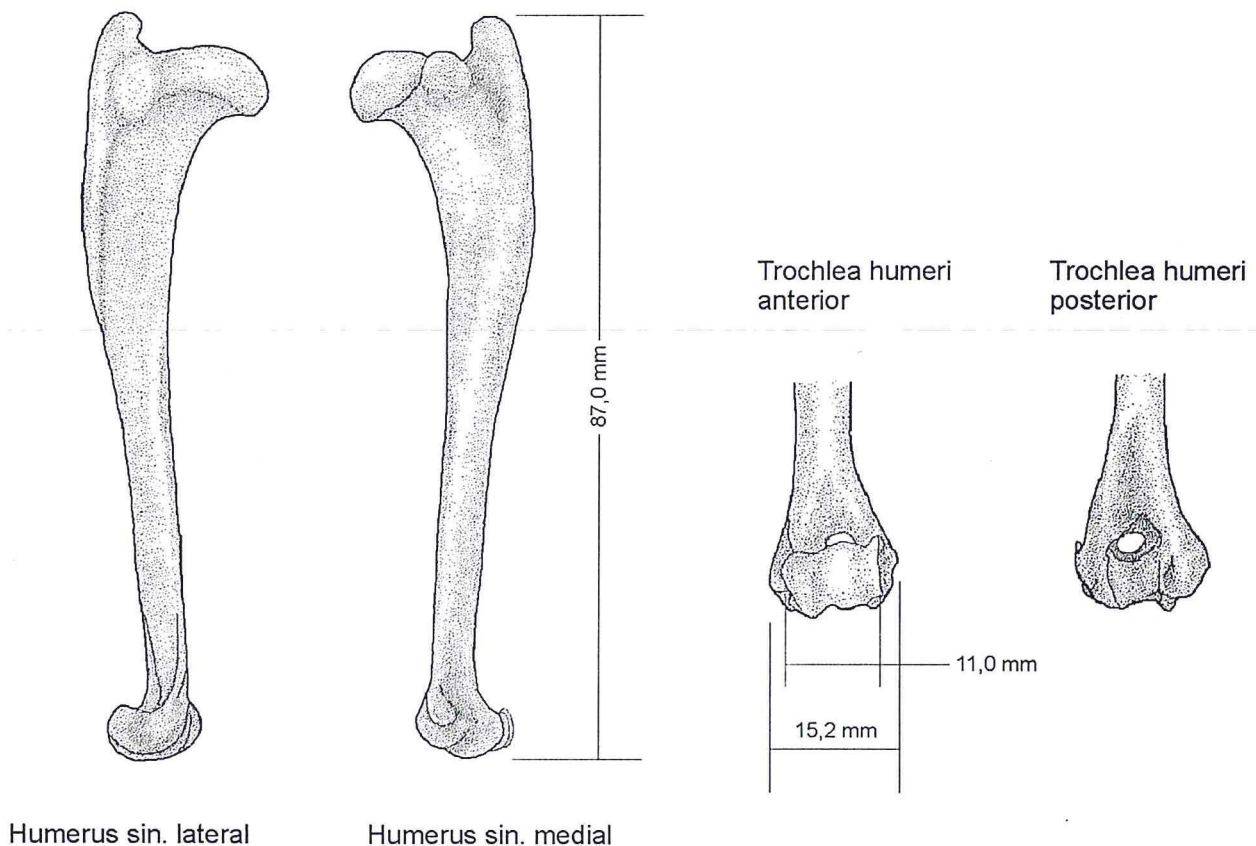


**Tabelle 10: Maße des Humerus eoazäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Humerus vom Tuberculum majus zur Trochlea
- B größte Diagonale des Caput humeri
- C kleinster Durchmesser der Humerus - Diaphyse
- D Höhe der Trochlea humeri
- E Breite der Condylus
- F Breite der Trochlea humeri

Art	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	87,0	12,0	6,3	10,3	-	-	D: X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4223	(89)	(11)	7,1	10,3	(15)	(12)	D: X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH XXII-761	-	-	5,5	9,1	14,4	10,4	isolierter Fund
<i>A. weigelti</i> GMH XXXVII-148	-	-	6,0	10,7	14,8	11,0	isolierter Fund
<i>A. neumarkensis</i> GMH XVIII-164b	-	-	5,5	8,2	12,8	9,7	isolierter Fund
<i>Gervachoerus jaegeri</i> GMH Ce III-4220	78,8	9,3	5,8	7,8	-	-	A - D X-Ray
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	-	-	-	10,0	14,7	-	
<i>Masillabune franzeni</i> GMH VII/58	(83)	12,2	(6,5)	(8)	-	-	Humerus zerdrückt
<i>M. martini</i>	69,5	-	7,0	-	-	-	TOBIEN (1985: Tab. 5)
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510	81,0	-	7,5	11	15,0	12,5	
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	67,5	-	5,6	6,2	10,0	7,0	
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. POHL	79,5	-	6,5	-	14,5	-	FRANZEN (1988: Tab. 1)
<i>A. gabineaudi</i> SMNK Pal-984	77,7	-	5,3	8,5	(11)	(9)	
<i>Diacodexis metsiacus</i> USGS 2352	(60)	-	-	-	8,2	-	ROSE (1985: Tab. 1)

Die Form des Humerus ist schlank und relativ wenig gebogen, vgl. Abbildung 6. Proximal wird er durch ein deutliches Tub. majus gekennzeichnet. Es überragt das abgeflachte Caput humeri bis zu 4 mm und ähnelt einem Knauf, der nach medio-cranial weist. Zwischen Ansatzstelle des Tub. und dem Caput sind im Röntgenbild mehrere Forr. nutrici zu erkennen, medial fehlen sie. Weiterhin entspringt an dieser Stelle eine Linea m. tricipitis, die sich cranio-distal bis in das obere Viertel der Diaphyse erstreckt.



**Abbildung 7: Rekonstruktion des Humerus von *Anthracobunodon weigelti*.**



Das Caput geht an seiner cranialen Seite ohne deutliches Collum aus der Diaphyse hervor. Seine Breite ist aufgrund der Kompression nicht genau bestimmbar, hat jedoch nach CT-Messungen mindestens 9 mm eingenommen. Der caudale Rand des Caput ist verjüngt und biegt hakenförmig volar ab. An diesem Punkt ergibt sich ein kurzes Collum. Gleichzeitig entspringt hier eine undeutliche Knochenleiste. Medial des Caput existiert ein in seiner Grundfläche etwa 2 x 5 mm großes, kammförmiges Tub. minus. Zwischen beiden Tubercula verläuft ein Sulcus intertubercularis, der zugleich das Caput abgrenzt. Lateral zieht vom Tub. majus eine am Referenzobjekt undeutliche Crista tuberculi majoris bis in das obere Drittel der Diaphyse hinab. Von medial sind an der Diaphyse keine Besonderheiten zu erkennen. Ihre schwächste Stelle befindet sich nahe des dist. Gelenkansatzes. Von dort erstreckt sich lateral eine deutliche Crista humeri, die ihrerseits im dist. Drittel der Diaphyse endet. Etwa in der Mitte der Diaphyse ist eine Tuberositas deltoidea vorhanden, die nicht erhoben ist. In der Seitenansicht verlaufen die Diaphysenwände wie bei *Capra* geradlinig und fast parallel zueinander. *Anthracobunodon* steht hiermit im Gegensatz zu *Cervus* und *Sus*.

Das distale Gelenk ist als Condylus ausgebildet und zeigt eine typische Untergliederung in Trochlea und Capitulum humeri. Die Trochlea ist medial durch einen auffälligen Sagittalkamm abgegrenzt, der die seitliche Führung für die Ulna bildet. Durch ihn ist die größte Diagonale des Condylus medialis fast doppelt so groß wie lateral (bei XXXVII-148 medial ca. 10,5 mm, lateral 7,5 mm). Caudal existiert eine tiefe, dreieckige Fossa olecrani, in welche die rinnenförmige Fac. art. humero-ulnaris einmündet. Diese Fac. art. ist durch zwei auffällig scharfkantige Kämme medial und lateral abgegrenzt. Sie endet vor der dünnen Rückwand der Fossa in einer konkav verlaufenden Stufe. Auf der cranialen Seite stellt die Fossa radialis die gegenüberliegende Vertiefung zur Aufnahme der Unterarmknochen dar. Ein For. supratrochleare als Verbindung beider Fossae ist regelmäßig vorhanden. Das Capitulum humeri ist als Wulst ausgebildet, der distal vom lateralen Begrenzungskamm der Fac. art. humero-ulnaris ausgeht und bis zur Fossa radialis reicht. Es nimmt in Relation zur Trochlea etwa ein Drittel der Breite des gesamten Condylus ein. Medial befindet sich ein starker Bandhöcker (Epicondylus medialis) und eine flache Bandgrube. Die Breite dieses Höckers beträgt nach der Differenz der Maße E und F in Tabelle 10 etwa 3 - 4 mm. Bei Ce IV-4223 ist der Bandhöcker oval mit einer größten Diagonale von 5 mm und flacher Gelenkfläche. An der lateralen Seite existiert eine tiefere, napfförmige Bandgrube. Der dortige Bandhöcker ist vergleichsweise klein und leitet in die Crista epicondylus lateralis über.

### 3.1.2.1.3 Ossa antebrachii, Unterarmknochen

Die Unterarmknochen befinden sich am Referenzobjekt in fast natürlicher Lage zueinander. Die rechte Extremität kreuzt die linke geringfügig und überlagert den linken Ellenbogen. Hierdurch ist der Radius in der Mitte gebrochen und leicht angehoben. Seine prox. Hälfte ist um 90° gedreht und geringfügig disloziert (Tafel 5: A). Isolierte Unterarmknochen liegen für *Haplobunodon* vor.

**Tabelle 11: Maße von Radius und Ulna eoäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge der Ulna vom Olecranon bis zum dist. Gelenk  
 B größte Länge des Olecranon vom Proc. anconeus bis zum Ende des Tubers  
 C größte Länge des Radius über beide Gelenke  
 D Breite des prox. Gelenkes des Radius  
 E Breite des dist. Gelenkes des Radius

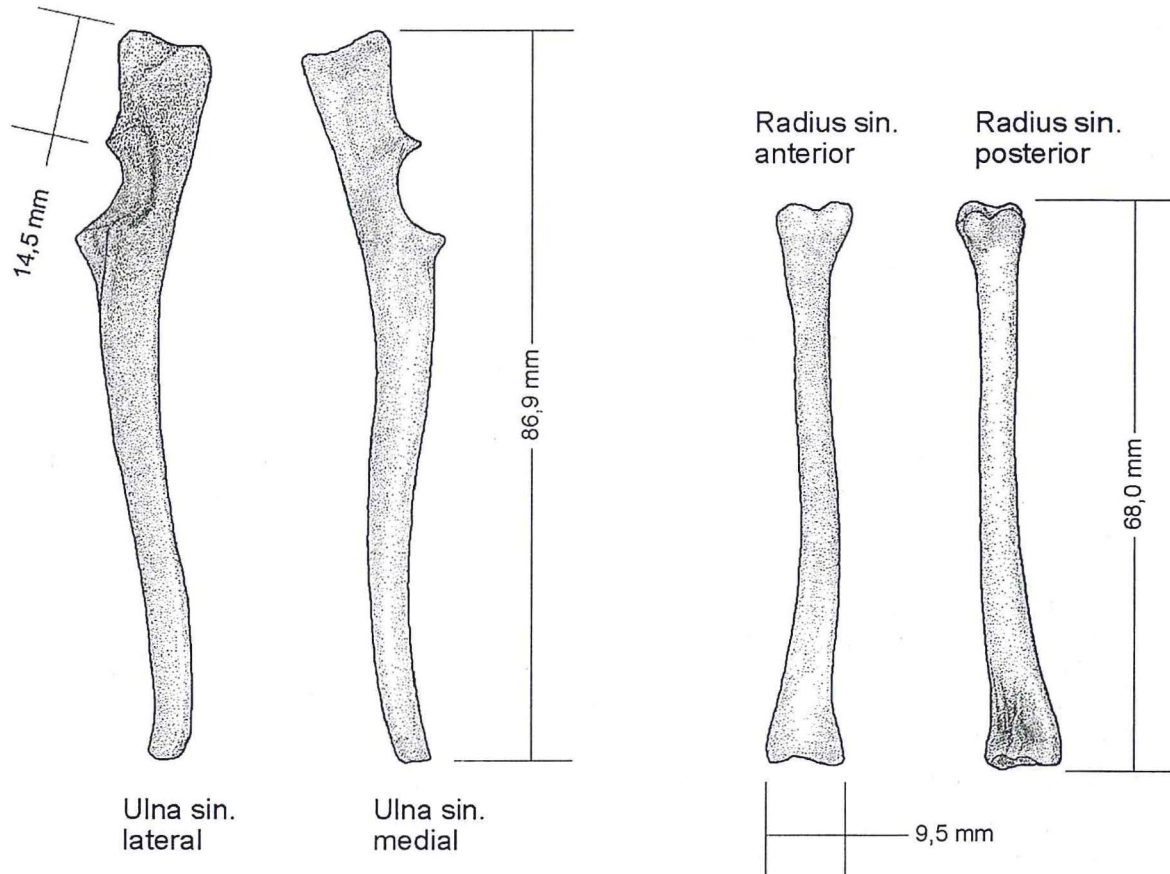
(<sup>1</sup>) TOBIEN (1985: Tab. 5); (<sup>2</sup>) FRANZEN (1981: Tab. 4); (<sup>3</sup>) FRANZEN (1988: Tab. 1); (<sup>4</sup>) ROSE (1985: Tab. 1)

Art	A	B	C	D	E	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	86,9	14,5	68,0	8,5	9,5	A – E: X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4226	80,0	13,0	65,5	9,0	-	A – D: X-Ray
<i>Gervachoerus jaegeri</i> GMH Ce III-4220	77,5	12,0	62,5	(6,5)	(6,5)	A – E: X-Ray
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	83,5	12,0	-	8,5	-	
<i>Masillabune franzeni</i> GMH VII/58	(85)	(15)	-	-	-	Ulna zerdrückt
<i>M. martini</i> ( <sup>1</sup> )	70,0	-	60,0	-	-	
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510( <sup>2</sup> )	79,0	9,5	66,0	7,6	9,5	C: X-Ray
<i>M. schaeferi</i> SMF ME-1001	-	-	58,0	(7)	(5)	D, E: Mindestmaß
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. POHL ( <sup>3</sup> )	76,5	12	-	-	-	
<i>A. gabineaudi</i> SMF ME-1527 ( <sup>3</sup> )	60	-	50,6	-	-	
<i>A. gabineaudi</i> SMNK Pal-984	65,5	(10)	57,7	-	(7)	E: geschätzt
<i>Diacodexis metsiacus</i> USGS 2352 ( <sup>4</sup> )	-	-	-	5,1	5,5	

Die Ulna ist bei *Anthracobunodon* komplett ausgebildet und vollständig vom Radius getrennt. Sie ist seitlich komprimiert und von caudal betrachtet konkav gebogen. Sie verjüngt sich distad im Gegensatz zu rezenten Ruminantia nur wenig und überragt den Radius nicht, vgl. Abbildung 8. Proximal trägt sie das typische



Olecranon, dass ca. 16% (Maß A und C in Tabelle 11) der Gesamtlänge ausmacht. Seine Oberfläche ist gegenüber dem Corpus ulnae dorsal und lateral aufgeraut. Die dorsale Kante trägt eine Sehnenrinne, deren medialer Rand über den lateralen mit einer Spitze um ca. 2 mm erhoben ist. Die cranial weisende Kante ist konkav und mündet in den Proc. anconeus. Die Incisura trochlearis ist halbkreisförmig und hat eine Diagonale von ca. 7,5 mm. Hierin befindet sich die Fac. art. humero-ulnaris, die dorsal unmittelbar an der Spitze des Proc. anconeus beginnt und volar bis zum Proc. coronoideus reicht. Die Gelenkfläche ist konvex gewölbt und fällt zur lateralen und medialen Seite hin ab. Laterodistal ist eine Synovialgrube vorhanden, unterhalb derer sich der Proc. coronoideus lateralis anschließt. Er trägt eine kleine, ovale Gelenkfläche, die mit dem Radius und dem Humerus artikuliert. Der mediale Verlauf der Fac. art. und des Proc. coronoideus kann nur nach dem Röntgenbild beurteilt werden. Danach zeigt sich keine Erweiterung der Gelenkflächen nach medial wie beispielsweise bei Carnivora.



**Abbildung 8: Rekonstruktion von Ulna und Radius von *Anthracobunodon weigelti*.**

Distal trägt die Ulna ein konisches, volar etwas verjüngtes Gelenk, das nicht mit dem Radius verknöchert war. Das Caput ulnae hat mindestens eine Breite von 6,5 mm. Es bedeckt die caudale Fläche des Radius und artikuliert mit ihm über die Fac. art. radio-ulnaris. Die Fac. art. carpea ist relativ klein. Nach dem Röntgenbild der rechten Extremität des Referenzobjektes besteht nur eine gelenkige Verbindung zum Os carpi ulnare (Tafel 5: B-1, B-5).

Der Radius liegt der Ulna auf und zeigt daher auf seiner ganzen Länge eine analoge Durchbiegung nach cranial und eine rinnenförmige Vertiefung auf der caudalen Seite. Das prox. Gelenk ist geringfügig schmaler als das distale und trägt lateral einen starken sowie medial einen flachen Bandhöcker. Das Caput radii ist durch ein kurzes Collum von der Diaphyse abgesetzt, vgl. Abbildung 8. Die Articulatio radio-ulnaris proximalis besteht aus zwei kleinen, unregelmäßigen Gelenkflächen. Eine geschlossene Circumferencia articularis wie bei Carnivora fehlt. Die Fovea radii ist flach und wird durch zwei Sagittalwülste dreigeteilt. Die Diaphyse ist caudo-dorsal abgeplattet und hat daher einen elliptischen Querschnitt mit ca. 5,0 x 3,8 mm als kleinste Maße bei *A. weigelti* GMH XLI-210. Ihre Oberfläche ist bis auf die Facies caudalis relativ glatt. Auf der caudalen Seite existiert in der o. g. Rinne eine schmale, bandförmige Tuberositas. Mediodorsal liegt unter dem Caput radii eine ca. 4 mm lange schlitzförmige Grube, die als Ausgangspunkt für die Tuberositas radii angesehen wird. Nach POHLMAYER (1985) entsteht hieraus bei rezenten Ruminantia mit einem Alter über drei Jahren eine Erhebung. Distad verbreitert sich die Diaphyse gleichmäßig bis zum Gelenk. Der Margo cranialis zeigt bei XLI-210 nahe dieses Gelenkes eine



breite Rinne. Hier verläuft bei rezenten Haustieren die Sehne des M. extensor carpi radialis. Lateral dieser Rinne ist der Sulcus tendinis m. extensoris communis ausgebildet. Die Trochlea radii ist sagittal orientiert und im Verhältnis zu rezenten Haustieren weniger skulpturiert. Es existieren zwei etwa gleich große, flache Gelenkgruben. Bei rezenten Ruminantia sind es drei durch zwei scharfe Sagittalkämme getrennte Rinnen. Dagegen stoßen bei XLI-210 in der Mitte des Gelenkes die in ihrer Höhe leicht versetzten Gelenkgruben schräg aufeinander. Hierdurch entsteht ein abgerundeter Absatz, in den caudad eine Incisura einmündet. Sie dient der Aufnahme der proximalen Carpalia bei der Flexion des Gelenkes.

#### 3.1.2.1.4 Ossa carpi, Vorderfußwurzel

Die Carpalknochen befinden sich am Referenzobjekt in fast natürlicher Lage zueinander und sind nahezu komplett überliefert. Beide Handwurzeln sind durch starke Flexionen zwischen Zeugopodium und Metacarpus aufgespreizt, wobei sich die prox. Reihe der Carpalia noch in Artikulation mit Radius und Ulna, die dist. Reihe dagegen noch z. T. im Verbund mit den Metacarpalia darstellt. An der rechten Extremität sind Elemente der prox. Reihe über die der dist. Reihe geschoben. Die proximale Reihe besteht von medial nach lateral aus einem Os carpi radiale (Os scaphoideum), Os carpi intermedium (Os lunatum), Os carpi ulnare (Os triquetrum) und einem Os carpi accessorium (Os pisiforme). In der distalen Reihe können im Röntgenbild das Os carpi primum (Os trapezium), Os carpi secundum (Os trapezoideum), Os carpi tertium (Os magnum) und Os carpi quartum (Os unciforme) differenziert werden. Mit insgesamt 8 Carpalknochen zeigt *Anthracobunodon* einen ursprünglichen Bau ohne Verschmelzungen wie z.B. bei Ruminantia, vgl. Abbildung 9. Das Basipodium von *Anthracobunodon* war Gegenstand einer methodisch orientierten Voruntersuchung, s. ERFURT & HABERSETZER (1998). An dieser Stelle sollen daher nur die wichtigsten anatomischen Punkte wiedergegeben werden, zur Untersuchungstechnik und Vergleichsmessungen siehe dort.

Das Os carpi accessorium (Pisiforme) befindet sich bei der linken als auch rechten Extremität jeweils direkt unterhalb des distalen Gelenkes der Ulna. Er ist ca. 8,5 mm lang und leicht gebogen. Die Enden zeigen eine dichte Spongiosa und sind knaufförmig verdickt, wodurch ein Hantel – ähnlicher Umriss entsteht (Tafel 5: B-16). Die laterale Seite nimmt im CT 3,0 mm Breite und 1,0 mm Höhe ein und trägt eine Tuberositas für den M. flexor carpi ulnaris. Das prox. Ende ist rundlicher und mit einer größten Diagonale von ca. 2,7 mm etwas schmaler. Es trägt zwei kleine Gelenkflächen: Dorsal für die Artikulation mit der Ulna, volar für die Artikulation mit dem Os carpi ulnare. Hierin bestehen Ähnlichkeiten mit dem Pisiforme von *Masillabune franzeni* GMH VII-58, das in lateraler Position sichtbar ist. Die Dimensionen sind hier: Länge 8,6 mm und Breite des proximalen Endes 3 mm. Erneut ist auch bei dieser Art das distale Ende verdickt und nimmt eine Breite von 4,1 mm ein. *Caenotherium* sp. NMB Sau.-1499a (HÜRZELER 1936: Tafel IV/25, 26) zeigt ein schlankeres Pisiforme.

An der rechten Extremität liegt das Os carpi ulnare (Triquetrum) oberflächlich frei (Tafel 1: C). Es ist von lateral zu sehen und zeigt einen subrectangulären Umriss bei einer konvex gewölbten Außenseite. Dorsal artikuliert der Knochen mit der Ulna und trägt ein länglich - sattelförmiges, konkaves Gelenk. Latero-caudal trägt das Os carpi ulnare eine rundliche, konkave Gelenkfacette für das Pisiforme. Wie alle Carpalia der proximalen Reihe ist es höher als breit: 4 mm an der dorsalen Seite und 3 mm an der volaren. Die größte Diagonale von cranio-dorsal nach caudo-volar an der lateralen Seite beträgt 6 mm. Medial ist das Os carpi ulnare für den Anschluss an das Os carpi intermedium mit einer konvexen Gelenkfläche ausgestattet. Die volare Gelenkfläche für die Artikulation mit dem Os carpi quartum ist plan bis leicht konkav. Das Os carpi intermedium (Lunatum) liegt an der rechten und linken Extremität frei. Röntgenologisch ergibt sich in volarer und dorsaler Ansicht ein T - förmiger Umriss, der an das oligozäne *Caenotherium* sp. NMB Sau.-1495a (HÜRZELER 1936: Taf. IV/18-21) erinnert. Mit einer Länge von 6 mm und einem gestreckten Umriss erscheint der Knochen wie ein Keil zwischen Ulnare und Radiale. Von anterior ähnelt er einem Trapez mit sich verjüngender Unterseite. Die Breite des dorsalen Gelenkes beträgt in der o. g. Ansicht ca. 5 mm, volar dagegen nur 4 mm.

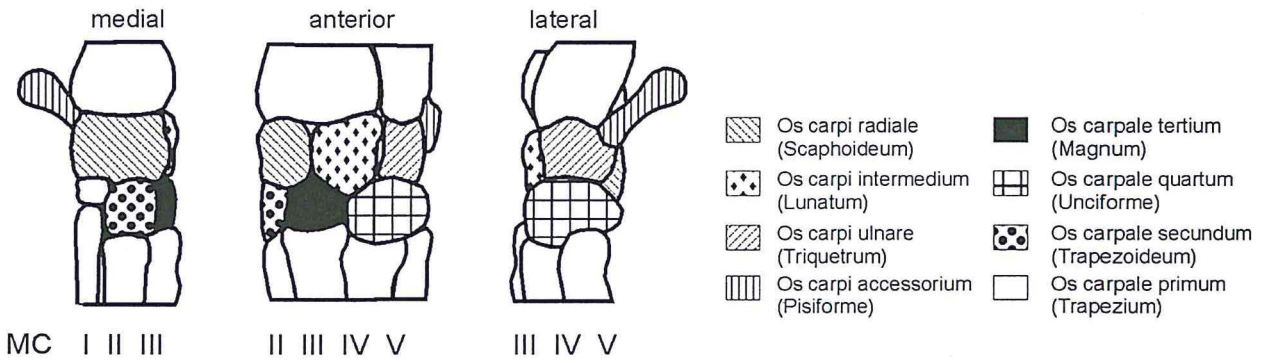
An der linken Extremität ist zu erkennen, dass die mediale Wand gerade verläuft, die laterale leicht konkav ist. Das CT (Tafel 5: C-3) zeigt von volar einen subrectangulären Querschnitt. Die Gelenkfläche zum Os carpi ulnare ist konkav, wodurch, ähnlich *Sus*, ein Spalt zwischen beiden Carpalia entsteht. Das Gelenk zum Radius ist fast eben. Volar existieren zwei etwa gleich große, ebene bis leicht konkave Gelenkflächen, die sich beiderseits der zu einer Spitze ausgezogenen Unterseite befinden. Sie dienen der Artikulation mit dem Quartum und Tertium. Im Gegensatz zu *Caenotherium* sp. wird deutlich, dass diese Tarsalia der distalen Reihe nicht durch das Intermedium getrennt werden.

Das Os carpi radiale (Scaphoideum bzw. Radiale) ist der größte Knochen der proximalen Reihe und formt das größte Gelenk mit dem Radius (Tafel 5: B-23). Es ist im Röntgenbild der rechten Extremität von lateral und an der linken Extremität oberflächlich frei von medial zu sehen. In medialer Ansicht ist der Knochen rechteckig und zeigt eine konvexe, poröse Oberfläche. Dorsal existiert eine konkave und eine konvexe Gelenkfacette in Korrelation zur Trochlea radii. Die Gelenkgrube liegt auf der Vorderseite und ist medio-lateral orientiert. Jüngere Artiodactyla, wie *Caenotherium* sp. NMB Sau.-1492a (HÜRZELER 1936: Taf. IV/13-16) oder *Praetragulus* PIN 3110/1207 (VISLOBOKOVA 1998: Fig. 7/e) haben ein schlankeres Radiale mit einer zum Intermedium vergleichsweise kleinen Gelenkfläche. Im Transversalschnitt zeigt der Knochen einen trapezförmigen Umriss mit

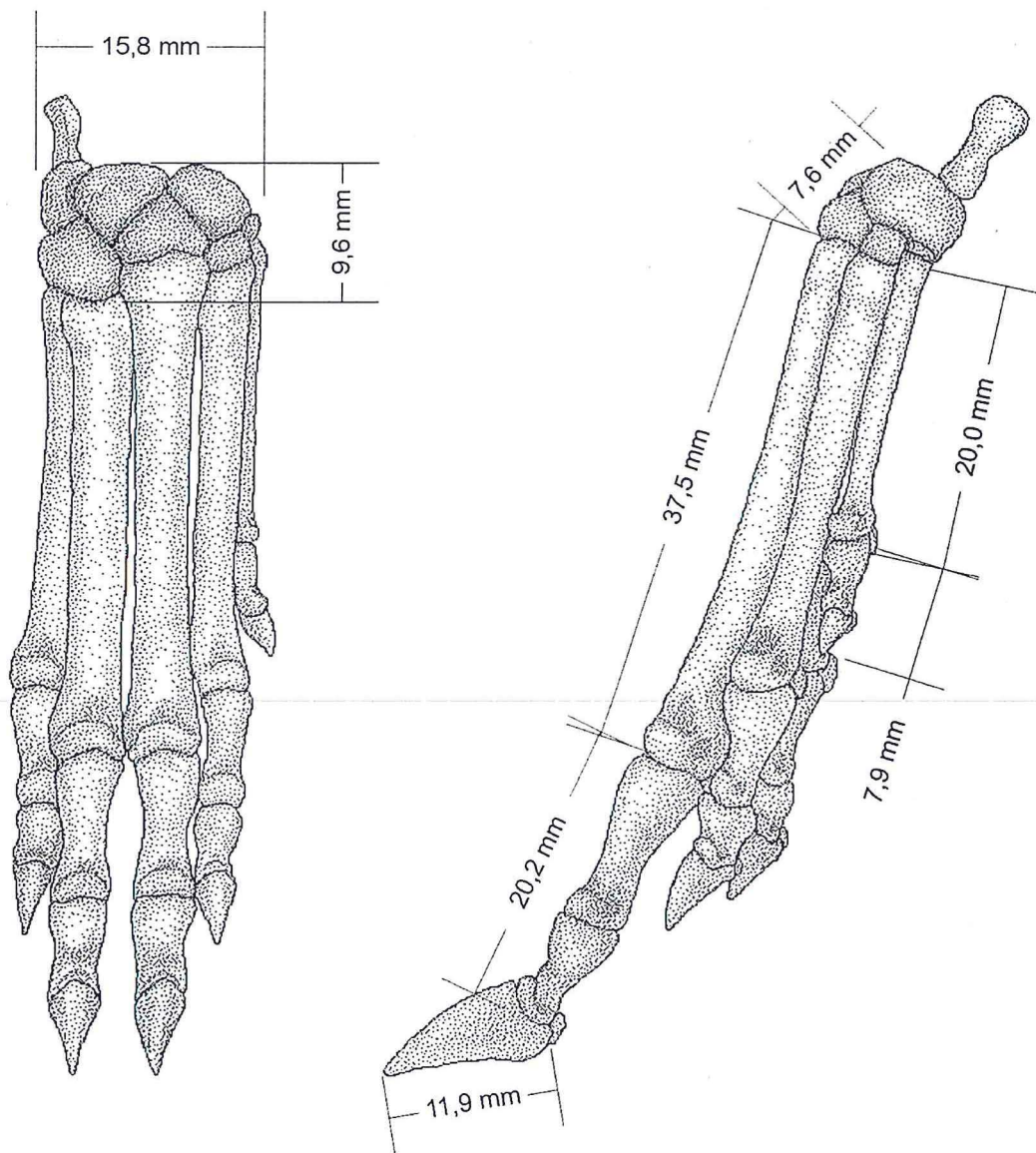


nach dorsal weisender Verjüngung. Die volare Seite ist eben und trägt zwei konkave Gelenke. Das vordere hiervon dient dem Tertium. Das kleinere hintere wird als Gelenk für das Secundum angesehen. Die Gelenkfacette zum Os carpi intermedium ist konvex.

A



B



**Abbildung 9: Rekonstruktion des vorderen Autopodiums von *Anthracobunodon weigelti*.**

A: Schematische Darstellung des linken Basipodiums. B: Rekonstruktion des kompletten rechten Autopodiums.



Massivster Carpalknochen ist das Os carpi quartum. Es hat in lateraler Ansicht einen würfelförmigen Umriss und eine raue Außenfläche. Dorsal ist eine leicht konvexe Gelenkfläche für die Ulna zu erkennen. Lateral existiert eine kleine Facette für MC V. Die volare Seite ist konkav gebogen und entsendet nach caudal einen relativ langen Fortsatz (Tafel 5: B-15). Dieser, sich caudal verjüngende Fortsatz, gibt dem Knochen einen dreieckigen Umriss. Er korreliert mit der caudalen Verlängerung von MC III und MC IV und realisiert aufgrund seiner Größe einen Hauptanteil der Kraftübertragung auf das Metapodium. Im CT - Schnitt (Tafel 5: D-4) kommt der linke Knochen distal des Os carpi intermedium und proximal von MC III und MC IV zu liegen. Vermutlich artikuliert er mit beiden Metacarpalia. Medial artikuliert das Quartum über eine gerade Gelenkfläche mit dem Tertium und dorso-medial mit dem Intermedium. Das von THEWISSEN & HUSSAIN (1990) bei *Diacodexis pakistanensis* als Unciforme laterale bezeichnete fünfte Element des dist. Carpalreihe konnte nicht nachgewiesen werden. Das Os carpi tertium (Magnum) liegt an der rechten Hand oberflächlich frei. Von anterior betrachtet zeigt es einen gedehnten, fünfeckigen Umriss mit verjüngter Dorsalseite (Tafel 5: B-25). Dort befinden sich zwei leicht konkave Facetten, die größere für das Intermedium, die kleinere für das Radiale. Der laterale und mediale Rand sind gerade und bilden die Gelenke zum Secundum bzw. Quartum. Im transversalen CT - Schnitt offenbart sich eine auffällige länglich - trianguläre Kontur, mit konkav eingebuchteten Seiten. Durch diese Einbuchtungen bildet sich ein fingerförmiger Fortsatz, der caudad orientiert ist. Der Knochen hat eine größte Breite von 6 mm und eine cranio-caudale Diagonale (Länge) von 8 mm. Im Bereich der o. g. Einbuchtungen beträgt die Breite nur 2 mm. Die volare Gelenkfläche lässt in der genannten Perspektive ein Tuberculum erkennen, das sehr an die Verhältnisse von *Caenotherium* sp. NMB Sau.-1502a (HÜRZELER 1936: Taf. V/7) erinnert. Ein Hauptteil der Gelenkfläche dieses Knochens muss der Artikulation mit dem MC III gedient haben. Eine kleinere, laterale Einbuchtung wird als Facette für das Os carpale quartum interpretiert. Es scheint, dass bei *Anthracobunodon* im Vergleich zu *Praetragulus* (VISLOBOKOVA 1998: Fig. 7) das Tertium breiter war als lang.

Ein Teil des Os carpi secundum (Os trapezoideum) ist an der linken Hand zu sehen (Tafel 5: B-22). Es schließt sich medial dem Tertium an und liegt auf dem MC II. Im CT ist es höher als breit und hat einen länglich rechteckigen Umriss (Tafel 5: C-5). Für das Radiale existiert dorsal eine konkave Gelenkfacette. In Korrelation zum Tertium ist die laterale Seite fast eben. Entsprechend der Form des Kopfes von MC II wird eine weitere konkave Facette vermutet.

Hinweise auf das Os carpi primum (Trapezium) ergeben sich aus der CACM nahe des Gelenkkopfes des MC V. In seiner Form erinnert der dort befindliche ca. 1 mm große Knochen an ein Sesamoid (Tafel 5: B-23).

### 3.1.2.1.5 Ossa metacarpalia, Vordermittelfuß

An beiden Extremitäten des Referenzobjektes sind die Metacarpalia fast komplett und liegen oberflächlich frei. Die Hauptstrahlen und Nebenstrahlen II und V befinden sich in natürlicher Position zueinander. An der rechten Hand sind die MC II bis MC V in je zwei Teile zerbrochen und auseinander gezogen worden. Weiterhin ist der MC V in die Ebene von MC I gepresst, wodurch sie nebeneinander zu liegen kommen. MC V dext. weist mit der medio-dorsalen, MC IV dext. mit der dorsalen und MC III dext. teils mit der lateralen Seite zum Betrachter. Die linke Hand ist von dorso-medial zu sehen. Auch hier zeigen die Metacarpalia mit ihrer dorsalen Seite nach oben. Röntgenologisch ist erkennbar, dass der MC I kurz unterhalb seines prox. Gelenkes durchgebrochen ist. Die Ursache hierfür ist das darunter befindliche Pisiforme, das sich durch den MC I durchgedrückt hat. MC V sin. ist röntgenologisch unter dem MC IV sin. nachweisbar.

**Tabelle 12: Maße der Metacarpalia eozäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Metacarpus *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221
- B größte Länge des Metacarpus *Gervachoerus jaegeri* GMH Ce III-4220
- C größte Länge des Metacarpus *Masillabune martini* nach TOBIEN (1985: Tab. 5)
- D größte Länge des Metacarpus *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-501 nach FRANZEN (1981: Tab. 4)
- E größte Länge des Metacarpus *Aumelasia gabineaudi* SMNK Pal-984
- F größte Breite des Metacarpus am prox. Gelenk bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221
- G größte Breite des Metacarpus am dist. Gelenk bei *A. weigelti* Ce III-4221
- H kleinste Breite der Diaphyse des Metacarpus bei *A. weigelti* Ce III-4221
- I kleinste Breite der Diaphyse des Metacarpus bei *Masillabune martini* nach TOBIEN (1985: Tab. 5)

Metacarpus	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Bemerkungen
MC I	20,0 s	-	-	-	(13) s	2,0 d	3,0	1,5 s	fehlt	F - G X-Ray und CT
MC II	30,3 s	28,5	18,0 d	-	(18) s	3,5 s	4,7	3,0	2,5 d	F - G X-Ray und CT
MC III	37,5 s	32,7	24,5 s	34,0	29,6 d	5,0 d	-	(3,0) d	4,0 d	F - G X-Ray und CT
MC IV	34,5 s	30,2	28,0 d	31,0 d	27,7 d	5,0 d	5,6 d	3,5 d	3,4 d	F - G X-Ray und CT
MC V	27,5 d	22,8	22,2 s	23,5 d	18,5 d	3,0 d	5,0 d	2,5 d	2,8 s	A, F - G X-Ray und CT

Längstes Metacarpale ist wie bei *Caenotherium* und *Sus* das MC III, vgl. Abbildung 9. Die Bestimmung der Breite seines prox. Gelenkes ist nur über die Computertomographie möglich. Danach ergeben sich für MC III als



auch MC IV je 5 mm, s. Tabelle 12. Der Querschnitt beider Gelenkflächen ist typisch gleichseitig triangulär. Eine hakenförmige Verlängerung nach distal kann nicht festgestellt werden. Der Umriss der Gelenkköpfe der MC I und MC V ist spitzwinklig triangulär, wobei die Diagonale der Artikulationsfläche mit dem benachbarten MC jeweils fast 4 mm beträgt. Die Dimensionen des MC II kann aufgrund von Quetschungen nicht in dieser Hinsicht beurteilt werden, muss aber ähnliche Werte aufgewiesen haben. Auffällig ist ein bulböser Gelenkknorren auf der Vorderseite unterhalb des Gelenkkopfes von MC III. Er tritt auch sehr deutlich bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001 auf. Bei rezenten Artiodactyla ist eine solche Bildung unbekannt. Die Diaphysen sind gerade und verjüngen sich im prox. Drittel. Die Stelle des geringsten Querschnittes (Maß G in Tabelle 12) liegt somit unterhalb des prox. Gelenkes. Ihr Querschnitt ist bei den Hauptstrahlen oval mit cranio-caudaler Komprimierung. Die Seitenstrahlen haben einen eher rundlichen Querschnitt, insbesondere MC I. Die Facies dorsalis ist konvex und glatt, die Facies palmaris dagegen konkav. Distal sind die Gelenke kolbenförmig verdickt und als rundliches Caput ausgebildet. In ihrer Mitte tragen sie einen Verticillus, der von der Facies palmaris bis zur F. dorsalis reicht. An den Hauptstrahlen befindet sich der Verticillus mittig, an den Seitenstrahlen axial auf dem Caput. Die dist. Gelenke beider Hauptstrahlen schließen bündig ab. Der notwendige Längenausgleich zwischen MC III und MC IV, vgl. Tabelle 12 kann proximad nur im Carpus erfolgen. Daher muss das mit dem MC III artikulierte Os carpale tertium in der Höhe etwa 2 mm niedriger als das Os carpale quartum sein. Hiermit sind die Verhältnisse an der vorderen Extremität anders als bei der hinteren, wo der vierte Strahl geringfügig länger ist. Das Verhältnis des ersten Strahles zu den Seiten- und Hauptstrahlen ist etwa 1: 1,5 : 1,9. Eine unterschiedlich starke Ausprägung von proximalen und distalen Gelenk innerhalb eines Strahls kann bei den Metacarpalia nicht konstatiert werden.

**3.1.2.1.6 Phalanges manus, Vorderzehen**

Am Referenzobjekt befinden sich an beiden Vorderextremitäten die Phalangen meist in natürlicher Artikulation mit den Metacarpalia. An der linken Hand sind sie weitgehend komplett. Rechts wurden dagegen die Elemente des Hauptstrahles vollständig, die der Nebenstrahlen teilweise zerdrückt, s. Tabelle 13. Problematisch ist die Interpretation des ersten Strahls, der an beiden Vorderextremitäten mindestens aus je zwei sehr kleinen Phalangen besteht. Links ist im Röntgenbild zusätzlich ein mit weniger als 1,5 mm Länge winziger Knochen erkennbar, der als Phalange I/3 oder Sesamoid angesehen werden könnte. Eindeutig ist die Identifizierung der auf die MC I folgenden Knochen als Phalange I/1. Der im Anschluss folgende Knochen erinnert rechts an einen Huf, links eher an die typische Form einer Phalange II. Dem Beispiel von *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-510 (FRANZEN 1981: Tafel 9/7,9) folgend, wird von drei Phalangen ausgegangen.

**Tabelle 13: Maße der Phalangen der Vorderextremität eozäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge der Phalange von der Basis zum Caput bei *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221
- B größte Länge der Phalange *Masillabune martini* nach TOBIEN (1985: Tab.5)
- C größte Länge der Phalangen von *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-501
- D größte Länge der Phalange von der Basis zum Caput *Aumelasia gabineaudi* SMNK-Pal 984[mm]
- E größte Höhe der Phalange am prox. Gelenk bei *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221 in [mm]
- F größte Höhe der Phalange am dist. Gelenk bei *A. weigelti* GMH Ce III-4221 in [mm]

Wirbel	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
Phalange I/1	5,1 s	fehlt	5,0 d	3,5 s	2,0 s	1,5 s	A, D, E X-Ray
Phalange I/2	3,0 s	fehlt	3,5 d	(2) s	1,6 s	1,0 s	A, D, E X-Ray
Phalange II/1	9,0 s	6,5 d	-	2,5 s	3,5 s	2,2 s	A, D, E X-Ray
Phalange II/2	5,4 s	-	-	-	3,2 s	2,2 s	A, D, E X-Ray
Phalange II/2	5,3 d	3,5 d	-	-	3,0 d	2,3 d	A, D, E X-Ray
Phalange II/3	5,8 s	5,5 d	-	-	3,8 s	0	A, D, E X-Ray; F entfällt, da spitz zulaufend
Phalange III/1	12,2 s	-	14,0 s	9,5 d	5,9 s	3,2 s	A, D, E X-Ray
Phalange III/2	7,5 s	4,8 d	6,5 d	3,8 d	4,5 s	3,5 s	A, D, E X-Ray
Phalange III/3	11,9 s	7,7 d	10,5 d	5,9 d	5,5 s	0	A, D, E X-Ray; F entfällt, da spitz zulaufend
Phalange IV/1	12,0 s	-	15,0 s	8,6 d	5,6 s	3,2 s	A, D, E X-Ray
Phalange IV/2	-	-	7,0 d	4,0 d	-	-	
Phalange IV/3	-	7,5 s	11,5 s	6,1 d	-	-	
Phalange V/1	-	7,4 s	8,5 d	5,2 d	-	-	
Phalange V/2	4,8 d	-	4,0 d	2,6 d	3,1 d	2,1 d	A, D, E X-Ray
Phalange V/3	5,0 s	-	7,0 d	4,3 d	-	0	A, D, E X-Ray; F entfällt, da spitz zulaufend

Die Basis der ersten Phalangen trägt eine Fovea articularis mit einer Sagittalrinne für die Führung des Metacarpus. Sie unterteilt die Fovea in eine größere axiale und kleinere abaxiale Partie. Der Rand des Gelenkes ist volar tiefer eingeschnitten als dorsal. Volar wirkt der Gelenkkopf ähnlich *Dama* abgeschnitten und nicht wie bei *Capra* verlängert. Im Gegensatz hierzu zeigt SMF ME-501 ein weniger differenziertes proximales Gelenk, die Sagittalrinne ist flacher. Die Diaphyse ist in ihrer dist. Hälfte leicht axiad gebogen. Das distale Gelenk besteht



aus einer sagittal orientierten Gelenkwalze, die in ihrer Mitte eingebuchtet ist. Distal erinnert erneut der laterale Umriss mit einer stufenartig abgesetzten Gelenkrolle an *Dama*. Damit entspricht die Form dieser Phalange der bei KÖHLER (1993) als „Typ A“ bezeichneten Grundform artiodactyler Autopodien.

Bei den zweiten Phalangen existiert prox. ein schwacher Sagittalkamm, der die Fovea wie bei Phalange I in zwei annähernd gleich große Gelenkflächen trennt. Er erstreckt sich von einem niedrigen Proc. extensorius bis zum palmar verlängertem Rand, auf dem sich die Bandhöcker befinden. Die Orientierung der halbmondförmigen Gelenkflächen ist unterschiedlich. Die axiale Partie ist parallel zur Längsachse des Knochens angeordnet, die abaxiale dagegen leicht axial gedreht. Die Diaphyse ist gestaucht und die Gesamtkontur der zweiten Phalange daher kompakter als die der ersten. Am distalen Ende befindet sich lateral und medial des Caput je eine runde Bandgrube. Die dortige Gelenkfläche läuft in einer dorso-proximalen Verjüngung aus. Insbesondere durch die Form des proximalen Gelenkes entspricht auch der Bau dieser Phalange dem „Typ A“ bei KÖHLER (1993: Fig. 16).

Die dritten Phalangen sind als gestreckte, pyramidenförmige Hufe ausgebildet, vgl. Abbildung 9. Ihr lateraler Umriss ist dreieckig mit einer palmar konvexen Kante. Diese mündet proximo-palmar in einem gegenüber *Messelobunodon* relativ langen Proc. extensorius. Die Fac. solearis ist ebenso wie diese von SMF ME-501 schwach konkav. Insgesamt sind die Phalangen im Gegensatz zu *Messelobunodon* höher und erinnern weniger an Krallen. An den dritten Phalangen der Strahlen II-V sind im Röntgenbild sowie bei GMH XLI-210 deutlich ein proximo-volares For. axiale zu sehen. Bei Phalange III/3 existiert außerdem ein proximo-palmares Foramen. Das For. axiale liegt vergleichsweise zu SMF ME-501 mehr in der Mitte der Höhe der Phalange. In Tafel 5: B-17 ist ein Tub. flexorium, wie z. B. von *Dama* als Verlängerung der Fac. solearis erkennbar. Im Gegensatz zu *Dama* ist jedoch die Orientierung der Facies articularis weniger axial und damit generalisierter. Ein weiteres, von medial erkennbares For. befindet sich kurz vor dem Apex des Hufes.

Zu jedem der fünf Metapodien gehören paarige Ossa sesamoidea phalangis primae. Ihre Form ist länglich oval und ihre Länge schwankt bei GMH Ce III-4221 von 4,3 mm bei MC III und 2,0 mm bei MC I (Messung aus CACM). Ein Os sesamoideum phalangis tertiae zeichnet sich in der CACM der linken Hand nur am dritten Strahl ab, vgl. Tafel 5: B-18. Danach handelt es sich um einen unpaaren länglich ovalen Knochen von etwa 3 mm Länge. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass auch dieses Sesamoid an den Strahlen II bis V vorhanden war. Somit besteht jede Vorderextremität von *Anthracobunodon* insgesamt aus 44 einzelnen Knochen.

### 3.1.2.2 Ossa extremitatis pelvinae, Hinterextremität

Am Referenzobjekt sind Teile beider Beckenhälften latero-ventral sichtbar (Tafel 3). Postmortal wurde das Becken vom Sacrum getrennt und die Ossa coxae so gedreht, dass sie von latero-ventral sichtbar sind. In beiden Acetabuli steckt das dazugehörige Caput femoris. Die rechte Beckenhälfte liegt über der linken. Pubis und Ischium sin. brachen nahe des Acetabulum ab und liegen jetzt unter beiden Darmbeinen und dem Femur dext. (in situ umgekehrt, vgl. 2.). Teile der Lumbalwirbelsäule, des Sacrums, des Schwanzes und der linken Beckenhälfte werden ebenfalls durch die Ilias verdeckt. Über dem Ilium dext. liegt das Femur dext. in Artikulation mit dem Acetabulum. Proximal dieses Gelenkes ist das Ilium dext. fast komplett erhalten. Die caudalen Beckenabschnitte beider Seiten sind zerquetscht und zum Teil ineinander geschoben (Tafel 6). Zur Ergänzung fehlender Maße werden die Funde GMH Ce IV-4223 und Ce IV-4332 von *A. weigelti* hinzugezogen.

Die rechte Seite des Stylo- und Zeugopodiums ist am Referenzobjekt fast vollständig in Artikulation erhalten. Links ist nur die proximale Hälfte des Femur repräsentiert (Tafel 2). Die Lage des Femur sin. deutet darauf hin, dass die übrigen Knochen der linken Extremität ebenfalls aus der Einbettungsebene geragt haben müssen. Dieser Umstand und der gesplitterte Bruch der Diaphyse machen es wahrscheinlich, dass die anderen Knochen der linken Extremität bereits bei der Bergung verloren gingen. Das Kniegelenk befindet sich in natürlicher Lage in einem Winkel von ca. 70° zur Tibia. Die Patella, deren Länge 13,5 mm beträgt, liegt auf der Fossa suprapatellaris. Reste der Fibula sind unterhalb der Tibia nachweisbar. Der rechte Hinterfuß und Unterschenkel sind nach hinten überstreckt und bilden fast eine Gerade. Die Metatarsalia und Phalangen sind im Tarsalgelenk verdreht und weisen nach oben. Der Metatarsus II ist disloziert, zerbrochen und z. T. fehlen dessen Phalangen. Die übrigen Phalangen, inklusive der Sesamoide sind fast komplett.

#### 3.1.2.2.1 Ossa coxae, Beckengürtel

Cranial ist das Ilium bei *Anthracobunodon* zur typisch schaufelförmigen Ala verbreitert (Tafel 6: A-1), die eine relativ glatte Facies glutea trägt. Die maximale Breite über einen Flügel beträgt bei GMH Ce IV-4223 etwa 40 mm. Der Verlauf des cranialen Randes zwischen Tuber coxae und Tuber sacrale ist im medialen Teil leicht konkav. Am Referenzobjekt ist der gesamte Rand dagegen durchgängig konvex. Die Crista iliaca dürfte eine Stärke um 4 - 5 mm erreicht haben. Eine Linea glutea deutet sich röntgenologisch bei Ce IV-4223 schwach an. Deutlicher ist bei Ce II-4219 von lateral eine Spina alaris sichtbar, die vom Acetabulum vermutlich bis zum Tuber coxae reichte (Cranialrand am Objekt zerstört). Die Spina ist nahe des Acetabulum deutlich hervorgehoben und flankiert dorsal eine ca. 3 mm breite, rundliche Grube, die Area medialis m. recti femoris. Am Referenzobjekt nimmt das Corpus ossis ilii nahe des Acetabulum eine Höhe von mindestens 12 mm bei



einem elliptischen Querschnitt ein. Dorsal betrachtet, stellt sich diese Region bei Ce IV-4223 als dünne Leiste mit ca. 3 mm Stärke dar. Die rundliche Beckenpfanne ist soweit vertieft, dass sie das Caput femoris fast vollständig umschließt. Ihre Ränder wirken scharfkantig. Innen lässt sich bei Ce IV-4332 eine länglich ovale Fossa acetabuli erkennen, die von einer knapp 2 mm breiten Inc. acetabuli unterbrochen wird. Die sich markant abhebende Facies lunata umschließt die genannten Vertiefungen.

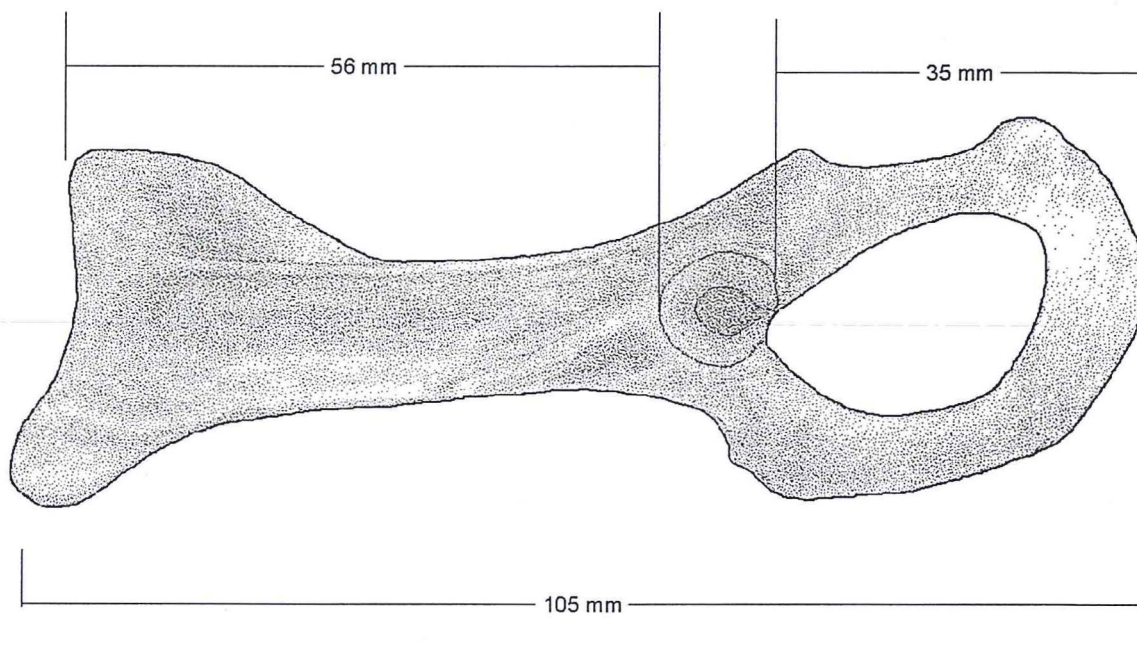
**Tabelle 14: Maße der Beckenknochen eozäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Ilium vom Cranialrand der Ala ossis ilii bis zum Acetabulum  
 B Länge des Ischium als Abstand vom Acetabulum bis Tuber ischiadicum  
 C größte Breite über eine Ala ossis ilii  
 D kleinste Höhe über das Corpus ossis ilii  
 E diagonaler Durchmesser des Acetabulum  
 F größter diagonaler Durchmesser des F. obturatum

<sup>(1)</sup> FRANZEN (1988: Tab. 1); <sup>(2)</sup> ROSE (1985: Tab. 1)

Art	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce II-4219	(55)	34	-	9,4	11,0	(27)	
<i>A. weigelti</i> GMH Ce III-4221	(60)	-	-	12	11,0	-	A - D X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4223	55	(30)	43	-	11,0	26	D, E X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4332	(56)	(36)	-	10,5	11,3	22,0	C - E CACM
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	-	(39)	-	(6)	10,5	(21)	
<i>Gervachoerus jaegeri</i> GMH Ce III-4227	45,5	29,7	-	7,0	10,5	23,7	A: X-Ray
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	39,0	30	-	7,3	(9)	23	
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. POHL <sup>(1)</sup>	-	30,5	-	-	10	-	
<i>A. gabineaudi</i> SMF ME-1527 <sup>(1)</sup>	39	26,5	-	-	-	-	
<i>Diacodexis metsiacus</i> USGS 2352 <sup>(2)</sup>	-	25,5	-	-	(7)	-	

Das Ischium stellt in dorsaler Ansicht eine geradlinige Verlängerung des Ilium dar (Tafel 6: B-8). Eine starke Abwinkelung bzw. ein größerer Winkelarm zwischen ischiocruralem und iliosacralem Gelenk, wie er von großen Ungulaten wie *Equus quagga* bekannt ist, existiert nicht. Nach KUMMER (1959) handelt es sich hierbei um eine bei allen Ungulaten auftretende Anpassung an ein höheres Körpergewicht, die bei *Anthracobunodon* noch nicht entwickelt ist.



**Abbildung 10: Rekonstruktion des Pelvis von *Anthracobunodon weigelti*.**

Die Länge des Ischium betrug am Referenzobjekt unter Verwendung eines Mittelwertes der Relationen von Maß A und B aus Tabelle 14 mindestens 35 mm. Nahe des Acetabulum zeigt es einen elliptischen Querschnitt und nimmt einschließlich der Spina ischiadica eine Höhe von ca. 12 mm bei Ce IV-4332 ein. Nach Ausstreichen der Spina ischiadica ca. 10 mm caudal des Acetabulum, reduziert sich die Höhe über dem Foramen obturatum auf etwa 9 mm. Am caudalen Ende verstärkt sich das Ischium erneut geringfügig zu einem angedeuteten Tuber



ischadicum. Die Form der caudo-ventralen Partie des Ischium kann nur nach dislozierten Fragmenten beurteilt werden, da dieser Bereich bei allen Funden zerdrückt ist. Hinweise auf eine massivere Tabula ossis ischii und einen wie bei *Messelobunodon* SMF ME-1001 ausgebildeten Tuber ischadicum fehlen. Bei *Gervachoerus jaegeri* Ce III-4227 ist das postacetabulare Becken gut erhalten. Auch hier gibt es keine verstärkte Tabula ossis ischii. Das Pubis ist nahe des Acetabulum dreikantig und verzüngt sich rasch zu einer dünnen Leiste (Tafel 6: B-15). Der Ramus symphysicus ossis pubis ist bei CE IV-4332 etwa 8 mm hoch aber nur ca. 2 mm dick. Die Breite bis zum F. obturatum dürfte bei 5-7 mm liegen. Genauer ist der Verlauf des Pubis bei *Anthracobunodon* nicht rekonstruierbar. Bei *?Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001 zeigt das Pubis eine Höhe von ca. 5,5 mm bei einer geradlinig verlaufenden ventralen Kante (FRANZEN 1983: Taf. 7).

Für die Gesamtlänge des Beckens am Referenzobjekt ergibt sich aus der Addition von Maß A, B und E aus Tabelle 14 ein Schätzwert von mindestens 105 mm. Eine ähnliche Zahl folgt aus der Verhältnisrechnung vom prae- zum postacetabularen Anteil des Beckens bei *Gervachoerus*. Die am Geiseltalmaterial nicht bestimmaren Breitenmaße des Beckens können unter Berücksichtigung der vom Sacrum bekannten Werte aus dem Rekonstruktionsmodell abgeleitet werden. Sie ergeben sich bei der Montage des Skelettes wie folgt: größte Breite über die Acetabuli etwa 55 mm, Abstand zwischen den Ossa ischii ca. 45 mm. Hiermit entstehen Ähnlichkeiten zu *A. weigelti* GMH Ce IV-4223. Beide Alae nehmen hier ca. 95 mm als maximale Breite ein. Der Abstand zwischen den Tuber sakrale beträgt gerundet 18 mm.

### 3.1.2.2.2 Os femoris, Oberschenkelbein

Beide Femora sind im Bereich der Diaphyse zersplittert (Tafel 3). Die Bruchflächen des Femur dext. passen weitgehend zusammen, so dass der Gesamtumriss rekonstruiert werden kann. Das distale Gelenkstück ist von lateral eingedrückt und der Condylus medialis befindet sich noch im Einbettungsmedium. Er ist größer als der C. lateralis, bei dem die Epiphysenfuge gut erkennbar ist.

**Tabelle 15: Maße des Femur eoazäner Artiodactyla in [mm].**

A größte Länge des Femur: Condylus lateralis - Trochanter major / Condylus medialis - Caput femoris

B kleinster Durchmesser der Femur - Diaphyse

C Durchmesser des Caput femoris, diagonal gemessen

D Höhe des Condylus medialis / Höhe des Condylus lateralis

E Breite des dist. Gelenkes

(<sup>1</sup>)TOBIEN (1985: Tab. 6); (<sup>2</sup>)FRANZEN (1981: Tab. 5); (<sup>3</sup>)FRANZEN (1983: Tab. 6) sowie eigene Messungen; (<sup>4</sup>)FRANZEN (1988: Tab. 1); (<sup>5</sup>)ROSE (1982: Tab. 1)

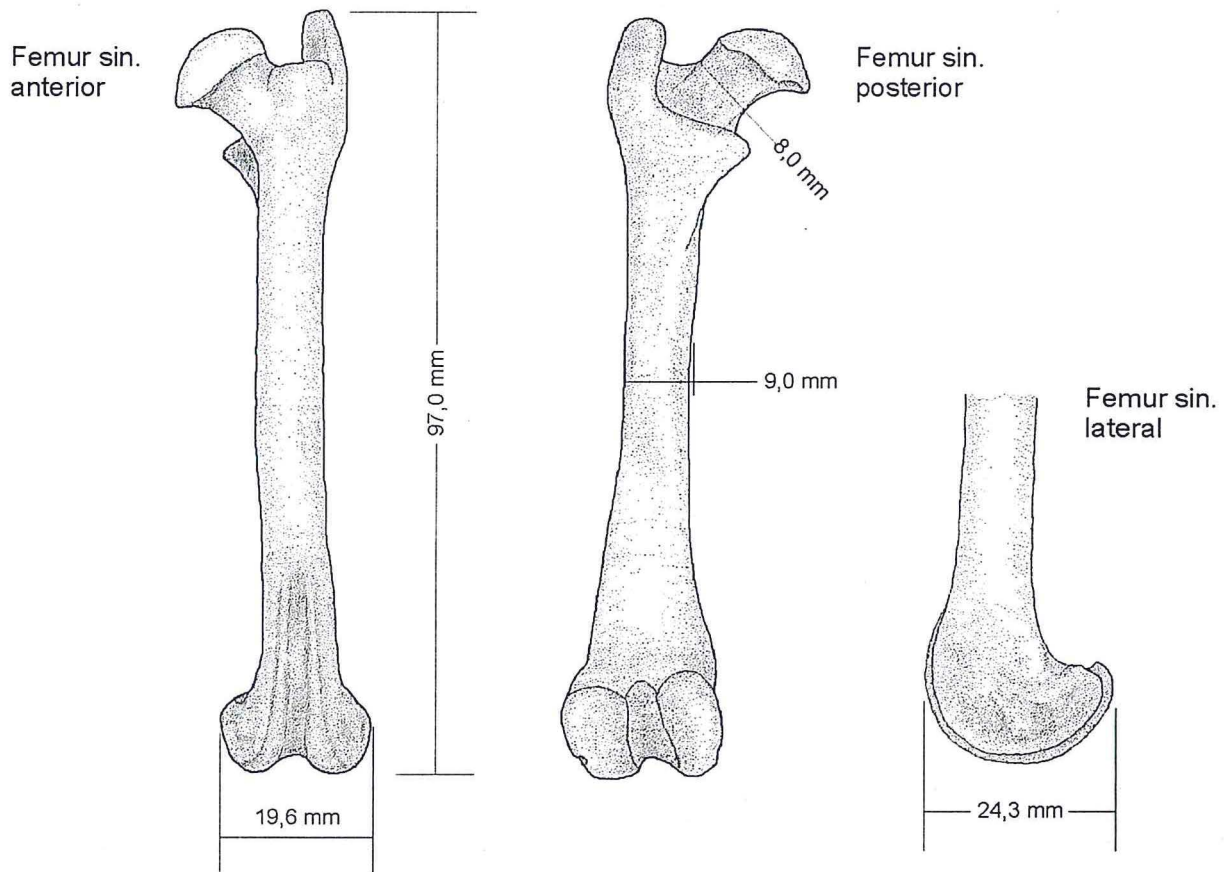
Art	A	B	C	D	E	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	97/95	11,0	10,5	16,5/15,5	-	X-Ray
<i>A. weigelti</i> Ce IV-4223	102/103	(10,5)	11,5	13,0/-	(21)	
<i>A. weigelti</i> Ce II-4226	98/95	10,5	(9,5)	-/12,3	(18)	X-Ray
<i>Masillabune franzeni</i> GMH VII-58	-/93	-	10,2	-	-	Diaphyse defekt
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	82/89	7,5	9,8	-/-	-	
<i>Masillabune martini</i> ( <sup>1</sup> )	93/-	13,0	-	-	-	
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510( <sup>2</sup> )	95/-	-	-	-/12,5	-	oft gebrochen
<i>?Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001( <sup>3</sup> )	75,5/-	(9)	-	10,8/10,2	-	B: Maximalmaß
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. POHL ( <sup>4</sup> )	(92)	-	9	-/-	18	
<i>A. gabineaudi</i> SMNK Pal-984	-	-	-	12,5/10,0	18	
<i>Diacodexis metsiacus</i> USGS 2352 ( <sup>5</sup> )	70,8/-	-	-	(11,8)	15,4	

Das Femur ist der kompakteste Extremitätenknochen bei *Anthracobunodon*. Von dorsal betrachtet, stehen sich proximales und distales Gelenk etwa im Winkel von 90° gegenüber. Am linken Femur ist ein kräftiger stumpf endender Trochanter major erkennbar, der das Caput um mindestens 2 mm überragt (Tafel 7: A-16). Die Größe des Trochanter kann nicht festgelegt werden, da er in das Acetabulum gedrückt ist. Die Fossa trochanterica ist bei Ce IV-4223 als deutliche, durch die Crista intertrochanterica markierte Aushöhlung erkennbar. Sie ist ca. 10 mm lang und 6 mm breit. Unterhalb der Fossa befindet sich in Verlängerung dieser Crista der medial orientierte Trochanter minor. Er stellt sich als knopfförmige Erhebung mit ca. 3 mm Durchmesser und Höhe dar. Das kugelige Caput ist durch einen scharfen Gelenkrand vom Collum abgegrenzt. Dieser Gelenkrand ist innerhalb der Fossa trochanterica um 90° abgewinkelt. Medioventral überragt er kappenartig das im Vergleich zu *Sus* kurze Collum. In dieser Hinsicht kommt *Anthracobunodon* den Relationen von *Messelobunodon* nahe. Caudal ist dieser Rand nahe der Fovea capitis eingezogen. Bei Ce II-4219 ist die Fovea mit ca. 1,5 x 3 mm länglich oval.

Die Diaphyse ist von lateral betrachtet leicht cranial gebogen und verbreitert sich distad. Auf der caudalen Seite befindet sich unterhalb des Trochanter minor eine sagittal verlaufende, schmale ca. 15 mm lange Facies aspera. Craniolateral ist in der Mitte der Diaphyse von Ce IV-4223 eine etwa 12 mm lange, sehr schmale Erhebung tastbar, die, bei SMF ME-1001 stärker ausgeprägt, von FRANZEN (1983) als Trochanter tertius interpretiert



wurde. Diese Knochenleiste dürfte in Analogie zu Perissodactyla dem *M. gluteus accessorius* zum Ansatz sowie dem lateralen Teil des *M. vastus intermedius* als Ursprung gedient haben. Weiterhin war vermutlich caudo-lateral eine Fossa supracondylaris vorhanden, die aufgrund zahlreicher Frakturen jedoch nicht sicher bestimmbar ist. Unmittelbar cranial des distalen Gelenkes befindet sich auf der caudalen Seite der Diaphyse als Tuberositas das dreieckige Planum popliteum. Es leitet zum distalen Gelenk über, das analog anderen Artiodactyla aus zwei Rollkämmen und der Trochlea für die Patella aufgebaut ist.



**Abbildung 11: Rekonstruktion des Femur von *Anthracobunodon weigelti*.**

Die Rollkämme werden von der Fossa intercondylica getrennt, die bei GMH Ce IV-4223 etwa 4 mm breit ist (Tafel 7: A-19). Der größere Condylus lateralis trägt auf seiner lateralen Seite eine Fossa extensoria sowie cranio-caudal hiervon eine rundliche Fossa m. poplitei. Der schärfer abgegrenzte und schräger stehende Condylus medialis trägt einen aus dem Schaft der Diaphyse hervorgehenden Epicondylus medialis, an dem das Ligamentum collaterale mediale entspringt. Die Condyli weisen ähnlich *Nyctereutes* keine gesonderte, cranial orientierte Fac. art. am Übergang zum Planum popliteum auf. Cranial befindet sich auf dem Gelenk die Trochlea ossis femoris. Sie ist leicht diagonal zur Längsachse der Diaphyse orientiert. Die in der Diagonale ca. 18 mm lange Facies patellaris wird durch zwei Cristae begrenzt. Die laterale ist scharfkantiger als die insgesamt stärkere und höhere mediale Crista. Beide laufen caudo-distal auf den Condyli aus.

Die Patella hat einen tropfenförmigen Umriss (Tafel 7: A-18). Sie ist 15 mm lang und weist an ihrer stärksten Stelle 6 mm auf. Ventral ist ein stumpfer Apex ausgebildet. Ihre größte Breite beträgt bei Ce IV-4332 9,5 mm.

### 3.1.2.2.3 Ossa cruris, Unterschenkelknochen

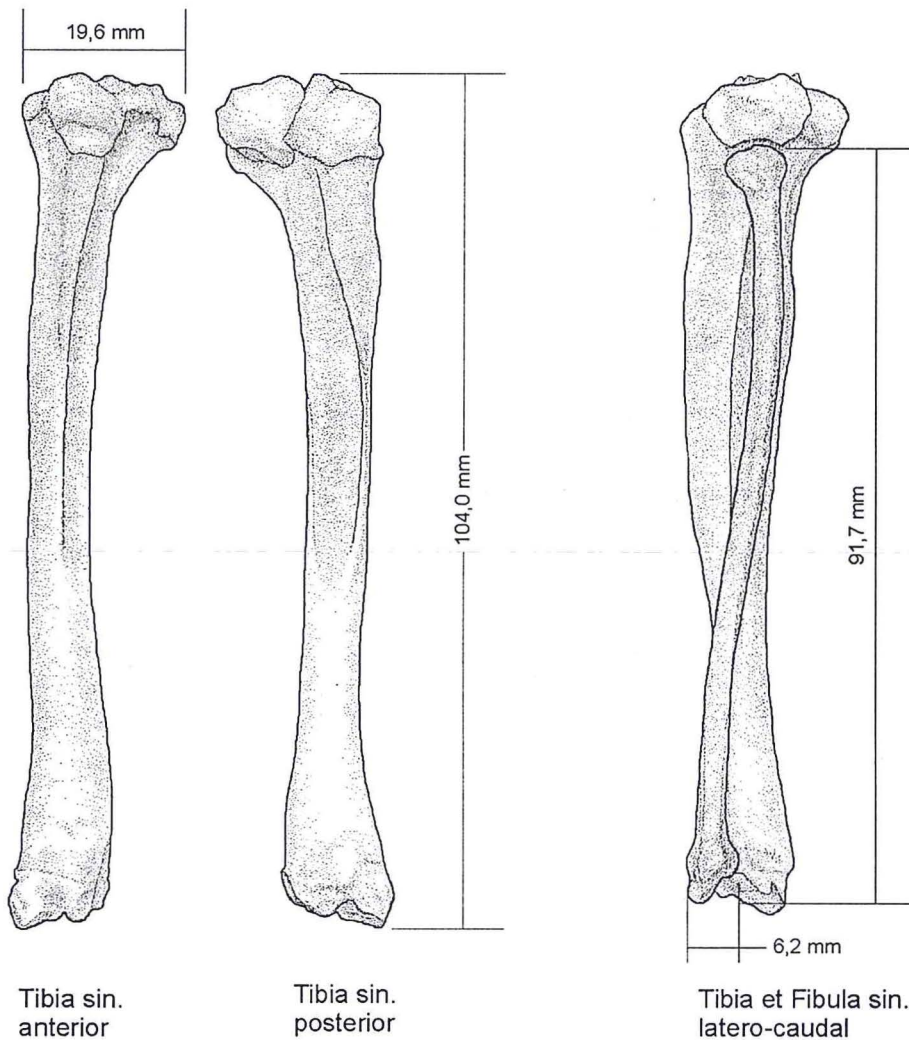
Die Tibia dext. ist am Referenzobjekt von lateral in Artikulation mit dem Femur sichtbar. Sie ist trotz mehrerer Risse komplett erhalten. Ein abgebrochener Rest der Fibula ist nahe des prox. Tibiagelenkes vorhanden (Tafel 7: A-20). Hinweise auf das dist. Ende der Fibula liefern GMH Ce IV-4223 und Ce IV-4332 (Tafel 6: A-17). Eine komplette Fibula von *Anthracobunodon* konnte im Geiseltalmaterial nicht gefunden werden. Jedoch belegen Fragmente aus dem mittleren Bereich der Diaphyse von *A. weigelti* GMH Ce II-4219, das die Fibula komplett ausgebildet und von der Tibia getrennt war.



**Tabelle 16: Maße der Tibia und Fibula eoazäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge der Tibia vom Tuberculum intercondylaris bis zur Cochlea tibiae  
 B kleinster Durchmesser der Tibia - Diaphyse  
 C Höhe (cranio-caudal) des prox. Gelenkes der Tibia / Höhe (cranio-caudal) des dist. Gelenkes der Tibia  
 D größte Länge der Fibula  
 E kleinster Durchmesser der Fibula - Diaphyse  
 F Höhe (cranio-caudal) des prox. Gelenkes der Fibula / Breite (medio-lateral) des dist. Gelenkes der Fibula  
 (1) TOBIEN (1985: Tab. 5); (2) FRANZEN (1981: Tab. 5); (3) ROSE (1985: Tab. 1); (4) FRANZEN (1988: Tab. 1)

Art	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	104	7,0	19,0/10,0	-	3,5	4,8/-	X-Ray; E-F zerdrückt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4223	105	9,5	20,0/10,0	-	2,1	6,5/7,5	C,E,F: X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4226	105	6,5	21,0/-	-	4,0	7,6/	X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4219	-	-	-	-	1,9	-/6,0	X-Ray
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4332	105	8,0	21,5/12,5	(97)	3,0	-/6,0	X-Ray; D: geschätzt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-3826	-	-	-/13,0	-	3,5	-/7,2	X-Ray
<i>Haplobunodon?</i> GMH XLI-210	100	6,5	20,5/12,2	-	-	-	
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	-	7,0	17,7/11,0	-	2,2	-/6,7	
<i>Masillabune franzeni</i> GMH VII-58	97	7,5	18,0/9,5	(98)	2,0	5,5/3,5	X-Ray; D: geschätzt
<i>Masillabune martini</i> (1)	79	9,0	-	78	3,0	-	
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510	103	7,5	21,5/-	-	-	-	
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	89,5	6,3	15,7/(7)	81,5	2,5	-/5,5	
<i>Diacodexis metsiacus</i> USGS 2352 (3)	82,6	-	12,1/7,5	-	-	-/(2,2)	C: Breite; F: geschätzt

**Abbildung 12: Rekonstruktion der Tibia und Fibula von *Anthracobunodon weigelti*.**



Entgegen den Verhältnissen bei *Caenotherium* (HÜRZELER 1936: 80) existiert ein eigenständiges Caput fibulae. Es ist bei Ce II-4219 einfach gestaltet und keulenförmig verdickt. Die prox. Artikulation mit der Tibia erfolgt am Condylus lateralis unterhalb und lateral der Facies articularis femoro - tibialis. Hiermit präsentiert *Anthracobunodon* eine geringere Reduktion der Fibula als das oligozäne *Caenotherium*. HÜRZELER vermutet, dass bei dieser Gattung nur eine chondrale Verbindung der Fibuladiaphyse zum Caput tibiae bestand. Insgesamt ist die Diaphyse der Fibula sehr dünn und hat einen sich wenig verändernden Durchmesser um 2,5 mm. Ihre Gesamtlänge dürfte nur wenig geringer als die der Tibia sein. Auch distal ist die Fibula nicht mit der Tibia verwachsen. Sie hat ähnlich *Sus* die Tibia überragt und mit dem Calcaneus artikuliert. Bei *A. weigelti* GMH Ce IV-4223 weist die Fibula einen konvexen Gelenkanteil auf, der sich über das gesamte Ende des Gelenkes erstreckt. Hierin, wie auch in der Existenz eines knaufförmigen Bandhöckers, der sich etwa 2 mm oberhalb der Gelenkfläche erhebt, bestehen Ähnlichkeiten zu SMF ME-1001. Hinweise auf die Fac. art. tibio - fibularis liefert die lateral frei liegende Tibia von Ce IV-4223, die zwei ovale, flache Gelenkfacetten trägt. Diese sind durch eine etwa 3,5 mm breite Grube voneinander getrennt. Die an der Fibula nicht sichtbaren Facetten dürften ähnlich gewesen sein.

Die Tibiae sind die längsten Extremitätenknochen des Skelettes. Ihr Querschnitt ist im proximalen Bereich typisch dreikantig. An XLI-210 ist eine latero-craniale Biegung erkennbar. Das relativ breite craniale Gelenk trägt zwei Condyli tibiae, die je eine schräg gestellte Fac. articularis tragen. Caudal werden die Gelenkflächen durch eine Incisura poplitea getrennt. Mittig auf dem Gelenkkopf befinden sich 2 Tubercula intercondylaris, wobei das mediale etwas höher ist. Caudal ist bei Ce IV-4223 eine Inc. poplitea zu erkennen. Vom prox. Gelenkkopf entspringt cranial eine Crista tibiae (Tafel 7: A-22), die sich auf ein Drittel der Tibialänge erstreckt. Nahe des Gelenkes ist die Tuberositas tibiae ausgebildet, die eine Breite von ca. 6 mm erreichen kann. Die Crista erreicht in ihrem weiteren Verlauf das Doppelte des kleinsten Durchmessers der Diaphyse. Bei XLI-210 trägt die Tuberositas tibiae wie bei *Sus* eine ca. 2 mm breite Grube. Ein Sulcus extensorius war ausgebildet, sein Verlauf ist jedoch unbekannt. Distal ist die typische, gewindeförmige Cochlea für die Trochlea tali erkennbar (Tafel 7: B-2). Sie wirkt wie in das dist. Gelenk eingelassen und besteht aus zwei tiefen Rinnen, die durch einen abgerundeten Sattel getrennt werden. Das Gelenk ist somit mit Ausnahme der lateralen Seite abgeschlossen. Dort begrenzt die Fibula das Gelenk. Medial ist die Wand stärker und deutet einen Malleolus medialis an. Die Rinnen sind 6 - 7 mm lang und ca. 3 mm breit. Die mediale ist tiefer als die laterale.

#### 3.1.2.2.4 Ossa tarsi, Hinterfußwurzel

Wie das Carpal- war auch das Tarsalskelett Gegenstand der Voruntersuchung von ERFURT & HABERSETZER (1998). Zuvor wurden besonders der Calcaneus und Astragalus anderweitig morphologisch betrachtet, s. GUTHRIE (1968) oder MARTINEZ & SUDRE (1995). An dieser Stelle soll daher speziell auf die anatomische Zusammenhänge der anderen Tarsalia eingegangen werden.

Am Referenzobjekt ist die Fußwurzel fast komplett vorhanden und von lateral sichtbar. Durch die metatarsale Reihe verläuft ein Bruch, der den Tuber calcanei vom Basalteil des Calcaneus trennte sowie kleinere Tarsalknochen fragmentierte. Durch die Aufweitung liegt der Astragalus frei, der in Artikulation mit der Tibia und dem Naviculare steht.

**Tabelle 17: Maße des Naviculare eoazäner Artiodactyla in [mm].**

- A: größte Länge der dorsalen Seite  
 B: größte Breite medio-lateral  
 C: größte Höhe dorso-plantar an der Vorderseite  
 D: kleinste Höhe dorso-plantar in der Mitte der Medialseite

Art	Vorkommen	A	B	C	D	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	GT, MP 13	7.0 d	-	5.5 d	3.5 d	A, C-D: CACM
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4219	GT, MP 13	7.3 s	(4) s	4.4 s	2.8 s	X-ray; B: geschätzt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4226	GT, MP 13	8.8 s	7.0 s	5.5 s	3.2 s	isoliert, medial gebrochen
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4332	GT, MP 13	9.5 s	(4) s	6.5 s	3.8 s	A-D: CORR, B: geschätzt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4334	GT, MP 13	8.5 s	-	6.7 s	3.8 s	Nur medial sichtbar
<i>Haplobunodon?</i> GMH XLI 210	GT, MP 13	9.6 d	6.3 d	5.3 d	4.1 d	Nur medial sichtbar
<i>Masillabune franzeni</i> GMH VII-58	GT, MP 13	8.2 d	-	4.2 d	2.8 d	A, C-D: CACM
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	GT, MP 12	9.4 d	5.8 d	4.9 d	3.8 d	Nur medial sichtbar
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-501	Messel, MP 10	10.5 s	8.0 s	-	-	Nur dorsal sichtbar
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	Messel, MP 10	8.1 s	-	6.5 s	4.2 s	Nur medial sichtbar

Das Os tarsi centrale (Naviculare) ist am Referenzobjekt durch die Artikulation mit dem Astragalus verdeckt (Tafel 7: B-5). Bessere Informationen liefert *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce II-4226. Hier lag das Naviculare so weit frei, dass es aus dem Paraffin isoliert werden konnte. Weiterhin ist bei GMH Ce II-4219 der rechte Tarsus weitgehend zugänglich. Bei beiden Individuen nimmt der Knochen ca. zwei Drittel der Breite des



Caput tali ein. Bei Betrachtung von dorsal zeigt die prox. Seite entsprechend der Form des Caput tali zwei längliche, konkave Gelenkflächen, die bei GMH Ce II-4226 zwei Drittel der Breite des Caput tali einnehmen. Sie werden durch einen schmalen Kamm voneinander getrennt, der anterior in einen Proc. extensorius ausläuft und somit den höchsten Punkt der rauen, abgerundeten Vorderkante darstellt. Im Gegensatz hierzu ist bei *Messelobunodon* SMF ME-501 diese Knochenfläche nicht so tief ausgehöhlt. Die caudale Wand ist fast eben, steht jedoch schräg zur Dorsalseite, wodurch ein pyramidenförmiger Umriss erreicht wird. Das Naviculare schließt hier an seiner Außenseite mit einer Tuberositas ab. Der Proc. extensorius greift in die Fovea des Caput tali ein. Die maximale Höhe über diesem Proc. beträgt 6,5 mm, die Höhe an der gegenüberliegenden Seite ca. 4,5 mm. Die mediale Seite des Naviculare ist abgerundet. Lateral existieren zwei flache, plantar orientierte und im Umriss längliche Gelenkflächen für das Cuboideum. Bei SMF ME-1001 existiert an dieser Seite ein plantar orientierter, spitzer Proc. der eine Gelenkfacette für das Entocuneiforme darstellt.

Bei *Haplobunodon mülleri* GMH XXII-553 ist die anteriore und mediale Seite abgerundet und angeraut. Die posteriore Seite ist leicht konkav und trägt eine Tuberositas. Bei *Anthracobunodon* ist der Umriss ähnlich, der Verlauf der posterioren Seite jedoch eben. Bei beiden Haplobunodontiden verläuft die mediale und anteriore (craniale) Seite schräg dorsad, wodurch der Knochen dorsal breiter als plantar wird. Im Gegensatz hierzu ist bei *M? schaeferi* SMF ME-1001 der Umriss pyramidal mit einer schmaleren Dorsalseite. Lateral zeigt GMH Ce II-4226 zwei getrennte Gelenkfacetten für das Cuboid. Die erste, anterior dorsal gelegene ist eben, länglich oval und hat einen größten Durchmesser von 2,5 mm. Die zweite befindet sich auf der posterioren Seite und weist einen C - förmigen Umriss auf, der zur Mitte hin geöffnet ist. Beide Gelenke werden vollständig durch eine Grube getrennt. Auffällig ist das Fehlen des plantar orientierten Proc. in der CACM von *A. weigelti* GMH Ce III-4221 und GMH Ce IV-4334. Bei GMH XLI-210 ist dieser spitz zulaufende Proc. deutlich entwickelt und erinnert an *Messelobunodon* SMF ME-1001. Seine Länge beträgt ca. 4,5 mm und er trägt eine zusätzliche, länglich konkave Facette nahe der Basis, die einen Durchmesser von 2 x 4,2 mm aufweist. Sie wird als Gelenk für das Entocuneiforme angesehen. Das Naviculare von *Haplobunodon mülleri* GMH XXII-553 zeigt ebenfalls einen solchen Fortsatz. Daher wird das nur durch postcraniales Material repräsentierte Stück GMH XLI-210 als *Haplobunodon?* determiniert. Die Gattung *Anthracobunodon* wie auch *Caenotherium* unterscheiden sich von Dichobuniden und primitiveren Haplobunodontiden durch die Reduktion dieses Processus. Nur an einem Stück, GMH Ce II-4226, ist die plantare Seite des Naviculare erhalten. Sie zeigt hier drei lateral befindliche Facetten. Die größte liegt anterior, hat einen triangulären Umriss bei einer konvexen Wölbung. Sie dient dem Ectocuneiforme und ist 4,1 mm lang und 3,3 mm breit. Auf der posterioren Seite erstreckt sich die kleinere zweite Facette mit länglichem Umriss, die eine Verlängerung der C - förmigen Facette der Lateralseite darstellt. Die dritte Facette ist eine winzige konvexe Anschwellung auf der caudalen Seite, die sich von den anderen deutlich absetzt. Mit einer Länge von ca. 3 mm und 2 mm Breite ergeben sich Ähnlichkeiten zu *Caenotherium* sp. NMB Sau.-1602a (HÜRZELER 1936: Taf. VIII,9). Bei *Haplobunodon?* GMH XLI-210 fehlt gegenüber *Anthracobunodon* die zweite Facette und die erste sowie dritte Facette sind flach. Analog ist die erste die größte und zeigt 4,2 mm Länge und 3,5 mm Breite. Lateral wird eine Furche deutlich, die den plantar orientierten Proc. klar abgrenzt. Die Facette stellt das Gelenk zum Entocuneiforme her. Weitere Details sind aufgrund des unvollständigen Materials nicht erkennbar.

**Tabelle 18: Maße des Cuboides eoäzäner Artiodactyla in [mm].**

A: größte Länge cranio-caudal

B: größte Breite medio-lateral

C: größte Höhe dorso-plantar einschließlich des plantar orientierten Proc.

Art	Vorkommen	A	B	C	Bemerkung
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce IV-4332	GT, MP 13	9.0 s	8.3 s	11.9 s	A, B: CORR s. Taf. 2B
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4219	GT, MP 13	8.2 s	-	10.1 s	A, C-D: CACM
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4334	GT, MP 13	(9) s	-	10.6 s	nur lateral sichtbar
<i>Haplobunodon?</i> GMH XLI 210	GT, MP 13	9.6 d	7.5 d	11.3 d	nur medial und plantar sichtbar
Dichobunidae? GMH Ce IV-2860	GT, MP 13	8.1 s	6.2 s	9.3 s	isolierter Knochen
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	GT, MP 12	(10) d	4.6 d	(9.2) d	latero-plantar defekt, Proc. fehlt
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-501	Messel, MP 10	9.1 d	(7) d	14.6 d	nur lateral sichtbar; B: geschätzt
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	Messel, MP 10	8.2 s	5.3 s	8.5 s	nur medial sichtbar

Das Os tarsi quartum (Cuboid) ist etwa so lang wie das Naviculare und trägt eine zweigeteilte prox. Gelenkfläche (Tafel 7: B-4, B-17). Die laterale Seite dient der Artikulation mit dem Calcaneus. Sie ist konvex, verläuft über die gesamte Länge des Cuboides und ist entsprechend der Orientierung der Fac. art. am Basalteil des Calcaneus schräg caudad ansteigend. In medio-lateraler Richtung liegt ihr niedrigster Punkt nahe der lateralen Seite. Die mediale Gelenkfläche zeigt analog dem Caput tali eine tief ausgehöhlt, längliche Gelenkfacette, die eine Fortsetzung des benachbarten Naviculare darstellt. Der Flächenanteil des Cuboides bei der Artikulation mit dem Astragalus beträgt



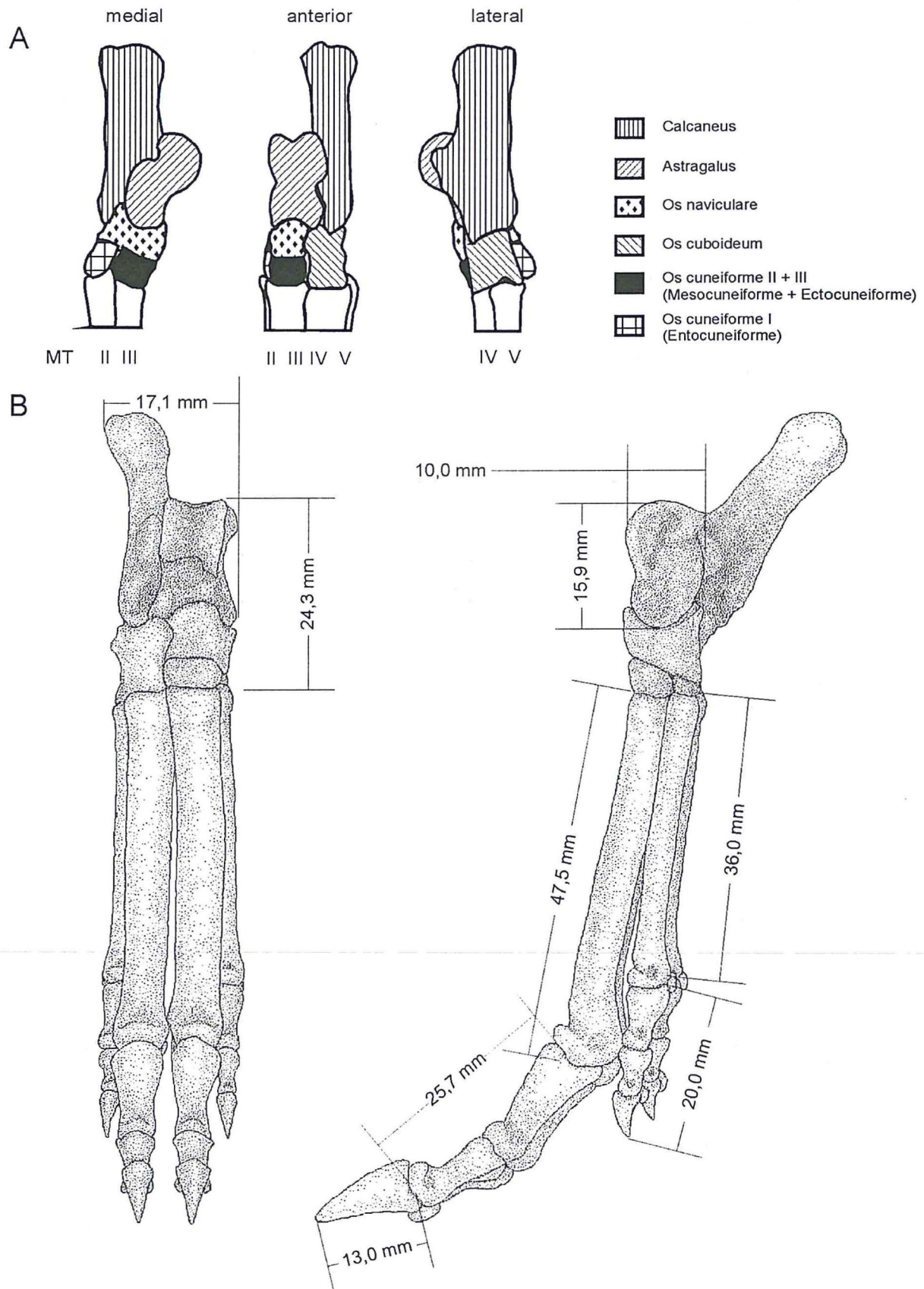
bei *Anthracobunodon* etwa ein Drittel der des Naviculare. Bei *Haplobunodon mülleri* GMH XXII-553 ist die Relation mit 1 : 2,7 am genauesten messbar. Unter Beachtung der Details des Naviculare von *Anthracobunodon* wird die vollständig einsehbare mediale Seite des Cuboides von *Haplobunodon?* GMH XLI-210 als Vergleich herangezogen. Hier stellt sich der Kontaktbereich mit dem Naviculare als raue Fläche dar, die zwei Drittel des Cuboides einnimmt und drei Gelenkfacetten trägt. Die kleinste liegt caudal am Dorsalrand. Sie ist eben, rundlich und hat einen Durchmesser von ca. 2,5 mm. Die zweite, längliche und leicht konvexe Facette befindet sich plantar der ersten auf einem caudo-plantar orientiertem Proc. Die Form dieses Proc. ist eventuell artspezifisch. Bei GMH XLI-210 entspringt er der medialen Seite und läuft auch nach medial aus. Die Facette hat eine Länge von 4,8 mm und ist 2,4 mm breit. Sie endet bevor sich der Proc. verjüngt. Nach dem schräg verlaufenden Anteil der C-förmigen Facette des Naviculares von GMH Ce II-4226 sollte ein korrespondierender Proc. des Cuboides bei *Anthracobunodon* existieren. Diese Vermutung wird durch das Stück GMH CeIV-2860 gestützt, das einen solchen Proc. mit einer länglichen Facette zeigt. Bei *Anthracobunodon* sollte dieses Gelenk jedoch mehr nach anterior orientiert sein als bei GMH XLI-210. Die dritte Facette befindet sich anterior auf der Dorsalseite und ist nur schwach entwickelt. Es wird vermutet, dass sie bei *Anthracobunodon* stärker ausgebildet ist. Plantar der Facetten für das Naviculare existiert bei GMH XLI-210 eine konkave Facette, die für die Artikulation mit einem relativ großen Ectocuneiforme diente. Medial betrachtet, ist ihr Umriss rechteckig mit einer Länge von 4,2 x 2,5 mm. Die Facette endet caudal in der Mitte des Knochens bevor der o.g. Proc. beginnt.

Die plantare Seite besteht aus einem fast ebenen Gelenk für MT IV mit rundlichem Umriss und einem Querschnitt von 5,5 mm. Caudal schließt sich eine diagonal verlaufende, tiefe Furche an. Die caudale Begrenzung wird durch den o.g. Proc. gebildet, der sehr unterschiedlich beschaffen ist: Fingerförmig und schräg orientiert bei dem Dichobuniden GMH Ce IV-2860; kräftiger, wallartig und gerade abgeschnitten bei *Haplobunodon?* GMH XLI-210. Durch die Furche vor dem Wall entsteht Raum für die Procc. der MT bei der Flexion. Die laterale Außenseite des Cuboides ist ähnlich der des Naviculare rau und porös.

Die Ossa cuneiforme können am Geiseltalmaterial nur röntgenologisch erfasst werden. Auf Tafel 7: B-4 ist das Ectocuneiforme zu sehen, dass sich an den dislozierten Caput des MT III anschließt. Zusätzlich geben die Höhenmaße von Cuboid und Naviculare den Hinweis (Tabelle 17 und Tabelle 18), dass ein zusätzlicher Knochen notwendig wird, um die Höhendifferenz beider Tarsalia auszugleichen und den Übergang vom Naviculare zum Kopf des MT III und MT II herzustellen, vgl. Abbildung 13. Weitere Hinweise gibt die oben beschriebene plantare Seite des Naviculare. Danach war das Ectocuneiforme gestreckt würfelförmig mit den Dimensionen 4 x 3,5 x 2 mm. Es dürfte ähnlich zu *Bunophorus* (GUTHRIE 1968: Fig. 3) aus dem unteren Eozän gewesen sein. Dort trug das Ectocuneiforme eine leicht konkave Gelenkfläche für MT III. Im CACM von GMH Ce III-4221 entsteht ein ähnlicher Eindruck. Allerdings kann eine Überlagerung durch Fragmente des distalen Calcaneus nicht ausgeschlossen werden.

Kein eindeutiger Befund ist bezüglich eines Mesocuneiformes bei *Anthracobunodon* möglich. Es wird vermutet, dass dieser Tarsalknochen bereits mit dem Ectocuneiforme fusioniert ist. Dieser Prozess beginnt bereits im unteren Eozän und ist bei *Praetragulus* (VISLOBOKOVA 1998: 14) im oberen Eozän abgeschlossen. Die bisher festgestellten Ähnlichkeiten des Basipodiums zu *Caenotherium* sp. macht die Erhaltung primitiver Merkmale wie bei dem Dichobuniden *Diplobune minor* ITD 43 (SUDRE 1982: Taf. 2) oder dem rezenten *Sus* unwahrscheinlich. Trotzdem kann die Existenz eines Mesocuneiforme nicht sicher ausgeschlossen werden. Die dritte plantare Facette des Naviculare bei GMH XLI-210 und Ce II-4226 spricht für ein eigenständiges Entocuneiforme. Wenn dieser Knochen mit dem Naviculare und MT II wie bei *Caenotherium* sp., NMB Sau.-1605a artikuliert, sollte seine Form analog länglich, ähnlich einem Holzscheit sein. Diese Vermutung wird durch die CACM von Ce III-4221 (Tafel 7: B-19) und die CORR von Ce IV-4332, s. ERFURT & HABERSETZER (1998: Taf. 2) gestützt. In beiden Aufnahmen zeichnet sich ein ovaler Knochen ab, der diesen Kriterien gerecht wird. Die Länge beträgt 4,5 mm und die Höhe 5,8 mm bei *A. weigelti* Ce III-4221 und 3,8 x 4,2 mm bei Ce IV-4332. Bei *Anthracobunodon* wäre demnach die dorsale Facette leicht konkav. Die plantare Seite ist abgerundet, ohne deutliches Gelenk für MT II. Eine Verbindung zwischen Entocuneiforme und einem MT I wie bei *Diacodexis* (ROSE 1985: 1216) ist auszuschließen, da MT I bei *Anthracobunodon* bereits reduziert ist, s. unten.





**Abbildung 13: Rekonstruktion des hinteren Autopodiums von *Anthracobunodon weigelti*.**

A: Schematische Darstellung des linken Basipodiums.

B: Rekonstruktion des kompletten rechten Autopodiums.



### 3.1.2.2.5 Ossa metatarsale, Hintermittelfuß

Am Referenzobjekt liegen die Metatarsalia II-IV auf ihrer plantaren Seite und sind somit gegenüber dem Tarsus umgeklappt (Tafel 2: E). Dem Betrachter zugewandt sind die untereinander in Artikulation befindlichen MT II-IV. Sie zeigen im Querschnitt eine leicht bogenförmige Anordnung und bilden hierdurch caudal eine leichte Konkavität. Der nur im Röntgenbild erkennbare MT V ist disloziert und um 90° gedreht. Er befindet sich noch unterhalb der anderen Metatarsalia im Einbettungsmedium. Seine prox. Gelenkfläche fehlt und die Gesamtlänge ist nur als Mindestmaß abzuschätzen.

Das im Röntgenbild im direkten Anschluss an den Tarsus erkennbare Knochenfragment (Tafel 7: B-6) wird in Zusammenhang mit der Zersplitterung des prox. Gelenkes des MT II gebracht. Eine Identifikation als MT I ist nicht gerechtfertigt. Darüber hinaus ist ein MT I auch bei älteren Artiodactyla wie *Diacodexis* und *Messelobunodon* unbekannt.

**Tabelle 19: Maße der Metatarsalia eozäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge des Metatarsus von der Basis zum Caput bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221  
 B größte Länge des Metatarsus bei *Masillabune martini* nach TOBIEN (1985: Tab. 6)  
 C größte Länge des Metatarsus bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-501  
 D größte Länge des Metatarsus bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001  
 E größte Länge des Metatarsus bei *Aumelasia gabineaudi* Slg. POHL nach FRANZEN (1988: Tab. 1)  
 F größte Länge des Metatarsus bei *Diacodexis metsiacus* USGS 2352 nach ROSE (1985: Tab. 1)  
 G größte Breite des Metatarsus am prox./dist. Gelenk bei *Anthracobunodon weigelti* Ce III-4221  
 H größte Breite des Metatarsus am prox./dist. Gelenk bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001

Metatarsus	A	B	C	D	E	F	G	H	Bemerkungen
MT II	38,0 d	-	(44)	-	44 s	40,5	3,0 / 5,0 d	-	C: X-Ray
MT III	47,5 d	48,8	-	49,0 s	50	45,0 s	(4) / 7,5 d	4,3 / - s	A: X-Ray
MT IV	47,0 d	48,0	53,5 d	49,5 s	50	45,0 s	6,0 / 8,0 d	4,8 / 5,0 s	A: X-Ray
MT V	(36) d	43,2	48,0 d	(37)	42,5	40,5	- / 4,5 d	-	D: Mindestmaß

Die Nebenstrahlen II und V sind verkürzt, aber noch komplett ausgebildet. Die Längenrelationen der Haupt- zu den Nebenstrahlen beträgt ca. 1,3 : 1, vgl. Abbildung 13. Dies entspricht den Relationen von *Sus*. Die prox. Gelenkflächen der MT II - V sind flach. Im Vergleich zum distalen Gelenk ist das proximale der Seitenstrahlen schwächer entwickelt. Inwiefern man hieraus auf eine Telemetacarpali schließen kann, müssen Vergleichsreihen innerhalb der Haplobunodontidae zeigen.

Ähnlich den Verhältnissen bei *Messelobunodon* wird davon ausgegangen, dass der MT IV mit dem Cuboideum und MT III mit dem Naviculare, ggf. über das Os cuneiforme III, artikuliert. Geringfügige Längenunterschiede zwischen MT III und MT IV treten bei fast allen vermessenen Formen auf. Sofern es sich hierbei nicht um sekundäre Veränderungen handelt, könnte der nötige Höhenausgleich, um mit beiden Hauptstrahlen gleichzeitig Bodenberührung zu erhalten, über die knorpeligen Anteile der Tarsalia erfolgen. Die Diaphysen der Hauptstrahlen verlaufen geradlinig. Ihr Durchmesser verjüngt sich geringfügig unterhalb der Basis, um in Richtung Caput wieder an Stärke zuzunehmen. Der kleinste Durchmesser der Diaphyse der Hauptstrahlen dürfte beim Referenzobjekt bei etwa 4,5 mm gelegen haben. MT II und MT V sind in der distalen Hälfte leicht abaxial gebogen (Tafel 7: B-6). Ihr Durchmesser nimmt nach distal zu. Die Basis aller Metatarsalia schließt prox. mit einer ebenen Fac. art. tarsea ab, die im rechten Winkel aus der Diaphyse hervorgeht. Die am Referenzobjekt dem Betrachter zugewandte Dorsalseite dieses Gelenkes trägt keine besonderen Muskelansätze. Plantar dagegen sind an MT III und MT IV von Ce II-4226 sowie Ce IV-4332 je ein knaufförmiger Bandhöcker zu erkennen. Einen ähnlichen Befund bildet HÜRZELER (1936: Taf. VIII/33) für *Caenotherium* ab, allerdings für MT III und IV getauscht. An den Seitenstrahlen sind keine Fortsätze erkennbar.

Das Caput der Metatarsalia III-V besteht aus einem rundlichen Gelenkkopf und trägt im Gegensatz zu *Messelobunodon* einem Verticillus (Tafel 7: B-8). Er dient der Artikulation mit den ersten Phalangen und schafft eine Unterteilung in eine Fac. art. axialis bzw. abaxialis. Die axialen Partien verlaufen waagrecht, während die abaxialen nach latero-proximal abgeschrägt sind. Die axial benachbarten Seitenflächen der Gelenkköpfe des dritten und vierten Strahls sind konkav und bilden einen Spalt. Bei MT II ist der axiale Teil des Gelenkes verlängert. Der abaxiale Teil des Caput ist nicht an der Fac. art. der betreffenden ersten Phalange beteiligt. An der Art. metatarsophalangea existieren bei MT II bis MT V je zwei länglich ovale Ossa sesamoidea. Bei MT III und MT IV erreichen sie eine Größe von 4,5 x 2 mm, bei den Nebenstrahlen MT II und MT V etwa 3 x 1 mm (Tafel 7: B-13). Sesamoide im Bereich der Art. tarsometatarsalis konnten nicht gefunden werden.

### 3.1.2.2.6 Phalanges pedis, Hinterzehen

Am Referenzobjekt schließen sich die ersten Phalangen in natürlicher Reihenfolge an die Metatarsalia an. Die zweiten und dritten Phalangen, insbesondere die der Hauptstrahlen sind verdreht. Makroskopisch sind alle Phalangen der Strahlen II bis IV in Umrissen erkennbar, wovon aufgrund von Quetschungen nur die in Tabelle



20 aufgeführten messbar sind. Phalange III/2 ist besonders aus dem Verbund herausgehoben und gibt die Einsicht in die Gelenkflächen der Basis frei. Die Phalangen V/1 und V/2 liegen disloziert unter dem MT III und MT IV, Phalange V/3 fehlt.

**Tabelle 20: Maße der Phalangen der Hinterextremität eoäner Artiodactyla in [mm].**

- A größte Länge der Phalange von der Basis zum Caput bei *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221  
 B größte Länge der Phalange bei *Masillabune martini* nach TOBIEN (1985: Tab. 6)  
 C größte Länge der Phalange bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-501 nach FRANZEN (1981: Tab. 5)  
 D größte Länge der Phalange bei *?Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001  
 E größte Länge der Phalange bei *Diacodexis metsiacus* AMNH 27787 nach ROSE (1985: Tab. 1)  
 F größte Breite der Phalange am prox. Gelenk bei *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221  
 G größte Breite der Phalange am dist. Gelenk bei *A. weigelti* GMH Ce III-4221

Wirbel	A	B	C	D	E	F	G	Bemerkungen
Phalange II/1	8,0 d	fehlt	(7,5)	-	11,1	3,0 d	2,0 d	A, E-F: X-Ray; C: prox. Drittel fehlt
Phalange II/2	6,5 d	fehlt	8,0 d	-	-	3,5 d	2,0 d	A, E-F: X-Ray
Phalange II/3	5,5 d	fehlt	7,5 s	-	5,2	3,5 d	-	A, E-F: X-Ray
Phalange III/1	(16) d	18 s	20,0 d	13,0	15,7	6,7 d	-	A, E-F: X-Ray; D: oder IV/1 ?
Phalange III/2	12,1 d	9,5 s	11,5 d	8,3	9,1	5,5 d	4,0 d	A, E-F: X-Ray; D: oder IV/2 ?
Phalange III/3	13,0 d	12 s	-	9,0	9,1	-	-	A, E-F: X-Ray; D: oder IV/3 ?
Phalange IV/1	16,5 d	18,0	20,0 s	-	15,7	7,0 d	6,0 d	A, E-F: X-Ray
Phalange IV/2	-	8,0 s	11,5 d	-	9,1	-	-	
Phalange IV/3	-	11,8 s	14,5 d	-	9,1	-	-	
Phalange V/1	-	6,0 s	-	8,1	11,1	-	-	D: oder II/1 ?
Phalange V/2	6,3 d	3,5	7,0 s	(4)	-	3,5 d	2,5 d	A, E-F X-Ray; D: oder II/2 ?
Phalange V/3	-	6,0	7,5 d	(7)	5,2	-	-	D: oder II/3 ?

Generell ähneln die anatomischen Details denen der Vorderextremität. Bei Phalange III/2 ist zu erkennen, dass distal die abaxiale Gelenkpartie größer ist als die axiale. Der Sagittalkamm setzt sich dorsal in einem noch stärkerem dreieckigen Proc. extensorius fort als an der Vorderextremität. Dieser Proc. ist, im Verhältnis betrachtet, bei den Seitenstrahlen stärker entwickelt als bei den Hauptstrahlen. Die Bandhöcker an der Basis von Phalange 2 sind proximo-plantar deutlich verlängert und ähneln *Dama dama*. Vergleichsweise ist diese Relation bei *Ovis* und *Capra* nach POHLMAYER (1985: 192) umgekehrt. Die abaxialen Bandhöcker der Phalangen III/1, IV/1 sowie II/2 überragen die axialen. Darüber hinaus ist die abaxiale Partie der proximalen Facies articularis stärker axial orientiert als am Vorderfuß. Bei den distalen Gelenken der ersten und zweiten Phalangen überragt die axiale Seite in ihrer Höhe entsprechend der o. g. Situation der Bandhöcker geringfügig die dafür etwas größere abaxiale Partie. Bei Phalange III/2 ist zu erkennen, dass die Gelenkwalze in einer über den Dorsalrand der Phalange erhobenen Spitze ausläuft.

Die dritten Phalangen sind ebenfalls analog der Vorderextremität, vgl. Abbildung 13. Die Fac. solearis dürfte nach den Maßen A und C des dritten Strahls aus Tabelle 20 pro Phalange 25 mm<sup>2</sup> betragen haben. Dieser Wert ist nur als Schätzung der Auftrittsfläche anzusehen. Da die dritten Phalangen der Hauptstrahlen stark zerquetscht sind, können keine detaillierteren Aussagen über Forr. gemacht werden. Bei Ce II-4226 ist nahe der Fac. art. auf der Facies axialis und abaxialis je ein ca. 1 mm großes Foramen zu erkennen. In ihrer Form entsprechen auch die Phalangen der hinteren Extremität der Typ A von KÖHLER (1993). Auffällig ist gegenüber *Diacodexis metsiacus* bei annähernd gleich langen ersten Phalangen der Hauptstrahlen die deutliche Einkürzung der Länge der ersten Phalangen der Nebenstrahlen sowie die Streckung der zweiten Phalangen der Hauptstrahlen (Tabelle 20).

Die Zahlenverhältnisse und Form der Ossa sesamoidea sind ebenfalls analog der Vorderextremität. Ihre Länge schwankt bei GMH Ce III-4221 von 5,3 mm bei MT IV und 3,0 mm bei MT II (Messung aus CACM, vgl. Tafel 7: B-13). Ein Os sesamoideum phalangis tertiae ist aufgrund der Zerstörung des Akropodiums nicht erkennbar, wird aber in Analogie zur Vorderextremität vermutet. Damit würde jede Hinterextremität insgesamt aus 38 Knochen bestehen.

### 3.1.3 Skelett des Kopfes

Beim Referenzobjekt ist der Schädel um 180° gewendet, d. h. die Schnauzenpartie weist nach caudal. Außerdem ist der Kopf stark flach gedrückt, so dass Calvarium und Kiefer mehrfach gebrochen, die Zahn- und Kieferfragmente disloziert sind. Diese unnatürliche Körperstellung ist während der Einbettung entstanden, als durch Wassereinfluss die Halsmuskulatur mazeriert und überdurchschnittlich biegsam war. Der Schädel samt Atlas löste sich von den übrigen Cervicalwirbeln und klappte nach hinten. Er zeigt heute mit der linken Körperseite zum Betrachter und bedeckt die vordere, rechtsseitige Rumpfpattie, vgl. Tafel 1: D. Im Rahmen gegebenen Thematik steht der äußere Bau des Schädels des Referenzobjektes im Vordergrund. Studien zur



Morphologie der inneren Knochen erfordern eine spezielle Methodik und weiterführende Vergleiche zu anderen Haplobunodontidae.

### 3.1.3.1 Neurocranium, Hirnschädel

Das Neurocranium ist der am stärksten durch laterale Kompression fragmentierte Teil des Referenzobjektes. Die Knochen überlagern sich mehrfach und die Occipitalregion fehlt vollständig. Hinweise auf die Morphologie dieser Skelettpartie müssen daher von anderen Exemplaren von *A. weigelti* und *Haplobunodon mülleri* GMH XXII-550 gewonnen werden.

**Tabelle 21: Maße des Visceral- und Neuralcraniums eoäner Artiodactyla in [mm].**

- A Condylbasallänge  
 B kleinste Diagonale vom Os incisivum zum Rand der Orbita  
 C kleinste Höhe der Orbita  
 D Höhe über der oralen Kante C<sup>1</sup>  
 E Höhe über der oralen Kante P<sup>2</sup>  
 F Höhe über der oralen Kante M<sup>2</sup> (bis zur Orbita)

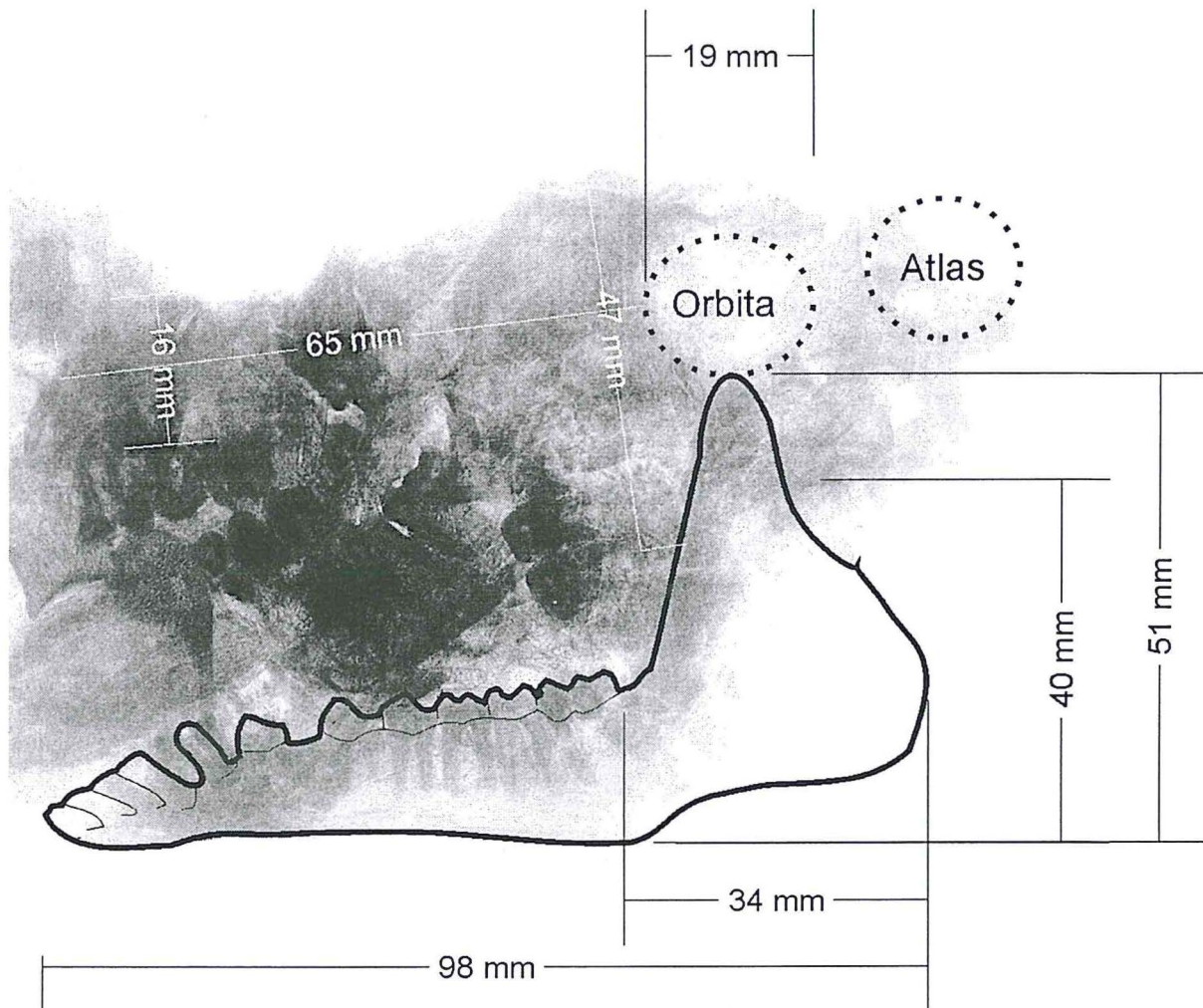
Art	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	-	(63)	(16)	(14)	(17)	-	stark komprimiert
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4219	(112)	(55)	(13)	(13)	(24)	-	
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4223	(107)	(63)	15	13,5	19,5	14,7	A,B komprimiert
<i>A. weigelti</i> GMH Ce III-4225	(110)	(61)	-	(11)	-	-	A,B, D komprimiert
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4226	(110)	(55)	(13)	(12)	(15)	(8)	stark komprimiert
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	(101)	(46)	-	10,5	11,3	-	dorsal komprimiert
<i>Gervachoerus jaegeri</i> GMH Ce III-4220	(106)	55,5	-	-	-	-	nur ventral sichtbar
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. POHL	92	46	-	-	-	-	
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510	106	54	17	-	-	-	Abguss nicht messbar

Der Hauptteil des Neurocraniums wird durch die Ossa parietalia gebildet. Sie ergeben bei lateraler Betrachtung von *A. weigelti* GMH Ce II-4226 eine Höhe von ca. 25 mm. Aufgrund ähnlicher Zahnmaße ist dieser Schädel mit dem des Referenzobjektes vergleichbar. Wegen der auch bei Ce II-4226 vorhandenen starken Fragmentierung wird bei der Rekonstruktion des Referenzobjektes von einem um 5 mm höheren Wert ausgegangen. Die dorsale Kontur des Schädels war nach GMH Ce II-4226 ebenso wie bei *Haplobunodon mülleri* XXII-553 fast geradlinig. Hinweise auf ein Os interparietale sind dem Material nicht zu entnehmen. Bei dem im Vergleich zum Referenzobjekt kleinerem *A. weigelti* GMH Ce II-4219 (Tafel 4: B-2) und GMH Ce IV-4334 ist ähnlich *Haplobunodon mülleri* GMH XXII-553 eine Linea nuchae superior zu erkennen, die eine Überdachung nach caudal bildet. Analog *Haplobunodon* erstreckt sich von hier aus dorsad ein Knochenkamm (Crista sagittalis) auf den Parietalia, vgl. auch GMH Ce II-4226. Die Squama occipitalis ist bei diesem Stück konkav und in lateraler Ansicht schräg im Relation zum Schädeldach orientiert. Der am weitesten caudal liegende Punkt wird somit durch die Linea nuchae markiert. Ein Bruch im Bereich der Protuberantia occipitalis zeigt, dass die Compacta an dieser Stelle auf etwa 3,5 mm verstärkt ist. Lateral geht die Squama beidseitig in die Exoccipitalia über, die einen zapfenförmigen Proc. jugularis (= Proc. paracondylaris nach POPESKO 1998a) tragen. Dieser ist leicht mediad gebogen und hat im mittleren Bereich eine Länge von 9,5 mm bei einer Dicke von 4 mm. Im Verhältnis zu rezenten Ruminantia ist dieser Fortsatz relativ groß und fällt damit eher in die Variationsbreite der Suiden. Die walzenförmigen Condyli occipitalis kommen bei *A. weigelti* GMH Ce IV-4334 auf den Procc. zu liegen. Die Condyli sind ebenfalls schräg orientiert und haben eine größte Diagonale von ca. 11,5 mm bei einer Dicke von 4,5 mm. Durch sie sowie den halbkreisförmig ausgeschnittenen Ventralrand der Squama wird das länglich ovale F. magnum umschlossen, dessen Achsenlängen etwa 10x5 mm betragen. Das Basioccipitale ist durch die nach innen geklappten Condyli verdeckt. Es wird vermutet, dass die Breite analog der des Palatinum an dessen Caudalrand war (ca. 12 mm).

An das Basioccipitale schließt sich ventral das Os sphenoidale an, das an seiner breitesten Stelle ebenfalls etwa 12 mm erreicht. Es erstreckt sich relativ weit aboral, bis zur Fossa mandibularis. Sein Anfangspunkt kann nicht bestimmt werden. Der laterale Rand ist bei GMH Ce IV-4334 leicht aufgewölbt und bis ca. 4 mm verdickt. Röntgenologisch kontrastreich hebt sich mit einem Durchmesser von etwa 9 mm die Felsenbeinpyramide beim Lectotypus von *A. weigelti* Ce III-4225 ab. Diese Partie des Os temporale grenzt an die Parietalia und befindet sich damit beim o.g. Stück noch in natürlicher Position. Bei GMH Ce IV-4334 ist das F. lacerum sichtbar, das sich in Höhe der Fossa mandibularis mit einer Größe von 6,5 x 5 mm abzeichnet. Die Fossa als Teil des Proc. zygomaticus ossis temporalis nimmt mehr als die Hälfte des aboralen Abschnittes dieses Processus ein. Bei GMH Ce II-4226 wird sie durch einen scharf abgewinkelten Proc. retroarticularis aboral begrenzt. Der Proc. bildet an diesem Stück einen Wall von etwa 7 mm Höhe. Der Verlauf der Fossa ist ähnlich *Sus* relativ eben und nicht als Ginglymus wie bei rezenten Carnivora ausgebildet. Die Länge der Gelenkfläche beträgt ca. 8 mm, woraus eine



schlittenförmige Vor- und Rückbewegung der Mandibula resultiert. Der Proc. setzt sich als dünner Steg mit einer Höhe von 8 mm und einer Stärke von maximal 2 mm orad fort und geht aboral der Orbita abgeschrägt in den Proc. temporalis des Os zygomaticus über. Somit wird die untere Begrenzung der Augenhöhle geschaffen, von der dorsal ein kurzer Proc. frontalis, jedoch kein geschlossener Knochenring ausgeht. Die Orbitae sind damit aboral geöffnet.



**Abbildung 14:** CACM - Untersuchung des Schädels von *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221.

Grundlage ist eine Mikroradiographie des Schädels (Aufnahme: Dr. J. HABERSETZER, Frankfurt).

Ein Teil des Os frontale liegt am Referenzobjekt oberflächlich frei (Tafel 3). Leider sind auch dort die Verpressungen so stark, dass keine Details erkennbar sind. Bei GMH Ce IV-4223 hebt sich der durch das Os frontale gebildete Teil der Orbita als kontrastreiche Compacta dagegen gut röntgenologisch ab. Die Stärke des Knochens beträgt am Margo orbitalis ca. 1,5 mm. Dorsal zeigt die Orbita eine weitere verstärkte Stelle, die wie von *Sus* bekannt, als Proc. zygomaticus ossis frontalis angesehen werden könnte, vgl. Tafel 9: E. Im Bereich der Stirnhöhle wird das Os frontale dünner. Besonders oral der Orbitae deuten viele kleine Trümmer auf eine reiche Strukturierung dieser Schädelpartie. Hierunter sind Reste des nicht näher zu differenzierenden Os ethmoidale. Hinweise auf Procc. cornualis werden hierin nicht gesehen, können allerdings nicht definitiv ausgeschlossen werden. Caudal waren die Orbitae bei *Anthracobunodon* nicht geschlossen, vgl. dagegen die aborale Begrenzung bei *Mazama nana* und *Pudu pudu*. Im Inneren der Orbitae befindet sich eine Vielzahl kleinerer Foramini, deren Durchmesser 1 mm nicht überschreiten. Der Längsdurchmesser der Orbita beträgt beim Referenzobjekt etwa 20 mm, deren Höhe mindestens 16 mm, s.u. und vgl. Abbildung 14. Dieser Wert erinnert an die Dimensionen von *Aumelasia gabineaudi* SMF ME-1527 mit 17 x 12 mm, vgl. FRANZEN (1988: Tab. 1).

### 3.1.3.2 Splanchnocranium, Gesichtsschädel

Das Splanchnocranium liegt am Referenzobjekt mit der linken Seite teils oberflächlich frei (Tafel 3). Das längliche Rostrum ist zerbrochen, aber die zusammengehörigen Fragmente liegen eng beieinander und sind



weitgehend erhalten. Die Länge des Rostrums lässt sich am Referenzobjekt von der Schnauzenspitze bis zum Rand der Orbita mit aufgerundet 70 mm angeben. Dieser Wert deckt sich mit denen von *A. weigelti* GMH Ce IV-4223. Das Maß ist mit der Maxilla unmittelbar korreliert und gleicht den durch die Frakturen des Visceralcraniums verkürzten Wert am Referenzobjekt aus. In Abbildung 14 zeichnet sich im Anschluss an die Maxilla und oberhalb des Ramus ascendens mandibulae die rundlichen Orbitae als dunkler Bereich ab. Er wird dorsal und oral durch gebogene Knochenpartien des Neurocraniums scharf markiert. Das Os lacrimale ist bei *A. weigelti* GMH Ce II-4219 röntgenologisch zu erkennen, aber nicht in seiner Ausdehnung abzugrenzen. Hinweise auf Forr. lacrimalia finden sich nicht, die Existenz taxonomisch wichtiger Vertiefungen kann zur Zeit noch nicht beurteilt werden.

Das Os incisivum ist am Referenzobjekt nur über die Abstände der oberen drei Incisivi zu lokalisieren. Seine Länge beträgt etwa 14 mm. Damit reicht der Knochen bis zur Alveole des oberen Caninus, der funktionell zum Vordergebiss zählt. Die am Original erkennbare laterale Aufwölbung ist Resultat einer Verpressung. Eine ungestörtere Vorstellungen des Umrisses erlaubt *A. weigelti* GMH Ce IV-4223. Die orale Kante ist von dorsal betrachtet abgerundet. In lateraler Ansicht ist das Os incisivum ähnlich *Sus* bogenförmig von dorsal ausgeschnitten. Hierdurch entsteht eine große Incisura nasomaxillaris. Die Stärke des Knochen ist relativ gering (< 1 mm). Die Höhe des Os incisivum beträgt an der Sutura zur Maxilla ca. 15 mm gemessen im rechten Winkel von der Austrittsstelle des Zahnhalses des Caninus bis zur Oberkante des Rostrums. An diesem Punkt sind bei GMH Ce IV-4223 Andeutungen eines Os nasale erkennbar. Es ist sehr schmal und ein Schatten auf der Radiographie lässt vermuten, dass dieser Knochen das Os incisivum ähnlich *Sus* dachartig überragt hat, s. Rekonstruktion in Tafel 9: E.

Die Maxillae sind beim Referenzobjekt durch die darunter liegenden Knochen mehrfach angehoben und gebrochen. Dabei wurden vereinzelte Fragmente des Schädels disloziert und teils rotiert. Von der Dentition sind, z. T. als einzelne Partien noch im Einbettungsmedium vorhanden: I<sup>1</sup> bis I<sup>2</sup>d sowie disloziert die M<sup>2-3</sup>d. Offen liegt ein weiteres Maxilla - Fragment mit P<sup>2-4</sup>d und einer fast vollständigen Hälfte des M<sup>1</sup>d. Von der linken Dentition sind im Röntgenbild I<sup>1</sup> bis C<sup>1</sup> und oberflächlich ein Fragment mit P<sup>2-4</sup> und dem oralen Drittel des M<sup>1</sup> zu erkennen. Die M<sup>2-3</sup> befinden sich als weiteres Fragment disloziert in Nähe des Ramus ascendens. Die Höhe der Maxilla über dem P<sup>2</sup> beträgt ebenfalls 15 mm. Die Prämolaren sind nicht molarisiert. Diastemata sind nur mesial und distal des ersten Prämolaren vorhanden, so dass die hinteren Zähne eine geschlossene Kaufläche bilden. P<sup>1-2</sup> sind prämolarenform und einhöckrig. Typisch für *A. weigelti* ist ein schwacher Metaconus und ein Protoconus am P<sup>4</sup>. Der Bau der Molaren kann als brachyodont – bunodont bezeichnet werden. Sie sind durch einen gut entwickelten Metaconulus funktionell vierhöckrig und haben einen subquadratischen Umriss. Weitere Details s. ERFURT & HAUBOLD (1989: 147 ff.).

**Tabelle 22: Maße der Mandibula eozäner Artiodactyla in [mm].**

- A Länge der Mandibula
- B Länge der Fossa mandibularis (ggf. incl. Proc. angularis) beginnend von aboraler Kante des M<sub>3</sub>
- C Höhe des Proc. coronoideus vom Ventralrand der Mandibula
- D Höhe des Proc. condylaris vom Ventralrand der Mandibula
- E Höhe des Corpus mandibulae unterhalb der oralen Kante des M<sub>1</sub>
- F Höhe des Corpus mandibulae unterhalb der aboralen Kante des M<sub>3</sub>

Art	A	B	C	D	E	F	Bemerkungen
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	98	35	(48)	33	12	18	Proc. coronoideus fehlt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce IV-4223	(90)	(30)	(45)	(30)	-	-	
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4225	85	-	(38)	-	13	15,7	Ramus ascendens zerdrückt
<i>A. weigelti</i> GMH Ce II-4226	-	-	-	-	(15)	15,7	E: zerdrückt
<i>Haplobunodon mülleri</i> GMH XXII-553	86,5	33,5	(36)	30,5	11,3	13,4	Proc. coronoideus eingedrückt
<i>Gervachoerus jaegeri</i> GMH Ce III-4220	(78)	38	(41)	31	12	18	Proc. coronoideus fehlt
<i>Masillabune martini</i>	(79)	(28)	(37)	(30)	11	14,5	Messung Abguss
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. POHL	84,5	-	47,5	34,5	13,0	-	
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-510	(76,5)	(24)	(31)	23,5	8,2	10,0	F: X-Ray
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	75,5	28,5	31,3	23,5	9,5	11,5	

Nahezu komplett sind am Referenzobjekt der linke Unterkiefer und dessen Bezahnung überliefert. Links sind die I<sub>1,3</sub> mit abgebrochenen Kronen erkennbar. Es folgt ein etwas verlängerter C<sub>1</sub> und ein prämolarenformiger, einwurzeliger P<sub>1</sub>. Vom rechten Unterkiefer paust sich in die Diastema von P<sub>1</sub> sin. zu P<sub>2</sub> sin. ein in der Mitte gebrochener P<sub>2</sub> dext. durch. In anatomischer Reihenfolge schließen sich nach einer weiteren Diastema vom P<sub>2</sub> sin. die P<sub>3,4</sub> sin. sowie M<sub>1,3</sub> sin. an. Von der Zahnkrone des M<sub>2</sub> sin. fehlt die buccale Hälfte. Hinsichtlich der antemolaren Bezahnung des rechten Unterkiefers sind nur P<sub>3,4</sub> dext. röntgenologisch erkennbar. Ein weiteres



Bruchstück mit  $M_{1,3}$  dext. befindet sich in Abbildung 14 oberhalb des Corpus mandibularis s. Die Incisivi dext. konnten bisher nicht identifiziert werden.

Das Corpus mandibulae ist relativ schlank. Die Länge vom am weitesten oral liegendem Punkt bis zur aboralen Seite des  $M_3$  beträgt 64 mm, die Gesamtlänge der Mandibula etwa 98 mm (Abbildung 14). Der Verlauf der ventralen Kante des Corpus ist fast gerade. Unterhalb des Caninus befindet sich eine leicht konkave Einbuchtung, wodurch die Schneidezahnpartie etwas nach unten gerichtet ist. Die Höhe des Corpus nimmt kontinuierlich bis zur oralen Kante des  $M_3$  zu. Sie beträgt an dieser Stelle etwa 13 mm, die dazugehörige Breite beträgt ca. 4 - 5 mm im CT - Schnitt. Unmittelbar hinter dem letzten Molar unterbricht eine leicht konkave Einbuchtung den geradlinigen Verlauf des Ventralrandes und markiert den Beginn des sich rechtwinkelig erhebenden Ramus ascendens. Vergleichsweise ist diese Einbuchtung bei *Messelobunodon* SMF ME-1001 stärker ausgeprägt, wodurch der Proc. angularis dort hakenförmig wirkt. Am Referenzobjekt befindet sich ca. 5 mm oberhalb des Ventralrandes ein 3 mm großes For. mandibulae. Weitere Forr. mentalia sind lateral unterhalb des  $P_3$  sichtbar. Deutlich zeichnet sich eine Crista mandibulae rostralis ab, welche die orale Seite des Ramus verstärkt. Röntgenologisch ist erkennbar, dass auch die Compacta der aboralen Kante geringfügig verdichtet ist. Aus der Crista geht fast geradlinig der Proc. coronoideus hervor und erreicht eine Höhe von 48 mm. Der Proc. fungiert als senkrechte Verlängerung des Ramus und tritt nicht wie bei den Carnivora als selbständig aboral orientiertes Element in Erscheinung. In einer Höhe von ca. 33 mm oberhalb der ventralen Kante des Ramus hebt sich der Condylus mandibularis kontrastreich ab. Er befindet sich damit etwa 18 mm über der Kauebene. Bei SMF ME-501 und SMF ME-1001 beträgt dieser Wert ca. 15 mm, bei *Aumelasia gabineaudi* ca. 14,5 mm (FRANZEN 1988: Tab.1). Die Form des Gelenkes ist flach walzenförmig. Die Länge beträgt 6 mm, die Breite nach CT Schnitt B etwa 8 mm. Die darunter befindliche Fossa masseterica ist relativ weit ausladend und hat eine größte Diagonale von 31 mm. Die Stärke des Ramus ascendens beträgt nach CT-Schnitten etwa 2 mm. Ein Proc. angularis ist nicht ausgebildet.

**Tabelle 23: Breitenmaße [mm] des Schädels von *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221 und *Haplobunodon mülleri* GMH XXII-553.**

Maß	<i>H. mülleri</i> GMH XXII-553	<i>A. weigelti</i> GMH Ce III-4221
größte Breite über die Maxillae an der oralen Kante der $C^1$	11,5	14
größte Breite über die Maxillae an der oralen Kante der $P^4$	13,5	16
größte Breite über die Maxillae an der oralen Kante der $M^1$	24,5	29
größte Breite über die Maxillae an der oralen Kante der $M^2$	(26)	(31)
größte Breite des Schädels	46	55
kleinste Breite der Margo orbitalis	25,5	30
größte Breite über den Procc. zygomaticus	(27)	32
größte Breite über die Ossa parietalia	24	29
größte Breite über das Os occipitale	16	23

Aus den Verhältnissen der Maße des Unterkiefers (Tabelle 23) wurden näherungsweise über eine Korrelationsanalyse die für die Rekonstruktion von *Anthracobunodon* wichtigen Breitenangaben des oberen Schädels abgeleitet. Im Durchschnitt sind die Werte des Referenzobjektes um den Faktor 1,2 höher als jene von GMH XXII-553. Die sich aus den Daten des oberen Schädels (Tabelle 21) ergebenden Faktoren liegen höher, basieren jedoch auf recht ungenau zu messenden Strecken bzw. sind nur Mindestmaße aufgrund fehlender Knochenpartien. Die errechneten Werte können im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur eine Annäherung darstellen. Eine detaillierte Untersuchung des Schädels ist an anderer Stelle vorgesehen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich am äußeren Gesamtbild keine wesentlichen Veränderungen ergeben. Die Schädellänge des Referenzobjektes beträgt ohne die Occipitalregion 114 mm. Die Gesamtlänge ist nur über Korrelation zu anderen Funden von *Anthracobunodon* schätzbar (Tabelle 21), wobei alle Schädel komprimiert sind. Bei Verwendung einer Korrelationsrechnung der Durchschnitte aus Maß A und B der vier anderen Individuen folgt eine hypothetische Gesamtlänge des Schädels des Referenzobjektes von 118 mm. Unter Berücksichtigung der unten näher beschriebenen Teilstrecken dürfte die eigentliche Länge etwas größer gewesen sein und wird mit 120 mm bis 130 mm veranschlagt. Bei Verwendung des Schädels von *Haplobunodon mülleri* GMH XXI-553 als Berechnungsbasis würde ein zu großer Wert von 138 mm resultieren, ein Hinweis auf zwischen den Gattungen unterschiedlichen Schädelproportionen.

### 3.2 Knorpelskelett

Im Gegensatz zu den anderen Exemplaren von *Anthracobunodon* sind am Referenzobjekt an bestimmten Partien des Stammes chondrale Anteile fossilisiert, die sich röntgenologisch als hellere Bereiche im Vergleich zur dunkleren Knochensubstanz abzeichnen. Insbesondere im Bereich des Thorax finden sich zahlreiche Hinweise,



am Schädel und den Extremitäten dagegen kaum. Das Innere dieser Bereiche ist gegenüber der klar strukturierten Spongiosa der Knochen diffus bis homogen. Die Möglichkeit der Erhaltung von Knorpel wird auf besonders günstige Verhältnisse während der Einbettung zurückgeführt. Ein höherer Grad der Kalkeinlagerung in das Knorpelgewebe aufgrund eines hohen Individualalters scheidet aus, vgl. Abschnitt 5.

### 3.2.1 Arcus costarum

Zahlreiche, bis 10 mm lange und im Querschnitt zwischen 1 bis 2,5 mm starke stabförmige Knorpelstücke ventral der asternalen Costae weisen auf die Form des Arcus costarum (Tafel 2). Wie bei anderen Mammaliern setzte der im Querschnitt rundliche Cartilago costalis am Corpus costae an und verlief bogenförmig zum Xiphosternum. Mehrere Y-förmige Stücke zeigen, dass sich die ventralen Enden der Knorpelspannen aneinander legten und so einen Abschluss der durch die „falschen“ Costae aufgebauten Thoraxwand bildeten. Der Abstand zwischen zwei derartigen Einmündungen liegt bei 11 bis 13 mm, woraus sich die entsprechende Distanz der Costae ergibt, vgl. 3.2.1. Median vereinigen sich die in einer Spitze verjüngenden Knorpelstücke und lagern sich an Sternebra IV nahe der Grenze zum Xiphosternum an. Da auch ventral von Costa XIII derartigen Knorpelstücke vorhanden sind, existieren keine frei in den Bauchraum ragenden Costae, wie sie häufig für *Sus* erwähnt werden. Bei GMH Ce IV-4331 ist für den hinteren Teil des Thorax ein Fragment eines Cartilago costalis messbar, der vom Genu costae bis zur Anlagerung an einen anderen Cartilago eine diagonale Länge von 25 mm aufweist.

### 3.2.2 Disci intervertebralis

Fossile Hinweise auf die Disci intervertebralis fehlen. Bei Betrachtung der Kontaktflächen der Wirbelkörper am Referenzobjekt fällt auf, dass stets zwischen den Wirbeln ein z. T. keilförmiger Spalt zu erkennen ist. Zwischen den Thoracalwirbeln beträgt er zwischen 0,5 bis 1 mm, zwischen den Lumbalwirbeln etwas mehr. Hierbei ist eine postmortale Schrumpfung des gesamten Stammskelettes zu berücksichtigen, so dass der tatsächliche Wirbelabstand größer war. Die Dimensionen der Disci lassen sich aus Vergleichen zu rezenten Mammaliern abschätzen. Dabei gilt, dass beispielsweise im Bereich der Cervical- und Lumbalwirbelsäule unterschiedliche Stärken der Menisci auftreten. Bei *Castor* sind sie zwischen den Lumbalwirbeln am stärksten und erreichen nach PIECHOCKI (1962: Abb. 34) dort einen Anteil von 30% der Länge des entsprechenden Wirbelkörpers. Insgesamt machen die Bandscheiben ca. 15% der Länge des Axialskelettes bei dieser Tierart aus. Beim Menschen liegt dieser Wert mit etwa 25% nach TITTEL (1994: 79) deutlich höher. Für *Anthracobunodon* wird der Prozentsatz geringer als bei *Castor* angesetzt. Durch die besondere Fortbewegungsweise (Schwimmbewegungen mit starken Flexionen im Lumbal- und vorderen Schwanzbereich) erfahren die Disci hier eine Verstärkung. Ähnliches gilt auch für die Bipedie des Menschen. Bei *Anthracobunodon* wird von durchschnittlich 1 mm pro Wirbel ausgegangen. Insgesamt folgt daraus bei ca. 50 Wirbeln ein knorpeliger Anteil von 50 mm Länge, wobei auf den Schwanz hiervon etwa 25 mm entfallen. Daraus ergibt sich ein prozentualer Anteil von 10% der als minimale Schätzung anzusehen ist.

### 3.2.3 Cartilago scapulae

Die für die Rekonstruktion der Körpermitte wichtige Gesamtlänge der Schulterblätter ergibt sich aus der Länge des ossifizierten Teils und des Cartilago scapulae. Weder das Geiseltalmaterial noch andere eozäne Artiodactyla liefern Angaben zu dieser Knorpelaufgabe, so dass wie oben auf Vergleichswerte rezenter Mammalier zurückgegriffen werden muss. Aufgrund der Abhängigkeit vom Individualalter wurden nur die Angaben bei adulten Tieren verglichen. Die geringste Stärke des Knorpels zeigen *Canis familiaris* (BOYD/PETERSON 1995: Abb. 112) und *Felis*. Der Prozentsatz der Stärke des Knorpels im Vergleich zur Gesamtlänge der Scapula liegt bei Werten bis 5%. Bei *Cuniculus* sind höhere Werte bis 10%, bei *Equus* und *Bos* Werte bis 20% häufig. Beim Hausschwein kann von 30% ausgegangen werden. Nach den bisherigen osteologischen Ähnlichkeiten zu *Sus* sowie zu rezenten Ruminantia werden für *Anthracobunodon* zwischen 15 und 25% angenommen. Damit würde sich eine 15 bis 20 mm starke Knorpelaufgabe ergeben.

### 3.2.4 rostraler Ringknorpel

Röntgenologisch konnten bisher keine Spuren auf einen Ringknorpel gefunden werden, der wie bei *Sus* eine verlängerte Schnauze belegen würde. Auch die von *Tapirus* im Zusammenhang mit der Ausbildung eines Rüssels zu sehende relativ starke Verlängerung des Os nasale ist für *Anthracobunodon* wie auch für andere Haplobunodontidae (*Haplobunodon mülleri* GMH XXII-553, *Masillabune franzeni* GMH VII-58) des Geiseltales nicht nachzuweisen. Damit entfallen Argumente für eine Rekonstruktion des Kopfes mit Rüssel ähnlich Suiden.



## 4 Rekonstruktion des Skelettes

Aus den zuvor einzeln morphologisch beschriebenen Knochen sollen Aussagen zum Gesamtskelett von *Anthracobunodon* und damit zur Form, Größe und Haltung des Tieres abgeleitet werden. Die Maße der Tabelle 3 bis Tabelle 23 zeigen eine gewisse intraspezifische Variabilität bei *A. weigelti*. Die Einschätzung dieser Variabilität ist jedoch problematisch, da ein bestimmtes Knochenmaß meist nur an wenigen Exemplaren messbar ist. Aus den Maßen ein und desselben Merkmals ergibt sich als höchster Variabilitätskoeffizient ein Wert von 4,5% bei Längen. Damit handelt es sich um eine normale Variation innerhalb biologischer Größen. Angaben zu Breiten- und Höhen würden messtechnisch bedingt größere Koeffizienten bis maximal 15% ergeben.

### 4.1 Körperlänge

Die Körperlänge als Summe von Kopfrumpf- und Schwanzlänge ergibt sich aus den Längen der einzelnen Wirbelkörper und deren knorpeligen Anteilen. Für das Referenzobjekt können folgende Summen aus den Maßen der Tabelle 3 bis Tabelle 7 gebildet werden.

**Tabelle 24: Längen einzelner Wirbelsäulenabschnitte ausgewählter eoazöner Artiodactyla.**

<sup>(1)</sup> TOBIEN (1985: 24 ff.); <sup>(2)</sup> FRANZEN (1981: Tab. 3); <sup>(3)</sup>FRANZEN (1983: Tab. 4). In Klammern sind Summen angegeben, die unter Einbeziehung von Schätzungen für fehlende Maße ermittelt wurden.

Art	Cervical-wirbel	Thoracal-wirbel	Lumbal-wirbel	Sacral-wirbel	Caudal-wirbel	Σ
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH Ce III-4221	104	140	115	44	238	641
<i>Aumelasia gabineaudi</i> Slg. POHL	52	137	76	-	254	(254)
<i>Masillabune martini</i> <sup>(1)</sup>	-	-	101,1	-	182	-
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-501 <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	(314)	-
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001 <sup>(3)</sup>	-	-	77,5	-	(249)	-

Bei der Addition der Längen für die Cervicalwirbel blieb der Atlas unberücksichtigt, da dessen Länge unbekannt und zu vermuten ist, dass durch das tiefe Ineinandergreifen der Gelenkflächen von Axis und Condylus occipitalis kaum ein Einfluss auf die Gesamtlänge dieses Wirbelsäulenabschnittes zustande kommt. Bei den Thoracalwirbeln wurden entsprechend Abbildung 1 für die ersten 4 fehlenden Wirbel je 9 mm ergänzt. Die Längen der Lumbal-, Sacral- und Caudalwirbel konnten direkt übernommen werden. Nach 3.2.2 sind diesen Angaben die Summe der Längen der Menisci intervertebralis von insgesamt mindestens 50 mm hinzuzurechnen. Somit beträgt die Länge des theoretisch gestreckten Axialskelettes rund 700 mm (Tabelle 24). Weiterhin ist der Kopf zu berücksichtigen, der im Folgenden mit 125 mm veranschlagt wird, s. 3.1.3.2. Somit resultiert eine theoretische Summe vom 825 mm, die bedingt durch eine S - förmige Durchbiegung der Wirbelsäule korrigiert werden muss, s. 4.4. Als Abstand von der Spitze des Kopfes bis zum Schwanzansatz (Kopfrumpflänge) kann danach bei *A. weigelti* von etwa 500 bis 550 mm ausgegangen werden.

Die theoretische Länge des gestreckten Schwanzes beträgt nach 3.2.2 und Tabelle 24 ca. 260 mm, wobei ein Teil des Schwanzansatzes von der Hinterbackenmuskulatur eingebettet wird. Bei *Equus* (DOBBERSTEIN & HOFMANN 1961: Abb. 27) erstreckt sich dieser Teil über die ersten 4 Caudalwirbel, so dass angewendet auf *A. weigelti* nur etwa 200 bis 220 mm als Schwanz in Erscheinung treten.

### 4.2 Körpergewicht

Der Zusammenhang osteometrischer Größen und Körpergewicht wurde an rezenten Mammaliern mehrfach mathematisch dargestellt (Tabelle 25). Dabei handelt es sich meist um nichtlineare Regressionsfunktionen, die auf Grundlage der Korrelation der Maße einzelner Knochenpartien mit den Lebendgewichten berechnet wurden.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Angabe einer auf alle Mammalier zutreffenden Funktion nur ungenaue Resultate liefert. Günstiger ist die Anwendung von Formeln, die für bestimmte Tiergruppen mit prinzipiell ähnlicher äußerer Morphologie und Größe geeicht sind. Zusätzliche Unsicherheiten birgt die Verwendung der anhand rezenter Gruppen ermittelten Funktionen auf fossile Taxa, insbesondere solcher mit fehlendem rezenten Vergleichsmodell wie im vorliegenden Fall. Daher sollen in Tabelle 25 mehrere Berechnungsansätze für das Referenzobjekt gegenübergestellt werden. MARTIN (1980) verwendete die größte Breite über die Condylus occipitalis und die größte Diagonale des Caput femoris. Beide Merkmale liefern erhebliche Unterschiede, z.B. bei Spezies mit überbautem Körper wie *Procyon lotor*. Für das Referenzobjekt liegt die Breite über die Condylus occipitalis nicht vor, sie lässt sich auf Grundlage der Angaben unter 3.1.1.1 mit 17 mm nur schätzen. Hierbei handelt es sich um einen Mindestwert, der im Vergleich zu den anderen Berechnungen eine zu geringe Kalkulation des Gewichts liefert. SCOTT (1983) versuchte auf Basis eines erweiterten Stichprobenumfangs



präzisere Funktionen für einzelne Knochenpartien bei Boviden zu erstellen. Den höchsten diagnostischen Wert gibt er bei dieser Tiergruppe den Stylopodien, da sie am wenigsten artspezifisch überprägt seien. Außerdem hätten Breiten- und Höhenangaben eine stärkere Korrelation zum Körpergewicht als Längen. Nach den vom Referenzobjekt vorliegenden Maßen sind insgesamt 15 Gewichtsberechnungen mit einer Spannweite von 1,4 bis 5,3 kg ausführbar. ANDERSSON et al. (1985) stellten bei Vögeln und Säugern eine enge Korrelation der Umfänge der Diaphysen von Humerus und Femur zum Körpergewicht fest. Da direkte Messungen der Umfänge nur an isolierten Knochen zu erheben sind, musste der Umfang aus den röntgenologisch bestimmbar durchmessern berechnet werden. Sofern zwei Betrachtungsebenen zugänglich waren, wurde als Modell des Knochenquerschnittes eine Ellipse mit Höhen- und Breitenmaßen herangezogen. Andernfalls diente die Berechnung des Kreisumfanges aus den kleinsten Durchmessern der Diaphysen von Tabelle 10 und Tabelle 15 als grobe Schätzung.

**Tabelle 25: Gewichtsschätzungen für *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221.**

Die Berechnungen für das Gewicht (W) beruhen auf dem jeweils angegebenem Knochenmaß.

Autor	Knochenmaß	mathematische Funktion	W [kg]
MARTIN (1980: Tab.2)	Abstand der Condyli occipitalis (C=17 mm)	$W = 4,0 * 10^{-5} * C^{3,70}$	1,4
MARTIN (1980: Tab.2)	Diagonale des Caput femoris (F=10,1 mm)	$W = 0,005 * F^{3,00}$	5,1
SCOTT (1983: Tab.1)	Größte Breite des MCIII dist (MC <sub>B</sub> =0,56 cm)	$\log W = 2,3765 * (\log MC_B) - 0,744$	1,4
SCOTT (1983: Tab.1)	Größte Länge der Tibia (T <sub>I</sub> =10,9 cm)	$\log W = 3,9842 * (\log T_I) - 3,8078$	2,1
SCOTT (1983: Tab.1)	Größte Länge der Ulna (U <sub>I</sub> =8,65 cm)	$\log W = 3,1886 * (\log U_I) - 2,632$	2,3
SCOTT (1983: Tab.1)	Größte Höhe der Tibia prox. (T <sub>H</sub> =1,3 cm)	$\log W = 3,2248 * (\log T_H) + 0,0753$	2,7
SCOTT (1983: Tab.1)	Größte Länge des Radius (R <sub>I</sub> =7,48 cm)	$\log W = 3,2052 * (\log R_I) - 2,3203$	3,0
SCOTT (1983: Tab.1)	Größte Länge des Femur (F <sub>I</sub> =9,9 cm)	$\log W = 3,5526 * (\log F_I) - 2,9997$	3,4
SCOTT (1983: Tab.1)	Größte Länge des Humerus (H <sub>I</sub> =8,7 cm)	$\log W = 3,3696 * (\log H_I) - 2,4709$	4,9
ALEXANDER et al.(1983)	Kleinster Durchmesser Humerus (C <sub>h</sub> =6,3 mm)	$C_h = 4,9 * W^{0,38}$	1,9
ANDERSSON et al.(1985)	Umfänge Humerus + Femur C <sub>H+F</sub> =58 mm	$W = 0,078 * C_{H+F}^{2,73 (+/-0,09)}$	5,3

Das von GINGERICH (1990) publizierte Programm „Body mass“ (share ware) basiert auf Regressionsanalysen von 41 Individuen aus 36 Spezies und liefert speziell für Artiodactyla angepasste Ergebnisse. Aus den Werten der in Tabelle 25 genannten 11 Knochenmaße für das Referenzobjekt würde sich das geometrische Mittel von 4,1 kg ergeben. Nach einer speziellen Wichtung für Vertreter der Artiodactyla berechnet die genannte Software einen Schwankungsbereich von 3,7 - 4,3 kg.

**Tabelle 26: Unterschiedliche Gewichtsberechnungen nach GINGERICH (1990) für *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221.**

Maß	Messung (mm)	Körpergewicht (kg)	95% Konfidenzintervalle (kg)	
Länge Humerus	87,0	4,273	1,268	14,401
Länge Ulna	86,5	2,603	0,826	8,204
Länge Metacarpus	37,5	6,784	1,078	42,686
Länge Femur	97,0	3,331	0,914	12,138
Länge Tibia	104,0	3,005	0,817	11,048
Länge Metatarsus	48,0	6,153	0,929	40,745
Durchmesser Humerus	6,3	1,919	1,059	3,478
Durchmesser Metacarpus	3,5	4,711	1,938	11,453
Durchmesser Femur	11,0	8,289	4,360	15,758
Durchmesser Tibia	7,0	2,885	1,134	7,342
Durchmesser Metatarsus	4,5	5,535	1,475	20,773

MARTINEZ & SUDRE (1995) stellten auf Grundlage von 31 rezenten Artiodactyla eine enge Korrelation des Körpergewichtes zum Produkt aus Länge mal Breite des Astragalus fest. Da diese Maße am Referenzobjekt nicht verfügbar sind, wird auf die entsprechenden Werte für Ce II-4219 und XLI-210 zurückgegriffen. Für diese in der Größe zu Ce III-4221 ähnlichen Stücke resultieren Gewichte von 4,5 und 4,8 kg.

Ein Vergleich der insgesamt ermittelten Werte zeigt die Unsicherheiten bei der Schätzung des Körpergewichtes. Methodische Probleme bestehen darin, dass meist nur (mehr oder weniger frisch) tote Tiere gewogen werden können, deren Lebendgewicht schon unter natürlichen Bedingungen Schwankungen aufweist. Unter Einbeziehung aller genannten Berechnungen ist für das Gewicht ein Mittelwert von 4 kg bei *Anthracobunodon* realistisch, vgl. die Korrelation zur Kopfrumpflänge in Tabelle 27. Ähnlichkeiten in Länge und Gewicht ergeben sich innerhalb der rezenten Artiodactyla zu den kleineren Hirschferkeln (Tragulidae), Spießhirschen (Odocoilinae) der Gattung *Pudu* sowie zu kleineren Spezies der Ducker (Cephalophinae).



**Tabelle 27: Größe und Gewicht von *Anthracobunodon weigelti* im Vergleich zu rezenten Mammaliern.**

KRL – Kopfrumpflänge: Länge von der Schnauzenspitze bis zum Schwanzansatz

Art	Ordnung	KRL [mm]	Gewicht [kg]	Quelle
<i>Procyon lotor</i>	Carnivora	400 – 600	7 – 8	STRESEMANN (1974: 335)
<i>Tragulus javanicus</i>	Artiodactyla	400 – 750	0,7 - 8,0	NOWAK (1991:1360)
<i>Nasua nasua</i>	Carnivora	410 – 670	3 – 6	NOWAK (1991:1101)
<i>Dasyprocta aguti (leporina)</i>	Rodentia	415 – 620	1,3 – 4	NOWAK (1991:919)
<i>Neotragus batesi</i>	Artiodactyla	500 – 575	2 – 3	NOWAK (1991:1457)
<i>Anthracobunodon weigelti</i>	Artiodactyla	500 – 550	4	
<i>Madoqua sp.</i>	Artiodactyla	520 – 720	3 – 7	NOWAK (1991:1459)
<i>Lepus europaeus</i>	Lagomorpha	550 – 650	3,5 – 5	STRESEMANN (1974: 308)
<i>Neotragus moschatus</i>	Artiodactyla	580 – 620	4 – 9	NOWAK (1991:1457)
<i>Pudu mephistophiles</i>	Artiodactyla	580 – 740	3,3 – 6	CZERNAY (1987: Tab. 6)
<i>Cephalophus monticola</i>	Artiodactyla	600 – 650	3,5 – 9	NOWAK (1991:1360)
<i>Hyemoschus aquaticus</i>	Artiodactyla	600 – 850	7 – 15	NOWAK (1991:1359)
<i>Pudu pudu</i>	Artiodactyla	630 – 820	6,4 – 13,4	CZERNAY (1987: 57)
<i>Agouti paca</i>	Rodentia	700	9	PETSCH & PIECHOCKI (1992:239)

### 4.3 Körperproportionen

Maßgeblich für den Gesamteindruck des Tierkörpers sind die Langknochen der Gliedmaßen. Das Metapodium spielt eine untergeordnetere Rolle, da es einen erheblich kleineren Anteil an der Extremität ausmacht. Methodische Schwierigkeiten wie eine geringere Überlieferungshäufigkeit und Determinierbarkeit bei eoänem Material tragen dazu bei, dass in der Literatur meist Humerus, Radius, Femur und Tibia Verwendung finden. Ulna und Fibula sind fossil noch unvollständiger oder fehlen gänzlich. Bei *A. weigelti* ist die hintere Extremität deutlich länger als die vordere. Die Summe der Länge von Femur und Tibia verhält sich zur Summe der Länge von Humerus und Radius wie 1,3 : 1. Der Hauptunterschied resultiert aus der gegenüber dem Radius langen Tibia. Innerhalb der Art ist dieses Verhältnis wie auch jenes der vier o.g. Knochen untereinander relativ konstant. Um diesen Sachverhalt sowohl innerhalb von *A. weigelti* als auch mit anderen Mammaliern zu quantifizieren, wurden die in Tabelle 28 aufgeführten Indizes berechnet. (Da in der Literatur mitunter Reziproke wiedergegeben werden, sind auch diese enthalten.) Bezüglich *Diacodexis pakistanensis* mussten Durchschnittswerte aus Maßen isolierter Knochen verschiedener Individuen verwendet werden, da bisher kein kompletter Fund vorliegt. Jene Indizes sind als Orientierung zu werten und haben nicht die Aussagekraft anderer Werte. Wie bereits zwischen den einzelnen Individuen von *A. weigelti* festgestellt, schwanken auch bei rezenten Spezies, von denen vergleichsweise unterschiedliche Formen bzw. Rassen vermessen wurden, die Indizes nur wenig (s. Tabelle 28 innerhalb der gleichen Zeile z.B. *Oryctolagus cuniculus* mit Haus- und Wildkaninchen).

Altersbedingte Allometrien, die wie bei *Tragulus* mit unterschiedlichen Körperumrissen verbunden sind, schlagen sich dagegen deutlicher nieder. Somit sind die Indizes methodisch für die Herausarbeitung charakteristischer Proportionen geeignet. Ein ähnliches Resultat liefern die im Folgenden angewendeten Clusteranalysen. Da sich die Unterschiede innerhalb der betrachteten Mammalier auf mehrere Merkmale erstrecken, sind multidimensionale Klassifizierungen nötig, um Ähnlichkeiten zu quantifizieren. Mit den der Tabelle 28 zugrunde liegenden ursprünglichen Längen wurden Clusterungen unter Verwendung unterschiedlicher Abstandsmaße und Klassifizierungsmethoden durchgeführt. Die von heuristischen Verfahren wie der Clusteranalyse bekannten Probleme bei der Interpretation (vgl. STEINHAUSEN & LANGER 1977) waren bei den untersuchten Tieren relativ gering. Abbildung 15/A zeigt eines der errechneten Dendrogramme, das stellvertretend die prinzipiellen Gruppierungen wiedergibt, die auch in anderen Berechnungen sichtbar wurden.

Deutlich macht sich bei dieser Graphik der Einfluss der absoluten Zahlenwerte bemerkbar. Die größte einbezogene Spezies, *Equus zebra* steht ebenso isoliert, wie *Apodemus flavicollis* oder das juvenile *Tragulus*. Die in ihrer Körpergröße weniger unterschiedlichen Spezies werden kaum getrennt gruppiert. Um diesen Effekt auszuschalten und die Klassifizierung auf die Proportionen der Knochen zu konzentrieren, wurde eine zweite Serie von Clusteranalysen mit den o.g. Indizes durchgeführt. Deren Ergebnis ist in Abbildung 15/B ersichtlich. Als besonders abweichend erweist sich nicht mehr *Equus*, sondern *Halichaerus*. Die besonderen Proportionen der Extremitäten sind bei dieser, als einzige von den Pinnepedia berücksichtigten Gattung, nicht verwunderlich und stehen im Zusammenhang mit der Schwimmanpassung. Eine ähnliche Sonderstellung nimmt *Procavia* ein, die auch auf die Fortbewegungsart zurückgeführt wird. Die anderen Cluster zeigen eine brauchbare Gruppierung, die prinzipielle Ähnlichkeiten im Bau der Extremitäten ausdrückt. Hierzu gehören z.B. das Cluster der Rodentia *Apodemus* und *Castor* oder das Cluster der Caniden mit *Nyctereutes*, *Procyon*, *Canis* und *Vulpes*. Fast alle rezenten Taxa werden in einer Großgruppe zusammengefasst und einer zweiten Großgruppe mit hauptsächlich



**Tabelle 28: Proportionen der Extremitätenknochen paläogener und rezenter Mammalier.**

- A Länge (Humerus + Radius) / Länge (Femur + Tibia) x 100; „Intermembralindex“  
 B Länge Radius / Länge Humerus x 100; „Brachialindex“  
 C Länge Humerus / Länge Radius x 100  
 D Länge Tibia / Länge Femur x 100; „Cruralindex“  
 E Länge Femur / Länge Tibia x 100  
 F Länge Humerus / Länge Femur x 100  
 G Länge Radius / Länge Tibia x 100  
 (1)ROSE et al. (1992: Tab. 3), (2)HÜRZELER (1936: 86),  
 (3)ROSE (1985: Tab. 1), (4)THEWISSEN & HUSSAIN (1990: Tab. 1)

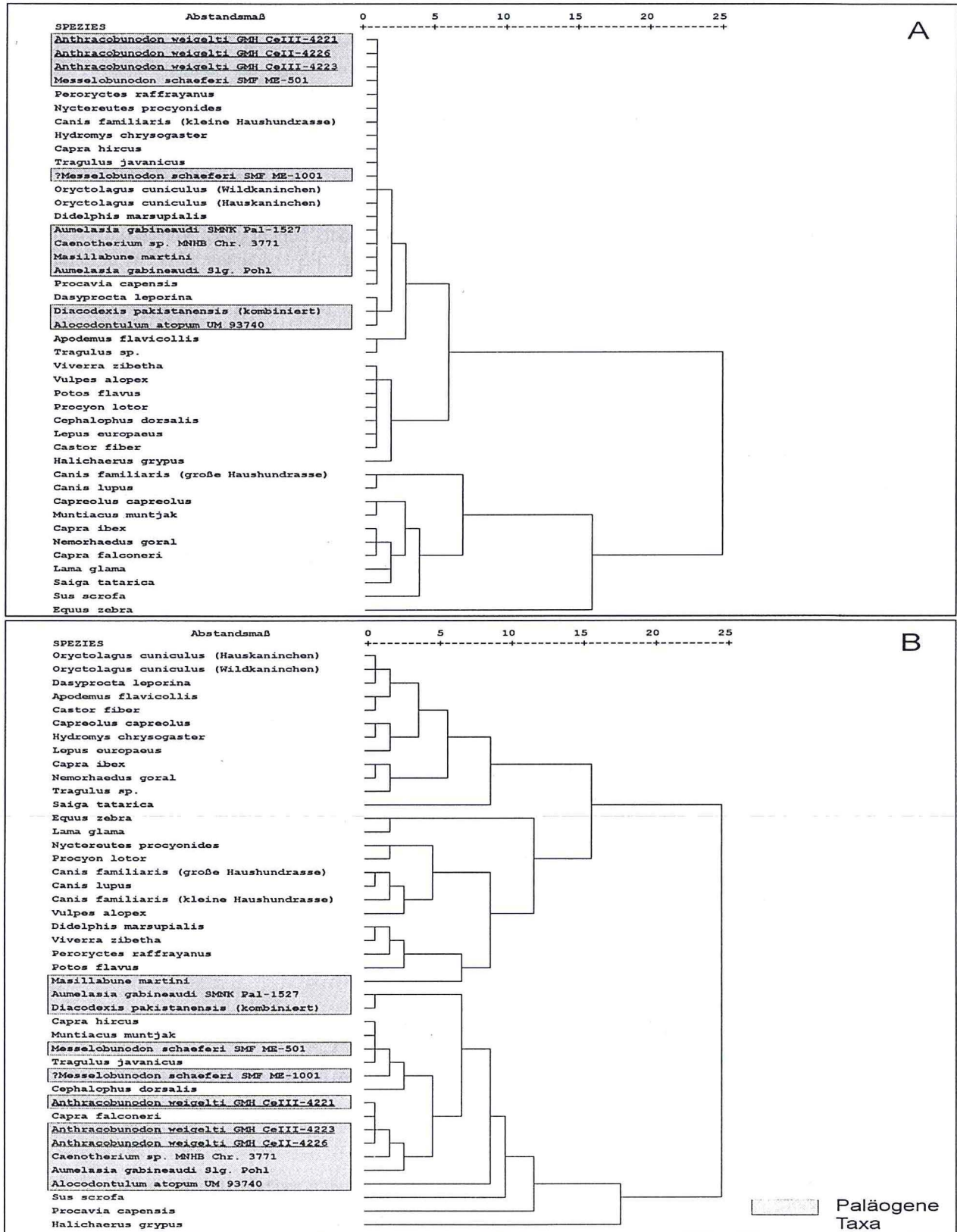
Art	A	B	C	D	E	F	G
<i>Anthracobunodon weigelti</i> GMH CeIII-4221	77	78	128	107	93	90	65
<i>A. weigelti</i> GMH CeIII-4223	76	78	129	103	97	87	66
<i>A. weigelti</i> GMH CeII-4226	76	74	134	107	93	90	62
<i>Alocodontulum atopum</i> UM 93740 (1)	65	76	132	86	117	68	60
<i>Apodemus flavicollis</i> ZIH 66/836	67	103	97	115	87	71	63
<i>Aumelasia gabineaudi</i> SMNK Pal-1527	79	68	147	110	91	99	61
<i>A. gabineaudi</i> Slg. POHL	74	70	142	99	101	86	61
<i>Caenotherium</i> sp. MNHB Chr. 3771 (2)	70	75	134	104	96	82	59
<i>Canis familiaris</i> ZIH 66/109 Barsoi, GIH W288 Pudel	92; 91	100; 92	100; 109	100; 92	100; 109	92; 91	92; 91
<i>Canis lupus</i> ZIH 66/443	93	96	104	98	102	94	92
<i>Capra falconeri</i> ZIH 58/588	75	79	127	112	90	88	62
<i>Capra hircus</i> GIH W231	71	82	123	110	91	82	61
<i>Capra ibex</i> GIH W96	77	94	107	117	85	86	69
<i>Capreolus capreolus</i> GIH W285	74	102	98	122	82	81	68
<i>Castor fiber</i> ZIH 78/135	67	97	103	115	87	73	62
<i>Cephalophus dorsalis</i> GIH W101	75	86	116	98	102	80	70
<i>Dasypsecta leporina</i> JKS 1939	71	90	112	115	87	80	62
<i>Diacodexis metsiacus</i> USGS 2352 (3)	-	-	-	117	86	85	-
<i>D. pakistanensis</i> HGSP 300-5252 (4)	80	70	143	107	94	98	64
<i>Didelphis marsupialis</i> GIH W792	80	98	102	103	97	82	78
<i>Equus zebra</i> GIH W983	80	119	84	92	108	71	91
<i>Halichaerus grypus</i> ZIH 63/657	81	85	118	181	55	124	58
<i>Hydromys chrysogaster</i> GIH W106	74	107	93	122	82	79	70
<i>Lama glama</i> GIH W228	81	126	80	100	100	72	90
<i>Lepus europaeus</i> ZIH 85/16	75	109	92	112	90	75	74
<i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-501	74	81	123	108	92	85	64
? <i>Messelobunodon schaeferi</i> SMF ME-1001	76	86	116	119	84	89	65
<i>Masillabune franzeni</i> GMH VII-58	-	-	-	104	96	89	-
<i>Masillabune martini</i> Slg. POHL	74	88	113	85	118	73	76
<i>Muntiacus muntjak</i> GIH W1297	72	84	119	109	92	82	63
<i>Nemorhaedus goral</i> ZIH 68/492	78	94	106	124	81	89	68
<i>Nyctereutes procyonides</i> ZIH 87/2	82	85	118	97	103	88	76
<i>Oryctolagus cuniculus</i> JKS 89/34 Widder, JKS 90/35 Wild	70; 70	91; 93	110; 108	111; 114	90; 88	78; 78	63; 63
<i>Peroryctes raffrayanus</i> SMNK 1822	73	98	102	100	99	74	73
<i>Potos flavus</i> GIH W278	83	105	95	108	93	84	82
<i>Procavia capensis</i> GIH W183	86	65	154	90	111	99	71
<i>Procyon lotor</i> ZIH 77/160	86	91	110	97	103	89	82
<i>Saiga tatarica</i> ZIH 54/1242	88	120	83	121	83	88	88
<i>Sus scrofa</i> GIH W201	78	73	137	82	123	82	73
<i>Tragulus javanicus</i> GIH W234b adult, GIH W230 juvenil	74; 77	86; 93	116; 108	110; 133	91; 75	84; 93	66; 65
<i>Viverra zibetha</i> GIH W454	79	97	104	97	103	79	79
<i>Vulpes alopecurus</i> GIH W254	89	98	102	108	93	93	85



**Abbildung 15: Clusteranalysen der relativen Längen von Humerus, Radius, Femur und Tibia.**

Mathematische Grundlage: Quadrierter Euklidischer Abstand, Klassifizierungsmethode "Average linkage" innerhalb der Gruppen. Grau unterlegt sind alle paläogenen Taxa, zusätzlich ist die Gattung *Anthracobunodon* unterstrichen.

A Clusteranalyse der Original-Maße ohne Standardisierung      B Clusteranalyse der o.g. Indizes aus Tabelle 28



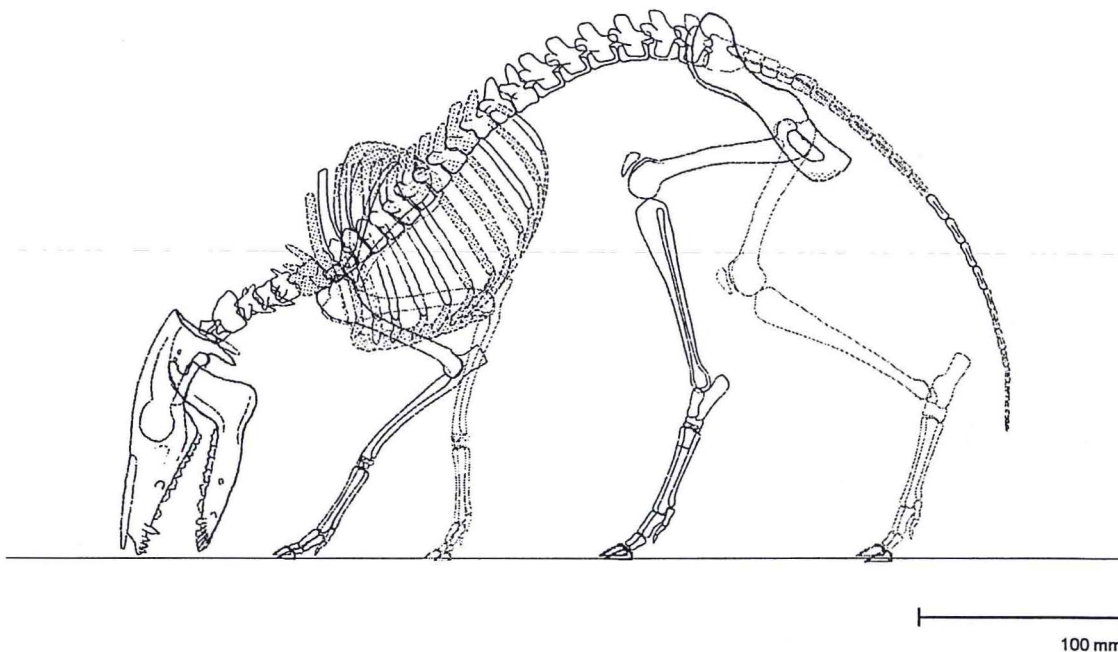


paläogenen Vertretern gegenübergestellt. Innerhalb dieser sind die einzelnen Individuen von *Anthracobunodon* eng benachbart. Die Gattung selbst steht in der Nähe von *Caenotherium* sp. und *Aumelasia gabineaudi*. Der größte Abstand existiert zu *Masillabune martini*. Dieser Haplobunodontide aus Messel wird als einziger aufgrund des relativ langen Stylpodiums außerhalb der o.g. Großgruppe geführt. Auf die morphologischen Unterschiede von *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-501 und ?*Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001 wurde anhand von odontologischen Merkmalen bereits bei ERFURT & SUDRE (1996) eingegangen. Die noch zu klärende taxonomische Trennung der Formen spiegelt sich auch anhand der hier angewandten Methodik wider.

Wie vorangestellt, lassen sich durch diese Betrachtung die rezenten *Muntiacus* und *Tragulus* als morphologisch ähnliche Vergleichsmodelle für *Anthracobunodon* bestätigen. Hinzu kommt die Gattung *Capra*, die mit zahlreichen Spezies und Rassen vielgestaltig ist. Hierbei scheint die zentralasiatische Schraubenziege, *Capra falconeri*, die meisten Gemeinsamkeiten in den Proportionen der Extremitäten mit *A. weigelti* zu haben. Allerdings ist diese Art insgesamt größer. Weiterführende Schlüsse, z.B. den Schädelbau und eventuelle Gehörn- oder Geweihbildungen betreffend, sind aus dieser Betrachtung nicht ableitbar. Trotz der im Kapitel 3 erwähnten Gemeinsamkeiten in der Form der Gelenke mit *Sus* zeichnen sich bei den Proportionen der Extremitäten Differenzen ab. Nach den vorliegenden Modellierungen der einzelnen Knochen sind die rezenten Suiden in ihrem Bau insgesamt massiver ausgebildet. Im Bereich von Thorax und Schädel kommt es zu Verstärkungen, die bei *Anthracobunodon* nicht nachweisbar sind. Analog wird aus Abbildung 15/B ersichtlich, dass *Sus* in mittelbarer morphologischer Beziehung zu paläogenen Artiodactyla steht, wobei die Dendrogramme keine phylogenetischen Beziehungen wiedergeben, sondern lediglich Ähnlichkeiten innerhalb pragmatisch ausgewählter Spezies und deren Merkmalen. Auf dieser Grundlage kann der Kreis rezenter Vergleichsmodelle auf Spezies mit ähnlichem Bau erweitert werden. In Frage kämen außer den südamerikanischen Spießhirschen und Pudus die im Dickicht des afrikanischen Regenwaldes lebenden Ducker und Zwergantilopen der Gattungen *Cephalophus*, *Neotragus* und *Madoqua*.

#### 4.4 Körperform und -haltung

Um Vorstellungen über das Gesamtskelett von *Anthracobunodon* zu entwickeln, wurden alle größeren Knochen als zweidimensionale Vektorgraphiken dargestellt und computergestützt zusammengesetzt. Auf diese Weise lassen sich Höhen- und Breitenmaße des Tieres ableiten sowie verschiedene Körperstellungen simulieren. Beispielsweise zeigt eine der Studien, wie es *Anthracobunodon* möglich war, den Kopf auf den Boden abzusenken, s. Abbildung 16.

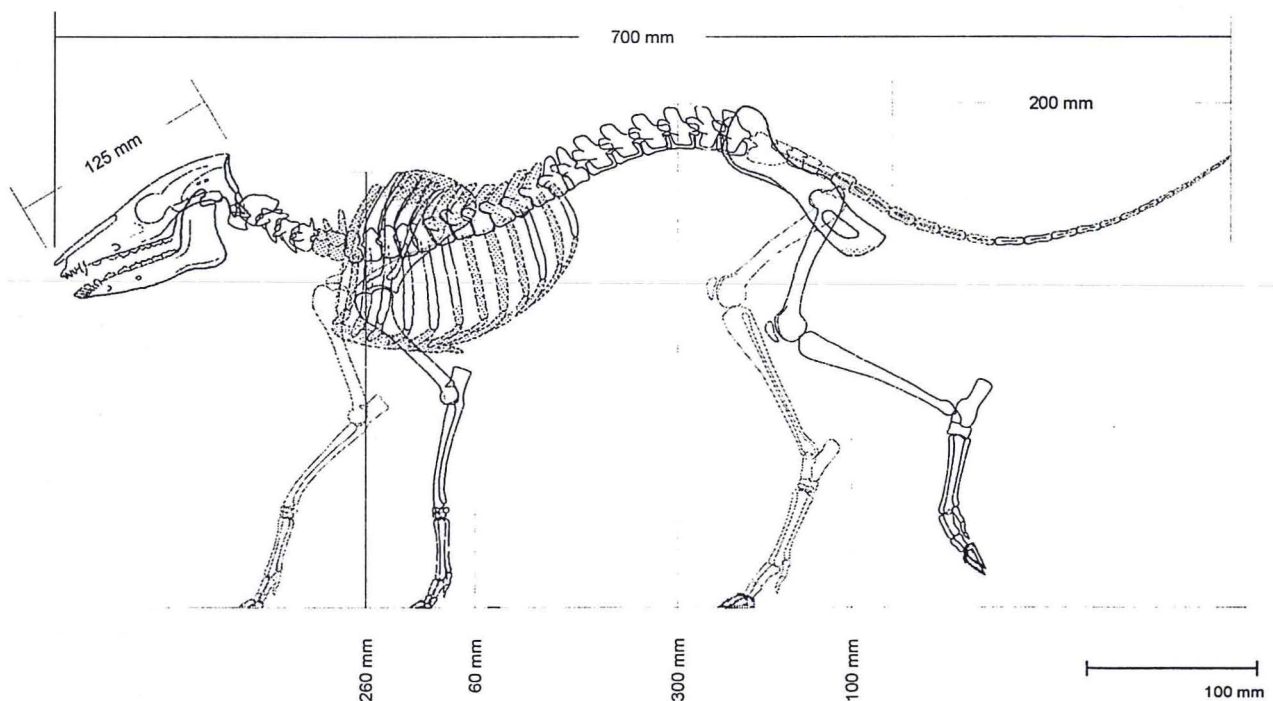


**Abbildung 16: Zweidimensionale Haltungsstudie von *Anthracobunodon weigelti* stehend äsend.**

Am Referenzobjekt fehlende Knochenpartien sind punktiert. Die abgewandte, rechte Körperseite ist dünner gezeichnet.



Es ergibt sich eine ähnliche Konstellation, wie sie FRANZEN (1981: Abb. 6) bereits für *Messelobunodon schaeferi* ermittelte. Die Flexion des Körpers geht im Wesentlichen von den Lumbalwirbeln aus, die sich nach 3.1.1.1.3 als sehr beweglich erwiesen haben. Die verwendete Körperhaltung und Schrittstellung basieren auf Videoaufnahmen von *Pudu pudu* aus dem Zoologischen Garten Halle. Die Tiere sind dazu im Freigehege über einen Tag beobachtet und gefilmt worden. Aus typischen Bewegungssequenzen wurden Standbilder digitalisiert und in Tafel 8 zu einer Einzelbildfolge montiert. Dargestellt ist eine langsame Schrittbewegung vorwärts. Hinzu kommen in Tafel 9 ausgewählte Körperpositionen, welche die möglichen Winkel innerhalb der Extremitäten sowie innerhalb einzelner Elemente des Autopodiums zeigen. Die in Abbildung 16 gewählte Haltung ist stellvertretend für eine in Längsrichtung gestauchte Körperstellung (Tafel 8: 20). Das Schulterblatt zeichnet sich hierbei von dorsal gesehen in gleicher Höhe wie die Procc. spinosi ab. Die Halslänge bei *A. weigelti* erweist sich als ausreichend, um bei der vom Pudu übernommenen Schrittstellung den Kopf bei durchgedrückten Extremitäten bis zum Boden zu senken. Ein Einwinkeln der Vorderextremitäten, wie bei Suiden oft beobachtet, ist nicht notwendig. Die Phalangen wurden entsprechend 3.1.2.1.6 und 3.1.2.2.6 in schräger Orientierung montiert. Nach LEINDERS (1979: Fig. 1) bestehen hiermit Analogien zu rezenten Cerviden, die hauptsächlich auf Waldböden leben. Diese prinzipielle Konstellation wird von KÖHLER (1993) einem Typ „A“ zugeordnet und damit von Autopodien abgegrenzt, deren Artikulation zwischen den Phalangen sowie zwischen erster Phalange und Metapodium fast rechtwinkelig erfolgt. *A. weigelti* unterscheidet sich hierin auch von *Sus*, da dort zwar die Metapodien in einer Achse zu den ersten und zweiten Phalangen stehen, aber in Reaktion auf das größere Körpergewicht senkrechter orientiert sind. Tafel 9: B zeigt die beim Pudu mögliche Spreizung der Zehen. Diese Fähigkeit ist bei modernen Ruminantia sehr unterschiedlich. Bei *Bos* hält ein kräftiges Ligamentum interdigitale distale die jeweils zweiten und dritten Phalangen zusammen, so dass kein Klauenspalt sichtbar ist. Bei *Capra*, *Pudu* und *Sus* fehlt ein solches Band, wodurch ein größerer Winkel zwischen den Zehen entsteht (Tafel 9: D). Bei *Anthracobunodon* war diese Fähigkeit sicher ebenfalls vorhanden, da außerdem der jene Bewegung limitierende Verticillus der Metacarpalia geringer ausgebildet war. Offen ist die Frage der Existenz eines Sohlenpolsters, das wie bei *Lama*, die Schrägstellung der Phalangen unterstützen würde. Durch die starke Kyphose bei der äsenden Haltung wirkt der Körper verkürzt und überhöht. Bei teils unter dem Rumpf eingezogenen Kopf und angelegtem Schwanz würde sich die Länge des Tieres theoretisch auf 550 cm verkürzen. Die größte Höhe liegt im Lumbalbereich bei etwa 35 cm. Bei einer durch das Dickicht schlüpfenden Bewegung lässt sich nach einer ähnlichen graphischen Simulation die Körperhöhe bis auf 20 cm verringern. Erneut liegt der höchste Punkt im hinteren Bereich des Rückens.



**Abbildung 17: Zweidimensionale Haltungsstudie von *Anthracobunodon weigelti* laufend.**

Am Referenzobjekt fehlende Knochenpartien sind punktiert. Die abgewandte, rechte Körperseite ist dünner gezeichnet.



Für die Endmontage der über 250 rekonstruierten und abgeformten Knochen sollte aus Gründen der besseren Publikumswirksamkeit des Modells bei späteren Ausstellungen eine dynamische Körperhaltung ausgedrückt werden. Als Vorlage diente eine Momentaufnahme während des Laufens. In Abbildung 17 wurde eine Haltung verwendet, die jener in Tafel 8: 8-9 erfassten Situation nahe kommt. Die vordere Extremität wird gerade aufgesetzt und die hintere angehoben. Die Fußstellung ist Tafel 9: A entlehnt. Der Schwanz wird abgespreizt gehalten und könnte damit wie bei rezenten Carnivora eine erhöhte Aufmerksamkeit des Tieres ausdrücken. In Ruhe dürfte der Schwanz ähnlich Kleinbären hängend getragen worden sein, allerdings ohne den Boden zu berühren (Abbildung 16).

Graphisch resultiert eine Gesamtlänge des gestreckten Tieres von etwa 700 mm. Hiervon entfällt ca. ein Viertel der Länge auf den Schwanz. Die größte Höhe entsteht nahe des Beckens mit etwa 30 cm und bildet die Kruppe. Die bei rezenten Ruminantia häufig verwendete Widerristhöhe als Maß vom Boden bis zur Schulter ist mit ca. 25 cm geringer. Entsprechend der Einkürzung der Seitenstrahlen der Metapodien ist deutlich, dass der Bodenkontakt der Zehen beim Laufen paraxonisch über die Strahlen III und IV erfolgte. Nach den Simulationen von Kapitel 4.4 konnte sich *A. weigelti* aber auch sehr tief ducken und hierdurch kleine Unterstände oder Höhlen ab etwa 20 cm Eingangshöhe nutzen.

## 5 Diskussion

Wie im deskriptiven Teil dargelegt, vereinigt *Anthracobunodon* im Bau seines Skelettes Merkmale verschiedener rezenter Mammalier, die nicht in unmittelbarer verwandtschaftlicher Beziehung zu *Anthracobunodon* stehen. Vielmehr handelt es sich um Parallelentwicklungen bestimmter Merkmalskomplexe, die durch ähnliche Umweltfaktoren determiniert worden sind. Hieraus leitet sich der aktualistische Ansatz einer paläoökologischen Interpretation des Skelettes ab, die in einer späteren Studie durch die Rekonstruktion der Weichteile ergänzt werden soll.

### 5.1 Gebiss und Betrachtung der Ernährungsweise

Wie das Gebiss des Referenzobjektes, so zeigen auch alle anderen Funde von *Anthracobunodon weigelti* kaum massivere Abrasionen an den Zähnen. Eine starke mechanische Beanspruchung, wie sie bei Spezies mit einem Mahlgebiss vorkommt, kann ausgeschlossen werden. Der Bau der Molaren (3.1.3.1) erlaubt ein fast lückenloses Ineinandergreifen der oberen und unteren Zahnreihe. Beim Vergleich des Funktionsprinzips des Gebisses von *A. weigelti* mit anderen Artiodactyla des Geiseltales zeigt sich, dass durch die gekielten Außenhöcker und Cinguli die Quetschwirkung der Molaren gegenüber den Diacodexidae optimiert ist. Bei diesen, im Vergleich zu *Anthracobunodon* deutlich kleineren Arten tritt beim Zubeißen ein scherender Effekt ein, der durch den Höhenversatz von Trigonid und Talonid erreicht wird. Beispielsweise erinnern die Zahnschneiden von *Parahexacodus* vgl. ERFURT & SUDRE (1996: Taf. 1) an *Erinaceus* und lassen auf eine teilweise insectivore Ernährung schließen. Verstärkt wird dieser Eindruck durch einen verlängerten unteren Caninus, der einem Reißzahn gleichkommt. Artiodactyla mit dieser Dentition, sind nach TURNBULL (1970) als „cutters“ zu bezeichnen. Der verbreiterte Ramus ascendens sowie der relativ hoch über der Kauebene stehende Proc. condylaris belegen bei *Anthracobunodon* eine gegenüber dieser Gruppe abweichende Kraftaufteilung innerhalb der Kaumuskulatur. Dem M. masseter kommt bei *A. weigelti* sowie *Haplobunodon mülleri* und den Cebochoeridae des Geiseltales eine höhere Bedeutung zu als bei den Diacodexidae. Durch die stärkeren, auch lateralen Kaubewegungen entsteht funktionell ein Quetschgebiss, das nach TURNBULL (1970) „squashers“ zuzuordnen ist. Die Haplobunodontidae und Cebochoeridae des Geiseltales bilden somit ökologisch eine Übergangsstellung zu hypsodonten Perissodactyla wie *Plagiolophus cartieri*. Diese könnten bereits als „miller“ angesehen werden bzw. stehen dieser Einstufung nahe. Wie von JANIS et al. (1998) zusammengefasst, beginnt im mittleren Eozän in verschiedenen Säugergruppen die Ausbildung hypsodonter Merkmale als Reaktion auf ein Angebot härterer Pflanzennahrung. Im Verhältnis zu Artiodactyla ist diese Adaptation bei Perissodactyla weiter vorangeschritten, wobei im Geiseltal eine ökologische Differenzierung zwischen brachyodonten Equidae und hypsodonten Palaeotheriidae und Lophiodontidae (vgl. Nachweis von Glumifloren im Kot von *Lophiodon* bei MAI (1976: 138) erkennbar wird. Als mögliche physiologische Voraussetzung hierzu weisen bereits SCHMITZ et al. (1988) auf die Darmfermentierung im Zusammenhang mit dem Nachweis von Bakterien im Verdauungstrakt Messeler Perissodactyla hin. Erst hierdurch würde der Aufschluss von Zellulose möglich, für deren Aufnahme robustere Gebisse benötigt werden. Eine Prädisposition für die verstärkte Konsumierung härterer Kost, die eventuell schon im oberen Eozän (WING 1998) beginnt, könnte bei mitteleozänen Artiodactyla die Entwicklung einer durchgehenden Schneidkante sein. Sie wird im Vorderteil des Unterkiefers der Haplobunodontidae und Cebochoeridae durch die Incisivi und den ohne Diastema folgenden incisiviformen Caninus geschaffen. Im



Oberkiefer dagegen erscheinen bei *Anthracobunodon* und *Gervachoerus* die Incisivi und der schwach vergrößerte Caninus als auf Lücke stehende Stifte und zeichnen eine beginnende Reduktion voraus. Bei modernen Ruminantia befindet sich an dieser Stelle des Gebisses eine zum effizienten Abrupfen von Gräsern geeignete Kante aus verbreiterten unteren Incisivi, die im Zusammenspiel mit den Lippen gegen ein zahnloses Os incisivum gedrückt wird. Bei mitteleozänen Vertretern dieser Familien fehlt somit ein caniniformer Zahn, der erst bei obereozänen Spezies wie *Cebochoerus minus* aus Lamandine (HOOKER 1986: 396) durch einen caniniformen P1 funktionell ersetzt wird. Eine intermediäre Entwicklung nimmt hierbei *Rhagatherium valdense* aus Egerkingen ein (STEHLIN 1908: 778).

Hinweise auf die Nahrung von *Anthracobunodon* sollen mikroskopische Untersuchungen zur Abnutzung des Zahnschmelzes liefern, die sich in Vorbereitung befinden. Leider ist es methodisch bisher nicht gelungen, das Geiseltalmaterial auf Reste des Magen- und Darminhaltes zu untersuchen. Indizien hierzu liefern Analysen des Mageninhaltes Messeler Artiodactyla. Bei *Messelobunodon schaeferi* SMF ME-501 wurden hauptsächlich Blattepidermen gefunden, die Zerstörungen durch saprophytische Pilze zeigten. Kombiniert mit dem Vorkommen von Sandkörnern im Magen schließen RICHTER (1981) und FRANZEN & RICHTER (1988) auf eine stöbernd – wühlende Nahrungsaufnahme in der oberen Laubstreu des Bodens. Die hierbei eventuell gleichzeitig konsumierte tierische Kost war mangels fossil erhaltungsfähiger Hartteile bisher nicht nachweisbar. Eine alternative Spezialisierung auf Pilznahrung ist einerseits angesichts des unspezialisierten Gebisses morphologisch sowie andererseits wegen des geringen Nährwertes energetisch unwahrscheinlich. Bei ?*Messelobunodon schaeferi* SMF ME-1001 bestand der Mageninhalt nach RICHTER (1988) hauptsächlich aus Samen und Früchten. Aus den unterschiedlichen Magenfüllungen könnte auf andere Ernährungsweisen und damit auf eine ökologische Trennung der morphologisch relativ ähnlichen Formen geschlossen werden. Allerdings sind hierbei die Unsicherheiten einer sich entsprechend des täglichen Nahrungsangebotes im Tagesverlauf veränderlichen Mageninhaltes zu berücksichtigen. Erneut deutet sich die noch zu klärende taxonomische Trennung der o.g. Individuen aus Messel an, s. 4.3.

Da eine Spezialisierung auf bestimmte pflanzliche Nahrung bei *Anthracobunodon* nicht belegbar ist, soll im Sinne von HOFMAN (1989) von einem „mixed feeder“ gesprochen werden. Bei der Mischnahrung dürften Samen und Früchte einen größeren Anteil gehabt haben als bei den Diacodexidae. Die als Alternative bestehende Klassifizierung als „grass and roughage eater“ kommt nicht in Betracht, da bei dieser Tiergruppe große Nahrungsmengen unselektiv aufgenommen werden. Morphologisch drückt sich die Strategie der „bulk feeder“ in einer Verbreiterung des vorderen Zahnbogens aus. Die spitz zulaufende Symphyse bei *Anthracobunodon* charakterisiert dagegen einen „selective feeder“ im Sinne von PFRETZSCHNER (1997: 443). Eindeutig als „bulk feeder“ einzustufende Mammalier fehlen im Geiseltal, obwohl die Tapiroidea ein relativ breites Vordergebiss aufweisen. Ähnlich *Anthracobunodon* haben sich nach KOENIGSWALD & SCHAARSCHMIDT (1983) die verschiedenen Spezies von *Propalaeotherium* aus Messel von Früchten und Blättern ernährt. Auf das Geiseltal übertragen, muss demnach die ökologische Trennung der im gleichen stratigraphischen Niveau belegten Vertreter von *Anthracobunodon* und *Propalaeotherium* in der Nutzung anderer Ressourcen des Ökosystems oder zumindest in einer unterschiedlichen Art und Weise (z.B. Zeitregime) dieser Nutzung begründet sein. Eine Konkurrenz von Arten mit hoher Abundanz innerhalb eines Ökosystems ist unter rezenten Bedingungen nur bei einem Überangebot denkbar.

## 5.2 Kopf und Betrachtung der Sinnesleistungen

Der Kopf von *A. weigelti* war gestreckt, ca. 15 cm lang und 8 cm hoch (Tafel 9: E). Hiervon entfällt etwa die Hälfte auf die Nasenregion, ein Anteil, der auf einen gut entwickelten Geruchssinn deutet. Eine ähnliche Interpretation gestattet die Ausbildung einer relativ großen Incisura nasomaxillaris (Tafel 4: C-19), die eine breite Eintrittsöffnung für die Nasenhöhle schafft. Über deren innere Gestalt ist am Referenzobjekt bisher keine Aussage möglich. Der gut entwickelte Geruchssinn unterstützt in Verbindung mit den relativ langen Procc. jugularis am Hinterhaupt die zuvor getroffenen Aussagen zur Nahrung. Die Procc. jugularis belegen eine gegenüber Traguliden starke Nackenmuskulatur (z.B. M. rectus capitis lateralis), die ein weiterer Hinweis auf eine stöbernde oder im lockeren Untergrund wühlende Verhaltensweise ist. Somit ist die Aufnahme der Nahrung vom Boden wahrscheinlicher, als das bei STUCKY (1998: Fig. 23.1) für *Diacodexis* skizzierte Abpflücken von Blättern herunterhängender Zweige.

Im Vergleich zu rezenten Artiodactyla haben die Augenhöhlen von *Anthracobunodon* eine normale Größe. Sie sind lateral angelegt und nicht auffällig vertieft. Eine Vergrößerung ihres Durchmessers, wie bei nachtaktiven Tieren oder frontale Positionierung ist nicht erkennbar. Hieraus deutet sich an, dass *A. weigelti* wahrscheinlich tag- bis dämmerungsaktiv war.

Nach den äußerlich am Schädel erkennbaren Details erinnert auch die deutlich entwickelte Gehörregion an rezente Ruminantia und lässt wie bei diesen verlängerte Ohrmuscheln am Kopf erwarten. Die von Tieren mit besonderen Gehörleistungen bekannte Vergrößerung der Bullae ist nicht feststellbar. Beim Vergleich der



Sinnesleistungen zeichnet sich ab, dass *A. weigelti* über einen guten Gesichtssinn verfügte, der im Wesentlichen die Fernorientierung übernahm. Auf kürzere Distanz spielte eher das Gehör die größere Rolle. Im Nahbereich erfolgte die Orientierung im Wesentlichen olfaktorisch. Insgesamt sind für die Charakterisierung der Sinnesleistungen weitere Studien der inneren Schädelmorphologie notwendig, die sich über das Referenzobjekt hinaus auch auf andere Funde erstrecken müssen.

### 5.3 Gliedmaßen und Betrachtung der Fortbewegungsweise

Die auffällig breiten Lateralfortsätze der Lumbalwirbel und das kräftige Becken demonstrieren eine starke Dynamik der Lumbalwirbelsäule (Tafel 11: A, C). Die resultierende Lendenmuskulatur hat eine schnelle Fortbewegung ermöglicht, die durch Beugung und Streckung der Wirbelsäule ermöglicht wurde. Nach einer von BENNETT (1992: Fig. 2) dargestellten Korrelation von Körpergewicht und maximaler Geschwindigkeit bei rezenten Marsupialiern und Placentaliern folgt aus den Schätzungen von Kap. 4.2 für *A. weigelti* ein Wert zwischen 5 bis 20 m/s. Für *Lepus* (Gewichtsvergleiche s. Tabelle 27) gibt PFLUMM (1989: Abb. 237) eine kurzzeitig erreichte Spitzengeschwindigkeit von 60 km/h (16,6 m/s) an. Dieser Wert wurde von *A. weigelti* kaum erreicht, da der nach paläobotanischen Aspekten vermutete Lebensraum (s.u.) nicht dem offenen Biotop entsprach, im dem *Lepus* heute lebt. Sprünge waren eine Komponente der schnellen Fortbewegung, die noch von einem relativ langen Schwanz austariert werden mussten. Ein vertikales Sprungvermögen wie bei rezenten Boviden gebirgiger Regionen zu beobachten ist, lag entsprechend der Fußstellung (s. u.) nicht vor. Der Fortbewegungsmodus von *Anthracobunodon* gleicht dem des stratigraphisch älteren *Messelobunodon*, das einen noch längeren Schwanz besaß. Unter den rezenten Ungulaten ist dieser Modus untergeordnet, existiert aber noch in Vollendung bei Marsupialia und Rodentia. Dennoch zeichnet sich bereits bei *Anthracobunodon* durch die Verzahnung der Wirbelfortsätze eine Versteifung des Axialskelettes ab, die für modernere Artiodactyla typisch ist. Basierend auf der stabilisierten Wirbelsäule werden die Extremitäten z.B. durch eine Längenzunahme und die Reduktion der Seitenstrahlen am Metapodium weiter spezialisiert. Die auf dieser anatomischen Grundlage erzielten hohen Laufleistungen beruhen jedoch auf anderen biomechanischen Wirkungsprinzipien bzw. einem anderen Bewegungsmodus. Darüber hinaus fehlt *Anthracobunodon* ein größerer Hebelwinkel zwischen iliosacraler und ischiocruraler Gelenkung, der bei schweren Ungulaten bekannt ist.

An den Extremitäten sind weitere cursorische Anpassungen sichtbar, die sich wie von MATTHES (1970: 236) für die Equiden des Geiseltales erläutert, in einen Trend einfügen lassen. Obwohl Tibia und Fibula nicht verwachsen waren, ist die Diaphyse der Fibula dünn. In Hinblick auf die vollständige Reduktion dieser Diaphyse bei jüngeren Ruminantia ist im mittleren Eozän der Beginn dieser Entwicklung erkennbar. (Die Betrachtung der Suoidea als konservativ hinsichtlich eines solchen Trends ist noch zu prüfen.) Das Tarsalgelenk ist mit dem für die Artiodactyla charakteristischen Astragalus und Calcaneus versehen (MARTINEZ & SUDRE 1995). Cuboid und Naviculare sind osteologisch zwar getrennt (Tafel 11: B), stellen aber funktionell insofern eine Einheit dar, als eine Trochlea von beiden Knochen für das Caput tali gebildet wird. Bei den kleineren, distalen Elementen des Basipodiums ist zu vermuten, dass bereits wie bei obereozänen Formen das Mesocuneiforme mit dem Ectocuneiforme verschmolzen ist. Die Hinterextremität weist einen reduzierten ersten Strahl der Metatarsalia auf, der dritte und vierte Strahl dominieren paraxonisch. Beim Aufsetzen der Füße waren die ersten und zweiten Phalangen schräg zu den Metapodien orientiert (s. 4.4 und Tafel 10: A und Tafel 11: B). Diese Fußstellung zeigen allgemein solche Artiodactyla, die auf weichem Untergrund leben (LEINDERS 1979). Es handelt sich dabei nicht um schnelle Dauerläufer, die rezent hauptsächlich auf Hartböden offener Landschaften leben, sondern um Bewohner dichter Vegetation. Sie entzogen sich ihren Fressfeinden durch flinkes Verstecken und Tarnung im Dickicht. Die Seitenstrahlen der vorderen Autopodien haben noch die Oberfläche erreicht und als zusätzlicher Schutz vor zu tiefem Einsinken fungiert. An der hinteren Extremität erscheinen die Seitenstrahlen hierfür zu kurz (Tafel 11: B). Die Endphalangen haben die Form von Hufen und sind an der Hinterextremität deutlich größer als vorn. Im Komplex dieser Trends ergibt sich für *Anthracobunodon* die Transformation des durch Sohlenpolster gekennzeichneten Fußes zum eigentlichen digitigraden Huf.

Die Vorderextremität ist insgesamt kürzer und weniger spezialisiert. Pro- und Supination waren eingeschränkt, aber noch möglich. Hierfür sprechen die vollständige Trennung von Radius und Ulna und deren annähernd gleiche Stärke der Diaphysen (Tafel 10: A). Außerdem existiert eine deutliche Circumferencia articularis am Radius (Tafel 5: A-6) sowie ein verlängertes Olecranon. Hiermit werden Bewegungen der Vorderextremitäten möglich, die rezente Artiodactyla nicht zeigen. Vorstellbar wäre ein Scharren im Boden wie von rezenten Lagomorpha und Rodentia (Mara) bekannt. Der Vorderfuß ist fünfstrahlig und zeigt ebenfalls eine paraxonische Struktur, die jedoch nicht so weit fortgeschritten ist wie am Hinterfuß (Tafel 10: B). Das Carpalgelenk zeigt keine Reduktionen bzw. Verschmelzungen von Knochen. Progressiv gegenüber untereozänen Diacodexidae ist die Vergrößerung und die zentrale Position von Intermedium und Tertium. Hierin wird eine Konzentration der Kraftübertragung auf die Hauptstrahlen III und IV auch des vorderen Autopodiums deutlich. Diese cursorische Tendenz korreliert mit einem relativ langen Pisiforme als Hebelarm für die Flexoren des Stylopodiums. Die



Metacarpalia weisen eine Relation von MC V - MC IV - MC III - MC II und MC I von 1: 1,25 : 1,36: 1,1 : 0,7 auf. Die Nebenstrahlen der vorderen Metacarpalia haben den Boden erreicht und tragen zur Vergrößerung der Auftrittsfläche bei. Lediglich der erste Strahl ist stark eingekürzt und erreichte den Untergrund nicht mehr. Nach COLLINSON & HOOKER (1991) ist *A. weigelti* hiermit paläoökologisch als „large ground mammal“ einzustufen. In seiner paraxonischen Entwicklung ist *Anthracobunodon* progressiver als *Aumelasia* und *Diacodexis*. Bei den eventuell arboreal zu bewertenden Diacodexidae des Geiseltales fehlen Erkenntnisse über das postcraniale Skelett. Spezialisierungen, die COOMBS (1983: Fig. 1) mit einer grabenden und kletternden Tätigkeit in Verbindung bringt, scheiden für *Anthracobunodon* aus. Eine bipede Lokomotion im engeren Sinne, die sich morphologisch z.B. in einem verlängerten Sacrum und Spezialisierungen der Vorderextremität ausdrücken würde, kommt für *Anthracobunodon* nicht in Betracht. Eine klare Trennung zwischen strikt quadrupeder und fakultativ bipeder Fortbewegung ist, wie RICHTER (1970) am Beispiel von *Capra* zeigte, kaum möglich. Spezielle Untersuchungen zur Relation der Größe der Procc. spinosi sowie der Artikulation zwischen Thoracal- und Lumbalwirbeln sind in Verbindung mit der Rekonstruktion der epaxialen Muskulatur vorgesehen.

#### 5.4 Gesamtskelett und Betrachtung des Individuums

Die definitive Bezeichnung des Referenzobjektes einerseits und deren geringe Usur andererseits geben Hinweise auf das Individualalter des Tieres. Aufgrund der verwachsenen Dia- und Apophysen der Langknochen muss GMH Ce III-4221 als adult eingestuft werden. Hinweise auf ein seniles Stadium, wie Arthrosen oder akzessorische Bildungen an den Wirbelkörpern fehlen. Weitere Alterskriterien, die POHLMAYER (1985) für die Begutachtung von *Cervus* und *Dama* als Jagdwild anführt, würden auf *Anthracobunodon* übertragen das Individualalter weiter eingrenzen. Hierbei handelt es sich um nicht näher zu belegenden Vergleichsangaben, da die individuelle Variabilität und ein Geschlechtsdimorphismus (s.u.) bei *A. weigelti* unbekannt sind. Nach der relativ schwachen Ausbildung von Band- und Muskelansätzen z.B. am Radius (siehe 3.1.2.1.3) könnte von einem jung erwachsenen Tier mit einem Höchstalter von 3-4 Jahren ausgegangen werden. Das untere Alterslimit folgt aus der Existenz vollständig eingewechselter Molaren. Bei *Cervus* tritt als letzte Etappe der Gebissentwicklung der Durchbruch des M<sub>3</sub> im 28. bis 29. Lebensmonat (POHLMAYER 1985: 237) ein. Somit würde sich für das Referenzobjekt eine Altersspanne zwischen 2 und 4 Jahren ergeben. Das Individuum war sicher auch geschlechtsreif, da bei den kleineren Spießhirschen und Pudus dieser Vorgang nach CZERNAY (1987) in spätestens anderthalb Jahren einsetzt. Die maximale Lebenserwartung war noch nicht erreicht. Diese liegt nach Zoobeobachtungen der o.g. Vergleichsarten bei 10 bis 15 Jahren.

Von rezenten Artiodactyla bekannte Geschlechtsdimorphismen sind aus den Proportionen des Skelettes nicht ablesbar. Weder weist das Gebiss im vorderen Bereich besonderes große Zähne oder Alveolen auf, noch sind Ansätze für ein Gehörn oder Geweih am Schädel zu beobachten. Nach PFLUMM (1989) sind bei rezenten Vertretern der Ordnung besonders auffällige Geschlechtsdimorphismen in Form von Geweihen oder Gehörnen oft bei Bewohnern offener Biotope vorhanden. Sie leben in großen Verbänden und tragen ritualisierte Auseinandersetzungen aus. Hierbei übernehmen die Kopffortsätze durch ihre Gabelung eher die Funktion des Schutzes als die einer Waffe. Fehlende oder einfache Kopffortsätze finden sich verstärkt bei kleinwüchsigen Artiodactyla, die in dichter Vegetation lebend, infraspezifischen Auseinandersetzungen ausweichen. Da auch von anderen mitteleozänen Artiodactyla bisher keine Geweihe o. ä. belegt wurden, kann man der Ansicht folgen, dass die Bildung komplizierterer Kopffortsätze erst mit der Ausdehnung offenerer Landschaften im oberen Eozän einsetzte.

Pathologische Befunde im engeren Sinne konnten am Referenzobjekt nicht erhoben werden. Die unter 3.1.1.2 beschriebenen Rupturen bei GMH Ce III-4221 belegen eine massive Krafteinwirkung. Eine mögliche Erklärung könnte darin bestehen, dass dieses Exemplar einem Beutegreifer zum Opfer gefallen ist. Hierfür kämen die im Geiseltal häufigen Krokodile in Betracht, die ihre Beute vom Wasser aus ergriffen und ertränkten. Allerdings fehlen für diese Vermutung definitive Hinweise wie entsprechende Zahneindrücke an den Knochen. Das Vorkommen in Fundstelle Ce III, die nach der Klassifizierung von KRUMBIEGEL (1962: Tab. 2) als Leichenfeld eingestuft wird, ließe auch die Deutung zu, dass es sich um ein während eines Überschwemmungsereignisses ertrunkenes Tier handelte. Die genannten Rupturen hätten dann auch während der Verdriftung im stark strömenden Wasser entstehen können noch bevor der Kadaver in Fäulnis überging und zerfallen wäre. Eine postmortale, synsedimentäre Dislokation des Halses und Kopfes dürfte aufgrund des unversehrten Erhaltungszustandes anderer Knochenkomplexe unwahrscheinlich sein (WEIGELT 1934).

#### 5.5 Wuchstyp und Betrachtung der Umweltverhältnisse

*Anthracobunodon weigelti* ist in verschiedenen Fundstellentypen des Geiseltales wie Leichenfeldern und Trichtern verbreitet. Die Art tritt von der unteren Mittelkohle bis zum Oberen Hauptmittel auf (Tabelle 1) und reicht damit von MP12 bis in den Übergangsbereich MP13/14. Nach Vertretern von *Lophiodon* und



*Propalaeotherium* erreicht *A. weigelti* die höchste Abundanz unter den Mammaliern der mitteleozänen Geiseltalfauna (sofern diese aus einer Thanatozönose überhaupt ableitbar ist). Zugleich ist die Spezies mit einer Gesamtlänge von 70 cm nach dem ungleich seltener auftretendem *Meniscodon europaeum* (ERFURT & SUDRE 1995) der zweitgrößte Artiodactyle. Es handelt sich damit um ein Faunenelement, das maßgeblich in den Stoff- und Energiefluss dieses Ökosystems integriert war und in dessen Morphologie sich bestimmte Umweltverhältnisse repräsentativ widerspiegeln.

Zur Beschreibung der Gesamtheit aller die äußere Erscheinung und die räumliche und zeitliche Eingliederung in den Lebensraum bestimmenden Merkmale ist bei Pflanzen u.a. die von MEUSEL (1970) definierte Wuchsform gebräuchlich. SCHUBERT & WAGNER (1975: 377) verwenden als Abstraktion ähnlicher Wuchsformen den deskriptiv, d.h. nicht phylogenetisch verstandenen Terminus des Wuchstyps, der im Folgenden übernommen werden soll. Im Gegensatz zum meist infraspezifisch genutzten Begriff des Morphotyps der Neozoologie (z.B. durch Salzgehalt oder Ernährung bedingte unterschiedliche Bivalven einer Spezies sowie Geschlechts- oder Altersdimorphismus) wird hier unter Wuchstyp ein gemeinsames Bauprinzip verstanden, das sich auf höhere systematische Kategorien erstreckt.

*A. weigelti* entspricht mit seiner schlanken Körperkontur, den relativ langen Hinterextremitäten, dem gestreckten Kopf und langem Schwanz einem Wuchstyp, der innerhalb der rezenten Artiodactyla nicht mehr auftritt. Das bei MATTHES (1958: Abb. 19) wiedergegebene Bild eines an unsere rezenten Wildschweine erinnernden Tieres kann nicht aufrecht erhalten werden. Im Eozän tritt dieser schlanke Wuchstyp häufig auf. Er ist nicht nur bei Artiodactyla, sondern auch in anderen Ordnungen wie Insectivora s. l., „Condylarthra“ und Carnivora mehrfach belegt, s. *Messelobunodon* (FRANZEN 1981: Abb. 6-11) oder *Pholidoceras* (KOENIGSWALD & STORCH 1983: Abb. 5). Im Verlauf des Eozäns wird innerhalb der ungulaten Mammalier dieser Wuchstyp durch kursorische Anpassungen (z.B. Verlängerung der Vorderextremitäten) modifiziert. Hierbei sind die mitteleozänen Perissodactyla im Vergleich zu den Artiodactyla weiter entwickelt. Die bei *Anthracobunodon*, *Messelobunodon* und *Diacodexis* noch klar erkennbare Überbauung des Körpers deutet auf noch unbekannte Stamm – Artiodactyla hin, die sich stärker saltatorisch als kursorisch bewegt haben. Von ROSE (1987: Fig. 1) wurde der Arctocyonide *Chriacus* aus dem Wasatchian als Modell für eine gemeinsame Ausgangsform ungulater Mammalier diskutiert. Direkte phylogenetische Zusammenhänge von *Chriacus* zu Artiodactyla bestehen nach ROSE nicht. Spezielle Kletteranpassungen, die sich z.B. durch einen starken Epicondylus mediales am Humerus ausdrücken, sprechen für eine eigenständige Entwicklung. Dennoch kann von *Anthracobunodon* auf einen Formenkreis ursprünglicher Ungulaten geschlossen werden, der primitiven Arctocyoniden oder einer Gruppe mit ähnlichen Körperproportionen nahe stand. Hierbei hat der Wuchstyp selbst keine phylogenetische Relevanz, sondern der Umstand, dass sich die Radiation dieser Ausgangsgruppe vermutlich unter ähnlichen Umweltverhältnissen bzw. Habitatstrukturen vollzog.

Für die Rekonstruktion dieser sehr komplexen Beziehungen im eozänen Geiseltal kann eine Gruppe von Mammaliern nur Indizien liefern. Hierzu sind umfassendere Betrachtungsansätze notwendig, wie sie durch MATTHES (1970) oder HAUBOLD (1982) skizziert wurden. An dieser Stelle sollen im Rahmen der gegebenen Thematik nur einige paläobotanische Aspekte im Zusammenhang mit den Artiodactyla angesprochen werden. Im Geiseltal existierten verschiedene Pflanzengesellschaften, auf die schon BEYN (1940) im Zusammenhang mit der unterschiedlichen Fazies von Schilf- und Schwarzer Kohle hinwies. Nach RAUPACH (1948) und MAI (1976: 137 ff.) kann man zumindest bezüglich der Fundpunkte von *A. weigelti* in der oberen Mittelkohle von einer durch saisonale Regen- und Trockenzeiten gekennzeichneten Vegetation ausgehen, die ihr rezentes Pendant in den Lorbeer- sowie den Kiefern-Eichenwäldern Südchinas finden. Es gab überflutete Bereiche, die nach dem Farn *Acrostichum* (BARTHEL 1976: 455) und dem Ostracoden *Cyprinotus* (KRUMBIEGEL 1962: 341) zeitweise durch eine lokale Salzzufuhr gekennzeichnet waren. Relativ trockene Standorte bildeten die sauren, wechselfeuchten Torfe innerhalb des Geiseltales, wo sich lichte und krautreiche savannenartige Wälder entwickelten. Dichter, subtropischer Lorbeerwald wird für die das Geiseltal umgebenden Hochgebiete des Muschelkalkes und Buntsandsteins angenommen (MAI 1976: 140). Hinweise auf xerotherme Standorte im Oberen Hauptmittel ergeben sich aus der Untersuchung der Buprestiden durch WEIDLICH (1985: 127). Trotz der noch zu präzisierenden Zusammenhänge der paläobotanischen Befunde zu den einzelnen lithostratigraphischen Niveaus im Geiseltal ist eine vielfältige Habitatgliederung erkennbar, die als Erklärung für die relativ hohe Artendiversität der Artiodactyla herangezogen wird. Innerhalb der Haplobunodontidae stehen *A. weigelti* im MP 13 vier weitere, ebenfalls bunodonte Spezies gegenüber, von denen *Hallebune krumbiegeli* (ERFURT & SUDRE 1994) die kleinste ist. Hinzu kommen fünf Vertreter der Cebochoeridae, Dichobunidae sowie Diacodexidae, s. Tabelle 1. Neben der aus einer abweichende Gebissmorphologie zu folgernden ökologischen Differenzierung der Diacodexidae müssen andere Bedingungen das Nebeneinander ähnlicher Spezies erlaubt haben. Denkbar wäre eine Aufteilung entsprechend des Deckungsgrades der Vegetation. Dabei sind die kleinwüchsigen Vertreter als Bewohner der dichteren Lorbeerwälder denkbar. Die gegenüber *Messelobunodon* aus Messel weiter entwickelten kursorischen Adaptationen könnten *A. weigelti* zumindest zeitweise die trocken fallenden, lichtereren Bereiche im Inneren des



Geiseltales erschlossen haben. Typisch ist der schlanke und überbaute Wuchstyp jedoch für Bewohner von Busch- und Waldlandschaften mit dichter Vegetation. Die Bezahnung und die an Weichböden (Regenzeiten) angepassten Autopodien unterstreichen diese Annahme. Als Bewohner trockener Bereiche kommen im Geiseltal hauptsächlich Perissodactyla in Betracht. Dementsprechend verkörpern sie andere Wuchstypen, wie massivere, relativ graviportale Formen mit der Tendenz zur Hypsodontie. Bemerkenswert ist, dass solche Spezies scheinbar verstärkt im Oberen Hauptmittel vorkommen wie das erstmalige Auftreten von *Plagiolophus cartieri* in Fundstelle Ce I andeutet. Ob es sich hierbei um eine überlieferungsbedingte oder zufällige Konstellation handelt, oder ob sich hierin ein durch Dentition und Extremitätenbau reflektiertes Signal einer Umweltveränderung in MP13/14 ausdrückt, muss einer umfassenderen Studie unter Einbeziehung aller Mammalier vorbehalten bleiben. Nach der vorliegenden Rekonstruktion hätte *Anthracobunodon weigelti* bereits zu den mitteleozänen Artiodactyla gehört haben können, die in Europa das Potential hatten, offenere Habitate zu erschließen und damit einen Wechsel in der Evolutionsrichtung verschiedener Merkmalssyndrome vorzeichnen.

## 6 Danksagung

Besonderer Dank gilt Frau K. KAUPKE für die sehr mühevollen und zeitaufwendigen Präparationsarbeiten, die Erstellung der Paraffinmodelle, der Abgüsse und der Montage des Skelettes. Ihre Tätigkeit am Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum (IGWuG) wurde in Fortführung einer ABM des Arbeitsamtes Halle durch eine Beihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Nr. Er 197/4-1) über einen Zeitraum von 18 Monaten finanziert. Der Autor möchte sich an dieser Stelle bei beiden Institutionen bedanken, die eine entscheidende finanzielle Basis der Rekonstruktion schufen.

Herrn Dr. E. FREY vom Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe gilt Dank für seine Anregungen bei der Konzeption der Untersuchung als auch Unterstützung bei der Umsetzung der praktischen Arbeiten, die teils im dortigen Präparationslabor durchgeführt wurden. Eine wichtige methodische Grundlage der Rekonstruktion waren Röntgenaufnahmen als auch Computertomographien, die in der Röntgenklinik der Martin - Luther - Universität Halle entstanden. Hierfür sei Herrn OA Dr. R. BECK und Herrn Dr. H. HOEFER sehr herzlich gedankt. Spezielle Mikroradiographien wurden am Forschungsinstitut Senckenberg durch Herrn Dr. HABERSETZER angefertigt, die durch ihre hohe Auflösung wesentlich zur Aufklärung schwer zugänglicher Skelettpartien beitrugen. Das Zeichnen der rekonstruierten Knochen übernahm freundlicherweise Frau A. FRANKE vom Geologischen Institut und Geiseltalmuseum Halle.

Weiterhin sei folgenden Kollegen dafür gedankt, dass sie mir den Zugang zu den paläontologischen Sammlungen ihrer Einrichtungen ermöglichten, Vergleichsdaten zur Verfügung stellten bzw. wertvolle Hinweise erteilten: Dr. J. L. FRANZEN, Forschungsinstitut Senckenberg Frankfurt; Dr. D. HEIDECKE, Zoologisches Institut Halle; Prof. Dr. E. JÄGER, Botanischer Garten Halle; Prof. Dr. W. v. KOENIGSWALD, Institut für Paläontologie Bonn; Dr. K.D. ROSE, J. Hopkins University Baltimore und Dr. J. WUSSOW, Julius-Kühn-Sammlung Halle.

Für die Unterstützung der Arbeit bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des Geologischen Institutes und Geiseltalmuseum Halle, insbesondere für die rege Diskussion des Manuskriptes bei Herrn Prof. Dr. H. HAUBOLD, Frau Dr. M. SEHNERT sowie bei Herrn Prof. Dr. I. LERCHE.

## 7 Literatur

- ALEXANDER, R.McN. (1983): Allometry of the leg bones of moas (Dinornithes) and other birds.- J. Zool. London, **200**: 215-231; London.
- ANDERSSON, J.F., HALL, A.M. & RUSSELL, D.E. (1985): Long-bone circumference and weight in mammals, birds and dinosaurs.- J. Zool. London, **207**: 53-61, 1 Abb., 4 Tab.; London.
- BARTHEL, M. (1976): Farne und Cycadeen.- Abh. Zentr. Geol. Inst., **26**: 439-498, 9 Abb., 16 Taf.; Berlin.
- BENNET, G.E., McALLISTER, M. & FIORILLO, A.R. (1998): Stereolithography vs. mechanical preparation: a comparison of accuracy, time, cost and potential.- J. Vert. Pal., **18** (3): 27A; Lawrence.
- BENNETT, M.B. (1992): Empirical Studies of Walking and Running.- In: ALEXANDER, R.McN. [ed.]: Advances in Comparative and Environmental Physiology: Mechanics of Animal Locomotion.- vol. 11, 141-166, 12 Abb., 2 Tab.; Berlin (Springer-Verlag).
- BEYN, W. (1940): Die Einschaltung geformter Pflanzenreste in das Braunkohlenprofil des mittleren Geiseltales.- Nova Acta Leopoldina (N.F.), **8** (53): 379-439, 38 Abb., 6 Taf.; Halle/S.
- BOYD, J.S., PATERSON, C. (1995): Farbatlas der klinischen Anatomie von Hund und Katze.- 191 S., 327 Abb.; Stuttgart (Enke).



- BRÜNING, H. (1962): Geiseltalack-Tauchverfahren. Eine einfache Methode zur Härtung fossilen Knochenmaterials.- Der Präparator, **8** (1): 28; Bochum.
- CHRISTIANSEN, P. (1999): Long bone scaling and limb posture in non-avian theropods: Evidence for differential allometry.- J. Vert. Pal., **19** (4): 666-680, 10 Abb., 6 Tab.; Lawrence.
- COLLINSON, M.E. & HOOKER, J.J. (1991): Fossil evidence of interactions between plants and plant-eating mammals.- Phil. Trans. R. Soc. London (B), **333**: 197-208, 5 Abb.; London.
- COOMBS, M.C. (1983): Large mammalian clawed herbivores: A comparative study.- Trans. Amer. Philos. Soc., **73**: 1-96; Philadelphia.
- COOMBS, M.C. & COOMBS, W.P. (1982): Anatomy of the ear region of four Eocene Artiodactyls: *Gobiohyus*, *Helohyus*, *Diacodexis* and *Homacodon*.- J. Vert. Pal., **2** (2): 219-236, 4 Abb., 2 Tab.; Lawrence.
- CZERNAY, S. (1987): Die Spießhirsche und Pudus.- 84 S., 44 Abb.; Lutherstadt Wittenberg (A. Zimsen).
- DAMUTH, J. & MACFADDEN, B.J. (1990): Body size and its estimation.- In: DAMUTH, J. & MACFADDEN, B.J. [eds.]: Body size in mammalian paleobiology: estimation and biological implications.- vol. 1, 1-10; Cambridge (Cambridge Univ. Press).
- DAMUTH, J. & MACFADDEN, B.J. (1992): Body size in mammalian paleobiology: Estimation and biological implications.- J. Vert. Pal., **12** (3): 400-401; Lawrence.
- DECHASEAUX, C. (1974): Artiodactyles primitifs des Phosphorites du Quercy.- Ann. Paléontol. Vert., **60** (1): 59-100, 28 Abb.; Paris.
- DENFFER, D.v., ZIEGLER, H., EHRENDORFER, F. & BRESINSKY, A. [eds.] (1983): Lehrbuch der Botanik.- 1161 S., 1088 Abb., 50 Tab.; Jena (Fischer).
- DOBBERSTEIN, J. & HOFFMANN, G. (1961): Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere: Bewegungsapparat.- 191 S., 249 Abb., 1 Taf.; Leipzig (Hirzel).
- DRIESCH, A.v.d. (1976): Das Vermessen von Tierknochen aus Vor- und Frühgeschichtlichen Siedlungen.- 114 S., 61 Abb., Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Univ. München (Inst. f. Paläoanatomie).
- EISENBERG, J.F. (1990): The behavioral/ecological significance of body size in the mammalia.- In: DAMUTH, J. & MACFADDEN, B.J. [eds.]: Body size in mammalian paleobiology: estimation and biological implications.- vol. 3, 25-37; Cambridge (Univ. Press).
- ELLIOTT, S.B. & MORRIS, W.J. (1987): Holographic contouring of fossil teeth.- J. Paleontology, **61** (6): 1236-1241, 4 Abb., 2 Tab.; Tulsa.
- ERFURT, J. (1988): Systematik, Paläoökologie und stratigraphische Bedeutung der Artiodactyla des Geiseltales.- Diss. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 132 S., 17 Abb., 19 Taf., 5 Tab.; Halle/S. [unveröff.].
- ERFURT, J. & HABERSETZER, J. (1998): The basipodium of *Anthracobunodon weigelti* Heller, 1934 (Artiodactyla, Mammalia) from the middle Eocene Geiseltal near Halle (Germany).- Hallesches Jahrb. Geowiss., **B 20**: 77-95, 2 Abb., 2 Taf., 5 Tab.; Halle (Saale).
- ERFURT, J. & HAUBOLD, H. (1989): Artiodactyla aus den eozänen Braunkohlen des Geiseltales bei Halle (DDR).- Palaeovertebrata, **19** (3): 131-160, 11 Abb., 2 Taf., 3 Tab.; Montpellier.
- ERFURT, J. & SUDRE, J. (1994): Un Haplobunodontidae nouveau *Hallebune krumbiegeli* nov. gen. nov. sp. (Artiodactyla, Mammalia) dans l'Éocène moyen du Geiseltal près Halle (Sachsen-Anhalt, Allemagne).- Palaeovertebrata, **24** (1-2): 85-99, 2 Abb., 1 Taf.; Montpellier.
- ERFURT, J. & SUDRE, J. (1995): Revision der Gattung *Meniscodon* RÜTIMEYER 1888 (Artiodactyla, Mammalia) aus dem Mitteleozän Europas.- Eclogae Geologicae Helveticae, **88** (3): 865-883, 4 Abb., 2 Taf., 2 Tab.; Basel.
- ERFURT, J. & SUDRE, J. (1996): Eurodexeinae, eine neue Unterfamilie der Artiodactyla (Mammalia) aus dem Unter- und Mitteleozän Europas.- Palaeovertebrata, **25** (2-4): 371-390, 3 Abb., 2 Taf.; Montpellier.
- FRANZEN, J.L. (1981): Das erste Skelett eines Dichobuniden (Mammalia, Artiodactyla), geborgen aus mitteleozänen Ölschiefern der "Grube Messel" bei Darmstadt (Deutschland, S-Hessen).- Senckenbergiana lethaea, **61** (3/6): 299-353, 11 Abb., 11 Taf., 6 Tab.; Frankfurt/Main.
- FRANZEN, J.L. (1983): Ein zweites Skelett von *Messelobunodon* (Mammalia, Artiodactyla, Dichobunidae) aus der "Grube Messel" bei Darmstadt (Deutschland, S-Hessen).- Senckenbergiana lethaea, **64** (5/6): 403-445, 3 Abb., 10 Taf., 7 Tab.; Frankfurt/Main.
- FRANZEN, J.L. (1988): Skeletons of *Aumelasia* (Mammalia, Artiodactyla, Dichobunidae) from Messel (M. Eocene, W. Germany).- Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **107**: 309-321, 3 Abb., 3 Taf., 2 Tab.; Frankfurt/M.
- FRANZEN, J.L. (1995): Die Equoidea des europäischen Mitteleozäns (Geiseltalium).- Hallesches Jahrb. Geowiss., **B 17**: 31-45, 17 Abb.; Halle (Saale).
- FRANZEN, J.L. & HAUBOLD, H. (1986a): The Middle Eocene of European Mammalian Stratigraphy. Definition of the Geiseltalian.- Modern Geology, **10**: 159-170, 4 Abb.; Reading.



- FRANZEN, J.L. & HAUBOLD, H. (1986b): Revision der Equoidea aus den eozänen Braunkohlen des Geiseltales bei Halle (DDR).- *Palaeovertebrata*, **16** (1): 1-34, 7 Abb., 2 Taf.; Montpellier.
- FRANZEN, J.L. & RICHTER, G. (1988): Die urtümlichen Paarhufer - Einzelgänger im Unterholz.- In: SCHAAL, S. & ZIEGLER, W. [eds.]: Messel - Ein Schaufenster in die Geschichte der Erde und des Lebens.- 249-256; Frankfurt a. M. (Kramer).
- GEB0, D.L. (1988): Foot morphology and locomotor adaptation in Eocene primates.- *Folia Primatologica*, **50**: 3-41; Basel.
- GEB0, D.L., DAGOSTO, M. & ROSE, K.D. (1991): Foot Morphology and Evolution in Early Eocene *Cantius*.- *American Journal of Physical Anthropology*, **86**: 51-73, 8 Abb., 5 Tab.; New York.
- GINGERICH, P.D. & SMITH, B.H. (1984): Allometric scaling in the dentition of Primates and Insectivores.- In: JUNGERS, W.L. [ed.]: Size and Scaling in Primate Biology.- vol. 12, 257-272, 5 Abb., 2 Tab.; New York (Plenum Publ. Corp.).
- GRAND, T.I. (1990): The functional anatomy of body mass.- In: DAMUTH, J. & MACFADDEN, B.J. [eds.]: Body size in mammalian paleobiology: estimation and biological implications.- vol. 4, 39-47; Cambridge (Univ. Press).
- GUTHRIE, D.A. (1968): The tarsus of early Eocene artiodactyls.- *J. Mammal.*, **49** (2): 297-302, 4 Abb.; Provo, Lawrence.
- HABERSETZER, J. (1991): Die verschiedenen Mikro-Röntgenverfahren und ihre Weiterentwicklung für paläontologische und biologische Anwendungen.- *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **139**: 147-155, 5 Abb.; Frankfurt/Main.
- HAUBOLD, H. (1982): Zur Stellung der Wirbeltierfauna des Geiseltales, insbesondere der Mammalier, im europäischen Miozän.- *Z. f. Geol. Wiss.*, **10** (12): 1539-1551, 2 Abb., 3 Tab., Berlin.
- HAUBOLD, H. (1987): Geiseltalium: Ein neues Landsäugetier-Zeitalter im Paläogen.- *Hallesches Jahrb. Geowiss.*, **12**: 120-121, 1 Tab.; Gotha.
- HAUBOLD, H. & KRUMBIEGEL, G. (1984): Typenkatalog der Wirbeltiere aus dem Eozän des Geiseltals. 1934-1984. 50 Jahre Geiseltalmuseum an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.- 67 S.; Halle (Saale).
- HAUBOLD, H. & THOMAE, M. (1990): Stratigraphische Revision der Wirbeltierfundstellen des Geiseltaleozäns.- *Hallesches Jahrb. Geowiss.*, **15**: 3-20, 5 Abb., 3 Tab.; Gotha.
- HELLER, F. (1934): *Anthracobunodon weigelti* n.g. et n.sp., ein Artiodactyle aus dem Miozän des Geiseltales bei Halle a. S.- *Palaeontol. Zeitschrift*, **16**: 147-263, 1 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- HOOKE, J.J. (1986): Mammals from the Bartonian (Middle/Late Eocene) of the Hampshire Basin.- *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. Geol.*, **39** (4): 191-478, 71 Abb., 35 Taf., 39 Tab.; London.
- HÜRZELER, J. (1936): Osteologie und Odontologie der Caenotheriden.- *Abh. Schweiz. Paläont. Ges.*, **58**: 1-111, 72 Abb., 10 Taf.; Basel.
- JANIS, C.M. (1990): Correlation of cranial and dental variables with body size in ungulates and macropodoids.- In: DAMUTH J. & MACFADDEN, B.J. [eds.]: Body size in mammalian paleobiology: estimation and biological implications.- vol. 13, 255-299; Cambridge, New York (Cambridge Univ. Press).
- JANIS, C.M., COLBERT, M.W., COOMBS, M.C., LAMBERT, W.D., MACFADDEN, B.J., MADER B.J., PROTHERO, SCHOCH, R.M., SHOSHANI, J. & WALL, W.P. (1998): Perissodactyla and Proboscidea.- In: JANIS, C.M. & SCOTT, K.M. [eds.]: Evolution of Tertiary mammals of North America.- 511-524, 5 Abb.; Cambridge, New York, Toronto (Cambridge Univ. Press.).
- KOENIGSWALD, W.v. & SCHAARSCHMIDT, F. (1983): Ein Urfeld aus Messel, das Weinbeeren fraß.- *Natur u. Museum*, **113** (3): 79-84, 8 Abb.; Frankfurt/Main.
- KOENIGSWALD, W.v. & STORCH, G. (1983): *Pholidocereus hassiacus*, ein Amphilemuride aus dem Eozän der "Grube Messel" bei Darmstadt (Mammalia, Lipotyphla).- *Senckenbergiana lethaea*, **64** (5/6): 447-495, 27 Abb., 3 Tab.; Frankfurt/Main.
- KÖHLER, M. (1993): Skeleton and habitat of recent and fossil ruminants.- *Münchner Geow. Abh.*, **A 25**: 1-88, 50 Abb., 34 Tab.; München.
- KRUMBIEGEL, G. (1962): Ostracodenfunde aus der miozänen Braunkohle des Geiseltales (Fundstelle Neumark-Süd N<sub>9</sub> XX).- *Geologie*, **11** (2): 215-237, 3 Abb., 5 Taf.; Berlin.
- KRUMBIEGEL, G., RÜFFLE, L. & HAUBOLD, H. (1983): Das eozäne Geiseltal, ein mitteleuropäisches Braunkohlevorkommen und seine Pflanzen- und Tierwelt.- 228 S., 175 Abb.; Magdeburg (Westarp Wissenschaften).
- KUMMER, B. (1959): Bauprinzipien des Säugerskeletes.- 235 S., 169 Abb.; Stuttgart (G. Thieme).
- LEINDERS, J.J.M. (1979): On the osteology and function of the digits of some ruminants and their bearing on taxonomy.- *Z. f. Säugetierkunde*, **44** (5): 305-318, 5 Abb.; Jena, Hamburg.
- MAI, H.D. (1976): Fossile Früchte und Samen aus dem Miozän des Geiseltales.- *Abh. Zentr. Geol. Inst.*, **26**: 93-149, 5 Abb., 7 Taf.; Berlin.



- MARTIN, R.A. (1980): Body mass and basal metabolism of extinct mammals.- *Comp. Biochem. Physiol.*, **66**: 307-314, 3 Abb., 5 Tab.; London.
- MARTIN, R.A. (1990): Estimating body mass and correlated variables in extinct mammals: travels in the fourth dimension.- In: DAMUTH, J. & MACFADDEN, B.J. [eds.]: *Body size in mammalian paleobiology: estimation and biological implications*.- 49-67; Cambridge, New York (Cambridge Univ. Press).
- MARTINEZ, J.-N. & SUDRE, J. (1995): The astragalus of Paleogene artiodactyls: comparative morphology, variability and prediction of body mass.- *Lethaia*, **28**: 197-209, 7 Abb., 8 Tab.; Oslo.
- MATTHES, H.W. (1957): Die Säugetiere aus der mitteleozänen Braunkohle des Geiseltales.- *Z. f. Säugetierkunde*, **22**: 183-192; Berlin.
- MATTHES, H.W. (1958): Die mitteleozäne Säugetierfauna des Geiseltales und ihre verwandtschaftlichen Beziehungen.- *Wiss. Z. Univ. Halle, Math. Nat. R.*, **7** (1): 37-62, 22 Abb., 4 Tab.; Halle (Saale).
- MATTHES, H.W. (1970): Zur Paläogeographie und Stammesgeschichte der eozänen Wirbeltiere.- *Hercynia*, N.F., **7**: 199-249, 45 Abb.; Leipzig.
- MATTHES, H. W. (1977): Die Equiden aus dem Eozän des Geiseltal.- In: MATTHES, H. W. & THALER, B.: *Eozäne Wirbeltiere des Geiseltales*.- *Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg*, **1977/2** (P5): 5-39, 2 Abb., Taf. 1-159 u. 176; Halle (Saale).
- MCCLEOD, N. & ROSE, K.D. (1993): Inferring locomotor behavior in paleogene mammals via Eigenshape analysis.- *Amer. J. Sci.*, **293** (a): 300-355, 15 Abb.; New Haven.
- MENEGAZ, A.N., GOIN, F.J. & JAUREGUIZAR, E.O. (1989): Análisis morfológico y morfométrico multivariado de los representantes fósiles y vivientes del género *Lama* (Artiodactyla, Camelidae). Sus implicancias sistemáticas, biogeográficas, ecológicas y biochronológicas.- *Ameghiniana*, **26**: 153-172; Buenos Aires.
- MEUSEL, H. (1970): Ueber Wuchsform, Verbreitung und Phylogenie einiger mediterraner - mitteleuropäischer Angiospermen - Gattungen.- *Feddes Repertorium*, **81**: 41-59; Hamburg.
- MORGAN, M.E., BADGLEY, C.E., GUNNELL, G.F., GINGERICH, P.D., KAPPELMAN, J.W. & MAAS, M.C. (1995): Comparative paleoecology of Paleogene and Neogene mammalian faunas: body-size structure.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **115**: 287-317, 2 Abb., 2 Tab.; Amsterdam.
- MORLO, M. & HABERSETZER, J. (1999): The Hyaenodontidae (Creodonta, Mammalia) from the lower Middle Eocene (MP11) of Messel (Germany) with special remarks on new x-ray methods.- *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **216**: 31-73, 17 Abb.; Frankfurt/Main.
- NICKEL, R., SCHUMMER, A. & SEIFERLE, E. (1992): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere: Bewegungsapparat*.- 626 S., 517 Abb.; Berlin - Hamburg (Parey).
- O'LEARY, M.A. & ROSE, K.D. (1995): Postcranial skeleton of the Early Eocene mesonychid *Pachyaena* (Mammalia: Mesonychia).- *J. Vert. Pal.*, **15** (2): 401-430, 19 Abb., 2 Tab.; Lawrence.
- PETZSCH, H. & PIECHOCKI, R. (1992): *Säugetiere*.- 559 S., 350 Abb.; Leipzig - Jena - Berlin (Urania).
- PFLUMM, W. (1989): *Biologie der Säugetiere*.- 565 S., 413 Abb., 4 Tab.; Berlin - Hamburg (Parey).
- PFRETZSCHNER, H.-U. (1997): Anpassungen der Zahnmorphologie an die Ernährung bei rezenten und fossilen Säugetieren.- In: ALT, K.W. & TÜRP, J.C. [eds.]: *Die Evolution der Zähne*.- 423-448., 315 Abb.; Berlin (Quintessenz-Bibliothek).
- POHLMAYER, K. (1985): *Zur vergleichenden Anatomie von Dantier, Schaf und Ziege*.- 287 S., 68 Abb., 2 Tab.; Berlin, Hamburg (Parey).
- POPESKO, P. (1998): *Atlas der topographischen Anatomie der Haustiere. Kopf und Hals*.- 211 S., 204 Abb.; Stuttgart (Enke).
- RAUPACH, F.V. (1948): Beitrag zur Geiseltalforschung.- *Abh. geol. Landesanstalt*, **214**: 1-18; Berlin.
- RICHTER, G. (1981): Untersuchungen zur Ernährung von *Messelobunodon schaeferi* (Mammalia, Artiodactyla).- *Senckenbergiana lethaea*, **61** (3/6): 355-370, 12 Abb.; Frankfurt/Main.
- RICHTER, G. (1988): Problems in the Analysis of Stomach Contents of Eocene Mammals from the Messel Oil Shale-Layers.- *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **107**: 121-127, 2 Taf.; Frankfurt/Main.
- RICHTER, J. (1970): Die fakultative Bipedie der Giraffengazelle *Litocranius walleri sclateri* Neumann 1899 (Mam. Bovidae), ein Beitrag zur funktionellen Morphologie.- *Gegenbaurs morph. Jb.*, **114**: 457-541, 24 Abb., 14 Tab.; Jena.
- ROSE, K.D. (1982): Skeleton of *Diacodexis*, oldest known artiodactyl.- *Science*, **216**: 621-623, 2 Abb., 2 Tab.; Washington.
- ROSE, K.D. (1985): Comparative osteology of North American dichobunid artiodactyls.- *J. Paleontology*, **59** (5): 1203-1226, 10 Abb., 5 Tab.; Tulsa.
- ROSE, K.D. (1988): Early Eocene mammal skeletons from the Bighorn Basin, Wyoming: Significance to the Messel Fauna.- *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **107**: 435-450, 7 Abb., 2 Tab.; Frankfurt/Main.
- ROSE, K.D. (1990): Postcranial skeletal remains and adaptations in Early Eocene mammals from the Willwood Formation, Bighorn Basin, Wyoming.- In: BOWN, T.M. & ROSE, K.D. [eds.]: *Dawn of the Age of Mammals*



- in the northern part of the Rocky Mountain Interior, North America.- 107-133, 11 Abb., 2 Tab.; Boulder (Geological Society of America).
- ROSE, K.D., EMRY, R.J. & GINGERICH, P.D. (1992): Skeleton of *Alocodontulum atopum*, an early Eocene Epoicotheriid (Mammalia, Palaeoanodonta) from the Bighorn Basin, Wyoming.- Contributions from the Museum of Paleontology University of Michigan, **28** (10): 221-245, 13 Abb., 4 Tab.; Ann Arbor.
- ROTH, V.L. (1984): How elephants grow: heterochrony and the calibration of developmental stages in some living and fossil species.- J. Vert. Pal., **4** (1): 126-145, 6 Abb., 6 Tab.; Lawrence.
- SCHMITZ-MÜNKER, M. & FRANZEN, J.L. (1988): Die Rolle von Bakterien im Verdauungstrakt mitteleozäner Vertebraten aus der Grube Messel bei Darmstadt und ihr Beitrag zur Fossildiagenese und Evolution.- Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **107**: 129-146, 14 Abb., 1 Tab.; Frankfurt/Main.
- SCHUBERT, R. & WAGNER, G. (1975): Pflanzennamen und botanische Fachwörter.- 466 S.; Leipzig (Andersen Nexö).
- SCOTT, K.M. (1983): Prediction of body weight of fossil Artiodactyla.- Zool. J. Linn. Soc., **77**: 199-215, 5 Abb., 3 Tab.; London.
- SPOOR, C.F. (1988): The body proportions in *Myotragus balearicus* Bate, 1909.- Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch., Ser. B, **91**: 285-294.
- STARCK, D. (1979): Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.- 775 S., 567 Abb.; Berlin - Heidelberg - New York (Springer).
- STEHLIN, H.G. (1908): Die Säugetiere des schweizerischen Eocaens. Teil 5. *Choeropotamus* - *Cebochoerus* - *Choeromorus* - *Haplobunodon* - *Rhagatherium* - *Mixtotherium*.- Abh. Schweiz. Paläont. Ges., **35**: 691-837, 99-133 Abb., 13-14 Taf.; Basel.
- STEINHAUSEN, D. & LANGER, K. (1977): Clusteranalyse. Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikationen.- 206 S.; Berlin - New York (de Gruyter).
- STRESEMANN, E. (1974): Exkursionsfauna für die Gebiete der DDR und der BRD. Wirbeltiere.- 370 S., 354 Abb.; Berlin (Volk und Wissen).
- SUDRE, J. (1982): Interprétation de la denture et description des éléments du squelette appendiculaire de l'espèce *Diplobune minor* (Filhol 1877): apports a la connaissance de l'anatomie des anoplotheriinae BONAPARTE 1850.- In: BUFFETAUT, E., MAZIN, J.M. & SALMON, E. [eds.]: Actes du symposium paléontologique G. Cuvier.- 439-458, 2 Taf., 4 Tab.; Montbéliard.
- SUDRE, J. & ERFURT, J. (1996): Les artiodactyles du gisement Yprésien terminal de Prémontré (Aisne, France).- Palaeovertebrata, **25** (2-4): 391-414, 2 Abb., 2 Taf., 5 Tab.; Montpellier.
- SZALAY, F.S. (1994): Evolutionary History of the Marsupials and an Analysis of Osteological Characters.- 481 S., 181 Abb.; Cambridge (Cambridge Univ. Press).
- THEWISSEN, J.G.M. & HUSSAIN, S.T. (1990): Postcranial osteology of the most primitive artiodactyl *Diacodexis pakistanensis* (Dichobunidae).- Anat. Histol. Embryol., **19**: 37-48, 2 Abb., 2 Tab.; Berlin, Hamburg.
- TITTEL, K. (1994): Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen.- 374 S., 260 Abb., 49 Taf.; Jena (Gustav Fischer Verlag).
- TOBIEN, H. (1980): Ein anthracotherioider Paarhufer (Artiodactyla, Mammalia) aus dem Eozän von Messel bei Darmstadt (Hessen).- Geol. Jb. Hessen, **108**: 11; Wiesbaden.
- TOBIEN, H. (1985): Zur Osteologie von *Masillabune* (Mammalia, Artiodactyla, Haplobunodontidae) aus dem Mitteleozän der Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt (S-Hessen, Bundesrepublik Deutschland).- Geol. Jb. Hessen, **113**: 5-58, 15 Abb., 2 Taf., 10 Tab.; Wiesbaden.
- TURNBULL, W.D. (1970): Mammalian Masticatory Apparatus.- Fieldiana, **18** (2): 149-356; Chicago.
- VISLOBOKOVA, I.A. (1998): A new representative of the Hypertraguloidea (Tragulina, Ruminantia) from the Khoer-Dzan locality in Mongolia, with remarks on the relationships of the Hypertragulidae.- Am. Mus. Novitates, **3225**: 1-24, 11 Abb., 2 Tab.; New York.
- VOIGT, E. (1936a): Weichteile an Säugetieren aus der eozänen Braunkohle des Geiseltales.- Nova Acta Leopoldina, N.F., **4** (22): 301-310, 2 Taf.; Halle (Saale).
- VOIGT, E. (1936b): Die Lackfilmmethode, ihre Bedeutung und Anwendung in der Palaeontologie, Sedimentpetrographie und Bodenkunde.- Z. Deutsch. Geol. Gesell., **88** (4): 272-292; Stuttgart.
- VOIGT, E. (1936c): Über das Haarkleid einiger Säugetiere aus der mitteleozänen Braunkohle des Geiseltales.- Nova Acta Leopoldina, N.F., **4** (22): 317-334, 3 Taf.; Halle (Saale).
- WEIDLICH, M. (1985): Die Buprestidae des eozänen Geiseltales. Systematik, Taxonomie und Ökologie einer Coleopterenfamilie.- Dissertation Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, 159 S., 16 Abb., 19 Taf., 2 Tab.; Halle (Saale).
- WEIGELT, J. (1933): Die Biostratonomie der 1932 auf der Grube Cecilie im mittleren Geiseltal ausgegrabenen Leichenfelder.- Nova Acta Leopoldina, N.F., **1** (2,3): 158-174, 2 Abb., 4 Taf.; Halle (Saale).



- WEIGELT, J. (1934): Die Geiseltalausgrabungen des Jahres 1933 und die Biostratonomie der Fundschichten.- Nova Acta Leopoldina, N.F., 1 (4/5): 552-600, 13 Taf.; Halle (Saale).
- WING, S.L. (1998): Tertiary vegetational history of North America as a context for mammalian evolution.- In: JANIS, C.M. & SCOTT, K.M., JACOBS, L.L. [eds.]: Tertiary Mammals of North America.- 37-65., 4 Abb.; New York (Cambridge Univ. Press).
- WOLSAN, M. (1982): A comparative analysis of the ribs of ungulates for archaeozoological purposes.- Acta Zool. Cracov., 26 (6): 167-228, 14 Abb., 3 Taf., 11 Tab.; Krakow.

*Anschrift des Autors:*

Dr. Jörg Erfurt  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum  
Domstraße 5  
D-06108 Halle (Saale)



**Tafeln 1 - 12**



**Tafel 1: Fundsituation in situ von *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221.**

Originalaufnahme des Fundes nach der Bergung im Jahre 1934.

Aufnahme: Archiv Geiseltalmuseum Halle.

A) Gesamtansicht.

Zu sehen ist der Fund von der linken Seite nach der Umbettung im Rahmen der ersten Präparation nach der Bergung. Im Umfeld sind noch Kohlereste erkennbar, die später entfernt wurden. Das Femur sin. fehlt, der im Text beschriebene Bruch des Thorax ist noch nicht eingetreten.

B) Vergrößerte Detailaufnahme der Beckenregion.

Os ilium dext. mit der zertrümmerten Partie des proximalen Femur.

C) Vergrößerte Detailaufnahme beider Vorderextremitäten.

Ein Riss durch die Metacarpalia dext. ist bereits vorhanden, s. auch Tafel 2A. Teile des Akropodiums fehlen.

D) Vergrößerte Detailaufnahme des Schädels.

Der Schädel wurde postmortal um 180° gedreht und in dieser Lage eingebettet. Die starke Zertrümmerung insbesondere im Bereich des Neurocraniums erschwert die anatomische Determinierung der einzelnen Knochen.



Tafel 1





**Tafel 2: Übersichts – Radiographie von *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221.**

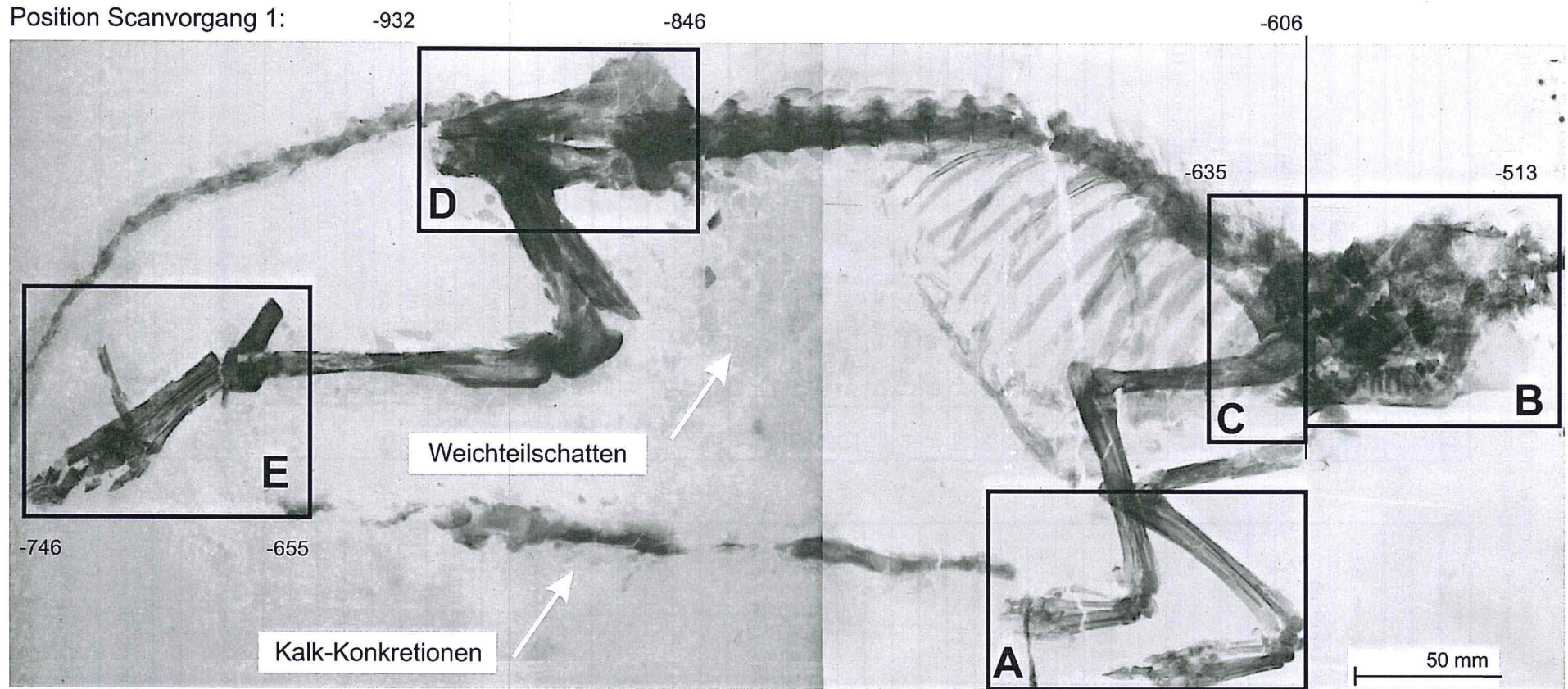
Klassische Röntgenaufnahmen aus dem Jahre 1988, die aus zwei Planfilmen zusammengesetzt wurde.

Aufnahme: Frau I. KRÜGER, Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Die weißen Pfeile zeigen auf Schatten der Weichteile (oben) sowie auf Kalk – Konkretionen (unten). Die Rahmen markieren die Bereiche, für die 1997 und 1998 Computer – Tomographien entstanden. Die Schnittdicke betrug in beiden Scanvorgängen 1 mm. Dabei handelt es sich um die höchst mögliche Auflösung des verwendeten Gerätes (Technische Daten s. jeweilige Tafeln). Die Ziffern oberhalb und unterhalb der Radiographie definieren die jeweilige Lage des einzelnen CT-Schnittes.

- A) Computer – Tomographie der Vorderextremitäten: 125 Einzelbilder
- B) Computer – Tomographie des Schädel: 95 Einzelbilder
- C) Computer – Tomographie des Schultergürtel: 25 Einzelbilder
- D) Computer – Tomographie des Beckengürtels: 85 Einzelbilder
- E) Computer – Tomographie der Hinterextremität: 90 Einzelbilder





Position Scanvorgang 2:

Scan-Richtung:

Scan A:	←	Länge des Schnittes: 126mm
Scan B:	←	Länge des Schnittes: 96mm
Scan C:	→	Länge des Schnittes: 26mm
Scan D:	→	Länge des Schnittes: 86mm
Scan E:	←	Länge des Schnittes: 91mm

Radiographie und CT-Scan: OA Dr. R. Beck,  
Röntgenklinik Martin-Luther-Universität Halle

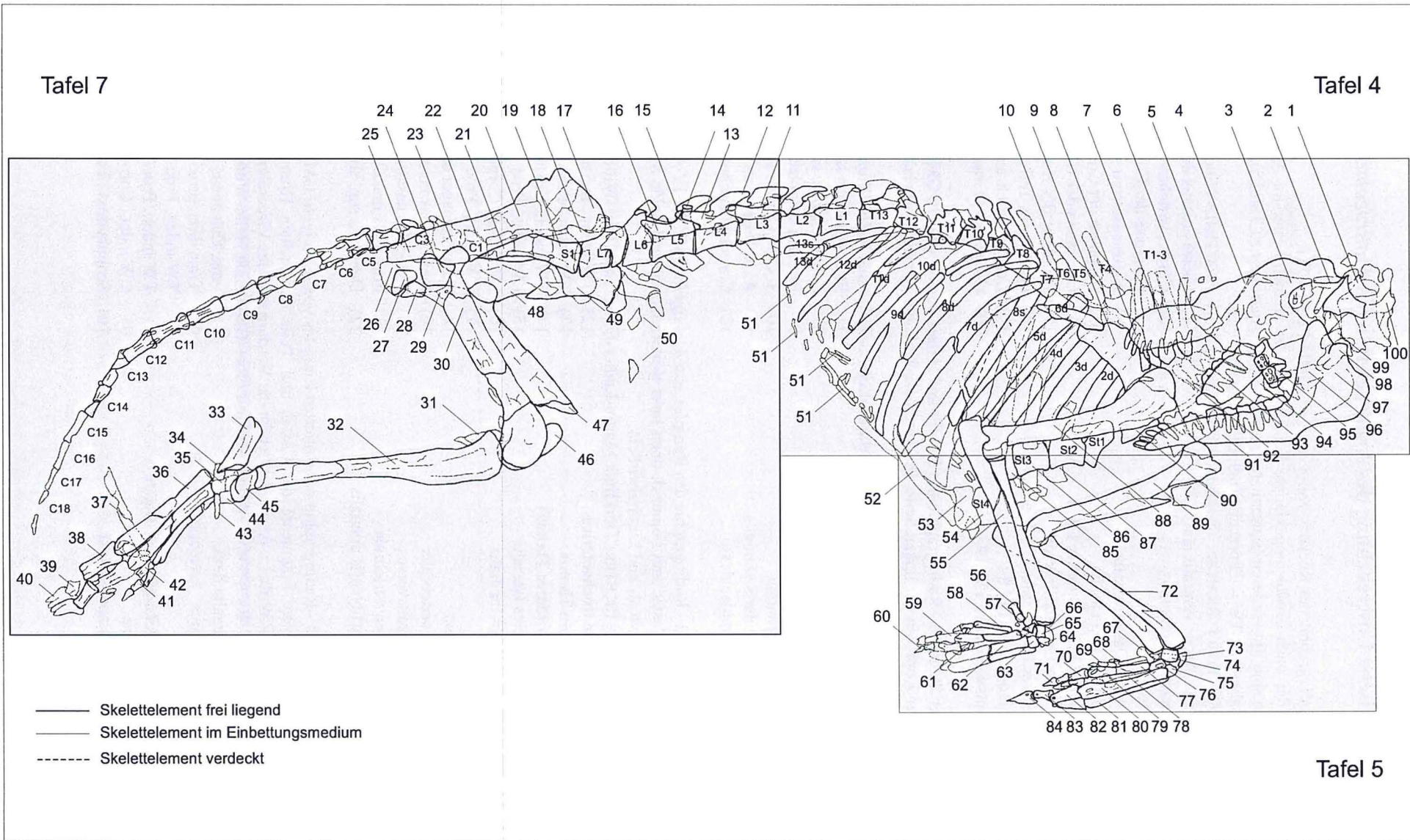


**Tafel 3: Schema des Fundes von *Anthracobunodon weigelti* GMH Ce III-4221.**

Maßstäbliches Schema nach Tafel 2, graue Bereiche verweisen auf andere Tafeln. Rippen und Wirbel wurden fortlaufend nummeriert: T kennzeichnet Thoracal-, L Lumbal-, S Sacral- und C Caudalwirbel. St steht für Sternebrae.

Nr.	Anatomische Bestimmung		
1	Axis	51	Fragg. Arcus costarum
2	Fragg. Ossa parietalia sin.	52	Frag. Xiphosternum
3	Frag. Os lacrimale sin.	53	Frag. Xiphosternum
4	Fragg. Ossa frontalia sin.	54	Frag. Sternebra IV
5	Fragg. Procc. spinosi der Cervicalwirbel	55	Ossa antebrachii dext.
6	dislozierte M <sup>2-3</sup> dext.	56	Os accessorium (Pisiforme) dext.
7	Fragg. Maxilla sin.	57	Os carpi ulnare (Triquetrum) dext.
8	Os incisivum mit I <sup>1-3</sup> sin.	58	Metacarpus I dext.
9	Frag. Scapula dext.	59	Phalange V/1 dext.
10	Komplex fragmentarischer Procc. spinosi	60	Phalange II/3 dext.
11	Proc. spinosus 3. Lumbalwirbel	61	Ossa sasamoidea phal. primae (Strahl II?)
12	Proc. costarius 4. Lumbalwirbel	62	Metacarpus IV dext.
13	Proc. accessorius 4. Lumbalwirbel	63	Caput Metacarpus IV
14	Proc. art. cranialis 5. Lumbalwirbel	64	Os carpi tertium dext.
15	Proc. art. caudalis 4. Lumbalwirbel	65	Os intermedium (Lunatum) dext.
16	dislozierter Proc. costarius 7. Lumbalwirbel	66	Os carpi radiale (Scaphoid) dext.
17	Ala ossis ilii dext.	67	Os accessorium (Pisiforme) sin.
18	Proc. art. caudalis 7. Lumbalwirbel	68	Ossa sasamoidea phalangis primae (Strahl I)
19	Vert. sacralis I	69	Phalange I/2 sin.
20	Corpus ossis ilii dext.	70	Phalange V/1 sin.
21	Vert. sacralis IV	71	Phalange II/3 sin.
22	erster Caudalwirbel	72	Ossa antebrachii sin.
23	dislozierte Fragg. Os ischium dext.	73	Os intermedium (Lunatum) sin.
24	disloziertes Fragg. Femur dext. prox.	74	Os carpi radiale (Scaphoid) sin.
25	Frag. Os ischium dext.	75	Os carpi tertium (Magnum) sin.
26	Frag. Os ischium sin.	76	Os carpi secundum sin.
27	? Fragg. Os pubis dext.	77	Metacarpus II sin.
28	Frag. Os ischium dext..	78	Metacarpus V sin.
29	? Fragg. Os coxae	79	Ossa sesamoidea phalangis primae (Strahl III)
30	Femur dext.	80	Metacarpus IV sin.
31	Fibula dext. prox.	81	Metacarpus III sin.
32	Tibia dext.	82	Phalange IV/1 sin.
33	Tuber calcanei dext.	83	Phalange IV/2 sin.
34	Entocuneiforme dext.	84	Phalange IV/3 sin.
35	Cuboideum dext.	85	Frag. Sternebra III
36	Metatarsus IV dext.	86	Frag. Sternebra III
37	Metatarsus V dext.	87	Frag. Costa 3 sin.
38	Phalange IV/1 dext.	88	Humerus dext.
39	Phalange IV/2 dext. dist.	89	Humerus sin.
40	Frag. Phalange IV/3 dext.	90	Praesternum
41	Phalange II/2 dext.	91	Corpus mandibulae sin.
42	Phalange V/1 dext.	92	dislozierte Fragg. Maxilla mit P <sup>2-4</sup> sin.
43	Frag. Metatarsus II dext. prox.	93	disloziertes Fragg. Mandibula mit M <sup>1-3</sup> dext.
44	Naviculare dext.	94	Fragg. Cervicalwirbel V
45	Astragalus dext.	95	dislozierte Fragg. Maxilla mit M <sup>2-3</sup> sin.
46	Patella dext.	96	Fragg. Cervicalwirbel IV
47	Frag. Femur sin. prox.	97	Ramus ascendens mandibulae sin.
48	Frag. Os ilium sin.	98	Fragg. Cervicalwirbel III
49	Ala sacralis sin.	99	Fragg. basales Splanchnocranium
50	indet. Knochensplitter	100	Atlas, Arcus ventralis



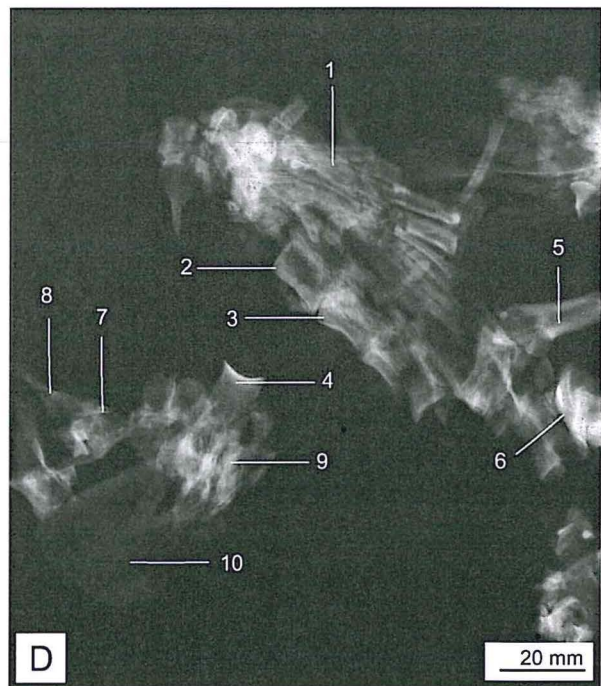
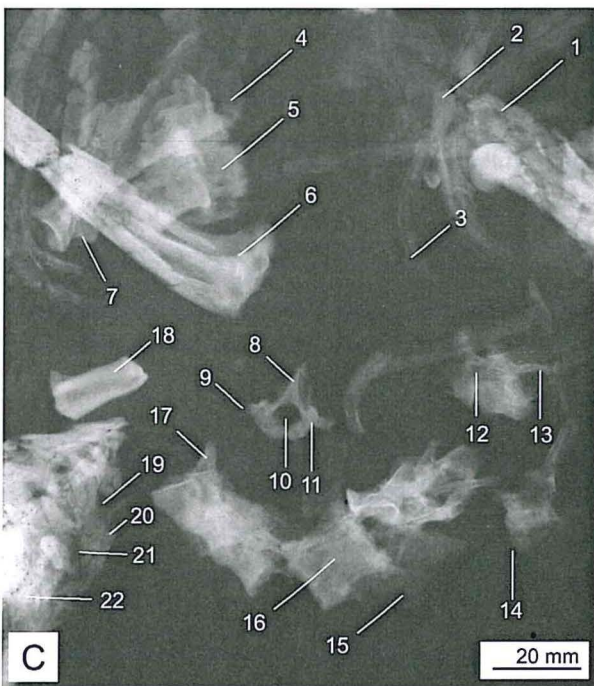
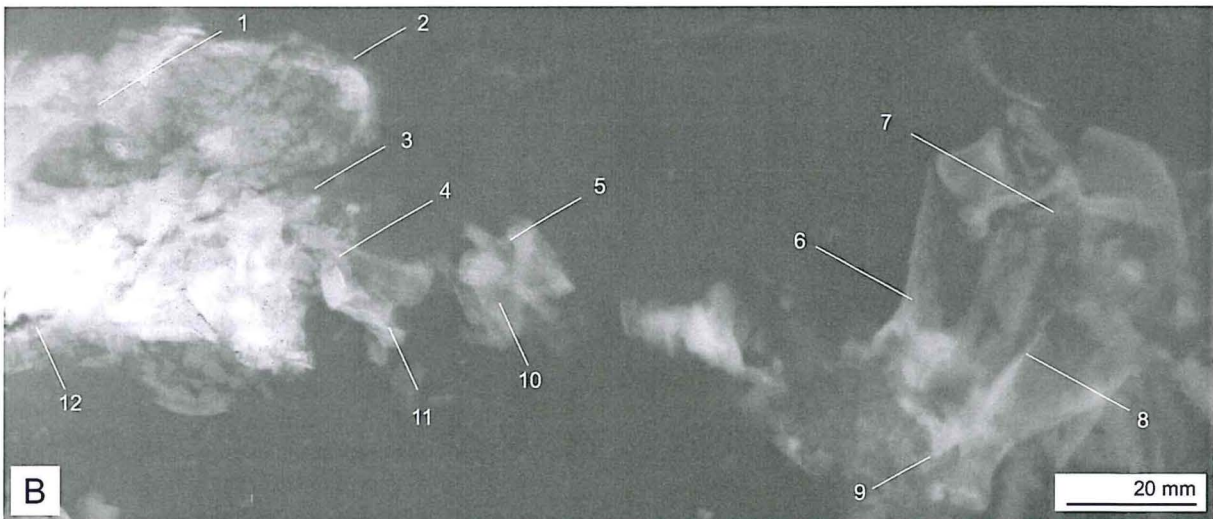
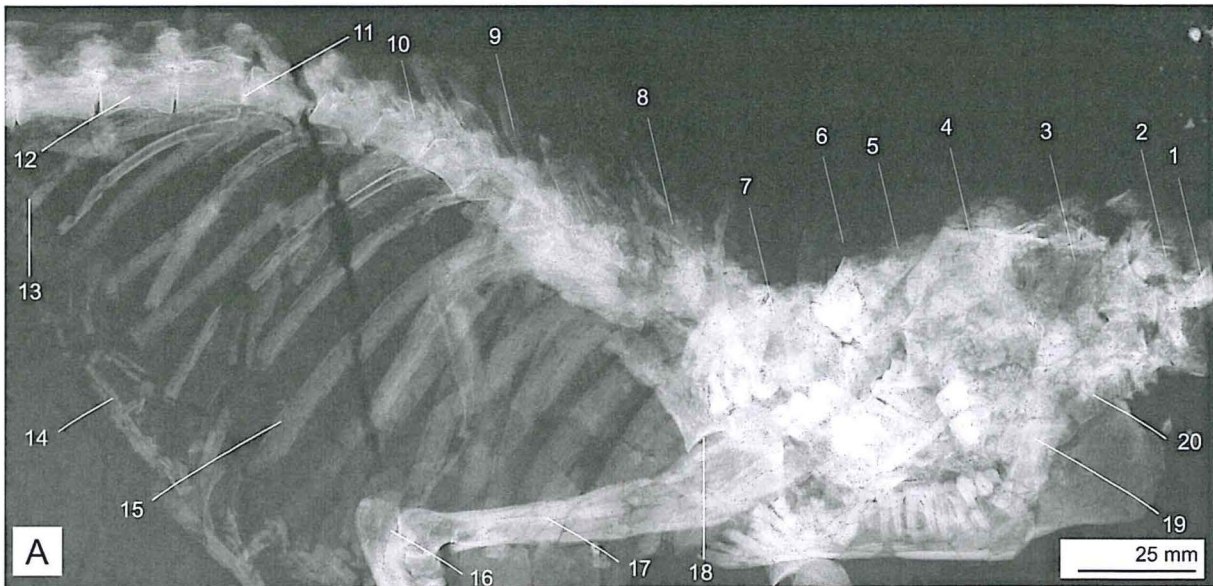




**Tafel 4: Radiologische Untersuchung des Axialskelettes von *Anthracobunodon weigelti*.**

- A) Standard - Radiographie des Rückens von *A. weigelti* GMH Ce III-4221.  
 Oben rechts der nach caudal umgeklappte Schädel von der rechten Seite; im Anschluss der vordere Rumpf. Unten sind die vorderen Extremitäten angeschnitten (Anschluss zu Tafel 5).  
 CW = Cervicalwirbel, TW = Thoracalwirbel, LW = Lumbalwirbel  
 Aufnahme 1987: Frau I. RICHTER, Tierklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1) Frag. Atlas, Arcus ventralis sin. | 11) Facies costalis des TW 13         |
| 2) Axis, Facies art. cranialis       | 12) Corpus vertebrae des LW 1         |
| 3) Orbita sin.                       | 13) Diaphyse der Costa XIII dext.     |
| 4) Trümmer der Ossa frontalia        | 14) Arcus costarum sin. et dext.      |
| 5) Trümmer der Ossa nasalia          | 15) Diaphyse der Costa VII dext.      |
| 6) Trümmer des Proc. spinosus TW 1   | 16) Olecranon der Ulna dext.          |
| 7) Trümmer des Os maxillare sin.     | 17) Diaphyse des Humerus dext.        |
| 8) Trümmer der Procc. spinosi TW 5   | 18) proximales Teil der Scapula dext. |
| 9) Proc. spinosus des TW 8           | 19) Corpus vertebrae des 4. CW        |
| 10) Proc. transversus des TW 10      | 20) Corpus vertebrae des 3. CW        |
- B) Ausschnitt der Standard - Radiographie des Kopfes und Halses von *A. weigelti* GMH Ce II-4219.  
 Oben links der Kopf von der linken Seite. Im Anschluss Teile der Cervicalwirbelsäule und des vorderen Rumpfes.  
 Aufnahme 1987: Frau I. RICHTER, Tierklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- |                                       |                                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1) Orbita sin.                        | 7) Facies lateralis scapulae sin. |
| 2) Crista saggitalis                  | 8) Spina scapulae sin.            |
| 3) Ala atlantis                       | 9) Incisura scapulae sin.         |
| 4) Axis, Facies art. cranialis        | 10) 3. CW, Corpus vertebrae       |
| 5) 3. CW, Proc. articularis cranialis | 11) Axis, Proc. transversus       |
| 6) Facies costalis scapulae dext.     | 12) Corpus mandibulae sin.        |
- C) Ausschnitt der Standard - Radiographie des Rumpfes von *A. weigelti* GMH Ce IV-4223.  
 Oben rechts isolierte Costae und Femur d, oben links weitere Costae und beide Scapulae; darunter der Kopf mit isolierten Cervical- und Lumbalwirbeln.  
 Aufnahme 1987: Frau I. RICHTER, Tierklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- |  |   |
|--|---|
| 1) Femur dext., Fossa trochanterica        | 12) TW indet., Incisura vertebralis       |
| 2) Costae des vorderen Thorax              | 13) TW indet., Proc. articularis caudalis |
| 3) Angulus costae (vorderer Thorax)        | 14) TW indet., Crista ventralis           |
| 4) Scapula dext., Facies lateralis         | 15) LW indet., Proc. costarius            |
| 5) Scapula sin., Facies medialis           | 16) LW indet., Corpus vertebrae           |
| 6) Tibia dext.                             | 17) LW indet., Proc. articularis caudalis |
| 7) Tuber scapulae dext.                    | 18) Tuber calcanei dext.                  |
| 8) TW indet., Arcus vertebralis            | 19) Incisura nasomaxillaris               |
| 9) TW indet., Proc. transversus            | 20) Fragg. Os nasale dext. et sin.        |
| 10) TW indet., Foramen vertebrale          | 21) Fragg. Os maxillare sin.              |
| 11) TW indet., Proc. articularis cranialis | 22) Dentition sup. sin.                   |
- D) Ausschnitt der Standard - Radiographie des isolierten Rumpfes von *A. weigelti* GMH XLI-210.  
 Oben rechts kompaktierte Fragmente der Costae und Teile der rechten Hinterextremität; darunter Scapula mit dislozierten Wirbeln. Angeschnitten ist die Vorderpartie des Visceralcraniums.  
 Aufnahme 1987: Frau I. RICHTER, Tierklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- |   |   |
|---|---|
| 1) Tarsalia et Metatarsalia dext.                       | 5) Frag. Calcaneus dext.                  |
| 2) LW indet., Corpus vertebrae mit Crista ventralis     | 6) Tibia dext. proximal                   |
| 3) LW indet., Verdickungen am Rande des Caput vertebrae | 7) TW indet., Proc. articularis craniales |
| 4) Fossa articularis scapulae dext.                     | 8) TW indet., Proc. spinosus              |
|   | 9) CW indet., Corpus vertebrae            |
|   | 10) Scapula dext., Facies medialis        |





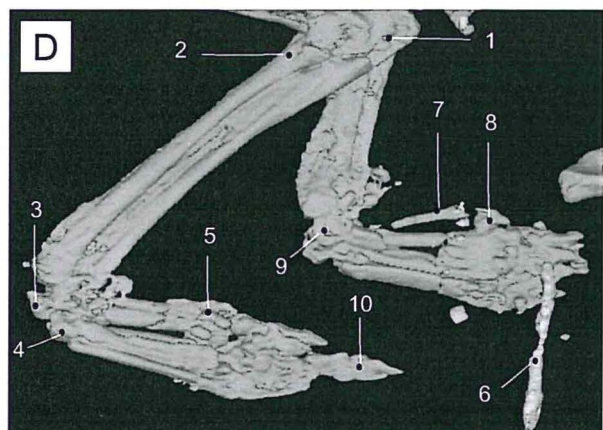
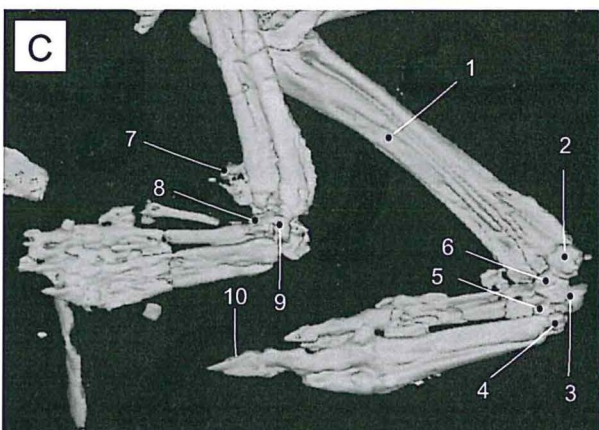
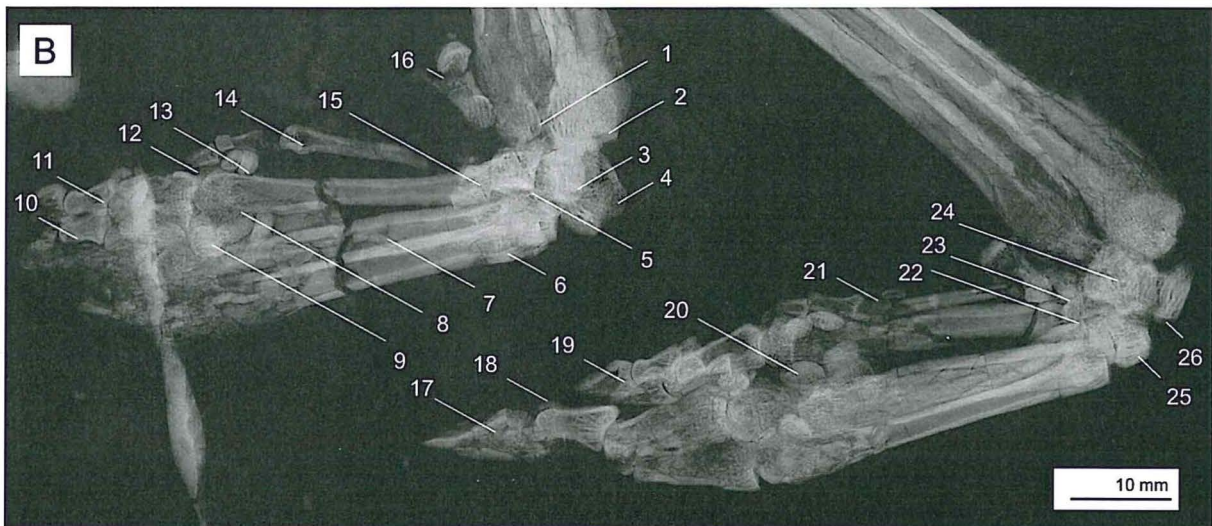
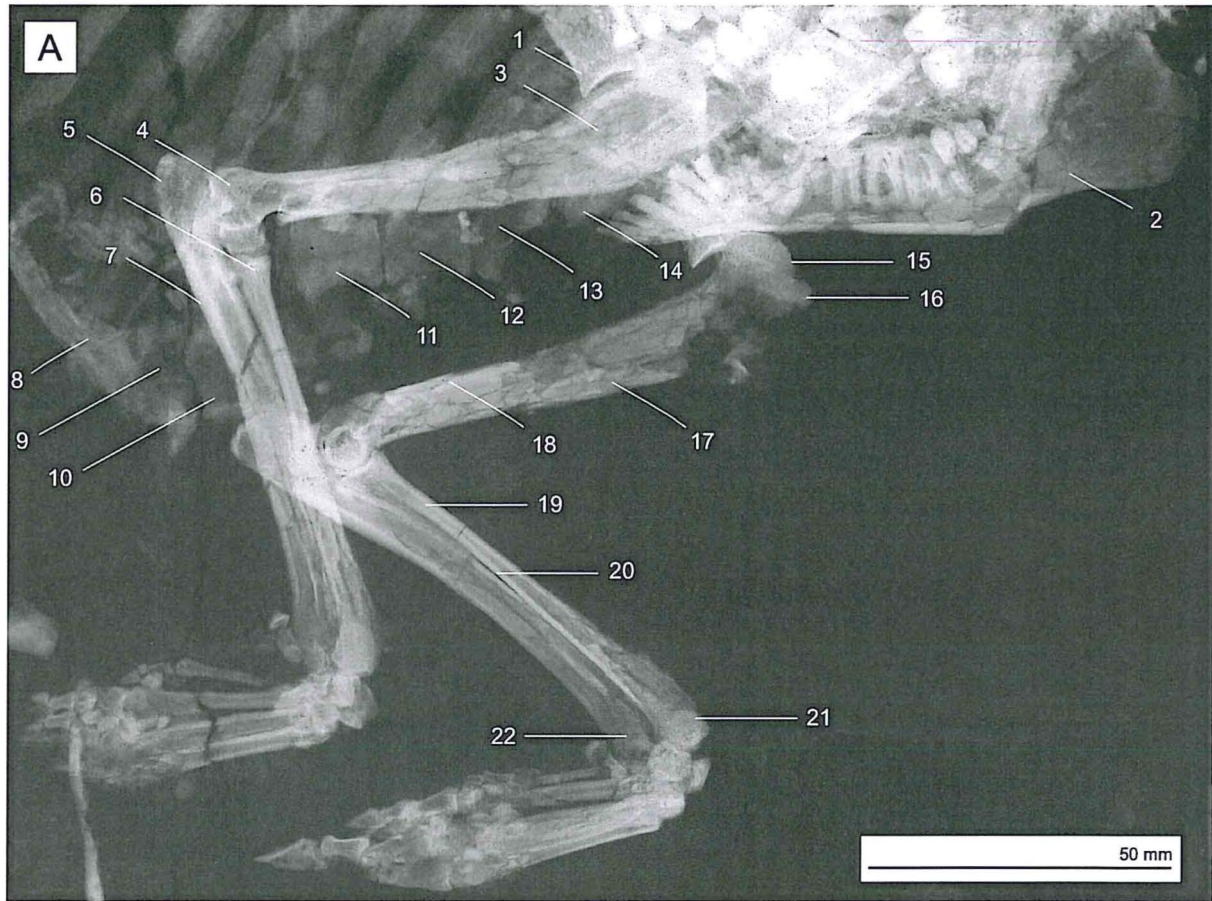


### Tafel 5: Radiologische Untersuchung der Vorderextremität von *Anthracobunodon weigelti*.

- A) Standard - Radiographie des vorderen Rumpfes von *A. weigelti* GMH Ce III-4221.  
Oben links Teile des Thorax sowie oben rechts Fragmente des Visceralcraniums in lateraler Ansicht.  
Aufnahme 1997: Dr. R. BECK, Röntgenklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1) Scapula dext. distal             | 12) Sternebra II                         |
| 2) Mandibula sin.                   | 13) Sternebra I                          |
| 3) Diaphyse Humerus dext.           | 14) Praesternum                          |
| 4) Trochlea humeri dext.            | 15) Caput humeri sin.                    |
| 5) Tuber olecrani dext.             | 16) Humerus sin., Tuberculum majus       |
| 6) Circumferencia articularis radii | 17) Humerus sin., Diaphyse               |
| 7) Ulna dext., Diaphyse             | 18) Humerus sin., Crista humeri          |
| 8) Fragg. Xiphosternum              | 19) Radius sin., Diaphyse                |
| 9) Fragg. Xiphosternum              | 20) Spatium interosseum antebrachii sin. |
| 10) Fragg. Sternebra IV             | 21) Trochlea radii sin.                  |
| 11) Sternebra III                   | 22) Ulna sin., Proc. styloideus          |
- B) CACM des vorderen Autopodiums von *A. weigelti* GMH Ce III-4221.  
Rechts der linke Vorderfuß von medial, links der rechte Vorderfuß von lateral.  
Aufnahme 1998: Dr. J. HABERSETZER, Forschungsinstitut Senckenberg Frankfurt.
- |   |   |
|---|---|
| 1) Ulna dext., Proc. styloideus                           | 15) Os carpi quartum dext.                          |
| 2) Trochlea radii dext.                                   | 16) Os accessorium dext.                            |
| 3) Os carpi intermedium dext.                             | 17) Phalange IV/3 sin.                              |
| 4) Os carpi radiale dext.                                 | 18) Os sesamoideum phalangis tertiae<br>MC IV sin.  |
| 5) Os carpi ulnare dext.                                  | 19) Phalange II/3 sin.                              |
| 6) Metacarpus III dext.                                   | 20) Ossa sesamoidea phalangis primae<br>MC III sin. |
| 7) Metacarpus IV dext.                                    | 21) Ossa sesamoidea phalangis primae<br>MC I sin.   |
| 8) Metacarpus V dext.                                     | 22) Os carpi secundum sin.                          |
| 9) Metacarpus II dext.                                    | 23) Os carpi primum sin.                            |
| 10) Phalange II/2 dext.                                   | 24) Os carpi radiale sin.                           |
| 11) Phalange V/2 dext.                                    | 25) Os carpi tertium sin.                           |
| 12) Phalange I/2 dext.                                    | 26) Os carpi intermedium sin.                       |
| 13) Ossa sesamoidea phalangis primae,<br>(zu MC V dext.?) |   |
| 14) Metacarpus I dext.                                    |   |
- C) CT des vorderen Autopodiums von *A. weigelti* GMH Ce III-4221.  
Die Graphik basiert auf einer 3-d Modellierung der im Scanvorgang A (Tafel 2) gewonnenen Schnittbilder. Zu sehen sind die Vorderextremitäten wie unter A und B von lateral, jedoch leicht zum Betrachter gedreht.  
Aufnahme 1998: Dr. R. BECK, Röntgenklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Siemens „Somatom – Plus“ bei 120kV, 163mA).
- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1) Ulna sin., medial                 | 6) Os carpi radiale sin., medial       |
| 2) Radius sin., medial               | 7) Os accessorium dext., lateral       |
| 3) Os carpi intermedium sin., medial | 8) Os carpi ulnare dext, lateral       |
| 4) Os carpi tertium sin., medial     | 9) Os carpi intermedium dext., lateral |
| 5) Os carpi secundum sin., medial    | 10) Phalange III/3 dext. dorso-lateral |
- D) CT des vorderen Autopodiums von *A. weigelti* GMH Ce III-4221.  
3-d Modellierung wie oben, rotiert. Mediale Ansicht, d.h. virtueller Blick von der Rückseite des Fundes durch das Einbettungsmedium. Aufnahme wie oben.
- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1) Tuber olecrani sin., lateral                                    | 6) Kalkfragment                     |
| 2) Caput radii sin., lateral                                       | 7) Metacarpus I dext. medial        |
| 3) Os carpi intermedium sin., lateral                              | 8) Phalange I/1 und I/2 dext. volar |
| 4) Os carpi quartum sin., lateral                                  | 9) Os carpi radiale dext., medial   |
| 5) Ossa sesamoidea auf der volaren<br>Seite des linken Autopodiums | 10) Phalange III/3 dext. volar      |



Tafel 5



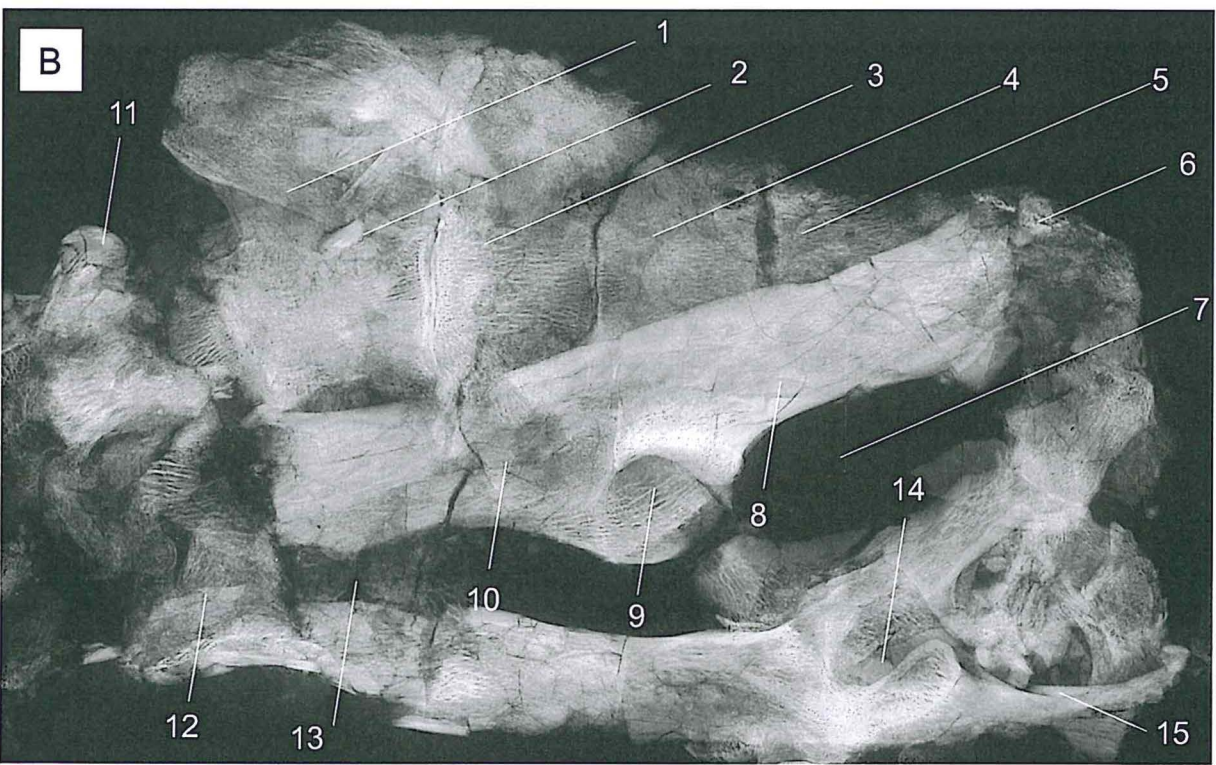
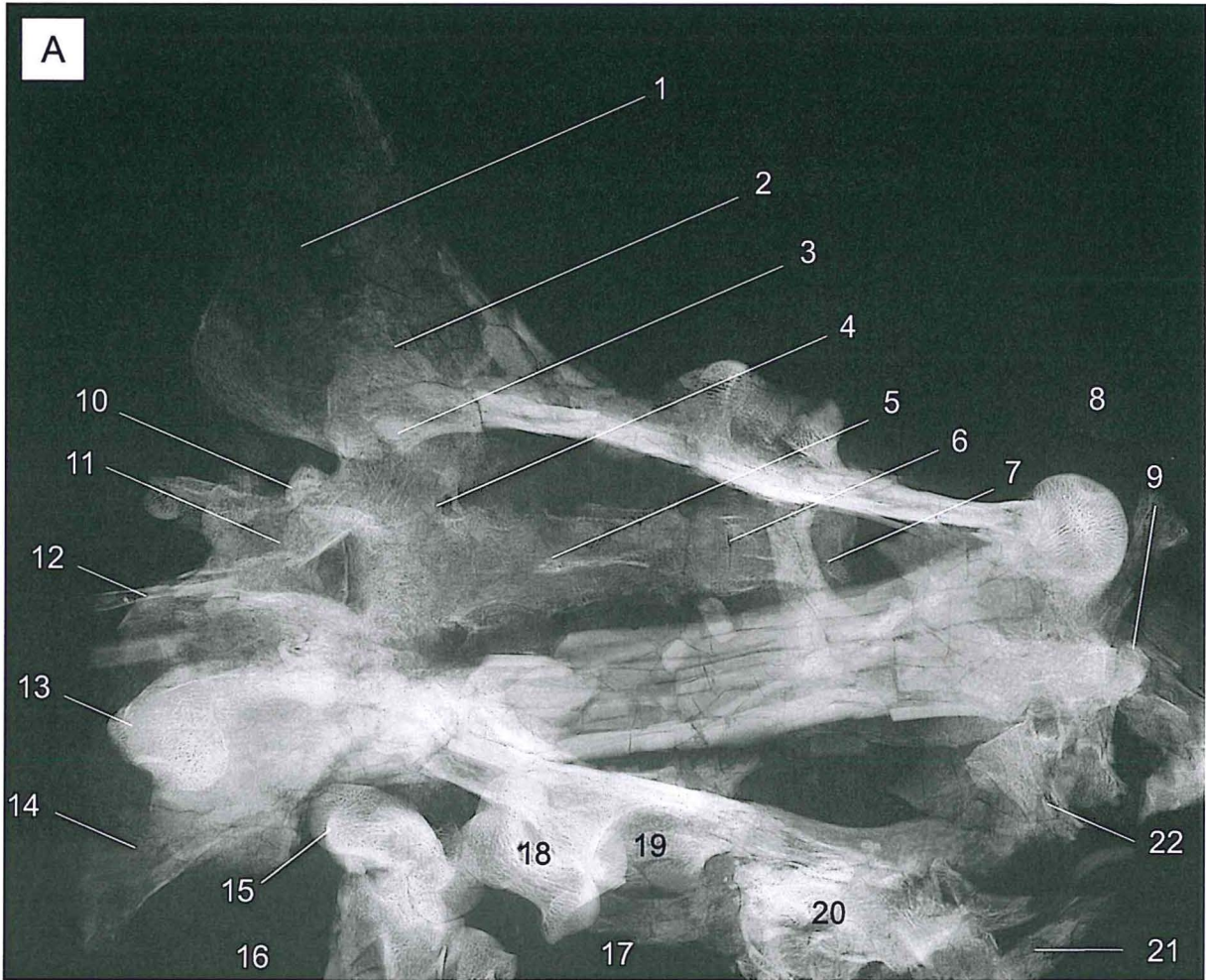


**Tafel 6: Radiologische Untersuchung der Beckenregion von *Anthracobunodon weigelti*.**

- A) Standard - Radiographie des Beckens von *A. weigelti* GMH Ce IV-4332.  
 Dislozierte Teile der Hinterextremitäten und Costae überlagern das noch in Artikulation befindlichen Ossa coxae und das Os sacrum. Dorsale Ansicht.  
 Aufnahme 1997: Dr. R. BECK, Röntgenklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- 1) Ala ossis ilii dext.
  - 2) Os sacrum, Facies auricularis dext.
  - 3) Ala sacralis dext.
  - 4) Foramen sacrale dorsale
  - 5) Vert. sacralis 2
  - 6) Vert. sacralis 3, Proc. spinosus
  - 7) Vert. coccygis 1
  - 8) Femur dext., Caput femoris
  - 9) Femur dext., Trochanter major
  - 10) Vert. lumbalis 7, Proc. articularis caudalis
  - 11) Vert. sacralis 1, Proc. articularis cranialis
  - 12) Vert. lumbalis 7, Proc. spinosus
  - 13) Femur dext., Condylus femoris medialis
  - 14) Ala ossis ilii sin.
  - 15) Astragalus dext.
  - 16) Cochlea tibiae dext.
  - 17) Capitulum fibulae dext.
  - 18) Astragalus sin.
  - 19) Fossa acetabuli sin.
  - 20) Komplex aus 3 Thoracalwirbeln
  - 21) Frag. Costa indet.
  - 22) Vert. coccygis indet., Corpus vertebrae
- B) CACM der Beckenregion von *A. weigelti* GMH Ce III-4223.  
 Das Sacrum ist von ventral dargestellt, darüber Teile der linken Beckenhälfte von lateral sowie der rechten Beckenhälfte von medial.  
 Aufnahme 1998: Dr. J. HABERSETZER, Forschungsinstitut Senckenberg Frankfurt.
- 1) Ala sacralis sin.
  - 2) Vert. sacralis 1
  - 3) Vert. sacralis 2
  - 4) Vert. sacralis 3
  - 5) Vert. sacralis 4
  - 6) Tuber ischiadicum sin.
  - 7) Foramen obturatum sin.
  - 8) Corpus ossis ischii sin.
  - 9) Fossa acetabuli
  - 10) Corpus ossis ilii sin.
  - 11) Caput femoris sin.
  - 12) Ala ossis ilii dext.
  - 13) Os ilium dext., Facies auricularis
  - 14) Incisura acetabuli dext.
  - 15) Corpus ossis pubis dext.



Tafel 6





**Tafel 7: Radiologische Untersuchung der Hinterextremität von *Anthracobunodon weigelti*.**

- A) Standard - Radiographie der hinteren Rumpfpartie von *A. weigelti* GMH Ce III-4221 in lateraler Ansicht. Oben rechts Teile ist die Lumbalwirbelsäule, im Anschluss das Becken, der Schwanz und die rechte Hinterextremität zu erkennen.

Aufnahme 1997: Dr. R. BECK, Röntgenklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

- |  |   |
|--|---|
| 1) LW III, Corpus vertebrae            | 14) Vert. coccygis 19                     |
| 2) LW IV, Proc. articularis cranialis  | 15) Frag. Femur dext., Trochanter major   |
| 3) LW V, Proc. costarius               | 16) Fragg. Femur dext., Diaphyse          |
| 4) LW V, Proc. spinosus                | 17) Fragg. Femur sin., Diaphyse           |
| 5) Os sacrum, Promontorium             | 18) Patella dext.                         |
| 6) LW V, Crista ventralis              | 19) Frag. Femur dext., Condylus lateralis |
| 7) LW VII, Proc. articularis cranialis | 20) Capitulum fibulae dext.               |
| 8) Ala sacralis sin.                   | 21) Tibia dext.                           |
| 9) Corpus ossis ilii sin.              | 22) Crista tibiae dext.                   |
| 10) Ala ossis ilii dext.               | 23) Cochlea tibiae dext.                  |
| 11) Vert. sacralis IV                  | 24) Frag. Tuber calcanei dext.            |
| 12) Vert. coccygis I                   | 25) Ossa metatarsi dext.                  |
| 13) Vert. coccygis 10                  |   |

- B) CACM des rechten Hinterfußes von *A. weigelti* GMH Ce III-4221.

Der Fuß ist im Bereich des Tarsus gebrochen und postmortal um 90° gedreht. Die anteriore Seite des Metapodiums liegt dem Betrachter zugewandt, die Phalangen sind caudal verdreht.

Aufnahme 1998: Dr. J. HABERSETZER, Forschungsinstitut Senckenberg Frankfurt.

- |   |  |
|---|--|
| 1) Tibia dext. distal   | 12) ? disloziertes Frag. Phalange IV/3               |
| 2) Calcaneus dext., Proc. coracoideus   | 13) Frag. Phalange IV/2 dext.                        |
| 3) Astragalus dext., Trochlea tali  | 14) Phalange IV/1 dext.                              |
| 4) Os cuneiforme mediale (Ectocuneiforme) dext.   | 15) Phalange V/2 dext.                               |
| 5) Naviculare dext.   | 16) Ossa sesamoidea phalangis primae von MT IV dext. |
| 6) Fragg. Metatarsus II dext.   | 17) Metatarsus IV dext.                              |
| 7) Metatarsus III dext., Diaphyse   | 18) dislozierter Metatarsus (MT V dext.?)            |
| 8) Metatarsus II dext., Verticillus   | 19) Frag. Metatarsus III dext. prox.                 |
| 9) Ossa sesamoidea phalangis primae von MT II   | 20) Metatarsus IV dext., Proc. caudalis              |
| 10) Phalange II/1 dext. in Artikulation mit Phalange II/2 und II/3 dext.                            | 21) Cuboid dext., dist. Frag.                        |
| 11) Phalange III/1 dext. in Artikulation mit Phalange III/2 dext. sowie Fragg. Phalange III/3 dext. | 22) Os cuneiforme laterale (Entocuneiforme) dext.    |
|   | 23) Calcaneus dext. dist. Frag.                      |
|   | 24) Cuboid dext., prox. Frag.                        |

- C) CT des rechten hinteren Autopodiums von *A. weigelti* GMH Ce III-4221.

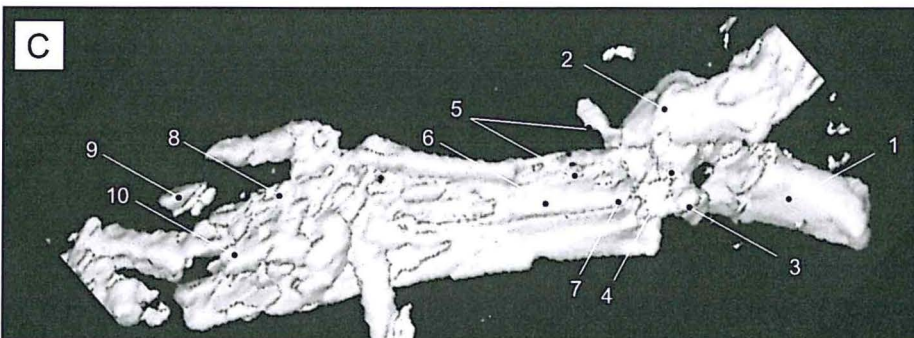
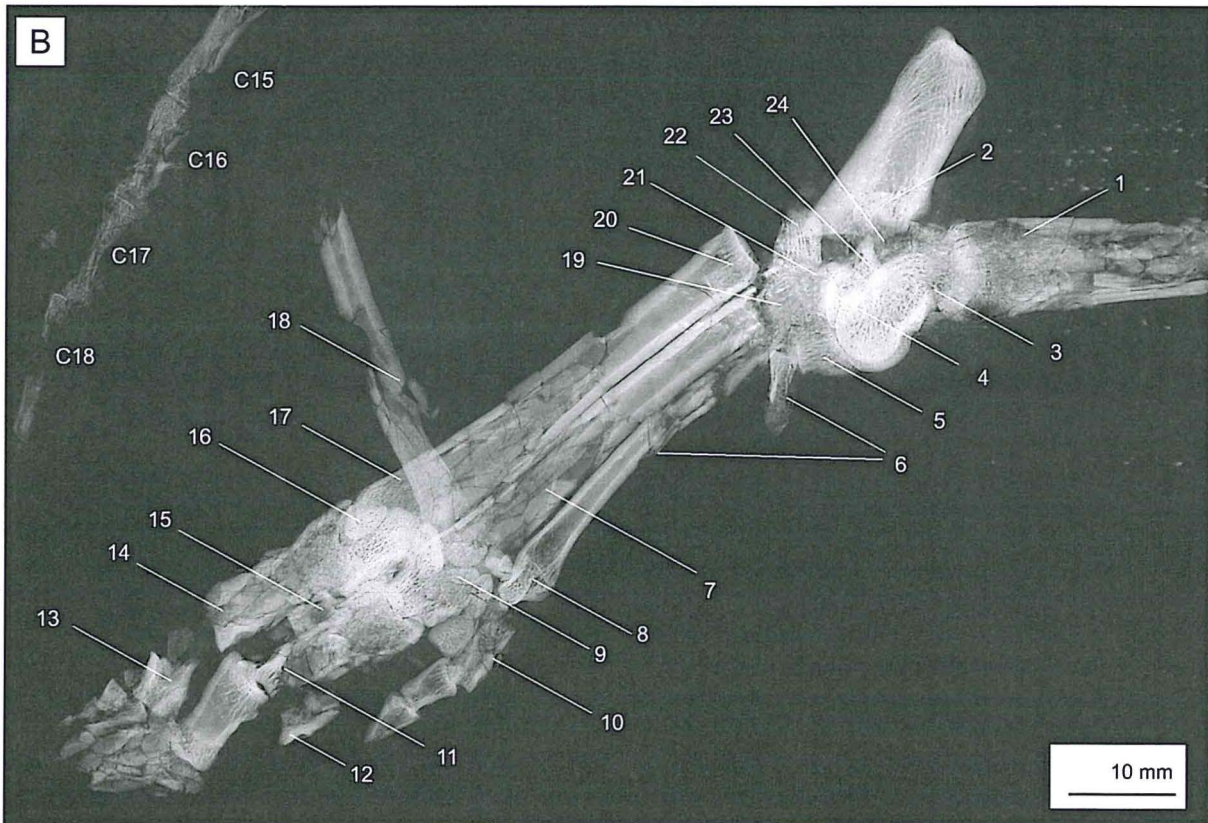
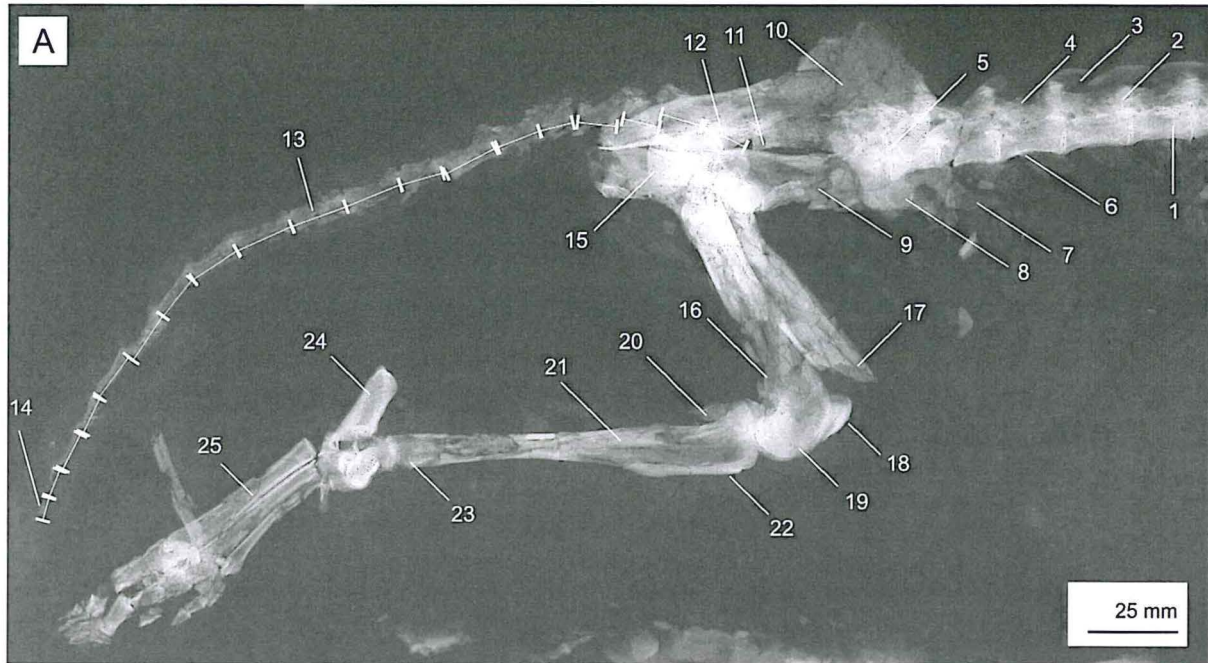
Die Graphik basiert auf einer 3-d Modellierung der im Scanvorgang E (Tafel 2) gewonnenen Schnittbilder. Zu sehen ist der auf die plantare Seite gedrehte Hinterfuß.

Aufnahme 1998: Dr. R. BECK, Röntgenklinik Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Siemens „Somatom – Plus“ bei 120kV, 163mA).

- |   |  |
|---|--|
| 1) Tuber calcanei dext. medial mit Proc. coracoideus  | 7) Metatarsus III dext., Proc. caudalis                              |
| 2) Trochlea tali dext.                                | 8) Ossa sesamoidea phalangis primae (Metatarsus III sin.)            |
| 3) Cuboid dext. medial                                | 9) dritte Phalange des fraglichen fünften Strahls (Phalange V/3 s?)  |
| 4) Naviculare dext. medial                            | 10) zweite Phalange des fraglichen fünften Strahls (Phalange V/2 s?) |
| 5) Bereich der Aussplitterung von Metatarsus II dext. |  |
| 6) Metatarsus III dext., plantar                      |  |



Tafel 7





**Tafel 8: Bewegungsstudien beim Südpupu (*Pudu pudu*).**

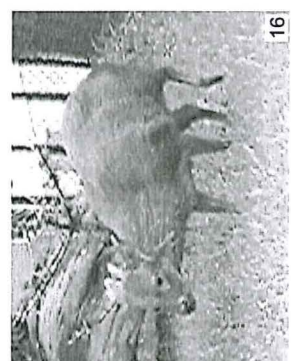
Einzeltaufnahmen des langsamen Geradeaus - Laufes von *Pudu pudu* während der Nahrungsaufnahme im Freigehege des Zoologischen Gartens in Halle (Saale). Die Bilder wurden aus einer sVHS - Videosequenz in zeitlicher Reihenfolge ausgewählt und digitalisiert.

Aufnahme und technische Bearbeitung: Autor.

- 1) Tier äsend: Gewicht auf rechter Vorder- und linker Hinterextremität, rechte Hinterextremität aufsetzend, linke Vorderextremität anhebend;
- 2) Tier äsend: Gewicht auf rechter Vorder- und linker Hinterextremität, rechte Hinterextremität anhebend, linke Vorderextremität aufgesetzt;
- 3) Tier beginnt ersten Schritt: Gewicht auf linker Vorder- und beiden Hinterextremitäten, rechte Vorderextremität anhebend;
- 4) Tier beginnt ersten Schritt: Gewicht auf linker Vorder- und beiden Hinterextremitäten, rechte Vorderextremität nach vorn bewegend;
- 5) Tier beendet ersten Schritt: Gewicht auf linker Vorder- und rechter Hinterextremität, rechte Vorderextremität aufgesetzt, linke Hinterextremität anhebend;
- 6) Tier beendet ersten Schritt: Gewicht auf beiden Vorder- und rechter Hinterextremität, linke Hinterextremität nach vorn bewegend;
- 7) Tier beginnt zweiten Schritt: Gewicht auf rechter Vorder- und beiden Hinterextremitäten, linke Vorderextremität anhebend;
- 8) Tier beginnt zweiten Schritt: Gewicht auf rechter Vorder- und linker Hinterextremität, linke Vorderextremität nach vorn bewegend, rechter Hinterextremität anhebend;
- 9) Tier beginnt beendet Schritt: Gewicht auf rechter Vorder- und linker Hinterextremität, linke Vorderextremität aufsetzend, rechte Hinterextremität anhebend;
- 10) Tier beginnt beendet Schritt: Gewicht auf beiden Vorder- und linker Hinterextremität, rechte Hinterextremität nach vorn bewegend;
- 11) Tier verharrend: Gewicht auf beiden Vorder- und linker Hinterextremität, rechte Hinterextremität aufgesetzt;
- 12) Tier beginnt dritten Schritt: Gewicht auf linker Vorder- und beiden Hinterextremitäten, rechte Vorderextremität anhebend;
- 13) Tier beginnt dritten Schritt: Gewicht auf linker Vorder- und beiden Hinterextremitäten, rechte Vorderextremität nach vorn bewegend;
- 14) Tier beendet dritten Schritt: Gewicht auf linker Vorder- und beiden Hinterextremitäten, rechte Vorderextremität aufgesetzt;
- 15) Tier beginnt vierten Schritt: Gewicht auf beiden Vorder- und rechter Hinterextremität, linke Hinterextremität anhebend;
- 16) Tier beginnt vierten Schritt: Gewicht auf beiden Vorder- und rechter Hinterextremität, linke Hinterextremität nach vorn bewegend;
- 17) Tier beendet vierten Schritt: Gewicht auf rechter Vorder- und rechter Hinterextremität, linke Vorderextremität anhebend; linke Hinterextremität aufsetzend;
- 18) Tier beginnt fünften Schritt: Gewicht auf rechter Vorder- und beiden Hinterextremitäten, linke Vorderextremität anhebend;
- 19) Tier beendet fünften Schritt: Gewicht auf rechter Vorder- und beiden Hinterextremitäten, linke Vorderextremität nach vorn bewegend;
- 20) Tier äsend: Gewicht auf rechter Vorder- und beiden Hinterextremitäten, linke Vorderextremität aufgesetzt.



Tafel 8





**Tafel 9: Rekonstruktion der Fußstellung und des Kopfes von *Anthracobunodon weigelti*.**

A) *Pudu pudu*: Einzelaufnahme während einer langsamen Geradeaus - Bewegung.

Das Standbild zeigt die Stellung der Extremitäten, die bei der Montage des Skelettes nachempfunden wurde. Die Elemente des Autopodiums sind als Striche angedeutet. Der offene Kreis symbolisiert das Basipodium, die vollen Punkte die Gelenke zwischen Metapodium und Phalange I sowie zwischen Phalange I und Phalange II. Die Position der Hufe ist als Strich angedeutet.

Aufnahme und technische Bearbeitung: Autor.

B) *Pudu pudu*: Einzelaufnahme des Vorderfußes während einer verharrenden Bewegung.

Dieses Standbild zeigt das Tier von vorn mit auf den Boden aufgesetzten Vorderextremitäten. Hierbei wird die Aufspreizung der Hufe des dritten und vierten Strahles deutlich. Die Symbolik der eingezeichneten Elemente des Autopodiums ist wie oben.

Aufnahme und technische Bearbeitung: Autor.

C) *Pudu pudu*: Schematische Darstellung der verschiedenen Stellungen des Autopodiums.

Vergößerte Darstellung der unter A ermittelten Stellung der Elemente des Autopodiums zueinander. (Die abgewandte Körperseite erscheint perspektivisch verkürzt.)

D) *Pudu pudu*: Schematische Darstellung der Aufspreizung des Akropodiums.

Vergößerte Darstellung der unter B ermittelten Aufspreizung der Hauptstrahlen des Autopodiums. Der entstehende Spalt ist als Dreieck dargestellt.

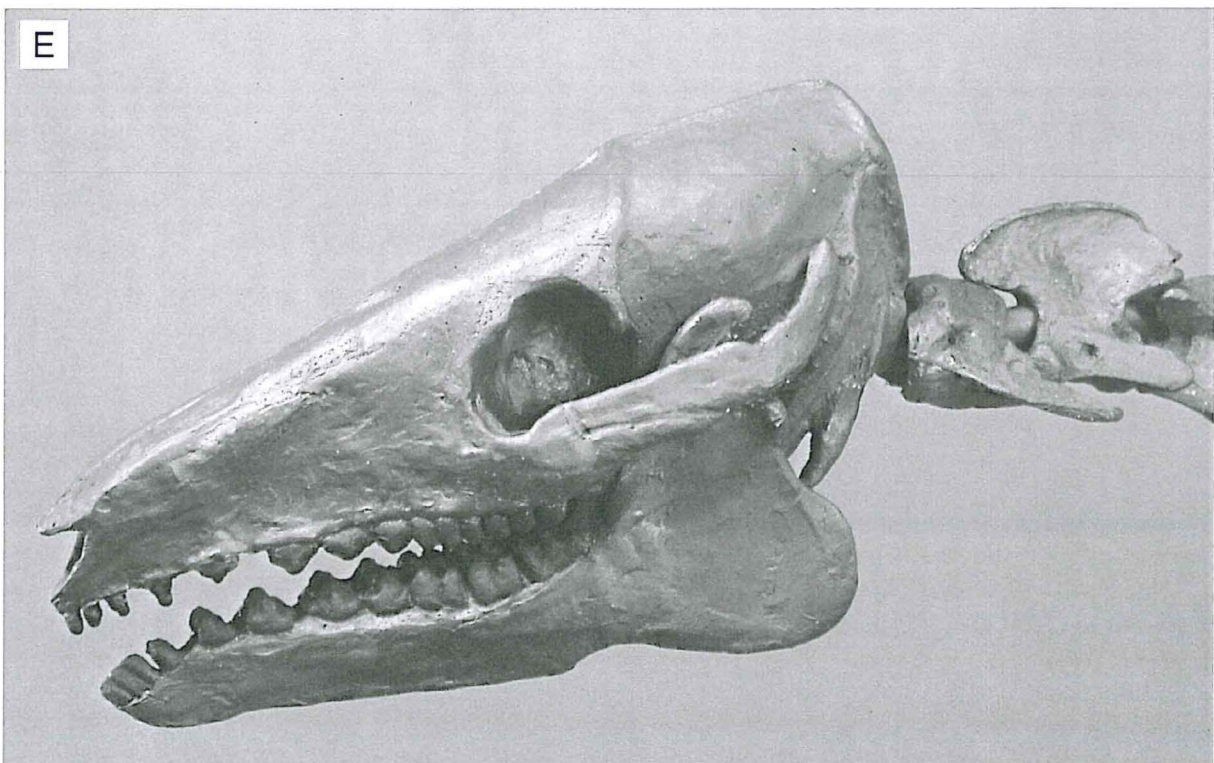
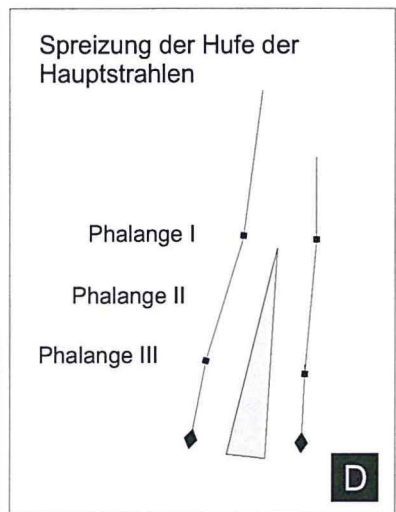
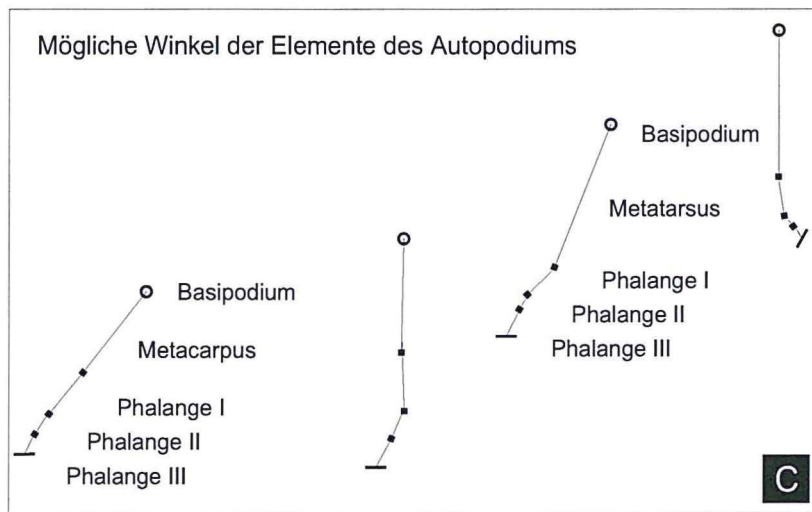
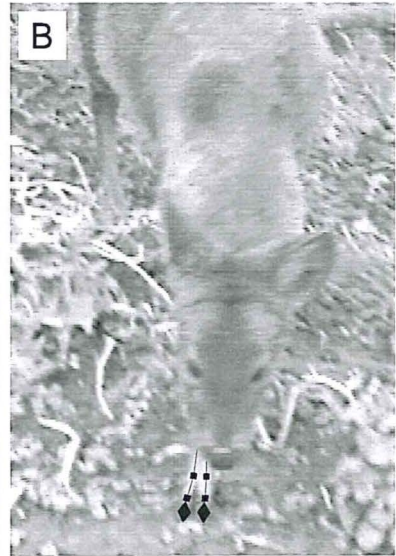
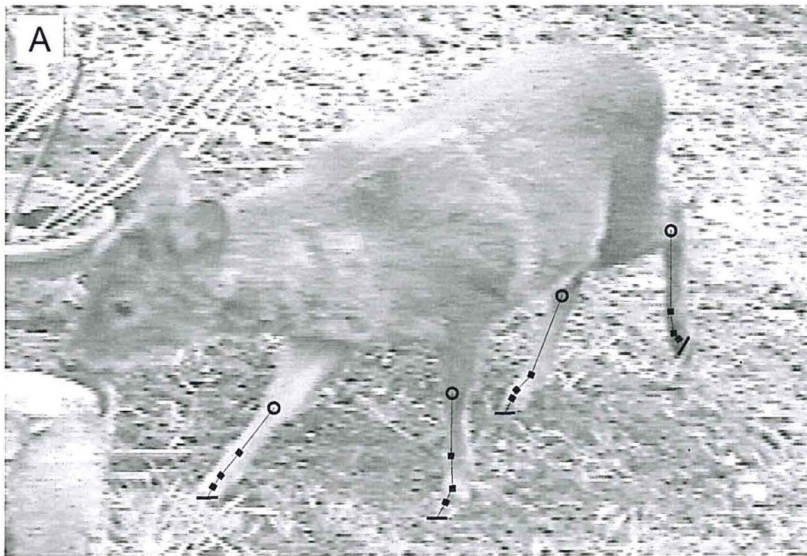
E) *Anthracobunodon weigelti*: Detail der montierten Skelettrekonstruktion.

Linke Seite des von Frau KAUPKE vom Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle/S. modellierten Schädels mit Bezahnung.

Aufnahme: Autor.



Tafel 9





**Tafel 10: Vordere Partie der Skelettrekonstruktion von *Anthracobunodon weigelti*.**

Modellierung und Montage des Skelettes: Frau K. KAUPKE, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.

A) Vordere Rumpfpartie und Extremitäten von latero-cranial.

Stellung der vorderen Extremitäten und deren Relation zum Thorax. Die Seitenstrahlen des Vorderfußes erreichen den Boden und tragen zur Oberflächenvergrößerung bei. Vor dem Aufsetzen sind die Zehen gestreckt.

Aufnahme: Frau E. SCHEINER, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.

B) Detail des rechten Vorderfußes von latero-cranial.

Das rechte vordere Autopodium vor dem Aufsetzen. Die Phalangen werden beim Vorstrecken der Extremität von einer caudad angewinkelten Position nach vorn gebracht. Kurz vor dem Aufsetzen sind sie gestreckt, danach craniad abgewinkelt.

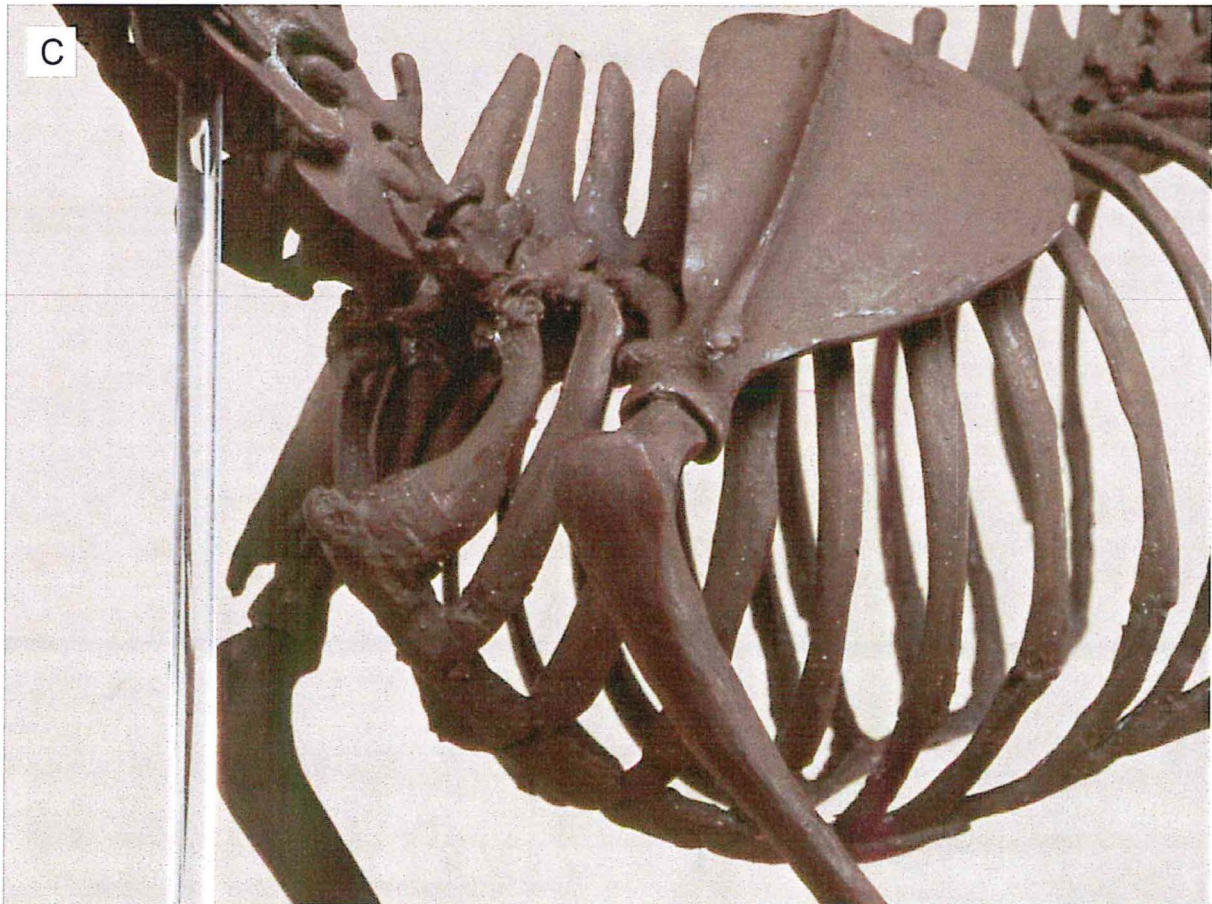
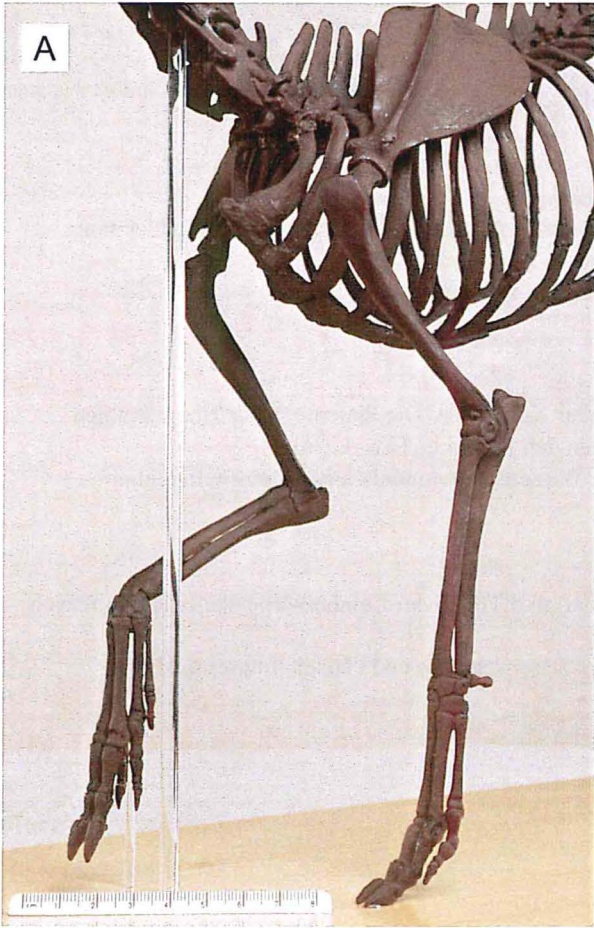
Aufnahme: Frau E. SCHEINER, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.

C) Detail des Thorax von latero-cranial.

Rechte Seite des rekonstruierten Thorax mit Scapula d, Humerus dext. und Sternum. Das breite ventrale Ende der ersten Costa sowie die ventralen Fortsätze des 6. Cervicalwirbels wurden entsprechend den Vorbildern rezenter Ruminantia nachgeformt.

Aufnahme: Frau E. SCHEINER, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.







**Tafel 11: Hintere Partie der Skelettrekonstruktion von *Anthracobunodon weigelti*.**

Modellierung der einzelnen Knochen und Montage des Skelettes:

Frau K. KAUPKE, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.

A) Gesamtansicht des rekonstruierten Skelettes von dorsal.

Beim Laufen ist die Wirbelsäule in lateraler Richtung leicht verwunden. Der Abstand der Scapulae vom Thorax entspricht der dazwischen befindlichen Muskelschicht von ca. 1 cm.

Aufnahme: Frau E. SCHEINER, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.

B) Detail des rechten Hinterfußes von latero-cranial.

Das rechte hintere Autopodium nach dem Aufsetzen unter Körperlast. Die Phalangen der Hauptstrahlen stehen schräg zum Untergrund. Die Nebenstrahlen haben den Boden nicht erreicht.

Aufnahme: Frau E. SCHEINER, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.

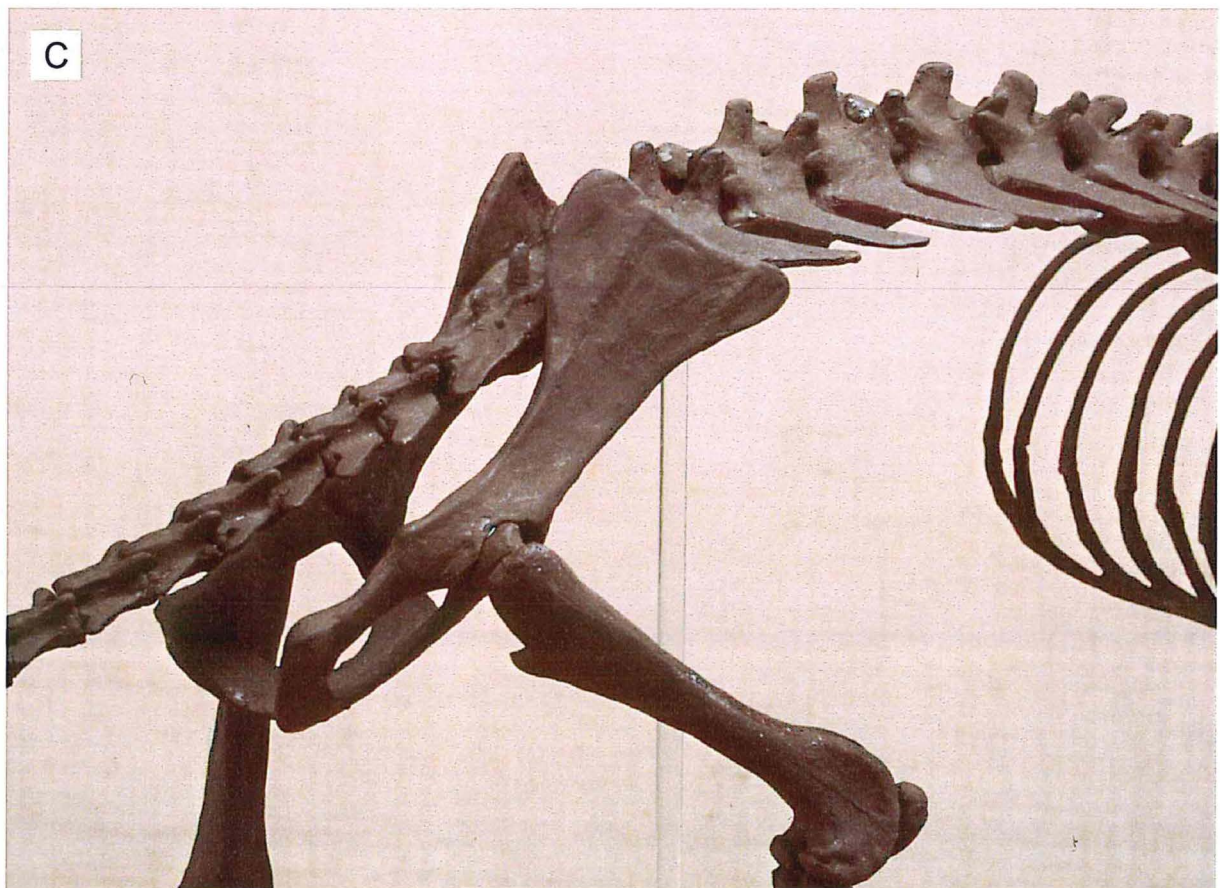
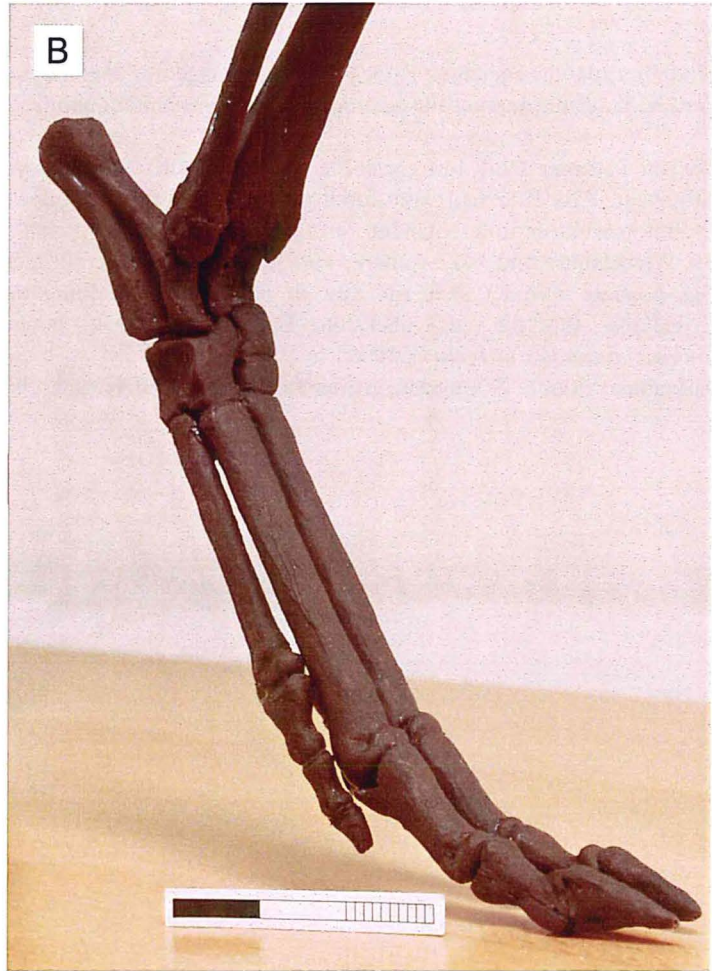
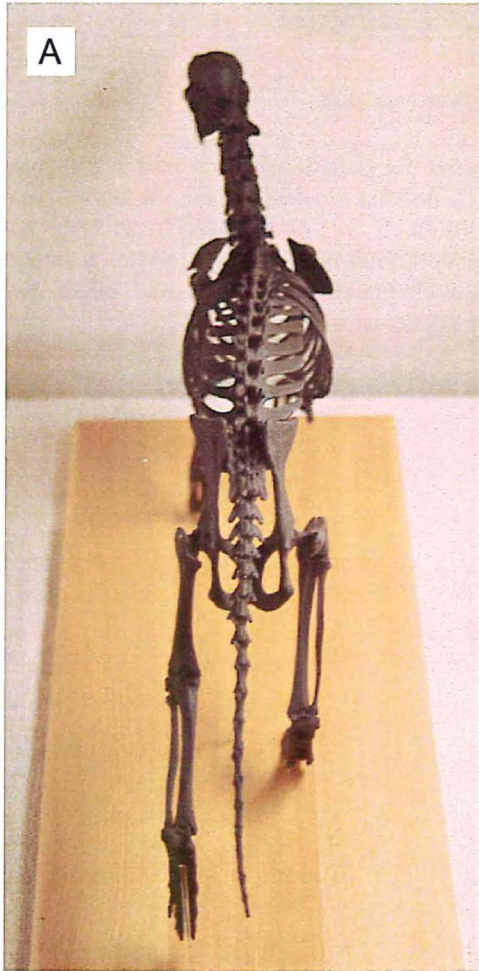
C) Beckenregion von latero-caudal.

Rechte Seite des rekonstruierten Beckens mit Femur dext. und Teilen der Lumbalwirbelsäule. Hypothetisch ist die Breite der Beckenöffnung nach caudal.

Aufnahme: Frau E. SCHEINER, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.



Tafel 11





**Tafel 12: Gesamtansicht der Skelettrekonstruktion von *Anthracobunodon weigelti*.**

Modellierung der einzelnen Knochen und Montage des Skelettes:

Frau K. KAUPKE, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.

Das im Sommer 1999 fertiggestellte Skelett ist auf einer Holzplatte mit der Grundfläche von 650 x 250 mm aufgebaut. Alle Knochen sind durch manuell colorierte Abgüsse aus Kunstharz wiedergegeben, die durch eine Drahtkonstruktion untereinander verbunden wurden. Das Skelette wird durch zwei 6mm starke Acryl-Stäbe an der Wirbelsäule und zwei weitere, nur 3mm starke Stäbe am rechten Vorderfuß und linken Hinterfuß gestützt. Das Modell befindet sich zur Zeit in der Dauerausstellung des Geiseltalmuseums Halle/S. und bildet die Grundlage für die als nächsten Bearbeitungsschritt geplanten Rekonstruktion der Weichteile von *Anthracobunodon weigelti* (ERFURT in Vorb.).

Aufnahme: Frau E. SCHEINER, Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum Halle.







